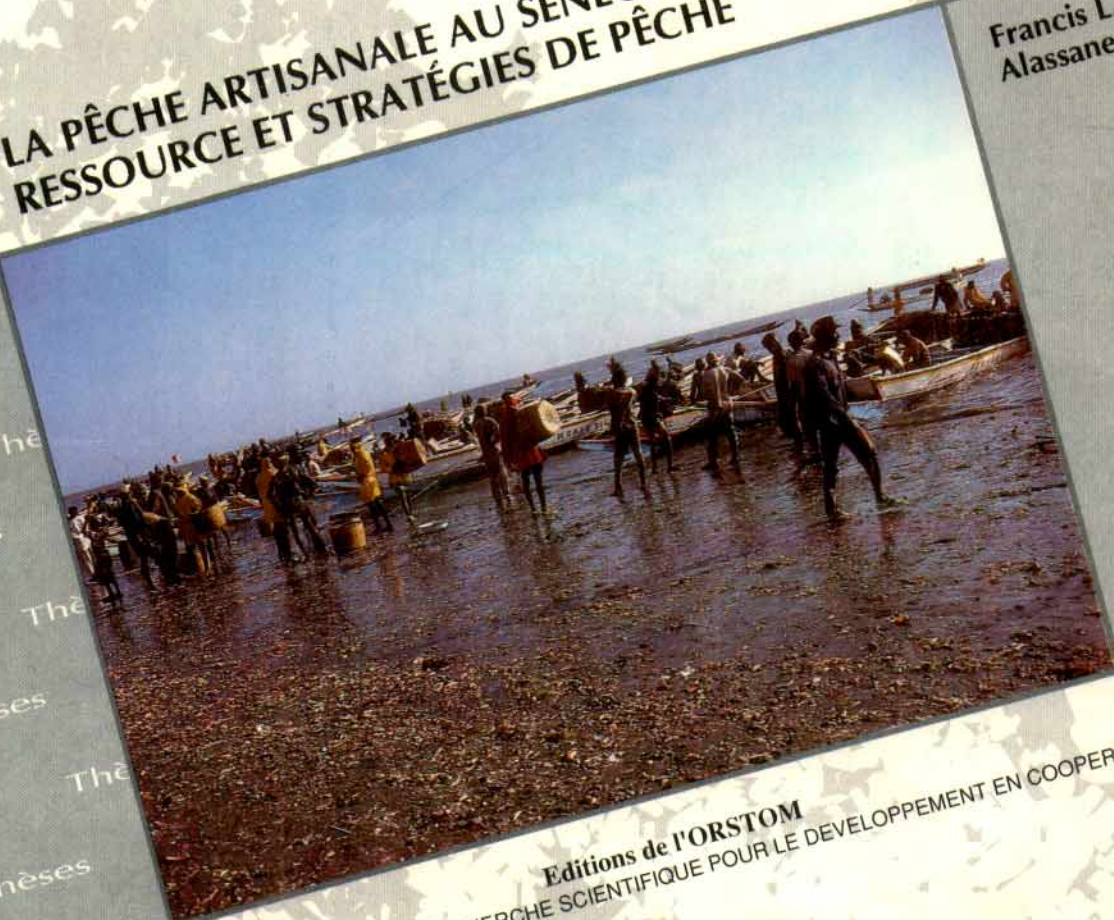




**LA PÊCHE ARTISANALE AU SÉNÉGAL :
RESSOURCE ET STRATÉGIES DE PÊCHE**

**Francis LALOË
Alassane SAMBA**



Editions de l'ORSTOM
INSTITUT FRANCAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE POUR LE DEVELOPPEMENT EN COOPERATION

Francis LALOË Alassane SAMBA

**LA PÊCHE ARTISANALE AU SÉNÉGAL :
RESSOURCE ET STRATÉGIES DE PÊCHE**

Editions de l'ORSTOM

INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

Collection **ÉTUDES et THÈSES**

PARIS 1990

**Ce travail a fait l'objet de deux thèses,
soutenues le 19 juin 1989,
à l'Université de Paris Sud (Orsay)**

La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les «copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective» et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, «toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ayants cause, est illicite» (alinéa 1^{er} de l'article 40).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

***"Wai wa la keupeu gaal, mina
mool dou ka wai biir guetch"***

(proverbe lébou).

A nos épouses

à nos enfants

à nos parents

qui ont supporté de longues heures et de longs mois d'absence.

AVANT-PROPOS

Cette thèse est une étape vers une synthèse des informations sur la pêche artisanale réunies au Centre de Recherches Océanographiques de Dakar Thiaroye. Elle est le fruit d'une collaboration que nous avons voulu harmonieuse entre un biologiste et un biométricien et notre sujet d'étude nous a amenés à ne pas privilégier une approche "disciplinaire".

Ce document comporte huit parties. La première, la seconde et la quatrième ont été rédigées par A. Samba; la troisième, la sixième et la septième par F. Laloë. L'introduction, la cinquième partie, la huitième partie et la conclusion constituent des parties communes.

Les tableaux et figures des différentes parties sont présentées dans le cours (parties 3, 6 et 7) ou à l'issue (parties 1, 2, 4 et 5) du texte. Pour la huitième partie, les tableaux présentant les données initiales du modèle de simulation sont placés dans le cours du texte, les tableaux et figures présentant les résultats étant donnés à son issue.

Nous utiliserons certains termes ouoloff dont nous donnerons une traduction lors de leur première utilisation.

L'unité monétaire est le Franc CFA (Communauté Financière Africaine); $1 \text{ F.CFA} = 0,02 \text{ FF}$.

REMERCIEMENTS

Deux instituts de recherche, l'ISRA et l'ORSTOM, deux laboratoires d'accueil à Orsay, deux disciplines, deux complices: quatre binômes qui ont favorisé et rendu possible une collaboration ayant débouché sur ce travail qui est soumis à l'appréciation des membres du jury.

Nous sommes profondément reconnaissants à Monsieur le Professeur Générmont de nous avoir fait l'honneur d'accepter la direction de ce travail et de présider le jury de cette thèse. Nous apprécions à sa juste valeur cette marque de confiance et le soutien qu'il n'a cessé de nous apporter tout au long de notre séjour au Laboratoire de Biologie Evolutive et Dynamique des Populations à Orsay. Cette reconnaissance va également à Monsieur le Professeur Saugier qui a accepté de faire partie de ce jury.

Nous tenons à remercier les rapporteurs de cette thèse, Messieurs Coursol, Durand et Fontana, qui nous ont permis, par leurs remarques pertinentes et leur constante attention, de donner à ce travail les qualités qu'il peut présenter.

Le Centre de Recherches Océanographiques de Dakar Thiaroye, dans l'Institut Sénégalais de Recherche Agricole, a accueilli nos premiers pas dans la recherche océanographique. Monsieur Fontana, dans le sillage de ses prédécesseurs, Messieurs Champagnat, Chabanne et Garcia, a mis à notre disposition les moyens logistiques du CRODT et nous a "obligés" à mener à terme ce travail. Qu'il trouve ici l'expression de nos sincères remerciements qui vont également à son ex-collaboratrice Madame Lopez-Ansa-Emmin et à son successeur Monsieur Touré.

Nous tenons également à remercier Monsieur le Professeur Bretagnolle, Directeur du Laboratoire de Statistique appliquée à Orsay pour son accueil et les moyens de travail qu'il a mis à notre disposition.

Tous nos collègues du CRODT, de l'ORSTOM, de la faculté d'Orsay sont à confondre dans les mêmes hommages. Ils sont trop nombreux pour être tous cités mais nous remercierons tout particulièrement:

les chercheurs des programmes "Pêche Artisanale" et "Socio-Economie" du CRODT, C. Champagnat (nous saluons la mémoire de celui qui a donné naissance à notre programme), P. Bergerard, J. Weber, M. Bakhayokho, M. Barry-Gérard, C. Chaboud, J.P. Chauveau, P. Cury, et M. Kébé.

les collègues "Thiaroyoïsis" pour leur disponibilité: V. Fonteneau, T. Boely, C. Roy et B. Sy-Bô,

les collègues "Orcéens" pour leur apport technique, P. Assouad et G. Fryd, Y. Misisi, et pour leurs conseils, D. Guégan et C. Demar.

Ce travail n'aurait pas pu être mené à terme, n'aurait même pas débuté sans le dévouement des techniciens de la "Pêche Artisanale": T. Sène, B. Ndiaye, A. Sagna, O. Diouf, I. Ndiaye, M. Ndiaye, D. Diop, M. Faye, F. Niang, M. Faye, M. Seydi, I. Camara, et M. Diop. Ils ont assuré la tâche souvent fastidieuse de collecte et de mise en forme des données analysées ici.

Les pêcheurs artisans, par leur gentillesse et leur patience, ont bien voulu nous transmettre un peu de leur savoir. Qu'ils reçoivent ici l'expression de notre admiration.

Nos sincères remerciements vont également aux secrétaires du CRODT Mmes M. Mbodj, R. Mbaye, F. Diamanka, N. Ndiaye, ainsi qu'à D. Niang et D. Laloë qui ont participé à la finalisation de ce document.

RÉSUMÉ

Les eaux du plateau continental sénégal-mauritanien sont enrichies par un upwelling côtier qui leur assure une forte productivité.

Nous avons décrit la mise en place d'un système d'enquêtes pour la pêche artisanale (plan stratifié avec plusieurs niveaux dans chaque strate) et discuté les principales sources d'erreurs. L'augmentation du nombre de strates conduirait à celle de la variabilité de leur taille, vu l'aptitude des unités de pêche à changer de tactique selon les circonstances.

Nous avons analysé les données recueillies sur les sorties de pêche et leurs résultats à Saint-Louis et à Kayar, en considérant 3 périodes entre 1975 et 1987. Cette étude montre une importante variabilité inter et intra-annuelle des diverses observations et indique de profondes modifications de la distribution et des schémas d'exploitation de certains stocks au cours des 15 dernières années.

Nous avons ensuite discuté des caractéristiques de modèles de dynamique des populations en examinant leur aptitude à rendre compte des changements observés. Nous avons plus particulièrement étudié une formulation adaptée aux pêcheries de rayon d'action limité. Nous avons présenté les approches multispécifiques et multiengins en insistant sur celles décrivant la dynamique des flottilles.

Nous avons présenté un modèle de simulation et nous l'avons utilisé pour comparer l'activité et les résultats de deux pêcheries. La première est semblable à la pêcherie artisanale sur la côte nord du Sénégal, la seconde en diffère par un choix plus limité de tactiques à la disposition de chaque unité de pêche.

Les résultats obtenus permettent d'aborder l'analyse des problèmes d'aménagement des pêcheries artisanales.

Mots clés: Sénégal, Pêche artisanale, Echantillonnage,

Dynamique des populations, dynamique des flottilles,

Relations pêche-environnement, Modèles de simulation.

**ARTISANAL FISHERY IN SENEGAL:
RESOURCE AND FISHING STRATEGIES.**

ABSTRACT

In Senegal, waters of the continental shelf are very productive, due to a seasonal upwelling responsible of fish stocks migrations.

The progressive setting up of a stratified sampling system (with subsampling in each stratum) for collecting a great number of parameters takes into account the main artisanal fishery characteristics. Data processing gives up results on fishing effort, catch per unit of effort and total landings. Methodological tests are periodically conducted to improve sampling design. The main source of bias are discussed. This enhances the fact that increasing the strata number would lead to a variability of their size, due to the capacity of fishing units to alter their tactics according to circumstances.

We deeply study fishing outings and results in Saint-Louis and Kayar by using statistical analysis and considering 3 periods between 1975 and 1987. We notice an important interannual variability in fishing effort characteristics and levels, and in catch per outing. We also show seasonal and annual variations in resource availability and landings related to upwelling dynamics.

We then study population dynamics models through their ability to account for the main changes that have been noticed. We pay particular attention to the potential impact of a restricted access to the resource and to the models applying to the dynamics of the fishing fleet.

We then suggest a simulation showing the evolution of a fishery similar to the artisanal fishery in Senegal, the fishing units of which have a strategy with a range of available tactics and a selection rule. We then study a fishery that would differ by its lesser adaptability. This finally allows us to deal with the analysis of artisanal fisheries planning problems.

**LA PÊCHE ARTISANALE AU SÉNÉGAL.
RESSOURCE ET STRATÉGIES DE PÊCHE.**

SOMMAIRE

Introduction	11
Première partie : Description générale du milieu, de la ressource et de l'exploitation	19
Introduction	21
I-1 Le milieu	21
I-2 La pêcherie	26
I-3 La ressource exploitée	32
I-4 Conclusion	35
Deuxième partie : Recueil et traitement des données	55
Introduction	57
II-1 Le recensement	58
II-2 Enquêtes sur les débarquements	63
II-3 Estimation des débarquements totaux	71
II-4 Etude critique-Amélioration des systèmes	74
II-5 Conclusion	77
Troisième partie : Analyse du système d'enquêtes sur l'activité de la pêche et ses résultats	87
Introduction	89
III-1 L'échantillonnage en pêche artisanale	91
III-2 Analyse des conditions d'application des estimateurs classiques au système d'enquêtes	101
III-3 Exemples issus d'études menées dans le cadre du programme Pêches Artisanale du C.R.O.D.T.	109
III-4 Discussion	124
Quatrième partie : Essai d'interprétation des résultats de la pêche artisanale	131
Introduction	133
IV-1 Traits caractéristiques de l'exploitation artisanale	133
IV-2 Etude de la pêche artisanale sur la Grande Côte	137
IV-2-1 Analyse de l'activité de pêche	137
IV-2-2 Analyse des prises par sortie ou rendements de pêche	147
IV-2-3 Les captures	159
IV-2-4 Associations entre espèces et lieux de pêche	160
IV-2-5 Relations entre espèces	163
IV-3 Conclusions	167

Cinquième partie : Stratégies d'exploitation	209
Introduction	211
V-1 Adoption de nouvelles techniques de pêche	211
V-2 Conséquences de l'introduction de nouvelles techniques sur l'exploitation de certains stocks	214
V-3 Enquête auprès d'unités de pêche de Saint-Louis pour la description de cycles annuels d'activité	218
V-4 Discussion	220
Sixième partie : L'approche globale monospécifique dans un contexte "multispécifique et multiengin"	227
Introduction	229
VI-1 Quelques rappels sur l'approche globale	230
VI-2 Estimation des paramètres du modèle	237
VI-3 Quelques compléments sur l'estimation des paramètres des modèles globaux	241
VI-4 Adaptation des modèles	249
VI-5 Discussion	278
Septième partie : Modèles multispécifiques et multiengins.	283
Introduction	285
VII-1 Les interactions	286
VII-2 Les modèles	287
VII-3 Vers une description de la Pêche artisanale sénégalaise	305
VII-4 Simulations	316
Conclusion	323
Huitième Partie : Essai de modélisation d'une pêcherie analogue à la pêche artisanale de la Grande Côte du Sénégal.	325
Introduction	327
VIII-1 Les éléments de base du modèle	328
VIII-2 Les relations entre les éléments de base	334
VIII-3 Mise en oeuvre de la simulation	338
VIII-4 Résultats de la première simulation	339
VIII-5 Simulation avec une pêcherie dont les unités ont un choix de tactiques moins diversifié	343
VIII-6 Conclusion	345
Conclusion	363
Références bibliographiques	369
Table des matières	389
Annexes	

**LA PÊCHE ARTISANALE AU SÉNÉGAL.
RESSOURCE ET STRATÉGIES DE PÊCHE.**

INTRODUCTION

**LA PÊCHE ARTISANALE AU SÉNÉGAL.
RESSOURCE ET STRATÉGIES DE PÊCHE.**

INTRODUCTION

Cette étude s'inscrit dans le cadre général du programme "Pêche Artisanale" du Centre de Recherches Océanographiques de Dakar Thiaroye (CRODT), dépendant de l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA). Le but de ce programme est de décrire l'activité de la pêche, l'état et les potentialités de la ressource exploitée en vue d'une gestion efficace.

Le programme a été élaboré par des chercheurs et techniciens océanographes biologistes; au départ, un certain nombre d'études ont été consacrées aux espèces les plus importantes. Pour ce faire des modèles globaux (synthétiques) ou structuraux (analytiques) ont été utilisés; la collecte des données nécessaires (efforts de pêche, captures, compositions démographiques etc...) a été mise en place.

Il est apparu indispensable d'associer à ce programme de recherches un volet "socio-économie" pour dépasser le cadre, devenu trop étroit aux yeux des biologistes, d'une approche de la pêche artisanale dans laquelle l'effort (l'activité) de pêche est considéré comme une quantité qu'on pourrait fixer à un niveau "optimal" conduisant, grâce à l'existence d'une relation entre cette activité et les mortalités qu'elle engendre, à une stabilisation des résultats de la pêcherie autour de valeurs susceptibles d'être prédites. En effet, l'activité déployée par les unités de pêche artisanale est en elle même un objet d'étude dont la description implique le recours à des outils et des connaissances relevant de disciplines diverses. Il était donc important de reprendre la description générale de la pêcherie afin d'en saisir les caractéristiques les plus significatives en vue d'une éventuelle modélisation. De même il était souhaitable d'évaluer le plan d'échantillonnage mis en place pour la collecte des données dans un contexte "multispécifique et multiengin", ce qui justifiait l'affectation d'un statisticien.

Nous disposons, pour cette étude, d'un ensemble considérable de données, d'origines et de natures très diverses (données quantitatives et qualitatives sur la pêche et ses résultats, connaissances sur l'environnement et la biologie des espèces pêchées, connaissances "non écrites" issues d'observations personnelles et de discussions avec les pêcheurs). Cet ensemble constituera l'information disponible à partir de laquelle nous ferons une description générale de la pêcherie. Nous essaierons ensuite de résumer cette information en un certain nombre de descripteurs associés par une modélisation.

On peut en effet considérer qu'une approche modélisatrice comprend deux niveaux de description.

Le premier niveau est le plus général possible. Il s'agit, à partir de l'ensemble des informations disponibles, de décrire la répartition de "quantités" qui peuvent être "intéressantes", et les relations qui les associent. Quelles captures sont réalisées par les unités de pêche dont on a observé qu'elles opèrent, par exemple, par des sorties de quelques heures, ou parfois quelques jours ? Quelle variabilité observe t'on dans ces captures ? Dépendent elles de l'engin de pêche utilisé, du lieu fréquenté ? Une unité de pêche peut elle choisir, et en fonction de quels critères, parmi plusieurs méthodes de pêches, plusieurs espèces ou groupes d'espèces ? Les questions sont multiples.

Il n'est pas possible de tout décrire, et ce ne serait pas souhaitable. Un deuxième niveau de description consiste à résumer l'information disponible de la manière la plus efficace possible, à partir de descripteurs en nombre le plus réduit possible. Parvenir à ce second stade de façon satisfaisante conduit directement à la modélisation qui consiste à décrire les relations entre les descripteurs choisis. Il faut juger de la valeur de la modélisation et ainsi évaluer:

- la pertinence de la forme des relations entre les descripteurs et la possibilité d'interpréter leurs paramètres;

- la précision des estimations résultant de l'application du modèle;
- la perte d'information subie en résumant l'information initiale et, si besoin est, préciser les informations à collecter.

On doit donc établir, à partir de l'ensemble de l'information, quelles sont les variables qu'il faut prendre en compte pour conserver un maximum d'information "résumée". En nous inspirant de la notion statistique d'exhaustivité, ou suffisance, nous dirons d'un résumé qu'il est "suffisant" si les différences entre deux ensembles d'information disponibles résumés de façon identique n'apportent pas d'éléments pouvant améliorer notre connaissance dans le domaine étudié.

Il convient de présenter ce qui fera l'objet de notre intérêt, c'est-à-dire, dans l'ensemble très vaste et complexe que constitue le "système pêche", les relations que nous chercherons à décrire.

Le système pêche est le fruit de relations entre un très grand nombre d'éléments qu'on peut grossièrement regrouper en quelques sous-ensembles selon le schéma suivant

Marché

Aménagement

Pêcherie

Ressource

Environnement

Histoire

A chaque instant ce système est dans un état susceptible de se modifier et, en nous référant aux objectifs du programme Pêche Artisanale évoqués au début de cette introduction, nous serons naturellement conduits à nous intéresser plus particulièrement à la description des deux sous-ensembles "pêcherie" et "ressource", et à celle de leurs interactions et modifications.

Nous ne pourrions pas pour autant négliger les autres parties du système, dont l'influence sur la forme de la pêcherie est qualitativement évidente. En effet, on admet qu'il existe une grande variabilité dans la capturabilité des nombreuses espèces pouvant être recherchées par les pêcheurs artisans. Cette variabilité a pu entraîner pour ceux-ci la nécessité de se former à la pratique de plusieurs méthodes de pêche entraînant l'acquisition d'une souplesse d'adaptation devenue partie intégrante de l'"histoire" de la pêcherie. De même, l'intérêt porté par les pêcheurs pour telle ou telle espèce dépend de leurs propres habitudes ("histoire"), de la capture qu'ils peuvent espérer ("ressource" et connaissances acquises ("histoire")), et du prix auquel ils pourront la vendre ("marché"), dépendant lui même de la production.

Il existe ainsi une multitude de relations entre les divers éléments du système. Vouloir toutes les décrire est hors de notre portée et de notre propos. Nous ne nous intéresserons aux caractéristiques des divers sous-ensembles que si elles nous paraissent influencer sur ce que nous voulons décrire (ou, en d'autres termes, si leur absence rend insuffisant le résumé).

La description de la pêcherie implique celle des pêcheurs et de leurs méthodes de travail. Ceci nous conduira à utiliser une définition et une classification des unités de pêche dont les activités seront estimées en termes d'efforts "nominaux". Cette définition et cette classification seront d'autant plus efficaces qu'elles permettront de traduire les modifications qui ont été observées dans la période récente et les mesures d'aménagement envisageables.

La description de la ressource implique celle de son état et de ses modifications sous l'effet de l'activité des unités de pêche. Ces activités seront alors estimées en termes d'efforts "effectifs".

L'absence d'identité entre efforts "nominaux" et "effectifs" conduit à une difficulté très classique dans l'utilisation des modèles de dynamique des populations. Si nous utilisons une classification des unités de pêche, l'effort nominal pourra être décrit par autant de variables qu'il y a de types d'unités. L'effort effectif sera quant à lui décrit par autant de variables qu'il y a de populations exploitées. Nous serons donc amenés à rechercher une relation permettant d'estimer les efforts effectifs à partir des efforts nominaux, mais nous verrons que ceci n'est pas suffisant. En effet il existe une variabilité d'effort effectif, pouvant s'exprimer même en l'absence de variation d'effort nominal, si les unités de pêche ont plusieurs tactiques à leur disposition.

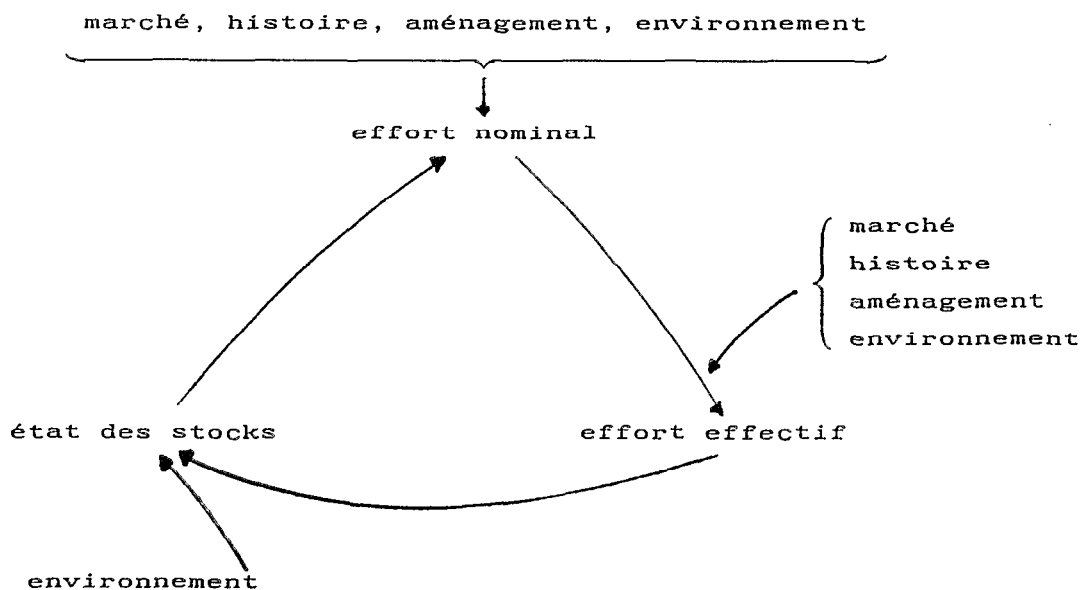
Nous chercherons donc une relation permettant d'estimer les efforts effectifs à partir des efforts nominaux en introduisant des informations supplémentaires. Parmi ces informations, nous pourrions inclure les rendements espérés par les pêcheurs selon les tactiques dont ils disposent. Ces rendements sont eux-mêmes, entre autres, fonctions des efforts effectifs précédemment exercés, de l'environnement en général et de la valeur économique des différentes espèces. Il apparaît donc que toutes les variables sont à la fois explicatives et expliquées, et qu'il est nécessaire, au niveau même de la description des efforts effectifs, d'introduire celle de la dynamique des stocks exploités.

La partie du système que nous étudierons pourra être décrite par trois groupes de descripteurs résumant:

- les efforts nominaux,
- les efforts effectifs,
- l'état des stocks.

Il s'agira de décrire la forme des relations entre ces groupes en incluant l'impact des autres sous ensembles du système. Cet impact peut s'exprimer de manière directe ou indirecte. Ainsi, une mesure d'aménagement peut-elle conduire à une modification du nombre d'unités de pêche, donc de l'effort nominal, mais elle peut aussi se traduire par une modification de la relation entre efforts nominal et effectif en fournissant de nouvelles tactiques aux unités de pêche existantes, ou au contraire en les "spécialisant".

Un schéma simple peut décrire ces relations:



L'examen rapide de ce schéma montre que nous avons affaire à des processus temporels et que nous aurons à décrire des séries chronologiques. Nous nous intéresserons donc autant, sinon plus, aux processus régissant l'évolution des diverses quantités étudiées, qu'aux valeurs qu'elles peuvent prendre à un moment ou à un autre.

Dans ces conditions, l'évaluation de la qualité d'une modélisation se fera largement à partir de son aptitude à rendre compte de la variabilité observée dans les séries à notre disposition.

Si nous parvenons à ce stade, nous disposerons d'un outil de simulation susceptible d'analyser l'impact de certaines modifications du système et donc en particulier d'aborder le thème de la "gestion de la pêche".

PLAN

Présentation générale. Données de l'étude.

Dans la première partie de cette étude, nous présenterons la pêche au Sénégal, la ressource exploitée et les conditions de milieu qui, grâce à un phénomène d'upwelling saisonnier, offrent une richesse remarquable.

Dans la seconde partie nous décrirons la mise en place d'un système de collecte de données à partir des années 70, qui offre une bonne connaissance du parc piroguier maritime au Sénégal et des données d'enquêtes très nombreuses et complètes sur l'activité (nombre et nature des sorties de pêche) et sur les résultats obtenus au cours de ces sorties. Nous décrirons également la nature des publications régulières de recueils de statistiques réalisées grâce à ce système.

Nous analyserons dans la troisième partie la structure statistique de ce système d'enquêtes, en rappelant les principales techniques utilisées et en passant en revue les problèmes posés par la sélection des échantillons aux divers niveaux du système. Nous présenterons un certain nombre d'études menées pour évaluer et, dans la mesure du possible, améliorer ce système d'enquêtes.

Analyses descriptives des données.

La quatrième partie sera pour l'essentiel consacrée à l'analyse des données recueillies à Saint-Louis et Kayar de 1975 à 1987. Nous décrirons les évolutions inter et intra-annuelle de la nature de ces sorties (durée, nombre de pêcheurs, lieux fréquentés, etc...), puis nous étudierons celles des rendements obtenus pour les principales espèces exploitées, en recherchant s'il existe des associations entre lieux de pêche et espèces, entre les résultats de la pêche et des données d'environnement. Nous étudierons également les associations d'espèces à l'aide des compositions spécifiques des captures réalisées au cours des sorties de pêche.

Nous insisterons, dans la cinquième partie, sur certains événements montrant la capacité d'adaptation de la pêche artisanale aux conditions variables d'environnement dans lesquelles elle évolue. Nous décrirons ainsi l'adoption de nouvelles techniques de pêche, les mutations observées dans l'exploitation de certaines espèces, les problèmes qui peuvent parfois être rencontrés lorsque des pêcheurs désirent exploiter une nouvelle ressource. Nous donnerons également les résultats obtenus au cours d'une enquête auprès d'unités de pêche originaires de Saint-Louis pour lesquelles nous avons tenté de reconstituer un cycle annuel d'activité.

Modélisations simulations.

La sixième partie étudiera des modèles globaux (synthétiques) "monospécifiques" dans le contexte d'une pêcherie "multispécifique et multiengins". Nous étudierons la précision des estimations des paramètres de ces modèles dans notre contexte. Nous évoquerons les principales adaptations proposées pour la formulation de ces modèles, selon que l'on dispose ou non d'informations autres que celles concernant les captures et les efforts de pêche. Nous nous intéresserons particulièrement à l'impact possible des reports d'efforts entre stocks sur la relation capture-effort à stock donné. Nous analyserons

des données issues de pêcheries étrangères à notre domaine pour évaluer la capacité des modèles à rendre compte de certains phénomènes qui nous paraissent importants.

Nous aborderons dans la septième partie la modélisation des pêcheries multispécifiques et multiengins. Nous ferons une revue des interactions diverses pouvant être prises en compte soit par des modèles globaux, soit par des modèles analytiques. Nous insisterons sur la présentation de certaines modélisations existantes incluant de façon explicite la possibilité qu'ont les unités de pêche de choisir entre plusieurs tactiques de pêche. Nous rechercherons ensuite une modélisation adaptée à notre contexte, en choisissant une description de l'état des stocks par des modèles globaux, et en définissant des stratégies de pêche par les tactiques disponibles et une règle de choix de l'une d'elles.

Dans la huitième partie, nous définirons une ressource multispécifique et un ensemble de stratégies et de tactiques de pêche, en nous inspirant de la pêche artisanale sénégalaise. Nous tenterons de traduire les principaux changements décrits dans les parties précédentes, par des changements pour certaines espèces, de leur prix, de leur disponibilité ou de leur exploitation par la pêche industrielle. Nous effectuerons une première simulation en analysant les variations obtenues dans l'activité et les résultats de cette pêcherie en comparaison avec celles réellement observées. Nous effectuerons ensuite une deuxième simulation à partir d'une pêcherie dont les unités de pêche ont un choix de tactiques moins varié.

Nous pourrions alors aborder le thème de la gestion de la pêche artisanale sénégalaise.

**LA PÊCHE ARTISANALE AU SÉNÉGAL.
RESSOURCE ET STRATÉGIES DE PÊCHE.**

PREMIÈRE PARTIE

**DESCRIPTION GÉNÉRALE DU MILIEU,
DE LA RESSOURCE ET DE L'EXPLOITATION.**

PREMIERE PARTIE
DESCRIPTION GENERALE DU MILIEU, DE LA RESSOURCE ET DE L'EXPLOITATION.

INTRODUCTION

Cette partie est essentiellement bibliographique et repose sur des travaux effectués surtout au C.R.O.D.T. La zone dite sénégal-mauritanienne a fait l'objet d'études qui pour les volets 1 et 3 de ce chapitre ont donné lieu à des synthèses que nous reprendrons en apportant des éléments récents et en essayant d'insister sur des exemples pris sur la côte nord et la zone côtière autant que possible.

Après une présentation synthétique du milieu physique et de l'hydroclimatologie, nous tenterons dans ce chapitre de donner un aperçu sur les ressources vivantes et l'exploitation des formes piscicoles par la pêche artisanale : cette étude descriptive pourra être difficilement limitée à la zone sénégalaise qui fait partie d'un ensemble écologique plus vaste.

I-1 Le milieu

I-1-1 Cadre morphologique.

La côte sénégalaise fait partie d'un vaste ensemble géographique allant de 12° à 23°N (Fig.1-1), d'orientation générale Nord-Sud. La presqu'île du Cap-Vert la divise en deux parties qui sont successivement du nord au sud:

- une zone dunaire sans autre relief très marqué; l'interland est occupé par une frange à forte activité agricole (les "Niayes") alors que la plage est sableuse et entaillée par l'embouchure du fleuve Sénégal au nord. Le nombre réduit de villages de pêcheurs s'explique par l'accès difficile en raison du barrage dunaire à l'est et de l'existence d'une barre à brisants rendant les sorties et retour de pêche plus difficiles. Cette zone se prolonge vers le nord par la côte mauritanienne présentant le même biotope.

- la presqu'île du Cap-Vert d'orientation Est-Ouest est une zone à côtes escarpées bordées de falaises et d'îles: les points de pêche sont presque tous localisés dans les criques et baies à plage sableuse de la côte.

- une zone basse, d'abord sableuse jusqu'à Joal, puis, au-delà, parsemée d'embouchures de fleuve avec mangrove (fleuves Gambie, Casamance et rivières du Sud). Cette zone sans barre abrite de nombreux villages de pêcheurs.

Le plateau continental est limité par l'isobathe des 200 mètres. De 27 milles nautiques au large de Saint-Louis, il se réduit à 5 milles au niveau de la presqu'île du Cap-Vert pour s'étaler sur 54 milles en Casamance. Sa superficie est de l'ordre de 28 700 kilomètres carrés. Selon Domain (1980), ce plateau est peu accidenté, avec quelques canyons sous marins dont le plus important sur la côte nord est la fosse de Kayar. Il existe également deux falaises sous marines au sud de la presqu'île du Cap-vert à 45 et 70 mètres de profondeur. On peut résumer le faciès sédimentologique du plateau en distinguant (Fig. 1-2):

- les fonds meubles composés de vasières au niveau des embouchures des fleuves Sénégal et Casamance, entourées de sable vaseux. Le reste du plateau (au nord de 16°30' et entre Mbour et la vasière casamançaise) est occupé par des fonds de sable,

- les fonds durs sont souvent constitués de plaques rocheuses continues ou discontinues; ils sont présents sur la côte nord en bancs rocheux côtiers, sur la presqu'île du Cap-Vert et sur la côte sud en de larges bandes centrées sur les fonds de 50 mètres.

I-1-2 Climatologie.

Les deux paramètres importants sont les vents et les pluies, sous l'influence des masses d'air austral et boréal dont les déplacements sont réglés par l'interaction entre anticyclones (celui des Açores surtout et celui de Sainte Hélène) et dépressions (Sahara). Le balancement de la zone intertropicale de convergence (ZITC, zone où se rencontrent les vents de Nord Est et ceux de Sud Est) entre les latitudes 6°N (en janvier) et 20°N (en août) place le Sénégal dans une région d'alternance caractérisée par deux saisons, une sèche avec régime d'alizés (novembre à mai) et une humide (juin à octobre) avec vents de mousson (Berrit 1952, Rossignol 1973).

Avec les données tri-horaires de vents mesurées de 1961 à 1986 à Yoff par l'agence pour la sécurité de la navigation en Afrique (ASECNA), Roy (1988) a estimé les vitesses et fréquences des vents dans 8 secteurs de 45° et le cycle moyen annuel. Les alizés continentaux (de secteur Nord-Nord Est) et maritimes (de secteur Nord Ouest-Nord) sont prépondérants de novembre à mai et leur fréquence cumulée représente 90% environ des observations (Fig. 1-3). Leur vitesse moyenne est de 5.2 m/s pendant cette période. Les alizés continentaux sont dominants de novembre à janvier avant la rotation des vents vers l'ouest. Pendant les périodes d'accalmie des alizés maritimes, souffle l'harmattan chaud et sec, souvent chargé de poussière et pouvant interdire toute activité de pêche par manque de visibilité. A partir du mois de juin s'installe un régime des vents à dominante Ouest, variable en force et direction (de Sud Ouest-Ouest à Nord Ouest-Nord) dont la vitesse moyenne se situe autour de 3,7 m/s. Ce régime intègre un flux de mousson (important au sud de 13° N) lié à la masse d'air australe: il est chargé d'humidité et est responsable de la pluviométrie sur le continent.

A partir du mois de juin, la remontée de la Z.I.T.C. jusqu'à sa limite d'extension vers le nord fait que la région est sous le régime des vents de mousson amenant les précipitations entre mai et octobre. Cette saison des pluies, ou hivernage, dont la durée diminue progressivement du sud au nord donne des précipitations de l'ordre de 1200 mm en Casamance (12°28'N), 440 mm à Yoff et 230 mm à Saint-Louis (tab. I-1). Dans la zone qui nous intéresse, l'hivernage débute généralement dans la deuxième quinzaine de juin vers le sud et se termine en septembre, mais ses effets se font sentir en mer jusqu'en octobre avec les crues du fleuve Sénégal. En hivernage, les périodes de forte pluie (accompagnées souvent de vents violents jusqu'à 10m/s pendant les orages), peuvent entraîner une chute très importante des activités de la pêche artisanale.

I-1-3 Hydrologie.

Les phénomènes hydrologiques dans la région ont fait l'objet de plusieurs études. Nous présenterons ici un aperçu sommaire sur les courants, les saisons marines et l'upwelling, ce dernier mécanisme jouant un rôle essentiel dans la dynamique du milieu marin.

1-1-3-1 Courants et eaux de surface.

Depuis les travaux de Berrit (1952), Rossignol (1973) et ceux plus récents de Rébert (1983), la circulation générale dans la région ouest africaine est bien connue. Les eaux de surface sont sous influence des deux principaux courants océaniques dont les effets sur le plateau continental sont variables.

- Le courant froid des Canaries, régulier, est localisé au delà de 19° Ouest et dirigé Nord-Sud avec une dérive vers l'ouest. Les masses d'eaux de surface sur le plateau continental sénégalais en saison sèche proviennent des eaux centrales sud atlantiques sous-jacentes renouvelées par upwelling et transportées par un courant côtier.

- Le contre courant équatorial chaud, plus variable, vient de l'ouest et se dirige vers le Golfe de Guinée. En saison froide il n'atteint que le sud de la zone, en saison chaude il remonte vers le nord et véhicule des eaux chaudes et salées.

Une situation moyenne de répartition saisonnière des eaux de surface (Fig.1-4) a été décrite par Rossignol (1973). Elle permet de distinguer, en prenant comme limites de température 24°C et de salinité 35 ‰ :

- Les eaux canariennes froides (température inférieure à 20°) et salées (entre 35,4 et 36 ‰),
- Les eaux tropicales chaudes (plus de 24°) et salées (36 ‰),
- Les eaux guinéennes chaudes et dessalées (moins de 35 ‰).

Selon Rebert (comm.pers.) les prélèvements de température et salinité effectués à Kayar et Saint Louis sont représentatifs des conditions sur les fonds de pêche entre 0 et 100 mètres. Une représentation graphique de ces paramètres permet de retrouver localement la description faite à un niveau plus large par Rossignol (Fig. 1-5).

Les eaux froides, issues d'upwellings côtiers se propageant vers le sud, envahissent la côte nord à la latitude de Saint-Louis (deuxième quinzaine d'octobre), puis celle de Kayar et Yoff (première quinzaine de novembre); l'épaisseur de ce courant superficiel oscille entre 20 et 50 mètres.

Les eaux chaudes sont apportées par une déviation vers le nord du contre courant équatorial venant de l'ouest: elles envahissent le plateau continental à partir de mai par le sud (Cap Roxo). Vers la fin de la saison chaude, les eaux tropicales salées sont remplacées par les eaux guinéennes dessalées venant du sud: la dessalure est essentiellement due aux crues des grands fleuves de la région. Le déplacement de ces eaux à des températures différentes entraîne le balancement d'un front à fort gradient thermique qu'on peut situer au niveau du Cap Blanc (20° N) en saison chaude et au niveau du Cap Roxo (10° N) en saison froide .

1-1-3-2 Les saisons marines.

A partir des processus précédemment décrits, Rebert (1983) propose un schéma décomposant l'année en situations types caractérisables par les températures et les salinités de surface observées dans les stations côtières.

- La saison froide s'installe en novembre avec l'arrivée des alizés. D'abord de type advectif, avec de très fortes oscillations thermiques en surface à la côte dues à des variations zonales du système de

courant, cette saison devient plus froide de février à mai avec l'arrivée des vents forts de Nord Ouest plus stables en direction. Elle est caractérisée par des températures de surface de l'ordre de 16 à 18°C et des salinités de 35,5 à 36 ‰. Elle commence à se faire sentir dès fin octobre à Saint-Louis.

- La transition saison froide-saison chaude est de courte durée et a lieu entre mai et juin, soit brutalement, soit progressivement, sous l'influence de l'arrivée des eaux tropicales mais surtout de la chute brutale des alizés. Nous verrons plus loin que c'est une période très importante sur la côte nord, marquée par une très grande activité de pêche.

- la saison chaude démarre avec la chute brutale des alizés, consécutive au passage de la ZITC vers le nord. Elle est caractérisée par l'installation d'une discontinuité thermique, ou thermocline, séparant une couche de surface isotherme (25 à 27°C) et homogène de 20 à 60 m d'épaisseur, d'une couche profonde plus froide. La couche superficielle se dessale progressivement à mesure qu'avance la saison des pluies, par l'apport des cours d'eau, avec une circulation générale dirigée vers le nord. Sur la côte nord, la renverse des courants en septembre accentue la dessalure (34 ‰ à Kayar en octobre). Son action n'est pas très marquée sur la zone côtière au Sud de Dakar. On peut noter que ces dessalures sont de moins en moins marquées, en rapport avec la sécheresse de ces dernières années au Sahel.

- La transition saison chaude-saison froide en octobre novembre est marquée par un refroidissement des eaux dont la dynamique est encore mal connue. Les hypothèses les plus plausibles seraient le retrait des eaux chaudes et l'installation progressive du régime des alizés provoquant des upwellings côtiers (Teisson, 1981). Selon Portolano (1981) et Rebert (1983) de petits coups de vent du Nord peuvent créer des ondes internes responsables de la dislocation de la thermocline par remontée en surface des eaux froides infrathermoclineales.

Sur l'ensemble du plateau continental, les dates d'apparition de ces saisons sont variables d'un point à un autre et une approche par les températures de surface est assez malaisée puisque le réchauffement est avant tout progressif et le refroidissement, plus brutal procède par oscillation avant de se stabiliser (Rebert, 1983). Sur la série de mesures de température disponibles à Saint-Louis et Kayar (1973-1986) on peut déterminer les dates d'apparition de la saison froide (mi-novembre) et de la saison chaude (mi-mai) sur la côte nord. Ces dates peuvent être très variables d'une année à l'autre et dépendent de l'installation plus ou moins tardive du régime des alizés.

1-1-3-3 L'upwelling.

Les remontées d'eaux froides profondes riches en sels minéraux (upwelling) sont permanentes au dessus de 20° nord et saisonnières au sud de cette latitude (voir Fig. 1-1 et tab. I-2). Elles sont liées à l'installation des alizés: la manifestation des upwellings côtiers peut être repérée par les chutes de température de surface observées au niveau des stations côtières. L'intensité de l'upwelling est mesurée par le transport d'Ekman normal à la côte et proportionnel à la vitesse du vent: $M = T_0/f$ avec T_0 étant la composante de la tension de vent parallèle à la côte et f le paramètre de Coriolis; M mesure "le transport des masses d'eau de la côte vers le large sous l'action du vent et peut donc être considéré comme un indice de l'intensité de l'upwelling" (Bakun 1973).

Les études de Roy (1988) sur la base des données de vents relevées à Yoff de 1961 à 1986 rendent bien compte des variations du transport d'Ekman de part et d'autre de la presqu'île du Cap-Vert.

L'upwelling démarre sur le plateau continental sénégalais avec l'installation des alizés (début novembre): de novembre à janvier, il est dû au vent de nord-est et est légèrement plus intense sur la côte nord : 10,4 contre 10,0 m³ par seconde par 10 mètres de côte. En février, la dominante nord-ouest dans les alizés favorise la côte sud mieux exposée où l'upwelling devient plus intense (Fig. 1-6). La saison d'upwelling s'étend jusqu'en juin sur la côte nord et juillet sur la côte sud : son intensité est maximale sur la côte sud en mars et avril. Sur la côte nord, Cury et Roy (1988) notent que l'upwelling s'installe par le nord à Saint-Louis entre les quinzaines 20 et 21; elle commence à se résorber par le sud à Kayar entre les quinzaines 10 et 11. Cette situation moyenne peut-être perturbée comme l'a décrit Dupouy (1983) par des chutes de l'intensité des alizés Nord Ouest entraînant des vents d'harmattan fort avec réchauffement local. A l'échelle interannuelle, la mesure du transport d'Ekman en saison d'alizés (Roy, 1988) montre une succession de périodes à upwelling fort (71 à 78 et après 1985) et à upwelling faible (63 à 70 et 78 à 84) (Fig. 1-7).

Selon Rebert (1983) ce phénomène d'upwelling est la principale source d'enrichissement des eaux (0,7 millions de tonnes de phosphore par an et par kilomètre de côte). Roy (1988) a montré les liens étroits existants entre le transport d'Ekman et les apports en phosphate de part et d'autre de la presqu'île du Cap-Vert. En période d'upwelling fort (vent de Nord Ouest-Nord dominant en mars et avril) les teneurs en phosphate sont plus élevées sur la côte sud où l'intensité de l'upwelling est plus forte. Une étude récente (Touré et Gning 1988) montre des concentrations en nitrate dans les eaux de surface au large de Dakar plus fortes en saison d'upwelling (12 µatg/l en moyenne) qu'en saison chaude (1 µatg/l).

Nous verrons dans la suite de cette étude que ce phénomène d'enrichissement est déterminant dans la dynamique de la ressource exploitée.

1-1-4 La productivité.

Au niveau de la côte ouest africaine se trouvent réunies les conditions pour une photosynthèse abondante: présence de sels nutritifs, radiation incidente élevée (400 à 600 cal/cm²/jour, mesurées à Dakar) et durée moyenne d'insolation de 8 à 9 heures par jour (Rebert, 1983). Les sources de sels minéraux sont essentiellement l'upwelling et dans une moindre mesure les apports terrigènes et la reminéralisation. L'importance de la production primaire est liée aux fluctuations saisonnières et interannuelles de ces sources. Pour une année donnée, les pics de production maximale de chlorophylle sont localisés en fin de période d'upwelling (mai) pour l'ensemble de la côte et également en fin de saison des pluies (octobre-novembre) pour la partie située au sud de la région du Cap-Vert. Selon Schemainda (1975), cité par Domain (1980) la production phytoplanctonique varie selon la latitude. Elle atteint en moyenne 211 gC/m²/an à 21°N au Cap-Blanc (zone d'upwelling permanent), 139,6 gC/m²/an dans la région du Cap-Vert (15°N) et 153 gC/m²/an par 12°N au large des îles Bissagos (zone d'apports terrigènes importants). L'existence de courants côtiers entraîne une accumulation de cette biomasse dans les eaux côtières peu profondes. Les zones d'estuaire s'enrichissent secondairement avec les apports des fleuves (Rebert 1978). En saison chaude, Touré et Gning (1988) signalent trois principales concentrations de chlorophylle en surface devant les embouchures des fleuves Sénégal, Saloum et Casamance. Les eaux enrichies localement par le recyclage de la matière organique contiennent des biomasses phytoplanctoniques moyennes (1 à 3 mg/m³ de chlorophylle a). En saison froide, les concentrations sont plus importantes et localisées à la périphérie des principales zones d'upwelling (jusqu'à 5 mg/m³ de chlorophylle a).

Les études sur la production secondaire ne sont réalisées qu'autour de la presqu'île du Cap-Vert. Elles indiquent une forte relation entre l'abondance du zooplancton et l'intensité de l'upwelling (Touré 1972). Pour Séret (1985) un mois environ sépare la production maximale de chlorophylle et la formation de concentrations zooplanctoniques. Mais selon Fréon (1986), les fluctuations d'abondance du zooplancton ont diverses origines qui font actuellement l'objet d'hypothèses de travail sur la liaison entre productions primaire et secondaire. Dans la zone restreinte déjà étudiée, les copépodes semblent constituer la majeure partie de la biomasse zooplanctonique.

Il reste néanmoins reconnu que la conjonction de cet ensemble de facteurs (température, insolation, sels minéraux) fait de la côte sénégal-mauritanienne une région très productive. Les zones côtières et estuariennes constituent des aires riches, propices au développement des juvéniles des espèces constituant les maillons supérieurs de la chaîne trophique.

1-2 La pêche

1-2-1 Historique.

Il est nécessaire de faire un rapide historique pour situer la place actuelle de la pêche artisanale et les mutations qu'elle a subies ces dernières décennies, en nous appuyant principalement sur des documents collectés par nos soins dans diverses archives et sur les travaux de Chauveau (1983, 1986). Les récits des navigateurs (portugais surtout) signalaient déjà au XVI^{ème} siècle la présence d'une activité de pêche traditionnelle à bord d'embarcations taillées dans des troncs d'arbre: la pêche industrielle a été introduite bien plus tard au début du XXI^{ème} siècle.

La rareté des documents spécifiques sur cette activité ne permet pas une étude de la physionomie de la pêche entre le XVI^{ème} et le XIX^{ème} siècle. Chauveau (1983) donne une description détaillée des embarcations et trace l'histoire de la navigation pendant cette période. Les documents décrivant l'activité de pêche traditionnelle (ou pêche indigène) sont apparus avec les travaux de Gruvel en 1908. Ce dernier signalait déjà que vers 1870, cette activité contribuait au ravitaillement en poissons frais ou transformés de la région de Marseille. Ces écrits du début du siècle (Gruvel 1908, 1913) témoignent de l'intérêt porté très tôt à la pêche sénégalaise. Un chalutier à voile jaugeant 30 tonneaux a permis le démarrage d'études sédimentologiques, hydrologiques et celui de l'inventaire faunistique de la région. En l'absence de "pêche européenne", la "pêche indigène" était responsable des débarquements enregistrés à l'époque à Saint Louis, Dakar, Rufisque et Fadiouth, qui étaient alors les principaux centres de pêche, ainsi que dans les petits centres situés entre Rufisque et l'embouchure du Saloum. Les pirogues à rame et/ou à voile (au nombre d'un millier environ entre Saint-Louis et l'embouchure du Saloum) étaient utilisées pour la pêche aux alentours proches des points de débarquements. Les engins de pêche utilisés à cette époque étaient surtout composés de lignes à main et filets.

D'après Gruvel (1908), les filets et les lignes étaient fabriqués en fibres végétales (écorce de baobab et feuilles de rônier); les lests des filets étaient en terre cuite et les flotteurs étaient des petites Calebasses. Les sorties se faisaient chaque jour entre 6 et 14 h. L'activité de pêche s'est par la suite développée sur l'ensemble des côtes sénégalaises où "il n'est pas de village du littoral où les habitants ne pratiquent la pêche en mer. Montés en nombre de 3 ou 4 sur des pirogues qui jaugeent environ 2 tonnes, les noirs emploient le filet, la ligne de fond, la ligne courante et le harpon" (*la Dépêche Coloniale*, 1927).

Plus tard, les travaux de Cadenat (1948 a, 1950), Postel (1950 a), et la création du Service de l'Élevage dans les années 1950 (travaux d'Arnoux et de Blanc) apportent les premiers documents quantitatifs exploitables sur la pêche artisanale. Arnoux et Blanc ont réalisé les premiers recensements donnant le nombre d'embarcations et une description de leurs formes et de leurs utilisations. Selon ces données (publiées dans les rapports trimestriels du Service de l'Élevage, section technique des pêches maritimes), on remarque (tableau I-3) que le nombre de pirogue a peu évolué jusqu'au début des années 1960. A partir de 1963, on assiste à une augmentation progressive du nombre de ces pirogues et à une diversification de leur utilisation liée à la diffusion des moteurs hors bords. Cette motorisation des pirogues constitue l'événement le plus important de l'histoire contemporaine de la pêche artisanale au Sénégal. Les premières expérimentations ont été faites à Saint-Louis en 1950 par Arnoux puis se sont étendues progressivement vers le sud non sans quelques difficultés. Les premiers moteurs placés dans des puits creusés à travers la quille de la pirogue sont de marque "Goïot" d'une puissance de 7 à 9 chevaux. C'est à partir de 1953 que la motorisation démarre effectivement: en 1960, 50% de l'armement piroguier dispose d'un moteur (Arnoux 1962). L'appropriation de cette nouvelle technologie par les pêcheurs sera accélérée après 1972 avec la création d'un Centre d'Assistance à la Motorisation des Pirogues (CAMP), chargé de la diffusion des moteurs auprès des coopératives d'avitaillement.

Le moteur hors bord a libéré le pêcheur des contraintes de la voile et de la rame: l'allongement du temps de pêche, la découverte de nouvelles zones de pêche et la facilité pour le pêcheur de migrer d'une région à une autre, ont sans doute contribué à accroître les débarquements de la pêche artisanale (tableau I-3). L'objectif fixé à l'origine par le service de l'élevage, d'augmenter de 30% la production peut être considéré comme atteint et même dépassé dès la troisième année. Selon Arnoux, pour un parc piroguier d'effectif quasi constant de 1955 à 1960, les débarquements ont rapidement évolué de 39 000 t à 80 000 t environ. Champagnat a estimé plus tard que le moteur hors bord a quintuplé la puissance de pêche de la pirogue. Ce succès de la motorisation, par delà les mérites du service d'encadrement, illustre l'ouverture du secteur à tout apport exogène assurant son épanouissement (Chauveau et Samba, 1989). En plus de cette révolution dans la technique de pêche, il faut noter le rôle non négligeable joué par les voies de communication dont l'ouverture a permis la concentration des activités de pêche dans les centres desservis et les contacts avec de nouveaux marchés: ouverture de la route de Kayar (1951), bitumage de la route entre Mbour et Joal (1958) et de l'axe Dakar Saint-Louis (1960). La production enregistrée au cours de ces années, assez stable avant 1955, a progressivement augmenté jusqu'en 1970 pour atteindre 133 000 tonnes. La forte hausse notée en 1973 semble résulter de l'activité d'un nouvel engin de pêche, la senne tournante coulissante. Introduite en 1969 par un projet conjoint FAO-CRODT, les expérimentations ont débuté sur la petite côte en ciblant les importants bancs de poissons pélagiques présents dans cette zone (Grasset 1972). Cette nouvelle technique qui se développera rapidement, va entraîner des bouleversements dans la physionomie de la pêche et dans la composition spécifique des débarquements. Avant l'apparition de la senne tournante, les captures étaient essentiellement dues aux lignes et filets maillants. Elles étaient constituées sur la côte nord de sparidés (60%) et de pomatomidés (33%), et sur la côte sud de clupéidés (44%), de sparidés (30%) et de serranidés (10%) (Arnoux 1957). En 1977, 57% de la production nationale était composée de clupéidés (cibles principales des sennes tournantes), et les centres de pêche de la petite côte assuraient 41% des débarquements totaux (Stequert et al. 1979). L'arrivée des sennes tournantes a entraîné une modification de la composition spécifique par un apport plus important de sardinelles rondes, les débarquements des filets maillants encerclants étant essentiellement constitués de sardinelles plates et d'ethmaloses.

Malgré ces changements intervenus dans le secteur, la pêche artisanale a été, et continue d'être taxée d'immobilisme, incapable de se développer. Certains organismes et services de développement ont pensé la faire évoluer vers une industrialisation, encourageant le remplacement de "ces formes archaïques d'exploitation" par des modèles de type plus moderne (pinasses d'Arcachon par Métral, 1955, pirogues plastiques de la FAO, petits chalutiers, cordiers et senneurs proposés par la DOPM...). Pourtant, dès 1908, Gruvel reconnaissait déjà que "l'Afrique Occidentale qui est restée longtemps la plus primitive de nos colonies par ses procédés de capture de poissons semble être aujourd'hui celle où l'évolution moderne se fait sentir le plus rapidement et où les procédés grossiers de pêche sont en train de se perfectionner en s'adaptant de plus en plus aux méthodes européennes". L'histoire de la pêche artisanale au Sénégal est riche d'exemples d'adaptations, d'appropriations de techniques qui n'ont pas altéré le fond traditionnel de ce type d'exploitation.

- A la pirogue monoxyle ont été adjointes des bordées cousues, puis cloutées pour une meilleure tenue en mer; la voile carrée puis le moteur hors bord, ont remplacé la pagaie dans le mode de propulsion.

- La technique de pêche à la ligne est restée la même mais des matériaux plus performants (coton, puis fibres synthétiques) ont remplacé les fibres en matière végétale.

- L'apparition du coton puis du nylon, du liège et du plomb dans les filets traditionnels (filets maillants droits ou encerclants) a précédé l'adoption de la senne tournante coulissante.

- L'adaptation de caisses à glace dans les pirogues de grande taille, l'utilisation de compas et, plus récemment, de sondeurs, sont autant d'innovations issues du secteur industriel que les pêcheurs ont su adopter.

Ces transformations se sont faites progressivement: en même temps, on note à partir de 1954 le développement d'une activité de pêche industrielle basée au port de Dakar.

I-2-2 Les formes d'exploitation.

On trouve actuellement sur la côte sénégalaise trois grandes ethnies de pêcheurs qui sont, du Nord au Sud: les wolofs de Guet-Ndar (Saint Louis) les lébous du Cap Vert et les sérères niominka du Saloum. Nous n'insisterons pas sur les particularités de chaque groupe, qui ont été bien décrites par Leca (1935), Balandier et Mercier (1952), Vanchi Bonnardel (1967, 1978), Sene (1985).

Sur l'ensemble de la côte, les unités de pêche utilisées sont constituées par un élément central permanent, la pirogue, et par des engins de pêche pouvant être individuels comme la ligne à main ou collectifs comme les filets tournants. La pirogue est une embarcation en bois, dont la quille est généralement taillée dans un tronc d'arbre sur lequel sont rajoutées des bordées. Les extrémités sont prolongées par des éperons servant de brise lames en mer et de balanciers à terre pour la remontée de la pirogue sur la plage (Fig. 1-8). Ces pirogues ont des longueurs variant entre 4 et 18 mètres et sont pour la plupart équipées de moteurs hors bord placés, soit dans un puits au tiers arrière de l'embarcation, soit sur la plaque arrière, l'arbre passant au travers de l'éperon de queue. Les formes et tailles des pirogues sont fonction de la zone d'évolution et du type de pêche pratiqué.

La description détaillée de ces engins a déjà été effectuée par Cadenat (1948 b), Grasset (1972), Gerlotto et Stéguert (1978) et Seck (1980). Ils sont de plusieurs types principaux.

- La ligne à main est une sorte de palangrotte en coton ou en nylon, de longueur et épaisseur variables, terminée par un lest en métal. Des avançons situés de part et d'autre de la partie terminale portent chacun un hameçon ou une turlutte dont la taille dépend de l'espèce recherchée. (Fig. 1-9) . Pour la pêche en pleine eau ou sur le fond, les hameçons sont appâtés avec des fragments de poisson.

- Le filet maillant droit est un engin passif, constitué d'une nappe de filet placée entre 2 ralingues: la supérieure munie de flotteurs en liège et l'inférieure de lests en plomb. Le taux d'armement, la taille des mailles, et du filet et le mode d'utilisation dépendent des espèces recherchées: ces filets peuvent être dormants (Fig. 1-10) ou dérivants et placés en surface ou au fond.

- Le filet maillant encerclant est un engin actif long de 200 à 300 m, pour une chute de 10 à 20 mètres. Il est utilisé depuis longtemps sur la côte sud pour la capture de sardinelles (maille de 30 mm au carré) et d'ethmaloses (mailles de 40 mm. au carré).

- La senne tournante coulissante est un engin collectif de 200 à 350 mètres de long pour une chute d'environ 40 mètres qui a été introduit et expérimenté sur les pirogues en 1972 par la FAO et le CRODT (Fig. 1-11). Depuis 1974, il connaît un rapide développement lié à sa bonne productivité sur les bancs de poissons pélagiques. Son utilisation peut nécessiter deux grosses pirogues et une vingtaine de pêcheurs. Ces derniers emprisonnent le poisson encerclé en tirant sur une coulisse, transformant le filet en poche (Grasset 1972).

Il existe d'autres types d'engins ou formes d'exploitation en pêche artisanale qu'il est important de signaler car ils connaissent un important développement ces dernières années. La pêche au casier à céphalopode a commencé à se développer au début des années 70 et constitue actuellement une activité mobilisant un grand nombre d'unités de pêche sur la côte Sud (Bakhayokho 1980). L'utilisation de caisses à glace dans les grosses pirogues (depuis 1977 à Saint Louis) a entraîné une modification dans les habitudes de pêche à la ligne. Pouvant conserver leurs captures plusieurs jours dans des caissons en bois isothermes, les pêcheurs effectuent des marées loin de leur base (Mauritanie, Guinée Bissau) et pendant plusieurs jours. Certaines techniques de pointe utilisées sur les bateaux de pêche ont été adaptées sur ce type de pirogues après des tests menés par le CRODT: le sondeur et le compas de navigation équipent la plupart des pirogues glacières et les pêcheurs sont de plus en plus intéressés par l'utilisation de la palangre dont les expérimentations sont en cours (Samba et Fontana, 1989).

1-2-3 Les zones de pêche.

Le rayon d'action relativement limité des pirogues fait que la pêche artisanale est confinée dans la zone côtière. L'apparition de moteurs hors bord a permis d'accroître leur zone d'évolution dans des proportions assez importantes. Les pirogues à rame et/ou à voile des années 40-50 rayonnaient à 5 ou 6 milles des points de débarquement, mais les pirogues glacières actuelles ont étendu les zones de pêche au delà de 20 milles des côtes. Le caractère quotidien des sorties de pirogues à ligne, et une solide expérience ont amené les pêcheurs à positionner les "bons" lieux de pêche, sans utiliser de carte ni d'appareil de mesure (compas, sondeur).

Les lieux dits de pêche sont repérés généralement selon des techniques associant des points à terre (dunes, arbres, promontoires divers...) des éléments typiques du fonds de pêche (nature, profondeur), des directions (par rapport au soleil ou à d'autres astres) et des temps de route (heures ou quantité de carburant).

Les premières tentatives de cartographie de ces lieux de pêche ont été faites en 1951 par Arnoux à Kayar et à Saint Louis et en 1953 à Joal par Blanc. L'association entre aire de répartition des espèces cibles et lieu de pêche servait à l'époque de moyen de stratification des unités de pêche dans le système de collecte de statistiques de pêche. Van Chi Bonnardel proposera plus tard (1967) une carte donnant l'emplacement des lieux de pêche à Kayar (Fig. 1-12): les noms donnés à ces aires de pêche ont été classés et utilisés par le CRODT pour son système de codage des données collectées en pêche artisanale. Les contacts avec les pêcheurs pendant les enquêtes et les observations faites lors d'un échantillonnage test mené à Kayar en 1978 (Laloë et al., 1981), sur la position de certains lieux de pêche par rapport aux isobathes, sur certains regroupements d'aires ont permis de relever quelques anomalies: à Kayar par exemple, la plupart des lieux dits situés au nord du village seraient entre les isobathes 50-100 m. et ceux situés au sud seraient tous dans la fosse.

L'enquête réalisée en 1982 à Kayar et à Saint Louis (le même programme est mené sur la petite côte), consistait:

- à visiter les lieux de pêche avec une équipe de pêcheurs en notant la direction, la position avec les repères, le temps de route, la consommation de carburant, l'étendue, la profondeur et la nature du fond; la distance à la côte était estimée à partir du temps de route et de la vitesse horaire,

- à s'informer sur la signification des noms des lieux.

Les résultats obtenus montrent que la plupart des lieux de pêche sont des endroits où pêchent traditionnellement des engins de fond comme la ligne à main et le filet dormant (Fig. 1-13, 1-14). Ils sont en majorité (72% à Kayar) sur des fonds durs (roches ou sables grossiers) que les pêcheurs détectent en sondant, avec une ligne lestée promenée sur le fond, l'emplacement déjà repéré grâce à plusieurs amers. On constate également que la quasi totalité de ces lieux sur la côte nord sont situés dans la zone des six milles réservée à la pêche artisanale entre les fonds de 50 à 100 mètres.

La détermination des surfaces exploitées par les pêcheurs en mer s'avère difficile. Si certains lieux sont réduits à une tête de roche très localisée de quelques mètres carrés, ("Kher Yawal" à Kayar), d'autres par contre sont très étendus, soit à contours précis pouvant englober d'autres petits lieux ("Kher Woureye" à Saint Louis), soit diffus et très vagues, déterminant une direction ("Gop", le nord) ou le large ("Kelle"). On peut estimer l'aire de pêche fréquentée par les pêcheurs à partir de Saint-Louis, Fass Boye, Kayar et Yoff sur la côte nord à environ 40% de la superficie (7000 km²) du plateau continental de cette région.

Il est intéressant de constater que la nomenclature des lieux de pêche renseigne:

- sur des noms de repères à la côte; "Kher Hopital" pour une roche ("kher" en ouolof) dont le repère est l'hôpital de Saint Louis, "Filao" pour des plantations de filaos entre Kayar et Yoff, "Keur Peuhl" pour un village ("keur" en ouolof) Peuhl situé au sud de Kayar...

- sur la nature des fonds de pêche; "Lal ba" pour des dalles rocheuses évoquant un lit ("lal" en ouolof) au sud de Kayar, "Kher wou reye" pour l'amas rocheux très étendu au sud de Saint-Louis, "Keurouss" pour un fond sombre marquant une étendue rocheuse d'environ 15 km de long au nord de Kayar, "Pass Gop" pour un fond meuble situé entre la plage de Kayar et la zone rocheuse du nord,

- sur l'orientation du fond de pêche; "Thiouri ba" fait appel à une zone rocheuse perpendiculaire à la côte,

- sur des directions classiques; "Gop" pour le nord, "Tank" pour le sud et "Kelle" ou "kaw" pour le large.

Les environs immédiats des lieux bien repérés peuvent être pris en compte par l'adjonction, au nom du lieu, d'un terme indiquant les alentours proches d'une position donnée: "Kaw Lal Ba" ou "Kelle dienawai" pour indiquer qu'on se situe au large de ces positions, "Souf Diatara" pour la partie située entre "Diatara" et la côte. Ces lieux, assez imprécis, sont souvent fréquentés par des unités de pêche à senne tournante, la recherche à vue de bancs pélagiques pour ce type de pêche ne nécessitant pas toujours la prise en compte d'amers.

Il faut reconnaître que tous les lieux de pêches visités et classés sur les figures sont des zones traditionnellement fréquentées par les unités de pêche à partir du point de débarquement proche. L'utilisation des moteurs hors bord et des caisses à glace, en allongeant la durée des temps de pêche a rendu possible la fréquentation de nouvelles zones où peuvent se rencontrer des pirogues basées dans d'autres ports d'attache. Ces nouvelles aires de pêche (pouvant être situées jusqu'à 50 milles de la côte) sont repérées par une direction et un temps de route mesuré en heures ou nombre de bidons de carburant consommé (par exemple 170°S, 36 heures ou 10 bidons de 20 litres).

La connaissance des ces lieux de pêche, et de la nature des fonds sera importante pour l'étude de la répartition et des mouvements des différentes peuplements rencontrés dans les aires concernées.

1-2-4 Les sites de débarquements.

L'étude de ces sites présente un double intérêt, lié d'une part à leur importance stratégique dans l'exploitation des ressources, et d'autre part à leur configuration spatiale. Le nombre et la répartition de ces sites seront abordés plus loin (deuxième partie).

Toute partie de la côte où une pirogue peut être halée à sec constitue un site, ou point de débarquement potentiel. Cette facilité offerte à la pirogue par sa légèreté et sa maniabilité explique la multiplicité de ces sites sur la côte sénégalaise. Au niveau de chaque site (pouvant atteindre 2km. de long), se déroulent les opérations de déchargement et de vente des captures. La connaissance de l'occupation de la plage est donc importante dans toute étude relative au contrôle de ces captures ou à leur distribution. Des études ponctuelles ont été menées et une cartographie des principaux points de débarquements réalisée (Gérard, 1985, Gérard et Greber, 1985). Ces cartes montrent que les plages

sont organisées selon des schémas d'occupation tenant compte des divers groupes sociaux, et surtout des différents types d'activité. On remarque par exemple à Saint Louis, que la zone de débarquement des filets dormants se situe au sud, à proximité des aires de transformation de poissons et que les sennes tournantes débarquent leurs captures au niveau du phare, zone d'accès des camions de mareyeurs. A Kayar, on peut distinguer une zone sud où débarquent les pêcheurs migrants saint-louisiens d'une zone nord, domaine des autochtones kayarois (Fig. 1-15).

La connaissance de cette disposition sera utile dans la mise en place d'une stratégie d'échantillonnage des débarquements (deuxième partie).

I-3 La ressource exploitée.

L'inventaire et la description des ressources halieutiques de la région ouest africaine ont fait l'objet de plusieurs travaux, dont la plupart portent sur les espèces cibles des pêcheries industrielles (Domain 1980, tab. XXIV, p. 130). Les études de Gruvel (1908-1913), d'Arnoux et de Blanc (de 1951 à 1955), de Postel (1950 b, 1955), de Blache et al. (1970), Seret et Opic (1981) et celles réalisées au CRODT (Domain 1980, Anonyme 1984 et 1985), permettent une classification des principales espèces rencontrées dans la région sénégal-mauritanienne (tab. I-4).

I-3-1 Inventaire des ressources.

I-3-1-1 Les espèces pélagiques.

Ce groupe est constitué par l'ensemble des espèces qui passent la plus grande partie (sinon la totalité) de leur phase adulte en surface ou en pleine eau. On peut les subdiviser en deux groupes en fonction de leur répartition sur le plateau continental (tab. I-4).

Les espèces côtières sont elles mêmes subdivisées en deux sous groupes ("petits" et "gros") par souci d'individualiser les familles dont les représentants sont planctonophages (Clupeidés, Engraulidés) de celles dont les représentants sont carnivores, rassemblant des formes plus évoluées (Sphyaenidés, Pomatomidés, petits Thunidés...) prédatrices des espèces du groupe précédent. Ces pélagiques côtiers représentent la plus importante partie de la biomasse totale. Les résultats des campagnes d'échoprospection effectuées entre 1973 et 1982 dans la zone sénégalienne ont fait l'objet d'une synthèse (Anonyme CRODT 1983). Celle-ci donne une estimation de $1,230.10^6$ tonnes en saison froide. Les petits pélagiques côtiers constituent le premier groupe de consommateurs de la chaîne trophique, dont la présence dans les aires de pêche est liée à l'abondance de plancton. Les biomasses moyennes observées dans les eaux sénégalaises sont donc plus élevées en saison froide qu'en saison chaude (535 000 tonnes environ), celle-ci étant plus pauvre en concentrations planctoniques. Ces biomasses sont principalement constituées de sardinelles et de chinchards.

Les espèces pélagiques hauturières sont essentiellement représentées par les grands thunidés (listao, albacore et patudo) présents généralement dans des zones situées au delà du plateau continental, donc hors d'atteinte des unités de pêche artisanale. De rares incursions à la côte peuvent se produire, dues à la présence de bancs de poissons proies (anchois) pendant de courtes périodes en début de saison chaude.

I-3-1-2 Les espèces démersales.

Les ressources démersales sont définies comme l'ensemble des espèces vivant sur le fond, ou au voisinage immédiat de celui-ci. Leur répartition est donc en grande partie tributaire de facteurs

caractéristiques tels la profondeur et la nature des fonds. On peut classer, d'après Domain (1980) ces espèces en trois groupes.

- Les peuplements littoraux ou strictement côtiers: ils vivent sur les sédiments meubles dans les zones d'estuaires situées en deçà des 30 mètres. La superficie concernée couvre 7 700 km² en Sénégal, et 25 300 km² en Guinée Bissau. Les espèces constituant ces peuplements sont liées à la présence des eaux chaudes qui sont piégées en saison froide dans des zones côtières en deçà des 20 mètres et qui en saison chaude s'étendent jusqu'au sommet de la thermocline (entre 30 et 40 mètres). Dans ce milieu à forte productivité biologique et à caractéristiques physico-chimiques variables, se développent des espèces eurybathes et eurythermes appartenant principalement aux familles des scianidés (*Pseudotolithus* spp.), pomadasyidés (*Pomadasys* spp.), polynémidés (*Galeoides* spp.), carangidés (*Scyris* spp.), cynoglossidés (*Cynoglossus* spp.), ainsi que des mollusques gastéropodes (*Cymbium* spp.).

- Les peuplements intermédiaires: ils vivent sur des sédiments de nature assez diverse, allant de la vase à la roche, les fonds étant situés de 30 à 100 mètres. La superficie couverte est plus importante en Sénégal (13 000 km²) qu'en Mauritanie (8 000 km²) ou en Guinée Bissau (6 000 km²). Les espèces représentatives de ces milieux sont inféodées aux eaux froides qu'elles retrouvent en saison chaude, soit sous la thermocline dans les zones où celle-ci est présente, soit par migration vers les latitudes plus septentrionales. On rencontre sur les fonds durs des sparidés (*Dentex* spp.), des serranidés (*Epinephelus* spp.), et sur les fonds meubles des sparidés (*Pagellus* spp. et *Sparus* spp.), des mullidés (*Pseudupeneus* spp.) ainsi que des mollusques céphalopodes (*Sepia* spp.).

- Les peuplements profonds: ils vivent, soit sur les sédiments meubles à dominante vaseuse du rebord du plateau continental (entre 100 et 200 mètres de profondeur), soit sur les fonds durs du talus (entre 200 et 1 000 mètres). Ce dernier milieu n'est pas actuellement bien exploité par la pêche artisanale. La première zone couvre une superficie d'environ 6 500 km² en Sénégal, 5 200 km² en Mauritanie et 4 500 km² en Guinée Bissau. Elle possède des caractères physicochimiques stables. On n'y trouve que peu d'espèces, certaines ayant une faible aire de répartition. Les principales familles rencontrées sont les sparidés (*Dentex* spp.), les merlucciidés (*Merluccius* spp.), les ophidiidés (*Brotula barbata*). On y rencontre d'autres familles dont les espèces plus eurybathes sont également présentes dans la zone intermédiaire tels les sparidés (*Pagellus* spp.) et les groupes des requins et raies.

On constate que cette répartition n'implique pas un cloisonnement des principales familles dans les strates bathymétriques ainsi définies. La plupart des juvéniles des différentes espèces se développent dans la frange littorale, les fractions adultes pouvant avoir une répartition beaucoup plus large avec une distribution bathymétrique liée à l'âge (ou taille) des individus. Certaines espèces dites semi pélagiques sont difficiles à classer, car pouvant évoluer soit au fond, soit près de la surface (*Pomadasys jubelini*, *Trichiurus lepturus*, *Scyris alexandrina*). Nous tenterons de compléter les diagrammes de répartition proposés par Domain sur la côte nord (Domain, 1980 Fig. 49, 56 et 64) en nous appuyant sur les résultats de la pêche artisanale surtout dans la zone littorale dont une partie (de 0 à 20 mètres) n'est pas couverte par les relevés par chalutage.

I-3-2 Les migrations.

Les travaux réalisés à ce jour touchent les principales espèces d'intérêt commercial du plateau continental. Ils sont basés essentiellement sur les données de la pêche industrielle, celles de la pêche

artisanale étant moins complètes à l'époque de leur réalisation (Arnoux 1957, Boely et al. 1978, Champagnat et Domain 1979, Garcia 1982). Les mouvements décrits sont de grande amplitude et liés au balancement de différentes masses d'eau, les migrations bathymétriques étant plus difficiles à mettre en évidence.

Les résultats obtenus par ces divers auteurs identifient deux schémas selon le classement de Longhurst (1969) en espèces à affinité saharienne (espèces d'eaux froides) et espèces à affinité guinéenne (espèces d'eaux chaudes). Toutes ces espèces tendent selon leur mobilité à tirer le meilleur profit du cycle de production des eaux (Cushing, 1978). D'août à octobre, la région la plus productive du plateau continental sénégal-mauritanien est localisée au nord de 20°N, zone de concentration importante d'espèces sahariennes. Avec le développement de l'upwelling de la côte sénégalaise à partir de novembre, et la relaxation simultanée de celui du Cap-Blanc (Cury et Roy 1988), les zones méridionales s'enrichissent et ces espèces amorcent leur migration. De décembre à avril, elles sont réparties dans une aire située entre 10°N et 16°N (Fig. 1-16). Pour les espèces dites guinéennes et principalement la composante "communauté à scianidés" de Longhurst (1989), les concentrations importantes de saison froide se trouvent dans les eaux côtières aux alentours des embouchures des grands fleuves de la région, enrichies par apports terrigènes. De juillet à novembre, les flux de migration vers le nord se stabilisent et les individus sont dispersés entre l'embouchure du Sénégal et le cap Timiris: ils regagnent les zones d'estuaire du sud à partir du mois de décembre (Fig. 1-16).

Dans ce schéma global de migration, les facteurs essentiels responsables du déclenchement de ces mouvements semblent être les paramètres physico-chimiques du milieu (température...) et la disponibilité de nourriture. Les divers travaux sur ces processus reconnaissent que seuls les adultes participent à ces flux migratoires de grande amplitude, les juvéniles étant concentrés dans les deux grandes nurseries du banc d'Arguin (20°N) et de la petite côte du Sénégal (14°N) jusqu'à leur première ponte (Champagnat et Domain 1979, Boely et al. 1979).

Pour les espèces pélagiques, les études sus citées portent essentiellement:

- pour les petits pélagiques, sur les sardinelles, les chinchards, les maquereaux, le pelon et les balistes,
- pour les grands pélagiques, sur le tassergal, la thonine, la ceinture et le scyris d'Alexandrie.

Elles montrent que ces espèces possèdent une grande aire de répartition entre 10° et 23°N. Malgré l'utilisation à grande échelle des techniques de marquage, de grandes inconnues demeurent, telle l'identification des différents stocks présents.

Pour les espèces démersales, les travaux ont abouti à des résultats moins complets à cause des difficultés d'utilisation des techniques de marquage et d'une maîtrise imparfaite des statistiques de pêche artisanale sur la côte sud (Gérard, 1988). Néanmoins, certaines études ont été menées sur les dentés, les pagres, la daurade grise et les mérours. L'une des hypothèses émises à l'issue de celles-ci est l'existence d'une barrière formée par l'ensemble "fosse de Kayar-presqu'île du Cap-Vert" qui constituerait un obstacle majeur au passage des démersaux adultes et des grands pélagiques (Champagnat et Domain

1979). Des travaux sont actuellement en cours pour vérifier l'éventuel rôle d'une telle barrière dans les migrations.

I-4 Conclusion.

La zone sénégal-mauritanienne se trouve dans une région à hydroclimat contrasté, marquée par les balancements de la ZITC entre 10° et 20°N. Les oscillations de celle ci règlent l'apparition et la durée de deux saisons (saison des pluies et saison sèche) dont les caractéristiques conditionnent le développement d'une flore et d'une faune riches et fluctuantes. Ces saisons sont marquées ces dernières années par une diminution progressive de l'intensité des pluies (moins d'apports terrigènes) et par l'apparition en saison froide de nuages de poussière liés à l'harmattan. Les effets des différentes variations de la pluviométrie ainsi que des perturbations sont très sensibles sur la zone côtière où se déroulent d'importants processus d'enrichissement encore mal connus. Les ressources halieutiques, exploitées simultanément par les flottes artisanales et industrielles, tirent partie des enrichissements de ce milieu en effectuant des migrations dont l'étude doit être poursuivie. Il est reconnu à l'heure actuelle que les aires de dispersion des espèces migrantes sont centrées sur le banc d'Arguin et sur la petite côte du Sénégal qui sont parmi les nurseries les plus importantes de la côte ouest africaine et les réservoirs alimentant ces migrations.

Les systèmes d'exploitation en pêche artisanale se sont adaptés à la disponibilité de la ressource et se sont développés avec la maîtrise du moteur hors bord. Ce dernier a surtout permis l'adaptation de nouvelles techniques qui ont bouleversé la physionomie de la pêche artisanale. Parmi celles ci la senne tournante coulissante et la pirogue glacière constituent des innovations faisant le passage entre une pêche traditionnelle et une autre plus évoluée, ouverte au domaine industriel. Ces deux techniques de pêche nécessitent de gros investissements et un système de gestion plus rigoureux d'unités de pêche, qui se surimposent à un tissu traditionnel d'exploitation familiale. De ce fait, le pêcheur se retrouve employé dans une entreprise où l'armateur, propriétaire de l'outil de production peut être extérieur au système (Chaboud 1983). Une des survivances du système traditionnel dans une unité de senne tournante reste le système de partage à la part, le filet pouvant selon les cas absorber le tiers ou la moitié des recettes nettes engendrées par l'outil de production (Weber et Fréon 1985).

Dans de telles conditions d'évolution et de modernisation entraînant des bouleversements de structure, il est difficile de définir les limites d'une pêche "indigène" ou artisanale. Nous tenterons, à la suite de nombreux auteurs, de conserver le terme de pêche artisanale pour définir sur cette côte ouest africaine ce type de pêche dont l'élément de reconnaissance, la pirogue, et les instruments de travail ont subi beaucoup de modifications, dans le but de tirer le maximum de profits de la ressource exploitée.

Tableau I-1: Pluviométrie à la côte de la Guinée à la Mauritanie
(D'après FERRIT et REBERT, 1977).

Station pluviométrique	Saison des pluies	Moyenne annuelle (en mm)	Période de mesure
NOUADHIBOU (Mauritanie) 20° 55' N	juillet octobre	5 à 25	1951-1960 (10 ans)
DAKAR YOFF (Sénégal) 14° 40' N	juillet octobre	443	1964-1973 (10 ans)
MBOUR (Sénégal) 15° 25' N	juillet octobre	739	1959-1973 (24 ans)
DIEMBERING (Sénégal) 12° 28' N	juin octobre	1218	1963-1974 (6 ans)
KABROUSSE (Sénégal) 12° 21' N	juin octobre	1401	1963-1974 (7 ans)
CACHEU (Guinée Bissau) 12° 17' N	mai novembre	1570	1954-1973 (16 ans)
CACINE (Guinée Bissau) 11° 17' N	mai novembre	2526	1955-1962 (8 ans)
CONAKRY (Guinée) 09° 30' N	avril novembre	4162	1922-1967 (42 ans)

Tableau I-2: Durée moyenne des saisons d'upwelling le long de la côte nord-ouest africaine entre 10° N et 23° N.
(D'après SCHEMAINDA et NEHRING 1975)

ZONE	LATITUDE	PERIODE D'UPWELLING	DUREE MOYENNE DE LA SAISON D'UPWELLING
Baie de Coréi	23° N	Toute l'année	12 mois
Cap Blanc	20° 55' N	Toute l'année	12 mois
Nouakchott	17° 50' N	octobre à juin	9 mois
Cap-Vert	14° 45' N	fin novembre à mai	5,5 mois
Cap Roxo	12° N	Fin décembre à mars	3 mois
Cap Verga	10° N	février	1 mois

Tableau I-3 : Evolution des effectifs et débarquements de la pêche maritime sénégalaise avant 1981 (sources: Service de l'Elevage et DOPM)

Années	Nombres de pirogues			Nombres de Chalutiers	DEBARQUEMENTS DES PIROGUES PAR REGION EN TONNES						DEBARQUEMENT CHALUTIERS	DEBARQUEMENT SARDINIERS
	moteur	rama	Total		Fleuve	Cap-vert	Thiès	Casamance	Saloum	Total		
1946	-	-	-	0	4000	5000	5000	1500	1500	17000	0	
47	0	2500	2500	0	-	-	-	-	-	-	0	
48	0	2600	2600	0	5100	1800	14500	2100	2200	25700	0	
49	-	-	-	0	-	-	-	-	-	30000	0	
50	(1)	4000	4000	0	-	-	-	-	-	-	0	
51	(1)	-	-	0	-	-	-	-	-	27600	0	
52	77	-	-	0	-	-	-	-	-	29100	0	
53	214	3486	3700	0	6400	3000	11400	4400	3200	28400	0	
54	-	-	-	1	5700	1800	16600	2500	2900	29500	140	
55	-	-	3660	1	6400	3000	18100	5000	5400	38900	170	
56	250	2750	3000	4	7300	3000	18000	5700	6000	40000	800	
57	-	-	3000	1	7900	3000	21200	6000	6400	44500	160	
58	400	2500	2900	3	7200	3000	27600	7100	7700	52600	430	
59	-	-	-	8	10900	3000	33400	7300	8500	63100	1200	
60	-	-	3900	11	10700	6800	44300	7300	10800	79900	3095	
61	-	-	3900	20	7800	7200	52600	7300	12500	87400	5013	
62	1310	1820	3130	26	11118	9061	47777	7318	6155	81429	3984	1886
63	3450	2010	5460	23	10999	7895	49450	8873	4456	80732	4570	4218
64	1824	3694	5518	33	-	-	-	-	-	82623	2623	4990
65	1865	3530	5395	36	17487	5142	56155	4295	4976	88065	3218	6519
66	1431	3187	4618	39	28443	7496	46442	5918	6860	98650	2235	8826
67	1466	2927	4393	34	18807	3840	66938	6330	8207	106592	3120	8500
68	2646	2446	5140	38	21191	6679	73908	7314	8461	119407	3048	14000
69	1996	2401	4397	70	19310	8329	75362	10432	11927	125429	3819	18327
70	1995	2451	4446	72	20549	12825	77557	7915	14172	133020	3961	17199
71	2578	2715	5293	83	32011	19822	92725	14732	19510	178883	7013	14351
72	3209	2408	5617	93	39781	14487	98484	19351	24030	196134	6928	24975
73	3561	2369	5930	93	45343	25933	102537	24828	26200	226843	10795	31637
74	4187	2255	6442	86	47202	31153	117113	25131	31287	262592	13833	33921
75	4041	2000	6041	86	44840	39970	129951	29572	21647	278433	16264	30460
76	3843	2257	6100	80	41912	28884	148186	26500	19700	276259	20013	31011
77	3263	3593	6856	82	24259	26121	114673	12605	33222	211082	24405	26380
78	3957	3796	7753	88	13864	24523	127924	10146	49208	225850	25050	26113
79	4631	3986	8617	99	9411	29278	104781	9934	34098	187769	28271	18359
80	4616	3869	8465	103	10714	27013	115921	11042	31979	196807	28048	15452

Tableau I-4 a : Inventaire et classification des principales espèces de poissons osseux exploités sur le plateau continental sénégalais

	GROUPES	FAMILLES	PRINCIPALES ESPECES	APPELLATION LOCALE	CODE	
P O I S S O N S	1. Pélagiques côtiers					
	- Petits pélagiques	Clupeidae	Ethmalosa fimbriata Sardinella aurita Sardinella maderensis	Ethmalose Sardinelle ronde Sardinelle plate	1 2 3	
		Engraulidae	Anchoa guineensis	Anchois	99	
		Mugilidae	Mugil cephalus	Mulet	16	
		Pomadasyidae	Pomadasy jubelini	Sompatt	31	
		Carangidae	Brachydeuterus auritus Decapterus rhonchus Trachurus trecae Trachurus trachurus Chloroscombrus chrysurus Selene dorsalis	Palon Chinchard jaune Chinchard noir Chinchard noir Plat plat Mussolini	34 44 50 50 51 53	
		Scombridae	Scomber japonicus	Maquereau	70	
		Balistidae	Balistes carolinensis	Baliste	79	
		Sphyraenidae	Sphyraena piscatorum	Brochet	14	
		Carangidae	Caranx carangus Hypacanthus amia Campogramma glaycos Scyrus alexandrina	Carangue, Hirondelle Liche Liche Scyrus d'Alexandrie	45 47 48 54	
		Pomatomidae	Pomatomus saltator	Tassergal	56	
		Scombridae	Scombevomorus tritor Sarda sarda	Maquereau bonite Bonite	72 73	
		Thunnidae	Euthynnus alleteratus	Ravil, thonine	75	
		Trichuridae	Trichiurus lepturus	Ceinture	76	
		Istiophoridae	Istiophorus albicans	Voilier	86	
		2. Pélagiques hauturiers	Thunidae	Katsuwonus pelamis	Bonite à ventre rayé	99
	P O I S S O N S	1. Démersaux côtiers				
		- Littoraux	Ariidae	Arius gambiensis Arius heudelotii	Macholron Macholron	8 10
			Polynemidae	Galeoides decadactylus	Flexiglass	17
			Pomadasyidae	Pomadasy incius	Carpe blanche	30
		Scianidae	Pseudotolithus typus Pseudotolithus brachygnathus Pseudotolithus senegalensis	Capitaine Capitaine Capitaine	39 40 41	
		Cynoglossidae	Argyrosomus regius	Courbine	42	
		Tetraodontidae	Cynoglossus senegalensis	Sole langue	84	
		Serranidae	Lagocephalus levlgatus Mycteroperca rubra Epinephelus aeneus Epinephelus gigas Epinephelus goreensis Cephalopholis taeniops	Ferrouquet Badèche Fausse morue - Tiof Merou bronzé Merou de Gorée Merou rouge	7 21 22 23 24 26	
		Lutjanidae	Lutjanus fulgens Lutjanus agennes	Carpe rouge Carpe rouge	29 29	
		Sparidae	Dentex gibbosus Dentex canariensis Pagellus baltotii	Denté à long fil Denté des Canaries Pageot	59 60 62	
		Mullidae	Sparus caeruleostictus Pseudupeneus prayensis	Page à point bleu Rouget	63 99	
		2. Démersaux profonds	Merlucciidae	Merluccius senegalensis Merluccius polli	Merlu noir Merlu noir	99 99
		Ophidiidae	Brotula barbata	Brotula	68	
		Scorpaenidae	Scorpaena stephanica	Rascassa	99	
		Serranidae	Epinephelus caninus	Merou gris	26	
		Sparidae	Dentex macropthalmus Sparus pagrus africanus	Denté à gros yeux Page des tropiques	58 64	

Tableau I-4 b : Inventaire des principaux invertébrés et poissons cartilagineux exploités sur le plateau continental sénégalais.

	GROUPES	GENRES OU ESPECES PRINCIPAUX	APPELLATION LOCALE	CODE
1. Mollusques	Gastropodes	Cymbium pepo	Escargot de mer - Yet	94
	Cephalopodes	Sepia officinalis hierreda Octopus vulgaris	Seiche Poulpe	89 90
2. Arthropodes	Crustacés	Panaeus duorarum notialis	Crevette rose	
3. Requins	Squalidae	Palinurus spp.	Langouste	91
	Scyliorhinidae	Squalus ferrandinus	Aiguillat	87
	Triakidae	Scyliorhinus canicula	Petite rousette	97
	Carcharhinidae	Mustelus mustelus Rhizoprionodon spp. Carcharhinus spp.	Emsole Requin Requin	86 87 80
4. Raies	Sphyrnidae	Sphyrna spp.	Requin marteau	81
	Centrolophidae	Centrolophus spp.	Dormeur	87
	Rhynchobatidae	Rhynchobatus spp.	Raie guitare	82
	Rhinobatidae	Rhinobatos spp.	Raie guitare	82
	Rajidae	Raja miraletus	Raie miroir	88
	Dasyatidae	Dasyatis spp.	Pastenagus	88
	Mobulidae	Manta birostris Mobula spp.	Mante Diable de mer	88 88

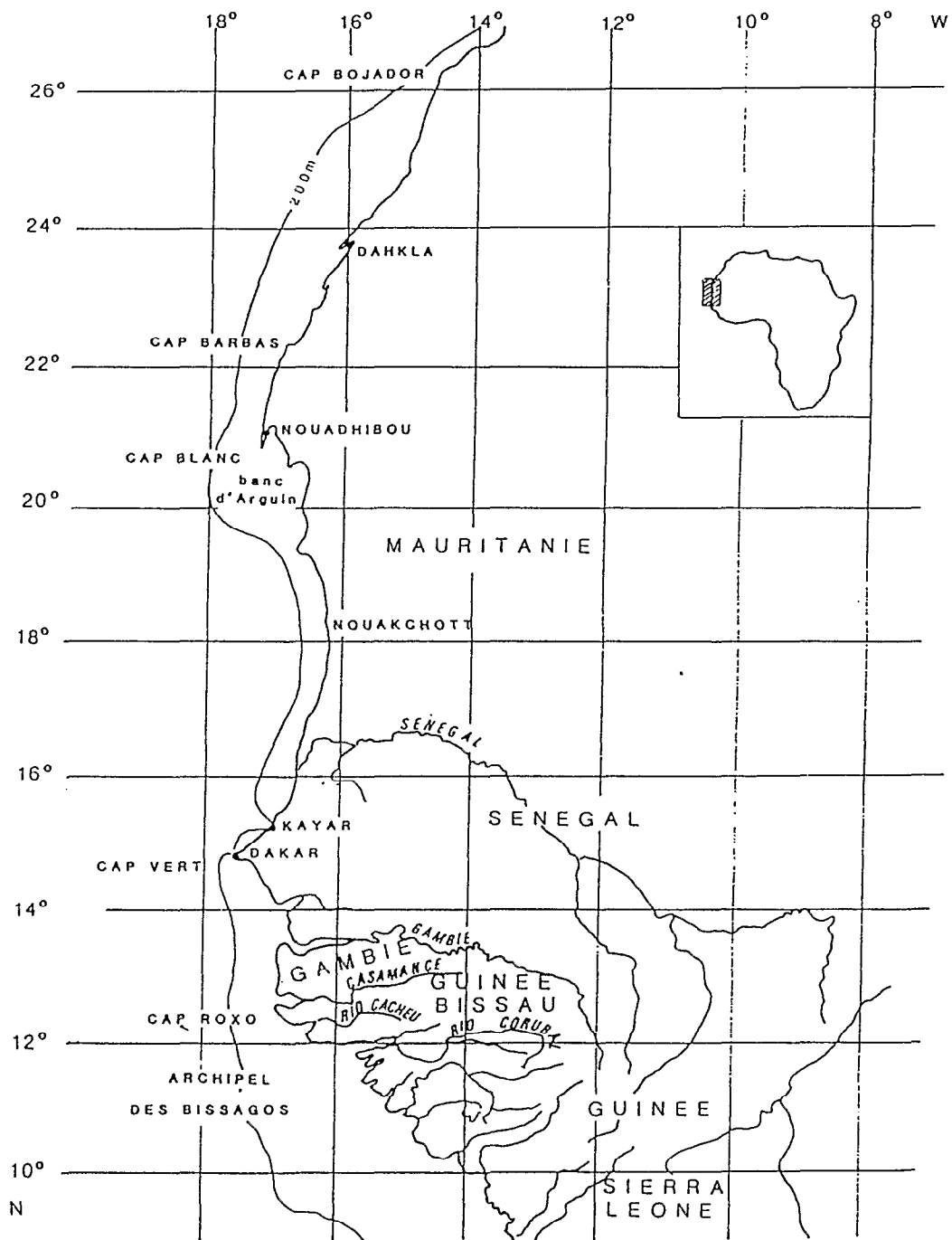


Fig-1-LOCALISATION DE LA ZONE SENEGALO-MAURITANIENNE (9°N à 26°N

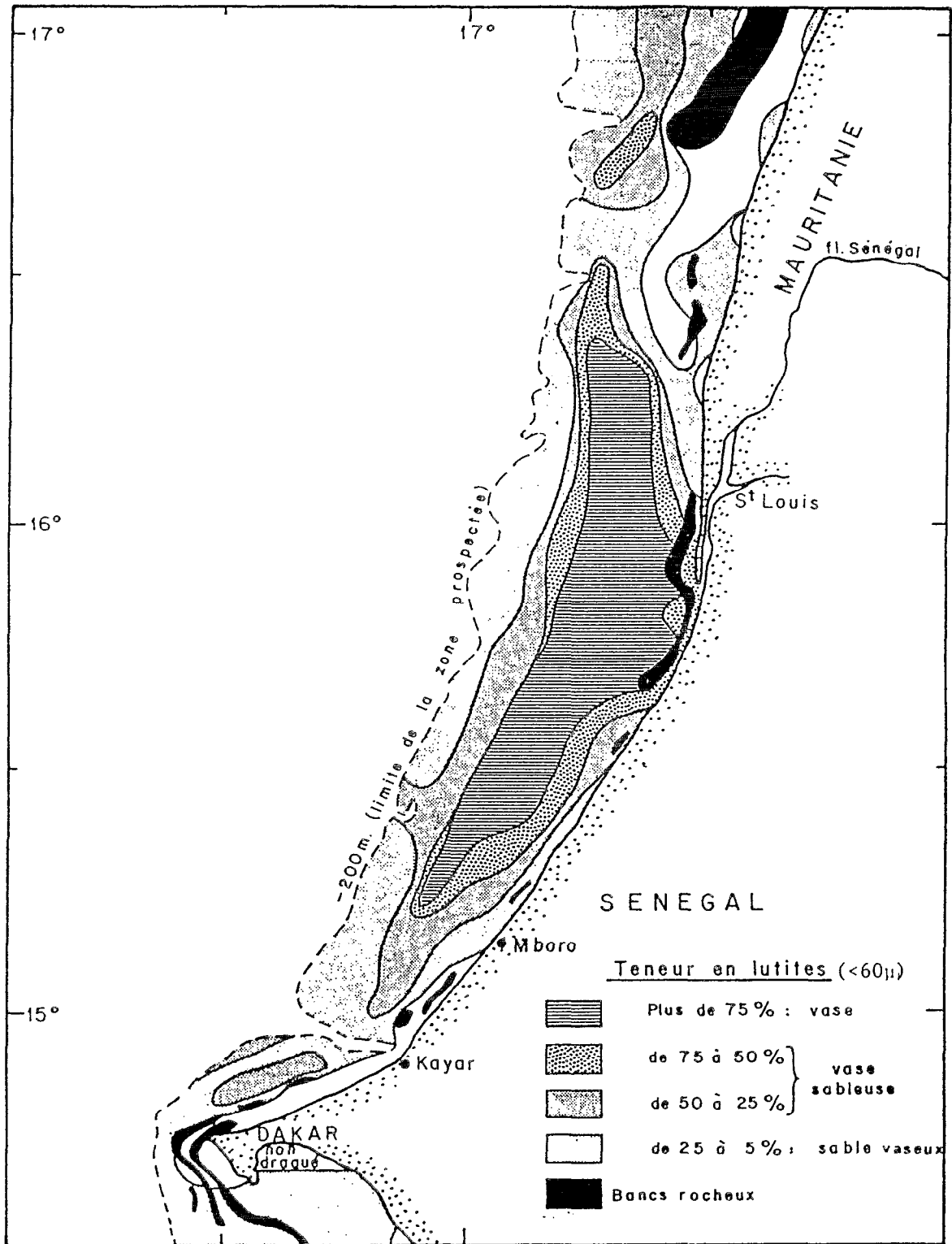


Fig.1-2 : Répartition des lutites sur le plateau continental sénégalais de 17° N à Dakar. (d'après Domain 1980)

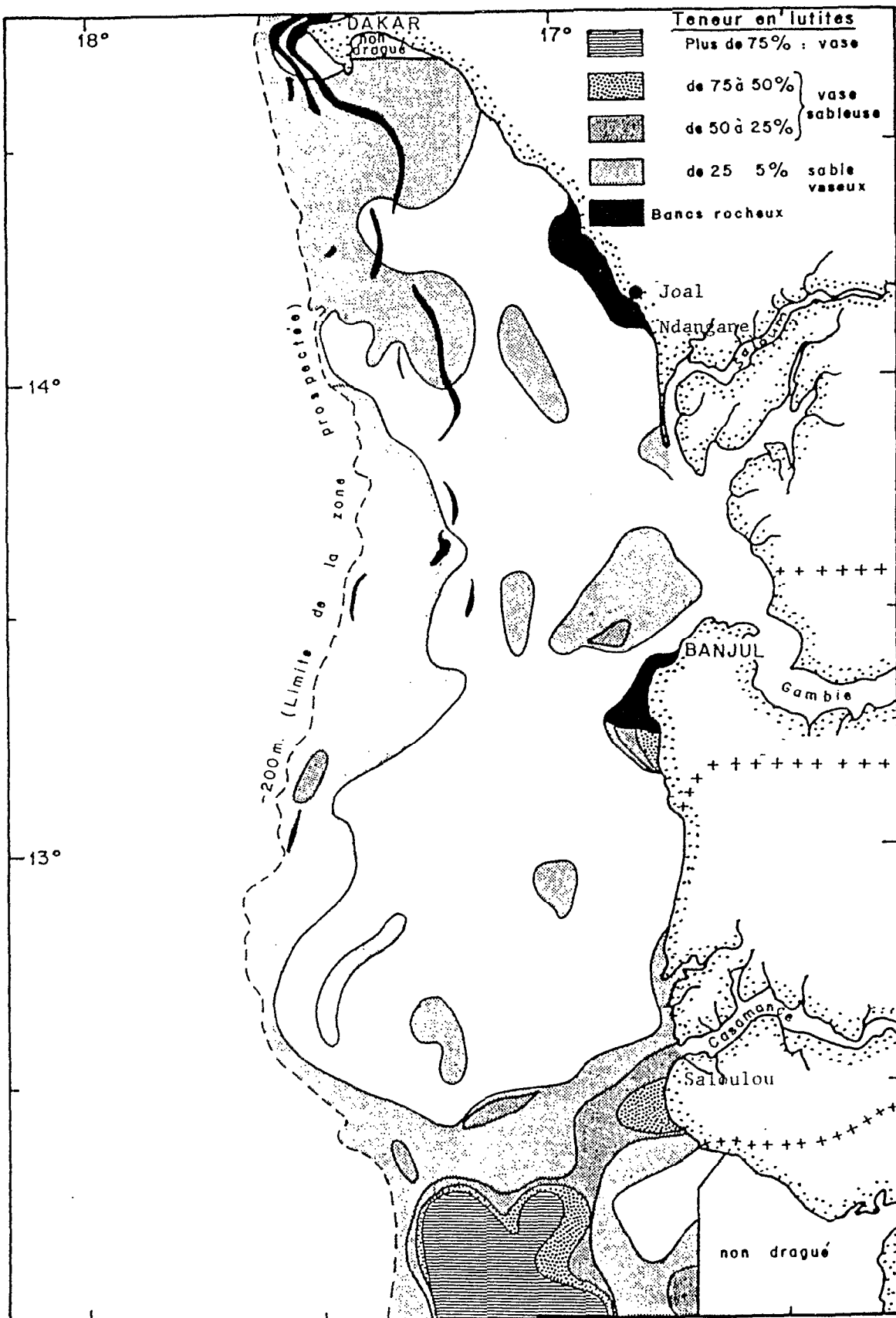


Fig. 1-2 : Répartition des lutites sur le plateau continental sénégalais de Dakar à 12° N. (d'après Domain 1980)

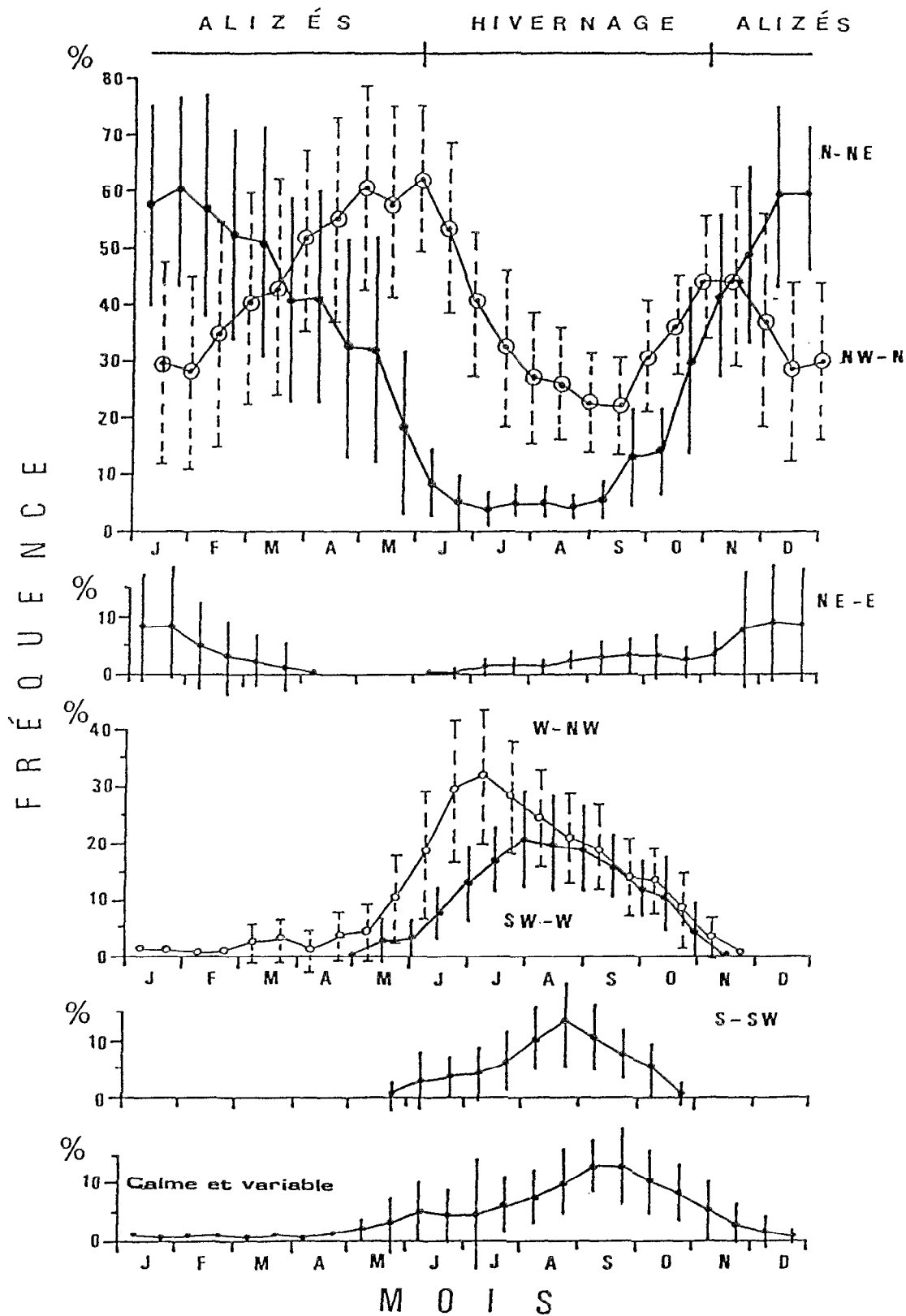


Figure 1-3: Cycle moyen annuel et écart type par quinzaine des fréquences de vent par secteur à la station météorologique de l'aéroport de Dakar-Yoff (moyenne 1963-1986). d'après Roy 1988-

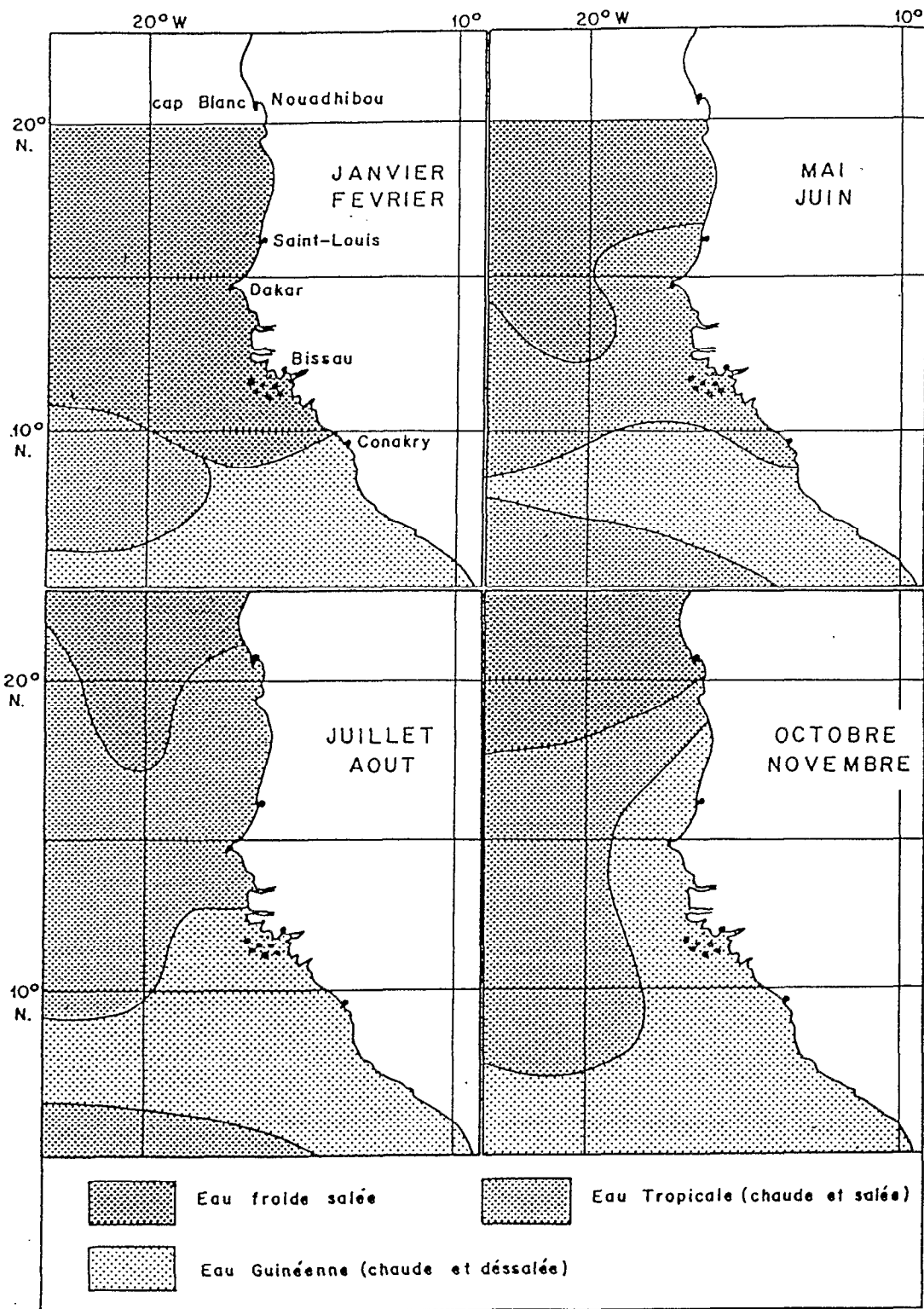


Fig.1-4 -Les catégories d'eaux de surface-d'après ROSSIGNOL (1973) in BERRIT et REBERT (1977)

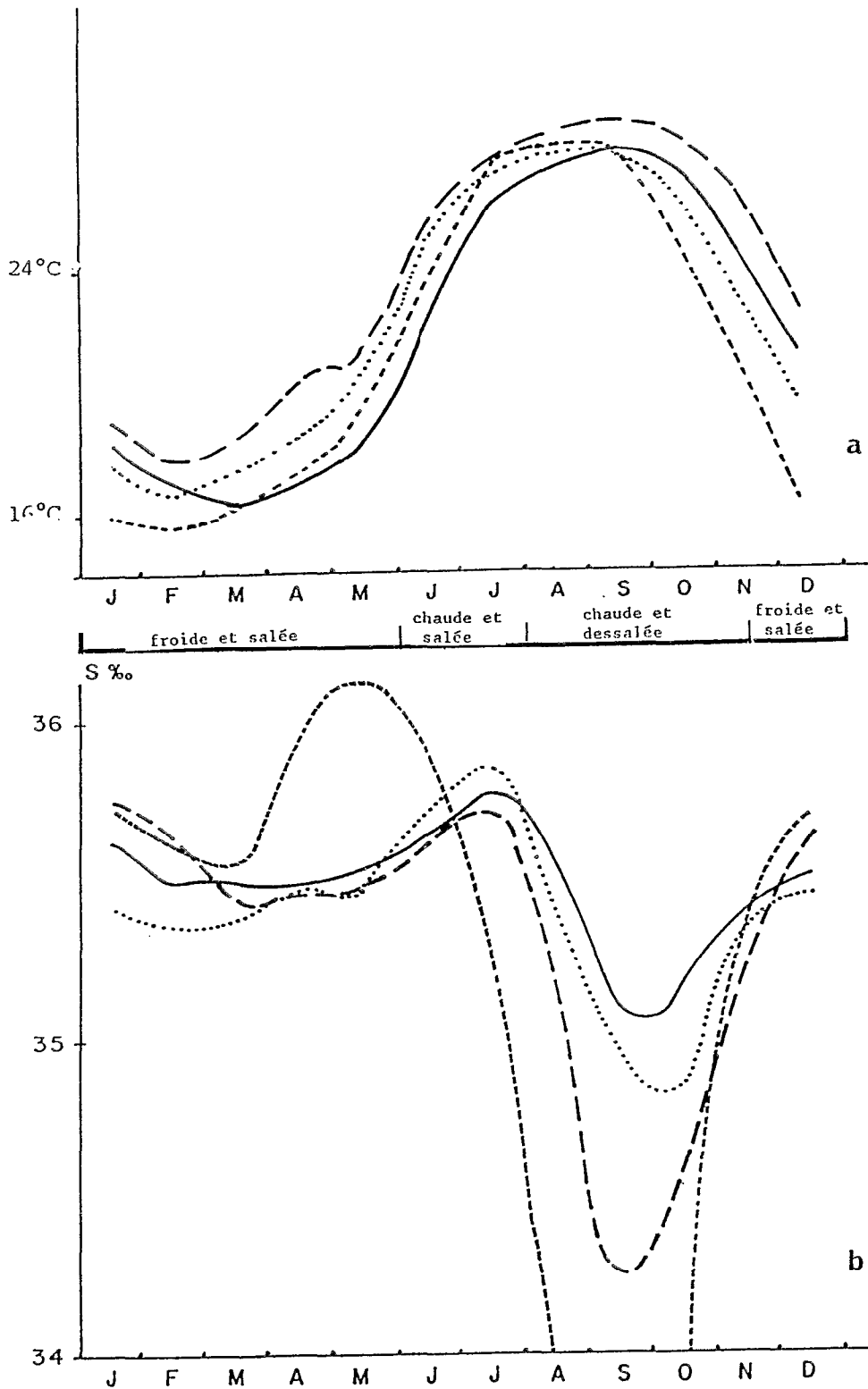


Figure 1-5

Variation saisonnière de la température (a) et de la salinité de surface (b) aux stations côtières de:

- Thiaroye
- - - MBour
- Kayar
- S' Louis

m^3/s par 10 m
de côte

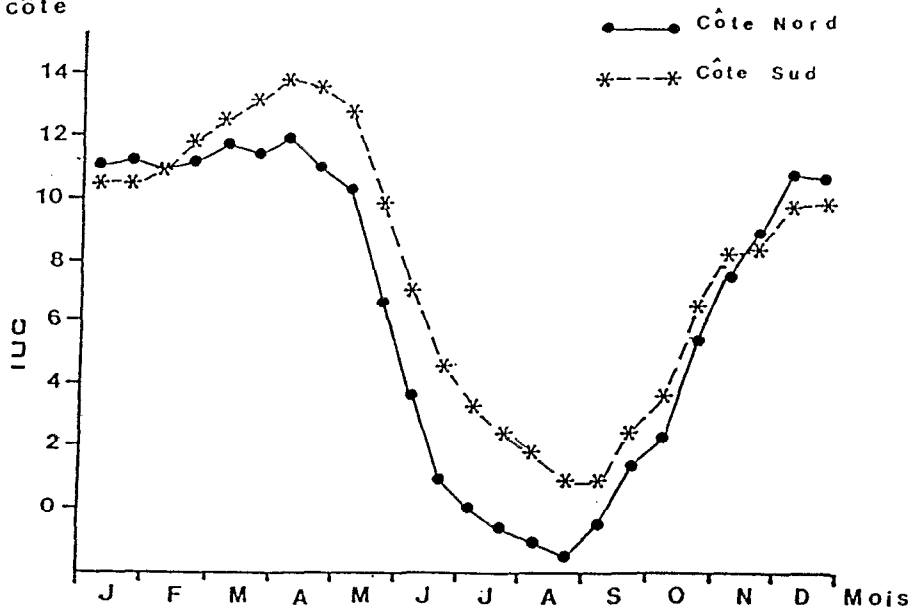


Figure 1-6: Cycle moyen annuel par quinzaine de l'indice d'upwelling calculé d'après les données de vent de la station météorologique de l'aéroport de Dakar-Yoff de 1963 à 1986. (d'après Roy 1988)

m^3/s par 10 m.
de côte

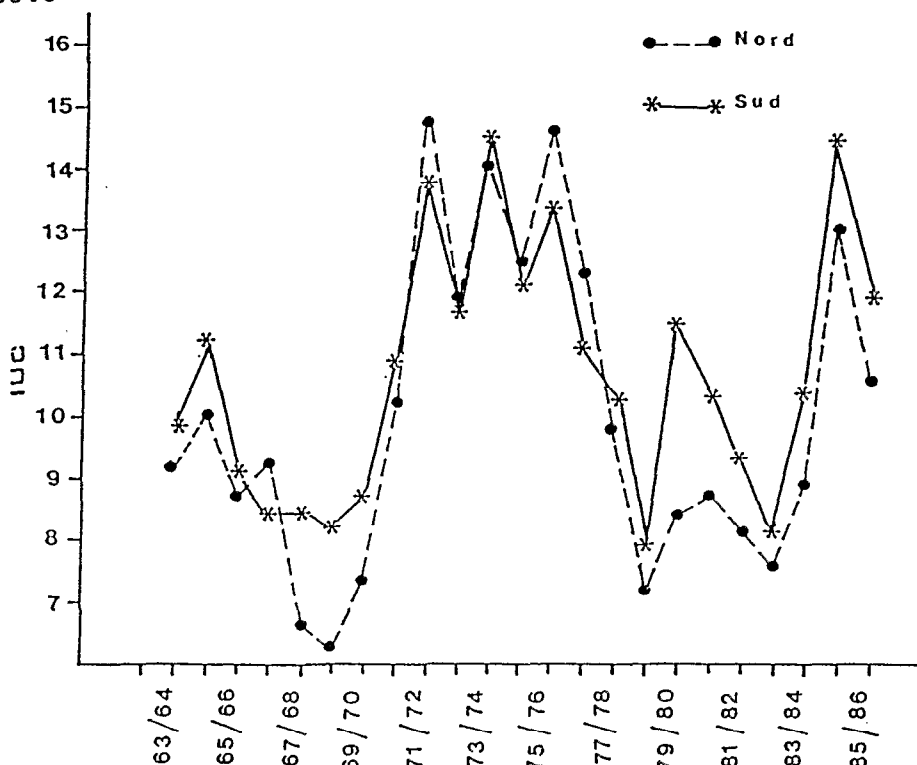


Figure 1-7: Variabilité inter-annuelle de l'indice d'upwelling en saison froide au nord et au sud de la presqu'île du Cap-Vert, calculée d'après les données de vent de la station de l'aéroport de Dakar-Yoff de 1963 à 1986. (d'après Roy 1988)

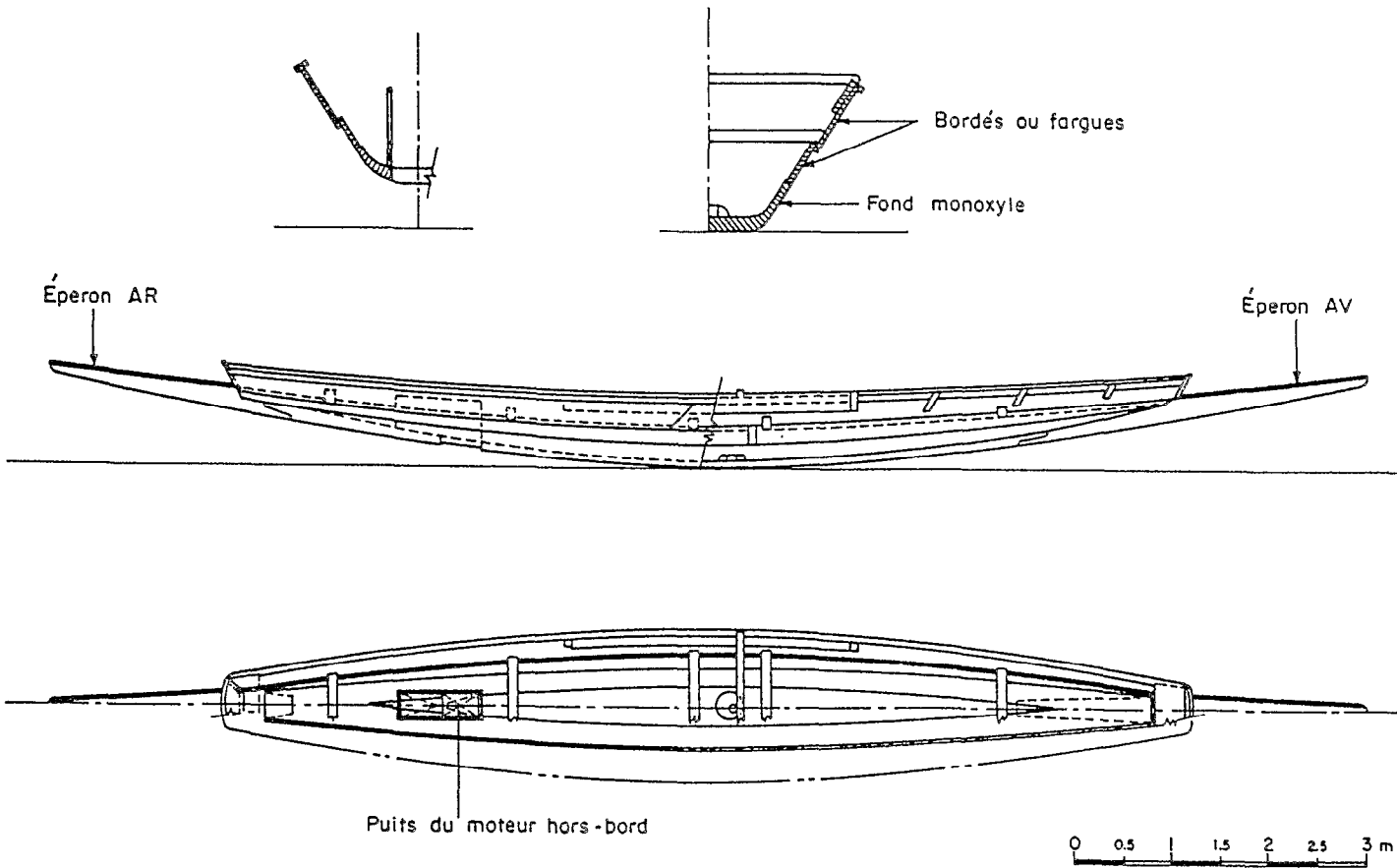


Fig.1-8: Pirogue sénégalaise typique (source Seck, 1980)

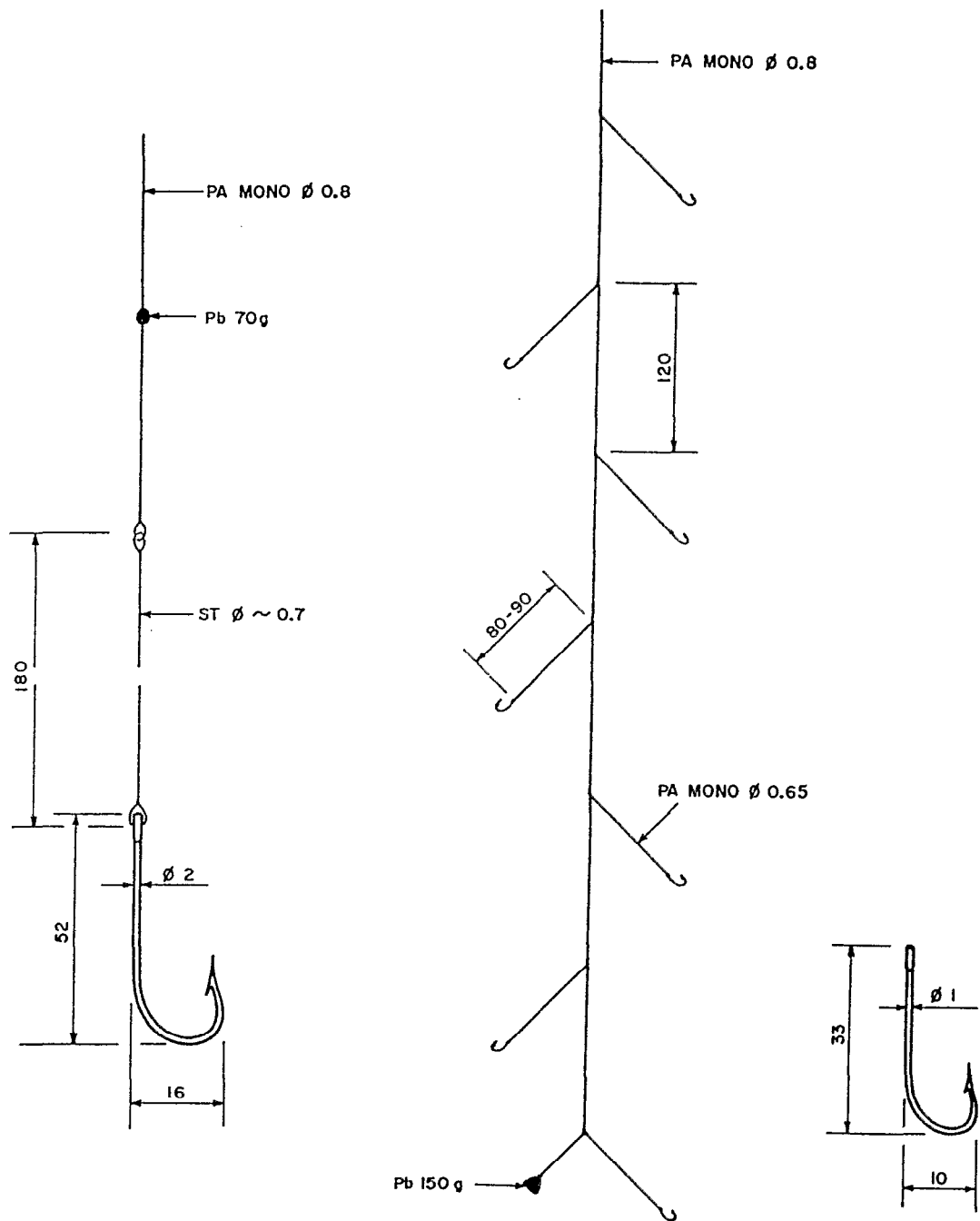


Fig.1-9a: Ligne à main (moyenne) à N'Got Fig.1-9b: Ligne à main à pageots et pagres

(source Seck 1980)

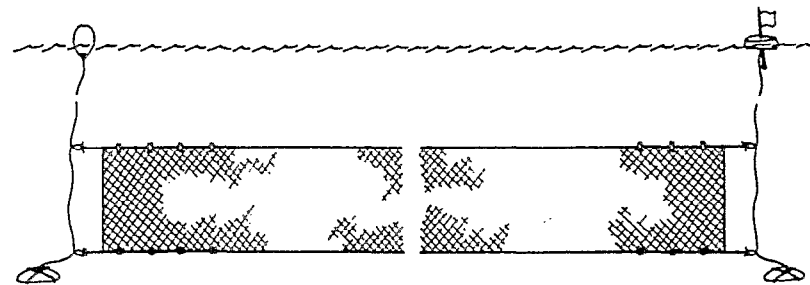
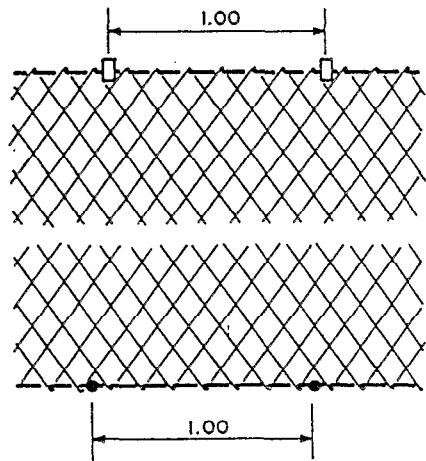
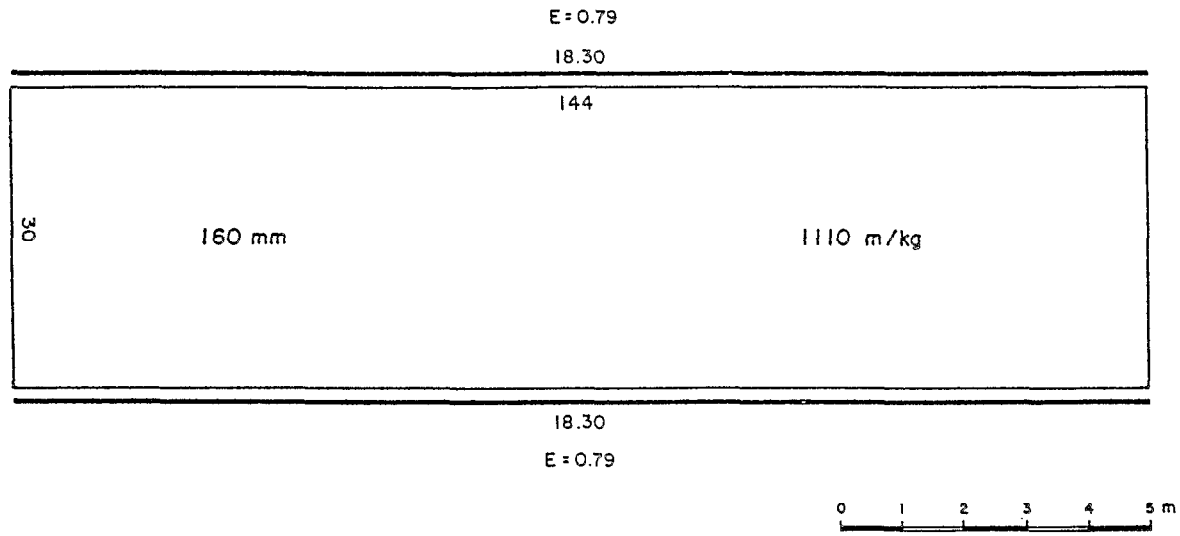


Fig. 1-10: Filet maillant dormant à poissons
(source Seck 1980)

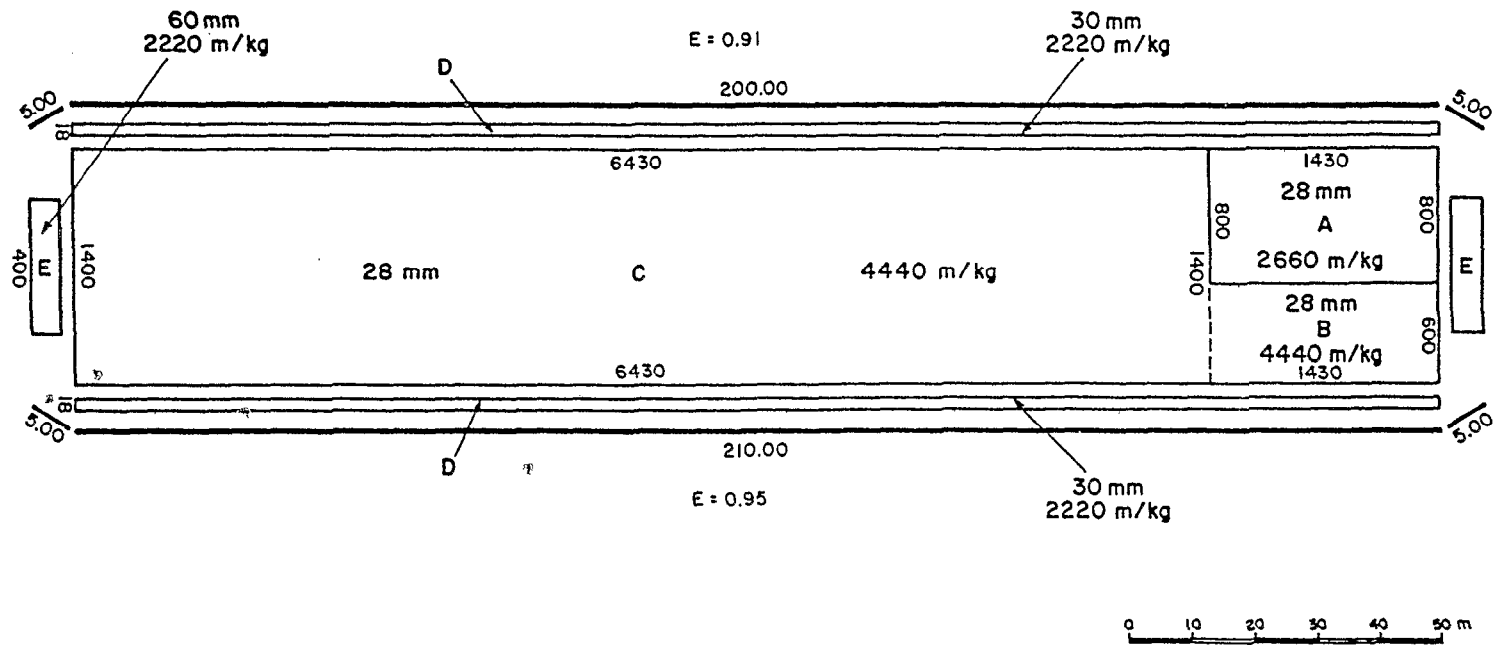


Fig. 1-11: Senne tournante et coulissante à sardinelles
(source Seck 1980)

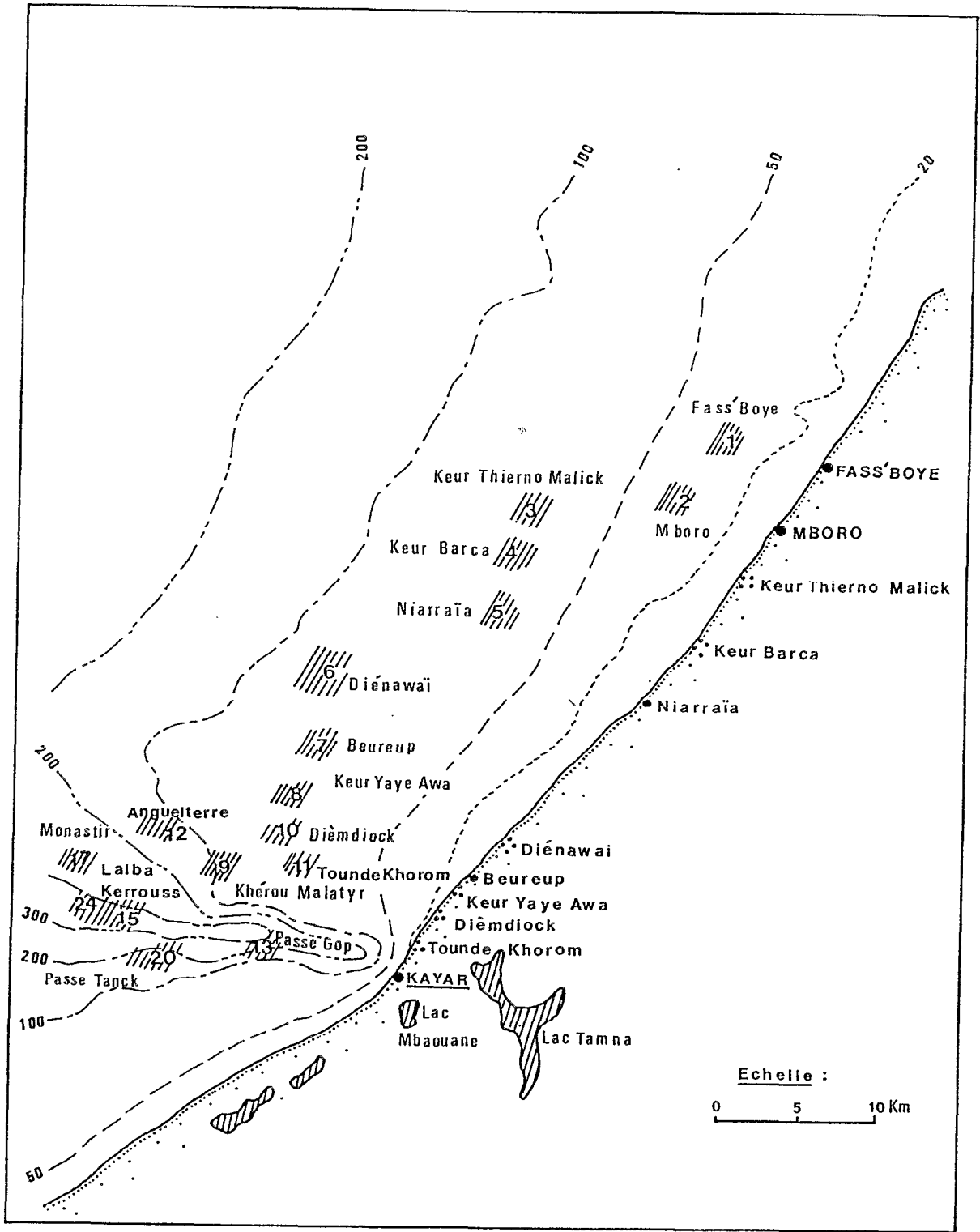


Fig.1-12-Principaux lieux de pêche à Kayar (d'après Van Chi Bonnardel.1967)

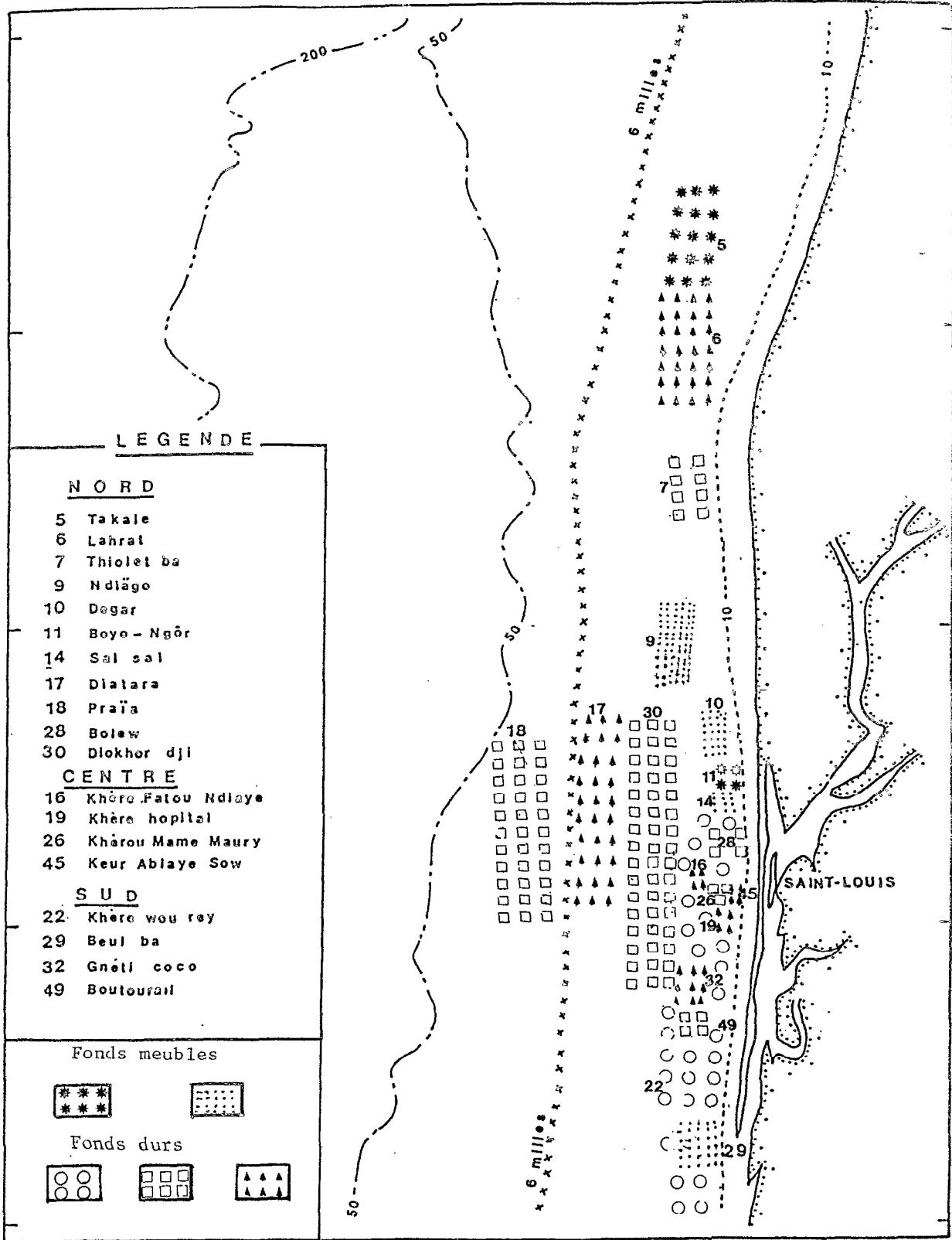
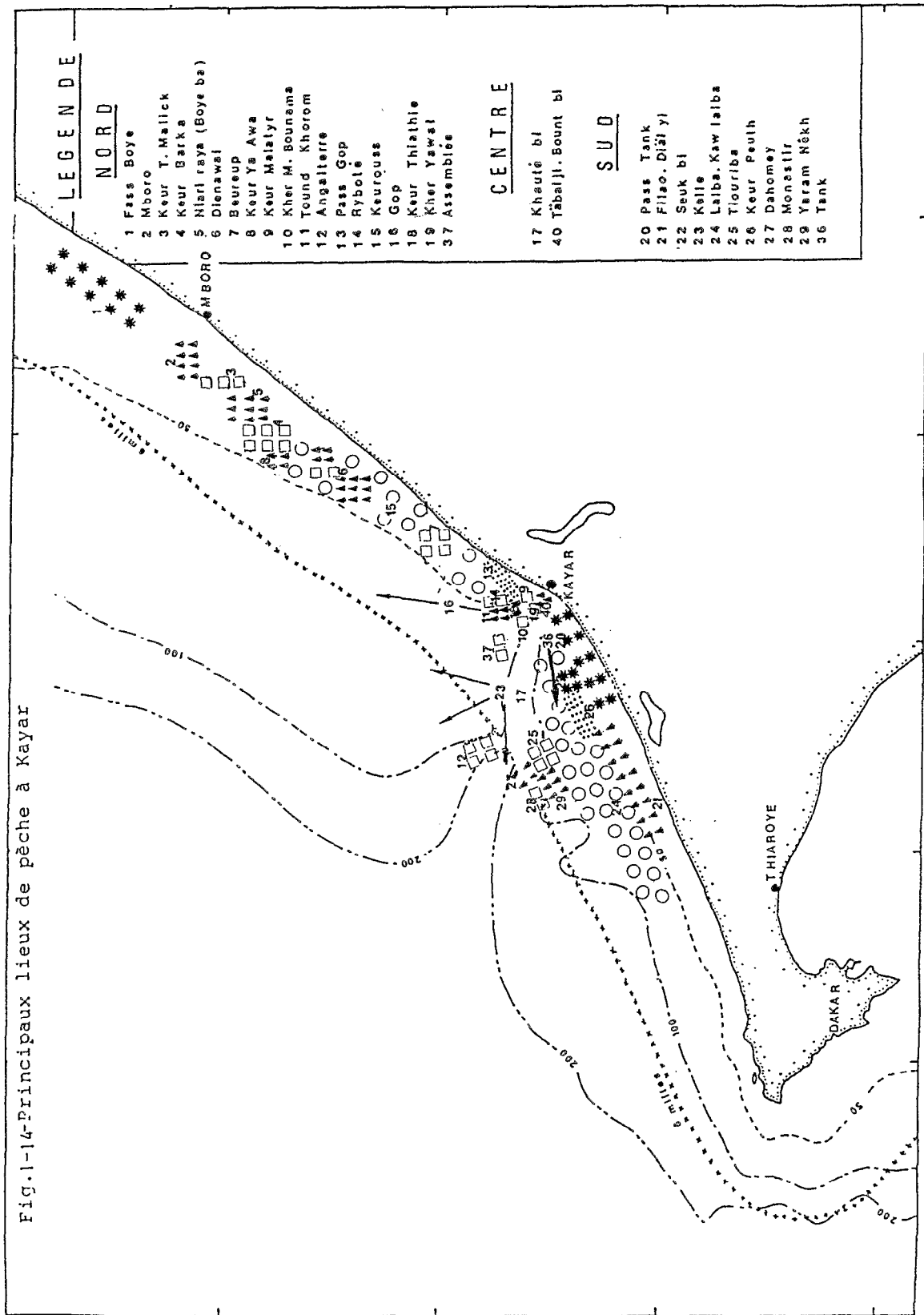


Fig.1-13-Principaux lieux de pêche à Saint-Louis



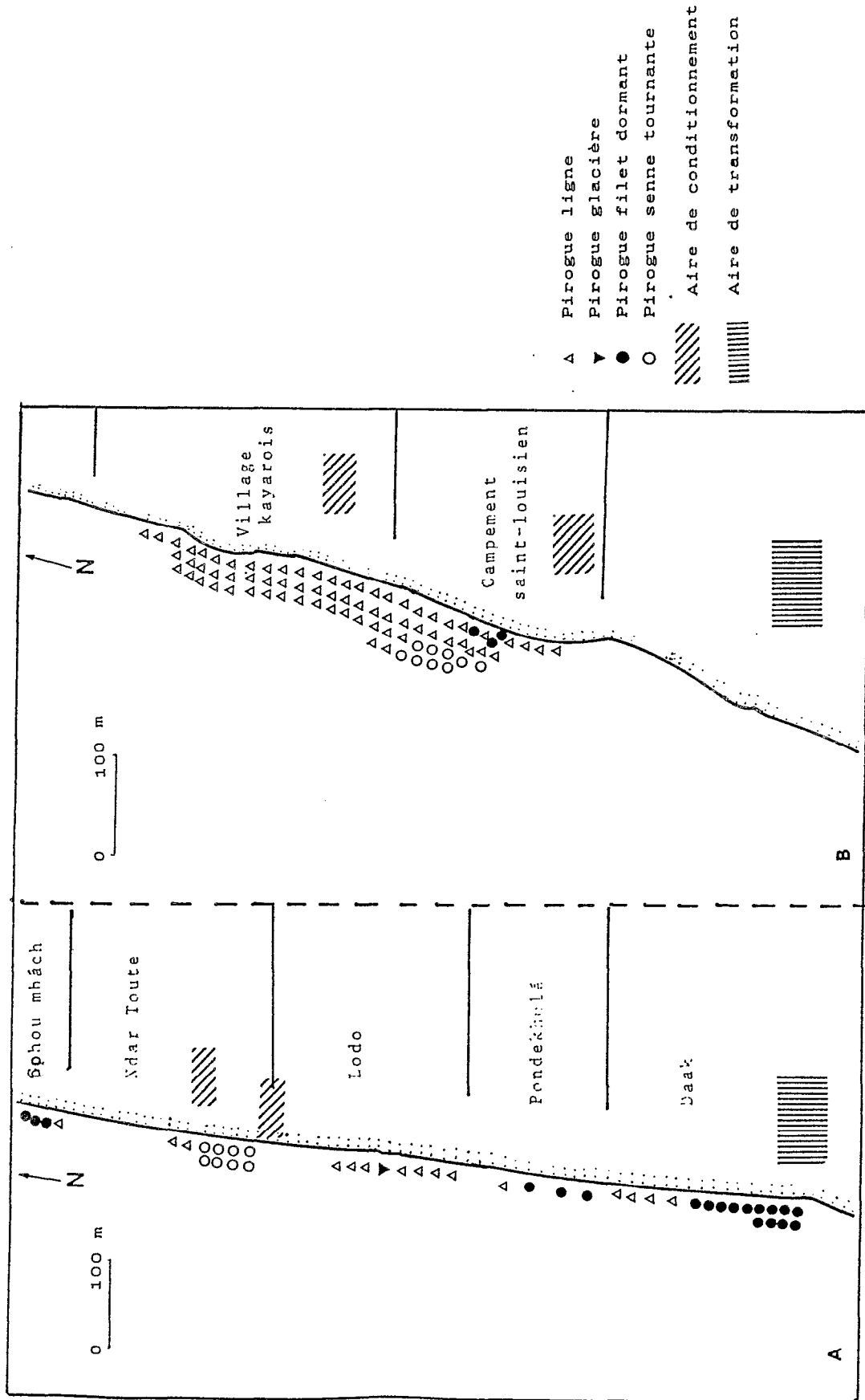
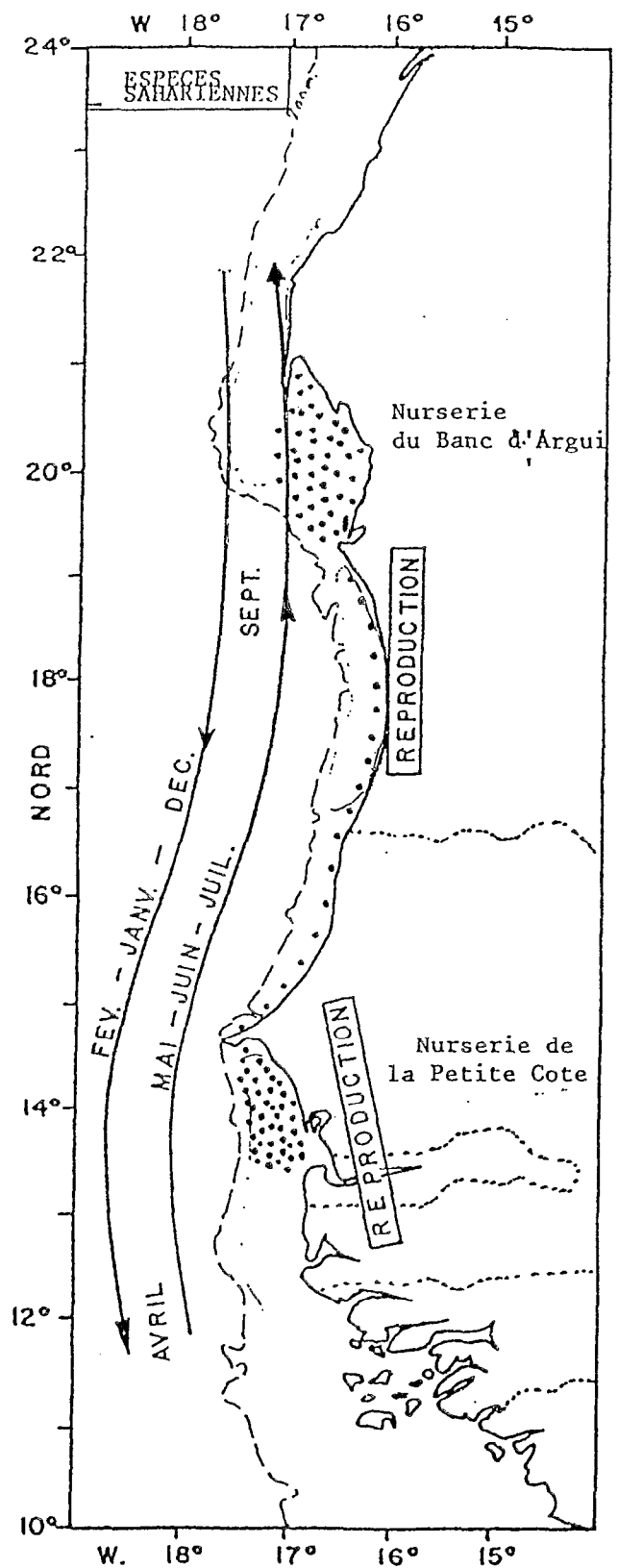
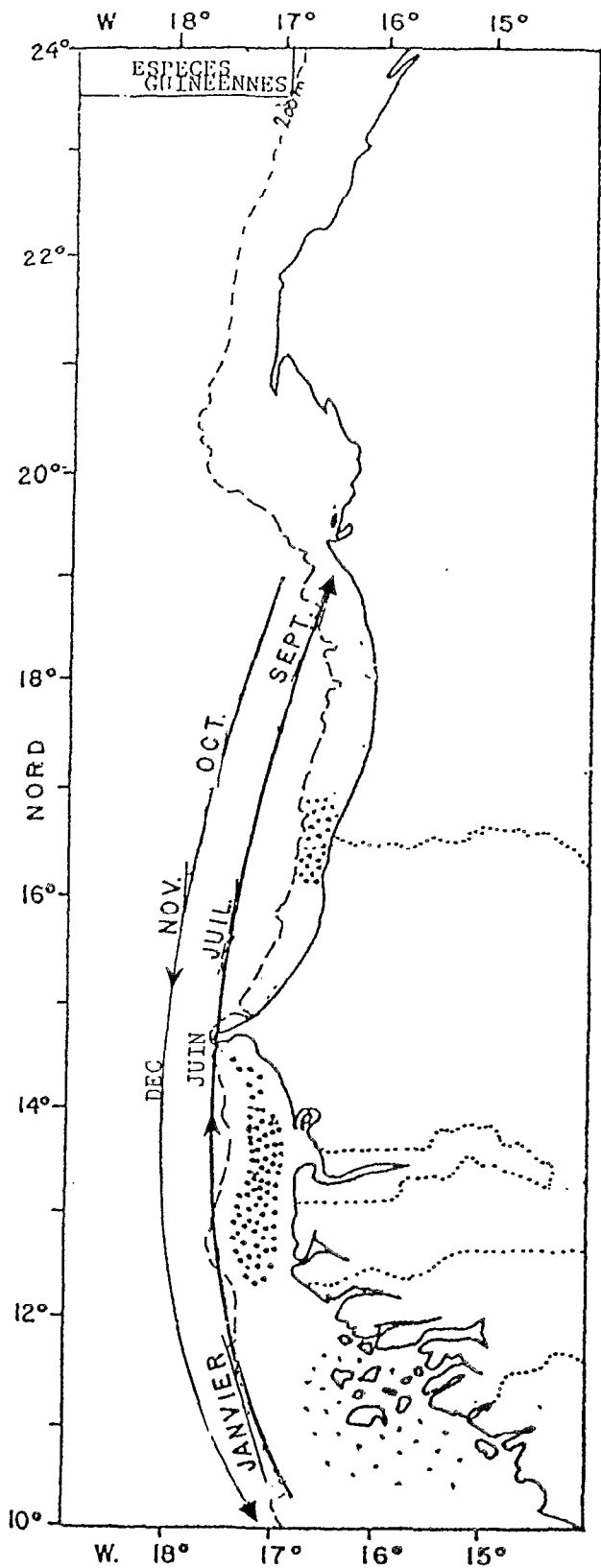


Figure 1-15
Présentation des sites de débarquement à Saint-Louis (A)
et Kayar (B)



54

Fig. 16 Représentation schématique des migrations de grande amplitude des principales ressources du plateau continental entre 10 et 23° N

☉ Jeunes

↕ Sens de mouvements des adultes

**LA PÊCHE ARTISANALE AU SÉNÉGAL.
RESSOURCE ET STRATÉGIES DE PÊCHE.**

DEUXIÈME PARTIE

RECUEIL ET TRAITEMENT DES DONNÉES

DEUXIEME PARTIE
RECUEIL ET TRAITEMENT DES DONNEES.

INTRODUCTION

L'étude d'une pêcherie en vue de sa gestion rationnelle repose sur une bonne connaissance des types d'exploitation, de la ressource et de leur environnement respectif. Dans le secteur de la pêche artisanale, le littoral peut abriter en de très nombreux endroits des points de débarquement où peuvent cohabiter plusieurs systèmes d'exploitation (première partie). La connaissance des différents éléments constitutifs de la pêcherie nécessite un ensemble d'opérations complémentaires sur le terrain.

Un système de collecte des données a été mis progressivement en place par le CRODT depuis la fin des années 60. A cette époque, la Direction de l'océanographie et des pêches maritimes (DOPM) recueillait déjà des statistiques de pêche selon un système comparable à ceux en cours dans certains pays de la Côte ouest africaine où la pêche artisanale est importante (Ghana par exemple). Les données, collectées selon des procédés généralement inspirés par la FAO, n'étaient utilisées que pour l'estimation des captures totales par grands groupes d'espèces. Le système de recueil de statistiques de la pêche artisanale élaboré par C. Champagnat s'inspire de ces diverses expériences et d'une approche déjà utilisée dans les pays développés pour une étude des pêches industrielles. Les programmes d'enquêtes conçus pour la connaissance de la biologie et de la dynamique des stocks exploités, reposent sur une collecte d'informations sur les caractéristiques biologiques et les captures des principales espèces. La méthode utilisée, avec des moyens limités, dans un secteur où il est difficile de contrôler directement les débarquements en l'absence de criées ou de traces écrites, consiste à les estimer à partir d'un échantillonnage de sorties de pêche. Elle s'intéresse à deux éléments mesurables sur la plage par un enquêteur.

- Un nombre de sorties de pirogues est une mesure de l'activité ou effort de pêche. Une sortie peut être caractérisée par un ensemble de paramètres renseignant sur la puissance de pêche (nombre de pêcheurs, puissance du moteur) et sur la répartition spatio-temporelle de cette activité (lieu de pêche, temps de route, heures de départ et de retour), autant de données rappelant celles collectées sur les bateaux de pêche industrielle.

- Le résultat de la sortie est représenté par la quantité de poissons pêchés dont on détermine la composition spécifique et la structure démographique.

Ces opérations, réalisées sur les plages de Gorée et Mbour (1968), Joal (1969), puis Kayar et Saint-Louis (1971), ont démarré dans le cadre d'études monographiques menées sur les espèces principales telles le tassergal, les sardinelles et le tiouf. A partir de 1975, il est apparu qu'avec un effort à peine supérieur, il était possible d'étendre le système d'échantillonnage à l'ensemble des espèces et même à la totalité de la côte sénégalaise. Cette extension a nécessité le recours à l'outil informatique pour le traitement des données. Des opérations de recensement des unités de pêche menées en 1977 et 1978 ont permis de se rendre compte:

- de l'extrême diversité des systèmes d'exploitation de la ressource,
- du caractère multispécifique de la ressource exploitée,
- de la dimension sociale de la pêche artisanale.

Ces différentes observations ont entraîné l'ouverture du programme de recherches initial à des socio-économistes et biométriciens (1979) qui ont participé à l'amélioration du schéma originel de collecte et de traitement des statistiques, ainsi qu'à une meilleure connaissance du milieu d'étude.

Nous exposons dans cette partie les différentes méthodes utilisées actuellement par le CRODT pour disposer de données de base sur les flottilles et outils de production, ainsi que sur les ressources exploitées. Nous présentons d'abord les méthodes de collecte et de traitement des informations sur les flottilles (recensement du parc piroguier) et sur la ressource (échantillonnage des débarquements). Nous exposerons ensuite les méthodes d'estimation des débarquements totaux et une étude critique des procédures utilisées pour tester leur validité ainsi que la fiabilité des résultats obtenus.

II-1 Le recensement.

Cette opération fournit une vue instantanée de la structure de la pêcherie: moyens de production, localisation des points de pêche, équipement de ces points. Deux approches ont été testées par le C.R.O.D.T.:

- la photographie aérienne: elle est plus rapide mais les photos ne donnent qu'un aperçu assez grossier de l'importance du parc piroguier et de sa composition,

- la visite sur le terrain: elle permet la collecte d'informations très détaillées sur le secteur et répond mieux aux besoins de nos études .

Les principaux objectifs du recensement sont de deux ordres:

- une bonne connaissance du milieu de la pêche artisanale qui repose sur des contacts directs avec le pêcheur ceux ci permettent d'appréhender l'importance des points de débarquement et leur activité, de connaître la structure du parc piroguier dans sa diversité et d'en mesurer la dynamique interne, d'assurer une meilleure connaissance de l'environnement du pêcheur intégrant l'ensemble de ses activités liées ou non à la pêche,

- la mise à disposition d'un cadre (ou carte) permettant d'élaborer des plans d'échantillonnage des captures réalisées par la pêche artisanale .

II-1-1 Méthodes.

Tous les points de débarquement repérés sur une carte sont visités selon les années. En chaque point est dressé l'inventaire de toutes les pirogues et de l'ensemble des équipements liés à la pêche. Selon la priorité donnée aux objectifs de cette opération, la conduite de celle ci s'est faite en deux phases.

- De 1977 à 1980, 4 points de débarquements ont été l'objet d'enquêtes régulières de la part du CRODT pour les besoins d'études ponctuelles. Il fallait avec des moyens réduits, recenser les autres centres de pêche à vocation maritime entre Saint-Louis et Djiffer (Fig.2-1) en vue d'une meilleure connaissance du secteur pour une éventuelle extension du réseau d'enquête de routine: seuls les villages accessibles par la route ont été visités. Un des faits marquants, relevé lors de cette période, a été le niveau différent des activités de pêche observées pendant les deux saisons climatiques décrites plus haut.

- Après 1981, avec l'extension du réseau d'enquête de routine vers le sud du Sénégal pour une étude plus globale du système pêche artisanale, il s'est avéré nécessaire d'estimer les quantités totales débarquées sur l'ensemble du territoire. Pour tenir compte de la diversité des saisons de pêche et des mouvements des unités de pêche, le recensement est entrepris deux fois dans l'année: un en saison froide (saison de grosse activité) et un en saison chaude. Les mois d'avril et septembre sont sélectionnés dans le souci d'intégrer ces variations liées aux conditions climatiques. Ils représentent aussi des périodes de quasi stabilité dans les mouvements des différentes unités de pêche entre les points de débarquement. Pour éviter les doubles comptages pouvant naître de ces mouvements, cinq équipes d'enquêteurs se partagent la côte et réalisent le recensement dans un délai maximum d'une semaine.

Selon les moyens disponibles, les cinq secteurs géographiques retenus (Grande Côte, Cap vert, Petite Côte, Saloum et Casamance) sont visités simultanément par autant d'équipes. La plupart du temps, les enquêtes dans les deux derniers secteurs sont faites après celles du nord par quatre équipes réparties entre la frange maritime et le domaine estuarien. Chaque équipe composée en général de quatre enquêteurs visite les points de débarquement qui lui sont assignés. Dans chaque port et avec l'aide de pêcheurs actifs ou non sur la plage, des informations précises sont collectées sur les équipements du site, les unités de pêche présentes et les activités principales. Si dans les petits centres (moins de 50 pirogues) l'opération s'avère facile, dans les grands centres par contre, l'inexistence d'une immatriculation des embarcations oblige à procéder à des repérages de fortune. De plus les enquêteurs doivent impérativement attendre le retour des unités en marée au moment de l'opération.

Les renseignements collectés actuellement pendant les recensements intéressent deux programmes de recherche au CRODT. Le travail en équipe de biologistes et de socio-économistes explique l'importante quantité d'informations recueillies dans les centres de pêche avec deux types de formulaires. Le premier formulaire d'enquête (annexe I-a) contient les informations sur les équipements et activités en chaque point de débarquement. Il fournit une description de l'environnement du pêcheur, de l'organisation du village et une vue générale sur les activités de pêche. Ces renseignements sont collectés une fois dans l'année en avril. Pour remplir le second formulaire (annexe I-b), l'enquêteur collecte des informations de base sur chaque pirogue opérationnelle (capable d'aller en mer) présente sur le lieu d'enquête (origine, présence de moteur, type de pêche et activité). Par convention, une pirogue est considérée active si elle a pêché au moins une fois dans le mois précédent l'enquête. Au fil des années et en fonction de la demande, d'autres renseignements faciles à obtenir ont été rajoutés: statut du responsable de l'unité, lieu habituel de débarquement... La collecte régulière de cet ensemble de renseignements sur les unités de pêche constitue une base importante pour le suivi de l'évolution du secteur artisanal. C'est aussi un moyen efficace de mesurer l'effort de pêche total chaque année.

A partir de 1984, les opérations de recensement ont été étendues aux domaines estuariens du Saloum et de la Casamance: des tentatives de collaboration avec les pays limitrophes (Gambie, Mauritanie) ont

été redynamisées (elle avaient débuté bien plus tôt). Pour exploiter des données aussi diverses, il a fallu envisager dès 1981 l'informatisation de leur traitement, opération rendue possible avec l'acquisition d'un ordinateur (IBM 4331) par le CRODT.

Dans la semaine qui suit la fin du recensement, les informations recueillies sont vérifiées minutieusement avant d'être transférées sur les bordereaux selon un système de codification préétabli (annexe II). Elles sont ensuite saisies sur support magnétique (disquettes) et soumises à des programmes de contrôle technique avant d'être transférées sur bande. Le progiciel statistique GENSTAT permet divers traitements à la demande, résultant de combinaisons recherchées entre les différents paramètres du fichier.

II-1-2 Aperçu sur le potentiel de pêche.

Seuls les résultats des recensements de 81 à 83 ont à ce jour été publiés. Ils portent soit sur la description des points de débarquement, chacun étant présenté avec les équipements trouvés lors de l'enquête (Soceco Pechart 1982 a), soit sur la structure du parc piroguier (Soceco Pechart 1982 b, 1983, 1985). Il sera intéressant de voir l'évolution des effectifs d'unités de pêche et sites de débarquement en tenant aussi compte des résultats bruts obtenus lors des dernières années.

II-1-2-1 Les points de débarquement.

Jusqu'en 1980, seuls une quarantaine de sites répartis sur la frange maritime entre Saint-Louis et Djiffer ont pu être visités (Fig. 2-1). Cette première étape a permis de se rendre compte de l'importance des activités de pêche (nombre de pirogues) et de la durée des saisons de pêche (tab. II-1). Selon le nombre d'unités de pêche, les centres ont été classés en centres permanents et saisonniers. Les premiers peuvent être divisés en centres principaux regroupant chacun plus d'une centaine de pirogues (Saint-Louis, Kayar, Yoff, Soumbédioune, Rufisque, Mbour, Joal) et en centres secondaires.

L'extension ultérieure des enquêtes vers le Sud (Saloum, Casamance) et la collecte d'informations plus détaillées ont entraîné la prise en compte d'un nombre important de petits centres où pêche maritime et pêche continentale peuvent s'exercer simultanément. Au dernier recensement de 1985, 113 points de débarquement ont pu être visités sur l'ensemble du littoral sénégalais et 37 autres dans les zones fluviales.

On remarque d'après ces résultats que le nombre de sites situés sur la frange maritime est beaucoup plus important sur la Petite Côte. Dans la partie continentale, les points de pêche sont très nombreux avec un très fort pourcentage de campements saisonniers.

II-1-2-2 Le parc piroguier.

La comparaison du nombre de pirogues recensées sur le littoral marin entre St-Louis et Djiffer montre un léger accroissement des effectifs entre 1978 et 1981 (+ 7,8%) et une relative stabilité entre 1982 et 1987 (tab. II-2). Les fluctuations mineures observées au cours de cette dernière période sont dues probablement à des migrations d'unités de pêche vers les pays limitrophes. Quelques traits importants sont à signaler pour une meilleure compréhension de la structure du parc.

La zone située entre Saint-Louis et Joal est la plus étudiée car regroupant l'ensemble des activités de pêche maritime. A titre d'exemple, on a trouvé qu'en saison froide (mai 1983) cette région regroupe

85 % du parc total ainsi que tous les centres principaux de pêche. Ces derniers totalisent 66 % de l'ensemble des pirogues. Environ un quart des unités de pêche sont originaires de Saint Louis alors que 52 % d'entre elles se trouvent dans ce site au mois de mai: les autres participent à des migrations intra ou inter régionales. On a constaté en 1983 que ces unités migrent vers le sud en saison froide (Fig.2-2). Si ces migrations de pêcheurs saint-louisiens en direction de Kayar sont importantes, il en existe aussi vers les régions du sud du Cap Vert à la Casamance. Ces déplacements existent aussi en saison chaude et certaines indications montrent même des migrations vers l'extérieur du Sénégal. Un recensement effectué en Juillet 1987 en Mauritanie (Chaboud et Kebe, 1988) a permis de dénombrer 314 pirogues originaires de Saint-Louis. L'effort de pêche total sur les stocks présents au Sénégal se redistribue donc en fonction des saisons selon des schémas qui se sont amplifiés avec la motorisation quasi complète des pirogues de mer : depuis la fin des années 70, le taux de motorisation est de l'ordre de 86 %.

Une des caractéristiques essentielles de la pêche artisanale, mise en évidence pendant les opérations successives de recensement, est la possibilité pour une unité de pêche d'utiliser pendant l'année un ou plusieurs engins de pêche. Cette mixité, signalée déjà en 1978 avec l'utilisation des pirogues de sennes tournantes soit pour la pêche au filet, soit comme pirogue glacière à Saint Louis, s'est révélée une pratique courante. C'est aussi un moyen permettant, avec les modifications dues aux saisons, d'utiliser les engins les mieux adaptés à la capture du poisson. Ainsi en avril 1982, 21 % des pirogues, classées "LFDC" (lignes, filets dormants, casiers), ont embarqué alternativement ou simultanément pour la pêche, des lignes, des filets dormants ou des casiers. Le pêcheur a donc un éventail de diverses possibilités dans la pêche, le choix de l'une d'entre elles étant fonction de l'espèce cible. L'introduction au recensement de septembre 1982 de l'information sur les activités agricoles des capitaines de pirogue (par les sociologues du CRODT) a permis de faire la part entre pêcheurs professionnels ou non. Les zones de la Grande Côte, du Sud Cap Vert, de la Petite Côte et du Saloum comptent des villages où la pratique de l'agriculture est plus ou moins importante. Mais les unités dont le responsable exerce aussi des activités agricoles se rencontrent essentiellement dans les points secondaires au sud du Cap-Vert et de la Petite Côte. Cependant, l'activité de pêche demeure globalement importante mais sa répartition est largement fonction des saisons et points de pêche : le pourcentage de pirogues actives passe de 91 à 71 entre avril et septembre 1982, et de 84 à 75 % entre avril et septembre 1983. Le maintien d'un effort de pêche aussi élevé en saison des pluies s'explique par la mobilité des pêcheurs professionnels saint-louisiens (qui ne sont pas agriculteurs) et par le cumul chez les autres des activités de pêche et d'agriculture en hivernage. A Kayar par exemple, sur les 185 patrons pêcheurs actifs en septembre 1982, 164 sont en même temps agriculteurs ou plutôt propriétaires d'une exploitation agricole.

II-1-3 Discussions et conclusions.

Les résultats de ces enquêtes peuvent être affectés de trois sources d'erreurs ou de biais :

II-1-3-1 Le choix de la période d'enquête.

Les mois d'avril et septembre correspondent (après analyse des séries de données obtenues sur la côte nord) à des périodes de stabilité dans l'activité des unités de pêche (peu de déplacements) et dans la répartition des ressources halieutiques caractéristiques des saisons hydrologiques. Il est nécessaire de vérifier chaque année si des mouvements importants de pêcheurs ne sont pas prévus à ces dates, liées par exemple au retour des campagnards dans leur foyer lors des fêtes religieuses.

II-1-3-2 Le choix des descripteurs.

Le recensement suppose la visite de tous les centres de pêche et la prise en compte de toutes les unités de pêche présentes dans l'aire d'investigation. Tous les lieux de débarquement sont accessibles, l'enclavement constituant un facteur limitant au développement de la pêche maritime. En chaque lieu le choix de la pirogue comme repère de l'unité de pêche minimise les erreurs de décompte. La notion d'activité de l'unité de pêche, si elle permet de mieux cerner la quantification de l'effort de pêche, peut introduire des difficultés supplémentaires liées à la période d'activité et à l'utilisation des engins. On peut admettre qu'une pirogue ayant travaillé le mois précédent l'enquête (définition de la pirogue active) a vraisemblablement eu une activité normale durant les autres mois du semestre. Il est intéressant de remarquer que lors de la pénurie en moteurs hors bord (1983-1986) l'activité de pêche n'a pas baissé de façon catastrophique, les pêcheurs sénégalais s'équipant lors de campagnes en Mauritanie ou en Gambie. Quant à l'utilisation des engins, elle peut être variée pendant une saison de pêche: les cas de mixité alternative ou simultanée sont difficilement cernés et la solution résiderait dans un suivi des activités de chaque unité sur des intervalles de temps recouvrant les campagnes de pêche sur les espèces cibles, opération que nous aborderons dans la cinquième partie. Dans tous les cas de figure, l'immatriculation effective de toutes les pirogues serait d'un grand apport à ces diverses enquêtes.

II-1-3-3 L'influence des intervenants.

Les informateurs choisis pendant les enquêtes sur les unités fournissent des données assez fiables dans les centres secondaires. Dans les grands centres, le recours à un même informateur pour plusieurs unités peut introduire des erreurs non indépendantes. Le concours des présidents de coopératives ou des représentants des communautés de pêcheurs et l'expérience acquise par les enquêteurs sur place réduisent fortement les risques d'erreur.

Globalement, le contrôle du nombre d'unités de pêche opérant sur la façade maritime sénégalaise fournit des résultats satisfaisants pour l'utilisation prévue: description de la pêcherie, cadre pour le plan d'échantillonnage, connaissance de l'effort de pêche total en terme d'unités de pêche réparties par type d'engin et saison de pêche.

L'idéal aurait été de disposer à tout instant (à l'échelle de la journée par exemple) d'une décomposition de l'effort de pêche global: les moyens humains disponibles permettent quand même de contrôler quotidiennement le parc piroguier présent dans les grands centres de pêche, soit 70% de l'ensemble des unités de pêche. De plus la lourdeur du système de recensement, associant les besoins de divers utilisateurs interdit une multiplication de telles opérations.

Par delà la maîtrise de l'effort de pêche total et une meilleure connaissance du milieu pêcheur, les recensements semi-annuels ont permis de se rendre compte de la complexité du secteur artisanal.

- Certains sites peuvent abriter des formes d'exploitation dénotant une activité en mer et une en milieu continental. La possibilité d'une différenciation des deux domaines peut être faite par l'observation de la forme des embarcations ou des principales espèces capturées, voire même ciblées. Dans la suite de l'étude nous ne nous intéresserons qu'au domaine maritime.

- Le dynamisme de la flottille se traduit principalement par une mobilité des unités de pêche (migration) et par la possibilité d'adopter différents engins (mixité). Ces deux notions sont difficilement

quantifiables de façon précise dans le temps et dans l'espace: le recours à des valeurs moyennes semble être la seule issue tant qu'il ne sera pas possible de procéder à un suivi rigoureux de chaque unité de pêche. Il est même apparu lors d'une étude menée par les économistes en 1980 (Durand 1986) que ce suivi requiert une définition d'une unité de pêche qu'il est difficile de cerner: le repère usuel, la pirogue, peut migrer hors du champ d'observation (Mauritanie, Gambie etc...) et le patron de pêche, dans un autre cas se faire employer sur une autre unité.

Toutes ces difficultés expliquent l'importance à accorder à la préparation d'un recensement: la fiabilité des résultats et leur utilisation ultérieure dépendront d'une bonne information sur les sources potentielles d'erreur.

II-2 Enquêtes sur les débarquements.

Le contrôle des captures totales en pêche artisanale est complexe vu les nombreux points de débarquement et la multitude des types d'exploitation. Pour ce faire, il faut établir des plans d'échantillonnage nécessitant, d'une part des objectifs clairement définis, et d'autre part une connaissance assez fine de la structure de la pêcherie ainsi que des moyens d'investigation disponibles. Ces plans ont pour objectifs principaux d'obtenir des renseignements sur les activités de la flottille, sur la structure des prises pour les différents types de pêche, et sur la biologie des principales espèces exploitées.

II-2-1 Méthodes.

L'approche par système d'exploitation instaurée au CRODT à partir de 1977 a eu pour conséquence le besoin d'appréhender la totalité des débarquements sur l'ensemble de la zone d'activité piroguière. Le choix de sites de débarquement supplémentaires fût orienté par ce nouvel objectif et par les moyens humains disponibles. De 1976 à 1987, 5 strates géographiques maritimes furent individualisées en tenant compte d'une part de l'homogénéité des systèmes d'exploitation dominants (engins) et d'autre part des rythmes d'activité à l'intérieur de ces aires géographiques (saisons de pêche). Ces 5 strates (Fig. 2-1) sont dénommées du nord au sud: Fleuve, Thiès nord, Cap vert, Thiès sud et Casamance et comprennent une dizaine de points de pêche principaux.

Pour des raisons d'effectifs en enquêteurs et du fait de la polarisation des activités de pêche au niveau des grands centres principaux (on y retrouve 80 à 90% des pirogues selon les strates, et ils constituent aussi le principal débouché pour les petits centres de pêche), l'extension du réseau d'enquête s'est faite en sélectionnant les autres points de pêche importants: Soumbédioune (1976), Joal (1978 pour les filets tournants et 1982 pour les autres engins), Yoff (1979), Ouakam et Hann (1980), Mbour (1981 pour les engins autres que les filets tournants), Fass boye et Kafountine (1984). Avec les données du recensement de 1985 on a pu évaluer pour l'ensemble du littoral que le taux de couverture du parc piroguier opérationnel est d'environ 70% (tab. II-2).

En pêche artisanale, deux traits dominants conditionnent la mise en place d'un système de collecte des données au niveau des sites sélectionnés:

- la quasi totalité des pirogues en activité effectuent des marées journalières,
- il n'existe ni criée, ni transactions écrites entre producteurs et mareyeurs permettant d'appréhender les captures totales débarquées.

Si ces traits se retrouvent dans l'ensemble des pays côtiers de la région ouest-africaine, il est quand même rare d'y rencontrer des centres de pêche aussi importants que ceux présents au Sénégal. Ces derniers sont caractérisés par un nombre élevé d'unités de pêche, par l'utilisation de plusieurs engins de pêche, et par la présence d'une ressource riche en espèces et dont la composition varie avec les changements hydrologiques. Les systèmes de collecte de données de pêche mis en place dans la plupart des pays de la région (Shimura 1982) sont adaptés à des centres de pêche de faible importance (moins de 50 pirogues) où les conditions d'exploitation sont assez stables. Dans le cas de la pêche sénégalaise, il a fallu tenir compte de la variabilité de ces conditions et du nombre important de pirogues à échantillonner. L'unité d'observation idéale est la sortie de pirogue. Une pirogue revenant de pêche constitue une mesure de l'activité de pêche, son contenu représente le résultat de cette activité et est une fraction de la ressource présente sur le lieu de pêche. Il est plus pratique d'estimer les débarquements totaux pour une période donnée par une combinaison des rendements par sortie et du nombre de sorties. Pour un point de débarquement sélectionné, la nécessité d'une stratification paraît évidente tant au niveau des unités de pêche (pirogue avec engins différents) qu'à celui de la période (année, mois, quinzaine, jour, heures de débarquement). Ces questions seront abordées plus loin.

Pour chaque centre d'enquête, la connaissance de la physionomie de la pêche est primordiale: par exemple dans les sites situés au Nord de Dakar prédomine la pêche à la ligne (tout au moins jusqu'en 1982) alors que la côte Sud est le domaine privilégié des filets tournants. En règle générale, les pirogues sortent tôt le matin et commencent à débarquer l'après midi sur la côte Nord ; sur la côte Sud les flux d'activité sont moins tranchés les sorties et rentrées de pêche pouvant se faire à toute heure. De ce fait le travail d'enquête s'adaptera à ces schémas: il peut se résumer en un décompte du nombre de sorties par type d'engins, et en une évaluation des rendements par marée, celle-ci étant complétée selon les études par un échantillonnage biologique.

II-2-2 Décompte des sorties.

Dans le principe, l'opération consiste à relever le nombre d'unités de pêche ayant effectué une marée dans la journée d'enquête en tenant compte du type d'engin utilisé. Dans tous les lieux d'enquête, ces relevés sont effectués tous les jours par un aide de plage qui seconde l'enquêteur, mais les procédures utilisées diffèrent selon la régularité des sorties et retours de mer.

Dans le premier cas, le plus simple, les pirogues partent toutes en marée le matin et reviennent débarquer l'après midi: c'est souvent le cas dans les lieux de débarquement où domine la pêche à la ligne à main (Soumbédioune, Kayar avant 1983). L'enquêteur (ou son aide) décompte alors, après les départs en pêche, le nombre d'unités restées sur la plage en les différenciant par type de pêche. Le même comptage fait le soir après retour des pirogues permet de retrouver le nombre de sorties par soustraction des deux valeurs obtenues (Annexe III).

Dans le second cas, les rythmes de départ et de retour ne sont pas aussi réguliers et la représentation des engins de pêche est plus diversifiée (exemple de Mbour et Joal): le système de comptage des pirogues sur la plage n'est plus adapté. Si les retours de pêche ne sont étalés que sur une partie de la journée, il est possible à l'aide de plage de noter les arrivées de pirogues en tenant compte des types de pêche. Si par contre, aucune pause n'est observée dans la journée, l'aide de plage, disposant d'un listing de toutes les unités de pêche repérées grâce au nom du capitaine, procède à une interview des pêcheurs

actifs ou non restant sur la plage pour dénombrer les pirogues sorties (Annexe IV). Dans tous les cas, l'enquêteur doit vérifier périodiquement la fiabilité des données récoltées par l'aide.

Ce décompte journalier du nombre de sorties, selon les types de pêche, est complété par des observations sur des facteurs pouvant influencer sur ce nombre:

- jours de "fête", ce sont des fêtes religieuses ou autres cérémonies pouvant mobiliser tout ou partie de l'effectif des pêcheurs dans des activités autres que la pêche; il s'agit par exemple de la fin du ramadan, de la cérémonie d'ouverture de la campagne de pêche, de deuil etc...

- conditions météorologiques: l'enquêteur apprécie lui-même l'état de la mer ou les conditions atmosphériques défavorables; ce sont par exemple une mer démontée, une pluie orageuse, des vents de sable; avant l'avènement des sennes tournantes sur la côte nord, le manque d'appât était classé dans cette catégorie.

Il faut remarquer que ces procédures de décompte ont été adaptées et sont appelées à évoluer en fonction de la physionomie de la pêche. On trouve de plus en plus, dans les centres de débarquement principaux, et particulièrement depuis 1983, un nombre sans cesse diversifié de techniques de pêche. Les pêcheurs utilisent simultanément ou alternativement plusieurs engins pour s'adapter aux fluctuations d'abondance des stocks exploités. La distinction classique, côte nord domaine des pirogues à ligne, côte sud domaine des pirogues à filets ne se justifie plus actuellement.

II-2-3 Echantillonnage des prises débarquées.

L'historique du système de recueil des statistiques a rendu compte des critères ayant présidé au choix des centres d'enquête au niveau de chaque strate. Les centres principaux ont été sélectionnés, selon l'importance de leur parc et des enquêteurs placés en permanence dans ceux qui sont éloignés du CRODT (Saint-Louis, Kayar, Mbour, Joal). Dans les autres, les enquêtes sont réalisées par des équipes tournantes basées à Dakar.

Au niveau d'un centre d'enquête, l'échantillonnage s'effectue en sélectionnant les jours d'enquête et, à l'intérieur d'une journée, en choisissant le nombre de pirogues. Le choix de ces jours dépend de la disponibilité des moyens humains: en général 4 à 6 jours d'enquête par semaine dans les centres principaux éloignés avec au moins un enquêteur résidant et 2 jours sur sept dans les centres de la strate Cap Vert par une équipe tournante de quatre enquêteurs. Dans ce dernier cas, le choix des jours d'enquête dans la semaine est en principe fait au hasard mais est en réalité sous la dépendance des moyens existants. Quelle que soit l'approche, il faut rappeler que le nombre de pirogues sorties est relevé tous les jours.

Chaque jour, l'unité d'observation est la pirogue de retour de pêche. Des enquêtes sont faites sur la population de pirogues qui débarquent durant le jour d'enquête. Cette sélection s'opère de façon aléatoire, au hasard des déplacements de l'enquêteur sur la plage.

Pour une pirogue l'opération consiste à estimer la quantité de poisson présente. Pour chaque type de pêche et selon l'espèce, cette estimation est faite de diverses manières :

- estimation d'un poids total par évaluation à vue du contenu de la pirogue ou d'un tas, ou par comptage de récipients servant au transport du produit (dans ce cas la contenance moyenne du récipient est connue d'avance)

- comptage du nombre total d'individus si celui-ci est peu important.

Dans les deux cas, l'enquêteur mesure à la règle plate graduée un certain nombre d'individus et les fréquences de taille obtenues permettent dans la seconde approche d'estimer le poids des individus dénombrés par le biais d'une relation taille-poids. La prise totale de la pirogue est obtenue par la sommation des poids de chaque espèce.

D'autres informations sont collectées au retour de la pirogue (annexe V) par interview d'un ou plusieurs pêcheurs:

- type de pêche et origine de l'unité de pêche,

- descripteurs de l'effort de pêche (le nombre de pêcheurs, le temps de mer, le temps de route, le nombre et la taille des hameçons, la longueur des filets dormants et la taille de leurs mailles, le nombre de coups de sennes),

- lieu et profondeur de pêche,

- données économiques sur les prix des intrants (appâts essence) et des produits de la pêche.

Chaque sortie de pêche d'une pirogue est donc caractérisée par deux types d'indicateurs.

- Des indicateurs de l'activité de pêche, pour la plupart semblables à ceux adoptés en pêche industrielle pour déterminer des indices d'effort et de puissance de pêche pouvant être utilisés dans des modèles de dynamique des populations. C'est le cas par exemple de l'effectif des pêcheurs qui renseigne sur le nombre d'hameçons, nombre étant utilisé pour mesurer l'effort de pêche industrielle à la palangre,

- Les indicateurs de la nature de la ressource exploitée; le contenu d'une pirogue donne des indications sur la répartition des espèces selon les lieux et profondeurs de pêche, ainsi que leurs éventuelles affinités, dont l'étude sera abordée dans la quatrième partie.

Parallèlement au contrôle des débarquements de pirogues, des opérations d'échantillonnage biologique sont menées en rapport avec des programmes d'études sur des stocks:

- relation taille poids; pour un nombre déterminé d'espèces, l'enquêteur mesure la taille (L) et note le poids (P) de plusieurs individus (sur la plage pour les gros et au laboratoire pour les petits), à l'aide d'une règle graduée et d'un peson. La relation taille-poids de la forme $P = a.L^b$ permet d'estimer le poids d'un nombre n de poissons pour lesquels on a établi une distribution de fréquence de tailles,

- structure démographique des débarquements; sur la centaine d'espèces débarquées par les pirogues, des fréquences de taille sont régulièrement faites sur les plages pour une trentaine d'entre elles; ce sont

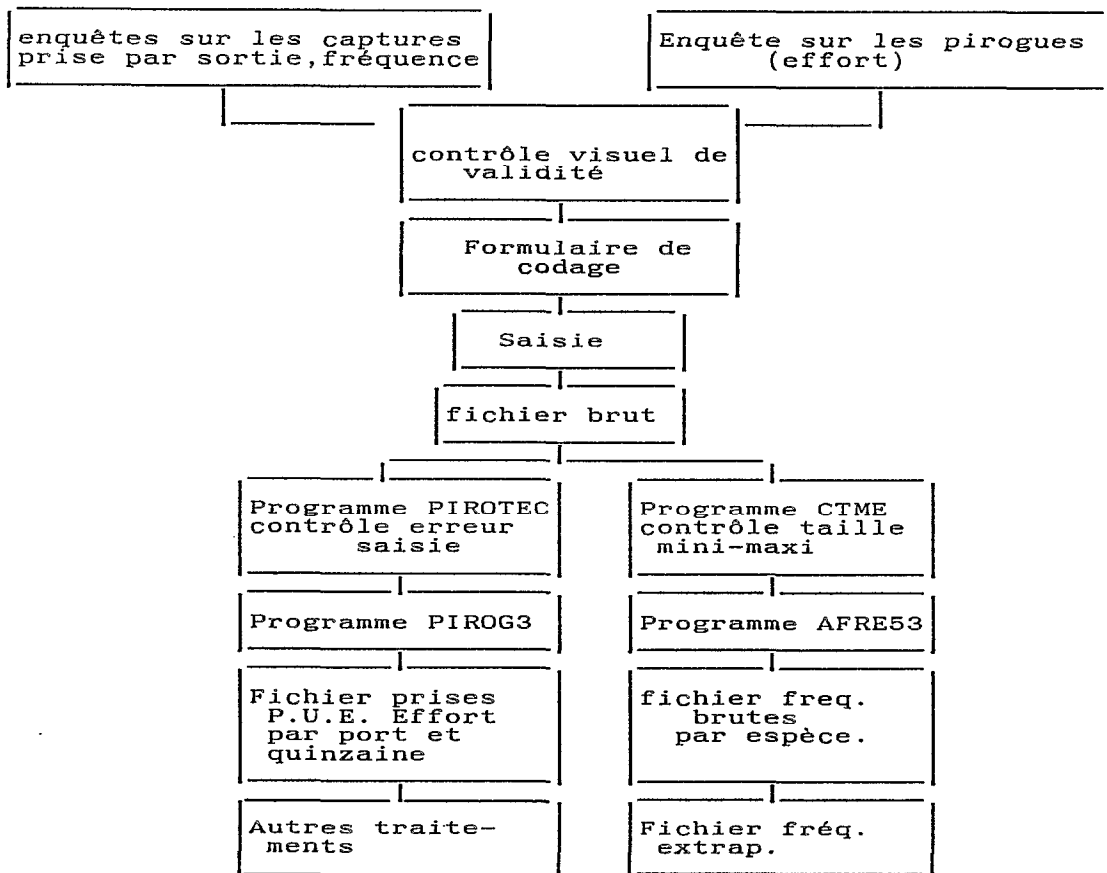
les espèces jugées commercialement intéressantes, ayant fait ou faisant actuellement l'objet d'une étude; les mesures sont faites au centimètre inférieur et reportées soit sur la feuille d'enquête des prises, soit sur les formulaires adéquats,

- prélèvement d'organes; cette opération n'entre dans le cadre de cette étude que par l'achat d'échantillons de poissons par l'enquêteur; les individus sont ensuite ramenés au laboratoire pour le traitement de certains organes en vue d'étudier la croissance (otolithes, écailles...) la reproduction (gonades) etc...

A la fin d'une journée d'enquête sur un point de débarquement, on dispose pour chaque type de pêche, de données sur les nombres de sorties et sur les prises par sortie: les débarquements journaliers en sont déduits par simple multiplication. Selon le nombre de jours d'enquête et la strate temporelle de traitement choisie, il est possible de produire les résultats en fonction des besoins.

II-2-4 Traitement des données.

On ne considérera ici que les traitements dits de routine, c'est à dire réalisés pour la publication régulière des résultats de la pêche et de son activité. Nous avons schématisé l'ensemble des opérations de base ci-après:



II-2-4-1 Statistiques de débarquements

Dans chaque point de débarquement enquêté, le principe de calcul est le même. Pour chaque type de pêche dans la strate de temps choisie, le produit de la quantité échantillonnée par le rapport

nombre total de pirogues sorties
nombre de pirogues échantillonnées

donne une évaluation des débarquements. Dans les grands centres de pêche, la quantité de données collectées peut être très importante : en moyenne, 40 pirogues échantillonnées à Kayar chaque jour d'enquête fournissent 8 000 enregistrements par an, d'où la nécessité d'une informatisation de leur traitement. Toutes les données sont contrôlées avant l'opération de codage sur un bordereau (annexe VI), comportant deux types de cartes:

- sur la première sont mentionnées des informations sur la journée; ce sont pour chaque port, la date, le nombre de sorties par type de pêche, le nombre de pirogues ayant fait l'objet d'enquête et des indications sur des éléments pouvant influencer sur le nombre de sorties (fête, conditions météorologiques),

- sur la seconde sont codées des informations sur la sortie de l'unité de pêche et sur la capture réalisée; à ce stade, certaines données d'enquête ne sont pas retenues (heure de départ, temps de route, port d'origine, prix des intrants et prix de vente).

Les données sont ensuite saisies sur disquettes et soumises à des programmes de contrôle technique pour détecter d'éventuelles erreurs d'ordre technique, avant d'être transférées sur disque ou bande magnétique. Une bibliothèque de programmes permet de faire divers traitements (Cury, 1981), selon les besoins de l'utilisateur.

Pour les statistiques de débarquement, le principal programme de traitement utilisé calcule pour chaque type de pêche une prise moyenne par sortie à partir des pirogues échantillonnées et l'extrapole à l'ensemble des sorties de la quinzaine. Sur cette strate de temps, les résultats ne peuvent être largement influencés que par le calcul de la prise moyenne par sortie, le nombre de sorties étant obtenu tous les jours alors que les enquêtes sur les captures ne sont pas quotidiennes.

II-2-4-2 Fréquences de tailles.

Pour une strate de temps donnée, les fréquences brutes sont obtenues pour chaque espèce par une sommation (pour chaque engin ou l'ensemble de la flottille) des différentes mesures réalisées. Une chaîne de programmes informatiques traite les données relatives à chaque espèce: les fréquences extrapolées par type de pêche sont obtenues avec l'utilisation des quantités débarquées calculées précédemment.

II-2-5 Discussions et conclusions

Les principaux résultats obtenus par ce système d'enquêtes donnent, pour chaque port sélectionné et par quinzaine:

- les quantités totales débarquées par espèce et par type d'engin,

- les prises moyennes par sortie pour chaque type d'engin et chaque espèce,
- les nombres de sorties par type d'engin.

Ces résultats bruts sont des estimations de paramètres pouvant indiquer l'état de la ressource (prise par sortie ou rendement de pêche) ou son niveau d'exploitation (effort) : ils feront l'objet de discussions plus approfondies dans les prochains chapitres.

Dans le choix des sites étudiés, il apparaît que dans chaque strate géographique seul le ou les centres les plus importants sont pris en compte. Cette stratégie, à l'origine dictée par les objectifs d'études monospécifiques, peut actuellement être rapprochée d'une sélection de centres avec une probabilité proportionnelle à leur taille (Cochran, 1977), mais le principe de la rotation des échantillons n'est pas appliqué. Dans les strates Fleuve, Thiès Nord, Thiès Sud, la domiciliation des enquêteurs à Saint Louis, Kayar et Mbour-Joal se justifie par des considérations matérielles et le fait que ces points regroupent respectivement 97, 88 et 82 % du parc piroguier maritime de ces trois strates (Soceco Pechart 1985).

Dans la mesure de l'activité de pêche (décompte des sorties) chacune des trois méthodes utilisées est adaptée à un ou plusieurs points d'enquête. Pour les systèmes de comptage utilisés, les erreurs sont dues principalement à des omissions de pirogue sur la plage et les tests déjà réalisés au Cap-Vert (Gérard et Gréber, 1985) et à Mbour (Gérard, 1985) indiquent qu'un tel système est assez fiable pour la pêche à la ligne. Pour les méthodes impliquant l'interview des pêcheurs, Gérard estime que le pourcentage d'erreurs enregistré à Joal (-22 %) sur les pirogues pêchant à la ligne est dû principalement aux échanges entre Mbour et Joal. Pour les autres types de pêche, les pourcentages d'erreurs sont très minimes.

C'est dans les processus d'évaluation des prises des pirogues que les sources d'erreur (aléatoire et systématique) sont les plus fréquentes. Elles résident principalement:

- dans la représentativité de l'échantillon (nombre de jours d'enquête ou nombre de pirogues enquêtées); ce dernier est sensible d'une part aux fluctuations liées aux horaires de débarquement, au déplacement de l'enquêteur sur la plage, et d'autre part à la richesse taxonomique des captures,
- dans l'inventaire et l'estimation en poids du contenu de la pirogue, selon que l'enquête est faite ou non par le même enquêteur, dans le même port (Destanques 1982, Laloë 1985).

Ces problèmes se posent en permanence dans un plan d'enquête sujet à des modifications induites par des changements dans la structure de la pêcherie. Des tests méthodologiques pour cerner les sources d'erreur et proposer des solutions doivent être régulièrement réalisés.

Le système actuel d'échantillonnage des débarquements de la pêche artisanale est le fruit d'une évolution qui a tenu compte des objectifs d'une démarche privilégiant les approches par systèmes d'exploitation, et des moyens humains disponibles.

Le choix de l'étude du système pêche dans sa globalité a eu comme principale conséquence la collecte de données sur la totalité des poissons contenus dans une pirogue échantillon, tirée d'une population de pirogues débarquant dans la journée au niveau d'un port donné. A chaque niveau de la stratification se

pose le problème de la sélection d'un échantillon selon les règles classiques de l'échantillonnage. Dans l'estimation des captures, il existe beaucoup d'approches possibles et les meilleures sont celles qui réduisent les biais et erreurs d'estimation au minimum. Dans le cas de notre système d'échantillonnage, on s'est rendu compte que les modèles les meilleurs du point de vue statistique ne sont pas toujours applicables. Leur mise en place dépend beaucoup des conditions de la pêche et des résultats que l'on veut obtenir. Ces questions, ainsi que la validation des données collectées seront abordées plus loin.

II.3. Estimation des débarquements totaux.

Les opérations précédentes (recensement et échantillonnage des débarquements) ont permis de déterminer un indice global d'effort dans chaque région ainsi que les captures effectuées dans les points de débarquements où ont lieu des enquêtes. Ces résultats ont montré l'existence de deux saisons bien marquées dans le niveau d'activité des unités de pêche, mais surtout dans la composition spécifique des débarquements.

Le principe du calcul des quantités débarquées Pr par strate temporelle se résume en une extrapolation des captures dans les sites échantillonnés Pe à l'ensemble de points de débarquements de chaque région :

$$Pr = Pe \cdot \frac{N}{n}$$

n : étant une mesure de l'effort dans les sites d'enquête
et

N : une mesure de l'effort total dans la région.

II.3.1. Calcul des facteurs d'extrapolation .

Il est conditionné par trois éléments .

- Choix du descripteur d'effort

Dans le calcul des quantités mises à terre en un point d'enquête, le passage des rendements à la capture totale se fait par le biais des nombres de sorties pour chaque type d'engin (effort global). Cette donnée est disponible uniquement dans les centres enquêtés: le seul indice d'effort disponible pour l'ensemble des points de débarquements est représenté par le nombre de pirogues actives obtenu lors des recensements de saison froide et de saison chaude. En admettant l'hypothèse d'uniformité du taux d'utilisation (déterminant le nombre de sorties) des mêmes types d'unités de pêche entre les centres d'enquête principaux et les centres secondaires voisins, il est possible d'estimer les captures totales pour une région donnée en considérant l'ensemble des unités de son parc piroguier.

- Choix des unités géographiques d'extrapolation :

Dans une strate géographique jugée homogène, il est nécessaire d'une part que tous les types d'engins à l'intérieur de cette strate soient représentés dans le point enquêté, et que d'autre part l'activité des unités de pêche similaires portent sur les mêmes communautés d'espèces. Domain (1980) et Boely (1980) ont montré qu'au niveau des principales espèces côtières de la zone sénégal-mauritanienne la répartition des taxa était homogène sur l'ensemble du plateau continental suivant les saisons hydrologiques. Le choix donc des strates spatiales pour une extrapolation des captures enquêtées est surtout influencé par le premier critère relatif aux engins: de ce fait les secteurs déjà définis lors du

recensement conviennent mais sont réajustés aux limites des régions administratives dans certains cas: ce sont les strates 1 Fleuve, 2 Thiès Nord, 3 Cap-Vert, 4 Thiès Sud, 5 Saloum et 6 Casamance.

- Choix de la strate temporelle :

Dans la région sénégal-mauritanienne, les saisons hydrologiques sont caractérisées par des faunes piscicoles différentes. Ces deux périodes distinctes peuvent servir de repères: les strates temporelles choisies sont fixées pour la saison froide de janvier à juin et pour la saison chaude de juillet à décembre.

Les facteurs d'extrapolation sont estimés pour chaque saison et chaque type d'engins par le rapport

$$K = \frac{\text{nombre d'unités actives de la strate}}{\text{nombre d'unités actives du port enquêté}}$$

Ils renseignent sur le poids des points d'enquête sélectionnés au niveau de chaque strate (tableau II-3). En considérant la strate Thiès Sud par exemple, en 1983 les engins les plus productifs (senne tournante et filets maillants encerclants) ne sont présents qu'à Mbour et Joal. De plus, des renseignements obtenus pendant le recensement de 1983 sur les lieux de débarquement habituels des unités de pêche ont permis de constater que certains points secondaires sont satellites d'un point focal: les pirogues de Bel Air, Thiaroye et Mbao débarquent régulièrement à Hann, réduisant d'autant la valeur des coefficients d'extrapolation de la strate Cap-Vert.

II.3.2. Traitement des données.

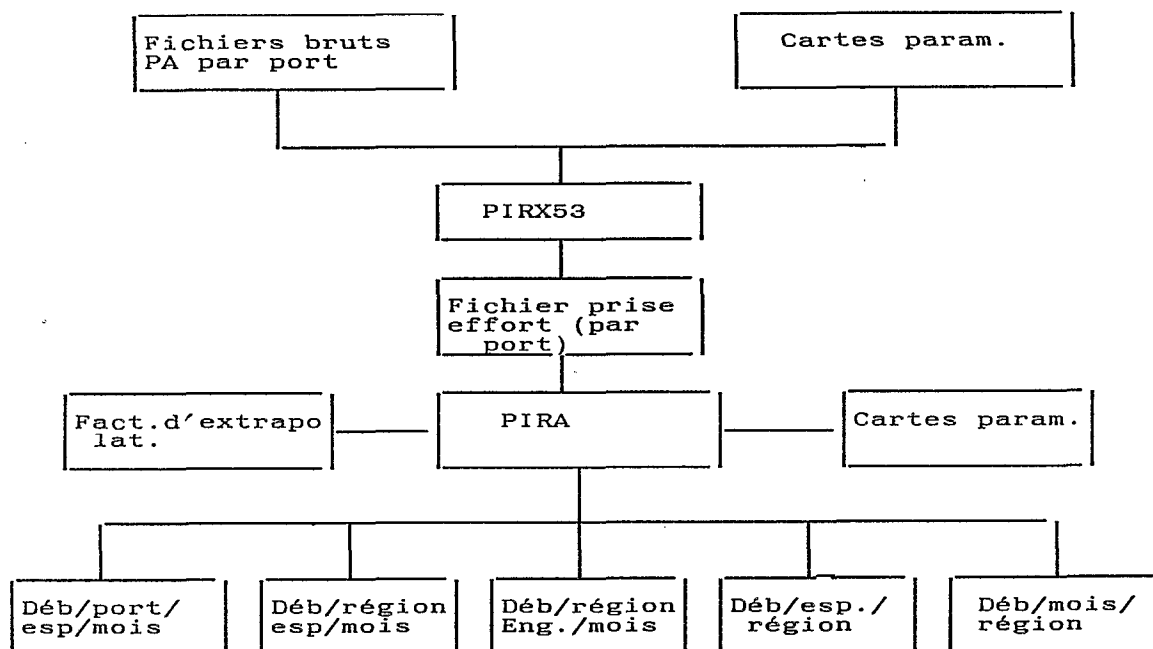
Dans une strate géographique déterminée, pour une saison et un engin donné, les débarquements totaux Pr sont obtenus par le produit $K \times Pe$. Dans la pratique, cette opération est réalisée pour l'ensemble des strates Fleuve, Thiès Nord, Cap-Vert, Thiès Sud où des enquêtes sont disponibles sur les débarquements, par une série de programmes informatiques (écrits en cobol par A. Perras). Ces programmes prennent en entrée les fichiers de prises par port de débarquement et un ensemble de paramètres sur l'année, les régions de même que les facteurs d'extrapolation calculés précédemment. Ils effectuent un tri des espèces et des débarquements par type d'engin et permettent :

- d'extrapoler par secteur géographique les prises obtenues dans les points de débarquement à l'ensemble du secteur correspondant, quand tous les points de pêche ne sont pas enquêtés,

- d'obtenir un ensemble de fichier où les données sont ventilées par région, par mois, par espèce et groupe d'espèces,

- d'obtenir un fichier de l'ensemble des débarquements de pêche artisanale sur la côte sénégalaise. Ces différents tableaux sont consignés et publiés dans les "Archives du CRODT".

Les opérations successives pour aboutir à ces résultats sont schématisées ci-après :



Pour les régions Saloum et Casamance où le CRODT ne dispose pas encore d'un système fiable de collecte des statistiques de pêche (des essais sont faits en Casamance depuis 1984) leurs résultats sont fournis par les services statistiques de la direction de l'océanographie et des pêches maritimes (DOPM) qui déploie un réseau d'enquête dans toutes les régions du Sénégal. Ces résultats, uniquement axés sur les débarquements, expliquent la coexistence de systèmes de recueil de statistiques de pêche à objectifs différents, le CRODT marquant un intérêt particulier pour des informations sur les stocks (structures pondérale et démographique) et les engins de pêche (composition, répartition spatio-temporelle de l'effort de pêche).

Une lecture des résultats globaux (tab. II-4) indique au niveau des quantités débarquées la part plus faible des deux strates méridionales où les activités de pêche sont surtout confinées dans les fleuves et zones adjacentes à l'embouchure. Ceci justifie que 64 % des quantités débarquées en Casamance et 78 % au Saloum en 1983 sont constitués par des espèces inféodées aux milieux d'estuaire : ethmalose, mullet, tilapie, crevette... Ces deux régions ne totalisent pas plus de 13 % des débarquements totaux annuels du Sénégal (dont une faible part en poissons marins) . On peut envisager l'interprétation des variations des quantités en s'appuyant sur les données plus détaillées des autres régions.

La production de la pêche artisanale croît assez régulièrement de 1981 à 1985. La forte hausse enregistrée en 1986 et 87 (20 % environ) est très sensible dans les régions Cap-Vert et Thiès: elle est due à une forte production en poissons pélagiques, liée à l'activité des sennes tournantes et filets maillants encerclants. Ces engins ciblent principalement les sardinelles dont le tonnage a atteint 51 % de l'ensemble des débarquements de la pêche artisanale en 1986 (tab. II-4). Pour cette même année, on remarque que l'ensemble des points d'enquête totalise 70 % du parc piroguier opérationnel et 79% des quantités débarquées.

Les systèmes de collecte et traitement de statistiques permettent d'individualiser des paramètres résumant un ensemble d'informations sur la ressource et son exploitation. Au niveau de la pêche artisanale sénégalaise, les diverses approches utilisées, tenant compte d'objectifs de gestion de ressource et malgré des moyens humains limités, ont conduit à une bonne connaissance de la pêcherie et à une maîtrise de divers descripteurs de la ressource. Parmi ces résultats, les paramètres de prise (quantité, composition démographique), d'effort et de rendement ont fait appel pour leur estimation à des sélections d'échantillons au sein de populations qu'il a fallu ensuite caractériser. La présentation des différents systèmes ayant produit ces résultats laisse apparaître une évolution depuis les années 70 dans les méthodes d'approche qui sont de mieux en mieux adaptés à l'évolution du secteur, avec une participation de plus en plus recherchée des professionnels de la pêche (pêcheurs, mareyeurs) au processus de collecte.

II.4. Etude critique-Amélioration des systèmes.

II.4.1. Procédures méthodologiques.

Beaucoup de travaux ont été faits pour améliorer la fiabilité des systèmes et la précision des résultats obtenus. Chaque centre d'enquête constitue un sujet d'étude en soi: les opérations menées, tout en restant dans le cadre général du plan d'enquête, sont dépendantes de la spécificité des conditions locales. Les exemples qui seront développés ici tenteront d'analyser ces spécificités ainsi que les adaptations envisagées, les méthodes statistiques pour l'analyse des conditions d'application des systèmes ainsi que le calcul de fiabilité des données seront développés dans la troisième partie.

Les principales sources d'erreurs signalées plus haut ont pour la plupart fait l'objet d'opérations dont les résultats sont en partie repris ici. Ces opérations peuvent être classées selon 4 approches .

- Validation des procédures d'échantillonnage ou recherche du meilleur plan. Il s'agit de déterminer le nombre de jours d'enquête par quinzaine, et le nombre de pirogues à échantillonner par jour. L'importance du premier aspect de la question réside dans la nécessité de valider les données de Kayar de 1976 à 1980, années durant lesquelles les enquêtes étaient faites 2 jours par semaine (le second aspect sera analysé dans la deuxième approche). En 1975, les données de prise étaient collectées à Kayar tous les jours pour les pirogues pêchant à la ligne (jusqu'en 1980 c'était le principal, sinon le seul type de pêche présent à Kayar). Des tests réalisés en 1983 sur le nombre de sorties en fonction des jours de la semaine au niveau du Cap Vert (Gérard et Gréber, 1985) montrent pour tous les types d'engin l'inexistence d'un effet jour sur ce paramètre.

- Représentativité des observations quotidiennes, notamment des nombres de sorties, des prises par espèce et des compositions démographiques des captures. Trois opérations de contrôle de ces observations ont été menées à Kayar (Avril 1976) à Mbour-Joal et au Cap Vert (Décembre 1983 -

Février 1984). Elles ont consisté en enquêtes quotidiennes assurant au moins une couverture de 30 % des sorties de pêche, ce taux étant jugé représentatif des débarquements des différents types de pêche: pirogues pêchant à la ligne à Kayar, à la ligne, au filet dormant et à la senne tournante au Cap Vert, au filet maillant encerclant et à la senne tournante à Mbour et Joal. L'analyse des données collectées lors de ces enquêtes est réalisée de sorte à rechercher les relations entre les caractéristiques propres à la sortie pour chaque type de pêche et les prises et tailles échantillonnées: les méthodes d'analyse utilisées (principalement des analyses de variance) sont très détaillées (Laloë et al. 1981) et sont reprises par Gérard et Gréber (1985) ainsi que dans la présente étude. Néanmoins, il est utile de remarquer que d'un point de débarquement à l'autre, à conditions égales, les mêmes stratégies de pêche sont utilisées et les mêmes types de données échantillonnés. La généralisation des résultats d'analyse pourrait être envisagée bien que les opérations de contrôle invoquées soient ponctuelles.

- Représentativité des points d'enquête sélectionnés: Dans les strates géographiques à faible nombre de points de débarquements, le choix des plus importants comme centres d'enquête s'impose raisonnablement. Dans les strates plus étendues, par exemple le Cap Vert, le choix de plusieurs centres est intervenu après une enquête cadre menée en 1978 et dont les résultats n'ont pas été publiés. Pour chaque point de débarquement les renseignements collectés ont servi d'une part à décrire la pêche (engins, saisons de pêche, horaires de départ et retour de pêche, classement des lieux de pêche, espèces principales, plan de la plage) et d'autre part à découper la région en secteurs d'activité homogènes en considérant les engins de pêche dominants et les lieux de pêche (Fig.2-3). Pour chaque secteur, le (ou les) points d'enquête est choisi de sorte à rendre compte de l'activité des différents types de pêche présents: Yoff et Ouakam pour le secteur 1, Hann pour le secteur 3, Rufisque pour le secteur 4, Soubédioune ayant déjà été sélectionné dans le secteur 2 où il est l'unique centre de pêche. La même procédure est tentée actuellement en Casamance dans l'optique d'une amélioration du taux de couverture de la pêche artisanale.

- Contrôle des procédures d'estimations des prises de la pirogue ; il porte sur les estimations à vue des quantités de poissons contenues dans une pirogue ou mises en tas sur la plage, les autres procédures (comptage d'individus ou de contenants) étant jugées bonnes. Les études menées par Destanques (1982) ont consisté en une comparaison statistique des poids estimés par des enquêteurs sur des tas de poissons avec les poids réels. Frontier (1982, non publié) a proposé par la suite de remplacer les estimations approximatives des enquêteurs par une cotation d'abondance. Celle-ci impose aux enquêteurs une échelle de classes correspondant à des intervalles de poids de même amplitude en métrique $\log_{1,5}$. Cette méthode, appliquée avec succès au plancton (Frontier 1969) et à d'autres organismes vivants (Frontier et Viale 1977), n'apporte dans notre contexte ni d'amélioration dans la qualité des informations recueillies, ni de gain de temps dans les manipulations de terrain.

II.4.2. Principaux résultats.

Ce sont des réponses à des problèmes ponctuels, définis dans une strate espace-temps déterminée mais intéressant un volet de la stratégie globale d'échantillonnage de la pêche artisanale. La répétition des mêmes opérations en des endroits est nécessaire et prouve la complexité de ce secteur. Celle-ci (ou plutôt la diversité des cas rencontrés) justifie pleinement une stratification à tous les stades du processus de collecte de l'information.

Dans la mesure de l'effort de pêche, les analyses ont montré la fiabilité des méthodes utilisées pour chaque point d'enquête. Pour les principaux types d'engins de pêche que sont la ligne à main et la senne tournante, il n'existe pas d'effet jour de la semaine sur les nombres de sorties, mais on peut noter à l'échelle du semestre ou de l'année un effet quinzaine important pouvant correspondre à des successions de campagnes ou saisons de pêche entraînant des mouvements d'unités de pêche ou des changements d'engins. Le choix des périodes inférieures au mois, en général la quinzaine, pour les traitements des statistiques de pêche trouve une première justification dans le souci de disposer de strates de temps homogènes.

Les analyses des données de prise (totale ou par espèce) montrent des liaisons importantes avec les caractéristiques des sorties et révèlent pour un type de pêche, des comportements variés pouvant conduire à la définition de "sous types de pêche". Dans l'exemple de la pêche à la ligne à Kayar (Laloë et al. 1981), la recherche de liaisons entre le facteur "lieu de pêche" et les 8 variables caractérisant ce type de pêche (prise moyenne pour les 5 principales espèces, nombre de pêcheurs, heure de retour, profondeur) a permis de décomposer ces lieux en deux zones en fonction de l'importance des prises de l'espèce cible principale, le tassergal, le tiof et le pageot .

- la zone 1 est fréquentée par des pirogues recherchant les espèces démersales (*Epinephelus aeneus*, *Pagellus bellottii*) ou se trouvant sur les petits fonds (*Decapterus rhonchus*); au sein de celle-ci on constate une spécialisation des lieux de pêche traduisant la différence de comportement entre *E. aeneus* (espèce solitaire) et le couple *P. bellottii* *D. rhonchus* (espèces grégaires).

- la zone 2 regroupe les lieux où on observe de fortes prises en tassergal (*Pomatomus saltator*) et bonite (*Sarda sarda*). Ces lieux sont les plus éloignés (effets heure de retour et profondeur significatifs) et les prises de ces espèces pélagiques grégaires sont très sensibles aux facteurs nombre de pêcheurs et jour de pêche.

A travers cet exemple, on remarque que la qualité des données de prise échantillonnée peut être fortement influencée par des facteurs tels le jour de pêche et l'heure de retour: pour un même type de pêche, l'existence de plusieurs espèces cibles conduit à la définition de plusieurs sous types de pêche qu'il est possible d'associer à un classement des lieux fréquentés. L'existence d'un effet jour de pêche sur la prise moyenne par sortie des principales espèces grégaires (tassergal, bonite, pageot, chinchard) est limitée à la prise des seules espèces pélagiques si l'on tient compte dans l'analyse, des deux zones précédemment définies. (Laloë et al. 1981). La réduction du nombre de jours d'enquête hebdomadaire peut donc logiquement entraîner une diminution sensible de la précision des estimations des prises par sortie pour les espèces vivant en bancs. De plus, une analyse de variance sur les prises des principales espèces, pour les différentes tranches horaires montre que l'effet heure de retour est très significatif pour le tassergal, la bonite et l'ensemble des espèces alors qu'il ne l'est pas pour le tiof, le pageot et le chinchard. Des résultats similaires à ceux trouvés à Kayar ont été obtenus au Cap Vert avec les types de pêche à la ligne, au filet dormant et à la senne tournante (Gérard et Gréber 1985). Les solutions proposées pour améliorer la précision des estimations des prises par sortie sont applicables à tous les centres d'enquêtes où l'on retrouve ces mêmes problèmes. Elles sont développées dans la troisième partie mais nous en énumérerons certaines:

- augmentation du nombre de jours d'enquête pour réduire la variabilité inter journalière des prises des principales espèces pélagiques ou démersales vivant en bancs,

- pour un jour de pêche donné, stratification par tranche horaire et maintien d'un taux d'échantillonnage constant pour chaque type de pêche. Cette solution nécessite la connaissance du nombre de retours pour chaque heure: les moyens requis sont énormes pour un gain de précision qui peut être faible.

Les résultats obtenus lors de la comparaison de moyennes des distributions de fréquence de taille des poissons mesurés, (tab. II-5) en retenant pour chaque pirogue 3, 5, 10 poissons ou l'ensemble des individus, n'indiquent pas de différence significative entre les groupes de poissons mesurés sauf pour les pageots (Bergerard 1980).

Pour les estimations des poids à vue, les résultats obtenus par Destanques (1982), montrent que les enquêteurs utilisent des échelles de notations discrètes calquées sur les valeurs marquantes du système décimal. La tendance à privilégier de faibles ou fortes valeurs peut entraîner une sous estimation ou une surestimation locale d'un poids.

La solution proposée (qui du reste avait été recommandée aux enquêteurs bien avant) consiste à corriger les erreurs d'estimation dues à l'enquêteur par l'utilisation périodique de pesons ou balances sur la plage pour évaluer plus précisément les poids de récipients ou de tas de poissons.

La plupart des solutions proposées lors des études méthodologiques sur la pêche artisanale ont été appliquées depuis 1981: affectation d'un enquêteur à Kayar et de deux à Mbour puis à Joal, mensurations effectuées sur plus de dix individus par espèce cible, ou sur toute la prise de la pirogue selon l'importance de celle-ci, contrôle périodique des estimations à vue des poids.

II-5 Conclusion.

La présentation des systèmes de mesure des résultats de l'activité de la pêche artisanale fait ressortir l'existence de deux phases et dans le développement de la pêche et dans la mise sur pied de plans adéquats d'enquête :

- une période antérieure à 1981 durant laquelle l'effort de recherche est plutôt orienté sur la Grande Côte où prédomine la pêche à la ligne à main,

- une période postérieure à 1981 où on note une diversification plus importante des formes d'exploitation artisanale avec principalement la diffusion généralisée de la senne tournante et des pirogues glacières. Elle correspond aussi à la phase d'extension de l'effort de recherche vers la côte sud.

Les méthodes utilisées pour obtenir les données d'effort et de prise par sortie se sont adaptées à ces modifications de la physionomie du secteur, suite à différents tests méthodologiques. L'exemple de Kayar en est une illustration avec la part prépondérante prise actuellement par les sennes tournantes (67 % des captures en 1985 contre 19 % en 1978).

Il s'est avéré nécessaire aussi de tendre à mieux cerner les quantités débarquées en essayant d'affiner les plans d'échantillonnage par une étude des biais d'enquête et des erreurs d'estimation des données de base. Les tests faits à Kayar (Laloë et al. 1981) ont été ensuite étendus à la Petite Côte (Gérard 1985) et au Cap-Vert (Gérard et Gréber 1985): ils ont permis, avec les moyens disponibles, d'améliorer quelque peu les processus de collecte en les adaptant à la spécificité de chaque point d'enquête... Ces études ont révélé l'extrême hétérogénéité de la pêche artisanale: la multiplicité des engins de pêche, des espèces, et donc des paramètres à estimer rend pratiquement impossible la définition d'un critère permettant une optimisation d'un plan global d'échantillonnage (Laloë 1985). Dans notre cas, la stratégie adoptée pour évaluer les principaux paramètres de l'exploitation est le résultat d'une combinaison entre une bonne connaissance de la pêcherie et une adaptation des règles de l'échantillonnage classique à une situation complexe dont l'hétérogénéité impose une stratification à plusieurs niveaux du système. Il est difficile de dire actuellement si la précision obtenue dans l'estimation des prises est suffisante, ceci dépendant de l'utilisation prévue. Si on parvient à éliminer les biais importants, la sortie de pirogue est l'unité d'observation la plus à même de rendre compte correctement de l'activité de pêche et de son résultat. Dans la plupart des autres pays côtiers de la région ouest africaine, la sortie de pêche constitue aussi l'élément de base du système. Les plans d'enquête qui y sont proposés par la FAO (Shimura 1982) sont fondés sur une stratification à trois niveaux.

- Au premier niveau, les points de débarquements sont regroupés en petits et grands centres selon l'importance de leur parc piroguier. La probabilité de sélection d'un site d'enquêtes dans chacune de ces deux strates est proportionnelle à l'effectif du parc piroguier.

- Au deuxième niveau, les jours d'enquête sont choisis de manière systématique dans le mois.

- Au troisième niveau, 5 pirogues sont sélectionnées de manière systématique pour chaque type de pêche par jour d'enquête, le pas d'échantillonnage étant fonction du nombre de sorties.

Ce plan d'échantillonnage systématique permet un calcul simple de la précision des estimations. Dans le cas du Sénégal, une telle méthode est difficilement applicable à Joal avec une plage très étendue, un nombre très élevé d'unités et de types de pêche débarquant à tout moment. Echantillonner 5 pirogues lignes sur les 400 à 600 débarquant à Kayar ne permettrait pas de rendre compte de la réalité des différentes tactiques de pêche.

Le système mis en place par le CRODT, dans l'optique d'une gestion rationnelle des stocks exploités englobe, outre les données classiques de prises et d'efforts, des informations sur le déroulement de la pêche (répartition de l'activité), sur les espèces pêchées (biologie, structures démographiques) et sur l'environnement du pêcheur. Il présente aussi l'avantage d'être très souple, et s'adapte à la spécificité des centres d'enquête.

Certains pays de la région se sont intéressés à cette expérience par l'envoi de stagiaires (Mauritanie, Iles du Cap-Vert, Sao Tomé) ou par la mise en place d'un système d'enquête analogue (Cameroun, Gabon, Togo, Congo).

Tableau II-1.- Recensement de 1978 : importance relative des points de débarquement (pirogues opérationnelles)
 PM: Pirogues motorisées. PV: Pirogues à rame (): valeurs estimées

ANNEES	Saisons et types	TYPES DE PECHE		PERIODE PRINCIPALE	
		PM	PV		DOMINANTS
Régions et ports					
1. Fleuve					
- Saint Louis		210	20	ligne, filet dormant	Janvier - décembre
- Doune Baba Dièye				filet dormant	"
- Pilote				"	"
- Tassinère		16	1	"	"
- Mboumbaye				"	"
- Mouit				"	"
- Taré		5	-	"	Juillet - octobre
- Thiougoune			4	"	"
2. Thiès Nord					
- Diogo			20	ligne	Janvier - juin
- Fasse Boye		45	8	filet dormant	Janvier - décembre
- Mboro		(27)	(3)	senne de plage	Juillet - octobre
- Kayar		616	45	ligne	Janvier - décembre
3. Cap-Vert					
- Cambérène		0	0	-	-
- Yoff		168	50	ligne	Janvier - décembre
- Ngor		40	10	"	"
- Ouakam		50	20	filet dormant	"
- Scumbédioune		125	16	ligne	"
- Anse Bernard		12	9	filet dormant	"
- Bel Air		30	3	senne de plage	"
- Hann		28	18	filet dormant, senne	"
- Tiaroye		32	8	"	"
- Mbao		32	6	filet dormant	"
- Rufisque		238	24	ligne, filet dormant	"
- Bargny		29	50	ligne	"
- Sennou		18	19	"	"
- Yène		46	8	filet dormant	Juillet - octobre
- Nditakh		48	9	"	"
- Niangal		46	33	"	"
- Toubab Dialao		25	15	"	"
3. Thiès Sud					
- Ndayane		23	4	"	"
- Popenguine		55	10	"	"
- Guéréou		42	12	"	"
- Somone		10	3	"	"
- Ngaparou		25	7	"	"
- Saly		20	13	"	Janvier - Décembre
- Mbour		310	32	ligne, senne tournante	"
- Tropical		-	-	"	"
- Nianing		10	31	filet dormant	"
- Pointe Sarène		6	3	"	Juillet - octobre
- Mbodiène		-	-	"	"
- Warang		-	-	"	"
- Joal		270	28	senne tournante	Janvier - décembre
TOTAL		2 630	424		
TAUX DE MOTORISATION		86,6 %			

Tableau II-2.- Evolution de l'effectif des pirogues opérationnelles recensées sur le littoral sénégalais

POINTS DE DERBARQUEMENT (Nombres)	ANNEES															
	1978	1981	1982	1983	1984	1985/86	1987									
	Saisons	Saisons	Saisons	Saisons	Saisons	Saisons	Saisons	Saisons	Saisons	Saisons	Saisons	Saisons	Saisons	Saisons	Saisons	Saisons
	S.Froides	S.Chaudes	S.Froides	S.Chaudes	S.Froides	S.Chaudes	S.Froides	S.Chaudes	S.Froides	S.Chaudes	S.Froides	S.Chaudes	S.Froides	S.Chaudes	S.Froides	S.Chaudes
Saint Louis	230	407	726	383	734	576	719	564	807	655	690	580	612			
Pilane		10	15	2	8	3	10	3	8	1	8	10	16			
Tassindé		6	13	2	16	2	10	3	18	10	21	28	42			
Deun Baba Diaya	17	2	4	2	10	2	9	1	9	3	2	48	37			
Khoumbaya		2	4	4	0	1	1	0	3	0	2	7	16			
Degoumaye		26	11	2	11	1	1	0	0	0	0	3	0			
Moukt		13	12	0	0	2	10	2	6	6	16	13	30			
Mbao	5	8	12	7	2	16	12	0	0	0	0	12	11			
Tarf		2	2	2	11	9	17	0	0	0	0	8	10			
Tloungous		3	6	2	9	7	17	0	32	0	0	0	0			
Diogo	20	4	4	4	9	7	56	75	4	4	18	156	72			
Fass Boya	53	67	53	60	53	70	37	55	55	68	64	156	72			
Mboro	0	0	22	0	25	1	21	5	19	37	19	37	24			
Kayar	661	416	318	787	334	581	404	663	381	552	303	454	329			
TOTAL GRANDE COTE (13)		1024	1200	1256	1244	1242	1277	1312	1340	1304	1151	1356	1246			
Cambé-ras	0	2	231	307	207	319	266	294	244	2	2	2	1			
Yoff	218	240	75	74	92	78	89	70	55	67	58	83	61			
Ngor	50	92	96	88	97	83	89	78	75	92	70	56	102			
Ouskam	70	135	229	218	243	218	268	217	217	220	207	174	204			
Soumbédioune	141	21	73	68	65	74	50	57	46	51	50	39	55			
Ahse Bernard	21	76	76	67	62	67	62	57	62	71	56	65	62			
Bel Air	33	46	116	125	161	112	131	135	110	127	123	163	122			
Hann	46	55	152	175	161	152	186	177	148	146	141	141	141			
Tiaroye	40	53	52	47	61	54	80	63	34	34	60	90	67			
Mbao	38	44	30	27	33	34	38	39	43	39	43	39	43			
Rufiscus	262	146	139	150	211	108	150	153	165	146	121	137	141			
Sargou	70	89	37	68	114	56	79	81	86	86	81	76	53			
Sacrou	37	47	42	30	47	48	38	45	44	43	46	41	47			
Ndirakh		21	14	14	12	17	15	8	17	7	12	5	15			
Niang		53	68	29	73	31	58	30	90	34	67	35	59			
Niang		74	64	48	74	40	43	47	74	45	57	44	76			
Toubé Dialaou		13	31	18	28	17	26	20	35	16	24	11	47			
TOTAL CAP VERT (17)		1237	1433	1410	1549	1351	1438	1406	1407	1361	1139	1309	1385			
Ndiyane		41	69	23	35	24	40	30	55	26	51	23	73			
Poureguine		13	9	10	10	10	8	11	11	10	10	12	14			
Guatou		34	21	24	30	20	35	24	35	20	38	41	36			
Senons		9	13	8	11	10	10	6	8	6	6	10	8			
Saparou		18	31	28	34	19	27	23	24	20	16	31	32			
Saly Niakniakhali		7	11	8	10	6	9	7	13	12	15	15	12			
Saly Forrugal		17	20	19	21	21	22	20	26	24	35	35	22			
Mbour	342	353	399	338	437	407	442	432	408	378	385	408	400			
Tropical		5	2	9	11	10	11	15	15	12	15	14	14			
Niang		3	3	3	3	2	4	3	3	4	3	4	5			
Niang	41	20	44	31	43	28	45	32	54	34	56	46	39			
Pointe Sarène	9	19	52	66	69	52	66	69	62	56	64	41	57			
Mbodiéna		0	0	1	0	1	1	1	2	2	0	0	0			
Nzérébil		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Joël	298	361	356	373	477	524	427	446	285	640	440	425	437			
TOTAL PETITE COTE (15)		887	1010	1141	1211	1134	1147	1120	1002	1240	1134	1105	1149			
TOTAL SALOUM (27 & 34)		136	265	396	388	418	696	370	707	299	813					
TOTAL CASAMANCE (21 & 65)		94	86	194	198	242	145	500	442	376	163					
TOTAL GENERAL		3438	3994	4397	4590	4387	4703	4708	4898	4580	4400					

Tableau II-3. Facteurs d'extrapolation des prises par région et type de pêche en 1983 et 1985

1er semestre (janvier-juin) 1983

Régions	Types de pêche	PVL	PML	FD	PGL	ST	FME	SP	DIVERS
Fleuve		1,000	1,000	1,075	1,000	1,000	0,000	1,000	0,000
Thiès Nord		1,000	1,090	1,600	0,000	1,343	0,000	1,000	0,000
Cap Vert		4,739	1,532	4,164	9,000	1,733	0,000	2,684	0,000
Thiès Sud		2,057	1,183	0,730	1,650	1,000	1,000	5,000	0,000

1er semestre (janvier-juin) 1985

Régions	Types de pêche	PVL	PML	FD	PGL	ST	FME	SP	DIVERS
Fleuve		1,000	1,000	2,200	1,000	1,000	0,000	0,000	1,000
Thiès Nord		1,000	1,002	1,129	0,000	1,016	0,000	2,000	1,000
Cap Vert		4,380	1,440	3,520	2,166	1,132	1,000	5,000	1,000
Thiès Sud		1,690	1,260	1,370	1,020	1,000	1,000	6,330	1,000

2e semestre (juillet-décembre) 1983

Régions	Types de pêche	PVL	PML	FD	PGL	ST	FME	SP	DIVERS
Fleuve		1,000	1,000	1,757	1,000	1,000	0,000	1,000	0,000
Thiès Nord		1,043	1,262	1,000	0,000	1,167	0,000	1,000	0,000
Cap Vert		3,094	1,652	4,078	3,077	2,042	0,000	2,920	0,000
Thiès Sud		1,926	1,278	2,047	1,000	1,000	1,020	7,500	0,000

2e semestre (juillet-décembre) 1985

Régions	Types de pêche	PVL	PML	FD	PGL	ST	FME	SP	DIVERS
Fleuve		1,000	1,000	3,050	1,000	1,000	0,000	1,000	1,000
Thiès Nord		1,000	1,083	1,409	1,000	1,068	0,000	3,000	1,000
Cap Vert		3,510	1,620	5,420	1,955	1,306	1,000	2,270	1,000
Thiès Sud		1,650	1,220	2,050	1,000	1,000	1,020	2,270	1,000

Tableau II-5 : Comparaison des moyennes des distributions de fréquences de tailles (en cm.) de poissons mesurés en fonction de l'ordre dans lequel ils sont choisis par l'enquêteur. (BERGERARD, 1980).

Poissons mesurés	10 premiers	5 premiers	3 premiers	3 derniers	5 derniers	10 derniers	Tous poissons
<i>Pagellus bellottii</i>	23,37	23,61	23,99	22,97	22,99	23,02	22,95
<i>Decapterus rhonchus</i>	30,55	30,75	30,83	30,18	30,30	30,40	30,56
<i>Pomatomus saltator</i>	10,82 59,01	19,92 58,69	20,00 58,43	19,54 56,69	19,54 57,35	19,69 58,50	19,71 58,84
<i>Sarda sarda</i>	52,94	52,99	53,01	52,01	52,91	52,91	52,91

Tableau II-4.- Evolution des débarquements totaux en tonnes par espèce de 1981 à 1986
() ** valeur estimée. * Les tilapies ne sont pas pris en compte.

ESPECES	ANNEES	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Ethmalosa dorsalis		7 830	8 519.8	10 385.2	8 826.0	6 752.8	7 981.6
Sardinella aurita		40 626	20 595.0	22 718.7	18 745.0	32 904.2	53 525.9
" maderensis		21 586	33 746.9	48 517.4	51 925.9	53 903.0	48 428.2
Lagocephalus spp.		-	266.8	479.9	292.7	2.8.2	270.0
Sphyræna spp.		839	1 269.2	1 137.9	1 245.7	1 178.3	1 409.9
Mugil - Lizza spp.		5 115	4 153.4	4 642.8	4 682.5	5 285.9	4 735.0
Pomadasya spp.		2 119	3 213.1	2 173.0	3 865.8	2 131.1	4 366.1
Brachydeuterus auritus		1 773	3 728.2	3 022.6	1 881.4	2 369.5	2 402.4
Decapterus rhonchus		6 416	8 906.9	7 576.2	6 042.2	4 345.6	4 239.9
Caranx spp.		2 360	1 697.7	1 803.5	3 573.9	1 629.1	2 696.0
Lichia spp.		391	50.0	143.2	289.8	475.4	519.3
Trachurus spp.		775	3 246.2	2 987.0	2 469.6	944.9	4 178.3
Chloroscombrus chrysurus		1 014	1 401.1	403.7	667.3	511.4	1 019.1
Trachinotus spp.		-	233.7	235.1	120.0	70.3	9.3
Scyris alexandrina		-	150.2	299.4	212.7	249.5	299.5
Pomatomus saltator		4 009	2 945.2	3 526.5	1 416.5	1 643.1	616.4
Drepane africana		-	130.2	120.1	159.2	308.3	45.5
Scomber spp.		989	2 003.5	3 287.8	2 769.2	488.6	4 303.3
Scomberomorus tritor		764	773.1	662.1	1 309.7	253.0	1 708.4
Sarda sarda		1 305	2 217.1	562.1	221.6	525.5	511.8
Euthynnus alletteratus		2 678	4 214.3	4 572.3	6 928.8	2 991.9	5 033.7
Trichiurus lepturus		792	1 076.3	1 126.7	703.6	296.6	588.7
Istlophoridae - Xiphidiidae		625	689.4	560.7	132.1	360.1	617.3
Divers pélagiques		6 356	2 259.2	4 619.3	1 884.3	1 218.7	1 483.4
TOTAL PELAGIQUES		108 362	107 940.5	125 565.0	120 365.4	122 065.6	150 984.9
Arius spp.		5 306	3 783.0	4 064.6	3 043.4	2 147.9	3 208.2
Lycodontis spp.		-	87.7	103.1	142.9	108.3	72.4
Galeoïdes decadactylus		323	1 030.2	1 131.0	1 084.1	997.9	1 696.1
Mycteroperca rubra		-	184.4	155.4	251.5	227.9	153.7
Epinephelus aeneus		1 534	1 781.0	1 712.3	3 114.5	2 707.6	2 538.3
" gorensis		509	426.1	508.0	730.9	473.4	341.1
" guaza		486	1 261.3	1 219.4	3 366.7	4 001.0	4 392.6
" caninus + E. fasciatus		-	92.3	183.9	182.9	51.6	71.7
Lutjanus spp.		-	155.1	116.3	376.5	430.3	269.9
Plectorhinchus mediterraneus		452	674.4	771.8	2 063.7	1 164.4	1 304.7
Pseudotolithus spp.		1 782	1 595.2	1 363.6	1 278.0	2 152.7	1 358.4
Argyrosomus regius		361	1 174.3	503.0	768.8	1 436.4	1 244.3
Dentex spp.		790	1 056.0	161.3	1 416.9	831.8	1 800.9
Pagellus bellottii		2 428	2 378.4	2 498.7	3 271.3	3 789.8	4 001.7
Sparus spp.		1 511	1 233.9	1 026.6	1 684.3	1 906.0	2 743.4
Brotula barbata		-	7.1	20.7	302.5	9.2	34.9
Cynoglossus spp.		482	651.5	651.1	1 287.0	1 562.4	1 336.7
Regulus		1 277	2 066.4	1 035.5	1 547.4	1 654.8	1 181.7
Raie		450	571.9	87.7	1 106.8	1 011.4	1 345.9
Sepia officinalis		646	1 077.5	1 115.4	1 554.3	2 474.7	1 704.5
Divers démersaux		3 979*	1 478.3*	11 613.3	8 161.7	8 742.9	9 740.9
TOTAL DEMERSAUX		22 316	22 835.0	30 042.7	36 736.1	37 880.6	40 777.8
Crevettes		1 736	1 279.7	1 184.4	598.2	946.0	1 741.0
Gasteropodes		(6 000)**	7 901.4	6 371.9	3 886.0	5 818.1	5 600.2
Divers		-	1 951.5	2 052.8	1 806.2	1 559.4	2 033.9
TOTAL GENERAL		138 414	141 907.5	165 216.8	163 395.2	168 269.2	201 137.5

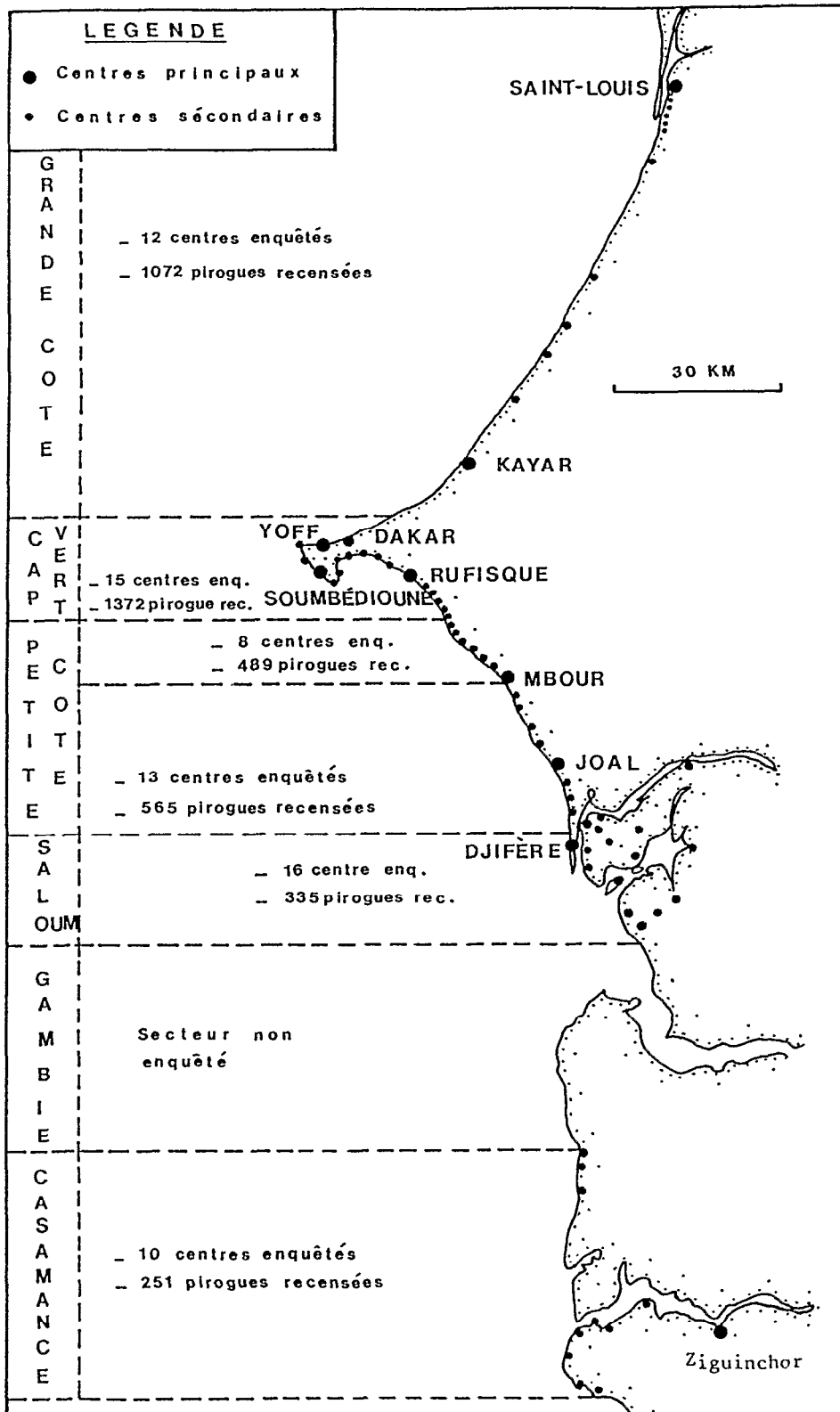


Figure 2-1

Répartition des points de débarquement sur la côte sénégalaise (source Soceco Pechart, 1982)

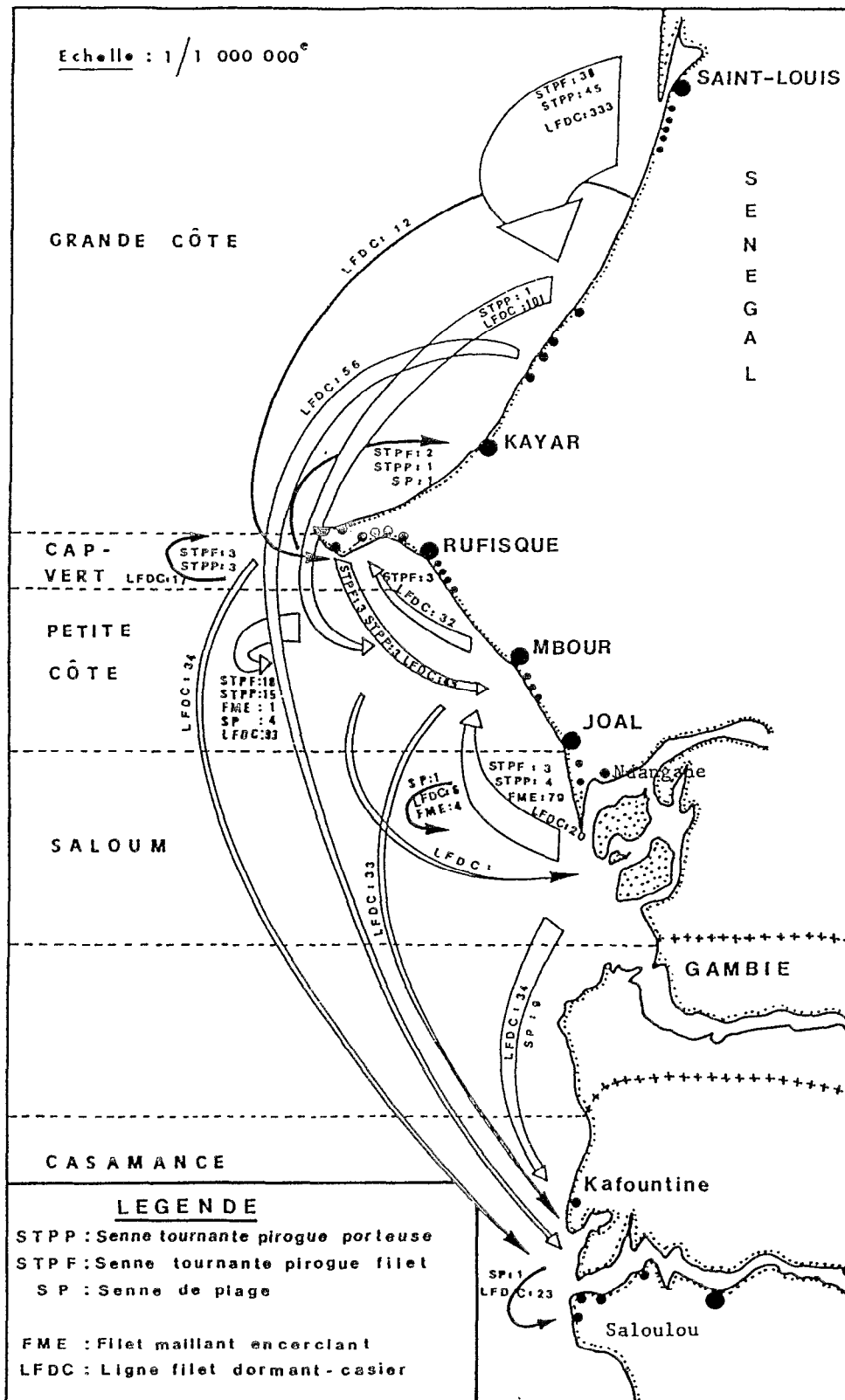


Figure 2-2

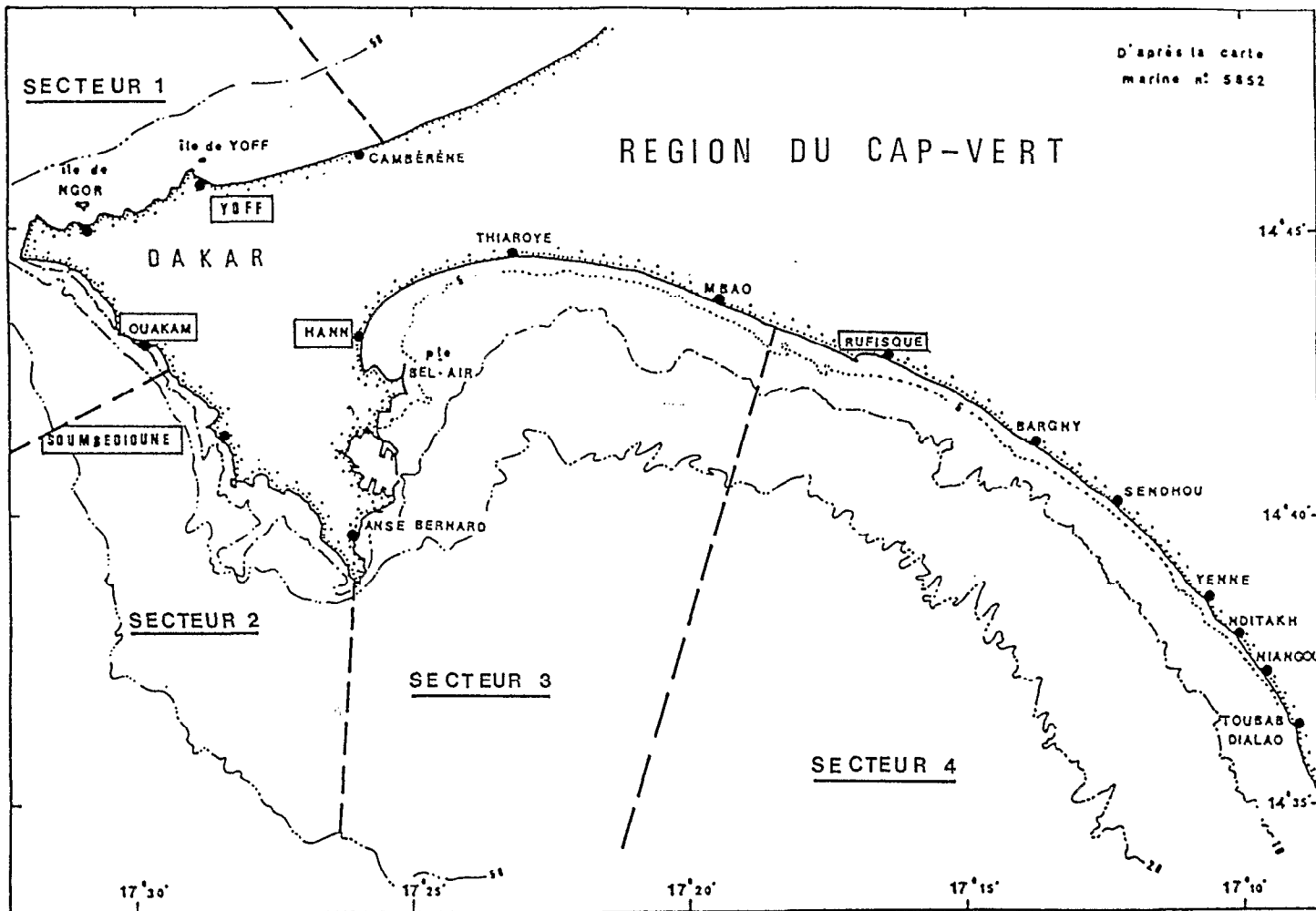


Figure 2-3

Points de débarquement dans la région du Cap-Vert;
délimitation des 4 secteurs (en encadrés les points
où sont menées des enquêtes en 1987)

**LA PÊCHE ARTISANALE AU SÉNÉGAL.
RESSOURCE ET STRATÉGIES DE PÊCHE.**

TROISIÈME PARTIE

**ANALYSE DU SYSTÈME D'ENQUÊTES SUR
L'ACTIVITÉ DE PÊCHE ET SES RÉSULTATS**

TROISIEME PARTIE
ANALYSE DU SYSTEME D'ENQUETES SUR L'ACTIVITE DE LA PECHE ET SES RESULTATS

INTRODUCTION

La mise en place des opérations de collecte d'informations a été décrite dans la seconde partie, ainsi que les résultats qui en sont issus.

Ces résultats sont en grande partie obtenus par des opérations d'extrapolation, rendues nécessaires par certaines caractéristiques de la pêche étudiée:

- le très grand nombre d'unités de pêche, chacune réalisant une portion très faible de la prise totale (plus de 4000 unités au Sénégal),
- la grande dispersion des centres de pêche,
- l'absence quasi totale de documents écrits, permettant par exemple d'avoir une estimation directe fiable des prises totales.

Rappelons que la collecte régulière des données a commencé au début des années 70 dans le cadre de deux programmes de recherches distincts, une étude monospécifique sur le tassergal (*Pomatomus saltator*) menée par C. Champagnat (Champagnat *et al.* 1983), et une étude sur les petits pélagiques (*Sardinella aurita S. maderensis...*) conduite par T. Boely. (1981). A cette époque, le tassergal était essentiellement pêché par des pirogues "lignes" au nord de la région du Cap-Vert et les petits pélagiques étaient recherchés, en ce qui concerne la pêche artisanale, par des pirogues "filet" au sud de la région du Cap-Vert. Cette séparation nette de zones, d'engins et d'espèces justifiait alors la mise en place de systèmes de collecte indépendants.

La présence de nombreuses autres espèces dans les captures réalisées par les unités de pêche ayant recherché le tassergal, l'existence d'autres méthodes de pêche (au filet dormant en particulier) au nord de Dakar a conduit à mettre en place un système de collecte "plurispécifique et pluriengins". A la fin des années 70, la pêche au filet (sennes tournantes) des petits pélagiques s'est étendue sur l'ensemble du littoral sénégalais et les captures d'espèces démersales au sud étaient également très significatives. Ceci a conduit à une généralisation de la collecte des données et donc à l'abandon définitif d'un système conçu pour un nombre déterminé d'études monospécifiques. Ce système a été conçu et réalisé par les chercheurs (C. Champagnat, P. Bergerard, A. Samba) et techniciens du programme pêche artisanale.

Cette dernière remarque implique en premier lieu que le système de collecte conduit à un très grand nombre d'estimations (par espèce, par engin, par centre de débarquement, par période) et qu'il n'est guère possible d'en hiérarchiser "l'intérêt", et donc d'établir un critère général d'optimisation du plan

d'enquêtes. Le plan "optimal" pour l'estimation des captures de tiof n'est certainement pas le même que le plan "optimal" pour celle des captures de sardinelles.

Les données collectées conduisent à des descriptions de l'activité de pêche, des captures et de ce qu'on peut appeler, en général, des rendements, exprimables en "quantité de capture" par "quantité d'activité". Il faut donc disposer d'unités d'observations où on peut décrire conjointement l'activité et la capture. De ce point de vue, le contenu d'une pirogue de retour de pêche constitue un lieu d'observation "optimal" (le plus "proche" de l'action de pêche, puisqu'on ne peut guère régulièrement placer d'enquêteurs à bord des pirogues). Ce contenu est (en général) composé d'individus capturés au cours d'une même sortie, par une même unité de pêche ayant pratiqué en un lieu donné une tactique de pêche donnée. On peut faire une analyse de la variabilité des rendements à partir des descripteurs disponibles de l'activité de pêche, c'est à dire les renseignements notés lors des enquêtes (ou s'en déduisant aisément). On peut ainsi étudier les effets "lieu de pêche", "nombre de pêcheurs", "jour de pêche", "saison", "centre de débarquement", "durée de pêche".

Ces analyses font partie du premier niveau de description évoqué dans l'introduction de cette étude.

Les sources de variation très significatives peuvent être utilisées comme critères de stratification. Ainsi en est il des engins de pêche, des saisons et des centres de débarquement. Dès sa mise en place, le système de collecte a ainsi été conçu "autour" d'une stratification croisée:

"centres * périodes (quinzaines) * engins".

Les estimations de captures, d'activité et de rendements par espèce ou par regroupement d'espèces sont donc faites pour chaque strate et différents regroupements de strates. Cette structure générale du plan d'enquêtes une fois définie, il est important d'évaluer la qualité de ce plan et la précision des estimations qui en sont déduites.

En réalité, il n'est guère possible de mettre en place un plan défini par ces seuls critères de stratification. Il faudrait pouvoir réaliser, dans chaque strate, dont l'effectif devrait être connu, une sélection des unités d'observations selon une procédure d'échantillonnage aléatoire simple (EAS). Lorsqu'il n'y a pas d'enquêtes certains jours, il est évident que certaines unités d'observations ont une probabilité nulle d'être sélectionnées. S'il existe des effets "jour", on ne peut pas appliquer les formules simples de l'échantillonnage stratifié pour évaluer la précision des estimations. Dans ce cas il faut considérer qu'une période (une quinzaine par exemple) est constituée d'un certain nombre de jours dont certains seulement seront sélectionnés. On aura alors un plan d'enquêtes à plusieurs niveaux. Si les effets jours affectant les résultats des diverses méthodes de pêche sont liés, les erreurs commises lors de l'estimation de ces résultats ne seront pas indépendantes et on ne pourra pas, là encore, utiliser les formules simples de l'échantillonnage stratifié. Lors d'une enquête réalisée auprès d'une pirogue, tous les poissons ne sont pas pesés; la capture est souvent estimée "à vue" par l'enquêteur et il est alors possible que des erreurs systématiques soient commises. Il se peut aussi qu'il n'y ait pas d'enquêtes dans certains points de débarquements.

Le recours aux méthodes d'échantillonnage à plusieurs niveaux s'impose donc et nous présenterons ici quelques idées générales décrivant certaines formules utiles et surtout les conditions dans lesquelles

elles sont applicables, avec une description de procédures utilisables pour vérifier si ces conditions sont réunies. Nous donnerons des exemples d'utilisations de ces techniques réalisées au CRODT. Ces opérations nous conduiront en fait à décrire certaines des caractéristiques de la pêche artisanale sénégalaise.

Nous discuterons ensuite, à la lumière de ces descriptions, du choix des descripteurs conduisant à un résumé de l'information obtenue par ces enquêtes régulières, résumé dont la qualité sera jugée en référence à la notion statistique de suffisance (ou exhaustivité) abordée dans l'introduction générale.

III-1 L'échantillonnage en pêche artisanale.

Cette présentation se fera en trois parties.

La première sera consacrée à la description de la structure générale du plan d'enquêtes, au rappel de certaines notions importantes en échantillonnage et à la description des principaux estimateurs utilisés dans les plans à plusieurs niveaux.

La seconde partie sera une discussion de la réalisation des hypothèses nécessaires pour que les estimations ne soient pas, ou le moins possible, entachées de biais. Cette partie s'appuiera sur l'exemple du plan d'enquêtes utilisé au CRODT, pour la pêche artisanale.

Des exemples traités, déjà publiés au CRODT seront exposés et commentés dans la troisième partie.

III-1-1 Structure du système d'enquêtes. Techniques et calculs associés.

La structure du plan d'enquêtes est souvent assez complexe, mais elle s'impose d'une manière fréquemment évidente. En effet l'existence de plusieurs types d'engins, de plusieurs centres de pêche, de plusieurs saisons doit être prise en compte. Ceci conduit à mettre au point un système à plusieurs niveaux, qui nécessite le recours à des formules un peu compliquées mais qu'on peut trouver dans des "bons manuels" (par exemple Sukhatme et Sukathme 1970, Cochran 1977, Scherrer in Frontier 1983). Ainsi pour un engin donné, dans un point de débarquement donné, on pourra avoir quatre niveaux d'observations:

- la prise réalisée au cours d'une sortie en mer (l'ensemble des poissons contenus dans une pirogue de retour de pêche),

- la date de la sortie

- la période de l'année

- l'année.

Par la somme des captures des différents engins on pourra obtenir la capture totale dans le point de débarquement considéré, et on pourra obtenir la prise totale par la somme des prises dans les différents points de débarquement (mais on peut désirer connaître des estimations totales par type d'engin, par période etc...).

On traitera donc les données par des séries d'analyses à deux niveaux, et on commencera par estimer la prise réalisée au cours d'une journée en sélectionnant un certain nombre de pirogues (unités primaires), et, dans chacune de ces pirogues, un certain nombre de poissons (unités secondaires).

Pour chaque pirogue sélectionnée on aura une estimation de la prise qu'elle a effectuée avec une certaine incertitude si tous les poissons n'ont pas été mesurés ou si l'estimation de la capture se fait "à vue". Pour évaluer cette incertitude on utilisera l'estimation de la variance des poids des poissons mesurés dans la pirogue, ou encore une estimation, obtenue par ailleurs (Destanques 1982, Laloë 1985), des erreurs commises lors des estimations à vue. Il s'agira de la variance "intra" niveau secondaire.

Si toutes les pirogues ne sont pas sélectionnées, la prise de celles qui ne sont pas sélectionnées sera également estimée avec une certaine incertitude pour l'évaluation de laquelle on utilisera la variance "inter" unités primaires.

L'estimation de la précision de l'estimation de la capture réalisée au cours de la journée combinera donc les variances "intra pirogue" et la variance "inter pirogues".

Pour estimer la capture réalisée au cours d'une période de plusieurs journées consécutives (par exemple une quinzaine ou une saison) constituant un troisième niveau d'observation, on considérera les jours au cours desquels il y a eu enquêtes et pour lesquels on dispose donc d'estimations des captures avec leurs variances. Celles ci deviennent alors les variances "intra" et on pourra estimer une variance inter jours à partir de la variabilité des résultats obtenus pour chaque jour d'enquêtes. On obtiendra ainsi une estimation des prises réalisées au cours de la période et une estimation de la variance de cette évaluation.

Nous supposerons en général que dans chaque niveau où il y a tirage d'un échantillon, celui ci est tiré selon la technique de l'échantillonnage aléatoire simple (EAS) sans remise. Nous rappellerons donc brièvement cette méthode et les estimateurs classiques pour l'évaluation des moyennes et totaux ainsi que des variances qui leurs sont associées. Nous ferons également un rappel de la très importante notion de biais.

Il existe un grand nombre de plans d'échantillonnage à plusieurs niveaux et d'estimateurs de moyennes ou de totaux, qu'on peut essayer de résumer (en partie) dans le tableau suivant:

unités secondaires	unités primaires	plan
non toutes sélectionnées	non toutes sélectionnées	sous échantillonnage
toutes sélectionnées	non toutes sélectionnées	échantillonnage en grappe
non toutes sélectionnées	toutes sélectionnées	échantillonnage stratifié

Nous traiterons le cas le plus compliqué, celui du sous échantillonnage dans lequel on sélectionne des échantillons non exhaustifs dans les deux niveaux. Nous appliquerons les résultats aux cas particuliers que sont les échantillonnages stratifiés et en grappe. Nous aborderons ensuite l'échantillonnage à plus de deux niveaux.

III-1-1-1 L'échantillonnage aléatoire simple (EAS)

Soit une population de N individus (unités), parmi lesquels on sélectionne un échantillon de n unités. Il y a $\binom{N}{n}$ combinaisons différentes possibles qui doivent toutes avoir la même probabilité d'être sélectionnées. Ceci implique que tous les individus ont la même probabilité d'être dans l'échantillon et que la probabilité qu'un individu, qui ne figure pas encore dans l'échantillon, a d'être tiré en i ème position est indépendante de ceux qui y figurent déjà (ce n'est pas le cas par exemple si toutes les pirogues qui rentrent pendant que l'enquêteur est occupé à faire des mesures n'ont aucune chance d'être sélectionnées).

Les formules classiques pour les diverses estimations sont:

$$\hat{\bar{Y}} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n} \quad (\text{estimation de la moyenne par unité}),$$

$$\hat{Y} = N \cdot \hat{\bar{Y}} \quad (\text{estimation de la quantité totale}),$$

$$s(\hat{\bar{Y}})^2 = (1/n) \cdot (1-n/N) \cdot \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{\bar{Y}})^2}{(n-1)}$$

(estimation de la variance $S(\bar{Y})^2$ de la moyenne estimée $\hat{\bar{Y}}$),

$$s(\hat{Y})^2 = N^2 \cdot s(\hat{\bar{Y}})^2$$

(estimation de la variance $S(\bar{Y})^2$ du total estimé \hat{Y}).

Le terme $(1-n/N)$, correction pour populations finies, rend compte du fait qu'une partie de la population est connue et que l'incertitude ne porte que sur la fraction non observée.

III-1-1-2 Notion de biais

On a souvent tendance, dans le langage courant, à appeler biais tout écart entre une quantité et son estimation. Il n'en est rien et cette notion extrêmement importante en échantillonnage doit être rappelée ici.

Supposons qu'on tire dans une population un très grand nombre d'échantillons et que pour chacun d'entre eux on calcule l'estimation de la moyenne. On disposera donc d'un grand nombre d'estimations qui constitueront chacune une observation de la variable "estimateur de la moyenne". Cette variable aléatoire a une certaine loi de répartition, avec une espérance et une variance. Si cette espérance est égale à la quantité qu'on veut connaître, l'estimateur sera dit sans biais. C'est le cas de l'estimateur moyenne issu de l'EAS. Si l'espérance n'est pas égale à la quantité à estimer, l'écart entre les deux valeurs sera non nul et constituera un biais.

En fait c'est l'ampleur que peut prendre l'écart entre une quantité et son estimation qu'on désire estimer. Cet écart est égal à la somme du biais et de la différence entre la moyenne observée et son espérance:

$$\hat{\bar{Y}} - \bar{Y} = (\hat{\bar{Y}} - E(\hat{\bar{Y}})) + (E(\hat{\bar{Y}}) - \bar{Y}).$$

La distinction entre les deux termes de cette somme est très importante car la composante "biais" est une constante et le premier terme est une variable d'espérance nulle dont la variance est inversement

proportionnelle à l'effectif de l'échantillon, et qui tend donc vers 0 lorsque le nombre d'observations tend vers l'infini. Ceci signifie que lorsqu'un estimateur est biaisé, les estimations seront entachées de la valeur de ce biais quel que soit le nombre d'observations réalisées.

On peut écrire l'expression du carré moyen de $(\hat{Y} - \bar{Y})$:

$$\begin{aligned} E(\hat{Y} - \bar{Y})^2 &= E(\hat{Y} - E(\hat{Y}) + E(\hat{Y}) - \bar{Y})^2 \\ &= E(\hat{Y} - E(\hat{Y}))^2 + E(E(\hat{Y}) - \bar{Y})^2 + 2 \cdot E(\hat{Y} - E(\hat{Y})) \cdot E(E(\hat{Y}) - \bar{Y}) \end{aligned}$$

comme

$$E(E(\hat{Y}) - \bar{Y}) = 0 \text{ et } E(E(\hat{Y}) - \bar{Y})^2 = S(\hat{Y})^2/n,$$

on a:

$$E(\hat{Y} - \bar{Y})^2 = S(\hat{Y})^2/n + (E(\hat{Y}) - \bar{Y})^2$$

Cette valeur reste toujours supérieure au carré du biais et ne peut donc, lorsque le nombre d'observations augmente, tendre vers 0 que si le biais est nul.

III-1-1-3 Méthodes d'estimation pour l'échantillonnage à deux niveaux.

Nous décrirons les calculs menés à partir de ce plan pour l'estimation des quantités totales et de la moyenne par individu en nous référant à l'exemple de l'estimation de la prise totale en poissons (unités secondaires) d'une espèce donnée réalisée par les pirogues (unités primaires) sorties un jour donné. Dans cet exemple on suppose qu'un échantillon de n pirogues a été tiré selon un échantillonnage aléatoire simple (EAS) sans remise et que l'échantillon de poissons pris dans chaque pirogue sélectionnée a été tiré également par EAS sans remise. Deux techniques classiques sont disponibles.

- L'estimateur "rapport"

$$\hat{Y}_R = M_0 \cdot \left(\frac{\sum_{i=1}^n M_i \cdot \hat{Y}_i}{\sum_{i=1}^n M_i} \right), \quad \hat{\bar{Y}}_R = \hat{Y}_R / M_0$$

$$\hat{Y}_i = \sum_{k=1}^{m_i} Y_{ik} / m_i$$

où:

- M_i est l'effectif (nombre d'unités secondaires) de la i ème unité primaire observée (nombre de poissons dans la i ème pirogue sélectionnée dans l'exemple de l'estimation de la prise réalisée un jour donné),
- m_i est la taille de l'échantillon sélectionné dans cette unité primaire (nombre de poissons observés),
- N est le nombre total d'unités primaires (nombre de pirogues sorties dans la journée),

- n est le nombre de ces unités primaires sélectionnées
- M₀ est le nombre total d'unités secondaires dans la population (nombre total de poissons capturés par toutes les pirogues sélectionnées ou non).
- f = 1-(N/n), correction pour population finie d'unités primaires
- f_i = 1-(M_i/m_i), correction pour populations finies dans les unités secondaires,
- Y_{ik} est la valeur (par exemple poids) de la k^{ème} unité secondaire (poisson) sélectionnée dans la i^{ème} unité primaire.

- \hat{s}_i^2 est la variance estimée parmi les unités secondaires présentes dans la i^{ème} unité primaire:

$$\hat{s}_i^2 = \frac{\sum_{k=1}^{m_i} (Y_{ik} - \hat{Y}_i)^2}{(m_i - 1)}$$

L'estimation de la variance de l'estimateur \hat{Y}_T de la quantité totale Y est:

$$v(\hat{Y}_T) = (N^2 \cdot (1-f)/n) \cdot \sum_{i=1}^n M_i^2 \cdot (\hat{Y}_i - \hat{Y}_T)^2 / (n-1) \\ + (N/n) \cdot \sum_{i=1}^n (M_i^2 / m_i) \cdot (1-f_i) \cdot \hat{s}_i^2$$

où $\hat{Y}_T = \hat{Y}_r / M_0$

Avec ces formules on peut (presque) toujours calculer les estimations concernant la moyenne \hat{Y}_T (il suffit de connaître les effectifs présents dans les unités primaires sélectionnées, c'est-à-dire dans notre exemple, le nombre de poissons présents dans les pirogues sélectionnées). Par contre, il est possible qu'on ne puisse pas calculer l'estimation \hat{Y}_T du total ni celle de la variance $v(\hat{Y}_T)$ car il faut alors connaître les effectifs présents dans toutes les unités primaires: ce ne sera généralement pas le cas dans notre exemple, le nombre de poissons présents dans les pirogues non sélectionnées n'étant pas connu. Dans ce cas on utilise l'estimateur dit "sans biais".

- Estimateur "sans biais".

En reprenant les mêmes notations:

$$\hat{Y}_u = N \cdot \left(\frac{\sum_{i=1}^n \hat{Y}_i}{n} \right) \quad \text{où} \quad \hat{Y}_i = (M_i / m_i) \cdot \sum_{k=1}^{m_i} Y_{ik}$$

$$v(\hat{Y}_u) = (N^2 \cdot (1-f)/n) \cdot \sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \hat{Y}_u)^2 / (n-1) \\ + (N/n) \cdot \sum_{i=1}^n (M_i^2 / m_i) (1-f_i) \cdot \hat{s}_i^2$$

où
$$\hat{\bar{Y}}_u = \frac{\sum_{i=1}^n \hat{Y}_i}{n}$$

Si on désire estimer la moyenne par unité secondaire (les poissons), il faut diviser \hat{Y}_u par M_0 qu'il faut alors connaître.

En résumé, si M_0 est inconnu, on estime la moyenne par unité secondaire avec l'estimateur "rapport" et la valeur totale par l'estimateur "sans biais", si M_0 est connu, les deux méthodes sont utilisables. En général l'estimateur "rapport" donne des résultats plus précis, mais cet estimateur est biaisé. Le biais sera d'autant plus faible qu'il n'y a pas de corrélation entre les M_i et les Y_i , c'est à dire entre la valeur moyenne des individus et leur nombre dans les unités primaires. Dans notre exemple il peut y avoir une telle corrélation (négative) si les prises sont constituées de beaucoup de petits poissons ou de peu de gros poissons.

III-1-1-4 Application aux plans d'échantillonnage stratifié et en grappe.

Les formules se généralisent immédiatement.

Pour l'échantillonnage stratifié, auquel on aura affaire si toutes les pirogues sorties ont fait l'objet d'enquêtes, le terme de variance "inter" disparaît puisque $(1-f)$ est nulle et les formulations des estimateurs "rapport" et "sans biais" sont équivalentes. On a :

$$\hat{Y} = \sum_{i=1}^N M_i \cdot \hat{Y}_i$$

$$v(\hat{Y}) = \sum_{i=1}^N M_i^2 \cdot (1-f_i) \cdot \hat{s}_i^2 / m_i$$

et
$$v(\hat{\bar{Y}}) = v(\hat{Y}) / M_0^2$$

Pour l'échantillonnage en grappes les termes $(1-f_i)$ sont tous nuls et la distinction entre estimateurs "rapport" et "sans biais" s'impose (selon qu'on connaît les nombres d'unités secondaires dans toutes les unités primaires ou seulement dans celles qui ont été sélectionnées). Les formules s'écrivent donc,

pour l'estimateur sans biais:

$$\hat{Y}_u = N \cdot \left(\frac{\sum_{i=1}^n \hat{Y}_i}{n} \right) / n$$

$$v(\hat{Y}_u) = (N^2 \cdot (1-f) / n) \cdot \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \hat{Y}_u)^2}{(n-1)}$$

et pour l'estimateur rapport:

$$\hat{Y}_r = M_0 \cdot \left(\frac{\sum_{i=1}^n M_i \cdot \hat{Y}_i}{\sum_{i=1}^n M_i} \right), \quad \hat{\bar{Y}}_r = \hat{Y}_r / M_0$$

$$v(\hat{Y}_r) = (N^2 \cdot (1-f)/n) \cdot \sum_{i=1}^n M_i^2 \cdot (\hat{Y}_i - \hat{\bar{Y}}_r)^2 / (n-1)$$

De la facilité de déduire les formules qui précèdent à partir de celles de l'échantillonnage à deux niveaux, il ne faut pas conclure que les plans d'échantillonnage stratifiés ou en grappes sont de même nature. Les différences de conception qui les sous-tendent apparaissent clairement en examinant les formules permettant d'estimer les précisions qui en découlent.

Dans l'échantillonnage en strates, les termes de variances sont les variances "intra-strate", on aura donc intérêt à choisir des strates homogènes conduisant à des variances intra-strate faibles.

Pour l'échantillonnage en grappes, seule la variance "inter grappes" intervient. On aura donc intérêt à ce que la variabilité inter grappes soit réduite, ce qui sera d'autant mieux obtenu que la variabilité intra grappe sera élevée.

III-1-1-5 Généralisation à un plan comportant plus de deux niveaux.

Le principe pour passer d'un plan à deux niveaux à un plan qui en comporte trois est assez simple. En poursuivant notre exemple, on peut désirer estimer les captures réalisées pendant une période de plusieurs jours consécutifs au cours de laquelle les enquêtes ont été réalisées certains jours (éventuellement tous). On supposera encore que s'il y a eu enquêtes un nombre limité de jours, ceux-ci ont été sélectionnés selon un EAS sans remise. Les jours deviennent les unités primaires et pour les jours d'enquêtes, on dispose maintenant d'estimations des prises et des variances qui deviennent alors les variances "intra-unité primaire".

Nous reprendrons les mêmes notations que précédemment pour les diverses quantités et indices concernant les unités primaires et secondaires et nous aurons donc en particulier:

- M_i est le nombre de pirogues sorties le i ème jour d'enquêtes,
- m_j est le nombre de pirogues sélectionnées ce jour,
- N est le nombre de jours dans la période,
- n est le nombre de jours d'enquêtes
- M_0 est le nombre total de pirogues sorties pendant la période
- Y_{ik} est la prise réalisée par la k ème pirogue enquêtée le i ème jour d'enquêtes.
- s_i^2 est à présent l'estimation de la variance associée à l'estimateur de la prise réalisée le i ème jour.

Pour estimer le total Y, on utilisera l'estimateur "sans biais" si on ne connaît pas le nombre de pirogues sorties les jours sans enquêtes. Si on connaît ce nombre, les estimateurs "rapport" et "sans biais" seront tous deux disponibles.

Les estimations des variances conduisent à des formules assez compliquées (voir par exemple Scherrer pages 144 et 145), mais on peut donner un mode d'emploi assez simple pour leur construction. Ce mode d'emploi est décrit par Cochran (1977, pages 301 et 302) en faisant appel au théorème (11.2 dans Cochran) suivant:

Si on dispose d'estimations sans biais \hat{Y}_i des quantités Y_i dans les n unités primaires sélectionnées, avec des estimations sans biais s_i^2 de leur variance.

Si on dispose d'un estimateur sans biais $\hat{v}(\sum_{i=1}^n w_{is} \cdot Y_i)$ (obtenu à partir de la théorie de l'échantillonnage à un niveau) calculable lorsqu'on connaît exactement les quantités Y_i , et que

$\hat{v}(\sum_{i=1}^n w_{is} \cdot Y_i)$ s'écrit sous la forme:

$$v(\sum_{i=1}^n w_{is} \cdot Y_i) = \sum_{i=1}^n a_{is} \cdot Y_i^2 + 2 \cdot \sum_{i=1}^n \sum_{j>i}^n b_{ijs} \cdot Y_i \cdot Y_j$$

(ce qui est le cas des estimateurs du type $\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2$), alors un estimateur sans biais de

$v(\sum_{i=1}^n w_{is} \cdot \hat{Y}_i)$ (le signe ^ indique qu'il ne s'agit plus des quantités mais de leurs estimations)

est:

$$v(\sum_{i=1}^n w_{is} \cdot \hat{Y}_i) = \sum_{i=1}^n a_{is} \cdot \hat{Y}_i^2 + 2 \cdot \sum_{i=1}^n \sum_{j>i}^n b_{ijs} \cdot \hat{Y}_i \cdot \hat{Y}_j + \sum_{i=1}^n w_{is} \cdot \hat{s}_i^2$$

(l'introduction de l'indice "s" indique que, si les poids sont connus pour un échantillon donné, ils dépendent de la présence de l'unité primaire i et éventuellement de la présence des autres unités primaires sélectionnées, comme c'est le cas pour l'estimateur rapport où le terme $\sum_{i=1}^n M_i$, effectif total d'unités secondaires présentes dans les unités primaires sélectionnées, apparaît aux dénominateurs des w_{is}).

On trouvera la démonstration dans Cochran, qui énonce le "mode d'emploi" suivant pour la construction des estimateurs:

dans un estimateur classique de $v(\sum_{i=1}^n w_{is} \cdot Y_i)$, remplacer les termes Y_i par leurs estimateurs \hat{Y}_i et ajouter le terme $\sum_{i=1}^n w_{is} \cdot \hat{s}_i^2$.

On peut prendre l'exemple de l'estimateur "sans biais":

$$\hat{Y}_u = N \cdot \sum_{i=1}^n \hat{Y}_i / n$$

si on connaissait les quantités Y_i , on aurait:

$$v(\hat{Y}_u) = (N^2 \cdot (1-f)/n) \cdot \sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \hat{Y}_u)^2 / (n-1)$$

l'estimateur de la variance de \hat{Y}_u est donc:

$$v(\hat{Y}_u) = (N^2 \cdot (1-f)/n) \cdot \sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \hat{Y}_u)^2 / (n-1) + (N/n) \cdot \sum_{i=1}^n \hat{s}_i^2$$

Si on utilise l'estimateur rapport on aura:

$$v(\hat{Y}_r) = (N^2 \cdot (1-f)/n) \cdot \sum_{i=1}^n M_i^2 (\hat{Y}_i - \hat{Y}_r)^2 / (n-1) + (N/n) \cdot \sum_{i=1}^n \hat{s}_i^2$$

(dans ce cas la démonstration est un peu plus compliquée et passe par l'écriture

$$\hat{Y}_r - Y = (M_0 \cdot \sum_{i=1}^n M_i \cdot \hat{Y}_i / \sum_{i=1}^n M_i) - Y + (N/n) \cdot \sum_{i=1}^n M_i \cdot (\hat{Y}_i - \hat{Y}_r)$$

ce qui explique la forme finale de l'estimateur (Cochran 1977, p. 304 et 305).

Ces développements sont imposés par la structure des pêcheries artisanales. Le point important qu'il faut en retenir est qu'on peut passer sans difficulté d'un échantillonnage à deux niveaux à un échantillonnage à plus de deux niveaux à l'aide des estimations successives des variances aux niveaux intermédiaires.

III-2 Analyse des conditions d'application des estimateurs classiques au système d'enquêtes.

Dans la première partie, nous avons très souvent annoncé que les tirages d'échantillons se faisaient par EAS sans remise et que les différents estimateurs étaient sans biais, ou avec des biais réduits (estimateurs rapports). Pour que ces qualités soient vérifiées, certaines règles doivent être respectées ou certaines hypothèses sur la structure des débarquements doivent être satisfaites. Ceci conduit à analyser cette structure à tous les niveaux d'échantillonnage. Il convient donc, à partir du système d'enquêtes choisi de mener des études pour vérifier si les règles qui sous-tendent les tirages d'échantillons sont satisfaites. Si elles ne le sont pas, et qu'il s'avère techniquement impossible qu'elles puissent l'être, il conviendra d'en tenir compte, ce qui pourra conduire à des complications dans la formulation des estimations. Pour décrire le type d'analyses à mener et le type d'études qu'elles entraînent, nous ferons essentiellement référence au système d'enquêtes utilisé pour la pêche artisanale au CRODT. La revue qui sera ainsi faite ne constituera évidemment pas une liste exhaustive des problèmes pouvant se présenter, mais donnera, nous l'espérons, une vue générale des difficultés à résoudre et une indication de solutions.

Nous commencerons par l'étude des estimations des quantités de poissons d'une espèce débarqués au cours d'une année par un type d'engin donné dans un centre de débarquement. Comme évoqué dans la première partie nous utilisons un système à plusieurs niveaux:

- le poisson,
- la pirogue,
- le jour,
- la période (en général des quinzaines de jours),
- l'année.

Des échantillons d'unités de rang "inférieurs" sont donc tirés à chaque étape dans l'unité de rang "immédiatement supérieur":

- poissons dans pirogue,
- pirogues dans journée,
- journées dans période,
- périodes dans année (en fait on dispose normalement d'estimations pour toutes les périodes).

Nous indiquerons à chaque étape quelles études ont été (ou pourraient être) faites.

Nous donnerons dans les paragraphes qui suivent quelques indications concernant diverses opérations pour les estimations des résultats globaux, toutes espèces confondues, et/ou tous engins confondus, et/ou tous lieux de débarquements confondus.

III-2-1 Sélection de poissons dans une pirogue et sources possibles de biais.

Il est nécessaire que les poissons mesurés ou pesés soient tirés au hasard parmi la population de poissons dans la pirogue. Ceci peut être obtenu sans difficultés majeures, mais les enquêteurs doivent en être bien avertis. Un risque est de sélectionner de préférence les gros poissons "qu'on voit en premier". Lors de l'enquête "sur échantillonnage" menée à Kayar en 1978, tous les poissons présents dans les

pirogues sélectionnées étaient mesurés; des tests ont été réalisés pour comparer les valeurs moyennes des cinq premières et des cinq dernières mesures, les résultats n'ont pas permis de mettre en évidence de différences (Bergerard, 1980).

III-2-2 Sélection des pirogues pendant une journée.

Il s'agit là d'une opération extrêmement délicate; de très nombreuses sources de biais peuvent exister.

En effet, si le centre de débarquement est important, (grand nombre de sorties et points de débarquements pouvant être éloignés les uns des autres) il sera pratiquement impossible de satisfaire aux conditions de l'EAS, à cause de la structure des débarquements dans le temps et dans l'espace;

si une pirogue donnée est sélectionnée, les pirogues qui rentreront pendant le temps d'enquête auront une probabilité nulle d'être sélectionnées,

si le rythme des débarquements est irrégulier, les pirogues débarquant aux heures de pointe ont moins de chances d'être sélectionnées que celles qui arrivent aux heures creuses, si la plage est très étendue deux pirogues sélectionnées consécutivement ont de grandes chances d'avoir débarqué en des points proches.

S'il n'existe pas de liaison entre les quantités débarquées et l'heure ou la place de débarquement, ces faits ne conduiront pas à des biais; ce ne sera évidemment pas le cas si il existe de telles liaisons. Il convient donc de mener des études descriptives de l'activité de pêche dans chaque centre de débarquement où des enquêtes peuvent avoir lieu. De telles études ont été menées au Sénégal.

Dans le traitement (Laloë, Bergerard et Samba, 1981) des résultats du sur échantillonnage à Kayar organisé par C. Champagnat, P. Bergerard et A. Samba en 1978, l'accent a été mis sur la recherche d'éventuels effets heure de débarquement, lieu et profondeur de pêche, nombre de pêcheurs et jour de pêche (ce dernier effet sera discuté dans la discussion à venir, et certains résultats sont présentés dans l'exemple 2). Tous ces facteurs se sont révélés avoir des effets plus ou moins significatifs selon les espèces étudiées. L'effet heure de débarquement était très important, les pirogues rentrant aux premières tranches horaires ramenant pour la plupart des poissons démersaux, et les autres en majorité des poissons pélagiques. Des biais pouvaient donc être commis si les pirogues avaient des probabilités différentes d'être sélectionnées selon l'heure de leur retour. Pour tenter d'éviter de tels biais, les enquêteurs doivent maintenant pratiquer un taux d'échantillonnage le plus constant possible au cours de la journée.

On se rapproche ainsi des conditions d'un échantillonnage systématique, c'est à dire d'une méthode de sélection des pirogues qui consiste à les ordonner en fonction de leur ordre d'arrivée, en choisir une au hasard parmi les k premières, par exemple la i ème, puis sélectionner toutes les pirogues de rang $i+(h.k)$ où h est un entier tel que $i+(h.k)$ est inférieur ou égal au nombre de pirogues sorties. Ce type d'échantillonnage est décrit dans les ouvrages de références déjà cités et conduit à des estimateurs différents selon les caractéristiques de la population (par exemple si la quantité de poissons ne dépend pas de l'heure d'arrivée, auquel cas s'appliquent les formules classiques de l'EAS, ou si il existe une tendance linéaire). Des cas très défavorables peuvent se produire si il existe des périodicités, qui peuvent conduire à des fausses impressions de très grande stabilité.

Il est important de retenir qu'avec l'échantillonnage systématique, les estimateurs issus de l'EAS sont valables lorsqu'il n'y a pas de liaison entre la quantité à estimer et le rang des unités d'observation. Dans beaucoup d'autres cas, mais pas tous (voir par exemple Cochran p.219), l'application des formules de l'EAS conduisent à des surestimations des variances, c'est à dire à des précisions estimées inférieures aux précisions réelles. Il n'y a donc pas de règle générale et les différents auteurs insistent sur le fait qu'il faut "absolument connaître comment s'agencent les éléments de la population" (Scherrer p.76). Ces dernières remarques constituent une "démonstration" de la nécessité d'études descriptives fines sur la structure des débarquements.

Dans l'étude "suréchantillonnage" à Kayar, la zone de débarquement de la pirogue sur la plage n'avait pas été notée. Il est nécessaire de décrire les effets possibles liés à ces zones, et d'en faire une cartographie. Ceci a été réalisé pour les principaux centres de la petite côte sénégalaise (Gérard 1985) et de la région du Cap-Vert (Gérard, Gréber 1985): Mbour, Joal, Hann, Soumbédioune, Ouakam et Yoff. La carte réalisée pour la plage de Yoff (région du Cap-Vert) est présentée à la figure 3-1. Pour certains engins les zones de débarquements sont réduites, pour d'autres elles peuvent être réparties sur plusieurs kilomètres, comme à Joal pour les filets dormants. Ce dernier cas est particulièrement important car l'appellation "filet dormant" recouvre en fait une gamme d'engins très différents adaptés à des espèces cibles variées; lors des recensements du parc piroguier maritime effectués par le CRODT, sept sous-types sont utilisés pour "cet" engin. A Joal, il y a une spécialisation des zones de débarquements pour les différents sous-types, par exemple les mises à terre de soles s'effectuent à proximité de la balance utilisée par les mareyeurs intéressés par cette espèce. Beaucoup d'autres facteurs peuvent intervenir dans la spécialisation des zones, en particulier celle des habitudes de pêche liées à l'origine des pêcheurs; ainsi les yeets (*Cymbium* sp.) sont-ils recherchés essentiellement par des pêcheurs Niominka originaires des îles du Saloum et qui habitent dans la partie nord de Joal.

Jusqu'en 1984, on ne distinguait pas de sous-type parmi les filets dormants, l'existence de toutes ces spécialisations pouvait conduire à des biais importants dans les estimations de captures. En effet si l'enquêteur faisait la plus grande partie de ses enquêtes dans une sous-zone spécialisée, on surestimait les prises des espèces principalement débarquées dans cette sous-zone et on sous-estimait les prises réalisées pour les autres espèces. On peut essayer d'éviter dans la mesure du possible de tels biais en recherchant un taux d'échantillonnage constant pour toutes les sous-zones comme cela a été discuté plus haut pour les tranches horaires.

La discussion ci dessus fait apparaître l'importance de la définition des types d'engins. Si les unités qui utilisent un type d'engin donné pratiquent toutes la "même pêche", c'est-à-dire recherchent les mêmes espèces pendant des durées égales en des lieux et avec des équipages "équivalents", alors il n'y aura pas d'effet heure ou zone de débarquement et les formules d'EAS seront utilisables sans problèmes. On est donc tenté de définir un nombre important de types d'engins pour garantir leur homogénéité. Mais on se heurte rapidement à des difficultés dans le comptage des nombres de sorties par engin. Chaque type d'engin est en effet une "strate" et il est nécessaire de connaître les effectifs des strates. Si on distingue vingt types d'engins, il faudra connaître les nombres de sorties pour chacun d'entre eux, c'est-à-dire vingt valeurs. Il sera parfois difficile d'y parvenir dans de bonnes conditions. L'exemple de l'étude de la pêcherie sur la petite côte sénégalaise (Gérard 1985), est à ce titre intéressant:

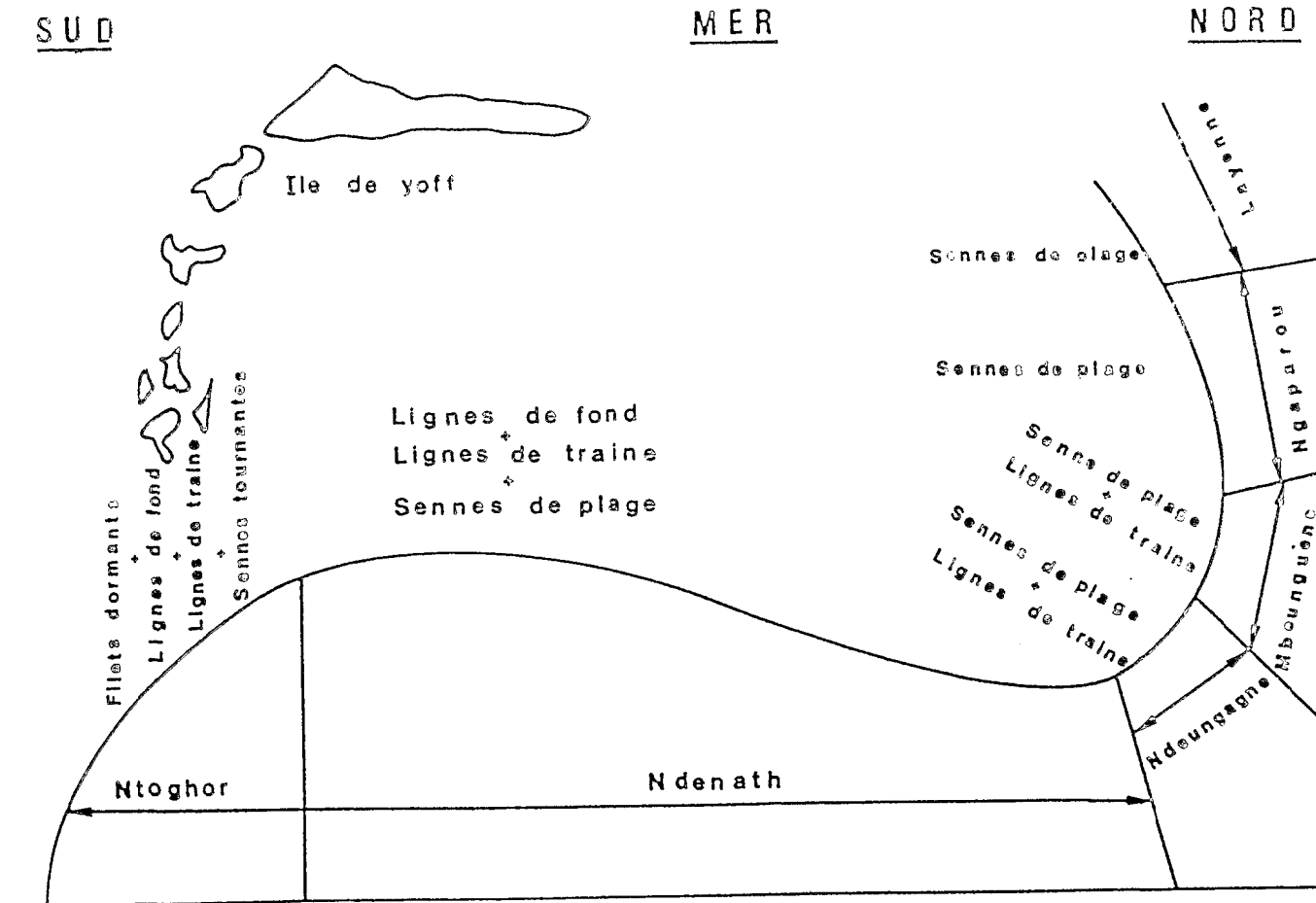


Figure 3-1. Sites de débarquements à Yoff (région du Cap-vert).
(Gérard, Greber 1985).

- l'une des questions posées était d'évaluer la possibilité de définir d'une manière opérationnelle plusieurs types "filets dormants". Dans une expérience menée pour évaluer la précision de l'estimation des nombres de sorties, il est apparu que celui concernant les unités "filet dormant" en général était précisément connu mais qu'il était difficile de le répartir entre les différents sous-types. Dans ces conditions la distinction de sous-types n'est peut-être pas justifiée. Les résultats de cette expérience sont donnés dans l'exemple 4. Depuis l'étude citée ci-dessus, le système de comptage a été amélioré et les estimations de nombres de sorties par sous type sont devenues fiables (Bakhayoko com. pers.).

Il est malgré tout évident qu'on ne pourra pas en général obtenir des estimations parfaites des nombres de sorties et ceci conduit à une complication supplémentaire. Dans l'étude générale du système d'enquête (Laloë 1985), il s'est avéré très difficile d'évaluer et de prendre en compte ce problème. D'une part il n'existe pas de données permettant l'évaluation systématique des précisions associées aux estimations de nombres de sorties, d'autre part la prise en compte de ces précisions aboutirait à des formulations extrêmement compliquées. La "solution" adoptée a consisté à admettre que toutes les estimations de nombres de sorties étaient entachées d'un biais de 10%, valeur "plausible" au vu de quelques expériences menées sur le terrain (Gérard 1985, Gérard et Greber 1985). Il est ensuite facile d'appliquer la formule donnant la variance d'un produit de variables aléatoires lorsque les estimations de chacune d'entre elles sont effectuées indépendamment:

$$\text{Var}(XY) = E(X)^2 \cdot \text{var}(Y) + E(Y)^2 \cdot \text{var}(X) + \text{var}(X) \cdot \text{var}(Y)$$

et en observant que les estimations des captures sont le produit de mesures effectuées sur des poissons par des nombres de sorties dont on peut écrire que l'estimation est le produit de leurs valeurs réelles par une quantité $1+Z$ où $Z \sim N(0, 0.01)$. Les estimations des captures sont donc les produits des estimations effectuées sous l'hypothèse que les nombres de sorties sont connus par une variable $1+Z \sim N(1, 0,01)$ dont l'écart type est égal à 0.1 et donc le coefficient de variation à 10%.

III-2-3 Sélection des jours dans les périodes.

Les difficultés sont sans doute moindres qu'au niveau précédent. Il y a un ordre chronologique évident qui doit être pris en compte. On essaiera de répartir les jours d'enquêtes le plus régulièrement possible (en reprenant les arguments développés dans le précédent paragraphe avec l'échantillonnage systématique). Un problème peut se poser lorsqu'il existe des jours dont la probabilité de sélection est nulle, (jours de repos hebdomadaires et jours fériés pour les enquêteurs) et dont l'activité de pêche diffère de celle des autres. Il n'a pas été observé d'effet "jour de la semaine" dans les nombres de sorties au Sénégal (Laloë 1985). Le nombre de jours fériés est suffisamment faible pour que l'impact en soit négligeable, mais il est évident que ces problèmes doivent être étudiés (voir quatrième partie).

L'importance des effets jours doit être évaluée pour déterminer d'une manière générale le nombre de jours d'enquêtes à effectuer. Si pour certaines combinaisons "espèce-engin" il existe des effets jours très importants, il conviendra de faire des enquêtes le plus grand nombre de jours possible. L'évaluation de ces effets jours peut se faire par analyses de variances (Laloë et al. 1981, Gérard et Greber 1985); certains résultats sont donnés dans l'exemple 5. Cette remarque illustre bien la difficulté qu'il y a d'optimiser le plan d'enquêtes puisque les conclusions quant au nombre souhaitable de jours d'enquêtes pourront être très différentes selon les espèces et les engins. Le choix de périodes de durée limitée par rapport à celle des saisons réduit les effets jour au minimum et minimise la variance "inter-jours" qui peut être importante pour certaines espèces.

III-2-4 Estimations annuelles.

Nous n'évoquons pas ici la sélection de périodes dans la mesure où il est préférable de disposer d'estimations pour chacune d'entre elles. Le choix de la longueur des périodes (qui sont alors des strates) est à déterminer en fonction de deux contraintes. Premièrement il faut des périodes assez courtes pour que les effets jours soient les plus réduits possible, en particulier il ne faut pas qu'une période "chevauche" plusieurs saisons. Deuxièmement il ne faut pas trop de périodes, ce qui conduirait à un nombre trop élevé d'estimations sans intérêt (si deux périodes consécutives appartiennent à la même saison, on obtient des mesures redondantes. Le choix doit donc être un compromis, très classique dans l'échantillonnage stratifié.

Nous donnons dans l'exemple 6 des estimations de prises et de leurs précisions (Laloë 1985).

III-2-5 Opérations supplémentaires.

Les analyses présentées dans les paragraphes qui précèdent concernent une espèce, un engin et un point de débarquement. Il est évident qu'il faut faire de nouvelles opérations pour estimer les quantités pour toutes les espèces (ou un groupe d'espèces), et/ou pour tous les engins, et/ou pour tous les points de débarquements. Ces opérations ne sont pas toujours simples.

III-2-5-1 Résultats concernant plusieurs espèces.

On peut estimer la quantité totale de poissons capturés pour chaque embarcation sélectionnée. Ceci peut être fait directement (par exemple par une estimation globale à vue) ou en sommant les résultats de chaque espèce. Dans ce cas il faut, si on estime la variance de l'estimation globale par la somme des variances des estimations par espèce, vérifier que les erreurs commises lors de ces estimations sont indépendantes. Lorsque ces estimations sont obtenues à partir des mesures effectuées sur des poissons et qu'on connaît les nombres d'individus capturés pour chaque espèce, cette indépendance est réalisée. Lorsque les estimations sont effectuées à vue, par exemple pour les débarquements d'engins faisant des captures importantes, il est possible que les erreurs relatives commises pour l'estimation de la quantité totale soient plus importantes que celles commises pour les estimations par espèce si celles-ci sont le résultat de la multiplication plus ou moins consciente de l'estimation de la quantité totale par celle de la proportion de chacune des espèces présentes. La somme de ces proportions valant 1, surestimer l'une d'entre elles revient à sous-estimer la somme des autres. Nous n'avons pas tenu compte de cette difficulté dans l'étude de la précision des estimations réalisées par le CRODT (Laloë, 1985), mais il serait souhaitable de réaliser des expériences sur le terrain pour évaluer son importance, et surtout vérifier que ces erreurs ne sont pas systématiques (par exemple si le pêcheur met en évidence les individus de telle ou telle espèce "noble", favorisant une surestimation de ces captures).

III-2-5-2 Résultats concernant plusieurs engins.

Si les erreurs d'estimations réalisées pour chaque engin sont indépendantes, on pourra encore estimer la variance de l'estimateur "somme" par la somme des variances des estimateurs pour chaque engin. L'indépendance des erreurs n'est pas toujours évidente. Par exemple, si les jours d'enquêtes sont les mêmes pour deux engins, il se peut que les effets "jours" soient liés. Dans la mesure où les variabilités inter jours ont un impact sur la précision des estimations, les erreurs pourront être liées. Ce problème est négligeable lorsqu'on s'intéresse à une espèce ou un groupe d'espèces dont les captures sont principalement réalisées par un seul engin, ou si il n'existe pas d'effets jours. Si plusieurs engins recherchent les mêmes espèces et qu'il peut exister des effets jours importants, il faudra tenir compte de

ce problème; c'est ce qui a été fait pour les estimations des captures de petites espèces pélagiques capturées par les sennes tournantes et les filets maillants encerclants au Sénégal (Laloë 1985).

III-2-5-3 Résultats concernant plusieurs points de débarquements

Si des enquêtes sont faites dans tous les points de débarquement, il n'y aura pas de difficulté si on peut admettre que les erreurs commises dans les différents points sont indépendantes. Un problème pourra ainsi se poser lorsque certains enquêteurs travaillent dans plusieurs centres, auquel cas les erreurs systématiques qu'ils peuvent commettre lors des estimations à vue de poids, introduisent une dépendance entre les erreurs commises dans ces centres. C'est le cas pour les enquêtes réalisées dans les centres de la région du Cap-Vert (Laloë 1985).

S'il n'y a pas d'enquêtes dans tous les points de débarquement, on devra recourir à des extrapolations. Deux cas se présentent, selon que les enquêtes sont toujours effectuées dans les mêmes points de débarquements, ou qu'elles sont réalisées en un échantillon de points, chaque point ayant une probabilité non nulle d'être sélectionné.

a) Les enquêtes ont toutes lieu dans un certain nombre de points de débarquements, choisis une fois pour toute.

Ce cas de figure est celui des enquêtes menées au Sénégal par le CRODT. Il se justifie par le fait que les captures débarquées dans les lieux où il y a des enquêtes représente environ trois quarts des captures totales et qu'il serait extrêmement difficile d'assurer aux enquêteurs des possibilités souples de déplacements entre les différents centres. La présentation des diverses estimations par point de débarquement découle de ce choix.

Pour estimer les résultats de la pêcherie en tenant compte des points sans enquête, il faut effectuer des extrapolations et donc connaître l'importance de ces points non visités. Pour ce faire, nous utilisons les résultats des recensements du parc piroguier maritime (Soceco-Pechart 1982, 1983, 1985). La côte est découpée en régions et l'année en deux saisons; pour chaque engin on estime les captures réalisées par:

$$P_{isjr} = C_{isjr} \cdot E_{sjr} , E_{sjr} = U_{sjrt} / U_{sjre}$$

où:

C_{isjr} est la capture totale pour l'espèce i réalisée par l'engin j pendant la saison s dans l'ensemble des points d'enquêtes dans la région r ,

E_{sjr} est un coefficient d'extrapolation dépendant de l'engin j , de la saison s et de la région r ,

U_{sjrt} est le nombre total de pirogues "actives" utilisant l'engin j observées dans la région r au cours du recensement effectué pendant la saison s ,

U_{sjre} est le nombre total de pirogues "actives" utilisant l'engin j observées dans les points de la région r où il y a des enquêtes de routine au cours du recensement effectué pendant la saison s .

Le choix des pirogues actives (définies par le critère "a été utilisée au cours du mois passé") est fait pour tenir compte de l'éventuelle différence d'activité dans les centres principaux (où il y a des enquêtes) et secondaires (où il n'y en a pas). Mais le problème n'est probablement pas bien résolu de cette manière, car il est possible que, même pour des pirogues "actives", les fréquences et la nature des sorties ne soient pas les mêmes. Il se peut ainsi que les pêcheurs consacrent en moyenne à la pêche une plus grande part de leur activité dans les grands centres que dans les petits, l'agriculture pouvant occuper dans ces derniers une place plus importante (Soceco Pechart 1983). D'autres problèmes peuvent se poser si les unités basées dans les centres secondaires peuvent débarquer leurs prises dans les grands centres lorsque celles ci sont bonnes. Tous ces problèmes doivent être passés en revue et évalués pour apprécier la précision des coefficients d'extrapolation.

b) Chaque point de débarquement a une probabilité non nulle d'être sélectionné.

Ce cas constitue en fait un autre type de plan d'enquêtes où apparaît un niveau supplémentaire "point de débarquement". On pourrait par exemple estimer la prise totale au cours d'une journée en tenant compte des variances d'estimation intra-point et de la variance inter points et appliquer les formules des estimateurs rapport et sans biais.

On pourra par exemple sélectionner un jour donné un certain nombre de points de débarquement et obtenir une estimation de la prise totale réalisée par l'ensemble de la pêcherie ce jour. Si la sélection des points d'enquêtes s'effectue par EAS, on pourra appliquer les formules présentées dans la première partie de ce document. En fait il sera souvent plus efficace de sélectionner chaque point avec une probabilité proportionnelle à sa taille. Les formules de calcul des diverses estimations sont alors différentes de celles présentées plus haut. Elles sont décrites dans les ouvrages de références cités et nous ne faisons qu'évoquer ce point dans la mesure où ceci n'est pas utilisé au CRODT.

III-3 Exemples issus d'études menées dans le cadre du programme Pêches Artisanale du C.R.O.D.T.

III-3-1 Structure du plan d'échantillonnage

Méthodes d'estimation selon les différents niveaux d'enquête

	Chaque période est une strate.
Année	Le traitement des biais commis lors des estimations à vue est différent selon que les enquêtes sont faites par un ou plusieurs enquêteurs.
Période	Les captures sont estimées à partir des données collectées les jours d'enquêtes et des estimations de nombres de sorties.
(quinzaine)	Les estimateurs "rapport" ou "sans biais" sont utilisés selon que les nombres de sortie sont estimés tous les jours ou seulement ceux lors desquels des enquêtes sont faites sur les captures. Le traitement des biais commis lors des estimations à vue est différent selon que les enquêtes sont faites par un ou plusieurs enquêteurs.
Jour	La capture est estimée à partir des estimations des nombres de sorties et des prises moyennes par sortie.
Pirogue	La prise est estimée, soit par le poids des poissons mesurés et le nombre de poissons capturés, soit par estimation à vue de l'ensemble.
Poisson	Le poids d'un poisson est estimé par sa taille et la relation taille-poids de son espèce.

III-3-2 Recherche de sources de variations affectant les résultats de sorties pour un même type d'engin une même période et un même port (Laloë, Bergerard et Samba 1981).

Les exemples décrits ici sont tirés de l'étude (Laloë et al. 1981) faite à partir d'observations réalisées à Kayar au cours d'un "suréchantillonnage" organisé par P. Bergerard, C.Champagnat et A. Samba du 11 au 16 avril 1978.

Un fichier informatique a été constitué, résumant les résultats de 731 sorties de pirogues lignes motorisées. Pour chaque sortie on dispose des données suivantes:

- cinq caractéristiques:
- jour de sortie (de 1 à 6),
- nombre de pêcheurs (de 1 à 5),
- heure de retour (codée par 1/2 heures à partir de 11 heures),
- lieu de pêche (à partir des déclarations des pêcheurs),
- profondeur (par tranches de dix mètres),

- six variables quantitatives (prises en kg.) concernant les espèces suivantes:

- tiof (*Epinephelus aeneus*),
- chinchard (*Decapterus rhonchus*),
- tassergal (*Pomatomus saltator*),
- pageot (*Pagellus coupei*),
- bonite à dos rayé (*Sarda sarda*),
- autres espèces.

Pour chacune des espèces et pour la prise totale, une analyse de variance a été réalisée à partir de chaque caractéristique. Les analyses ont été faites à partir des valeurs transformées $Y = \text{Log}(X+1)$, afin de stabiliser les variances et de mieux satisfaire aux conditions d'application des tests statistiques.

Les résultats des analyses faites pour l'effet "jour", l'effet "nombre de pêcheurs" et l'effet "heure de retour" sont donnés dans les tableaux III- 1, 2 et 3. Dans ces tableaux, les moyennes par niveau de facteur sont indiquées en données brutes.

- Effet jour (Tableau III-1).

On remarque un effet particulièrement important pour le tassergal. Pour cette espèce, on aurait intérêt à multiplier le nombre de jours d'enquêtes. Pour le tiof, ce serait moins important.

- Effet nombre de pêcheurs (Tableau III-2).

Il n'est pas surprenant d'observer des différences dans les captures selon le nombre de pêcheurs. Par contre les relations entre prises moyennes et nombre de pêcheurs sont très différentes selon les espèces. Pour le tiof il apparaît que les captures effectuées par les équipages de 4 ou 5 pêcheurs sont plus faibles que celles réalisées par des équipages plus réduits. Pour le tassergal, l'inverse est observé. Il y a également une augmentation de la prise totale en fonction du nombre de pêcheurs.

Ces résultats montrent la difficulté de prendre en compte certaines caractéristiques pour la détermination des puissances de pêche, et pour celle de l'effort de pêche en général. Il n'existe pas de relation puissance de pêche-nombre de pêcheurs valable pour toutes les espèces. En fait il apparaît ici qu'il existe des tactiques de pêches différentes parmi les pirogues lignes motorisées et qu'on peut redouter une mauvaise homogénéité intra-strate.

- Effet heure de retour (Tableau III-3).

Les "belles" captures de tassergal et de sarda sont débarquées assez tard, c'est l'inverse pour les autres espèces. Ici encore, on peut soupçonner l'existence de plusieurs tactiques. Il doit être évidemment tenu compte de l'existence de cet effet heure dans l'organisation des enquêtes.

Dans cette étude des effets "lieu" importants avaient été également observés, et deux zones distinguées, l'une caractéristique des captures en démersaux (tiofs, chinchards et pageots), l'autre caractéristique des captures en pélagiques (tassergaux et sardas).

Ces analyses ne permettent pas de conclure à l'existence d'un effet de la variable qualitative étudiée. Par exemple l'effet heure de retour peut n'exister que par l'éloignement variable des lieux de pêche. Ceci ramène au problème général de l'absence d'un réel plan d'expérience. L'étude a tout de même mis en évidence des sources de variations (ce qui était son but). D'autres sources d'information doivent être exploitées, parmi lesquelles les discussions avec les pêcheurs et la participation à des sorties en mer occupent une place de choix.

Une cartographie sommaire a été tentée, d'où il est apparu que les lieux nommés par les pêcheurs peuvent avoir des superficies très différentes et même des intersections non vides. Les noms de lieux donnent de très intéressantes informations. Par exemple une appellation peut être donnée en relation avec la nature du fond, ce qui peut indiquer une recherche d'espèces démersales. En fait un même endroit peut avoir des noms différents selon les espèces recherchées.

Tableau III-1. Effets jours sur les quantités débarquées.
(Laloë, Bergerard, Samba 1981)

Jour	Espèce	Thiof	Chinchar-d	Tassergai	Pageot	Sarda	Reste	Total
1	(Nombre de pirogues : 96)	1,25	2,66	25,07	3,28	3,18	6,71	42,15
2	(141)	2,37	3,61	21,05	2,07	0,09	2,56	40,75
3	(143)	4,40	2,66	5,11	3,12	10,39	3,35	29,03
4	(123)	3,22	4,42	0,24	9,05	14,53	4,31	35,77
5	(123)	2,76	5,02	1,47	8,80	10,62	6,35	34,94
6	(105)	2,17	8,34	1,32	12,64	3,11	8,27	35,84
Moyenne	(731)	2,79	4,35	8,35	6,26	8,88	5,01	36,12
F _{5,725}		1,83	12,31	89,85	17,26	12,17	11,00	5,17

Seuils de signification aux niveaux 0,05; 0,01; 0,001 : 2,3; 3,1; 4,2

Tableau III-2. Effets "nombre de pêcheurs" sur les quantités débarquées.
(Laloë, Bergerard, Samba 1981)

Nombre de pêcheurs	Espèce		Thiof	Chinchard	Tassergal	Pageot	Sarda	Reste	Total
1	(Nombre de pirogue : 4)		2,07	7,07	0,00	7,68	0,00	4,28	21,11
2	(61)		3,12	4,72	1,42	8,56	1,63	3,44	22,89
3	(364)		3,83	4,71	7,32	6,37	7,60	5,21	34,83
4	(265)		1,45	4,02	12,10	6,00	11,60	4,79	39,97
5	(37)		1,64	2,24	13,37	3,04	17,15	7,27	44,70
Moyenne	(731)		2,79	4,35	8,83	6,26	8,88	5,013	36,121
F _{4,726}			3,21	2,96	9,94	3,91	11,34	0,37	5,72

Seuils de signification aux niveaux : 0,05; 0,01; 0,001 : 2,4; 3,4; 4,8

Tableau III-3. Effets "heure de retour" (codées par demies heures à partir de onze heures) sur les quantités débarquées. (Laloë, Bergerard, Samba 1981).

Espèce Heure	Thiof	Chinchard	Tassergal	Pageot	Sarda	Reste	Total
1 (5)	0,00	0,64	0,00	1,94	0,00	3,85	6,43
2 (12)	4,15	2,15	2,50	6,08	0,00	4,58	17,22
3 (21)	5,56	3,27	0,14	4,94	0,00	2,36	16,27
4 (39)	3,69	1,93	2,85	8,93	0,81	2,76	20,98
5 (47)	3,83	5,61	0,21	4,13	0,35	5,05	19,18
6 (50)	2,88	7,76	1,78	4,31	2,09	2,09	22,44
7 (73)	6,81	4,89	3,19	9,30	3,47	3,44	31,10
8 (64)	2,52	4,56	3,10	7,95	4,59	4,15	26,88
9 (77)	3,19	3,73	5,03	5,42	6,91	4,44	27,71
10 (68)	1,31	4,33	8,56	10,91	9,27	4,10	38,47
11 (65)	1,40	3,01	9,86	4,56	14,12	3,85	36,82
12 (59)	2,19	4,42	9,24	6,61	13,44	6,67	42,58
13 (57)	1,49	6,82	12,54	5,02	20,62	7,63	54,11
14 (42)	2,23	1,98	17,11	6,44	19,19	9,26	56,20
15 (34)	0,28	5,80	35,62	0,91	17,43	10,24	70,29
16 (13)	0,00	0,00	42,19	0,77	19,91	3,81	66,68
17 (5)	0,00	0,00	91,81	0,00	17,42	2,42	111,64
Moyenne (731)	2,79	4,35	8,83	6,26	8,88	5,01	36,12
F _{16,729}	1,68	3,78	19,06	3,35	13,17	1,03	15,11

Seuils de signification aux niveaux : 0,05; 0,01; 0,001 : 1,7; 2,1; 2,6

III-3-3 Recherche de l'existence de tactiques différentes parmi les unités pratiquant un même type de pêche (Gérard et Greber 1985).

Dans l'exemple 2, l'existence de tactiques différentes a été mise en évidence par des analyses de variances. Dans une étude sur la pêche dans la région du Cap-Vert, des analyses en composantes principales ont été utilisées.

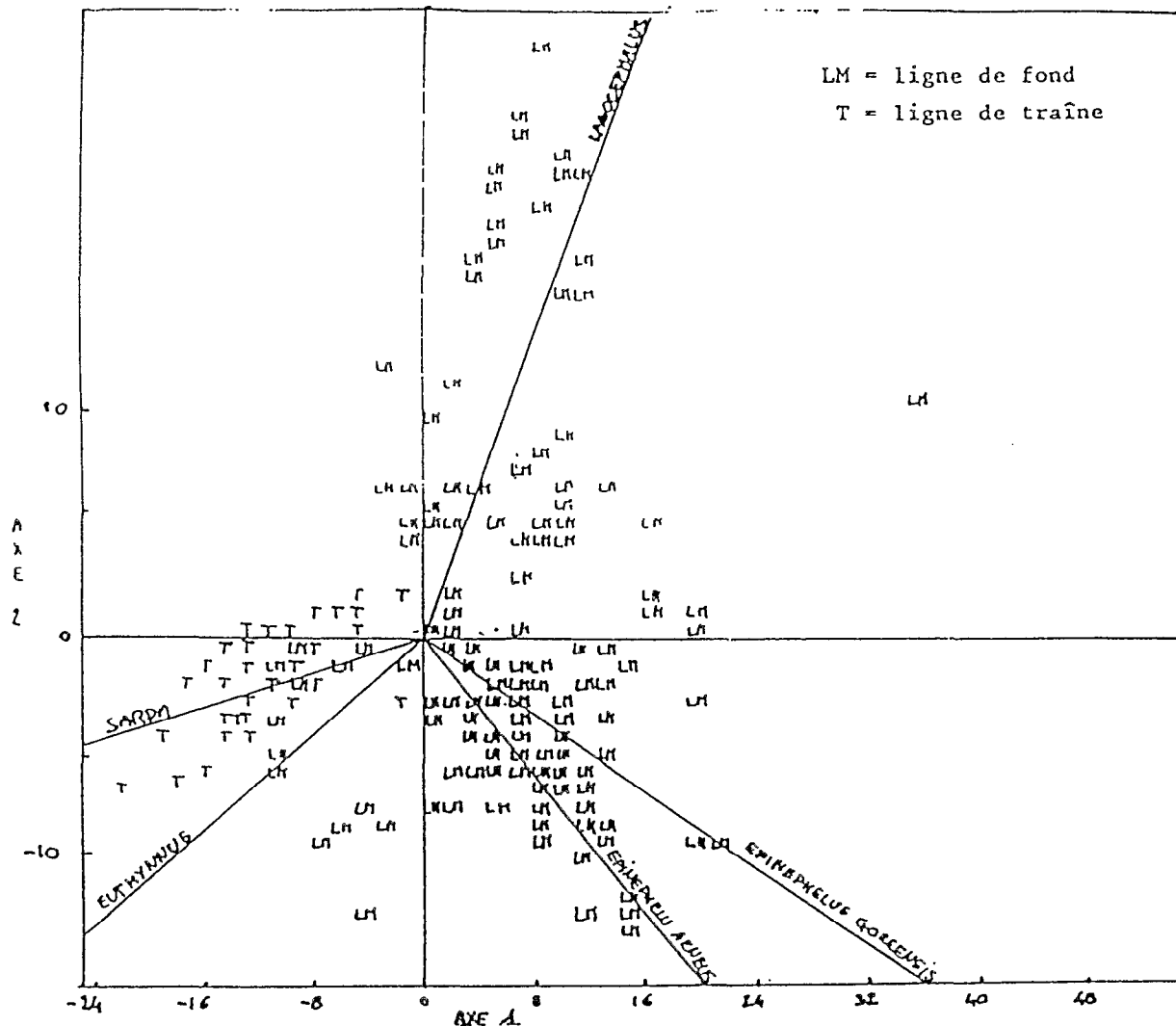
L'exemple traité (tableau III-4) concerne les captures réalisées pour 384 sorties de pirogues lignes motorisées à Yoff du 13 au 19 février 1984. Pour chaque sortie on dispose des captures en kg. pour les espèces suivantes:

- *Lagocephalus sp.*,
- *Epinephelus aeneus*,
- *Epinephelus goreensis*,
- *Sarda sarda*,
- *Euthynnus aletteratus*.

L'analyse en composantes principales a été faite sur la matrice des corrélations (analyse normée) et les deux premiers axes expliquent respectivement 35 % et 21% de la variance totale. Les projections des points (captures) sur le plan des deux premiers axes factoriels sont présentées dans le tableau 4. Au cours des enquêtes, les unités ont pu être classées en deux sous groupes, les "lignes traîne" (LT) et "ligne de fond" (LM), les directions des espèces ont été également portées sur le graphe. On observe sur celui ci trois catégories de captures correspondant à trois tactiques différentes:

- espèces démersales (palangrottes),
- thonines et pélagiques (lignes traînes),
- lagocéphales (sorties de courte durée à peu de distance de la plage).

Tableau III-4. (Gérard, Greber 1985).



Résultats de l'ACP effectuée sur les prises des pirogues ligne -
moteur échantillonnées à Yoff du 13/2 au 19/2/84

Matrice de corrélation : DF = 382

1 Lagocephalus	1.00				
2 Epinephelus a.	-1.03	1.00			
3 Epinephelus g.	0.14	0.34	1.00		
4 Sarda sarda	-0.23	-0.28	-0.23	1.00	
5 Euthynnus al.	-0.15	-0.17	-0.14	0.10	1.00
	1	2	3	4	5

Valeurs propres : 1.73 1.05 0.91 0.74 0.56

Pourcentage de variance : 34.58 21.10 18.28 14.78 11.25

Vecteurs propres (coordonnées)

1 Lagocephalus	0.31	0.79	0.18	0.23	-0.45
2 Epinephelus a.	0.51	-0.52	-0.06	-0.16	-0.67
3 Epinephelus g.	0.52	-0.22	0.10	0.72	0.39
4 Sarda sarda	-0.50	-0.11	-0.45	-0.61	-0.40
5 Euthynnus al.	-0.35	-0.23	0.87	0.17	-0.20

III-3-4 Etude de la précision des estimations de nombres de sorties (Gérard 1985).

Nous avons signalé que les filets dormants peuvent être très différents; on est tenté de distinguer plusieurs types de pêche parmi ceux ci. Pour pouvoir estimer les captures par type, il faudra connaître les nombres de sorties par type, ou en avoir de "bonnes" estimations. Dans le cas contraire, la distinction des types pourra s'avérer inutile et même néfaste.

Les résultats présentés ici (tableau III-5) donnent les estimations de nombres de sorties de filets dormants, avec distinction de quatre types et des lieux d'origine des unités, obtenues de deux façons:

- par le système d'enquête habituel (entrevues avec de "vieux" pêcheurs),
- par observation des arrivées sur la plage.

Normalement les estimations obtenues par observation des retours sont sans erreur. On peut ainsi évaluer les imprécisions issues du système utilisé en routine. Le problème est de savoir si la précision des estimations par sous-type ou origine est aussi bonne que l'estimation totale. Il est en effet possible que les vieux sachent que telle ou telle unité est sortie, mais que l'information du type d'engin soit sujette à caution, les unités pouvant disposer de plusieurs types de filets. Il est également possible que la qualité de l'information soit meilleure pour les unités non originaires du lieu d'enquête, ces unités étant bien regroupées par quartiers. Dans une expérience analogue sur l'activité des unités "pirogues lignes motorisées" on a décelé une sous estimation pour les unités originaires de Joal (le lieu d'enquête), interprétée par le fait que les pêcheurs rentrent directement à leur domicile à l'issue de leur sortie et sont donc moins "remarqués" au niveau de la plage.

Les résultats de cette expérience montrent une très bonne estimation du nombre total de sorties et quelques erreurs quant aux évaluations par sous-type.

Tableau III-5. (Gérard 1985).

PIROGUES ORIGINES	FDS	FDY	FDC	FDP	TOTAL
Joal	4 5 + 25 %	16 22 + 38 %	3 0 -100 %		23 27 + 17 %
Saint-Louis	8 9 + 13 %	1 0 -100 %	12 12 0 %	2 0 - 100 %	23 21 - 9 %
Ndayane	33 32				33 32 - 3 %
Guéréo		5 4 - 20 %	0 1		5 5 - 0 %
Yenne	8 12 + 50 %	1 0 -100 %			9 12 + 33 %
Toubab Dialao	1 0 -100 %				1 0 -100 %
Sali	1 0 -100 %				1 0 -100 %
Dionewar		3 3 0 %			3 3 0 %
Nianning		1 0 -100 %			1 0 -100 %
T O T A L	55 58 + 5 %	27 29 + 7 %	15 13 - 13 %	2 0 -100 %	99 100 + 1 %

Résultats des enquêtes sur l'effort effectuées à Joal pendant 24 h sur les filets dormants.

FDS = filet dormant à sole FDY = filet dormant à yeet
FDC = filet dormant à courbine FDP = filet dormant à poisson

Ligne 1 : nombre total de sorties obtenu par comptage des arrivées

Ligne 2 : nombre total de sorties obtenu par enquête auprès des vieux pêcheurs

Ligne 3 : pourcentage d'erreur

Le signe + signifie que les vieux pêcheurs ont surestimé l'effort véritable et le signe - qu'ils l'ont sousestimé.

III-3-5 Recherche des effets jours intra-quinzaine et effets quinzaines pour les prises par sortie (Gérard et Greber 1985).

Le plan d'échantillonnage étant stratifié par période (quinzaine), on désire qu'il y ait une bonne homogénéité intra quinzaine et que la variabilité soit le plus possible prise en compte dans les différences entre quinzaines.

Un modèle à deux facteurs hiérarchisés, effet jour intra quinzaine est donc particulièrement indiqué dans ce cas. Ce modèle s'écrit de la manière suivante:

$$X_{ijk} = m + q_i + r_{ij} + E_{ijk}$$

où q_i est l'écart entre la valeur moyenne de toutes les observations et la moyenne de celles réalisées pendant la i ème quinzaine et r_{ij} est celui entre la moyenne des observations faites le j ème jour de la i ème quinzaine et celles réalisées pendant cette même quinzaine.

S'il existe une bonne homogénéité intra-quinzaine, il n'y a pas d'effet jour intra-quinzaine. Si, associées à une absence d'effet jour, on observe des différences entre quinzaines, celles-ci peuvent être réellement interprétées comme des variations liées aux périodes. S'il existe des effets jours importants dans les quinzaines, l'interprétation des résultats est plus délicate (il convient d'aborder le problème avec un modèle à effets aléatoires, rendu complexe par le déséquilibre important du plan). Toutefois la régularité des effets quinzaines peut mettre en évidence des saisonnalités, et ce type d'analyse n'est en fait intéressant que pour évaluer l'efficacité de la stratification. Ce sont donc les effets jours intra-strate (quinzaine) qui sont l'objet privilégié d'étude.

Les résultats présentés dans le tableau III-6 concernent les captures réalisées pour certaines espèces par les pirogues lignes motorisées à Yoff en 1983. Les données ont été transformées par la fonction $\text{Log}(X+1)$ afin de stabiliser les variances résiduelles et les prises non nulles ont été seules prises en compte. Ceci exclut de l'analyse de chaque espèce les périodes au cours desquelles il n'y a pas de capture pour cette espèce et ne prend en compte que les sorties pour lesquelles l'espèce fait partie du groupe "cible". Ce choix ne résout pas les problèmes de façon totalement satisfaisante et on trouvera une discussion plus approfondie dans la publication (Gérard et Greber 1985).

Tableau III-6. Analyses de variances effets quinzaines et jours intra quinzaine.
(Gérard, Greber 1985).

ANALYSE DE VARIANCE DES PRISES DES PIROGUES LIGNES-MOTEUR
ECHANTILLONNEES A YOFF EN 1983. DONNEES REDUITES
ET TRANSFORMEES LOG. (prise + 1)

	ESPECES	EFFET QUINZAINE			EFFET JOUR		
		F	DDL	SEUIL	F	DDL	SEUIL
			N1/N2	5 %		N1/N2	5 %
LIGNES TRAINES + FOND	<i>Sarda sarda</i>	16.089	13/284	1.76	7.603	23/284	1.57
	<i>Euthynnus a.</i>	15.334	23/560	1.54	7.613	54/560	1.38
	<i>Lagocephalus</i>	2.580	11/39	2.05	1.230	13/39	1.96
	<i>Epinephelus a.</i>	3.262	22/241	1.60	1.949	42/241	1.45
	<i>Epinephelus g.</i>	3.532	20/107	1.68	1.736	35/107	1.55
	<i>Decapterus ron.</i>	6.351	23/159	1.59	2.344	36/159	1.50
	<i>Dentex macroph.</i>	3.062	16/145	1.71	2.276	20/145	1.64
	<i>Dentex regroupés</i>	8.949	20/199	1.62	4.614	34/199	1.50
	<i>Pagellus bello.</i>	5.394	22/278	1.60	2.359	49/278	1.42

CONCLUSIONS : - Il existe un effet quinzaine très important pour les espèces vraisemblablement pêchées par les lignes de traîne (*Sarda*, *Euthynnus*)

Parallèlement, on observe également un effet jour important.

- On observe des effets quinzaine sur toutes les espèces pêchées vraisemblablement par les lignes de fond, excepté pour le *Lagocephalus*.

Parallèlement pour les mêmes espèces il existe un effet jour important.

III-3-6 Estimation de la précision d'estimations des captures réalisées par la pêche artisanale (Laloë 1985).

Le tableau III-7 présente les valeurs obtenues en 1983 à Kayar pour certaines espèces et les prises totales avec les estimations, en pourcentage de variation, des écarts types des estimateurs "prises totales". Ces dernières estimations sont obtenues en effectuant des hypothèses sur différentes sources d'erreurs, parmi lesquelles l'existence d'un biais de 27% commis lors des estimations à vue commis par l'enquêteur (cf. exemple VII) et d'un biais de 10% sur l'estimation des nombres de sorties. On peut effectuer les calculs en supposant l'absence de ce biais et ainsi estimer l'impact sur la qualité des résultats d'une formation continue des enquêteurs.

L'un des intérêts de la description du système d'échantillonnage est ainsi de pouvoir évaluer l'impact de certaines "améliorations". On peut également mesurer celui de certaines insuffisances. Le tableau III-8 présente les résultats obtenus à Mbour (sur la petite côte). On remarque une très mauvaise précision de l'estimation des captures réalisées par les filets dormants (103% de pourcentage de variation). Au cours de la première quinzaine d'avril, pendant les congés de l'enquêteur, un remplaçant n'a pu effectuer qu'un seul jour d'enquête. Cinq pirogues "filet dormant" ont été échantillonnées avec une prise moyenne de 750 kg). Le résultat obtenu sur l'ensemble de la quinzaine est de 525 tonnes, soit environ la moitié de l'estimation annuelle totale, avec un coefficient de variation de 210%.

III-3-7 Etude des erreurs commises lors des estimations à vue du poids de tas de poissons (Destanques 1982, Laloë 1985).

Lors de l'étude réalisée par C. Destanques (1982), 9 enquêteurs ont estimé le poids de 61 tas de poissons. Les résultats ont été analysés par le modèle d'analyse de variance suivant:

$$x_{ijk} = \frac{\hat{P}_{ijk} - P_{ijk}}{P_{ijk}} = \mu_i + e_i + c_j + ct_{jk} + ec_{ij} + e_{ijk},$$

où \hat{P}_{ijk} est l'estimation faite par l'enquêteur i du poids P_{ijk} du k ème tas de la catégorie j ($j=1...3$).

Tableau III-7. (Laloë 1985).

TYPE D'ENGIN		PIROGUES LIGNES		FILETS	PIROGUES	SENNES	F M.E.	SENNES DE	TOTAL
		VOILE	MOTEUR	DORMANTS	GLACIERES	TOURNANTES		PLAGE	
NOMBRE DE SORTIES		3428	49912	352	0	4518	0	145	58365
NOMBRE DE PIROGUES ENQUETEES		105	3069	40	0	408	0	31	3652
NOMBRE DE JOURS D'ENQUETES		66	144	38	0	89	0	26	-
SARDINELLE RONDE	PRISE TOTALE	0	0	0	-	2051062	-	0	2051062
	PRISE/SORTIE	0	0	0	-	453.98	-	0	-
	COEF. DE VAR.	0	0	0	-	24-36	-	0	24-36
THIOF	PRISE TOTALE	15526	312905	2094	-	4374	-	0	334900
	PRISE/SORTIE	4.53	6.27	5.79	-	0.97	-	0	-
	COEF. DE VAR.	70-70	12-12	51-52	-	149-151	-	0	14-14
CHINCHARD JAUNE	PRISE TOTALE	2829	276948	20	-	2852011	-	12261	3144063
	PRISE/SORTIE	0.82	5.55	0.06	-	631.25	-	84.55	-
	COEF. DE VAR.	46-48	18-30	143-146	-	23-35	-	142-143	22-34
TASSERGAL	PRISE TOTALE	299	332911	955	-	582792	-	9	916965
	PRISE/SORTIE	0.08	6.67	2.64	-	128.99	-	0.06	-
	COEF. DE VAR.	76-76	28-37	199-201	-	53-59	-	99-99	36-44
PAGEOT	PRISE TOTALE	9777	607711	2	-	1091	-	68	618648
	PRISE/SORTIE	2.85	12.18	0.01	-	0.24	-	0.47	-
	COEF. DE VAR.	38-46	12-29	144-146	-	150-152	-	95-99	12-29
RAVIL.	PRISE TOTALE	434	147898	0	-	499157	-	10814	658304
	PRISE/SORTIE	0.13	2.96	0	-	100.48	-	74.58	-
	COEF. DE VAR.	101-101	48-52	0	-	26-37	-	50-56	23-34
TOTAL.	PRISE TOTALE	105178	3522171	28790	-	9833979	-	254096	13744218
	PRISE/SORTIE	30.68	70.57	79.53	-	2176.62	-	1752.39	-
	COEF. DE VAR.	28-31	11-22	35-40	-	13-29	-	47-54	12-27

Kayar 1983. Dans les lignes "coefficient de variation" le nombre inscrit en italique correspond au résultat obtenu avec l'hypothèse d'un biais nul dans les estimations à vue.

Tableau III-8 (Laloë 1985).

TYPE D'ENGIN		PIROGUES LIGNES		FILETS DORMANTS	PIROGUES GLACIERES	SENNES TOURNANTES	F.M.E.	SENNES DE PLACE	TOTAL
		VOILE	MOTEUR						
NOMBRE DE SORTIES		3758	33601	9078	48	-	-	162	46647
NOMBRE DE PIROGUES ENQUETÉES		235	2340	869	6	-	-	20	3470
NOMBRE DE JOURS D'ENQUÊTES		91	110	103	5	-	-	20	-
SARDINELLE RONDE	PRISE TOTALE	0	0	13720	0	-	-	65	13785
	PRISE/SORTIE	0	0	1.51	0	-	-	0.40	-
	COEF. DE VAR.	0	0	54	0	-	-	75	54
THIOP	PRISE TOTALE	12773	113477	2984	862	-	-	53	130149
	PRISE/SORTIE	3.40	3.38	0.33	17.97	-	-	0.33	-
	COEF. DE VAR.	18	15	41	81	-	-	74	16
CHINCHARD JAUNE	PRISE TOTALE	3446	363430	5938	23	-	-	18	372856
	PRISE/SORTIE	0.92	10.82	0.65	0.48	-	-	0.11	-
	COEF. DE VAR.	36	30	42	69	-	-	131	29
TASSERGAL	PRISE TOTALE	388	6648	2228	5	-	-	846	10115
	PRISE/SORTIE	0.10	0.20	0.24	0.10	-	-	5.22	-
	COEF. DE VAR.	36	44	45	95	-	-	105	39
PAGEOT	PRISE TOTALE	1040	221836	397	854	-	-	12	224140
	PRISE/SORTIE	0.28	6.60	0.04	17.79	-	-	0.07	-
	COEF. DE VAR.	78	29	44	75	-	-	186	29
RAVIL.	PRISE TOTALE	0	1002	114	0	-	-	0	1116
	PRISE/SORTIE	0	0.03	0.01	0	-	-	0	-
	COEF. DE VAR.	0	55	48	0	-	-	0	49
TOTAL.	PRISE TOTALE	88305	1967708	1103642	5896	-	-	69830	3235379
	PRISE/SORTIE	23.50	58.56	121.57	122.83	-	-	431.05	-
	COEF. DE VAR.	25	27	103	71	-	-	85	43

Mbour 1983. Les enquêtes sur les "sennes tournantes" et les "FME" ne sont pas faites par la section pêche artisanale.

La première catégorie est constituée des 21 tas de poids compris entre 0 et 14 kg.
 La deuxième catégorie est constituée des 20 tas de poids compris entre 15 et 47 kg.
 La troisième catégorie est constituée des 20 tas de poids compris entre 48 et 265 kg.

e_i est l'effet "enquêteur i ", c_j l'effet "catégorie j ", ct_{jk} l'effet "tas intra-catégorie jk " et ec_{ij} l'interaction "enquêteur i * catégorie j ".

Les résultats de l'analyse sont résumés dans le tableau ci-dessous:

Source de variation	ddl	SC	CM	Rapports de variances
Enquêteur	8	22,663	2,8291	47,198 ***
Catégorie	2	1,917	0,9587	15,963 ***
Catégorie/tas	58	6,687	0,1153	1,920 **
Enquêteur Catégorie	16	9,859	0,6162	10,261 ***
Résiduelle	443(21)	26,701	0,1285	

La valeur 21 correspond au nombre de données manquantes.

Les tests de Fisher réalisées à l'aide des rapports de variance sont significatifs à des niveaux inférieurs à 1% (**) ou 0,1% (***).

La part prise par les différentes sources de variation dans la variabilité totale est estimée par $0,1285 - 0,0601 = 0,0684$ qu'on arrondit à 0,07.

L'estimation de μ (moyenne générale des biais) est de 0,009, elle a été négligée et nous avons supposé "globalement sans biais" la population des enquêteurs.

III-4 Discussion

Nous avons, jusqu'à présent, abordé les études menées sur la description des débarquements du seul point de vue de l'évaluation du système d'enquêtes et les conclusions peuvent être alors rapidement résumées (Laloë 1985).

- Des améliorations importantes pourraient être obtenues en réduisant ou annulant les biais commis par les enquêteurs lors des estimations à vue de poids de tas de poissons.

- L'étude de la qualité des estimations de nombres de sorties devrait être approfondie.

- La sélection des unités d'observations doit être adaptée en fonction de structures dont l'existence peut entraîner des biais lorsqu'on ne peut réaliser ces sélections selon les procédures de l'échantillonnage aléatoire simple.

On peut, de plus, envisager une modification du cadre général, en augmentant le nombre de "types de pêche" distingués. Cela ne peut toutefois se faire qu'au prix d'une augmentation du nombre des effectifs à connaître. Cette dernière solution est "à l'essai" au CRODT et pourrait faire l'objet d'une évaluation à venir.

Il apparaît cependant que, même en conservant le système d'enquêtes dans son cadre actuel, les connaissances acquises lors des études descriptives et pouvant se résumer par la mise en évidence de l'existence d'un grand nombre de tactiques de pêche, devraient être mises à profit pour l'amélioration de notre description de la pêcherie.

En premier lieu, nous devons constater qu'il n'est guère possible d'affiner les estimations de captures totales comme l'indique l'exemple caricatural suivant:

si dans une strate donnée, on observe qu'il existe deux tactiques, chacune offrant un rendement constant (respectivement r_1 et r_2), si on connaît le nombre total de sorties N et si on a effectué n observations parmi lesquelles on a observé n_1 fois le rendement r_1 et n_2 fois le rendement r_2 , on peut alors estimer la capture totale P de deux manières différentes (au moins):

a)

$$\hat{P}_a = N \cdot \hat{r}$$

b)

$$\hat{P}_b = \hat{N}_1 \cdot r_1 + \hat{N}_2 \cdot r_2$$

(le symbole $\hat{}$ indique les quantités pour lesquelles on ne dispose que d'estimations).

Pour l'estimation P_a , on connaît N et on estime r par:

$$\hat{r} = \frac{\sum_{k=1}^n r_k}{n}$$

Pour l'estimation P_b , on connaît les rendements (constants) r_1 et r_2 et on doit estimer les valeurs N_1 et N_2 , sachant que $N_1 + N_2 = N$. On peut réaliser ces estimations en extrapolant les proportions observées (n_1/n et n_2/n) à l'effectif total N :

$$\hat{N}_1 = N \cdot n_1 / n \quad \text{et} \quad \hat{N}_2 = N \cdot n_2 / n$$

On obtient alors:

$$P_b = (N \cdot n_1/n) \cdot r_1 + (N \cdot n_2/n) \cdot r_2 = N \cdot (n_1 \cdot r_1 + n_2 \cdot r_2)/n$$

mais

$$(n_1 \cdot r_1 + n_2 \cdot r_2)/n = \hat{r} = \frac{\sum_{k=1}^n r_k}{n}$$

et donc $P_a = P_b$.

Il apparaît dans cet exemple que ce qui a été gagné dans la connaissance des rendements, a été perdu dans celle des efforts. Cependant, si on peut décider qu'un des rendements observés (ou une combinaison de ces rendements) constitue une "bonne" valeur de Capture Par Unité d'Effort (CPUE), l'estimateur P_b peut être écrit sous la forme:

$$P_b = r \cdot (\hat{N}_1 \cdot r_1/r + \hat{N}_2 \cdot r_2/r) = r \cdot f.$$

La valeur f constitue un estimateur sans biais de l'effort effectif si celui de la prise l'est également. Dans ce cas, l'observation de structures à l'intérieur des strates permet d'affiner l'estimation des efforts effectifs même sans modifier celle des captures. Le couple de valeurs " N " et " f " constitue un point qui pourra être utilisé dans la description des relations entre efforts nominal et effectif.

Dans la réalité, on n'observe évidemment pas de rendements constants, mais lorsqu'il y a évidence de l'existence de plusieurs tactiques de pêche, on peut restreindre les résultats aux sorties relevant d'une seule des tactiques pour estimer de manière plus satisfaisante les rendements. Ceci a ainsi été utilisé par Cury et Worms (1982) pour une étude sur le tiof en ne tenant en compte que des sorties ayant conduit à des captures non nulles pour cette espèce. Opérer ainsi revient à pratiquer une standardisation des efforts.

Si on peut, d'une année sur l'autre, "reconnaître" une même tactique de pêche, la comparaison des rendements de pêche issus de l'application de cette tactique sera une donnée biologique intéressante. Elle le sera d'autant plus que la proportion d'unités d'observation relevant de cette tactique sera variable. En effet, si toutes les unités de pêche utilisant un type d'engin recherchent une espèce donnée au cours d'une période donnée, mais que l'année suivante la moitié seulement de ces unités recherchent cette espèce, l'évolution globale des rendements sera difficilement interprétable. De ce point de vue, l'écriture " P_b " décrite dans l'exemple ci-dessus présente un certain intérêt par rapport à l'écriture " P_a ", mais force est alors d'admettre que l'effort effectif n'est pas fonction de la seule pêcherie, et peut être variable, même avec une pêcherie stable.

Cette dernière remarque conduit à poser la question de la "stabilité" des tactiques utilisées par les unités de pêche et à évoquer l'absence d'identification de ces unités lors des enquêtes. Cette identification serait une opération difficile, en raison principalement de l'absence d'immatriculation des embarcations. On pourrait néanmoins envisager une identification par le responsable de l'unité de pêche si cela s'avérait nécessaire. Si chaque unité de pêche pratiquait toujours (au moins sur une période assez longue) la même tactique de pêche, on disposerait, en l'identifiant, d'une bonne information sur la

nature de l'effort qu'elle a déployé. De plus cet effort serait relativement stable. Si au contraire les unités de pêche peuvent choisir parmi plusieurs tactiques, leur identification ne suffirait pas à bien décrire chacune de leurs sorties mais elle serait très utile, en permettant de suivre certaines unités, pour évaluer leur stabilité. La question de la stabilité de l'effort effectif déployé par les unités sera un des thèmes majeurs abordés dans les prochaines parties de cette étude, mais nous pouvons présenter ici deux exemples qui en montrent l'importance.

- L'observation du tableau III-1 montrant les rendements quotidiens moyens par espèce observés lors de l'étude "suréchantillonnage" de Kayar (Laloë, Bergerard, Samba 1981) permet de montrer qu'il n'y a pas de "parfaite" stabilité, même sur une courte période de six jours. En effet, on observe une très forte décroissance des rendements en tassergal, d'environ 20 Kg. par sortie les deux premiers jours à environ 1 Kg. les trois derniers. Les rendements en bonites, espèce secondaire en général capturée lors de la recherche des tassergals, comme l'indiquent les résultats des analyses en composantes principales, ont été faibles pendant les premiers jours, ont augmenté alors que chutaient les captures de tassergal avant de ne devenir faibles que le dernier jour. L'observation de la fréquentation des lieux de pêche montre une diminution de celle de la zone particulièrement fréquentée par les unités recherchant les tassergals au profit de celle fréquentée par les unités recherchant des espèces démersales.

Une interprétation simple de ces constatations peut être proposée: la chute des rendements en tassergal peut être due à une chute de leur capturabilité. Le maintien de captures élevées de bonites (*Sarda sarda*) peut indiquer que les pêcheurs continuent de rechercher le tassergal pendant quelques jours, puis abandonnent cette tactique au profit de la recherche d'espèces démersales, ceci se traduisant par la plus faible fréquentation de la zone d'habitude favorable pour la capture des tassergals et par la chute des rendements en bonites observée le dernier jour. Il apparaît donc qu'une très importante modification de la répartition des efforts effectifs a pu se produire, au cours d'une courte période de six jours. Au cours des discussions que nous avons eues avec des pêcheurs établis à Kayar (Mrs Doudou Guene et Doudou Ndiaye), nous avons essayé de confirmer ou d'infirmer cette interprétation, en tentant de ne pas orienter les réponses de nos interlocuteurs. Ces réponses correspondent bien à l'interprétation proposée.

- Au cours d'une expérience réalisée avec C. Chaboud et D. Thiam dans le cadre d'une étude générale sur les pêches dans les régions du sud du Sénégal (Plan Directeur Sud, 1985), nous avons pu, du 15 février au 15 mars 1985, disposer de la liste des unités de pêche présentes dans un certain nombre de localités du Sine Saloum. Nous avons noté chaque jour si chacune des unités effectuait une sortie et avec quel engin. Pour la localité de Ndangane (Fig. 2-2), nous avons ainsi observé que la plupart des unités ont utilisé des "sayna" (filet dérivant pélagique) les dix derniers jours, alors qu'elles utilisaient d'autres engins (sennes de plage) ou étaient inactives pendant le début de l'enquête (tableau III-9).

Des discussions et exemples qui précèdent, il apparaît que l'hypothèse selon laquelle l'effort effectif peut prendre des formes très diverses à partir d'un même parc d'unités de pêche doit être prise en compte. Si tel est le cas, il est évident qu'il n'est pas possible de déduire avec précision des efforts effectifs à partir d'efforts nominaux, et qu'il faut utiliser d'autres informations pour la description de la pêche. Il faut en particulier appréhender quels sont les éléments entrant dans la détermination de l'effort effectif.

		(27 unites de pêche)																											
	15	1	0	0	0	2	0	0	2	0	2	0	2	2	2	2	0	2	2	2	0	0	4	2	0	0	0	0	0
	16	1	0	0	0	2	0	0	2	0	2	0	2	2	2	2	0	2	2	2	0	0	4	2	0	0	0	0	0
	17	1	2	2	0	0	0	0	2	0	2	0	2	0	2	2	2	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
	18	1	0	0	0	0	0	2	0	2	0	2	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	19	1	2	0	0	0	0	0	2	0	2	0	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
a	20	1	2	0	0	0	0	0	2	0	2	0	2	2	2	2	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
n	21	1	2	0	0	0	0	0	2	0	2	0	2	2	2	2	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
v	22	1	2	0	0	0	0	0	2	0	2	0	2	2	2	2	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
i	23	1	0	0	0	0	0	2	0	2	0	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
e	24	1	0	0	0	0	0	2	0	2	0	2	2	2	2	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
r	25	1	2	0	0	0	0	0	2	0	2	0	2	2	2	2	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	26	1	2	0	0	0	0	0	2	0	2	0	2	2	2	2	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	27	1	2	0	0	0	0	0	2	0	2	0	2	2	2	2	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	28	1	2	0	0	0	0	0	2	0	2	0	2	2	2	2	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	29	0	2	0	0	0	0	0	2	0	2	0	2	2	2	2	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	30	0	2	0	0	0	0	0	2	0	2	0	2	2	2	2	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	31	0	2	0	0	2	0	0	2	2	2	0	2	0	2	2	2	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	2	0	0	2	0	0	2	2	2	0	2	0	2	2	2	0	0	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0
	2	1	2	0	0	2	0	0	2	2	2	0	2	0	2	2	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	2	0	0	2	0	0	2	0	2	0	0	0	2	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	1	2	0	0	2	0	0	2	0	2	0	2	0	2	2	0	0	0	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0
	5	1	2	0	0	2	0	0	2	0	2	0	2	0	2	2	0	0	0	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0
F	6	1	3	3	0	3	2	3	2	3	2	3	3	0	3	0	2	2	0	3	0	4	0	3	3	3	3	3	3
é	7	1	3	3	0	3	2	3	2	3	2	3	3	0	3	3	2	2	0	3	0	4	0	3	3	3	3	3	3
v	8	0	3	3	0	3	2	3	2	3	2	3	3	0	3	3	2	2	0	3	0	4	0	3	3	3	3	3	3
r	9	0	3	3	0	3	3	2	3	2	3	3	0	3	3	2	2	0	3	0	4	0	3	3	3	3	3	3	3
i	10	0	3	3	3	3	3	2	3	2	3	3	0	3	3	2	2	0	3	0	4	0	3	3	3	3	3	3	3
e	11	0	3	3	3	3	3	2	3	2	3	3	0	3	3	2	2	0	3	0	4	0	3	3	3	3	3	3	3
r	12	0	3	3	3	3	3	2	3	2	3	3	0	3	3	2	2	0	3	0	4	0	3	3	3	3	3	3	3
	13	0	3	3	3	3	3	2	3	2	3	3	0	3	3	2	2	0	3	0	4	0	3	3	3	3	3	3	3
	14	0	3	3	3	3	3	2	3	2	3	3	0	3	3	2	2	0	3	0	4	0	3	3	3	3	3	3	3
	15	0	3	3	3	3	3	2	3	2	3	3	0	3	3	2	2	0	3	0	4	0	3	3	3	3	3	3	3

Tableau III-9.

Types de pêche pratiqués chaque jour par chacune des 27 unités de pêche ayant été observées à Ndangane du 15/1/85 au 15/2/85.
 0: Pas de pêche, 1: Lignes, 2: Senne de plage, 3: Sayna, 4: Féfé-Féfé.

Les données collectées lors des enquêtes de routines sont à l'heure actuelle largement exploitées pour l'estimation des captures par espèce et des efforts par types d'engin. Ces estimations sont d'un très grand intérêt, mais ces statistiques ne sont peut être pas suffisantes pour bien résumer l'information disponible sur les mortalités subies par les différents stocks exploités si, pour une même unité de pêche, et pour un même engin, il existe plusieurs tactiques disponibles. En effet, à un nombre donné de sorties, peuvent correspondre des répartitions très différentes de mortalités. On peut essayer, à l'aide de techniques de standardisation des efforts, de mieux résumer ces mortalités mais, même si l'on y parvient, la description peut encore être insuffisante si l'objectif est de décrire comment s'établissent les mortalités par pêche à partir du parc piroguier existant et de son environnement général.

Il est évidemment important de bien évaluer quelle est la situation actuelle et passée (captures, activité, mortalités), mais ces événements ne constituent qu'une réalisation parmi l'ensemble de celles qui étaient a priori possibles, ensemble qu'il faudrait également décrire. Si les rendements de tassergal diminuent fortement, la pêche n'est pas nécessairement en péril lorsque les pêcheurs peuvent rechercher avec succès d'autres espèces. Dans ces conditions, on ne peut guère faire d'interprétation de l'état d'un stock à partir des seuls rendements observés sur celui-ci.

Il est donc important d'estimer, en même temps que les résultats de la pêche, sa capacité à diversifier son expression. Cette diversité, si elle existe, est bien sûr liée à l'expérience professionnelle des pêcheurs, expérience les conduisant eux-mêmes à évaluer les diversités du milieu, de la ressource et des conditions socio-économiques, et à s'y adapter. Si nous voulons une "bonne description" de la pêche, nous devons faire une "bonne description" de la variabilité des différents ensembles qui constituent le système pêche. Une répartition, à un moment donné, de la mortalité par pêche sur les différents stocks exploités, peut être considérée comme un point d'un processus dont il convient d'estimer les propriétés générales. Ceci nous conduit à décrire la pêche à l'aide de séries chronologiques. Ce faisant, nous ne quittons pas le domaine de la dynamique classique des populations marines exploitées. Nous sommes simplement amenés à ne pas insister sur les relations à l'équilibre, dont la description constitue souvent l'achèvement des travaux de dynamique. Nous essaierons par contre de mieux décrire la nature du cheminement de la pêcherie à travers les diverses possibilités qu'elle a d'exploiter la ressource qui lui est disponible.

La mise en évidence des "variabilités" constituant les fondements des propriétés de ces processus sera le fil conducteur de la prochaine partie, consacrée à une analyse des observations réalisées à Kayar et à Saint-Louis depuis 1974.

**LA PÊCHE ARTISANALE AU SÉNÉGAL.
RESSOURCE ET STRATÉGIES DE PÊCHE.**

QUATRIÈME PARTIE

**ESSAI D'INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS
DE LA PÊCHE ARTISANALE**

INTRODUCTION

Les différents systèmes de collecte de données de pêche mis en place d'une part par le Service de l'Elevage, puis repris par la DOPM et par le CRODT ont permis d'obtenir de très nombreuses statistiques sur l'activité de la pêche artisanale. Ceux-ci sont autant d'éléments permettant un suivi de l'évolution qualitative (modes d'exploitation) et quantitative (tableaux de capture) de ce secteur.

Nous disposons de séries chronologiques sur les résultats de l'activité de la flotte piroguière (débarquement, effort de pêche). Certaines données historiques (de 1946 à 1974) serviront à illustrer nos propos mais sont difficilement utilisables pour les besoins de cette étude:

- la ventilation des débarquements n'est pas toujours disponible par engin, par espèce, par point de débarquement; les informations sur les lieux de pêche, l'effort de pêche et les structures démographiques sont inexistantes.
- nous ne disposons d'aucune étude liée à la précision des estimations, à la validité des systèmes d'échantillonnage mis en place par la DOPM.

Ces différentes remarques nous incitent à orienter l'analyse des données sur les résultats du CRODT, en nous appuyant notamment sur ceux de la Grande Côte entre 1975 et 1967. Les données collectées à Saint-Louis et Kayar sur l'activité de pêche (nombre de sorties de pirogues) et les résultats (prise par sortie de pirogue) serviront de fichier de base pour analyser les tendances générales de l'exploitation artisanale. Les principaux outils d'analyse statistique déjà appliqués en écologie marine seront utilisés, selon les cas, pour une étude des relations multiformes entre l'exploitation, la ressource et le milieu. Cette étude devra dégager les caractéristiques principales de la pêche artisanale pouvant être intégrées dans une modélisation de la pêcherie.

Dans cette optique, nous tenterons d'abord de dégager les traits généraux de la pêche artisanale dans sa globalité. Avec des méthodes classiques d'analyse statistique, nous étudierons ensuite, dans le cadre plus strict de la Grande Côte, l'évolution des différents paramètres décrivant l'exploitation (nombre de sorties) et ses résultats (en terme de rendement de pêche). Nous essayerons d'examiner ces résultats en tenant compte de l'influence du milieu physique, des facteurs climatiques, des périodes et types d'exploitation. Cette analyse débouchera sur la mise en évidence de paramètres utiles pour l'étude de la dynamique des ressources exploitées.

IV-1 Traits caractéristiques de l'exploitation artisanale

Les profils d'évolution obtenus à partir des opérations de recensement et d'échantillonnage des débarquements permettront de dégager les principales caractéristiques de la ressource et du système d'exploitation. Ces résultats sont publiés chaque année dans les documents du CRODT.

IV-1-1 L'effort total.

Les premiers indices d'effort total obtenus lors des recensements semestriels du parc piroguier sénégalais montrent une relative stabilité du nombre d'unités de pêche opérationnelles de 1981 à 1987. Les effectifs sont de l'ordre de 4 000 à 4 500 pirogues de mer ; la répartition par type d'engin (Fig. 4-1a) fait apparaître la prédominance des unités de pêche à ligne, filet dormant et casier, représentant en moyenne 80% du total du parc. Ces trois types de pêche restent difficiles à séparer dans la description d'une unité de pêche car l'on rencontre des cas fréquents de mixité lors des recensements.

A l'échelle régionale également (Fig. 4-1.b à f), le schéma de répartition des unités de pêche par type d'engin montre l'importance du type mixte ligne-filet dormant-casier. Trois régions, Grande Côte, Cap Vert et Saloum accueillent relativement plus de pirogues en saison chaude. Elles constituent des pôles importants d'émigration des pêcheurs en saison froide vers les deux autres régions que sont la Petite Côte et la Casamance (Cf. fig. 2-2). Ces migrations inter-régionales s'expliquent par la recherche de zones plus productives et de meilleurs marchés d'écoulement des produits (Soceco-Pechart, 1985). Nous tenterons d'en analyser les mobiles et modalités.

IV-1-2 Les captures globales.

Dans le domaine de la pêche artisanale, la confusion entre captures et débarquements n'entraîne pratiquement pas de conséquences quant aux résultats quantitatifs de l'activité de pêche. Les cas de rejet en mer sont insignifiants : tout produit capturé est débarqué même si son écoulement est problématique. Ceci expliquera plus loin le nombre important d'espèces rencontrées dans les mises à terre de pirogues.

Les captures annuelles de la pêche artisanale (tableau II.4, Fig. 4.2.a) sont en moyenne de 160 000 tonnes entre 1981 et 1985 et de 200 000 tonnes en 1986-87. Trois régions (Grande Côte, Cap Vert, Petite Côte) fournissent 87% des captures totales. C'est aussi dans celles-ci que nous possédons des statistiques de pêche détaillées, dont de longues séries pour la Grande Côte.

Les pêches au filet sont responsables de 65% des apports; la senne tournante assure à elle seule 60% des débarquements (Fig. 4.2.b). Ceci explique la prédominance des poissons pélagiques grégaires (75%) qui constituent la cible essentielle de ces engins. Les sardinelles rondes représentent en moyenne 26% des débarquements totaux (Fig. 3-2 c). Selon Boely (1980), les sennes tournantes sont plus efficaces pour la capture de cette espèce, qui a tendance à plonger quand elle est encerclée. Elle échappe ainsi aux filets maillants encerclants (plus efficaces pour la capture des sardinelles plates et des ethmaloses), mais est retenue dans la poche après fermeture de la coulisse des sennes tournantes.

La pêche à la ligne traditionnelle (par sorties d'une journée) semble être en régression, au profit de celle des pirogues "glacière" dont les captures sont passées entre 1982 et 1986 de 7 à 42% des débarquements de pirogues à ligne (Fig 4.2.c). Il existe une importante variété d'espèces, mais les compositions démographiques changent selon les régions (zones de pêche) et les engins dominants . Ces espèces appartiennent presque toutes aux communautés côtières ou intermédiaires de Longhurst(1969), en rapport avec le rayon d'action limité des pirogues. Dans les années 60-70, la composition spécifique des prises montre une spécialisation de la côte nord à la pêche à la ligne et de la côte sud à la pêche au filet. En observant les débarquements par région ces dernières années, ce schéma classique semble être modifié, les sennes tournantes exerçant leurs activités sur l'ensemble des trois régions.

Sur la Grande Côte, la part de la pêche à la ligne dans les débarquements diminue entre 1981 et 1987 alors que celle de la senne tournante augmente (fig. 4.3.a). Ceci se traduit par la proportion importante des poissons pélagiques (79%) dans les mises à terre. Les contributions des espèces aux débarquements de chacun des engins de pêche principaux permettent de classer celles-ci en espèces principales ou secondaires:

- La pêche à la ligne est orientée vers les espèces démersales (en moyenne 65% des apports). On retrouve dans les captures totales un ensemble d'espèces dont les principales sont le tiof, le pageot, le denté, le tassergal, le pagre et le chinchard jaune. Ils appartiennent au groupe des espèces sahariennes et ont une valeur marchande assez élevée (de 250 à 400 F. C.F.A le kg en moyenne, et de l'ordre de 120 F/kg pour le chinchard jaune).

- La pêche à la senne tournante, se pratiquant à vue, n'est orientée que vers des espèces pélagiques (97% des apports). Les principales espèces débarquées sont les sardinelles plate et ronde, le chinchard jaune, le tassergal, la thonine et le chinchard noir. Ce sont toutes aussi des espèces sahariennes dont la valeur marchande est peu élevée (entre 50 F/kg pour la sardinelle et 300 F/kg pour le tassergal).

Au Cap Vert, le schéma semble différent, avec un accroissement parallèle des mises à terre des sennes tournantes et celles des pirogues lignes; dans ce dernier cas, une part importante est due surtout à l'activité croissante des pirogues glacières (Fig. 4.3b). Les activités des sennes de plage restent très variables, et à partir de 1985, on assiste aux premiers débarquements de filet maillant encerclant dans cette région. Le développement des activités de tous ces engins semble lié au marché important que constitue l'agglomération dakaroise (Chaboud, 1983). Les poissons pélagiques représentent en moyenne 73% des débarquements totaux ; les proportions sont cependant variables selon les engins de pêche (Fig III.3.b).

- La pêche à la ligne est orientée vers la capture des poissons démersaux (83% des apports), et de certains pélagiques: les espèces cibles principales sont le pageot, le chinchard jaune, la thonine, le denté, le mérrou de Gorée et le tiof. Ce sont toutes des espèces sahariennes et la présence de la thonine explique une importante pêche à la traîne dans la région.

- La pêche à la senne tournante, récente dans la région, est orientée vers des poissons pélagiques (97% des apports). Elle cible surtout les sardinelles ronde et plate, la thonine, le chinchard jaune, le maquereau et le chinchard noir. Dans ces espèces sahariennes dominent les petits pélagiques côtiers dont la valeur commerciale est assez faible : les sardinelles, avec 52% des débarquements de cet engin coûtant en moyenne 20 F/kg à Hann en saison froide.

Sur la Petite Côte, on assiste d'année en année à un accroissement régulier des débarquements, dont sont responsables les sennes tournantes, les filets maillants encerclants et les lignes. La prédominance des espèces pélagiques (80%) dans les captures des filets peut être reliée à la configuration du plateau continental et à la présence d'une forte activité de pêche. Cette région, enrichie une bonne partie de l'année par l'upwelling constitue une nursery pour la plupart des ressources exploitées, et principalement des petits pélagiques côtiers (71% des apports des sennes tournantes). Sur les 4 engins de pêche principaux utilisés sur la Petite Côte, le filet dormant et le filet maillant encerclant sont orientés vers un nombre limité d'espèces cibles: le yeet (5% des débarquements totaux) pour le

premier, la sardinelle plate et l'ethmalose pour le second engin de pêche. Pour les autres types de pêche, les captures sont plus riches en espèces.

- Pour la pêche à la ligne, on rencontre dans cette région de fréquents cas de mixité avec d'autres engins de pêche. Le type le plus courant ces dernières années est l'association ligne-casier pour la pêche des céphalopodes (Bakhayokho, 1980). La pêche à la ligne est surtout orientée vers les espèces démersales qui représentent 84% des débarquements. Les espèces principales sont le mérrou de Gorée, la seiche, le tiof, le pagre, le pageot et le chinchard jaune. L'amalgame de plusieurs méthodes de pêche (ligne casier, ligne glacière et ligne simple) montre l'intérêt d'étudier l'importance et l'évolution de chacune d'entre elles ainsi que des espèces cibles qui leur sont associées. Les tableaux de résultats de pêche permettent d'attribuer les mérrous et les pagres aux pirogues glacières et les seiches aux pirogues utilisant la ligne et le casier. Ces tableaux révèlent aussi l'absence dans les débarquements des pirogues lignes, d'espèces typiques de la Grande Côte et du Cap-Vert, telles que le tassergal et la thonine.

- La pêche à la senne tournante est orientée vers les poissons pélagiques et spécialement les clupéidés, qui représentent respectivement 98% et 86% des débarquements totaux de cet engin de pêche. Les principales espèces débarquées sont les sardinelles plate et ronde, l'ethmalose, la carpe blanche, le pelon et le plexiglass, ces 3 dernières étant des espèces intermédiaires inféodées aux zones d'estuaires. Les importantes quantités de clupéidés débarquées sur la Petite Côte font de Mbour et Joal les principaux centres de transformation des petits pélagiques côtiers.

Cette analyse sur une base régionale permet de retrouver encore la prééminence de la pêche à la senne tournante et corrélativement l'importance des débarquements de sardinelles, cible privilégiée de ces engins. En notant que, globalement, la plupart des espèces principales sont d'affinité saharienne (donc espèces d'eau froide), on peut penser que les plus importantes activités de pêche ont lieu en saison froide. L'évolution intra- annuelle des débarquements (Fig.4.4.a) traduit une saisonnalité assez marquée avec en moyenne une période à forte production (novembre à juin), et une autre pendant laquelle les débarquements sont moins importants (juillet à octobre). Cette tendance se retrouve dans les trois principales régions de pêche, bien qu'elle soit moins marquée sur la Petite Côte (Fig.4.4b). Nous avons déjà signalé que la période juillet-octobre coïncide avec la saison des pluies, caractérisée par des températures de surface élevées ($> 24^{\circ}\text{C}$) et une faible productivité des eaux; ceci entraîne la migration vers le nord des espèces d'affinité saharienne, principales cibles des pêcheurs. En saison froide néanmoins, on note une chute des captures en février, période de très fort upwelling et de mauvaises conditions atmosphériques (vents de poussière) sur l'ensemble des régions. Ces phénomènes, ainsi que la contribution des espèces cibles (tant par leur abondance relative que par leur valeur marchande) dans la dynamique de la pêche artisanale seront analysées plus en détail dans l'étude de la pêche sur la Grande Côte.

A l'échelle nationale, la part de la pêche artisanale dans les débarquements totaux est passée de 63% en 1981-1982 à 76% en 1986-1987, au détriment de la pêche industrielle qui accuse le contrecoup de la disparition progressive de la flotte sardinière (Dème 1988, Chaboud et Dème 1988). Celle-ci, qui ne compte plus que 5 unités en 1986, a vu sa production baisser de 31 000 tonnes en 1981 à 3 100 en 1986. Quant à la pêche chalutière, ses débarquements sont en légère hausse de 1981 (49 000 tonnes) à 1986 (62 000 tonnes). La répartition de l'activité de pêche industrielle montre une concentration de

l'effort de pêche sur la côte sud; la production des quelques chalutiers qui ont pêché sur la côte nord pendant cette période ne représente en moyenne que 13% des débarquements de la pêche industrielle.

Au terme de cette présentation se dégagent comme traits dominants le caractère saisonnier de l'activité de pêche, la présence d'un nombre important d'espèces (principalement de saison froide) dans les débarquements et l'utilisation de divers engins de pêche dont les importances relatives ont beaucoup évolué au cours des quinze dernières années.

IV-2 Etude de la pêche artisanale sur la Grande Côte.

La Grande Côte (ou côte nord) a déjà été définie comme la région maritime comprise entre la frontière sénégal-mauritanienne et la presqu'île du Cap Vert (Cf deuxième partie). Pour les besoins de cette étude, nous considérerons l'ensemble de la zone d'activité des pêcheurs de Saint Louis et de Kayar, soit entre 16°30 N et 14°50 N. C'est une zone qui déborde sur le plateau continental mauritanien au Nord, où les pêcheurs sénégalais exercent librement leurs activités, et qui se limite au Sud par le versant sud de la fosse de Kayar.

Cette région avait été subdivisée en deux strates géographiques (Cf deuxième partie), Fleuve et Thiès Nord au niveau desquelles Saint Louis et Kayar sont sélectionnées comme points d'enquêtes, car concentrant l'essentiel de l'activité de pêche de la Grande Côte .

Nous admettrons comme hypothèse de travail que les conclusions des analyses menées sur les résultats obtenus dans ces deux points de débarquement s'appliquent à l'ensemble de la région.

Nous avons déjà noté que la sortie de pêche est l'unité d'observation (Cf deuxième partie) qui nous permet d'obtenir une mesure de l'activité de pêche, et un aperçu de la ressource exploitée. Les analyses de l'activité et des résultats de pêche prévues dans le présent chapitre seront faites à partir d'un fichier issu des enquêtes sur les plages. Les éléments de ce fichier sont des séries d'information recueillies pour chaque pirogue au débarquement et pouvant être classées en deux types:

- Les descripteurs de la sortie, permettant une mesure et une répartition de l'activité de pêche : type de pêche, nombre de pêcheurs, temps de pêche, lieu et profondeur de pêche,
- les descripteurs de la ressource exploitée, donnant les compositions et prises spécifiques, les structures démographiques.

De ce fait, dans cette partie, nous procéderons à l'analyse de l'activité de pêche (en nombre de sorties), puis des prises par sortie ou rendement de pêche et enfin des captures que nous avons déjà présentées comme étant le produit des rendements par le nombre des sorties.

IV-2-1 Analyse de l'activité de pêche.

Elle se mesure pour chaque type de pêche par le nombre de sorties enregistrées chaque jour par l'enquêteur qui observe en même temps des éléments pouvant influencer sur ce nombre: jour de fête, mauvais temps ou événements sociaux importants. L'analyse consistera à étudier les éléments descriptifs de la sortie puis à trouver dans l'évolution du nombre de sorties les éléments introduisant une quelconque variabilité. Nous suivrons ces évolutions selon 3 périodes tenant compte de deux

événements que nous jugeons capitaux dans l'évolution de la physionomie de la pêche sur la Grande Côte :

- période 1 : 1975 - 1978; l'année 1979 marquant le démarrage d'activités régulières de la senne tournante dans la région,

- période 2 : 1979 - 1982; l'année 1983 marque le début de la pénurie en moteurs hors-bord et pièces de rechange, essentiels dans cette décennie aux activités de la pêche artisanale,

- période 3 : 1983 - 1987.

Nous allons chercher si ce découpage correspond à des modifications majeures du schéma d'exploitation des ressources dans cette région.

IV-2-1-1 Aperçu sommaire sur les méthodes d'analyse des données utilisées .

Les résultats des enquêtes réalisées sur la pêche artisanale fournissent un ensemble de données que nous essaierons d'analyser pour dégager des structures de peuplements et des modalités d'exploitation des ressources halieutiques. Les analyses les plus simples consisteront en des classifications hiérarchisées des quantités pêchées et d'autres variables significatives, en tenant compte de divers paramètres tels la nature des engins de pêche, les périodes, etc... Les études plus fines feront appel à des outils statistiques dont l'application en biologie marine a déjà donné des résultats très probants.

Les analyses d'inertie ou analyses factorielles (analyses en composantes principales et analyses des correspondances) sont des techniques permettant d'analyser une matrice de distances entre des observations (par exemple des prises par sortie de pirogues, des nombres de sorties,...), classées selon différentes variables (espèces, lieux de pêche, etc...). Ces analyses sont de plus en plus utilisées et les applications en écologie marine sont courantes : Frontier (1974), Chardy et al. (1976), Laurec et al. (1979), Laloë et al. (1981), Gérard et Greber (1985), Fonteneau et Laloë (1986) . Les descriptions mathématiques de ces méthodes ont été faites par de nombreux auteurs (Tomassone 1974, Chardy et al. 1976, Laurec et al. 1979) .

Les analyses de variance (par exemple Dagnélie 1975) permettent de comparer les moyennes de p populations à partir d'observations classées selon un ou plusieurs critères (par exemple lieux de pêche et/ou saisons...).

Les conditions d'utilisation de ces différentes méthodes seront précisées lors de chaque application.

IV-2-1-2 Description des caractéristiques des sorties selon les types de pêche.

Ces descripteurs sont d'importance relative selon le type de pêche. Nous utiliserons, pour décrire la variabilité temporelle, une analyse de variance du modèle :

$$X_{ijl} = m + p_i + a_{ij} + q_{jl} + \epsilon_{ijl} \text{ où:}$$

m est une moyenne générale,
 p_i est un effet de la période i ($i=1 \dots 3$),

a_{ij} est un effet de l'année j à l'intérieur de la période i ,
 q_{ij} est un effet de la quinzaine l pendant la période i .

Les quantités X_{ijl} sont les moyennes obtenues pour une quantité étudiée (nombre de pêcheurs ou durée ou profondeur) des observations faites au cours de l'année j de la période i lors de la quinzaine l . Ces moyennes sont obtenues à partir de nombres variables d'observations, on ne peut donc prétendre qu'il existe une quelconque homogénéité des variances résiduelles. Le recours à ces valeurs moyennes présente "l'avantage" de réduire le nombre de données à un niveau compatible avec les moyens informatiques dont nous disposons (le progiciel Genstat utilisé n'"accepte" pas de structures de longueur supérieure à 32 000, et il y a eu par exemple plus de 48 000 enquêtes à Kayar pour les seules pirogues lignes). Le second avantage issu de l'utilisation de moyennes sera de disposer d'un plan orthogonal permettant de séparer de façon simple la variance totale en une somme de variances correspondant aux diverses sources de variation et à la variance résiduelle. Nous utiliserons donc ici les analyses de variances dans un but descriptif, en appréciant la qualité des ajustements mais sans réaliser de tests, qui de toute façon ne serviraient guère qu'à confirmer des évidences. Les graphes des moyennes obtenues en fonction de la quinzaine et de la période montreront dans la plupart des cas de façon très efficace l'impact des principales sources de variation.

IV-2-1-2-1 Le type de pêche "moteur ligne".

- Le nombre de pêcheurs.

A Saint-Louis, les facteurs étudiés expliquent 80% de la variance. L'effet période est nettement le plus important et exprime à lui seul 44% de la variance. Le nombre de pêcheurs pour une sortie est en moyenne de 3 à 4 pendant la période 1 avec une forte variabilité saisonnière, il baisse progressivement et se maintient entre 2 et 3 en troisième période, sans saisonnalité marquée (Fig. 4-5.a).

A Kayar, les trois facteurs expliquent 76% de la variance avec un effet période très important (35%). La baisse peu marquée du nombre moyen de pêcheurs des périodes 1 (3 à 4 pêcheurs) à 3 (3 pêcheurs) reflète mal une saisonnalité très accusée pendant les périodes 1 et 2, durant lesquelles le nombre de pêcheurs baisse fortement en saison chaude (Fig. 4-5.b)

- Le temps de pêche.

Cette donnée est obtenue en déduisant le temps de route du temps de mer, celui-ci étant fourni par la différence entre l'heure de retour et l'heure de départ. A Saint-Louis, les trois facteurs expliquent 61% de la variance. L'effet quinzaine dans les périodes est le plus important (52%) et traduit une saisonnalité pour les trois périodes. Le temps de pêche est stable en saison chaude (quinzaine 16 à 21) avec des niveaux inférieurs à 5 heures. En saison froide, il paraît en légère progression de la période 1 à la période 3 (Fig.4-6.a).

A Kayar, les facteurs expliquent 67% de la variance totale. On note un effet important des quinzaines dans les périodes(33%); le temps de pêche est en baisse de la période 1 à la période 3. On remarque néanmoins que les amplitudes des variations sont moins fortes qu'à Saint-Louis (Fig.4-6.b).

- La profondeur de pêche.

L'information collectée par cette donnée est codifiée (codes 1 à 9) pour des tranches de profondeur assez grossières allant de 0 à plus de 500 mètres (Cf. deuxième partie). L'analyse ne peut pas fournir d'indications remarquables, mais permet de déceler des tendances générales selon les variables temporelles. A Saint-Louis les facteurs expliquent 66% de la variance totale. L'effet quinzaine dans les périodes paraît être le seul important (59%), les profondeurs de pêche ne variant pratiquement pas d'une période à l'autre et sont moins importantes durant les quinzaines 15 à 21 (Fig.4-7.a).

A Kayar, les facteurs expliquent 68% de la variance totale. L'effet quinzaine dans les périodes est le plus important (47%), et on observe une modification du cycle saisonnier entre les périodes. Au cours de la première période, les profondeurs moyennes étaient relativement stables; en période 2 et de façon encore plus nette en période 3, les profondeurs de pêche sont plus importantes pendant les quinzaines 4 à 9 et surtout pendant les quinzaines 13 à 21 (Fig. 4-7.b).

La profondeur étant une donnée caractéristique du lieu de pêche, il sera intéressant de relier cette donnée à sa position géographique pour l'étude du mouvement de flottille à l'intérieur de l'aire de pêche des pirogues.

IV-2-1-2-2 Le type de pêche "senne tournante".

Pour ce type de pêche, seule l'analyse du temps de pêche paraît justifiée, et seulement pour la période 1979-1987. En effet l'information du nombre exact de pêcheurs n'est plus disponible, celle de la profondeur est très approximative quand elle existe (cas des lieux de pêche bien repérés), la manoeuvre de la senne ne nécessitant pas l'ancrage de la pirogue.

A Saint-Louis, les facteurs étudiés (avec 36% de variance expliquée) montrent un effet quinzaine intra-période traduisant les valeurs élevées observées pendant les quinzaines 10 à 12 lors de la deuxième période (Fig.4-8.a).

A Kayar, les facteurs expliquent 58% de la variance, les effets quinzaine intra-période étant les plus importants. Le temps de pêche paraît plus stable en période 3 qu'en période 2, mais accuse une légère baisse aux quinzaines 21, 22 et 23 (Fig.4-8 b).

IV-2-1-2-3 Le type de pêche "filet dormant".

L'analyse ne portera que sur les données recueillies à Saint-Louis où ce type de pêche est important.

Pour le nombre de pêcheurs, les facteurs expliquent 57% de la variance totale. L'effectif moyen des pêcheurs par pirogue paraît stable entre 1975 et 1987 et d'une quinzaine à l'autre, allant de 3 à 4 pêcheurs (Fig.4-9), on observe une légère diminution du nombre de pêcheurs de la période 1 à la période 3 pendant les dernières quinzaines.

Pour le temps de pêche, les facteurs expliquent 81% de la variance totale avec un effet période très important. On note une forte augmentation du temps de pêche entre les périodes 1 à 2 et de l'année 1977 à l'année 1978. Ceci est dû uniquement au changement de mode de calcul du temps de pêche intervenu en septembre 1977; c'est à partir de cette date qu'est noté le temps de pose du filet entre deux visites, et

non plus le temps mis pour aller relever la prise du filet. Cette hétérogénéité masque peut-être un léger effet quinzaine sur les périodes 2 et 3 (Fig.4-10), avec une baisse du temps de pêche pendant les quinzaines 9 à 22 correspondant à la saison chaude.

Pour la profondeur, les facteurs expliquent 55% de la variance totale avec un effet quinzaine dans les périodes très important. On note pour les 3 périodes une première chute brutale pendant la quinzaine 9, et une baisse plus modérée pendant la saison chaude (Fig.4-11).

IV-2-1-2-4 Le type de pêche "glacière ligne".

Le peu de données disponibles pour ce type de pêche récemment introduit à Saint-Louis rend l'analyse plus difficile. Nous n'exposerons que brièvement les résultats concernant le nombre de pêcheurs et le temps de pêche, les informations sur les profondeurs étant très souvent manquantes.

Le nombre de pêcheurs par sortie est sensible à l'effet période: il augmente de la période 2 à la période 3 (Fig.4-12).

Le temps de pêche: l'effet période est le plus important, on observe un doublement du temps de pêche entre les périodes 2 et 3 (Fig.4-13).

Il est nécessaire de préciser que pour tous ces types de pêche, la sortie de l'unité de production englobe différents éléments qui concourent à la capture de poissons : le temps de mer (temps de route, temps de recherche, temps passé sur les lieux de pêche ou temps de pêche, manutention du produit), le nombre de pêcheurs, le nombre d'engins, l'habileté de manoeuvre des pêcheurs. Elle correspond à un effort nominal ou "effort tel qu'il est déployé et "vu" par le pêcheur" (Laurec et Le Guen 1981). Pour la pêche artisanale, une sortie équivaut à un "jour de mer" (sauf pour les pirogues glacières). Selon les types de pêche, certaines composantes de l'effort nominal n'ont pas d'incidence directe sur la capture du poisson: temps de route pour la pêche à la ligne ou au filet maillant, temps de manutention pour la senne tournante, etc...

La correction de l'effort nominal pour mieux cerner les composantes directement en rapport avec la capture du poisson conduit à la définition d'un effort effectif qui traduit la pression de pêche exercée sur le stock et se rapproche de la mortalité par pêche. Nous verrons plus loin que la notion d'effort effectif est complexe à cerner en pêche artisanale où tous les types d'exploitation s'adressent à des stocks plurispécifiques et où des changements d'espèce cibles peuvent intervenir dans une même saison de pêche.

IV-2-1-3 Variations de l'activité de pêche.

Les activités de pêche sur la Grande Côte sont dominées par trois types de pêche principaux : la pêche à la ligne, celle au filet dormant et celle à la senne tournante. Elles sont marquées par des variations inter et intra annuelles très caractéristiques.

IV-2-1-3-1 Variations interannuelles

Elles sont caractérisées par un développement croissant des activités des types de pêche au filet, filet dormant à Saint-Louis à partir de 1977, senne tournante à Saint-Louis et Kayar à partir de 1979, et par le déclin du nombre des sorties des types de pêche "ligne moteur", surtout sensible après 1979 (Fig. 4-

14). Le faible niveau d'activité des filets dormants à Kayar avait déjà été signalé lors des recensements semi annuels (Soceco-Pechart 1983 et 1985). On note pour cet engin de pêche, uniquement utilisé par les campagnards saint-louisiens dans ce port, des nombres de sorties importants en 1977, 1981, 1985 et 1986. Il constitue la source des principaux conflits de cohabitation des deux communautés de pêcheurs dominants à Kayar, les autochtones étant hostiles à la pratique de ce type de pêche. Ces conflits expliquent que les années de pleine exploitation sont suivies de périodes où cet engin disparaît pratiquement des systèmes d'exploitation. Par contre, à Saint-Louis, ce type de pêche connaît une activité maximale entre 1979 et 1983 (jusqu'à 17 000 sorties en 1981), puis les nombres de sorties annuelles décroissent régulièrement dans la période récente. C'est aussi durant la même période (1983-1987) que les nombres de sorties annuelles de pirogues lignes montrent une faible activité de ces types de pêche. Ce déclin des activités des pirogues lignes est progressif sur la période 1975-1987. Jusqu'en 1978 la pêche à la ligne prédomine sur la Grande Côte : les nombres de sorties sont globalement constants et très élevés (60 000 et 21 000 sorties en moyenne et par an à Kayar et Saint-Louis), la baisse constatée à Saint-Louis en 1978 étant compensée par un fort accroissement de l'effort de pêche à Kayar.

A l'inverse, les baisses de l'effort observées à Kayar de 1979 à 1982 coïncident avec de fortes hausses du nombre de sorties à Saint-Louis, ainsi qu'avec un développement progressif des activités des unités de pêche à la senne tournante au niveau des deux ports de pêche. On peut, dans un schéma global, constater que l'amorce du déclin des activités de pirogues à moteur-ligne sur la côte nord à partir de 1979 s'accompagne d'un développement progressif de celles des pirogues à senne tournante.

Toutes ces observations nous amènent à confirmer l'existence de trois périodes ou groupes d'années précédemment définies pour étudier l'évolution des activités de pêche sur la zone d'étude.

IV-2-1-3-2 Variations saisonnières.

L'examen des figures 4-14 a, b et c montre pour tous les types de pêche, une succession de pics régulièrement espacés, prouvant l'existence d'importantes variations intra-annuelles. Les unités de pêche "moteur-ligne" et "sennes tournantes" exercent l'essentiel de leurs activités en saison froide, tandis que les unités à "filets dormants" et "pirogues glacières" sont plus actives en saison chaude. Pour chaque saison, les niveaux d'activité de ces types de pêche peuvent être très variables selon les quinzaines. Une analyse de variance permet de rendre compte des variations du nombre de sorties par types de pêche en tenant compte des principaux facteurs de variation.

Soit X_{ijkl} une variable représentant le nombre de sorties ayant lieu un jour donné de la semaine l , dans une quinzaine k , l'année j dans la période i ; on considère de plus l'effet des jours de fête f et du mauvais temps t sur la distribution de X . On peut faire l'analyse de la variance d'un modèle tenant compte de l'effet de ces principaux facteurs:

$$X_{ijkl} = m + a_{ij} + q_{ik} + f + t + s_l + e_{ijkl}$$

Le terme a_{ij} traduit l'effet période i /année j , le terme q_{ik} traduit l'effet de la quinzaine k au cours de la période i . Les effets jour de fête ou de mauvais temps ne comportent pas d'indice, les valeurs f et t correspondant aux écarts entre le nombre de sorties un jour de fête ou de mauvais temps et un jour "normal".

Ce modèle est très déséquilibré et il n'y a pas de décomposition simple de la somme des carrés totaux. Nous pouvons juger de l'impact d'une source de variation en observant la diminution du pourcentage de variance totale expliquée en supprimant cette source du modèle.

L'analyse réalisée sur le nombre de sorties quotidiennes des pirogues à moteur-ligne à Saint-Louis et Kayar entre 1975 et 1987, montre que les facteurs étudiés expliquent respectivement 62% et 79% de la variance pour 89 degrés de liberté. Il existe un effet quinzaine très marqué entre les 3 groupes d'années, ainsi qu'un effet jour de fête et conditions météorologiques pour le nombre de sorties. L'effet jour de la semaine paraît insignifiant à Saint-Louis (intervalle maximum de 2.5 à -3.1, soit 5 sorties au plus entre les différents jours) ainsi qu'à Kayar (écart maximum de 2.0 à -1.5).

Pour mesurer l'importance du découpage en périodes, on procède à une seconde analyse selon le modèle

$$X_{ijkl} = m + a_{ij} + q_k + f + t + e_{ijkl},$$

en ne tenant donc plus compte de l'effet "jour de la semaine" ni d'éventuelles interactions "période-quinzaine".

Avec les mêmes données (nombre de sorties quotidiennes des pirogues à moteur-ligne à Saint-Louis et à Kayar), on explique seulement 51% et 63% de la variance, l'impact des "périodes" (ou groupes d'années) est donc important. On retrouve une saisonnalité très marquée dans les nombres de sorties (Fig. 4-15 à 17) ainsi que des amplitudes de variations saisonnières de moins en moins importantes de la période 1 à la période 3, ce qui traduit la baisse progressive de l'effort de pêche des pirogues à ligne de 1975 à 1987 (Fig.4-15). Pour chaque période, la plus grosse activité de pêche semble se situer en saison froide de la quinzaine 1 à la quinzaine 11 à Kayar, et pendant les quinzaines 1 à 12 à Saint-Louis, mais peut s'étaler plus tard, comme à Kayar et Saint-Louis pendant la période 1979-1982.

On peut remarquer que, pour les pirogues à ligne et à senne tournante à Saint-Louis, la quinzaine 11 totalise à elle seule, par année, plus de 50% du nombre de sorties de ces engins. Pour les sennes tournantes, l'activité la plus intense se situe entre les quinzaines 20 à 24, puis 10 à 12 à Saint-Louis, et aux quinzaines 24 à 11 à Kayar (Fig. 4-16). En saison chaude, les sorties des unités pratiquant la ligne ou la senne tournante sont très faibles sur la Grande Côte. On note cependant que c'est la période d'intense activité pour les pirogues glacières à Saint-Louis (des quinzaines 16 à 22) et pour les filets dormants (des quinzaines 10 à 22), (Fig. 4-17). A Kayar, l'activité des filets dormants est insignifiante, sauf en saison de transition (quinzaines 9 à 12) pendant les années 1977, 1981, 1985 et 1986.

IV-2-1-4 Fréquentation des lieux de pêche.

L'analyse des fréquentations des lieux de pêche par les pirogues permet une étude de la distribution spatio-temporelle du nombre de sorties selon les différents lieux de pêche pour chaque type de pêche.

Dans chaque port, les principaux types de pêche fréquentent les mêmes lieux. Pour caractériser ceux-ci, la profondeur constitue le meilleur élément de classification à notre disposition. Nous avons déjà observé (première partie) que le repérage de ces lieux était surtout important pour la pêche à la ligne. La

distribution des sorties relevant de ce type de pêche selon les lieux et les classes de profondeurs permet une répartition des lieux les plus fréquentés en deux groupes (Tab. IV.1 a et b) :

- les lieux dont la distribution des profondeurs est unimodale, de mode 2 (lieux 6, 9, 11, 22, 30, 36 à Saint-Louis et 9 à Kayar), 3 (lieux 2, 4, 6, 7, 14, 15, 20, 21, 36 à Kayar et 17, 18, 25 à Saint-Louis) ou 4 (lieu 27 à Saint-Louis),

- les lieux dont la distribution des profondeurs présente deux modes caractérisant des positions de pêche très étendues, ou vagues, ou un mélange de lieux; c'est le cas du lieu 16 à Kayar où le mode 3 indique la position "proche nord" et le mode 6 les zones profondes du versant nord du canyon sous-marin. De même pour le lieu 23, les modes 3 et 6 indiquent respectivement le "proche large" et le "grand large".

Cette distribution montre aussi l'étendue des lieux de pêche : la plupart ont des gammes de profondeur allant de 1 à 6. Ceci s'explique par le fait que chaque lieu est composé d'une zone centrale bien repérée par une profondeur et des amers, et d'une zone environnante justifiant l'utilisation des préfixes "Kaw" et "Souf" (Cf. première partie).

Dans l'étude précédente sur l'évolution du nombre de sorties, nous avons constaté l'existence de variations saisonnières, avec une baisse importante des activités de pêche en saison chaude (de juillet à octobre) pour les principaux types de pêche. En prenant l'exemple des pirogues à moteur pêchant à la ligne, il est possible de suivre sur la série d'années et selon les saisons, la fréquentation des différents lieux de pêche.

On utilise pour cela des analyses de correspondances. Les variables sont les lieux les plus fréquentés (9 à Saint-Louis et 12 à Kayar). Les observations sont définies par les années partitionnées en trois saisons:

- saison 1 : quinzaines 1 à 12,
- saison 2 : quinzaines 13 à 20,
- saison 3 : quinzaines 21 à 24.

Les données analysées sont les pourcentages de visites faites dans chaque lieu au cours d'une saison (tab. IV.2.a et IV.3.a). Les valeurs propres et pourcentages de variance expliquée sont présentées dans les tableaux IV-2.b et IV-3.b . Les coordonnées, contributions relatives et absolues des variables et observations selon les deux premiers axes sont consignées dans les tableaux IV-2.c et c' pour Saint-Louis , IV-3.c et c' pour Kayar.

A Saint-Louis, les deux premiers axes expliquent 60% de la variance totale. Les lieux 9, 11 et 36 s'opposent au lieu 27 sur le premier axe. Au cours des premières années, les lieux 9, 11 et 36 étaient plus visités pendant la saison chaude et au début de la saison froide (saisons 2 et 3). Ils ont ensuite été progressivement délaissés. Le lieu 27, d'abord principalement fréquenté, jusqu'en 1982, au cours de la saison froide (saison 1), est devenu par la suite caractéristique de la saison chaude (saison 2). Sur le deuxième axe, on observe une opposition entre les lieux 17 et 27. Le lieu 17 est un lieu très visité, en général caractéristique de la saison froide après 1982. Cette opposition traduit un comportement inverse

de celui du lieu 27, mais de manière moins caractéristique. Ces différentes observations sont représentées sur la figure 4-18 a.

A Kayar, le premier axe explique 46% de la variance totale et oppose surtout les lieux 15, 20 et 6 aux lieux 16 et 23. Ceci traduit une dominance des lieux 15, 20 et 6 dans les fréquentations de saison froide entre 1975 et 1982, et une inversion au profit des lieux 16 et 23 à partir de 1983. Le second axe explique 14% de la variance totale, les coordonnées des saisons chaudes (saison 2) sont généralement négatives, ceci traduit les fréquentations plus importantes des lieux 21, 23 et 36 en saison chaude (Fig. 4-18 b.)

Dans le cas de la pêche à la ligne sur la côte Nord, on peut noter que les lieux de pêche les plus fréquentés sont situés, soit au large (27 à Saint-Louis, 23 à Kayar), soit au nord (17, 36 à Saint-Louis, 16, 15, 6 à Kayar) des deux ports de pêche.

Pour les pêches au filet, on ne note pas l'existence de nouveaux lieux de pêche. Les sennes tournantes fréquentent les mêmes lieux de pêche et les pêcheurs fournissent des informations assez vagues sur les positions. Ce type de pêche est moins tributaire des repères et, tant à Saint-Louis qu'à Kayar, ce sont respectivement les couples de lieux 36-27 et 16-36 qui dominent dans les taux de fréquentation.

Les filets dormants fréquentent aussi les mêmes lieux que les pirogues lignes à Saint-Louis.

Pour les pirogues glacières, toutes les unités fréquentent des positions de pêche au nord de Saint-Louis. Les renseignements fournis par les temps de route (de 18 à 36 heures) montrent que ces lieux sont au-delà de 16°30 Nord. En première période (1979-1982), les pêcheurs ont presque tous fréquenté le lieu 1 et ont diversifié en période 2 leur fréquentation (lieu 6 et 36, ce dernier est un ensemble de lieux pour ce type de pêche, que nous situons au nord du lieu 1).

Sur la Grande Côte, la topographie du plateau continental entraîne qu'à égale distance de la côte, les lieux de pêche de Kayar sont en moyenne plus profonds que ceux de Saint-Louis. Ils sont tous situés à l'intérieur de la zone des six milles réservés à la pêche artisanale, ce qui n'empêche pas l'existence de conflits avec les chalutiers sur les lieux de pêche.

IV-2-1-V Discussion, interprétation.

La description des activités de pêche artisanale sur la Grande Côte montre que des changements sont intervenus entre 1975 et 1987.

Dans les pratiques de pêche, le temps de pêche, le nombre de pêcheurs par pirogue n'ont pas beaucoup varié de 1979 à nos jours. Mais les fortes valeurs observées de 1975 à 1978 dans le type "pirogues à moteur-ligne" semblent indiquer un léger changement qu'il sera intéressant d'analyser en tenant compte des espèces pêchées.

Les lieux de pêche sont restés les mêmes pour tous les types de pêche ; mais le rythme de fréquentation semble avoir changé après 1983. Avant cette date, ce sont les lieux 27 et 17 à Saint-Louis, 15, 20 et 6 à Kayar qui sont les plus fréquentés dans l'ensemble, selon les déclarations des pêcheurs. Après cette date ce sont les lieux 16 et 23 à Kayar; à Saint-Louis les mêmes lieux restent les plus visités mais le nombre de fréquentations est plus élevé pour le lieu 17. Tous ces lieux de pêche ne

correspondent pas à des positions précises, mais indiquent les directions nord et large. Cette imprécision peut être due à la fréquentation de lieux non encore correctement repérés.

Les différentes observations faites sur l'évolution de l'effort de pêche nominal, exprimé en nombre de sorties de pirogue, montrent l'instabilité du système de pêche artisanale. L'existence d'une variabilité importante trouve sa source dans des facteurs internes (liés à la ressource et/ ou au pêcheur), et dans des facteurs exogènes (liés à l'environnement et aux demandes du marché). A ce niveau de l'analyse, la mobilité des unités de pêche et la possibilité qu'ont les pêcheurs de changer de type de pêche, (perceptible surtout chez les saint-louisiens), semblent constituer le moteur des activités de pêche sur la côte sénégal-mauritanienne. Les migrations de cette communauté de pêcheurs, déjà signalée par Arnoux (1951), puis par Bonnardel (1976), et quantifiée lors des recensements du CRODT, font de Kayar pendant la saison froide un pôle d'activité très important. Les mouvements d'unités de pêche sur la Grande Côte sont réglés selon un rythme saisonnier: la pêche démarre à Saint-Louis avec les sorties des sennes tournantes dès la quinzaine 20. Entre la 23ème et la première quinzaine de l'année suivante, les unités de pêche saint-louisiennes à la senne tournante et à la ligne vont grossir la flotte à Kayar, ce qui explique la montée rapide du nombre de sorties de ces types de pêche jusqu'à la quinzaine 11. Ensuite, le rapide retour des unités saint-louisiennes migrantes dans leur port d'origine est à la base du déclin des activités à Kayar, et de l'accroissement très fort du nombre de sorties durant les quinzaines 11 et 12 à Saint-Louis. La baisse rapide de l'effort de pêche pour ces deux engins se poursuit en saison chaude : c'est pendant cette saison qu'on retrouve les plus importantes activités des types de pêche "pirogue glacière" et "filet dormant".

Ce schéma simple de migration interne à la Grande Côte permet de comprendre l'importante baisse du nombre des sorties de pirogues à moteur-ligne enregistrée durant l'année 1978 à Saint-Louis. Cette année, Kayar a connu un afflux très important de pêcheurs saint-louisiens, consécutif sans doute au conflit né de l'utilisation de filets dormants l'année précédente, ayant entraîné de sérieux affrontements entre les deux communautés. Le déclin de l'effort de pêche des pirogues à moteur-ligne après 1983 peut avoir trois causes possibles :

- une baisse probable des rendements de pêche que nous analyserons au prochain paragraphe;

- une cause externe liée à la pénurie en moteurs hors-bord et pièces détachées entre 1983 et 1986, période durant laquelle on n'a pratiquement enregistré aucune importation par le Centre d'Assistance à la Motorisation des Pirogues (CAMP) de ces attributs devenus indispensables aux activités de pêche. Il ressort de nos enquêtes que les pêcheurs ont eu recours à des solutions dont certaines ont conduit au déclin des captures et de l'activité des pirogues à moteur-ligne. Beaucoup de pêcheurs saint-louisiens sont allés s'installer en Mauritanie ou en Gambie et ont pu s'approvisionner en moteurs et pièces détachées; certains y ont même vendu leurs pirogues. Chaboud et al.(1988) ont dénombré lors d'un recensement effectué en juillet 1987 en Mauritanie près de 320 unités de pêche appartenant à des pêcheurs saint-louisiens. La baisse du nombre de sorties peut aussi découler de l'activité de navires dits "bateaux ramasseurs". Nous avons pu répertorier en 1983 8 bateaux originaires des îles Canaries qui signaient des contrats avec les pêcheurs. Chaque bateau remorquait une trentaine de pirogues (avec en moyenne 3 ou 4 pêcheurs par pirogue) jusque sur des lieux de pêche situés au sud du Sénégal (Guinée - Sierra Leone). Après 30 à 45 jours de mer, les pêcheurs ayant vendu leurs produits au bateau sont ramenés à leur port d'origine. Les captures sont débarquées aux îles Canaries. Ce nouveau type de

pêche semble se développer actuellement, et s'étend à d'autres ports tels Joal et Soumbédioune. Selon les pêcheurs, ce type d'activité leur permet, outre le profit, de sauvegarder leur moteur hors-bord qui n'est sollicité que pour des déplacements limités sur le lieu de pêche;

- une reconversion des pêcheurs vers la senne tournante et la pirogue glacière. Celle-ci pourrait expliquer, d'une part le nombre de sorties de sennes tournantes plus important entre 1983 et 1986, d'autre part le développement de la pirogue glacière au Cap Vert, sur la Petite Côte, ainsi qu'à Saint-Louis où l'on note aussi un allongement de la saison de pêche (Fig. 4-19).

On peut remarquer que c'est pendant cette période 1983-86 que les informations collectées auprès des pêcheurs sur la nature des lieux de pêche fréquentés, ont indiqué une dominance des lieux 16 et 23 à Kayar, et 27 à Saint-Louis. On pourrait penser à une relation de cause à effet entre, d'une part l'attitude hostile des pêcheurs vis-à-vis des services d'encadrement de la pêche, responsables de cette pénurie en moteurs hors-bord, et d'autre part l'imprécision des lieux fréquentés désignés par nord (code 16 à Kayar) et large (codes 23 à Kayar et 27 à Saint-Louis). Mais un changement dans les méthodes de pêche et la fréquentation de nouveaux lieux situés en dehors des zones traditionnelles de pêche, donc pas exactement repérés, semblent constituer l'explication la plus plausible.

Avec la reprise des importations de moteurs hors-bord par le CAMP en 1987, il est possible qu'on assiste à un accroissement des activités des pirogues à moteur pêchant à la ligne, si tant est que la baisse d'activité de ce type d'unités est uniquement d'ordre matériel.

La saisonnalité des activités de pêche sur la Grande Côte constitue aussi une preuve de la souplesse et de la possibilité d'adaptation des unités de pêche artisanale. La baisse des activités des engins principaux dans les quinzaines 13 à 19, après un effort de pêche soutenu en saison froide, pose le problème de la redistribution des unités de pêche en saison chaude. Les recensements semestriels ont montré que les principaux mouvements des pêcheurs intéressent les saint-louisiens, les kayarois profitant de la saison humide pour s'adonner à l'agriculture (Coly 1984). Après le repos du mois de juillet, la communauté de pêcheurs actifs de Saint-Louis s'oriente, soit à la pêche sur place au filet dormant ou à la ligne glacière (fig. IV-17), soit vers d'autres centres de pêche. Outre les pays limitrophes, on les retrouve sur la Petite Côte et au Cap Vert où ils contribuent à l'accroissement, en août et septembre, des activités de pêche dans ces secteurs (Fig.4-20).

Cette mobilité des pêcheurs saint-louisiens (migrant entre 12° et 21° Nord) et cette capacité d'utiliser divers engins constituent les atouts caractéristiques de la pêche artisanale, pour tirer parti d'une ressource halieutique migrante et multispécifique, et compenser le rayon d'action assez limité des pirogues.

IV-2-2 Analyse des prises par sortie ou rendements de pêche.

Le choix d'un bon indice d'effort de pêche conduit à la définition d'une prise (ou capture) par unité d'effort, susceptible de rendre compte de la disponibilité ou de l'abondance de la ressource. Dans le cas de la pêche artisanale, les sorties sont quotidiennes (sauf pour les pirogues "glacières") et la capture d'une pirogue échantillonnée sur la plage constitue l'unité d'observation traduisant le résultat de l'activité locale de pêche sur le stock exploité. La prise par sortie est un prélèvement de biomasse variant selon plusieurs facteurs. Nous avons déjà signalé dans la première partie que la présence sur l'aire de pêche

d'une ressource donnée est tributaire des conditions de milieu et que son exploitation est fonction du potentiel de pêche (matériel et humain) existant et des possibilités d'écoulement des captures. Nous tenterons d'analyser la variabilité des rendements de pêche en essayant d'identifier les principales sources de variations.

Si nous considérons les principaux types de pêche sur la Grande Côte, l'évolution par quinzaine des prises moyennes par sortie montre des fluctuations inter et intra-annuelles importantes. Nous essaierons de les "expliquer" en sélectionnant dans les fichiers rassemblant l'ensemble des données collectées 24 espèces ou groupes d'espèces importantes, soit par leur aspect pondéral, soit parce qu'elles sont caractéristiques d'un type d'exploitation donné.

Ces espèces sont:

- pour la pêche à la ligne:

le tiof(22), le doï (24), le pelon (34), les capitaines (39), le chinchard jaune (44), la liche (48), le scyris (54), le tassergal (56), le denté à gros yeux (58), le denté (60), le pageot (62), le pagre (63), le maquereau bonite (71), la bonite (73), la thonine (75) et la ceinture (76),

- pour la pêche à la senne tournante:

la sardinelle ronde (1), la sardinelle plate (2), le chinchard noir (50) et les espèces de codes 34, 44, 56 et 75 déjà citées,

- pour la pêche au filet dormant:

le machoiron (8), la dorade grise (35), la sole (83), les requins (87), les raies (88) et les capitaines déjà cités.

IV-2-2-1 Variations interannuelles.

Ces variations interannuelles indiquent une tendance nette à la baisse pour les rendements des pirogues lignes, et une tendance à la hausse pour les autres types de pêche. Ces fluctuations peuvent être abordées en considérant les trois périodes définies plus haut(Fig.4-21).

Entre 1975 et 1978, les prises par sortie des pirogues lignes sont élevées, de l'ordre de 100 kg à Kayar avec une forte baisse sur les quatre années, et de l'ordre de 75 kg à Saint-Louis. Les principales espèces capturées sont le tassergal puis le pagre et la thonine à Saint-Louis, le tassergal, le chinchard jaune, le pageot et le tiof à Kayar. Les rendements obtenus par les filets dormants sont plus faibles à Saint-Louis où ce type de pêche est pratiqué (35 kg en moyenne). Les rendements de sennes tournantes et des glacières sont très fluctuants, ceci étant lié à la phase d'expérimentation de ces types de pêche sur la grande côte.

La période qui va de 1979 à 1982 est marquée par l'installation et le développement des sennes tournantes. La maîtrise de la pratique de cet engin par les pêcheurs se traduit par une exploitation plus régulière et des prises par sortie élevées, de l'ordre de 1800 kg à Kayar et 900 kg à Saint-Louis. C'est pendant cette période que s'amorce à Saint-Louis une baisse très sensible des rendements des pirogues lignes: ils sont en moyenne de 50 kg par sortie à Saint-Louis et de 65 kg à Kayar, les espèces principales demeurant les mêmes que celles caractérisant la première période. A partir de 1980, la pêche sur la côte

nord subit un important bouleversement dû à l'importance des chinchards jaunes et des tassergals dans les prises des sennes tournantes. Ces engins qui capturaient principalement les sardinelles, entrent en concurrence avec les pirogues lignes sur les lieux de pêche. Ce changement d'espèces cibles entraînant le développement d'un effort local de pêche important témoigne de la souplesse et du dynamisme de la pêche artisanale. Après les tensions très vives survenues à Kayar en 1977 entre communautés kayaroise et saint-louisienne, on pouvait redouter que la concurrence entre les lignes et les sennes tournantes soit une nouvelle source de conflit (Champagnat et al. 1983). Nous trouverons dans l'étude des espèces cibles communes aux deux types d'engin comment les particularités ethniques des deux communautés en présence ont permis d'éviter un tel conflit.

Les pirogues glacières utilisées à Saint Louis obtiennent des rendements moyens de 200 kg par sortie. Les principales espèces capturées (tiof, mérrou de Gorée et pagre) sont différentes de celles des pirogues lignes classiques.

Les rendements des filets dormants sont en nette croissance par rapport à la période précédente à Saint-Louis (de l'ordre de 70 kg). Ils sont caractérisés par une grande diversité spécifique, les principales espèces étant les capitaines et les requins.

La période de 1983 à 1987 coïncide avec la forte baisse des nombres de sorties de pirogues lignes. Cette baisse d'activité pourrait trouver une première explication dans une baisse des rendements, qui ne sont "plus", que de 40 kg à Saint-Louis et de 60 kg à Kayar. Pour les pirogues glacières, la hausse du nombre de sorties à Saint-Louis peut être mise en parallèle avec des rendements élevés (380 kg par sortie de 72 heures). L'utilisation de glacières s'est également développée dans les autres centres de pêche. On a observé lors des recensements que la plupart des pirogues glacières sont originaires de Saint-Louis et que leur nombre s'accroît progressivement sur la petite côte et le Cap Vert. Le changement de centre de pêche (par migration) de Saint Louis vers Joal ou Hann constitue une illustration supplémentaire de la souplesse de la pêche artisanale. Ces déplacements peuvent dans le cas des pirogues glacières être motivés entre autres par des considérations d'ordre économique, le prix de vente des espèces cibles étant plus intéressant à Hann qu'à Saint-Louis (600 F le kg à Hann contre 400 F à Saint Louis en moyenne pour le tiof (Kebe comm. pers.).

Pour les sennes tournantes, les rendements ont tendance à décroître à Kayar (en moyenne 1500 kg par sortie) alors qu'ils sont en hausse légère à Saint-Louis, notamment après 1985 (1100 kg par sortie en moyenne). Un des faits majeurs demeure la raréfaction progressive du tassergal dans les prises par sortie des types de pêche principaux. Nous tenterons d'analyser plus loin ces changements. On constate aussi un changement dans la composition spécifique des apports des pirogues ligne : tiof, pageot, chinchard, denté à gros yeux à Kayar et tiof, pagre, thonine à Saint-Louis.

Pour les filets dormants, cette période aurait pu être caractérisée par le démarrage d'une activité à Kayar où des rendements de 80 kg peuvent être réalisés en moyenne (contre 50 kg à Saint-Louis). De plus les soles disponibles à Kayar peuvent être vendues à des prix élevés (plus de 400 F le kg) alors que le prix des requins vendus à Saint Louis ne dépasse guère 20 F par kg. La pêche potentielle de soles explique qu'en 1985, beaucoup de pêcheurs saint-louisiens ont migré vers Kayar pour rechercher cette espèce (on a observé des captures en soles en juin 1985 à Kayar). Nous verrons dans la cinquième

partie que cet exemple de souplesse d'adaptation s'est heurté au refus des pêcheurs kayarois et que cette pêche n'a pas pu jusqu'à présent se développer à Kayar

Tous ces exemples permettent de mieux comprendre la baisse de l'effort de pêche nominal sur la Grande Côte après 1983. L'effort potentiel (obtenu par les recensements) étant pratiquement resté constant, on a assisté à un redéploiement de cet effort par des changements de centres de pêche, ou par l'utilisation d'engins de pêche différents. Ces changements de tactiques ou d'engins de pêche entraînent des variations dans la distribution de l'effort de pêche. En conséquence les mortalités subies par un stock pendant une période donnée peuvent être très variables. En définitive, la baisse des rendements des pirogues lignes, la concurrence entre sennes tournantes et lignes pour le tassergal, de meilleures conditions économiques trouvées dans d'autres secteurs (bateaux ramasseurs, migrations vers les autres régions ou en Mauritanie), sont autant de facteurs ayant contribué à la baisse d'activité enregistrée sur la côte nord après 1983.

IV-2-2-2 Variations saisonnières.

IV-2-2-2-1 Evolution des rendements.

La saisonnalité est une des caractéristiques essentielles de la pêche artisanale sénégalaise en général. Elle se manifeste sur la Grande Côte pour tous les types de pêche. Entre 1975 et 1987, la tendance périodique annuelle apparaît variable, mais on remarque que les rendements sont plus élevés en saison froide pour les lignes, les sennes tournantes et les filets dormants et en saison chaude pour les pirogues glacières. Nous essaierons, à travers les trois groupes d'années définis précédemment, d'analyser les rendements totaux par engins et de dégager l'importance des variations introduites par les différentes espèces cibles.

Pour les pirogues lignes, les trois groupes d'années sont, nous l'avons dit, caractérisés par des rendements élevés en saison froide (quinzaines 23 à 12) et faibles en saison chaude. L'ampleur de ces variations diffère selon le port et le groupe d'années ou période considéré (Fig. 4-22) . Au cours de la première période, les rendements totaux sont en saison froide, à Saint-Louis de 110 kg par sortie en moyenne, et de 130 kg par sortie en moyenne à Kayar avec des maximums obtenus respectivement pendant les quinzaines 9 et 10. Ils sont pratiquement réduits de moitié en saison chaude. Ce schéma se renouvelle pour les deux périodes suivantes avec des niveaux généraux plus faibles et surtout des amplitudes saisonnières moins marquées. A Saint-Louis cependant la baisse globale des rendements au cours des deux dernières périodes est couplée avec le déplacement des maxima de rendements aux quinzaines 11 puis 13. Ces changements peuvent s'expliquer par l'importance relative des rendements des principales espèces cibles, dont les fortes valeurs contribuent à définir le déroulement de la campagne de pêche. Celle-ci apparaît comme étant l'orientation d'un effort important sur une aire de pêche, justifié par la présence de l'espèce ciblée et se traduisant par des rendements élevés pendant la durée de cette campagne. Les fortes prises par sortie obtenues à Saint-Louis et à Kayar pendant les saisons froides au cours de la première période sont dues aux rendements très élevés en tassergal (fig.4-23) , cette espèce constituant alors à elle seule près de 80% des captures. Elle est associée dans les captures à la thonine à Saint-Louis, au tiof, au pageot et au chincharde jaune à Kayar.

Il est intéressant de remarquer que la baisse des rendements en saison froide constatée pour les périodes 2 et 3, a beaucoup plus affecté les espèces pélagiques (tassergal, chincharde jaune, thonine) pouvant être capturées par les pirogues lignes (Fig.4-23a a',c,d) que les espèces démersales (tiof,

pageot, pagre) (Fig.4-23b,b',e,f). Parmi ces espèces pélagiques, la quasi disparition du tassergal du système d'exploitation à la ligne est à la base des faibles rendements observés à Saint Louis et Kayar après 1983.

L'absence des espèces à forte valeur commerciale capturables en saison froide est la cause de la chute des efforts nominaux, observée en saison chaude. Les rendements obtenus en saison chaude sont plus faibles (40 et 50 kg par sortie en moyenne à Saint-Louis et Kayar pour les trois périodes), et on ne peut parler d'espèces cibles qu'en début de saison chaude avec les captures de pagre à Saint-Louis, de voilier, puis de scyris d'Alexandrie à Kayar. L'apparition d'une campagne de pêche aux voiliers à Kayar (et dans d'autres centres de pêche situés plus au sud) à partir de 1979, fait suite à l'ouverture d'un marché industriel pour sa commercialisation, cette espèce n'ayant été auparavant que la cible de la pêche sportive (Limouzy et Cayré 1981).

Le schéma saisonnier rencontré dans l'évolution des prises par sortie de pirogues lignes se retrouve dans les rendements des sennes tournantes (Fig. 4-24) . Ceux -ci sont relativement élevés de la quinzaine 21 à la quinzaine 11 avec des moyennes de 1200 et 1900 kg à Saint-Louis et Kayar. L'évolution de ces rendements totaux présente une certaine stabilité de 1979 à 1987. Le découpage en deux périodes permet ici de mettre en évidence la plus grande amplitude des variations saisonnières au cours de la première période. Le tracé plus régulier de la courbe des rendements de 1983 à 1987 peut s'expliquer par une meilleure maîtrise de l'utilisation de l'engin et un apprentissage de ses possibilités au niveau de cette région (espèces capturables, zones de pêche...). L'espèce cible type reste la sardinelle ronde dont les rendements sont très élevés à Kayar en fin de saison froide et en saison chaude (quinzaines 5 à 20) et en début de saison froide à Saint-Louis (quinzaines 23 à 2). En fin de saison froide (quinzaines 10-11 à Kayar et quinzaine 11 à Saint-Louis), les prises par sortie en tassergal sont élevées, indiquant que cette espèce n'est ciblée qu'en cette période, principalement à Saint-Louis.

On observe une hausse des rendements de sardinelles au cours de la dernière période, accompagnée d'une chute d'environ 2/3 des rendements de tassergal et de chinchard jaune. L'absence en saison chaude des principales espèces, entraîne une forte réduction des sorties de sennes tournantes, accompagnée d'une augmentation des sorties de filets dormants et de pirogues glacières à Saint-Louis. Les rendements obtenus avec ces derniers types de pêche ne présentent pas de variations saisonnières notables; les espèces cibles des filets dormants sont les cynoglosses (quinzaines 9-10), les requins, capitaines et courbines le reste de l'année. Pour les pirogues glacières, les rendements, élevés pendant la période où leur activité est la plus importante (quinzaine 15 à 22), sont composés d'espèces à affinité saharienne telles le tiof, le doï et le pagre .

IV-2-2-2-2 Variations de disponibilité, migrations.

Le caractère saisonnier de la pêche de certaines espèces suggère qu'elles ne seraient présentes qu'une partie de l'année dans les zones de pêche de la Grande Côte et que des mouvements pourraient se produire entre diverses parties de la Grande Côte. Ce phénomène, bien connu des pêcheurs, explique les mouvements d'unités de pêche le long de la côte (en particulier entre Kayar et Saint-Louis) déjà signalés dans les parties précédentes. Cette observation a conduit Champagnat et Domain (1979) à faire une comparaison entre les rendements obtenus en 1974 et 1975 à Saint-Louis et Kayar (distants de 200 km.), tenant compte des décalages entre les rendements maximums observés dans les deux ports. Ils en ont déduit un schéma de migration des principales espèces démersales et pélagiques prédatrices, en

essayant de préciser la description de certains cycles par des marquages. Des opérations similaires ont conduit Boely et al. (1978) à proposer des schémas de migration de grande amplitude pour les petits pélagiques côtiers: le cas des sardinelles ne sera pas abordé dans cette présentation, certaines données n'étant pas disponibles.

Il ne s'agit pas ici de reprendre la même démarche, mais de tenir compte de données plus récentes pour cerner d'éventuelles modifications, en nous aidant également des structures démographiques des captures. Ces modifications seront analysées en tenant compte du phénomène d'enrichissement du milieu par l'upwelling.

Nous étudierons trois des principales espèces cibles (à affinité saharienne) de la pêche à la ligne: le tiof, le chinchard jaune et le tassergal.

Pour les poissons démersaux, l'exemple classique du schéma de migration du tiof peut être décrit avec les variations de rendements des pirogues lignes entre Saint-Louis et Kayar (Fig. 4-23). En début de saison froide, on note de bons rendements, d'abord pendant les quinzaines 20 et 21 à Saint-Louis puis pendant les quinzaines 23 et 24 à Kayar ; les rendements importants se maintiennent dans les deux ports jusqu'en quinzaine 4. Une période de dispersion des poissons dans l'aire de pêche correspond aux rendements moins élevés obtenus dans les quinzaines 6 à 10. En fin de saison froide, les rendements sont élevés, d'abord à Kayar pendant les quinzaines 11 et 12, puis à Saint-Louis pendant les quinzaines 12 et 13. Ils sont ensuite très faibles dans les deux ports de la quinzaine 14 à la quinzaine 19. Pour le tiof, ce schéma reste valable pour les trois périodes que nous avons définies et confirme ainsi les observations faites par Champagnat et Domain en 1974.

Pour les grands poissons pélagiques, on peut retrouver le schéma de migration proposé par Champagnat (1978) pour le tassergal avec les variations de rendements des pirogues lignes pour les deux premières périodes (1975 à 1982). Les rendements obtenus tant à Kayar qu'à Saint-Louis sont très faibles pendant la dernière période et ne permettent guère d'interprétation simple (Fig. 4-23 a et a'). Pendant cette dernière période, on n'obtient des rendements importants qu'avec les sennes tournantes (Fig. 4-24 e et e') et il est difficile de mettre en évidence les mouvements qui peuvent être rapides, les meilleurs rendements étant obtenus au cours de la même quinzaine dans les deux ports. Avec les pirogues lignes, les maximums observés en début de saison froide à Saint-Louis puis à Kayar traduisent un mouvement nord sud en quinzaines 1 et 2, suivi d'une phase de dispersion se prolongeant jusqu'à la huitième quinzaine. De nouveaux maximums en quinzaine 9 et 10 à Kayar et en quinzaine 11 à Saint-Louis indiquent le mouvement rapide de concentrations de tassergal vers le nord. Les rendements nuls observés entre les quinzaines 13 et 24 traduisent l'indisponibilité de l'espèce en saison chaude. Néanmoins, des biomasses importantes ont été signalées pendant cette saison au delà de 18°50 nord par Josse et Domain (1979).

Chez les petits pélagiques, les rendements de chinchards jaunes pêchés à la ligne présentent un décalage laissant voir un mouvement nord sud entre les quinzaines 21 et 24, puis une remontée de Kayar vers Saint-Louis entre les quinzaines 9 et 12 (Fig. 4-23 d). Les faibles rendements observés en saison chaude dans ces deux ports semblent indiquer une quasi-absence de cette espèce en cette saison.

Pour le groupe d'espèces d'affinité guinéenne, les rendements peu élevés (en rapport avec de plus faibles biomasses) ainsi que le faible niveau d'activité de pêche sur la grande côte (en saison chaude) ne permettent pas une utilisation des mêmes éléments pour une description des migrations. Le recours à d'autres méthodes comme le marquage serait indispensable.

Il est clair que ces mouvements de populations conditionnent les fortes ou faibles variations de rendements des unités de pêche. D'une année à l'autre, la perturbation d'un ou plusieurs de ces schémas classiques (migrations déclenchées plus tôt ou plus tard) peut avoir des conséquences sur les captures espérées. De telles perturbations peuvent provenir du comportement et de l'état de la ressource (importance des classes d'âges concernées) ou de facteurs environnementaux (importance de l'upwelling) qui peuvent avoir un impact très important sur les résultats des unités de pêche artisanale dont le rayon d'action est assez limité.

Influence des structures démographiques.

Les données disponibles sur la côte nord indiquent que les migrations sont organisées par vagues successives différenciées par des classes d'âge (ou de taille) données. Selon Boely et al. (1978), Champagnat et Domain (1979), seuls les adultes des espèces migrantes participent à ces mouvements (voir première partie), les juvéniles se développent dans des nurseries localisées sur la région sénégalomauritanienne, au banc d'Arguin (20°N) ou dans les zones adjacentes aux estuaires situés au sud de la presqu'île du Cap Vert. Une modification de ce schéma, par exemple la disponibilité d'une faible fraction de la phase adulte migrante, peut expliquer une décroissance des rendements en un point de pêche donné.

Entre 1975 et 1987, nous disposons de distributions de fréquences de taille permettant d'apprécier l'existence de migrations différentielles des principales espèces, et de leurs éventuelles modifications. En admettant que les groupes d'années déjà définis sont homogènes du point de vue du système d'exploitation, nous sélectionnons les années 1976, 1981 et 1986 pour étudier sur chaque période les distributions de fréquences de taille obtenues pour le tassergal, le tiof et le chinchard jaune.

Pour le tassergal, on remarque (Fig. 4-25) que les poissons de 30 à 50 cm apparaissent en petite quantité dans les débarquements en novembre à Saint-Louis, puis en décembre à Kayar (pendant cette période, l'effort est plutôt dirigé sur le tiof). Entre décembre et mai, on observe l'arrivée d'individus de taille moyenne (de 60 à 80 cm) puis en mai, l'apparition d'individus de taille supérieure à 80 cm, d'abord à Kayar puis à Saint-Louis où la pêche se poursuit jusqu'à la fin du mois de juin. De juillet à novembre, seuls sont pêchés en petite quantité des individus de taille inférieure à 40 cm qui sont, selon Champagnat (1978), des immatures ne participant pas aux migrations. Il semble donc que les données analysées sur cette première période conduisent à une interprétation des migrations en fonction des tailles, similaire à celle avancée par Champagnat en 1978, les écarts mineurs sur les dates d'apparition des différentes cohortes pouvant être liés aux fluctuations qui marquent le début de la saison froide. En 1981, on note aussi l'apparition progressive des mêmes classes d'âge en saison froide: d'abord les individus de petite taille à Saint-Louis en décembre, et à Kayar en janvier, ensuite les individus de taille moyenne sont pêchés de janvier à juillet à Saint-Louis, mais sont pratiquement absents des débarquements à Kayar cette année là. De même, en mai et en juin, les gros individus ne sont observés qu'à Saint-Louis (Fig.4-26). En 1986, on note l'absence d'individus de taille supérieure à 60 cm dans

les débarquements, aussi bien à Kayar qu'à Saint-Louis (Fig.4.27). On serait tenté d'expliquer la chute des rendements des pirogues lignes par l'absence d'adultes dans la population migrante de tassergals.

Le développement de la pêche à la senne tournante permet une analyse des fréquences de tailles des captures de cet engin en 1981 et 1986 complétant celle des captures des pirogues lignes. En 1981, on note que les individus de taille moyenne sont bien présents sur l'aire de pêche de Kayar (Fig. 4-28). Ceux-ci n'étaient donc pas capturables par les lignes appâtées, ou bien les sennes tournantes se sont avérées les plus efficaces. De même, des individus de grande taille sont présents dans les débarquements de tassergal en mai à Kayar et en juin à Saint-Louis. En 1986, la chute des rendements en tassergal s'est traduite par un faible nombre d'observations (Fig. 4-29). On retrouve néanmoins la présence, en faibles proportions certes, d'individus de grande taille à Kayar en mai et à Saint-Louis en juin.

L'absence de tassergals de taille supérieure à 80 cm à Yoff, au sud de Kayar entre 1979 et 1987 semble confirmer la théorie fixant la limite septentrionale des gros individus de cette espèce au niveau de la fosse de Kayar (Champagnat 1978). Sur les fréquences de taille obtenues à partir des débarquements des pirogues lignes dans ce port (Fig. 4-30), on note la présence d'individus de petite taille (de 30 à 50 cm) en janvier et février, et d'individus de taille moyenne (de 60 à 80 cm) de mars à mai. Au sud de Kayar donc, nous n'avons pas observé d'individus de taille supérieure à 80 cm, ni noté d'activité de pêche dirigée vers le tassergal. Certaines unités de pêche capturent accessoirement, surtout en saison chaude, des individus de petite taille.

Le chinchard jaune, dont le cycle migratoire a été décrit par Boely (1973), est une espèce également capturée en grande quantité par une pêcherie industrielle en Mauritanie. L'exploitation du stock par les pirogues lignes ne semble pas perturbée outre mesure par la concurrence des autres types de pêche tant la composition démographique paraît stable sur la période 1975-1987. Dans les fréquences de taille recueillies à Saint-Louis et à Kayar (Fig. 4-31), on remarque que les individus de taille inférieure à 30 cm sont présents toute l'année dans l'aire de pêche. La migration ne semble concerner que les individus de taille supérieure à 30 cm qu'on retrouve dans les captures à partir de décembre à Saint Louis et de janvier à Kayar ; on observe le mouvement inverse en juillet. Ceci semble indiquer un déplacement vers le nord des adultes avec l'installation progressive des eaux chaudes sur le plateau continental. Ce schéma de migration différentielle, observée à partir des fréquences de tailles de chinchard jaune en 1976, peut se retrouver dans les données recueillies sur la pêche à la ligne jusqu'en 1987, les distributions de taille étant restées stables. Il avait également été observé par Boely (1978) dans ces mêmes ports en 1972-1973: on retrouve des individus de taille supérieure à 30 cm dans les captures des pirogues lignes entre décembre et juin. Les fréquences de taille collectées dans les captures des sennes tournantes n'apportent pas d'indications nouvelles sur les migrations déjà décrites. Ce type d'engin ne permet que la capture en saison froide d'individus de taille généralement inférieure à 30 cm (Fig.4-32), qui ne paraissent pas accessibles à l'engin en saison chaude. Deux interprétations paraissent possibles:

- le fait que les individus de taille inférieure à 30 cm ne soient pêchés que par les lignes en saison chaude indique une absence de concentrations importantes en cette saison,

- la pêche en saison froide des individus de grande taille par les lignes de fond (Laloë et al. 1981) peut révéler un comportement démersal des classes d'âge correspondantes.

Le tiof est également une espèce à affinité saharienne soumise au même cycle de migration le long des côtes sénégal-mauritaniennes (Cury et Worms 1982, Cury et Roy 1988). Les données collectées à Kayar, où la pêche est très orientée vers cette espèce, permettent de se faire une idée sur ses mouvements (Fig.4-33). En novembre ou décembre, selon les années, on observe une importante proportion d'individus de taille inférieure à 60 cm dans les débarquements des pirogues lignes, puis un accroissement de plus en plus important de la proportion des individus de taille supérieure entre décembre et juin. En saison chaude, la proportion des gros individus diminue, mais sans disparaître totalement, comme c'est le cas pour le tassergal. La présence de tiofs de taille supérieure à 80 cm pendant la saison chaude dans les captures réalisées par les pirogues lignes fréquentant préférentiellement les lieux profonds (lieux 16 et 23) semble indiquer une migration en profondeur de cette espèce. Malgré cela, le faible nombre de pirogues en activité à Kayar indique qu'une part importante de la population est inaccessible et que le courant migratoire du sud vers le nord est intense. Ceci explique que les Saint-Louisiens partent en saison chaude pêcher le tiof au delà de la latitude 16°30 avec des pirogues glacières lors de marées de 3 à 4 jours. Nous ne disposons pas d'un nombre important de mesures de tailles sur les captures réalisées par ce type de pêche à cause du mode de conservation des poissons. Ceux-ci sont maintenus dans les caisses à glace au débarquement, puis transférés directement dans les camions de mareyeurs ou au marché. Les structures démographiques obtenues en 1977 montrent une distribution où dominent les individus de 70 à 90 cm en octobre et novembre. Ceci semble être le cas durant les années suivantes pour toute la saison de pêche pour ces engins (Fig.4-34), alors que les gros individus sont rares en saison chaude dans les zones de pêche traditionnelles des pirogues lignes de Kayar et Saint-Louis. Les fréquences de taille obtenues après 1981 ne rendent réellement pas compte de cette situation ; nous avons vérifié que les mesures de taille faites par l'enquêteur peuvent être biaisées par le fait que ce dernier n'a pas accès à toute la capture. Il ne peut observer, dans la plupart des cas, que les individus les plus petits distribués aux vieux pêcheurs ayant aidé à tirer la pirogue au sec, ou aux membres de la famille.

Toutes les espèces à affinité saharienne exploitées sur la côte nord du Sénégal sont peu ou pas du tout présentes dans les débarquements réalisés par la pêche artisanale en saison chaude. On peut à priori assimiler leurs déplacements saisonniers à ceux décrits pour les espèces principales les mieux connues, avec des variantes selon les classes d'âge et aussi selon les aléas climatiques réglant la durée et l'intensité du refroidissement des eaux. L'interprétation proposée à partir des statistiques de pêche doit être affinée par des opérations complémentaires comme le marquage ou les techniques d'identification des populations pour mieux cerner la composante bathymétrique des migrations. Une action de recherche est actuellement en cours au CRODT (Gérard 1988) sur ces aspects et sur le rôle de barrière joué par le complexe fosse de Kayar - presque île du Cap Vert dans la limitation des mouvements nord-sud des poissons démersaux.

IV-2-2-2-3 Influence des facteurs environnementaux

Toutes les études sur les migrations de stock dans la région sénégal-mauritaniennes insistent sur le rôle des facteurs environnementaux et de la productivité du milieu dans le déclenchement et la durée de ces mouvements (Champagnat et Domain 1979, Boely et al. 1978, Fréon 1986, Cury et Roy 1988). Selon Harden Jones (1968), cité par Champagnat (1978), dans les zones à forte variabilité trophique, les poissons s'adaptent à tirer le maximum de profit du cycle de productivité des eaux.

Sur la Grande Côte, l'enrichissement du milieu en saison froide est dû à l'installation de l'upwelling entraînant une chute des températures de surface. Une comparaison des profils de température (Fig. 1-5), de l'indice d'upwelling (Fig. 1-6) et des rendements des principales espèces pêchées (Fig. 4-23 et 4-24) suggère à priori l'existence de relations entre ces différentes composantes. Dans l'étude sur les migrations de la sardinelle ronde (Fréon 1986) et du tiof (Cury et Roy 1988) ces auteurs ont souligné que le déclenchement des mouvements de ces stocks du nord vers le sud en début de saison froide fait suite à une relaxation de l'upwelling mauritanien et un renforcement simultané de celui du Sénégal, ce dernier devenant en un moment plus intense que le premier.

Toutes ces observations sur les espèces et les conditions du milieu suggèrent la recherche de relations régissant les rapports entre celles-ci. Dans cette optique, nous avons noté pour chaque saison froide (tab. IV-4):

- d'une part, certaines caractéristiques de l'upwelling tirées de la figure 4-35 (données fournies par C. Roy) donnant l'évolution du transport d'Ekman calculé sur la côte nord du Sénégal et au nord de la côte mauritanienne à partir des données de vent enregistrées aux aéroports de Yoff et de Nouadhibou ; ce sont les quinzaines de début et de fin de l'upwelling sur la côte nord (la limite inférieure d'intensité étant fixée (Rebert 1983) à 0,44 m³/s par mètre de côte), la température moyenne de surface à Saint-Louis pour la quinzaine de début d'upwelling, la quinzaine de début ainsi que la durée de la période pendant laquelle l'intensité de l'upwelling est plus forte sur la côte nord qu'en Mauritanie,

- d'autre part, pour Kayar et Saint-Louis, les quinzaines d'apparition du tassergal et du tiof dans les captures des pirogues lignes (premières quinzaines où l'augmentation des prises par sortie signale le début de la campagne de pêche), ainsi que les prises et rendements moyens obtenus pour ces espèces entre novembre et juin de l'année suivante; les méthodes de calcul utilisées pour obtenir ces différentes quantités sont indiquées au tableau IV-4).

Le tableau IV-4 montre une variabilité des dates de début de l'upwelling, de l'apparition d'une plus forte intensité de celui-ci sur la côte nord, ainsi que des quinzaines d'apparition des deux espèces dans les captures. On note ainsi que l'upwelling sur la Grande Côte débute en quinzaine 20 ou 21 et devient généralement plus intense que celui de Nouadhibou 2 ou 3 quinzaines plus tard. Cette situation favorable à la côte nord est de durée variable selon les années, on observe qu'elle a été très courte de 1984 à 1987 (3 quinzaines) ; ceci coïncide avec les plus faibles captures enregistrées pour le tassergal et suggère donc une hypothèse de travail supplémentaire pour l'interprétation de l'évolution de ces captures.

Pour une approche quantitative des relations entre la ressource exploitée et l'environnement, nous avons estimé (tab. IV-5) les coefficients de corrélation entre les variables figurant au tableau IV-4 . Le grand nombre de coefficients ainsi estimés ne permet pas de faire des tests statistiques valables. En effet, même en l'absence de relations, la probabilité d'obtenir une valeur significativement non nulle est très élevée. La discussion présentée ici, qui repose de plus sur un faible nombre d'observations (13), ne peut donc guère conduire qu'à l'émission d'hypothèses de travail.

Les corrélations les plus importantes entre variables de pêche et d'environnement sont observées entre:

- quinzaine d'apparition du tassergal à Saint-Louis comme à Kayar et quinzaine de début d'upwelling puis quinzaine d'intensité maximale de l'upwelling quand la période de résurgence est favorable à la Côte Nord,

- captures et prises par sortie de tassergal et température puis durée de la période d'intensité d'upwelling plus forte sur la côte nord,

- quinzaine d'apparition du tiof à Saint-Louis et Kayar et quinzaine de début d'upwelling puis quinzaine d'intensité de l'upwelling maximale pendant la période de résurgence favorable à la Côte Nord,

- capture de tiof et quinzaine de début de l'upwelling puis température de surface.

Pour ces différentes variables de pêche, nous avons recherché des fonctions de variables d'environnement qui les "expliquent" le mieux possible par une méthode de régression progressive. Les ajustements obtenus rendent compte du rôle important des variables d'environnement sur l'évolution des données de pêche (captures, rendements) et sur la migration des deux espèces étudiées.

Les meilleurs ajustements par le minimum de variables d'environnement explicatives sont obtenus pour 4 données de pêche (Fig. 4-36).

La quinzaine d'apparition du tiof à Saint-Louis (Y_3) est très corrélée avec la durée de la période d'upwelling favorable à la côte nord (X_8), l'intensité maximale de l'upwelling à Yoff entre les quinzaines 20 et 24 (X_5) et l'écart maximum entre les intensités d'upwelling à Yoff et Nouadhibou (X_9). Le modèle d'ajustement

$$Y_3 = 30,71 - 0,474.X_8 - 0,052.X_5 + 0,019.X_9 \quad \text{explique 83,6\% de la variance.}$$

Les captures totales de tassergal sur toute la côte nord (Y_5) sont très corrélées à X_8 et à la température de surface observée à Saint-Louis au début de l'upwelling (X_6). Le modèle

$$Y_5 = 20\,316 - 412,8.X_8 - 88,7.X_6 \quad \text{explique 87,3\% de la variance.}$$

La prise par sortie en tassergal des pirogues lignes de Saint-Louis et Kayar Y_6 est calculée par la moyenne des rendements obtenus à Saint-Louis (de Janvier à Juin) et à Kayar (de Février à Mai). Elle est corrélée à X_6 , X_8 et X_9 définis précédemment.

Le modèle

$$Y_6 = 3762 - 16,49.x_6 + 95,9.x_8 - 3,07.x_9 \quad \text{explique 72,9 \% de la variance .}$$

Les captures totales de tiof par les pirogues lignes sur la côte nord (Y_3) sont corrélées à la quinzaine de début de l'upwelling (X_1), à X_5 , à la quinzaine de fin de l'upwelling (X_{12}) et à la quinzaine (entre la 20ème et la 24ème) durant laquelle l'intensité de l'upwelling est maximale à Yoff (X_4). Les variables

X_1 et X_{12} donnent la durée de l'upwelling sur la côte nord, qu'il serait peut-être intéressant d'inclure dans la modélisation. Le modèle

$$Y_7 = 6548 - 167,4.X_1 + 7,32.X_5 - 216,4.X_{12} - 63,1.X_4 \quad \text{explique 75,8 \% de la variance.}$$

Dans ces modèles, les variables d'environnement les plus importantes sont les variables en rapport avec la situation où l'upwelling de la côte nord est plus intense que celui de la zone mauritanienne. Les facteurs d'environnement décrivant cette période sont d'ailleurs très liés aux captures et rendements de tassergal. Dans la figure 4-36 c, on remarque que les écarts entre les prises par sortie observés et celles ajustées par le modèle sont importants en 1982 et 1983. Nous verrons plus loin (cinquième partie) que les mauvais rendements observés pour les pirogues lignes (inférieurs à ceux issus de l'ajustement) découlent d'une collaboration entre pêcheurs, privilégiant la pêche des bancs de tassergal présents par les sennes tournantes.

IV-2-2-3 Discussions.

Cette étude des variabilités inter et intra-annuelle des rendements de pêche traduit bien les interactions entre la ressource, le milieu et l'exploitation par les pêcheurs. Les conditions de milieu (température, enrichissement etc...) déterminent la disponibilité d'une ressource multispécifique; le pêcheur adapte son effort de pêche à l'abondance locale de celle-ci par des reports d'effort qui nécessitent soit des migrations de pêche à plus ou moins grande échelle, soit des modifications dans le type même de l'exploitation par des changements d'engins de pêche ou l'amélioration de leur efficacité. L'adaptation aux variations d'abondance relative de la ressource est possible grâce à la maîtrise par le pêcheur de plusieurs techniques et la circulation, entre les centres de pêche, de l'information sur les succès de pêche et les conditions du marché. En une année, l'activité d'un pêcheur peut être résumée en une succession de campagnes pouvant mettre en jeu divers engins, sur des espèces cibles très variées. Ce volet a fait l'objet d'une enquête dont les résultats seront exposés dans la cinquième partie.

A l'échelle interannuelle, les baisses de rendement ne sont significatives que pour la pêche à la ligne sur la Grande Côte. Elles sont très marquées pour les grands pélagiques et peuvent avoir diverses causes, liées à l'abondance réelle du stock, aux conditions environnementales ou à des modifications dans les méthodes d'exploitation (concurrence par exemple entre la senne tournante et la ligne pour le tassergal). Il est effectivement intéressant de remarquer que la tendance générale à la baisse de ces rendements s'annule si on exclut de ceux-ci la contribution des espèces pélagiques principales telles que le tassergal, la thonine et le chinchard jaune (Fig.4-37). Il est même probable que la disparition du tassergal des prises des pirogues lignes explique la chute des rendements de ce type de pêche.

L'interprétation des variations de rendements spécifiques selon les années et les saisons pour la pêche à la ligne et à la senne tournante apporte des informations sur les niveaux d'abondance relative des stocks dans les zones de pêche. Au niveau actuel de nos connaissances, ces variations permettent seulement une description de l'état de la ressource à un moment donné, sa disponibilité entraînant le développement d'une campagne de pêche si les espèces la composant sont jugées économiquement intéressantes par les pêcheurs. Les campagnes de pêche mises en évidence concernent notamment:

- pour la pêche à la ligne, le tiof, le tassergal, le pageot, le pagre et, plus récemment le voilier et le denté à gros yeux,

- pour la pêche à la senne tournante, la sardinelle ronde, le chinchard jaune et récemment le tassergal,
- pour le filet dormant la sole.

Pour ces espèces cibles, les longues séries de données disponibles concernent pour Saint-Louis et Kayar le tassergal et le tiof: nous avons pu retracer les schémas de migration et constater que la chute des prises entre 1975 et 1987 est très marquée pour le tassergal, et faible pour le tiof. L'hypothèse d'une chute de l'abondance réelle du tassergal, bien que plausible, est difficile à vérifier en l'absence d'estimations directes de biomasses pour ce stock partagé entre le Sénégal et la Mauritanie. La possibilité d'une comparaison des indices d'abondance locale de pêche artisanale à ceux de la pêche industrielle est exclue, le tassergal ne constituant pas une cible pour la pêche industrielle.

Les conditions environnementales apparaissent comme un élément déterminant dans les migrations de ces espèces, sahariennes pour la plupart. L'intensité et la durée de l'upwelling sur la côte nord, en balance avec celles de l'upwelling de Nouadhibou ont déjà été considérées par certains auteurs (Fréon 1986, Cury et Roy 1988) comme des régulateurs des flux migratoires des sardinelles et du tiof. Pour le tassergal, la baisse des rendements après 1983 pourrait vraisemblablement être due à un affaiblissement de l'upwelling sur la côte nord par rapport à celui de Mauritanie, entraînant une descente tardive, ou même inexistante des individus adultes de taille supérieure à 80 cm. Les données actuelles ne permettent pas de confirmer cette hypothèse qui ouvre une voie de recherche intéressante pour la gestion des ressources.

La dynamique du pêcheur constitue aussi un élément important dans les processus de gestion des ressources. Pour la pêche artisanale, nous avons remarqué que le dynamisme des exploitants assure la pérennité du secteur. Ceux-ci s'adaptent à la disparition d'une espèce cible en s'orientant vers une autre, assurant ainsi le maintien d'une activité rémunératrice. C'est ainsi que le denté à gros yeux tend à remplacer le tassergal à Kayar dans les débarquements ; il constitue de plus en plus une espèce cible dont la production est stimulée par des prix rémunérateurs (400 F/kg) offerts par des usines récemment installées pour sa commercialisation. L'importante pêche dirigée sur cette espèce répartie sur les fonds de 100 à 150 m (Domanewsky 1968) pourrait constituer la raison de la fréquentation des lieux profonds (16 et 23) à Kayar.

IV-2-3 Les captures

Sur la Grande Côte, les statistiques de pêche recueillies depuis 1975 par le CRODT permettent de disposer de séries de captures par combinaison des prises par sortie et des estimations de nombres de sorties. Ces données sont régulièrement publiées ; nous allons en utiliser quelques unes pour illustrer certaines des observations faites dans les analyses précédentes.

IV-2-3-1 Evolution des captures à Saint-Louis.

Les captures totales sont en nette croissance à Saint Louis de 1975 à 1987 (Fig.4-38) et on peut déceler deux phases dans cette évolution.

- **La première phase, de 1975 à 1980:** le niveau des captures est assez stable, 4 000 tonnes sont débarquées en moyenne chaque année, principalement réparties entre la pêche à la ligne (66%) et la pêche au filet dormant (20%). Les espèces caractéristiques de cette phase sont surtout celles pêchées à la

ligne telles le tassergal (de 30 à 52% des captures selon les années), le pagre, la thonine et le tiof (Fig. 4-39). Cette phase est typique de l'exploitation à la ligne et coïncide avec des nombres élevés de sorties et des rendements importants pour ce type de pêche.

- **La deuxième phase, de 1981 à 1987:** après 1981, on observe une augmentation des captures (8 000 tonnes en moyenne) liée aux débarquements importants des sennes tournantes dont la contribution (57 à 86 % des quantités) participe à la modification de la composition spécifique des captures. Le tassergal reste prédominant jusqu'en 1983, car il est ciblé aussi par les sennes tournantes. Cependant, c'est la proportion de sardinelles qui s'accroît et atteint 82% en 1987, réduisant de manière conséquente la part des espèces traditionnelles de pêche à la ligne dans les débarquements. On observe vers la fin de cette phase la contribution de plus en plus importante des pirogues glacières dans les captures.

IV-2-3-2 Evolution des captures à Kayar.

On assiste au même phénomène (Fig. 4-40), avec une succession de deux phases.

- **Une première phase de 1975 à 1979:** les prises sont assez stables autour de 8 000 tonnes et sont principalement assurées par les pirogues lignes. Les espèces les plus abondamment pêchées sont le tassergal (entre 20 et 49% selon les années), le chinchard jaune, le pageot et le tiof (Fig. 4-41).

- **Une deuxième phase de 1980 à 1987:** les prises augmentent brutalement en 1980 et se stabilisent autour de 14 000 tonnes. Ce fort accroissement est imputable aux débarquements de sennes tournantes qui par la suite passent de 69 % en 1980 à 86 % en 1987. La composition spécifique se modifie en conséquence et la part des petits pélagiques côtiers devient prépondérante. Jusqu'en 1983, le chinchard jaune constitue la cible principale des sennes tournantes (20 à 27 % des captures totales). Les débarquements de tassergal sont moins importants et deviennent même très faibles après 1984. A partir de cette année, la proportion de sardinelles s'accroît et passe de 28 à 60 %. La baisse des prises totales enregistrée en 1985 et 1986 est due à une chute simultanée des rendements et des nombres de sorties à Kayar.

IV-2-4 Associations entre espèces et lieux de pêche.

Nous avons déjà pu repérer et caractériser les principaux lieux fréquentés par les pirogues lignes. Nous avons vu que les taux de fréquentations dépendent, pour la plupart des lieux, de la saison. Certains d'entre eux ont été délaissés au profit d'autres entre 1975 et 1987. Les lieux ne sont donc pas visités "au hasard" et il existe sans doute des effets lieux connus des pêcheurs pour les capturabilités.

Nous utiliserons ici les données de prises par sorties selon les principales espèces pour apprécier les relations existant entre rendements spécifiques et lieux de pêche. La mise en évidence de telles relations est importante car elle permet, à travers la connaissance des profondeurs et de la nature des fonds, de préciser la distribution des principales espèces démersales en fonction de ces caractéristiques. Ces relations, établies à travers les résultats obtenus par les pêcheurs, permettent donc également de trouver un lien entre un lieu donné et le choix d'une espèce cible par les pêcheurs, s'il est reconnu que la répartition spatio-temporelle des poissons n'est pas le fait du hasard. Cette analyse doit évidemment tenir compte de l'importante variabilité saisonnière ainsi que des variations interannuelles des rendements de pêche.

IV-2-4-1 Méthode d'analyse.

Pour tenir compte des principales sources potentielles de variations, nous avons choisi d'étudier les données disponibles par l'analyse de variance du modèle à plusieurs facteurs:

$$X_{ijklm} = m + l_i + b_j + a_k + lb_{ij} + pb_{mj} + \varepsilon_{ijklm} \text{ où:}$$

l_i est l'effet lieu (9 ou 12 niveaux);

b_j est l'effet "bimestre" (6 niveaux);

a_k est l'effet année (13 niveaux) qui prend en compte l'effet principal période);

lb_{ij} est l'interaction lieu bimestre (tel lieu "favorable" à une espèce en une saison donnée ne l'est pas forcément pendant une autre saison),

pb_{mj} est l'interaction période bimestre (telle espèce très recherchée pendant les années 70 ne l'est peut-être plus au cours des années récentes).

La variable X étudiée pour une espèce donnée ou pour l'ensemble des espèces, est le logarithme des moyennes des prises par sorties (auxquelles on a ajouté 1). L'utilisation de transformations logarithmiques permet de tenir compte d'effets multiplicatifs se traduisant, si on utilise les valeurs non transformées, par des interactions importantes. Ces moyennes sont, ici encore, calculées à partir de nombreuses observations. Il existe de plus nombreuses combinaisons pour lesquelles nous ne disposons pas d'observations (certains lieux ne sont pas visités tous les bimestres), ce qui ne permet pas d'obtenir un plan d'analyse complet. L'importance de telle ou telle source de variation sera appréciée par la diminution du pourcentage de variance expliquée lorsqu'on la supprime du modèle.

Nous avons ainsi effectué les analyses des modèles suivants:

$$2: X_{ijklm} = m + l_i + b_j + a_k + pb_{mj} + \varepsilon_{ijklm} \quad ("lb_{ij}=0")$$

$$3: X_{ijklm} = m + l_i + b_j + a_k + lb_{ij} + \varepsilon_{ijklm} \quad ("pb_{mj}=0")$$

$$4: X_{ijklm} = m + l_i + b_j + a_k + \varepsilon_{ijklm} \quad ("lb_{ij}=pb_{mj}=0")$$

$$5: X_{ijklm} = m + l_i + \varepsilon_{ijklm} \quad ("b_j=a_k=lb_{ij}=pb_{mj}=0")$$

$$6: X_{ijklm} = m + b_j + a_k + \varepsilon_{ijklm} \quad ("l_i=lb_{ij}=pb_{mj}=0")$$

$$7: X_{ijklm} = m + a_k + \varepsilon_{ijklm} \quad ("b_j=l_i=lb_{ij}=pb_{mj}=0")$$

IV-2-4-2 Résultats, interprétation.

Les tableaux IV-6 a (Saint Louis) et IV-7 a (Kayar) présentent les pourcentages de variance expliquée pour les 7 modèles ajustés en fonction de l'espèce étudiée.

IV-2-4-2-1 Saint-Louis

Pour le scyris, le denté, le pageot, la ceinture et les requins, les pourcentages sont très faibles sinon nuls ; les rendements obtenus n'ont guère de sens pour ces espèces ou groupes d'espèces secondaires non recherchés par les pêcheurs.

Pour les espèces principales les résultats sont très aisément interprétables.

Les interactions période-bimestre et lieu-bimestre apparaissent négligeables, les pourcentages de variance expliquée du modèle 1 et du modèle 4 sont du même ordre. On ne note une baisse de ces pourcentages que pour la thonine et dans une moindre mesure pour le tassergal.

Le modèle additif 4 sur les trois facteurs lieu, année et bimestre est tout à fait acceptable.

Les comparaisons entre les ajustements des modèles 4, 5, 6 et 7 indiquent qu'il y a un effet temporel important pour toutes les espèces. Celui-ci est essentiellement dû à un effet bimestre important (variations intra-annuelles) ; une variabilité inter-annuelle notable n'existe que pour le tassergal.

L'effet lieu n'est important que pour le tiof et le pagre.

Les valeurs des paramètres du modèle 4 (effets lieu, bimestre et année), obtenues par l'ajustement des moyennes non transformées (tab. IV-6 b) confirment l'évolution temporelle des rendements déjà décrite. Le lieu 6 est le lieu de pêche le plus favorable à la capture du tiof (premier bimestre principalement) et à la capture du pagre (troisième et quatrième bimestres). Ce lieu, dénommé "Lahrat" (Fig. 1-13) est situé sur une bande rocheuse côtière au nord de Saint-Louis. Ce résultat confirme l'association de ces espèces démersales aux fonds durs.

IV-2-4-2-2 Kayar.

Les résultats sont comparables à ceux obtenus à Saint-Louis: en première approximation, le modèle 4 donne un pourcentage de variance expliquée comparable à celui du modèle 1, bien que moins bon en général que dans les résultats de Saint-Louis.

Pour le tassergal, on note la présence d'un effet résiduel période-bimestre qui correspond aux importantes variations de rendement déjà observées lors des saisons de pêche successives de 1975 à 1987 (IV-2-2-3-2).

Ici encore, le modèle additif 4 sur les trois facteurs lieu, année et bimestre est tout à fait acceptable. On observe également un effet temporel pour toutes les espèces. Comme à Saint-Louis, cet effet est essentiellement dû à des variations saisonnières (effet bimestre), un effet année n'étant observé que pour le tassergal.

L'effet lieu n'est important que pour les espèces démersales (tiof, denté, pageot, et requin dans une moindre mesure).

Les valeurs des paramètres du modèle 4 (effets lieu, bimestre et année), obtenues par l'ajustement des moyennes non transformées (tab. IV-7 b) confirment ici encore l'évolution temporelle des

rendements. Les rendements en tîof sont particulièrement bons dans les lieux 2 et 4 (fonds rocheux au nord de Kayar, Fig.1-14). Les lieux 23 et 16 (lieux profonds) sont favorables à la capture des dentés. Le lieu 14 (fonds meubles en face de Kayar) apparaît comme "le" lieu de pêche privilégié pour le pageot. Pour le requin, les lieux 2 et 23 sont les plus favorables. Ces lieux ne sont guère comparables, ceci est sans doute dû au regroupement d'espèces côtières (lieu 2) et vivant en eau profonde (lieu 23) sous la même appellation "requin".

IV-2-5 Relations entre espèces.

Dans les paragraphes précédents, nous avons vu que la pêche artisanale s'exerce sur un nombre important d'espèces parmi lesquelles les espèces cibles constituent une faible proportion. Selon les saisons, ces dernières sont débarquées avec un certain nombre d'espèces secondaires associées, c'est-à-dire trouvées pendant la même sortie de pêche au même lieu ou en des lieux voisins. L'observation des pirogues au débarquement suggère déjà l'idée d'un regroupement entre espèces ayant certaines affinités, pouvant être liées aux caractéristiques du milieu (par exemple la température, la profondeur ou la nature du fond) ou au comportement du poisson. Cette démarche "subjective" (Fager et Longhurst 1968) a déjà été utilisée pour la description des peuplements démersaux à partir des résultats de pêche des chalutiers opérant le long de la côte ouest-africaine, ou de données de chalutage expérimental obtenues dans cette région. Diverses analyses statistiques fournissent d'intéressants détails sur la structuration et la répartition des différents groupements d'espèces. Fager et Longhurst (1968), puis Domain (1980) ont ainsi, à partir de données de chalutage, proposé une description des peuplements démersaux du plateau continental ouest-africain. L'utilisation d'un chalut comme outil d'échantillonnage est la technique la plus répandue pour l'inventaire des ressources halieutiques, par une visite régulière de stations sélectionnées et l'observation de la totalité ou d'un échantillon des individus capturés. Cette méthode s'applique aux espèces démersales et semi-pélagiques présentes dans les zones chalutables, excluant les régions de profondeur inférieure à 10 m ou non chalutables à cause des risques de croche.

Nous tenterons de décrire les regroupements d'espèces en analysant les résultats des pirogues de pêche à la ligne (ceux des sennes tournantes et des filets dormants sont moins nombreux et ne concernent qu'un nombre réduit d'espèces).

IV-2-5-1 Méthode d'analyse.

Des analyses en composantes principales seront faites sur des observations de captures réalisées pour une sortie, c'est-à-dire sans regrouper les résultats de plusieurs sorties. Chaque analyse portera sur des observations faites pendant une durée de deux mois, de façon à ce que des modifications saisonnières dans la nature des peuplements aient un impact le plus faible possible sur les résultats. Les données de captures ont été transformées par la fonction $\text{Log}(X+1)$. Ceci évite que les espèces dont les captures sont les plus importantes constituent systématiquement les premiers axes, tout en évitant que les espèces "rares" interviennent de façon artificielle dans la définition de ces axes.

On pourrait ainsi effectuer, par engin et par port, 78 analyses (nombres de bimestres en 13 années). Nous avons donc choisi de faire les analyses sur les observations réalisées en 1976, 1981 et 1986, chaque année étant sélectionnée dans l'une des trois périodes (ou groupes d'années) précédemment décrites. Les résultats des analyses en composantes principales s'interprètent pour chaque bimestre par l'observation des associations ou oppositions des espèces sur les premières composantes principales, les pourcentages de variance expliquée indiquant la qualité des résumés d'information auxquels elles

conduisent. Nous avons également, pour chaque bimestre, construit des matrices de "similitude" en calculant les pourcentages de cas de présence d'une espèce *i* sachant qu'une espèce *j* est présente (nous dirons que l'espèce *i* est associée à l'espèce *j* si ce pourcentage est supérieur à 50%).

Les résultats montrent en général que les espèces cibles déterminent les premières composantes. Ce sera seulement entre ces espèces que l'on pourra déceler ou non des affinités quelconques. Le découpage en bimestres permettra un suivi des associations entre espèces selon les saisons.

IV-2-5-2 Résultats obtenus et interprétation.

A Saint Louis en 1976, on constate qu'en général pour l'ensemble des bimestres, quatre espèces; tassergal, tiof, thonine et pagre assurent les plus fortes contributions sur les deux premiers axes (tab. IV-8) . On note dans certains cas des associations entre certaines d'entre elles:

- au premier bimestre entre le tiof et le tassergal, qui s'opposent par ailleurs sur le second axe, axe qui traduit donc le comportement démersal du premier et pélagique du second ; la matrice de similitude montre qu'on trouve du tiof dans 67% des 257 pirogues qui ont ramené du tassergal,

- aux cinquième et sixième bimestres entre le tiof et le pagre ; la matrice des similitudes pour le sixième bimestre indique que le tiof est présent dans 71% des pirogues qui ont ramené du pagre.

Le fait qu'il y ait peu d'espèces associées dans les débarquements est dû à une pêche largement monospécifique durant l'année 1976: recherche du tassergal ou de la thonine aux trois premiers et au sixième bimestres, du pagre au quatrième et du tiof au cinquième. Ceci explique que ces quatre espèces représentent 78% dans le rendement moyen annuel.

En 1981, on observe le même scénario avec des contributions très fortes sur les deux axes pour le tassergal, la thonine, le tiof, le chinchard et la ceinture. On constate que:

- les trois premiers bimestres sont caractérisés par le tassergal associé dans les deux premiers à la thonine et s'opposant au pagre au troisième ; l'association entre thonine et tassergal est marquée au second bimestre au cours duquel 98% des 86 pirogues ayant ramené de la thonine contiennent également du tassergal,

- au quatrième bimestre, il existe sur le premier axe une opposition entre le pagre et la ceinture, on n'enregistre la présence de la ceinture que sur 1% des 128 pirogues qui ont ramené du pagre,

- pour les deux derniers bimestres, les contributions aux deux premiers axes suggèrent une association entre le pagre et le tiof; au sixième bimestre, on retrouve du tiof dans 45% des 51 pirogues qui ont ramené du pagre.

En 1981 aussi, la pêche est largement dirigée vers le tassergal (trois premiers bimestres), puis vers le pagre et le tiof (trois derniers bimestres).

En 1986, on observe de fortes contributions aux deux premiers axes du tiof, du pagre, du chincharde, de la raie, une influence faible du tassergal et nulle de la thonine. L'analyse des valeurs propres par bimestre montre:

- au premier bimestre, un premier axe expliqué par la raie et le second par le tiof ; l'examen de la matrice des similitudes suggère deux tactiques de pêche: seules 27% des 107 pirogues ayant ramené du tiof contiennent de la raie,

- au deuxième bimestre, une association entre tiof et pageot sur le premier axe en l'absence de tassergal; sur les 118 pirogues ayant ramené du tiof, 84% contiennent du chincharde jaune et 71% du pageot,

- du troisième au cinquième bimestre, une association entre le pagre et le tiof, qui sont opposés au chincharde sur le premier axe au troisième bimestre ; cette dernière espèce semble associée au pagre sur le deuxième axe qui exprime un pourcentage de variance assez élevé (25%); on peut comprendre qu'il y ait deux tactiques de pêche différentes au cours de ce bimestre: l'une recherchant le pagre et le tiof, l'autre le pagre et le chincharde ; sur les 201 pirogues ayant ramené du pagre, 68% contiennent du tiof et 72% contiennent du chincharde,

- au sixième bimestre, une opposition tiof-chincharde sur le premier axe ; le deuxième axe est caractérisé par une forte contribution de la raie, cette espèce expliquant également à elle seule le deuxième axe du cinquième bimestre ; on peut admettre que la pêche de la raie est une tactique à cheval sur les deux bimestres, une autre tactique consistant à rechercher le tiof ; sur la matrice de similitude, on observe que la moitié des 231 pirogues ayant ramené du tiof contiennent également du chincharde.

Ces analyses de résultats obtenus à Saint-Louis conduisent à des conclusions de portée limitée, vu le nombre restreint d'espèces mises en jeu. La physiologie de la pêche est liée à la persistance d'une pêche monospécifique saisonnière fortement tributaire de la disponibilité du tassergal jusqu'en 1983. Avant cette date, on note une certaine affinité entre le tassergal et la thonine en saison froide et entre le tiof et le pagre en début de saison chaude. La raréfaction du premier groupe ces dernières années a modifié la composition des débarquements: on observe alors en saison froide une affinité entre le tiof, le pageot et le chincharde jaune.

A Kayar, l'analyse sur les résultats de pêche concerne un nombre d'espèces plus important qu'à Saint-Louis (tab. IV-9). En 1976, pour l'ensemble des bimestres, les contributions aux deux premiers axes sont importantes pour le tassergal, le pageot, le chincharde jaune, le tiof, le pagre, le scyris et le maquereau bonite.

- Au premier bimestre, on note sur le premier axe une opposition entre le tiof et le pageot puis entre le tiof et le chincharde ; et sur le deuxième axe une opposition entre le tiof et le groupe chincharde-tassergal. Cette observation suggère l'existence de trois tactiques orientées soit vers le tiof, soit vers le tassergal, soit vers le groupe pageot-chincharde. La matrice de similitude montre que 66% des 138 pirogues ayant ramené du chincharde contiennent aussi du pageot ; on ne retrouve pas pareille association pour le tiof ou pour le tassergal.

- Au deuxième bimestre, les deux axes sont d'égale importance et sont expliqués respectivement par les contributions du chincharde et du tassergal.

- Au troisième bimestre, la contribution du tassergal explique le premier axe et le second oppose le pagre et le tiof au groupe pageot-chincharde. Il existe une tactique orientée vers le tassergal et une tactique orientée vers le tiof et le pagre. Dans 58% des 146 pirogues ayant ramené du tiof, on retrouve du pagre.

- Au quatrième bimestre, on note sur le premier axe une association entre pageot et chincharde ; le second oppose des espèces pélagiques (chincharde jaune et scyris) à des espèces démersales (pageot et pagre). 66% des 186 pirogues ayant ramené du chincharde contiennent du pageot et 38% seulement du scyris. La présence de scyris dénote plutôt une tactique de pêche alors qu'il y a association entre le pageot, le pagre et le chincharde sur les lieux de pêche.

- Au cinquième bimestre, le pageot est opposé au maquereau bonite sur le premier axe alors qu'ils sont associés sur le second. La matrice de similitude ne traduit aucune association entre ces deux espèces qui sont l'objet de deux tactiques différentes.

- Au sixième bimestre, on note une opposition entre le tiof et le pageot: seules 28% des 128 pirogues ayant ramené du tiof contiennent du pageot.

Pour la période incluant l'année 1976, les affinités les plus nettes sont entre pageot et chincharde (avec le pagre au quatrième bimestre). Les autres espèces font l'objet de tactiques de pêche monospécifique très dirigées.

En 1981, l'analyse des résultats de pêche à Kayar ne montre pas de modification importante dans le schéma trouvé en 1976. Les oppositions marquées par les contributions du tiof et du pageot au premier bimestre, ou par celles du tiof et du tassergal au premier axe du second, dénotent trois tactiques de pêche dirigées sur chacune de ces trois espèces cibles, le pageot restant toujours associé au chincharde. Cette association se retrouve sur les premiers axes des trois derniers bimestres.

- Au troisième bimestre, on observe une forte contribution du pagre sur le deuxième axe. 53% des pirogues ayant ramené cette espèce contiennent également du tiof.

- Aux cinquième et sixième bimestres, on observe sur les premiers axes l'opposition du groupe denté-requin au groupe pageot-chincharde: ceci illustre l'existence d'une pêche profonde se développant parallèlement à une pêche côtière. L'absence de requins dans les pirogues ayant ramené des dentés suggère l'absence d'affinité entre ces espèces ; deux tactiques de pêche se sont développées à Kayar au cours des années 80.

En 1986, la pêche à Kayar est marquée par la quasi disparition du tassergal des prises de pirogues lignes. La prise moyenne d'une sortie de pêche calculée sur l'ensemble de l'année est composée pour 63 % de pageot, denté, tiof, raie, ceinture, chincharde jaune et requin. Le développement de la pêche sur le denté à gros yeux, espèce profonde, compense en saison froide le déclin de la pêche au tassergal. Les contributions de cette dernière espèce aux deux premiers axes de l'analyse sont nulles sur toute l'année. Ces modifications entraînent les constats suivants:

- aux deux premiers bimestres, on note sur les premiers axes de fortes contributions du denté qui s'oppose respectivement à celles du pageot et de la ceinture. Les deuxièmes axes opposent le pageot au tiof pour le premier bimestre et à la ceinture pour le second. Dans les matrices de similitude, on ne retrouve aucune affinité entre ces trois espèces qui, au vu de leur distribution (paragraphe III-2-4) sont l'objet de trois tactiques différentes: une pêche sur fonds durs et profonds pour le denté, sur fonds plus côtiers, durs pour le tiof et meubles pour le pageot,

- au troisième bimestre, on observe une forte contribution de tiof sur le premier axe et une opposition entre le denté et le groupe chinchard-pageot. Ce schéma est identique au cas observé dans les bimestres précédents,

- aux quatrième, cinquième et sixième bimestres, on note de fortes contributions aux premiers axes du groupe pageot-chinchard qui s'oppose au tiof. La raie apporte une forte contribution aux seconds axes des deux derniers bimestres. L'examen de la matrice de similitude ne montre aucune affinité entre le tiof, le pageot et la raie qui font l'objet de tactiques de pêche différentes: la raie très côtière entre septembre et décembre fait même l'objet d'une pêche à pied sur la plage de Kayar. Au dernier bimestre, seules 44% des 449 pirogues ayant ramené du pageot contiennent du chinchard, espèce dont nous avons constaté la baisse des rendements pour la pêche à la ligne entre 1983 et 1987.

A Kayar, si le nombre d'espèces concernées par cette analyse est important, d'une période à l'autre, la physionomie de la pêche est modifiée par la disparition progressive d'espèces cibles (tassergal, pagre) espèces remplacées par d'autres (denté, raie). La caractéristique essentielle est la tendance à l'utilisation de tactiques "monospécifiques" se traduisant par des affinités faibles entre espèces dans les captures. Le tassergal (avant 1983), le denté, la raie, le scyris et le maquereau bonite ont constitué selon les saisons des espèces cibles rarement associées à d'autres espèces dans les prises des pirogues. Les associations constatées entre tiof et pagre, puis pageot et chinchard ne sont plus évidentes dans les dernières années avec des contributions de plus en plus faibles du pagre et du chinchard.

Ces analyses des résultats de pêche sur la Grande Côte permettent une approche des relations interspécifiques moins précise qu'avec le chalut qui permet, d'autre part, d'intégrer dans l'étude les caractéristiques des fonds de pêche. Elles mettent à jour certaines affinités entre espèces, affinités biaisées par l'intérêt du pêcheur. Mais à ce titre, elles donnent des renseignements sur les diverses possibilités des pêcheurs, traduites en tactiques de pêche liées à une espèce ou à des groupes d'espèces. Nous allons aborder cette étude des tactiques de pêche dans la cinquième partie.

IV-3 Conclusions.

L'étude des résultats de la pêche artisanale en termes de quantités totales débarquées met en évidence la complexité d'un secteur exploitant, selon plusieurs méthodes, un nombre important d'espèces soumises à des variations climatiques conditionnant leur disponibilité. Ce schéma permet d'aborder le thème des relations entre le milieu, la ressource et l'exploitation.

Ressource et milieu.

Nous avons vu que l'upwelling est l'élément essentiel dans la distribution et la disponibilité des ressources exploitées. La topographie de la Côte Nord (tout au moins dans sa partie septentrionale) et

son orientation par rapport aux vents alizés (Rebert 1983) sont autant de facteurs favorisant la résurgence d'eaux riches en sels minéraux. Les variations observées dans l'évolution saisonnière et interannuelle de ce phénomène sont en relation avec celles de l'intensité des migrations des principales espèces. Nous avons vu que de l'importance des migrations du tassergal dépend le niveau des captures de cette espèce. Cury et Roy (1988) avaient émis des hypothèses similaires quant à la relation entre la qualité et l'intensité de l'upwelling et les captures de tiof à Kayar. Les résultats obtenus avec le tassergal indiquent la possibilité d'une interprétation des variations de capture et de rendement par certaines caractéristiques de l'upwelling. Les variables d'environnement les plus explicatives sont relatives à la période de saison froide durant laquelle l'upwelling est plus intense sur la côte nord qu'en Mauritanie: elles devront être mieux étudiées pour la recherche de lois rendant compte des variations de captures.

Ressource et exploitation.

La connaissance de la physionomie (composition et état) de la ressource détermine son exploitation par des pêcheurs ayant à leur disposition une batterie de possibilités leur permettant de s'adapter aux variations de disponibilité. Cette adaptation se traduit:

- pour le moyen terme, par une "décision collective" des pêcheurs de diriger un effort local important vers une espèce ou un groupe d'espèces associées, ce qui définit les campagnes de pêche ; campagne au tiof-pagre, au tassergal-thonine, au denté à gros yeux, à la sole...

- pour le court terme, par des ajustements d'une décision pouvant être prise la veille ou le jour même vers une espèce. Ce type de décision est beaucoup plus influencé par des rendements ponctuels obtenus (circulation de l'information) et par les lois du marché.

Dans les deux cas, la souplesse de manoeuvre des unités de pêche artisanale a pour finalité le maintien d'une activité rentable pour le pêcheur:

- par une modification ou un choix de l'engin de pêche, faisant état de l'existence de tactiques diverses. Le passage de la pêche au tassergal à celle du denté à gros yeux à Kayar après 1983 a entraîné des changements dans le gréement des lignes (taille et nombre des hameçons) et dans la nature des lieux de pêche fréquentés (fréquentation plus importante des lieux profonds 16 et 23 entre 1983 et 1987);

- par une association d'engins de pêche définissant une mixité simultanée ou alternative, ce dernier cas ayant cours sur la Grande Côte, avec comme exemple le passage de la pêche à la ligne à celle au filet dormant pour les soles en mai-juin à Kayar et Saint-Louis (nous reviendrons sur cet aspect dans la cinquième partie),

- par un changement de zone géographique de pêche avec ou sans modification du type de pêche. La dynamique des unités (ou flottilles) de pêche peut ainsi à l'échelle locale être calquée sur celle de la ressource (migrations de pêche entre Saint-Louis et Kayar). Elle peut avoir diverses autres causes et entraîner le pêcheur à exercer ses activités hors de sa zone habituelle de pêche. C'est le cas des déplacements vers des régions "voisines" (Mauritanie, Petite Côte, Casamance) ou bien des campagnes de pêche avec les "bateaux ramasseurs". L'importance ces dernières années de ces deux derniers types

de déplacement, réduisant d'autant l'activité de pêche essentiellement sur la côte nord, contribue à amplifier la chute des captures débarquées dans cette région.

A l'analyse des relations entre les espèces et les lieux, il ressort que le pêcheur associe à chaque lieu la présence d'un groupe d'espèces et même, selon les saisons, une abondance relative. Nous avons remarqué dans l'évolution des rendements, de brusques apparitions d'espèces dont l'exploitation est encouragée par l'ouverture de débouchés. L'exemple des requins dormeurs à Kayar en 1978 et 1981, celui des raies après 1985 et, dans une certaine mesure, celui du denté à gros yeux après 1983 pose le problème de la représentativité de la prise par sortie comme mesure d'une abondance locale ou apparente. Bien que la rentabilité économique soit le mobile de toute opération de pêche (la pêche de subsistance exclue), pour les espèces dites cibles, les rendements moyens calculés pour la période d'occurrence de celles-ci peuvent être considérés comme de bons indices de mesures d'une abondance locale. Pour le tassergal et le tiof, espèces cibles traditionnelles de la pêche à la ligne, les indices d'abondance utilisés dans un but descriptif (rendements calculés sur les périodes de campagne) permettent de rendre compte de l'évolution de la ressource exploitée. Leur utilisation dans l'élaboration de modèles de production (Cury et Worms 1982, Champagnat et al. 1983) nécessite la prise en compte de la réalité des interactions entre espèces et des changements dans les modes d'exploitation.

Il ressort de cette étude que la dynamique des relations milieu-ressource-exploitation constitue un vaste domaine d'investigation. Les descriptions fournies dans cette partie font appel à des démarches et à des hypothèses qui demandent des études supplémentaires;

- les schémas de migrations des poissons doivent être affinés par d'autres méthodes (marquage par exemple) ; la nature de la relation entre ces mouvements, les variations d'intensité de l'upwelling de la côte nord par rapport à celui de Nouadhibou et les mécanismes mêmes de développement de la chaîne trophique doivent être approfondis,

- la dynamique des unités de pêche peut-être mieux cernée par le suivi de celles ci ; cette étude devrait permettre une connaissance plus précise des campagnes de pêche, des mixités entre engins et des principales stratégies mises en oeuvre pour l'exploitation de la ressource.

Tableau IV-1: Classement des lieux de pêche selon le nombre de visites par tranches de profondeur.

Profondeur	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Lieu									
1	1	19	36	6	7	4	0	0	0
2	53	305	1017	434	110	49	0	1	1
3	14	44	130	13	5	7	0	0	2
4	44	276	1035	91	35	19	1	1	2
5	4	17	118	2	1	1	0	0	0
6	109	740	6325	201	101	78	3	2	2
7	104	882	2825	142	46	37	0	1	1
8	26	205	573	37	14	7	1	0	0
9	287	434	350	34	7	11	3	1	1
10	1	6	7	0	0	7	0	0	0
11	48	218	543	25	6	7	0	0	3
12	9	5	23	5	36	29	11	6	0
13	47	349	349	28	8	7	0	0	3
14	24	177	1130	150	19	20	2	1	3
15	49	426	5278	99	20	19	0	3	3
16	228	662	5485	365	628	1218	44	4	3
17	0	7	31	9	36	25	2	4	0
18	0	1	9	0	0	0	0	0	0
19	2	17	56	8	0	10	0	0	0
20	64	364	2210	254	55	99	3	1	0
21	22	115	501	276	65	38	4	1	1
22	8	68	465	60	24	10	0	0	0
23	187	299	952	820	969	1714	57	8	2
24	13	170	356	46	25	21	0	0	1
25	3	9	41	9	2	19	1	0	0
26	0	4	4	5	1	3	0	0	0
27	3	9	38	3	3	15	0	0	0
28	2	0	2	4	9	11	0	0	0
29	1	0	2	0	1	2	0	0	0
30	3	3	6	4	1	0	1	0	0
31	3	0	3	0	0	2	1	0	0
32	1	1	4	0	0	0	0	0	0
33	3	1	2	0	1	1	0	0	0
34	4	5	33	5	0	12	0	0	0
36	85	247	977	500	106	115	12	1	4
37	5	7	49	5	2	5	0	0	0
99	7	18	26	6	5	7	8	3	0

Signification des codes de profondeur:

- 1: de 0 à 10 mètres
- 2: 10 - 25 "
- 3: 25 - 50 "
- 4: 50 - 75 "
- 5: 75 - 120 "
- 6: 120 - 180 "
- 7: 180 - 250 "
- 8: 250 - 500 "
- 9: plus de 500 "

a) Kayar

Profondeur	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Lieu									
1	1	55	136	3	0	0	0	0	0
2	3	1	0	0	0	0	0	0	0
3	1	6	4	0	0	1	0	0	0
4	0	0	0	1	0	0	0	0	0
5	0	5	3	1	0	0	0	0	0
6	22	802	107	2	0	2	0	0	0
7	2	58	21	8	0	0	0	0	0
8	9	163	17	1	1	0	1	0	0
9	69	556	272	35	4	1	0	0	0
10	2	0	0	0	0	0	0	0	0
11	45	683	99	12	0	0	2	0	0
12	5	1	0	1	0	0	2	0	0
13	4	2	2	0	0	0	0	0	0
14	58	233	24	2	0	0	0	0	0
15	1	2	4	0	0	0	0	0	0
16	4	61	10	1	0	1	0	0	0
17	24	766	6903	99	4	0	0	0	1
18	5	47	503	134	3	2	0	0	0
19	45	15	4	1	0	0	0	0	0
20	2	2	4	0	0	1	0	0	0
21	4	1	0	0	0	0	0	0	0
22	256	2649	74	3	1	1	0	0	0
23	3	65	9	4	0	0	2	0	0
24	4	14	6	5	1	0	0	0	0
25	177	785	788	252	5	1	0	0	0
26	19	16	2	0	0	0	0	0	0
27	536	561	2689	3044	45	9	0	0	0
28	24	8	0	0	0	0	0	0	0
29	2	69	29	1	1	0	0	0	0
30	68	1596	164	6	0	1	0	0	0
31	197	22	2	0	0	1	0	0	0
32	34	15	0	0	1	0	0	0	0
33	5	7	0	0	0	0	0	0	0
34	9	6	7	2	0	0	0	0	0
35	6	65	254	279	8	0	0	0	0
36	208	1524	362	101	1	0	0	0	0
37	0	6	4	5	0	0	0	0	0
41	2	9	3	0	0	0	0	0	0
42	2	0	0	0	1	0	0	1	0
43	0	7	2	1	0	0	0	0	0
45	4	0	0	0	0	0	0	0	0
47	7	122	96	1	0	0	0	0	0
48	6	141	12	0	0	0	0	0	0
49	1	4	0	0	0	0	0	0	0
51	1	18	4	0	0	0	0	0	0
53	3	9	1	0	0	0	0	0	0
54	2	0	0	0	0	0	0	0	0
99	3	12	8	0	1	0	0	0	0

b) Saint-Louis

Tableau IV-2. Résultats de l'analyse de correspondances sur les fréquentations de lieux à Saint-Louis

a) Correspondances fréquentation des lieux pml Saint Louis											b) Valeurs Propres			Z Variance
Année	Lieu	6	9	11	17	22	25	27	30	36				
75	1	2	2	1	23	7	7	52	2	4	0.1761149	33.188		
	2	2	10	11	25	4	13	16	4	14	0.1420813	26.775		
	3	7	9	9	31	3	2	10	6	23	0.0766444	14.443		
76	1	3	6	3	21	3	5	50	2	7	0.0582345	10.974		
	2	4	13	10	19	3	8	6	4	31	0.0418495	7.886		
	3	19	9	3	12	14	6	22	6	9	0.0176753	3.331		
77	1	1	3	3	11	7	11	48	3	12	0.0125779	2.370		
	2	1	17	7	32	8	3	4	6	21	0.0054778	1.032		
	3	0	9	13	31	9	1	5	15	17				
78	1	1	1	3	23	10	1	46	7	8				
	2	2	1	5	17	14	15	5	21	18				
	3	2	1	6	29	5	12	7	27	11				
79	1	3	0	1	24	25	14	22	7	4				
	2	5	1	5	29	9	13	6	25	8				
	3	4	2	5	32	5	10	4	21	19				
80	1	2	1	2	27	24	7	25	7	7				
	2	25	1	3	37	5	3	3	14	9				
	3	2	0	2	71	6	1	2	6	9				
81	1	3	2	3	48	9	7	9	12	6				
	2	2	1	3	38	10	8	18	17	4				
	3	11	1	2	48	8	7	3	10	11				
82	1	1	0	1	35	16	2	39	6	1				
	2	14	0	1	44	12	6	17	5	2				
	3	4	0	1	45	21	5	7	15	2				
83	1	10	0	0	39	13	13	15	7	1				
	2	5	0	0	27	15	9	26	14	5				
	3	1	0	0	35	22	9	17	11	5				
84	1	6	1	0	60	12	2	2	12	6				
	2	10	0	1	27	10	2	32	12	6				
	3	9	0	1	54	17	2	7	1	8				
85	1	4	0	0	54	11	1	17	9	4				
	2	1	0	0	42	14	4	23	6	9				
	3	1	0	0	33	15	0	40	7	4				
86	1	9	0	0	65	14	1	6	2	3				
	2	4	0	1	45	3	5	28	7	7				
	3	0	0	0	65	4	1	21	7	1				
87	1	0	0	0	46	32	1	7	13	1				
	2	0	0	1	14	22	10	36	7	12				
	3	0	0	0	15	40	5	23	15	2				

c) Coordonnées, contributions relatives et absolues des observations.													
Année	Saison	1			2			1			2		
		COO	CTREL	CTABS	COO	CTREL	CTABS	COO	CTREL	CTABS	COO	CTREL	CTABS
75	1	-427	240	27	-693	630	87						
	2	659	597	63	-384	203	27						
	3	788	834	90	-130	23	3						
76	1	-143	27	3	-765	766	106						
	2	1171	856	200	-377	89	26						
	3	277	92	11	-253	77	12						
77	1	-158	32	4	-830	890	124						
	2	997	707	145	-222	35	9						
	3	803	718	94	-76	6	1						
78	1	-307	182	14	-576	643	60						
	2	374	214	20	13	0	0						
	3	333	185	16	150	38	4						
79	1	-292	247	12	-124	45	3						
	2	211	100	6	210	100	8						
	3	459	449	31	180	69	6						
80	1	-270	372	11	-166	140	5						
	2	265	63	10	534	257	52						
	3	54	5	0	593	565	63						
81	1	44	15	0	282	612	14						
	2	-108	92	2	92	67	2						
	3	161	87	4	454	691	37						
82	1	-546	700	43	-273	175	13						
	2	-203	125	6	269	219	13						
	3	-182	127	5	400	614	29						
83	1	-208	160	6	205	156	8						
	2	-281	505	11	-91	53	2						
	3	-279	392	11	64	21	1						
84	1	-36	3	0	596	896	64						
	2	-256	254	10	-134	70	3						
	3	-97	25	1	452	546	37						
85	1	-249	295	9	280	371	14						
	2	-232	458	8	-5	0	0						
	3	-499	604	36	-298	215	16						
86	1	-173	55	4	587	632	62						
	2	-197	208	6	-30	5	0						
	3	-315	188	14	271	140	13						
87	1	-342	187	17	413	273	31						
	2	-308	194	14	-496	503	44						
	3	-485	265	34	-122	17	3						

Tableau IV-3. Résultats de l'analyse de correspondances sur les fréquentations de lieux à Kayar

a) Correspondances fréquentation des Lieux pm kayar														b) Valeurs Propres		Σ	Variance	
Année	Saison	Lieu	2	4	6	7	9	14	15	16	20	21	23	36				
75	1	1	6	7	33	3	0	1	28	2	19	0	1	0	0.2831458	46.303		
75	2	2	3	4	17	4	1	0	45	2	14	1	4	5	0.0858825	14.045		
75	3	3	0	1	21	11	0	6	39	3	11	0	3	5	0.0618922	10.121		
76	1	1	8	8	30	8	0	6	19	1	18	1	2	0	0.0471698	7.714		
76	2	2	2	2	24	19	0	4	27	0	13	5	3	0	0.0399461	6.532		
76	3	3	1	4	30	31	0	3	20	1	5	1	3	0	0.0327067	5.349		
77	1	1	9	8	26	11	0	4	14	1	21	4	2	0	0.0205682	3.364		
77	2	2	6	5	24	20	0	7	10	7	7	4	9	0	0.0172651	2.823		
77	3	3	1	13	15	27	0	5	18	5	6	2	8	0	0.0117738	1.925		
78	1	1	5	5	10	7	1	3	9	16	8	4	16	16	0.0071650	1.172		
78	2	2	10	7	11	15	1	2	13	17	5	3	10	7	0.0039868	0.652		
78	3	3	0	2	16	18	1	4	31	12	1	3	9	4				
79	1	1	10	7	27	15	2	3	8	10	4	5	5	5				
79	2	2	12	4	17	15	2	4	7	11	1	7	14	6				
79	3	3	7	9	16	25	1	5	18	9	0	2	4	4				
80	1	1	13	12	27	12	1	5	14	5	4	2	6	1				
80	2	2	6	4	21	15	1	1	25	7	0	2	13	5				
80	3	3	3	6	32	24	0	1	17	2	3	1	7	4				
81	1	1	7	9	20	15	2	10	7	16	3	2	3	6				
81	2	2	2	2	7	8	2	0	3	27	5	6	16	22				
81	3	3	1	2	13	16	1	14	3	30	1	1	14	3				
82	1	1	6	3	17	10	5	6	13	16	4	2	9	7				
82	2	2	2	1	4	4	2	1	2	27	3	10	28	18				
82	3	3	3	2	23	17	3	1	9	33	3	2	2	3				
83	1	1	5	3	24	5	3	7	3	39	0	1	7	2				
83	2	2	1	0	9	5	4	1	6	36	1	4	31	3				
83	3	3	2	0	11	13	6	0	4	43	4	1	12	4				
84	1	1	2	2	18	10	2	5	3	43	0	1	10	4				
84	2	2	5	1	8	10	2	0	3	34	1	4	28	4				
84	3	3	2	0	12	15	22	0	0	35	0	1	8	3				
85	1	1	1	1	10	12	5	5	4	35	3	2	13	8				
85	2	2	5	0	5	10	3	0	8	40	1	1	23	4				
85	3	3	6	0	11	14	8	1	18	21	0	5	7	9				
86	1	1	2	0	10	6	3	9	7	32	1	6	16	9				
86	2	2	2	0	5	12	1	0	11	32	1	2	28	6				
86	3	3	4	1	11	10	11	0	14	35	1	0	8	4				
87	1	1	4	1	11	8	8	9	9	34	0	0	12	4				
87	2	2	3	0	3	3	0	0	7	26	0	3	49	5				
87	3	3	5	0	9	11	6	4	19	16	1	3	22	5				

c) Coordonnées, contributions relatives et absolues des variables (lieux).							c') Coordonnées, contributions relatives et absolues des							
Axe	1			2			Année	Saison	1			2		
	COO	CTREL	CTABS	COO	CTREL	CTABS			COO	CTREL	CTABS	COO	CTREL	CTABS
Lieu	2	202	77	6	34	2	75	1	970	707	85	-166	21	8
	4	675	478	56	112	13		2	815	505	60	-419	133	52
	6	411	677	98	156	98		3	726	559	48	-216	49	14
	7	186	132	15	220	186		1	888	779	71	-23	1	0
	9	-681	225	46	844	345	76	2	771	776	54	-103	14	3
	14	182	39	4	292	101		3	656	576	39	192	50	11
	15	576	553	154	-189	59		1	829	635	62	-81	6	2
	16	-660	838	300	164	52	77	2	381	475	13	77	20	2
	20	924	542	132	-318	64		3	545	443	27	84	10	2
	21	-190	56	3	-364	205		1	-107	29	1	-410	426	50
	23	-605	532	154	-462	309	78	2	97	51	1	-74	29	2
	36	-410	192	30	-420	201		3	263	182	6	-73	14	2
								1	285	252	7	127	50	5
								2	-6	0	0	-70	16	1
								3	364	321	12	164	65	8
								1	527	459	25	139	32	6
								2	290	291	8	-125	54	5
								3	503	502	23	83	14	2
								1	187	100	3	273	214	22
								2	-495	275	22	-409	187	50
								3	-308	176	9	243	110	18
								1	46	28	0	94	119	3
								2	-714	466	46	-603	332	108
								3	-74	20	0	353	450	37
								1	-303	201	8	387	327	45
								2	-711	756	46	-208	65	13
								3	-543	585	27	233	108	16
								1	-451	451	18	287	182	25
								2	-636	758	37	-198	73	12
								3	-674	259	41	832	395	207
								1	-470	767	20	131	59	5
								2	-633	743	36	-90	15	2
								3	-174	109	3	99	35	3
								1	-474	540	20	-48	6	1
								2	-559	623	28	-298	177	26
								3	-386	288	13	380	279	43
								1	-418	447	16	303	235	27
								2	-807	430	59	-721	344	155
								3	-199	170	4	-147	93	6

Tab. IV-6: Résultats des analyses de variance:
relations espèces-lieux de pêche à
Saint-Louis.

Espèce	Modèle	1	2	3	4	5	6	7
Tiof		42,9	40,1	41,6	38,9	18,8	19,5	3,3
Chinchard	jaune	44,4	38,6	43,1	37,5	5,0	32,9	1,1
Tassergal		46,6	41,9	43,6	39,2	2,9	36,4	10,1
Pagre		54,2	49,4	53,5	48,7	17,7	34,7	5,5
Thonine		32,1	23,6	29,5	21,5	10,0	11,4	1,5
Scyris		11,6	11,7	10,5	10,6	0,4	10,1	0,6
Pageot		19,6	16,4	18,7	15,4	8,5	7,3	1,4
Ceinture		12,1	7,9	10,4	6,2	2,8	3,4	1,2
Requin		8,5	8,8	6,7	6,9	0,2	6,5	3,6
Total		33,0	30,5	30,6	28,2	8,2	21,6	9,2

a) Pourcentages de variance expliquée.

	<i>tiof</i>	<i>chinchard</i>	<i>scyris</i>	<i>tassergal</i>	<i>denté</i>	<i>pageot</i>	<i>pagre</i>	<i>thonine</i>	<i>ceinture</i>	<i>requin</i>	<i>total</i>	
Constante	6.1	0.7	-0.4	-7.4	0.0	0.7	1.1	-3.3	-0.6	0.4	31.0	
Lieu												
6	10.3	0.3	-0.3	6.6	0.0	-0.1	18.7	0.4	-0.7	-0.5	40.3	
9	0.2	1.2	-0.3	-3.2	0.0	-0.0	2.0	-0.9	-0.5	-0.1	-5.6	
11	-2.0	2.7	-0.3	-7.7	0.0	-0.3	1.1	0.7	-0.5	-0.3	-13.4	
17	-0.2	1.8	-0.0	-7.9	0.0	0.8	-3.9	0.5	-0.4	-0.2	-22.5	
22	-2.8	1.4	-0.3	-8.1	0.0	-0.9	-5.2	-0.7	-0.0	-0.2	-22.2	
25	-5.1	-1.1	0.1	14.4	0.0	0.8	-6.1	6.4	0.2	0.5	8.4	
27	-5.1	-0.8	1.3	10.3	0.0	-1.2	-6.9	10.1	2.1	0.7	2.7	
30	-1.9	1.3	-0.0	-8.1	0.0	-0.0	-0.4	-0.6	-0.3	-0.2	-17.4	
36	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Bimestre												
1	4.8	-0.6	-0.0	15.1	0.0	-1.0	-0.5	7.1	-0.1	-0.5	10.5	
2	1.6	2.3	-0.0	18.7	0.0	1.0	2.2	0.6	0.2	-1.1	11.7	
3	-1.0	9.5	1.0	31.2	0.0	0.7	18.8	0.0	0.2	-0.7	45.3	
4	-1.8	-0.3	2.2	-1.2	0.0	-1.1	8.9	-2.1	2.6	-0.4	5.7	
5	-2.9	-1.3	0.1	-5.0	0.0	-0.7	1.9	-2.5	0.1	0.1	-6.3	
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Année												
75	-1.1	0.7	1.1	21.7	0.0	0.3	5.5	5.5	-0.1	1.7	34.0	
76	1.4	0.2	0.3	21.8	0.0	0.8	0.9	2.6	0.1	0.4	25.2	
77	4.3	0.3	0.9	18.8	0.0	0.1	4.7	3.8	0.1	0.7	35.1	
78	1.8	-1.3	-0.1	15.5	0.0	-0.1	2.5	2.8	0.7	1.6	25.9	
79	0.5	-0.4	-0.0	11.0	0.0	0.5	2.2	5.2	1.1	1.0	22.1	
80	0.3	-0.4	0.8	20.3	0.0	0.4	6.3	3.0	1.2	1.4	29.0	
81	-0.7	1.1	0.0	17.1	0.0	0.9	2.2	2.9	2.4	0.4	21.2	
82	-1.5	0.7	-0.0	16.0	0.0	0.7	-0.0	7.1	0.2	0.5	19.9	
83	1.0	-1.1	0.4	1.2	0.0	0.3	1.2	2.6	1.1	0.9	3.1	
84	-0.0	2.6	1.2	1.2	0.0	1.1	4.1	1.7	0.3	2.2	13.3	
85	1.4	-0.5	-0.1	4.4	0.0	0.3	0.6	8.5	0.1	0.3	14.7	
86	2.8	0.4	0.2	5.7	0.0	0.0	4.5	3.0	0.3	1.1	0.2	24.3
87	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	

b) Effets lieu, bimestre et année du modèle 4.

Tab. IV-7: Résultats des analyses de variance:
relations espèces-lieux de pêche à
Kayar.

Espèce	Modèle	1	2	3	4	5	6	7
Tiof		41,4	37,4	41,1	37,1	21,1	15,9	1,4
Chinchard jaune		27,9	26,4	23,0	21,6	7,9	14,8	8,1
Scyris		24,3	23,3	23,1	22,0	1,6	20,6	1,5
Tassergal		53,2	51,6	44,9	42,5	3,5	40,2	12,2
Denté		31,5	26,8	29,3	24,6	18,6	7,1	2,1
Pageot		39,0	33,4	37,9	32,3	15,2	17,6	4,0
Pagre		38,7	34,0	36,4	31,5	8,5	24,4	4,2
Thonine		23,7	22,9	20,6	19,7	1,1	18,6	5,4
Ceinture		37,1	35,3	32,4	30,4	1,5	28,8	4,7
Requin		30,6	26,3	29,3	25,0	11,3	14,9	4,3
Total		28,5	25,6	28,3	24,2	7,9	18,8	13,8

a) Pourcentages de variance expliquée.

	<i>tiof</i>	<i>chinchard</i>	<i>scyris</i>	<i>tassergal</i>	<i>denté</i>	<i>pageot</i>	<i>pagre</i>	<i>thonine</i>	<i>ceinture</i>	<i>requin</i>	<i>total</i>
Constante	9.0	7.3	-0.8	-7.2	2.4	26.5	-1.7	-1.6	2.0	3.3	65.4
Lieu											
2	16.7	-5.5	-0.9	8.6	-2.9	-6.0	2.5	-0.2	-3.6	5.6	17.0
4	11.0	-5.1	-0.3	3.5	-2.5	-1.2	4.6	-0.7	-3.7	-1.3	3.8
6	7.5	-4.2	-0.4	0.5	-2.6	1.6	3.7	-0.4	-4.5	-2.2	-5.6
7	0.7	0.1	0.5	0.6	-3.0	8.4	2.4	0.3	-4.4	-3.1	-2.3
9	-0.7	-6.1	-0.3	-5.1	-2.8	-4.9	-0.0	-1.2	-3.4	-3.3	-23.8
14	-4.5	0.1	-0.2	-5.8	-2.2	24.0	-0.2	-1.7	-4.5	-1.0	-3.5
15	5.7	-3.2	0.1	-5.3	-2.9	4.6	2.2	-1.5	-4.3	-2.8	-13.7
16	1.4	-4.1	0.6	-0.6	1.7	0.6	1.0	0.9	-3.6	0.2	-4.3
20	-3.3	5.8	0.2	-3.3	-2.2	2.9	0.2	-0.3	0.1	-2.6	-1.3
21	-2.0	1.6	4.6	0.5	-0.2	3.9	-0.0	-0.9	-0.3	-3.4	6.0
23	-2.2	-4.2	-0.2	0.3	5.0	-4.9	-0.6	3.7	-2.4	5.2	3.3
36	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Bimestre											
1	6.3	-3.8	-0.2	10.6	0.1	-15.3	-1.0	1.9	2.4	-3.1	-9.9
2	-2.8	-0.5	-0.2	25.9	0.9	-23.5	-0.6	7.6	8.1	-4.2	1.7
3	-3.2	4.5	2.7	15.3	-0.9	-24.4	7.7	1.2	3.2	-2.4	0.6
4	-5.9	-2.8	4.8	-0.7	-1.1	-24.4	1.6	0.4	-0.2	2.1	-19.5
5	-8.2	-7.3	0.5	-1.2	2.4	-18.6	1.3	-0.4	-0.2	2.7	-24.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Année											
75	-0.1	13.2	0.5	29.8	0.8	16.2	3.2	9.1	-0.7	1.5	71.3
76	0.2	13.0	5.1	27.2	-0.0	7.5	5.1	1.5	-0.8	-0.2	50.0
77	3.9	4.2	2.9	14.3	1.0	-1.1	4.8	7.4	-0.5	-0.1	30.6
78	-3.7	17.2	1.9	6.6	0.2	1.4	0.8	1.4	0.6	1.9	21.6
79	-1.0	6.6	-0.3	15.4	0.9	-3.6	0.7	0.8	4.9	5.1	19.3
80	-0.7	2.9	1.0	8.9	-0.9	0.3	2.4	1.1	2.6	4.4	16.3
81	-3.1	1.3	-0.1	7.9	0.3	3.3	0.5	0.9	1.5	2.1	11.2
82	-1.6	1.1	-0.4	1.7	-0.4	-3.4	0.3	1.0	4.1	2.6	1.4
83	-2.6	0.2	1.0	3.0	1.6	1.0	0.4	1.2	0.3	1.3	9.6
84	2.0	0.5	0.5	0.1	1.6	-3.0	2.2	0.9	1.9	2.3	8.0
85	1.6	0.1	-0.0	2.6	-0.5	1.2	0.1	-0.3	-0.1	0.4	-0.4
86	-0.9	-0.3	-0.1	-0.9	2.0	-1.4	-0.2	-0.2	0.6	0.6	0.8
87	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

b) Effets lieu, bimestre et année du modèle 4.

Tableau IV-8.
 Résultats des analyses en composantes principales à
 Saint-Louis. Coordonnées des espèces selon les deux
 premiers axes.

Bimestre	1		2		3		4		5		6	
	composante 1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Saint-Louis 1976												
% variance	45.3	26.2	48.8	20.5	59.7	15.1	25.0	19.9	57.7	17.5	52.4	17.7
tiof	-0.4	0.6	-0.4	-0.0	-0.1	-0.0	0.2	0.8	-0.8	-0.4	0.5	0.8
chinchard	-0.0	0.1	-0.1	-0.0	-0.4	0.8	0.1	-0.4	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0
scyris	0.0	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.1	-0.2	0.0	0.0	0.0	-0.0
tassergal	-0.5	-0.8	0.9	-0.1	0.8	0.0	0.0	-0.2	0.0	-0.7	-0.8	0.5
denté	-0.0	0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.0
d. canarie	0.0	0.0	-0.1	-0.0	-0.0	0.0	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	0.0
pageot	0.0	0.1	-0.1	-0.0	-0.1	0.2	-0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0	-0.1
pagre	-0.0	0.0	-0.0	-0.0	-0.4	-0.6	-1.0	0.1	-0.6	0.6	0.4	-0.0
maqu. bon.	-0.0	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.1	-0.0	-0.4	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0
sarda	-0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.0	-0.0	0.0	-0.0
thonine	0.8	-0.2	0.0	1.0	-0.0	0.0	0.0	-0.0	0.0	-0.0	-0.2	-0.0
ceinture	-0.0	-0.1	-0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0	-0.0	0.0	-0.0	-0.0	0.0
requin	-0.0	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.1	-0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0
raie	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Saint-Louis 1981												
% variance	36.9	22.2	53.9	16.2	28.2	21.2	56.8	17.9	40.4	18.1	39.1	21.3
tiof	-0.4	0.2	0.2	-0.7	0.2	0.0	-0.1	0.0	-0.2	-0.3	-0.5	0.7
chinchard	-0.3	-0.1	0.4	0.3	0.3	0.7	-0.1	-0.4	0.0	0.0	-0.1	-0.2
scyris	-0.0	0.0	-0.0	-0.0	0.0	-0.0	-0.0	0.0	-0.2	0.1	-0.0	-0.0
tassergal	0.8	-0.1	-0.7	-0.2	-0.8	0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0	0.1	-0.0
denté	-0.0	0.0	0.0	-0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.0
d. canarie	-0.0	-0.0	0.1	0.0	-0.0	0.2	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	0.0
pageot	-0.2	-0.2	0.3	0.2	0.0	0.4	-0.0	0.0	-0.1	0.0	-0.2	-0.2
pagre	-0.1	-0.1	0.1	0.1	0.5	-0.5	-0.6	0.8	-0.9	0.0	-0.8	-0.1
maqu. bon.	0.0	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.2	-0.0	-0.1	-0.0	0.0	0.0	-0.0
sarda	0.0	0.1	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.0
thonine	0.1	0.9	-0.4	0.5	-0.0	0.1	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	0.0	-0.0
ceinture	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	0.8	0.5	0.0	0.0	0.0	-0.0
requin	-0.0	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.1	0.0	-0.9	-0.0	0.0
raie	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0	0.3	0.7
Saint-Louis 1986												
% variance	46.8	25.4	33.3	29.2	36.0	24.7	36.8	18.7	31.7	19.3	33.8	24.5
tiof	-0.0	1.0	-0.8	0.6	0.5	0.1	-0.4	-0.1	-0.4	-0.1	0.6	-0.3
chinchard	-0.1	0.1	-0.3	-0.6	-0.6	0.5	-0.1	-0.1	-0.2	-0.1	-0.7	0.0
scyris	0.0	0.0	-0.0	0.0	-0.1	0.1	-0.1	0.0	-0.1	-0.0	-0.0	0.0
tassergal	0.0	0.0	0.1	0.1	-0.3	0.3	-0.5	-0.6	0.0	0.0	0.0	0.1
denté	0.0	0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	0.0
d. canarie	-0.1	0.1	-0.1	-0.1	0.0	-0.1	-0.0	0.0	-0.1	-0.0	-0.2	0.0
pageot	-0.1	-0.1	-0.5	-0.6	-0.0	-0.2	-0.0	0.0	-0.1	0.0	-0.2	0.0
pagre	-0.0	0.0	-0.0	0.0	0.5	0.7	-0.7	0.6	-0.8	-0.3	-0.0	0.0
maqu. bon.	0.0	-0.0	0.0	-0.0	0.0	-0.0	-0.3	-0.4	-0.1	-0.0	-0.0	-0.0
sarda	-0.0	0.0	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.0
thonine	0.0	-0.0	-0.0	0.0	-0.0	-0.0	-0.1	0.2	-0.0	-0.0	0.1	0.1
ceinture	-0.0	0.0	-0.1	-0.0	-0.0	-0.0	0.2	-0.1	0.1	0.0	0.0	-0.0
requin	0.0	-0.0	0.0	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0	-0.0	0.0	-0.0	0.0
raie	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.0	0.1	-0.1	0.3	-0.9	0.2	0.9

Tableau IV-9.
 Résultats des analyses en composantes principales
 à Kayar Coordonnées des espèces selon les deux
 premiers axes.

Bimestre	1		2		3		4		5		6	
	composante 1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Kayar 1976												
% variance	41.7	20.3	35.5	33.8	45.0	19.0	32.9	23.4	37.6	21.4	52.5	15.2
tiof	0.2	0.6	0.2	-0.5	-0.2	0.2	-0.2	0.1	0.0	0.0	0.7	0.6
chinchard	-0.4	-0.6	-0.9	0.3	-0.2	-0.6	0.7	-0.5	0.4	-0.0	-0.3	0.4
scyris	0.0	-0.0	-0.0	0.0	-0.1	0.1	-0.2	-0.4	0.1	0.0	-0.0	-0.0
tassergal	0.6	-0.5	0.4	0.8	0.9	0.1	-0.0	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0
denté	-0.0	0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.1	-0.0	-0.1
d. canarie	-0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0	-0.0	0.1
pageot	-0.7	0.0	-0.1	-0.2	-0.1	-0.5	0.7	0.5	0.7	0.6	-0.6	0.5
pagra	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.4	0.6	-0.1	0.6	0.0	-0.0	-0.1	0.2
maqu. bon.	-0.0	-0.0	0.0	0.0	-0.0	0.0	-0.0	0.1	-0.5	0.8	-0.1	-0.4
sarda	-0.1	0.1	-0.0	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.0	-0.0
thonine	-0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	-0.0	0.0	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0
ceinture	0.0	-0.1	0.0	0.1	-0.0	-0.0	0.0	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0
requin	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0	-0.1
raie	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.0
Kayar 1981												
% variance	46.9	18.2	45.9	19.7	25.6	21.6	31.9	19.2	37.3	20.4	47.3	14.2
tiof	0.5	0.6	0.4	-0.7	-0.0	0.1	0.3	0.1	-0.0	-0.2	-0.0	0.1
chinchard	-0.1	-0.4	0.1	0.4	-0.7	-0.1	-0.6	0.3	0.4	-0.0	0.5	-0.6
scyris	0.0	0.0	-0.0	0.0	-0.0	-0.0	-0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	-0.0
tassergal	0.2	-0.6	-0.8	-0.2	0.3	-0.3	0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0	-0.0
denté	-0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0	-0.0	0.1	0.0	-0.5	0.4	-0.3	-0.5
d. canarie	0.1	0.1	0.0	0.0	-0.1	-0.0	-0.0	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0
pageot	-0.8	0.1	0.2	0.5	-0.6	-0.2	-0.5	0.5	0.7	-0.0	0.7	-0.1
pagra	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.8	-0.0	0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0
maqu. bon.	0.0	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0	-0.0	0.4
sarda	-0.1	0.0	-0.1	0.0	0.1	-0.1	-0.0	0.0	-0.0	0.0	-0.0	0.0
thonine	0.0	0.0	-0.2	0.1	0.1	-0.1	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.0
ceinture	0.1	-0.4	-0.4	0.0	0.3	-0.3	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	0.0
requin	0.0	0.0	-0.0	-0.0	0.0	-0.0	0.5	0.8	-0.2	-0.9	-0.4	-0.5
raie	0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0
Kayar 1986												
% variance	40.4	28.1	34.4	27.9	31.8	23.2	33.7	17.8	42.6	15.5	39.0	23.8
tiof	0.1	-0.6	-0.1	-0.1	0.8	-0.2	0.4	-0.7	0.0	0.0	0.4	-0.7
chinchard	0.0	0.0	-0.1	-0.4	-0.3	-0.6	-0.7	-0.6	-0.3	-0.0	-0.3	0.0
scyris	0.0	0.0	-0.0	0.0	-0.0	0.0	-0.2	0.1	-0.1	-0.0	-0.0	0.0
tassergal	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0	-0.0
denté	-0.8	0.4	0.8	0.2	-0.3	0.6	0.0	-0.0	0.2	0.4	0.0	0.0
d. canarie	0.0	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	0.0	-0.2	-0.2
pageot	0.6	0.6	-0.2	-0.6	-0.4	-0.5	-0.6	0.1	-0.9	-0.1	-0.8	-0.1
pagra	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	0.0	-0.0	0.0	-0.1	-0.0	0.0	-0.0	-0.0
maqu. bon.	-0.0	-0.0	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.0	0.0
sarda	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.0	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	0.0
thonine	0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ceinture	0.0	-0.0	-0.6	0.6	-0.0	0.0	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	0.0	-0.0
requin	-0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	-0.4	0.1	0.2	0.0	0.0
raie	0.0	-0.3	-0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0	-0.0	0.2	-0.9	0.3	0.7

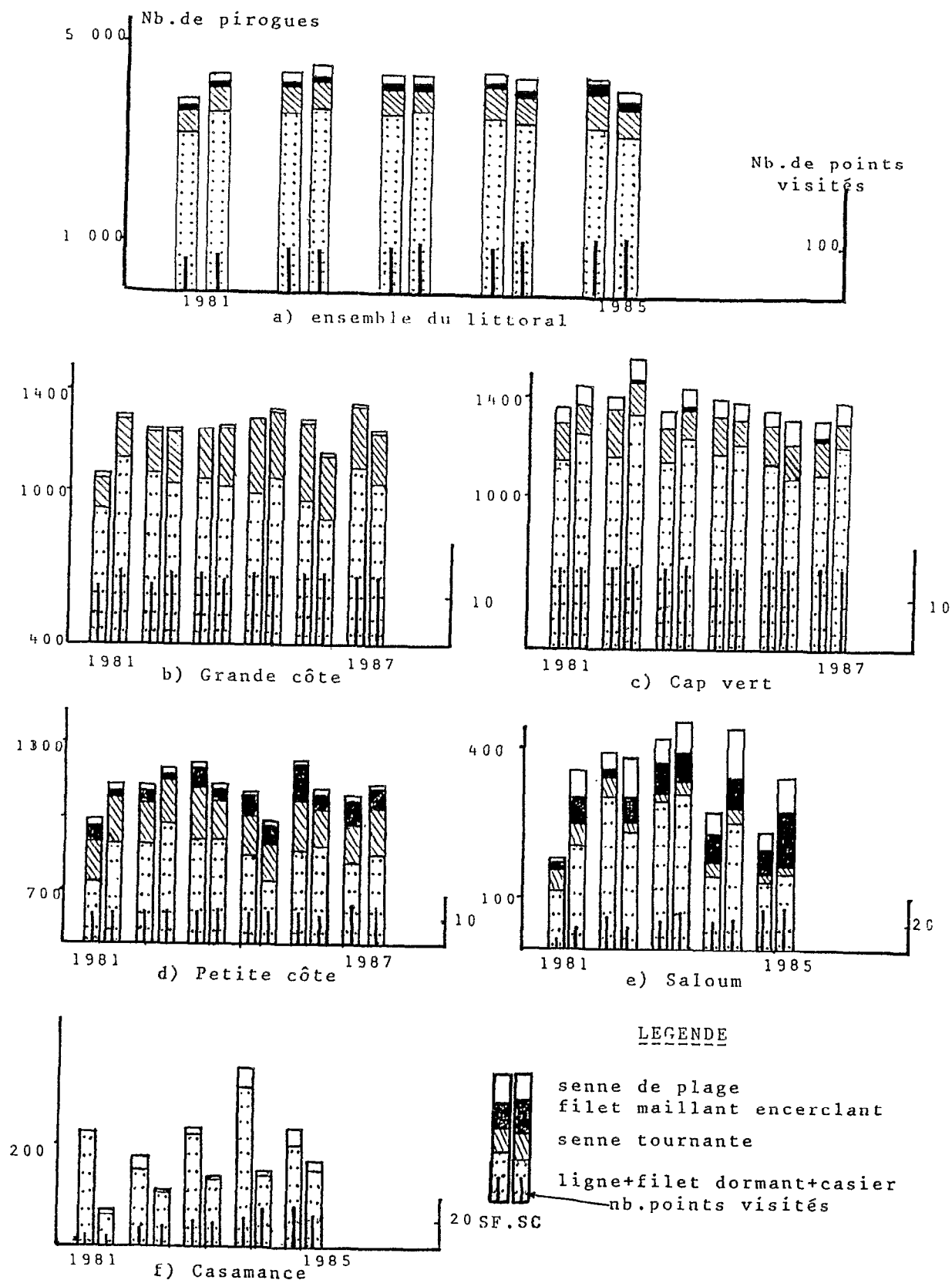


Fig. 4-1: Evolution du nombre de pirogues opérationnelles et des points de pêche maritime recensés en saison froide(SF) et saison chaude(SC)-(données du tab.II-2)

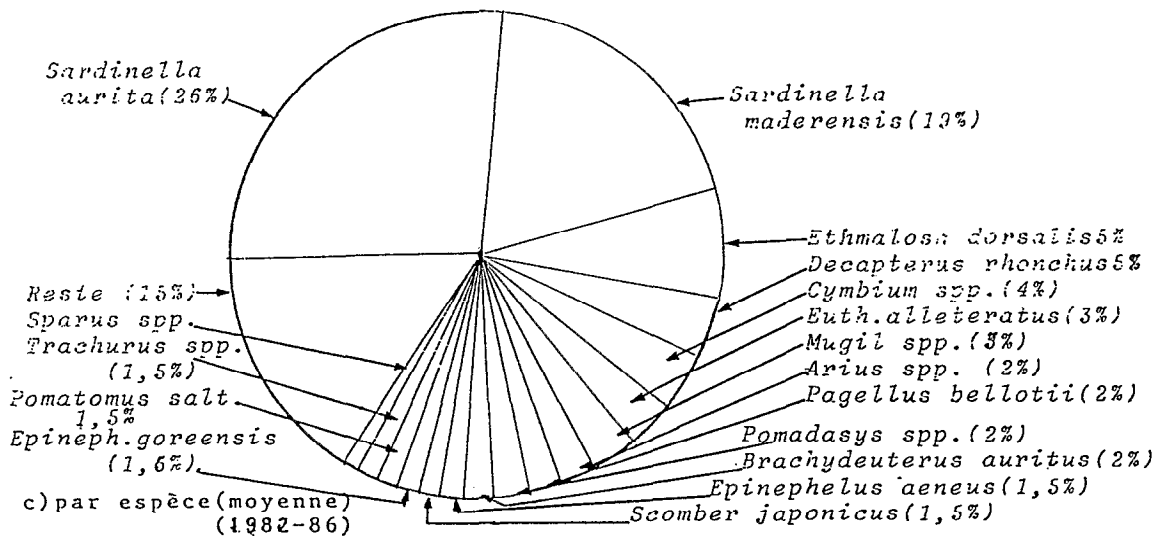
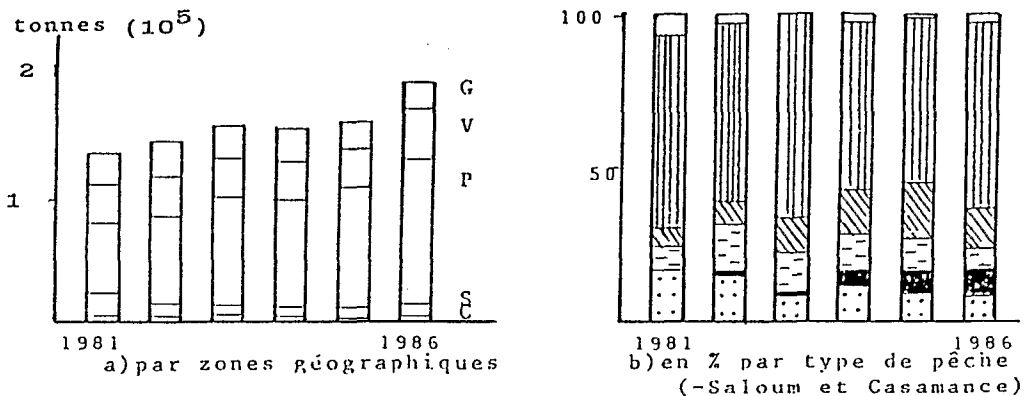


Fig. 4-2: Captures totales de la pêche artisanale (1981-86)

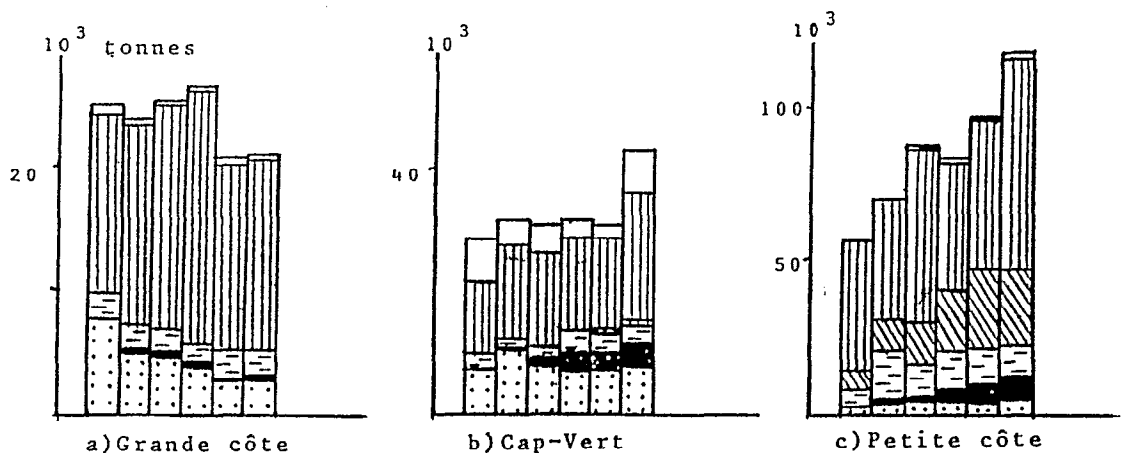
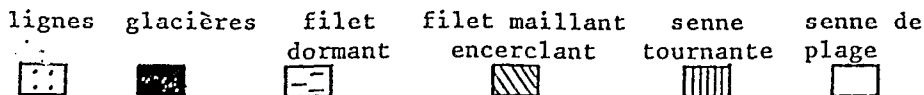


Fig. 4-3: Evolution des captures totales par région (en 10^3 tonnes)

Pour les fig. 4-2 et 4-3 :



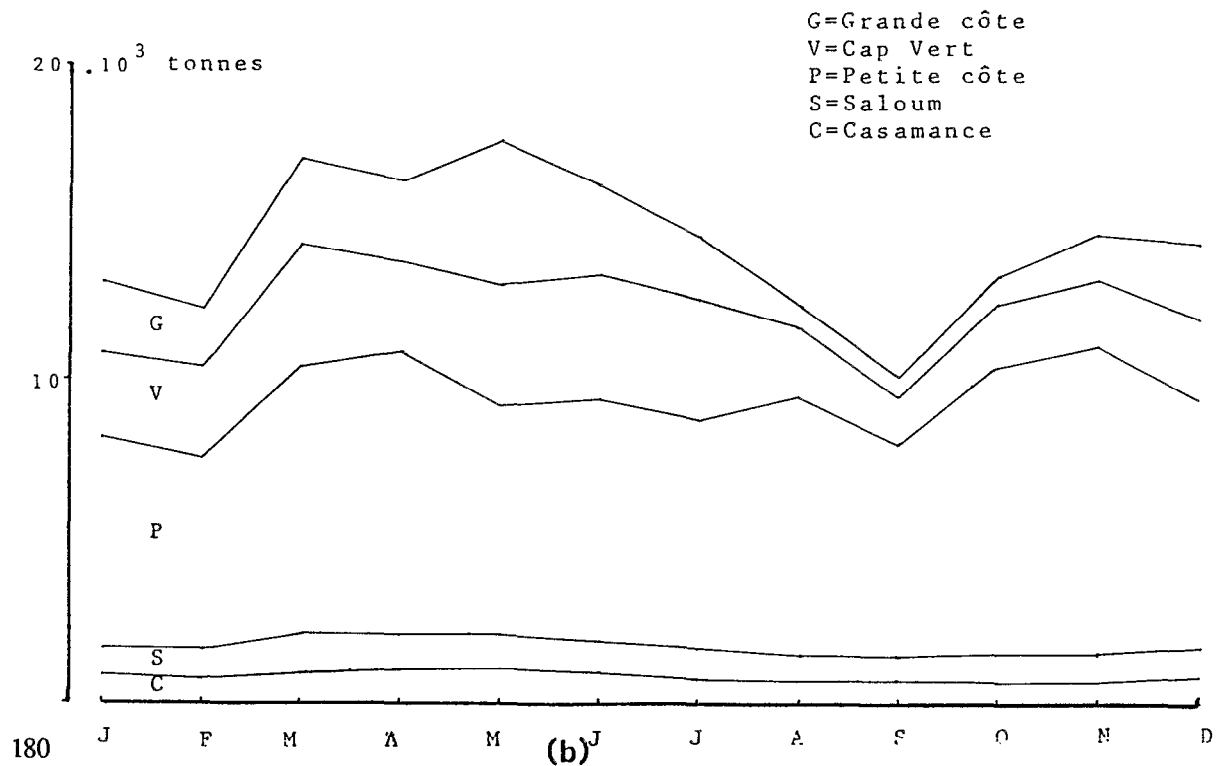
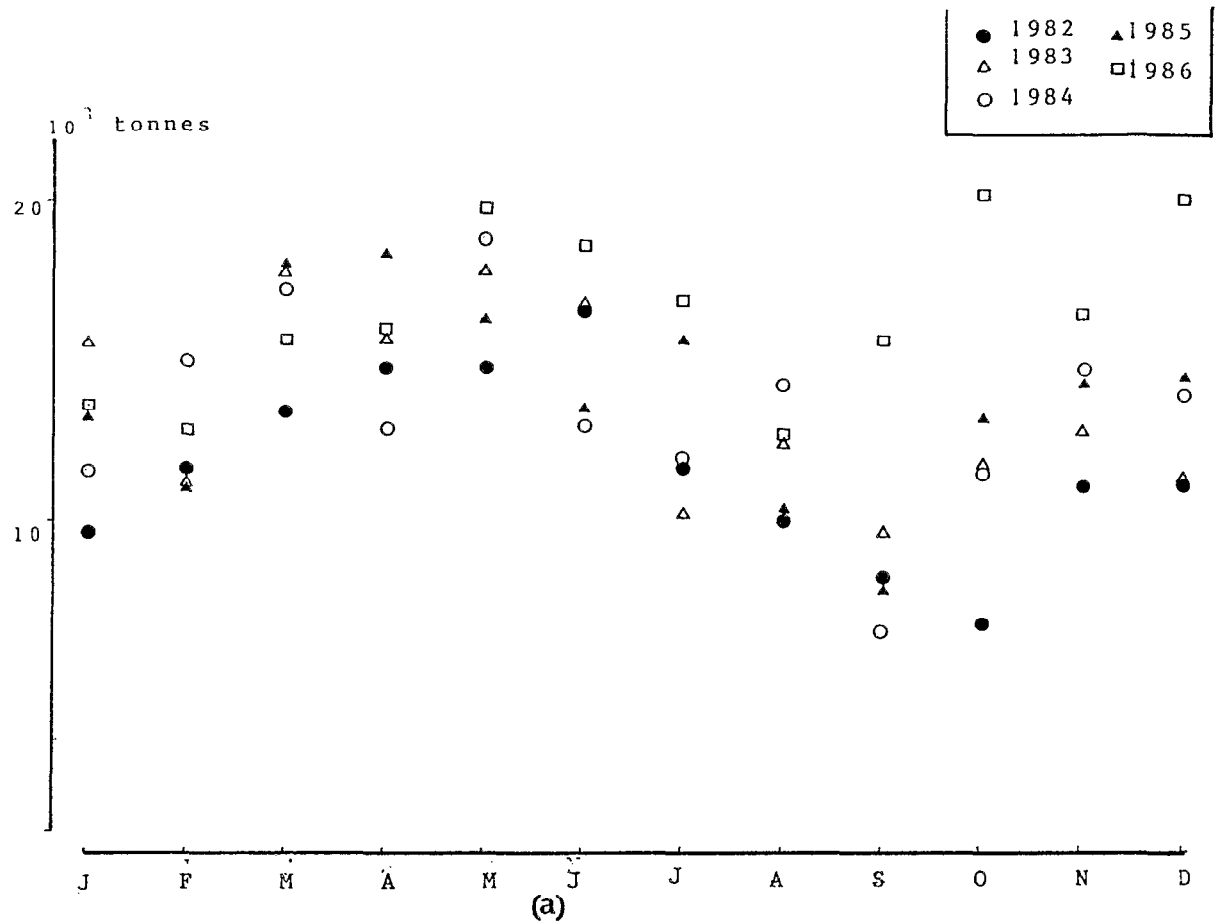


Fig 4.4: Captures mensuelles par année(a) et par région(b)

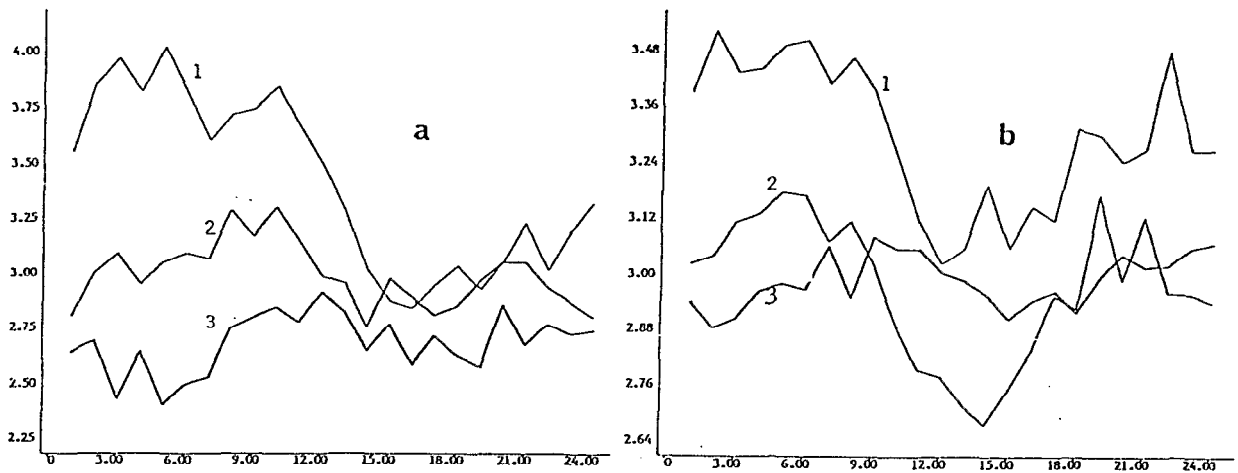


Fig.4-5: Nombre moyen de pêcheurs par pirogue de pêche à la ligne selon les quinzeaines et les 3 périodes à St-Louis (a) et Kayar (b).

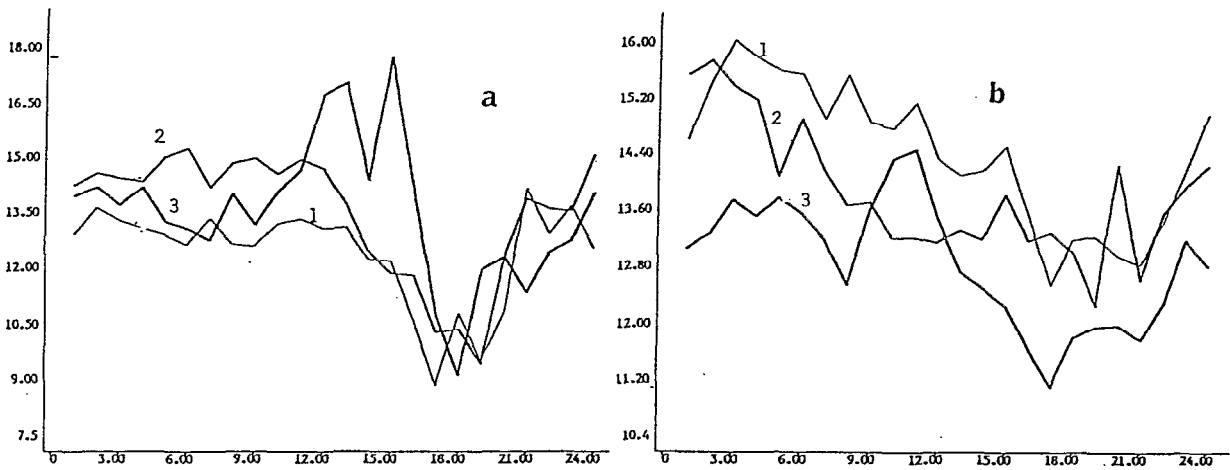


Fig.4-6: Temps de pêche moyen (en demi-heures) des pirogues lignes selon les quinzeaines et les 3 périodes à St-Louis (a) et Kayar (b)

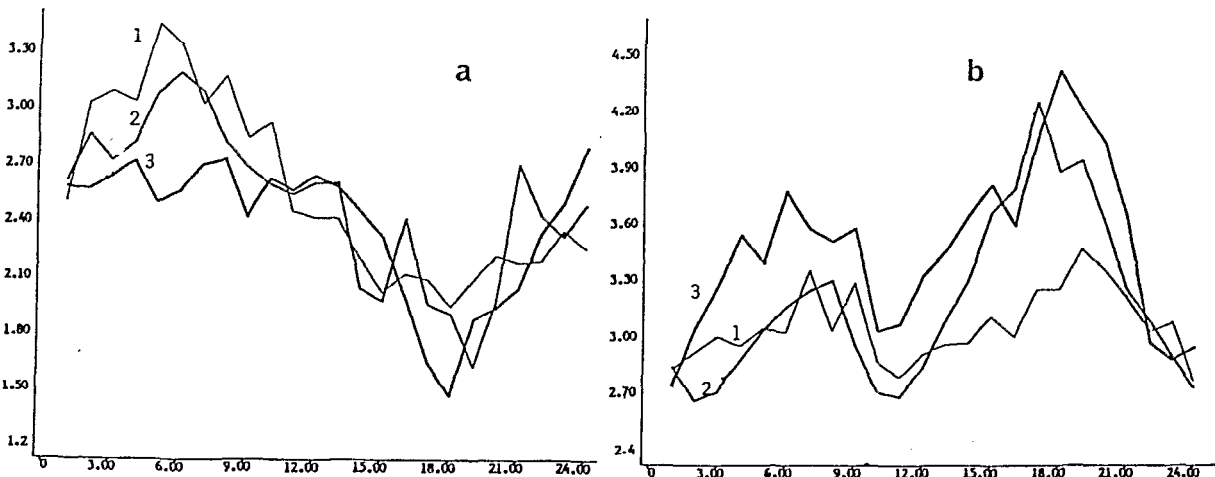


Fig.4-7: Profondeur moyenne de pêche des pirogues lignes selon les quinzeaines et les 3 périodes à St-Louis (a) et Kayar (b).

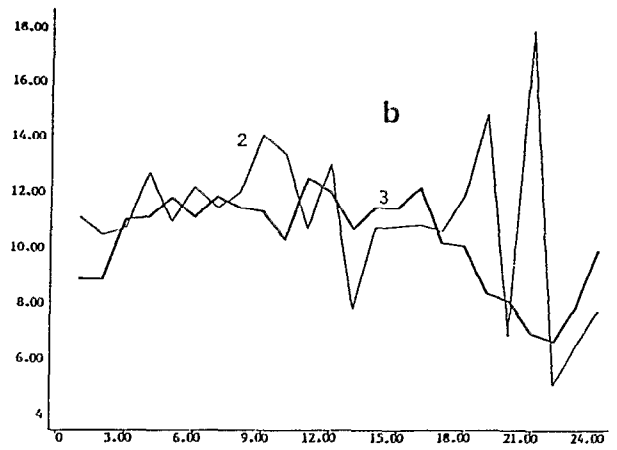
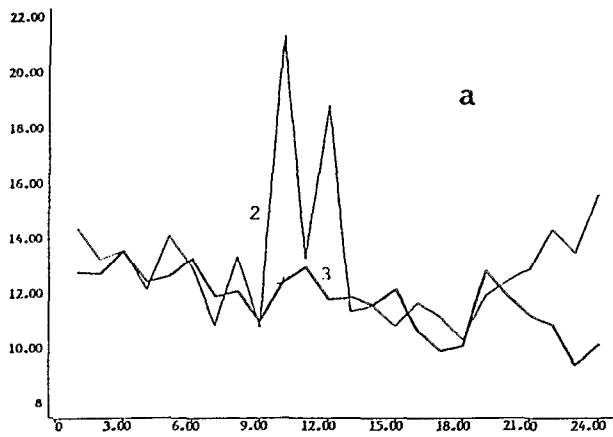


Fig.4-8: Temps de pêche moyen (en demi-heures) des sennes tournantes selon les quinzeaines et les 3 périodes à St-Louis (a) et Kayar (b)

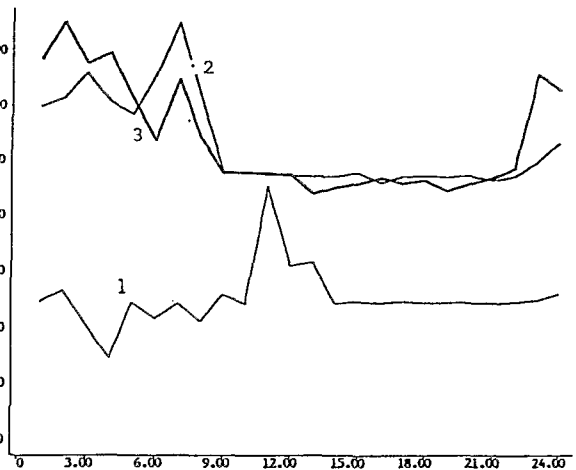
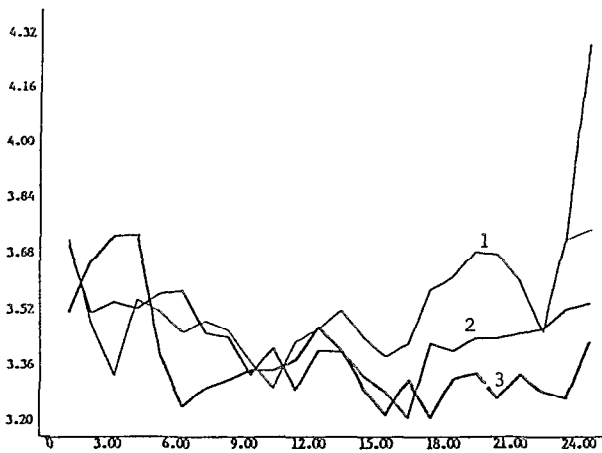


Fig.4-9: Nombre moyen de pêcheurs par pirogue à filet dormant selon les quinzeaines et les 3 périodes à Saint-Louis.

Fig.4-10: Temps de pêche moyen (en demi-heure) des filets dormants selon les quinzeaines et les 3 périodes à St-Louis

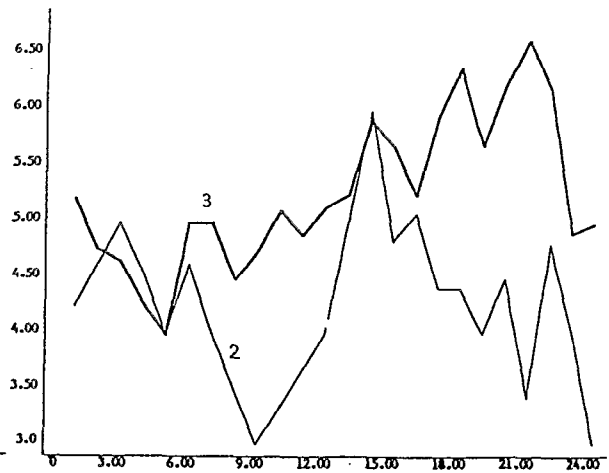
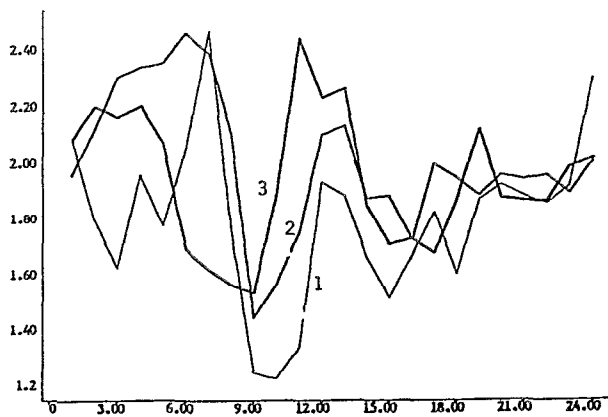


Fig.4-11: Profondeur moyenne de pêche pour les pirogues à filet dormant selon les quinzeaines et les 3 périodes à Saint-Louis

Fig.4-12: Nombre moyen de pêcheurs par pirogue glacière selon les quinzeaines et les 2 périodes à St-Louis

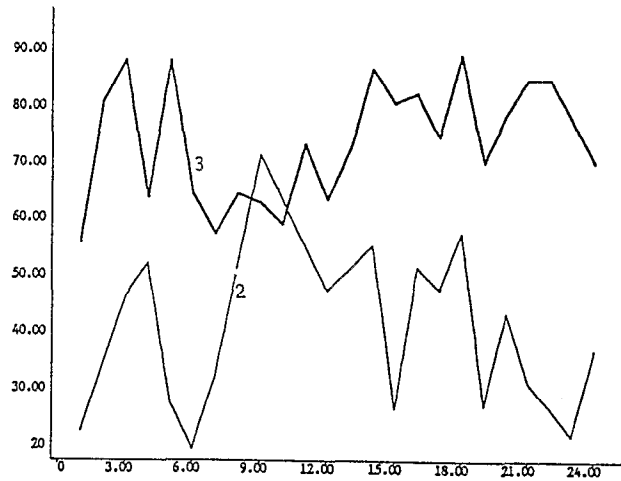


Fig.4-13: Temps de pêche moyen (en demi-heures) pour les pirogues
glacières selon les quinzeaines et les 2 périodes à St-Louis

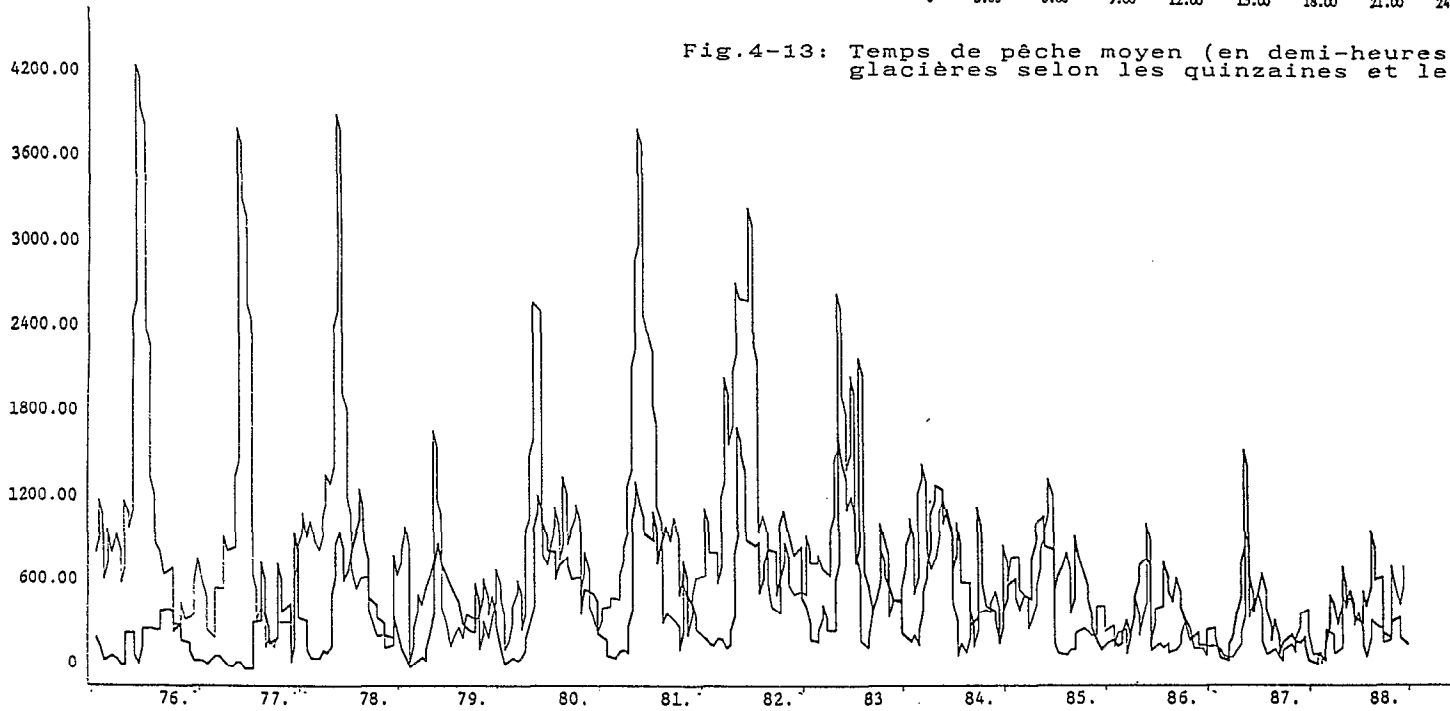


Fig.4-14a: Evolution du nombre de sorties des pirogues
lignes(trait fin) et filet dormant(trait gras) à St-Louis

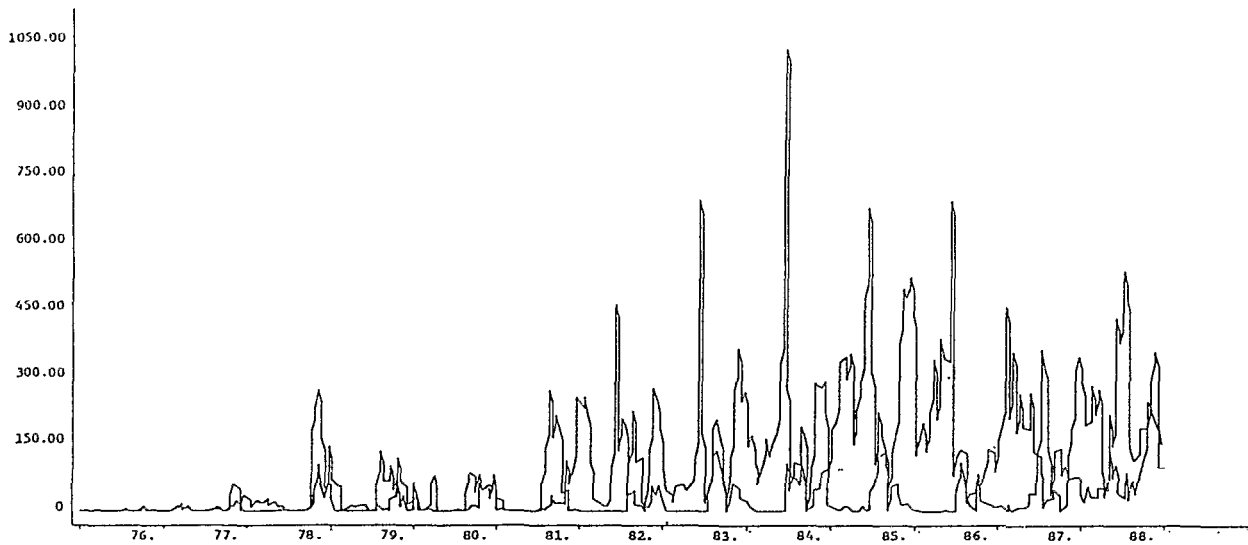


Fig.4-14b: Evolution du nombre de sorties des pirogues glacières (trait fin) et sennes tournantes (trait gras) à St-Louis

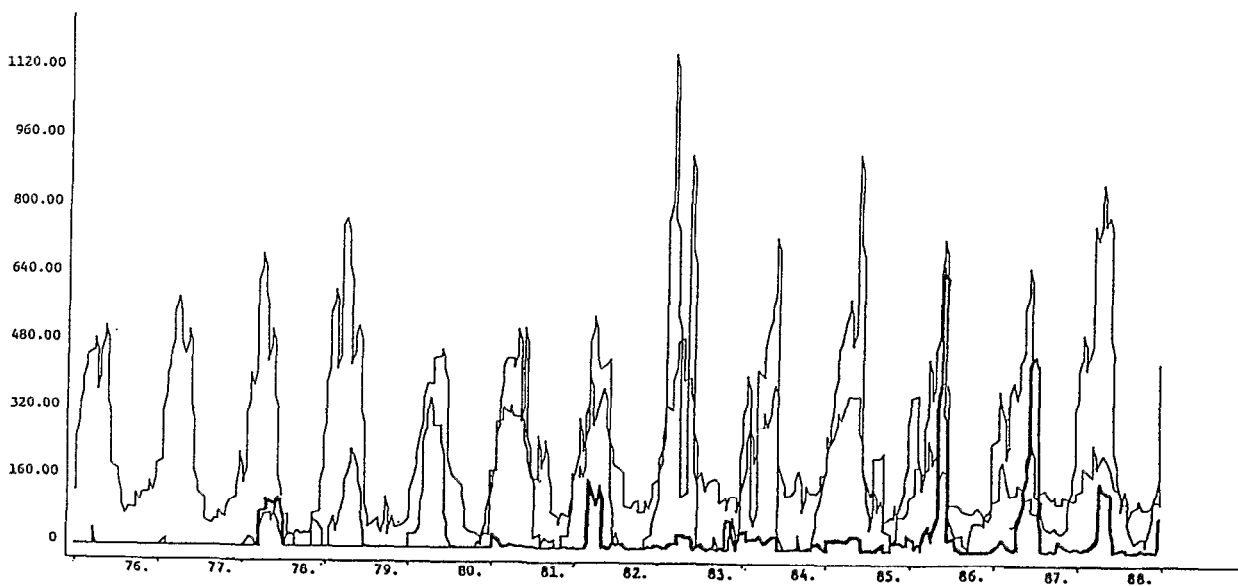


Fig.4-14c: Evolution du nombre de sorties des pirogues lignes (divisé par 10, trait fin), des sennes tournantes (trait moyen) et des filets dormants (trait gras) à Kayar

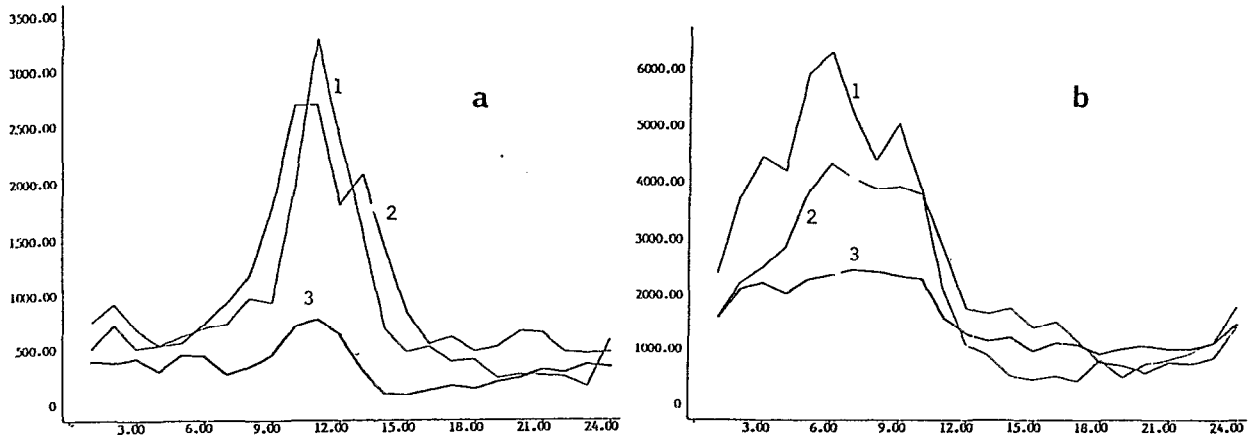


Fig.4-15: Nombre de sorties des pirogues lignes selon les quinze jours et les 3 périodes à St-Louis (a) et Kayar (b)

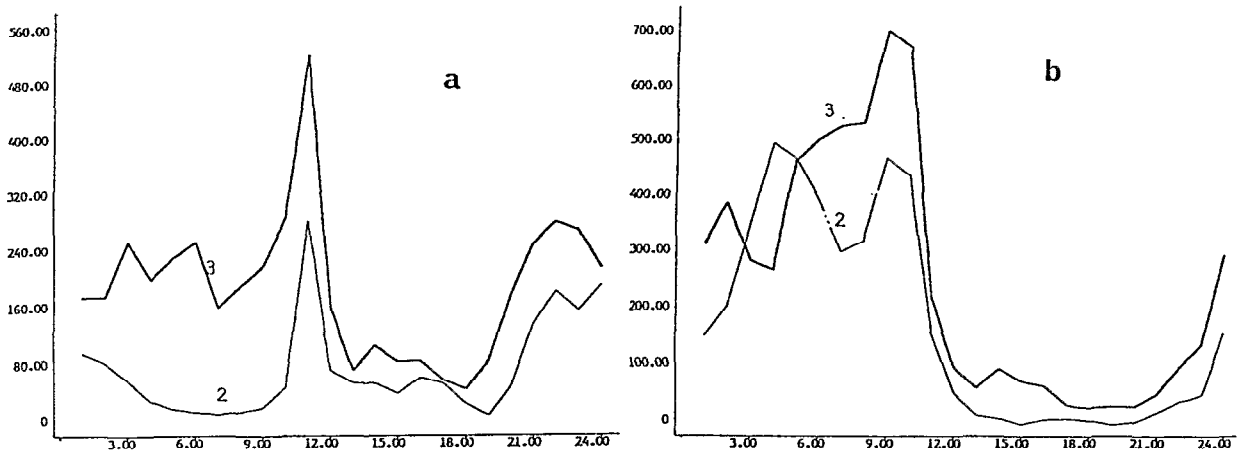


Fig.4-16: Nombre de sorties des pirogues de senne tournante selon les quinze jours et les 2 périodes à St-Louis (a) et Kayar (b)

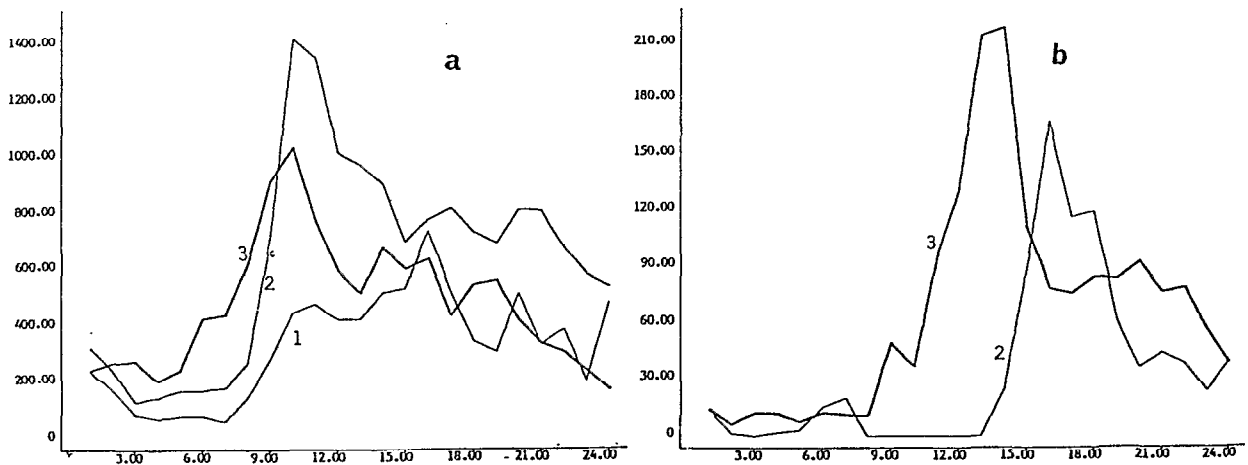
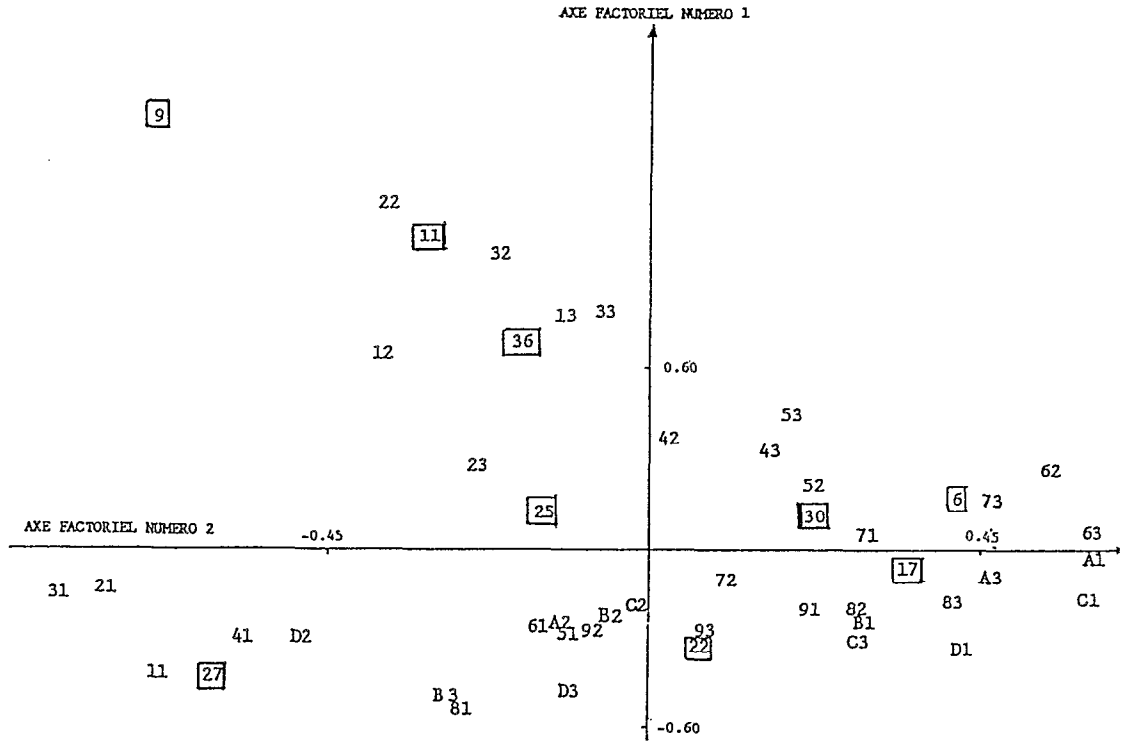
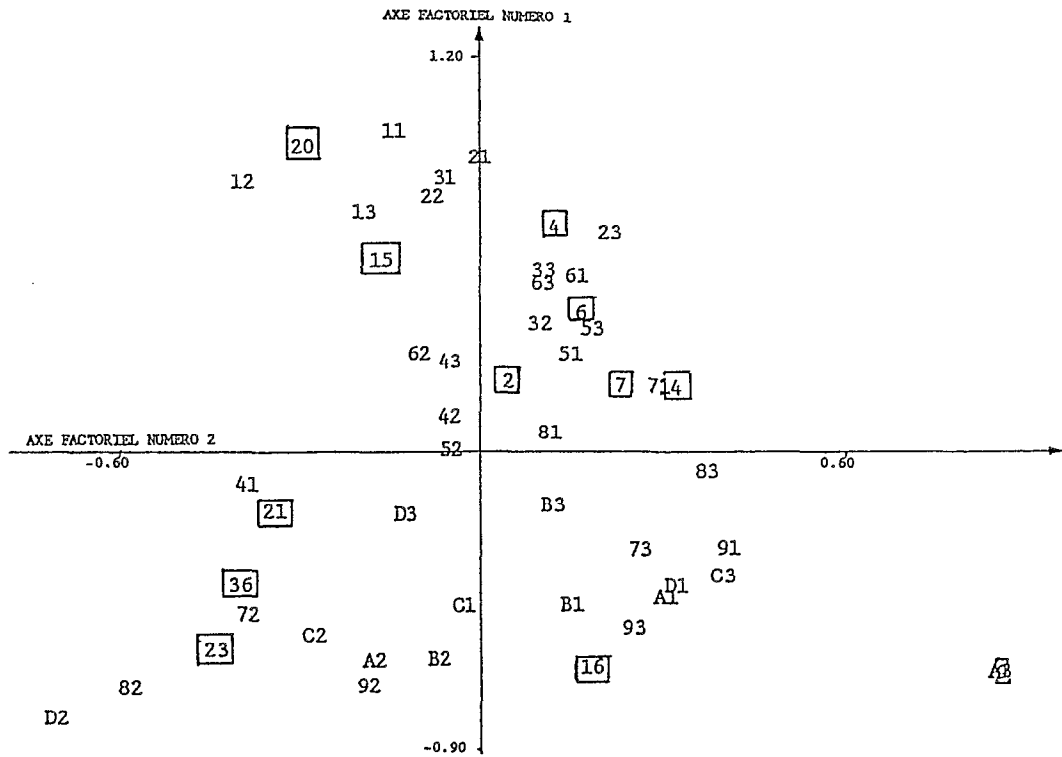


Fig.4-17: Nombre de sorties des pirogues à filet dormant (a) et glacier (b) selon les quinze jours et les périodes à St-Louis



a



b

Fig.4-18: Analyse des correspondances des fréquentations des lieux de pêche à St-Louis (a) et Kayar (b); données des tab.IV-2 et IV-3.

[9]: code des lieux de pêche
 21 ou A1 : le 1^{er} chiffre (ou lettre) indique l'année(1975 à 1987)
 le 2^e " " indique les saisons(1 à 3)

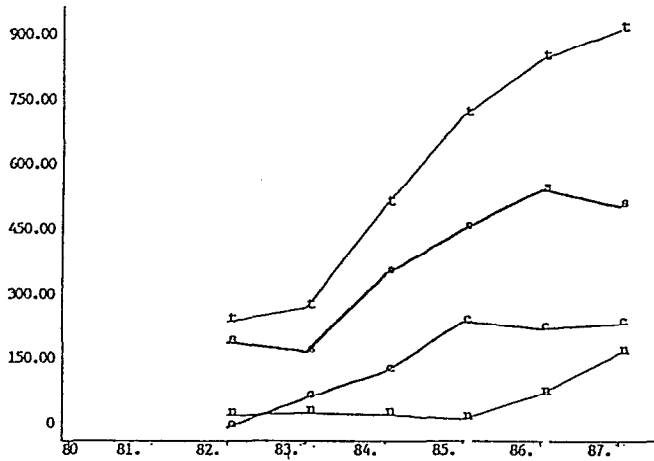
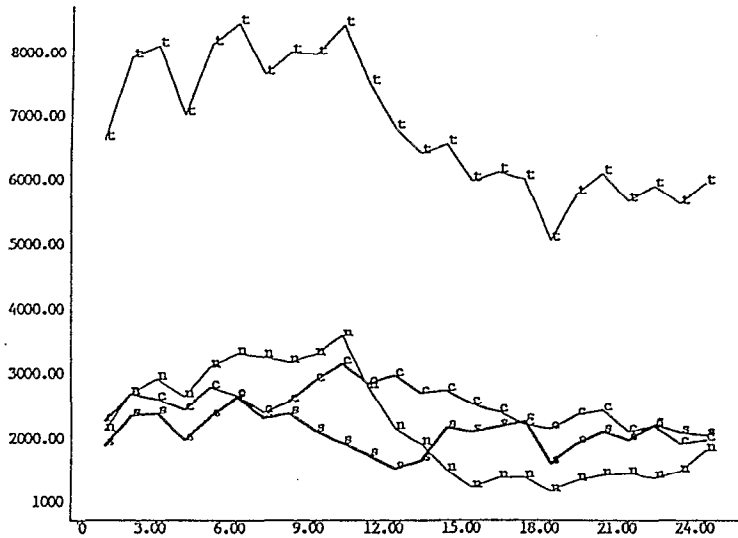
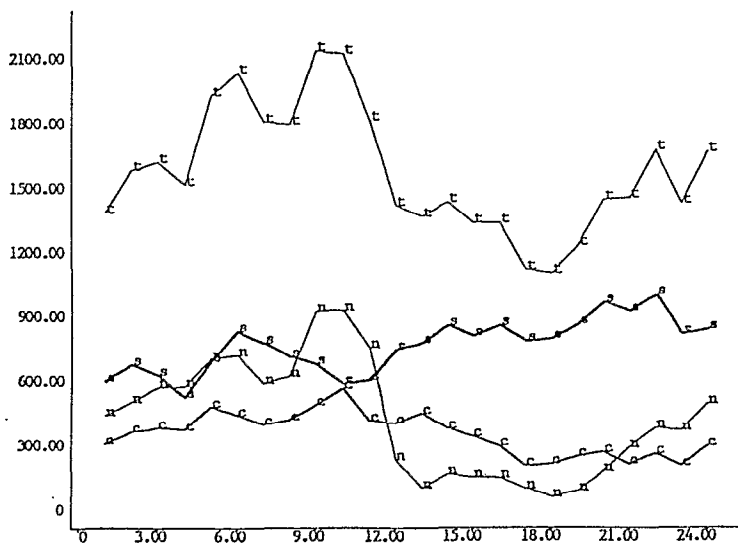


Fig.4-19: Evolution des activités des pirogues glacières sur la Côte nord (n) le Cap-Vert (c) et la Petite Côte (s) (t=somme des 3 régions)



a



b

Fig.4-20: Variations saisonnières du nombre total des sorties (t), pour la Côte nord (n), le Cap-Vert (c) et la Côte sud (s) pour les pirogues lignes (a) et les sennes tournantes (b)

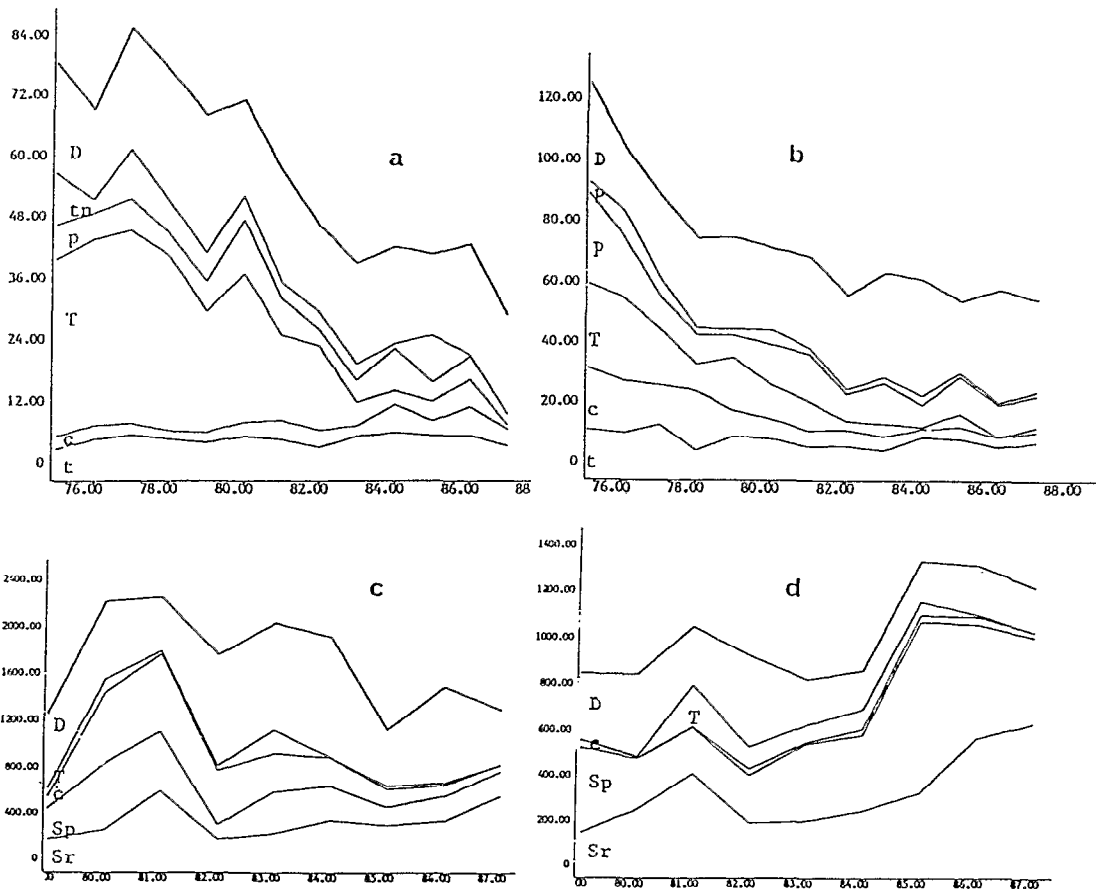


Fig.4-21: Evolution des rendements moyens annuels (en kg) des pirogues
 - lignes à Saint-Louis (a) et Kayar (b)
 - sennes tournantes à Saint-Louis (c) et Kayar (d)
 Tt=total P=pageot p=page T=tassergal t=tief c=chinchard jaune
 tn=thonine Sr=sardinelle ronde Sp=sardinelle plate D=divers

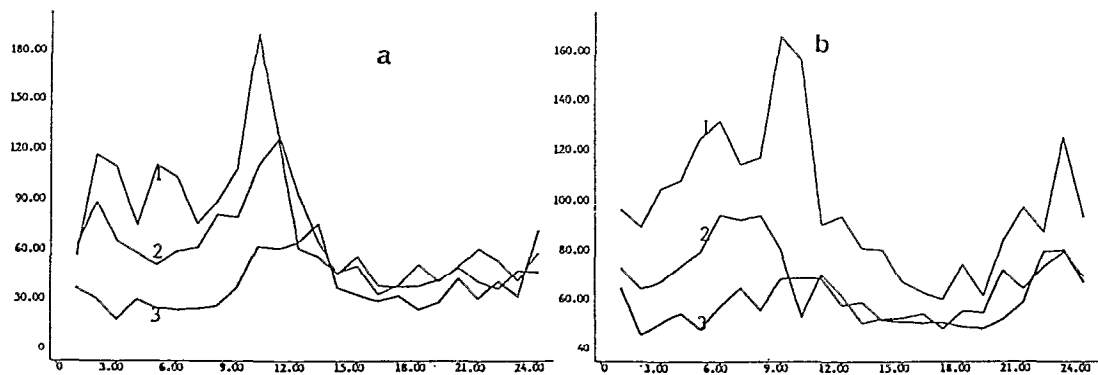


Fig.4-22: Variations saisonnières des rendements (en kg) des pirogues
 lignes selon les 3 périodes à Saint-Louis (a) et Kayar (b)

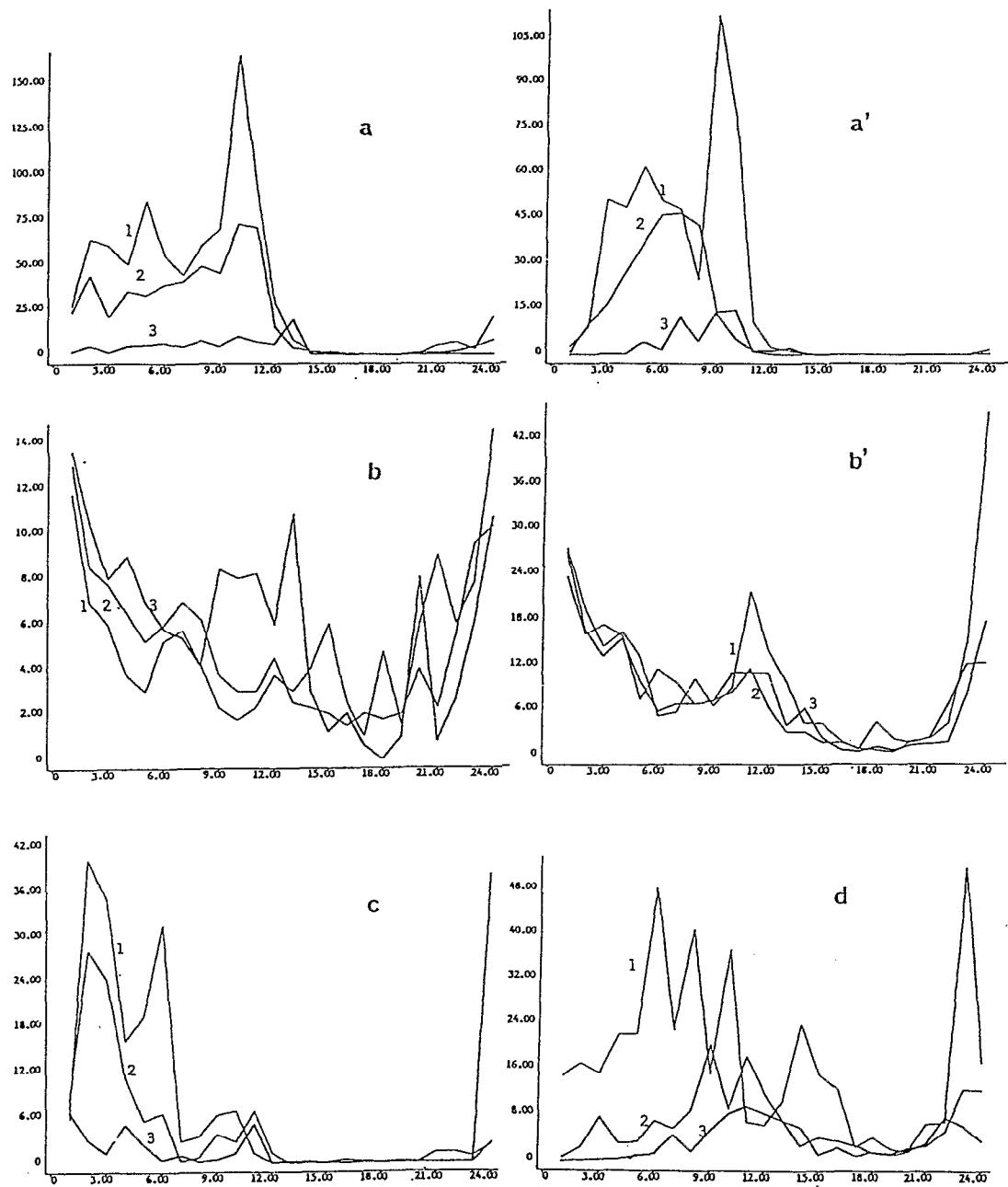


Fig.4-23: Variations saisonnières des rendements (en kg) des pirogues lignes:
 -en tassergal à Saint-Louis (a) et Kayar (a')
 -en tiof à Saint-Louis (b) et Kayar (b')
 -en thonine à Saint-Louis (c) et chincharde à Kayar (d)

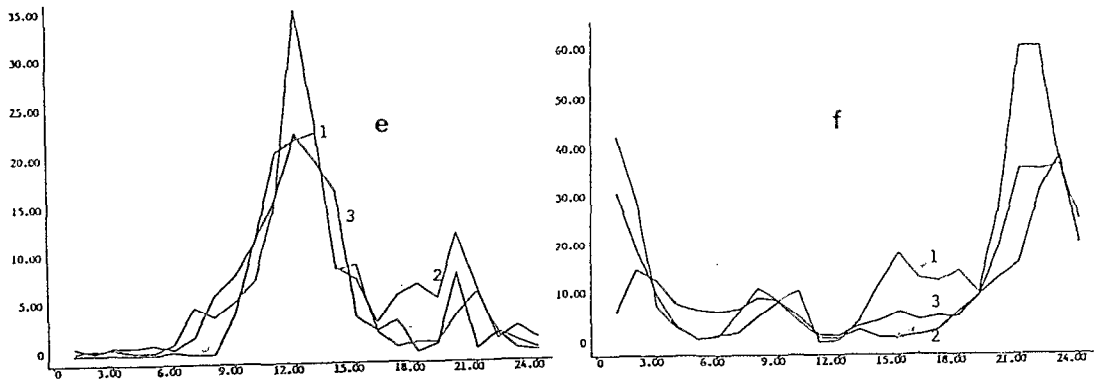


Fig.4-23: (suite) -en pagre à Saint-Louis (e) et pageot à Kayar (f)

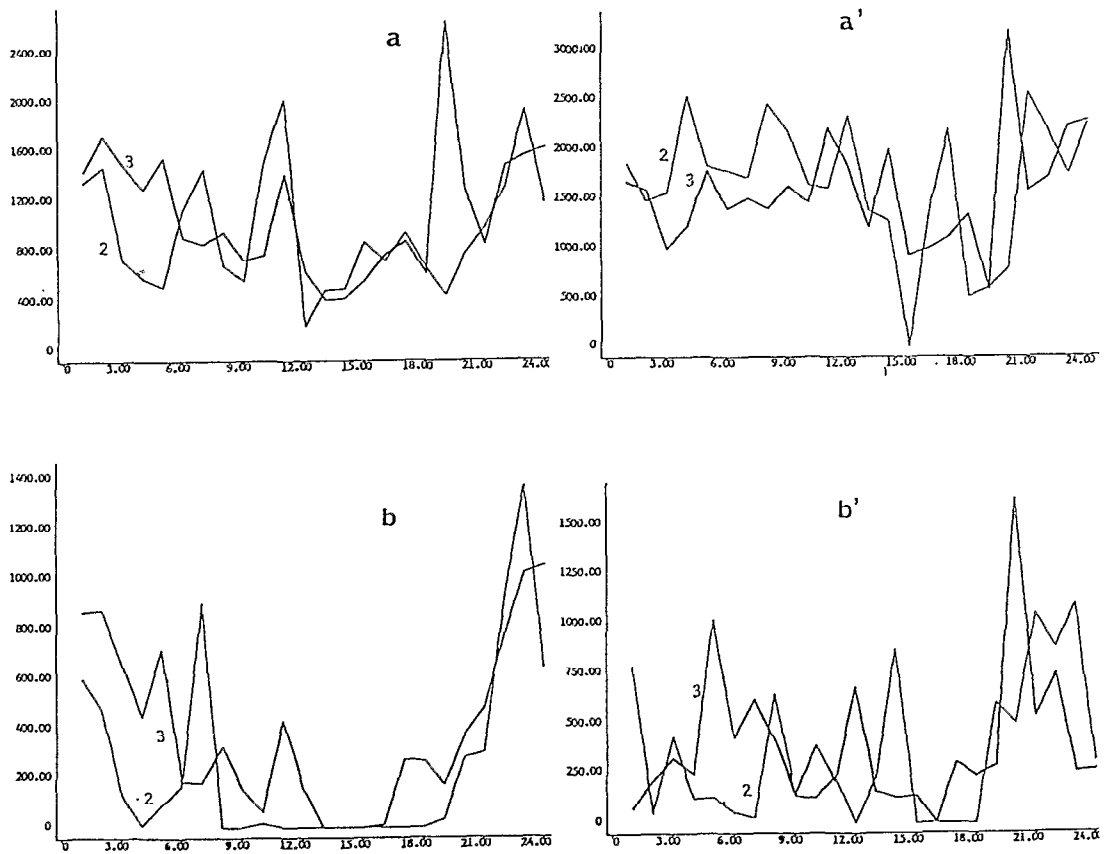


Fig.4-24: (à suivre)

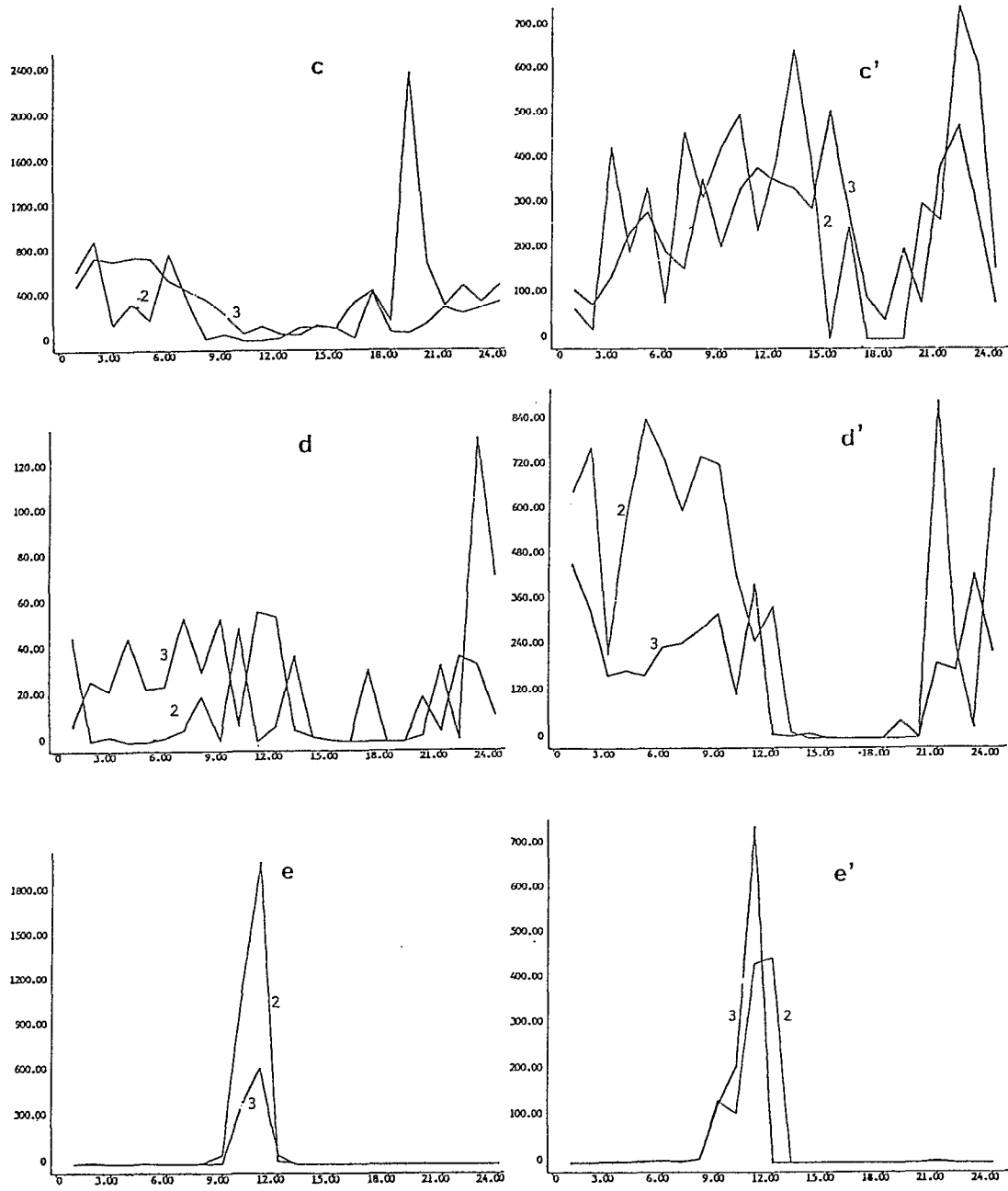
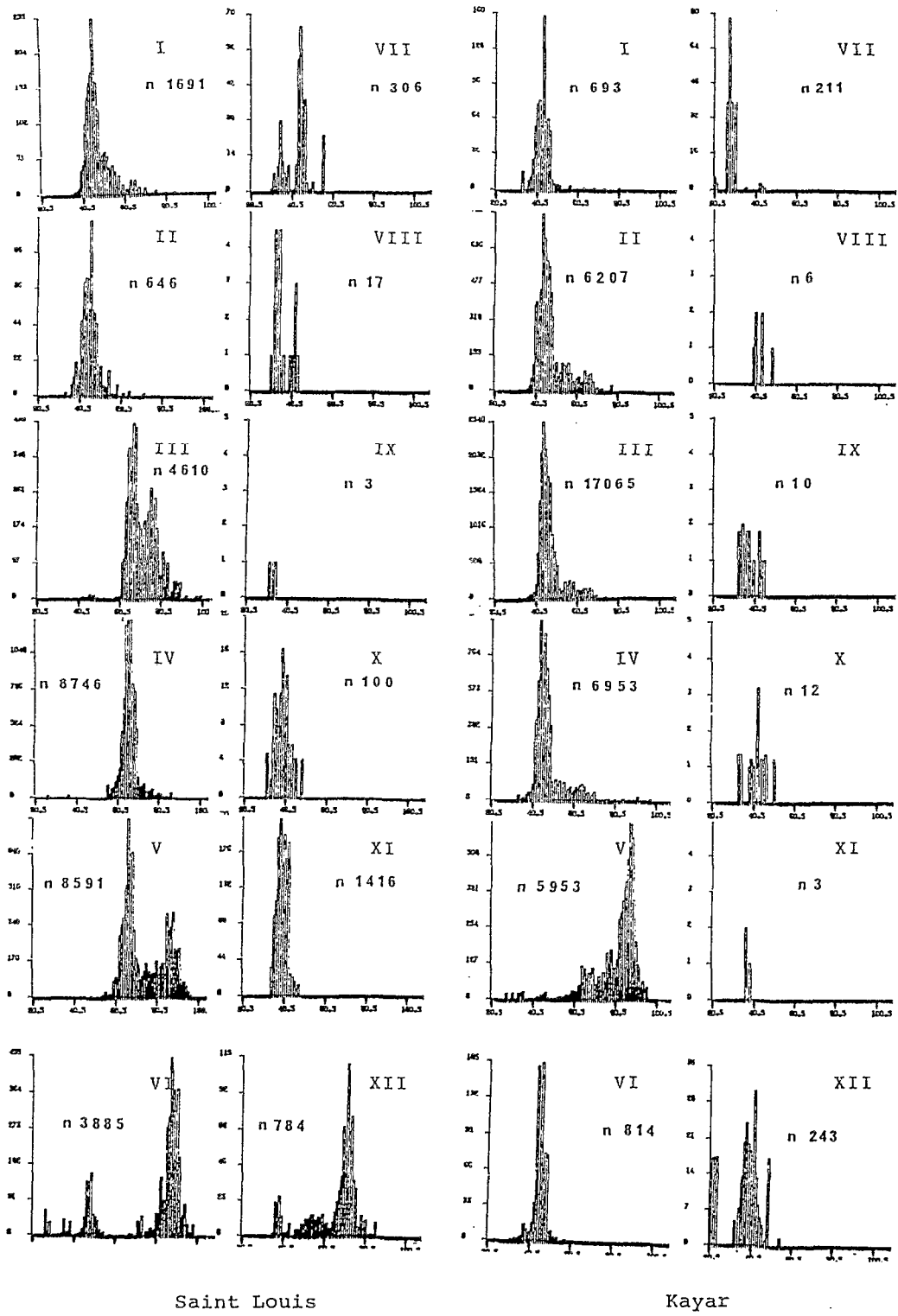
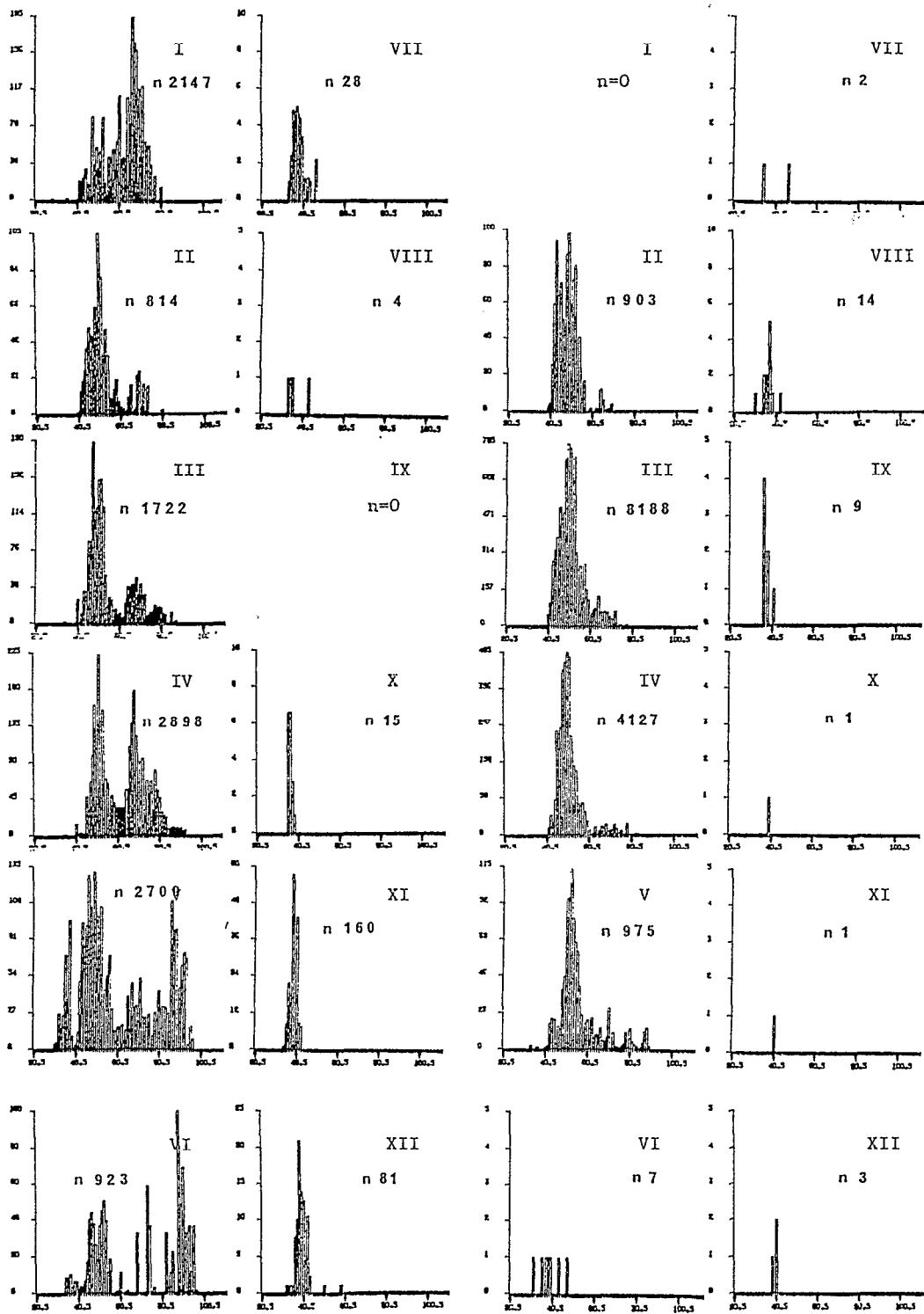


Fig.4-24: Variations saisonnières pour les sennes tournantes, selon les 3 périodes
 -des rendements totaux à St-Louis (a) et Kayar (a')
 -des rendements en sardinelles rondes à St-Louis (b) et Kayar (b')
 -des rendements en sardinelles plates à St-Louis (c) et Kayar (c')
 -des rendements en chinchards jaunes à St-Louis (d) et Kayar (d')
 -des rendements en tassergal à St-Louis (e) et Kayar (e')



192 Fig.4-25: Distribution de fréquences de tailles des tassergals pêchés à la ligne en 1976 à Saint-Louis et Kayar



Saint Louis

Kayar

Fig.4-26: Distribution de fréquences de tailles des tassergals pêchés à la ligne en 1981 à Saint-Louis et Kayar

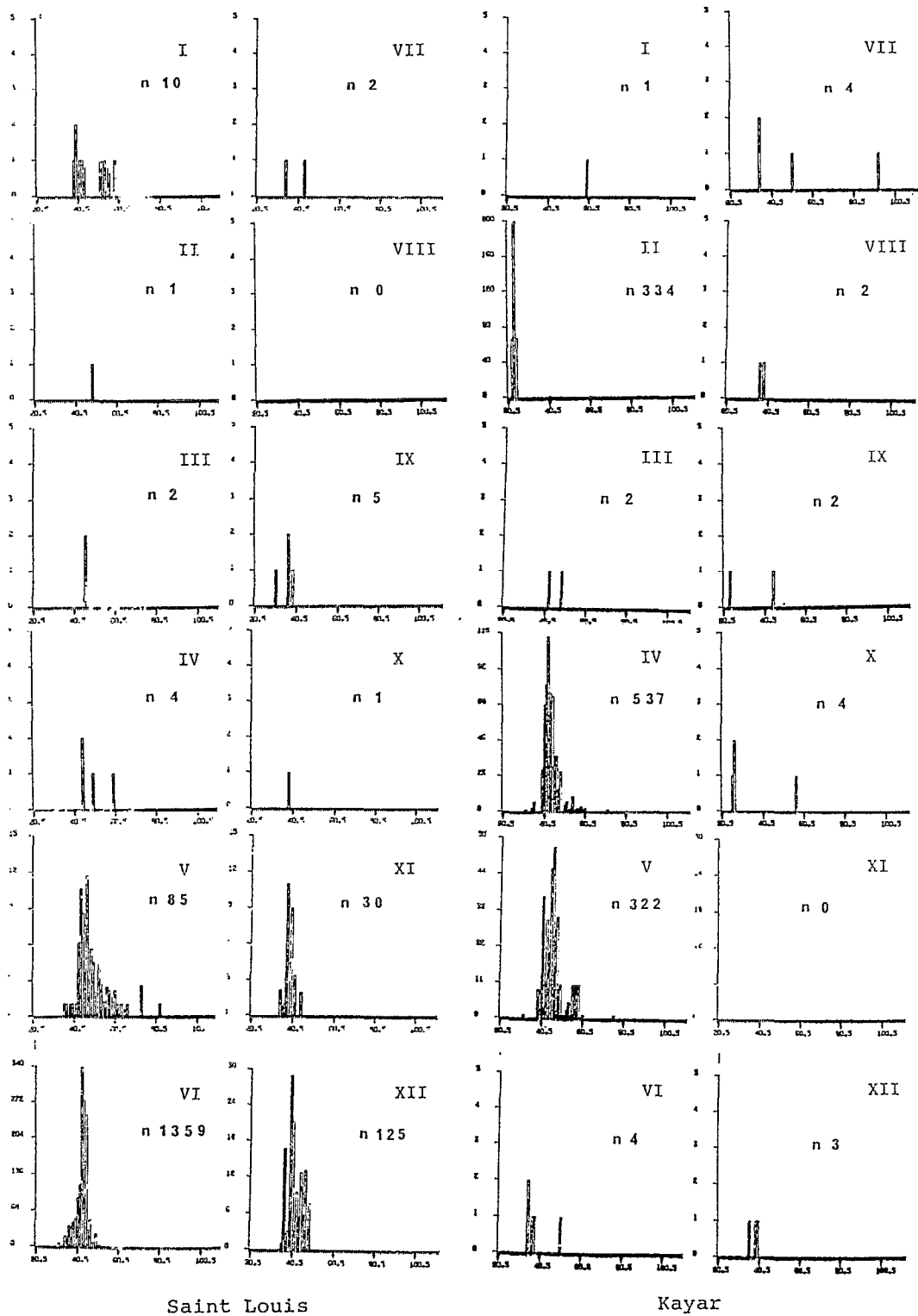
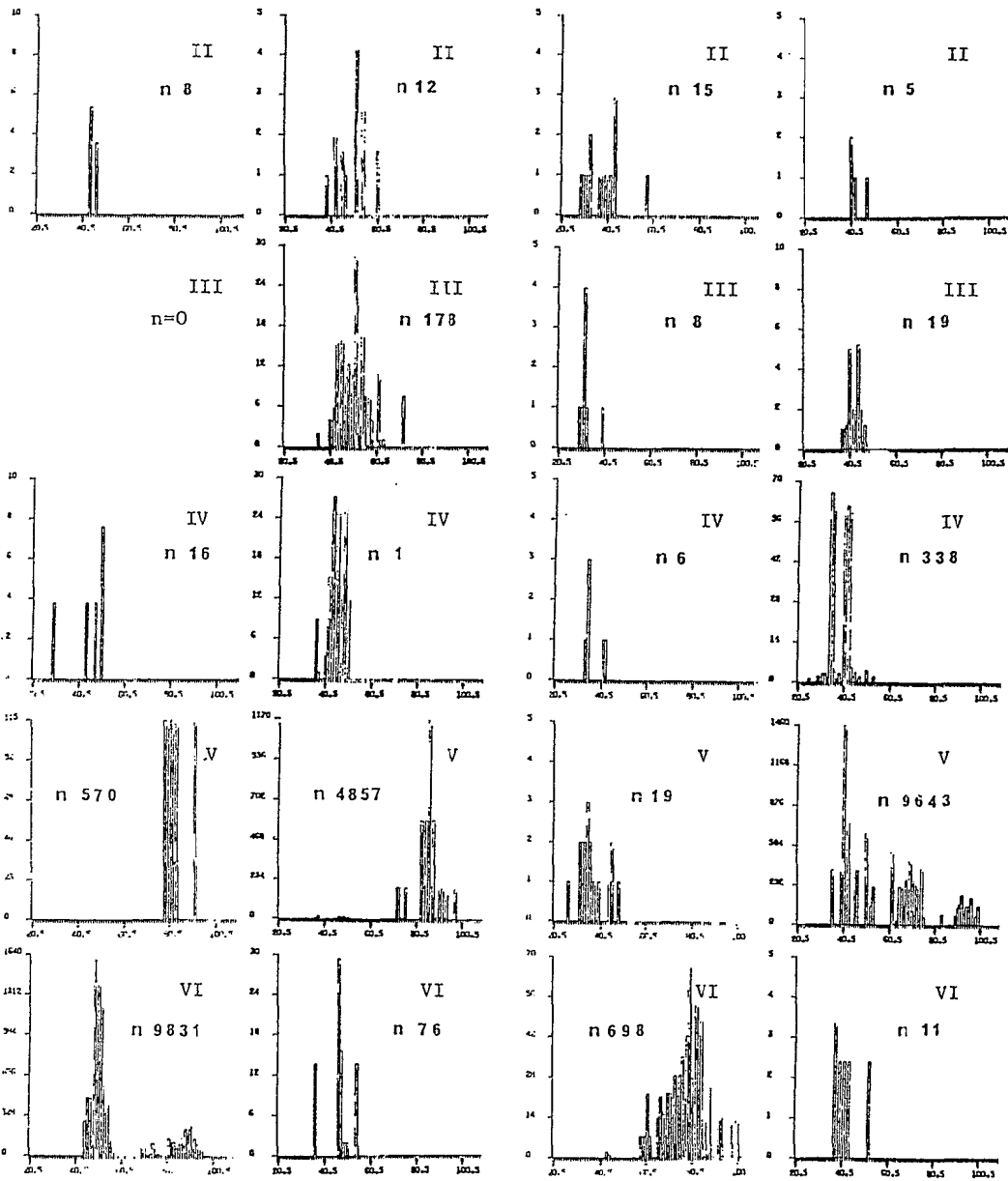


Fig.4-27: Distribution de fréquences de tailles des tassergals pêchés à la ligne en 1986 à Saint-Louis et Kayar



Saint Louis

Kayar

Saint Louis

Kayar

Fig.4-28: Distribution de fréquence de taille des tassergals pêchés à la senne tournante en 1981 à St-Louis et Kayar

Fig.4-29: Distribution de fréquence de tailles des tassergals pêchés à la senne tournante en 1986 à St-Louis et Kayar

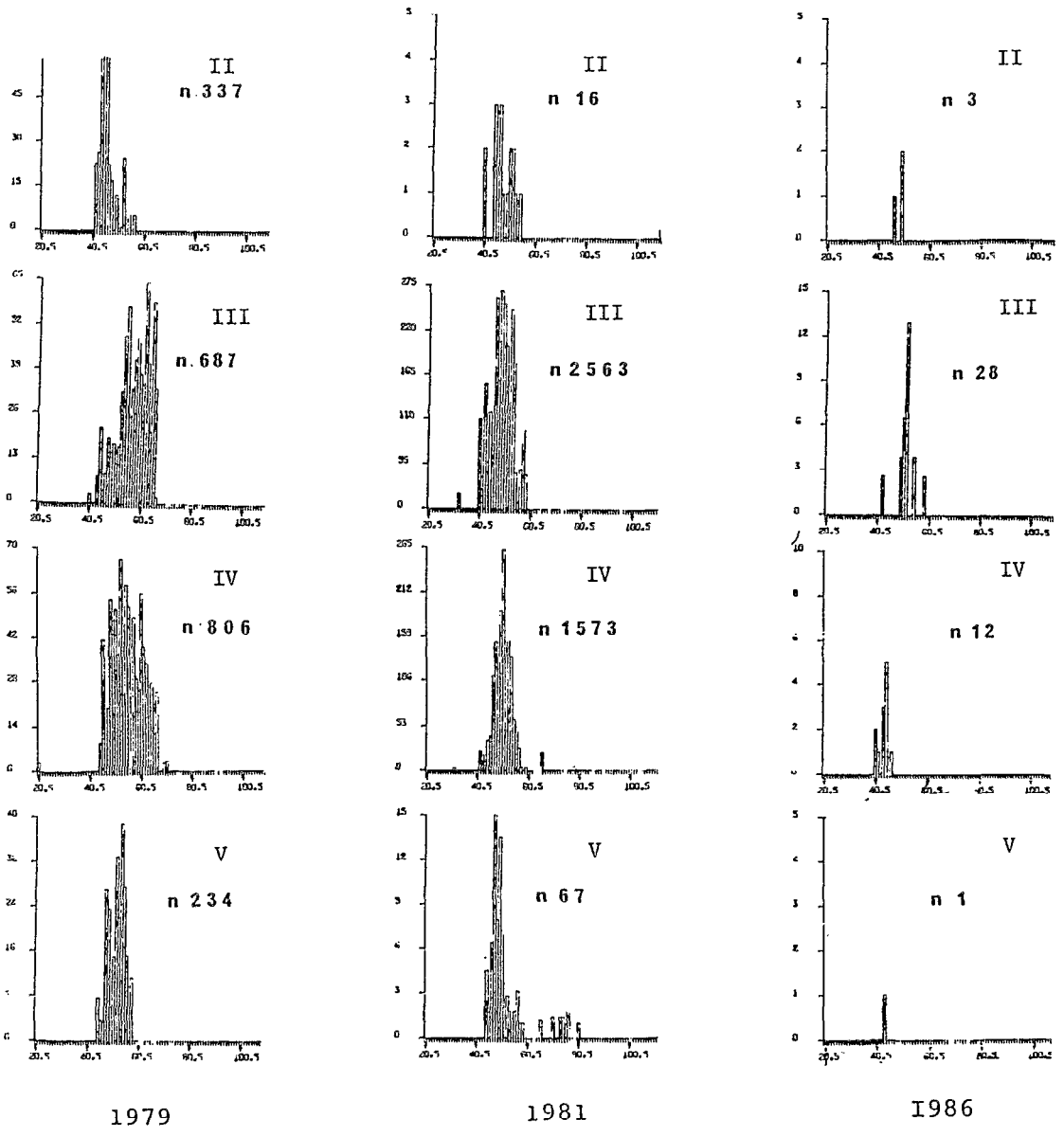
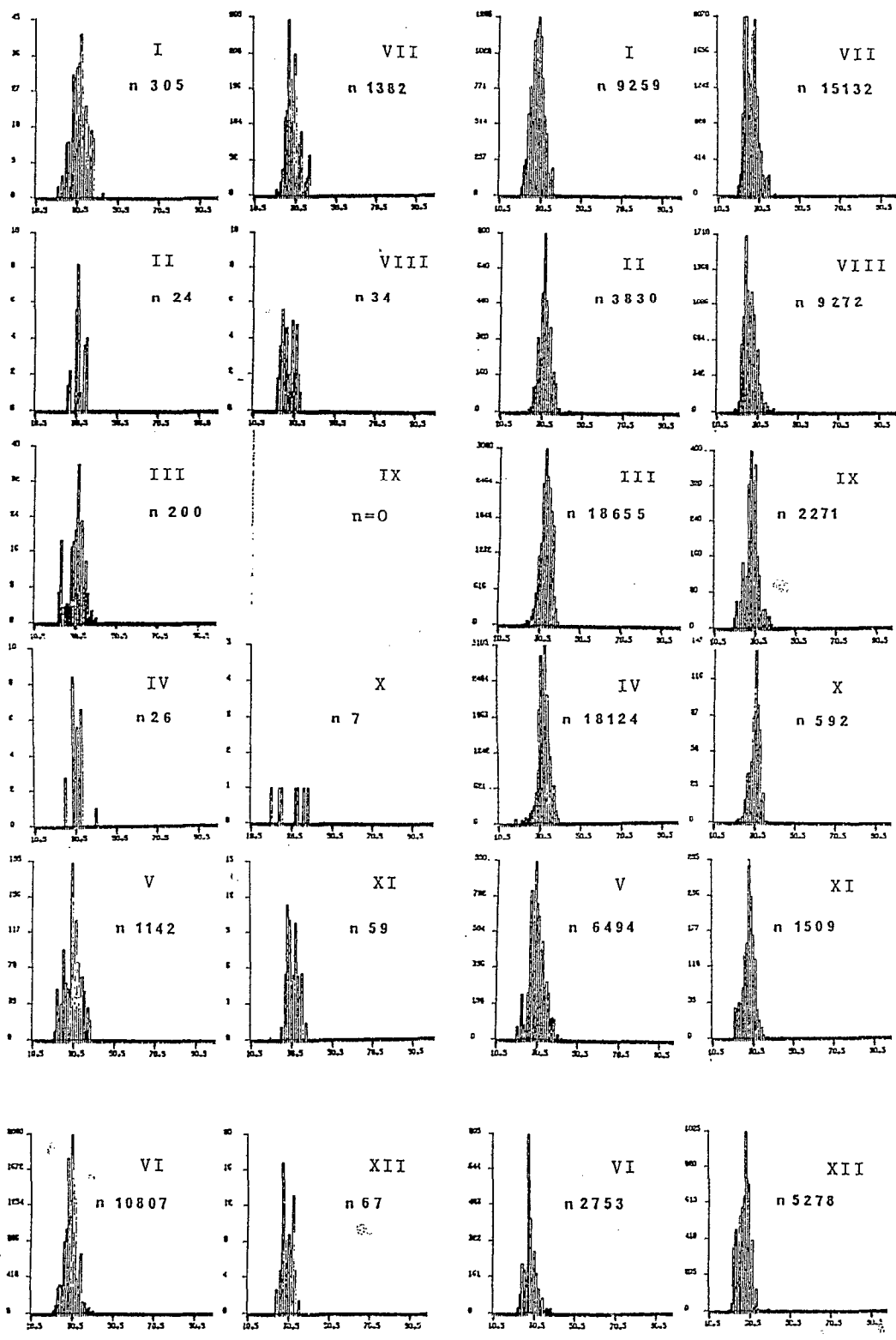


Fig.4-30: Distribution de fréquences de tailles des tassergals pêchés à la ligne à Yoff en 1979 , 1981 et 1986



Saint Louis

Kayar

Fig.4-31: Distribution de fréquences de tailles des chinchards pêchés à la ligne en 1976 à Saint-Louis et Kayar

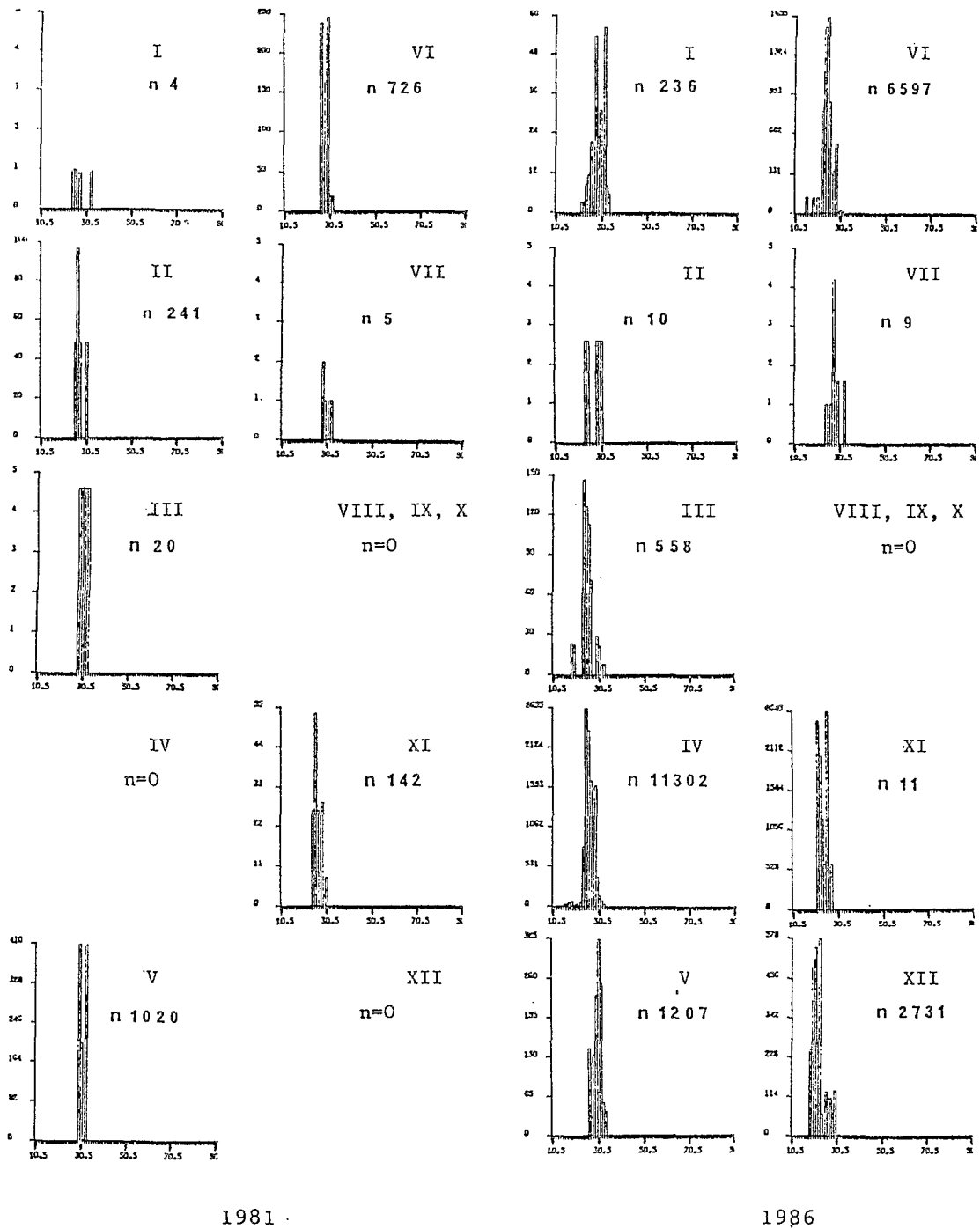
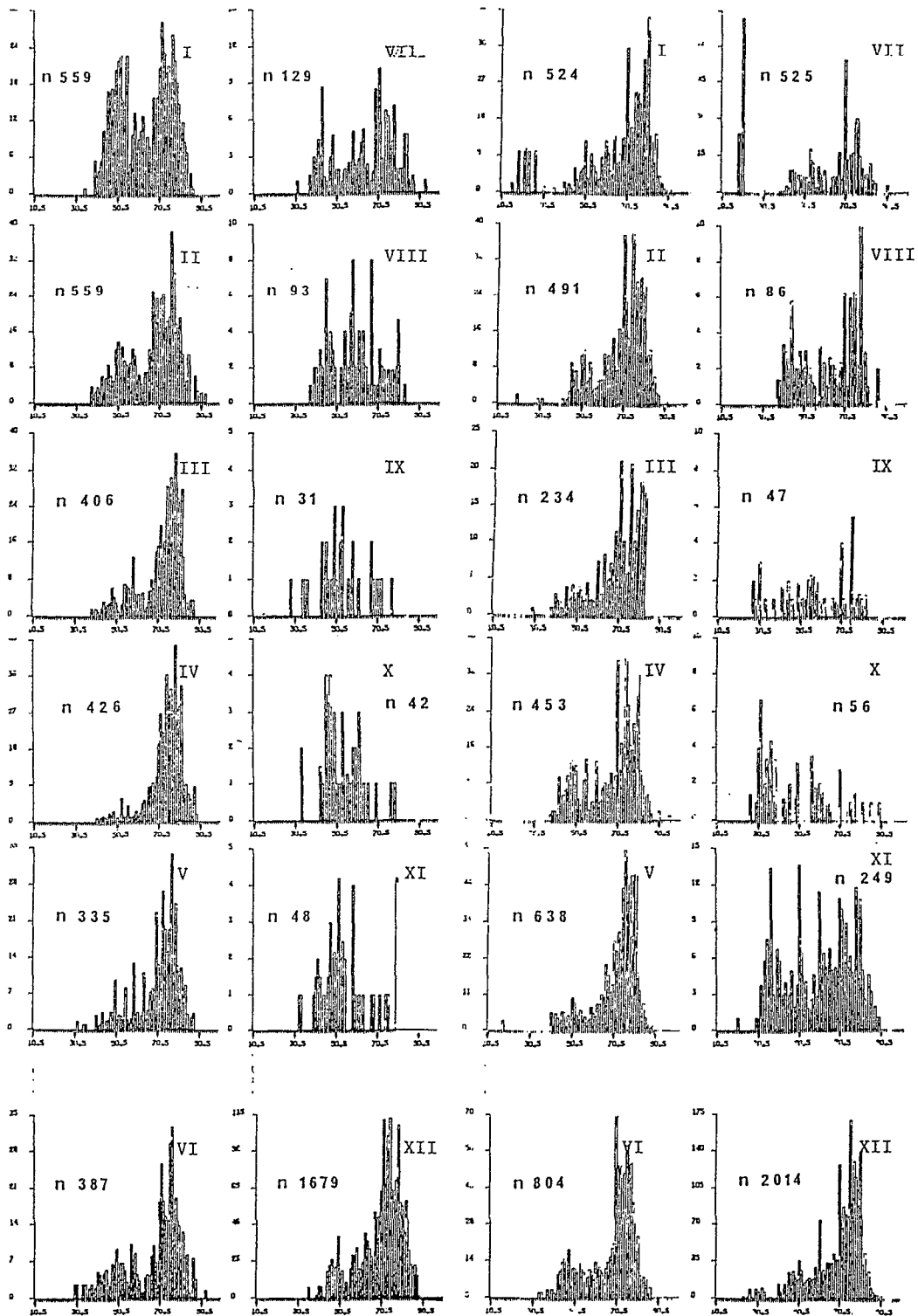


Fig.4-32: Distribution de fréquences de tailles des chinchards pêchés à la senne tournante à Saint-Louis en 1981 et 1986



1976

1986

Fig.4-33: Distribution de fréquences de tailles des tlofs pêchés à la ligne en 1976 et 1986 à Kayar

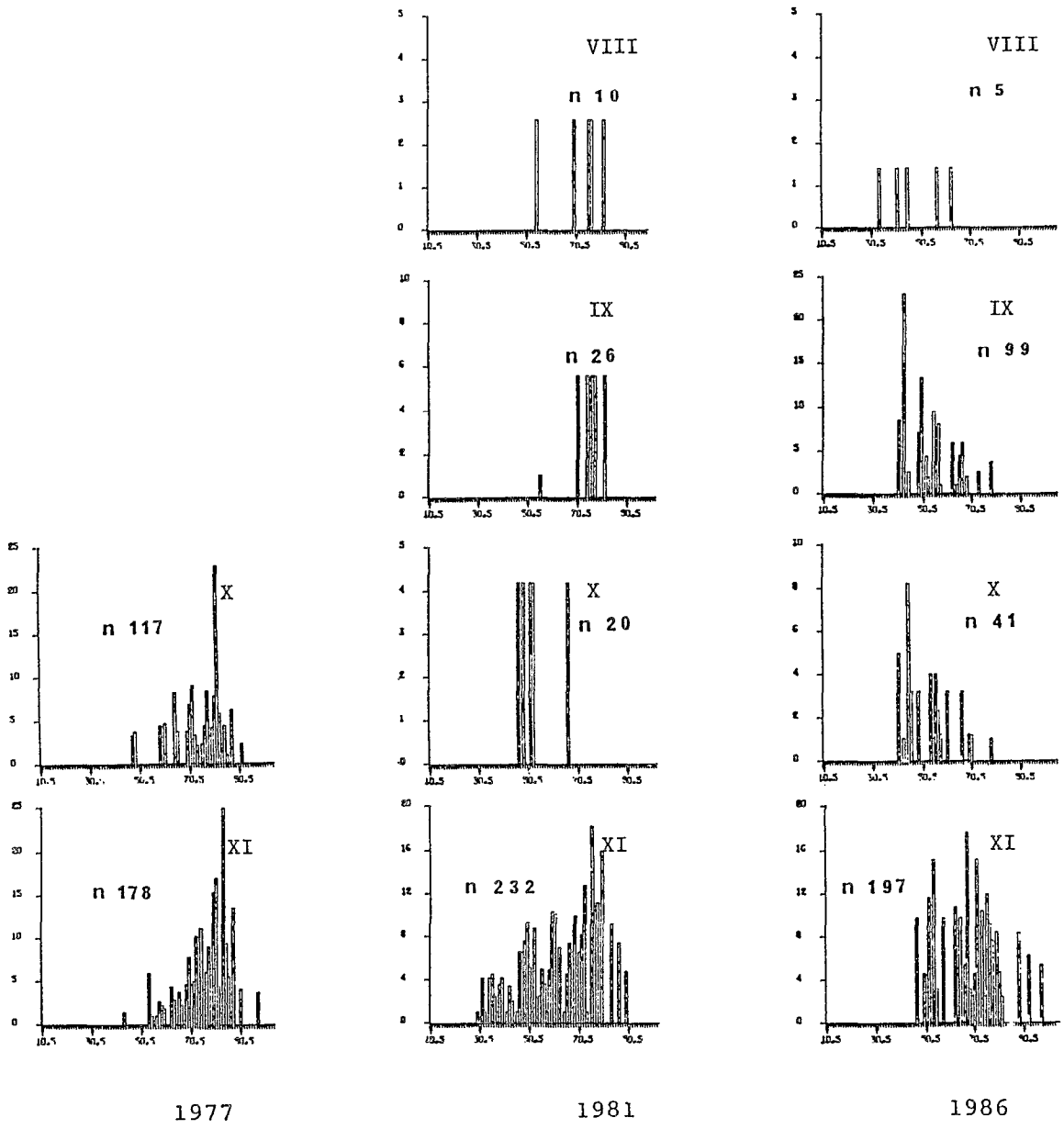
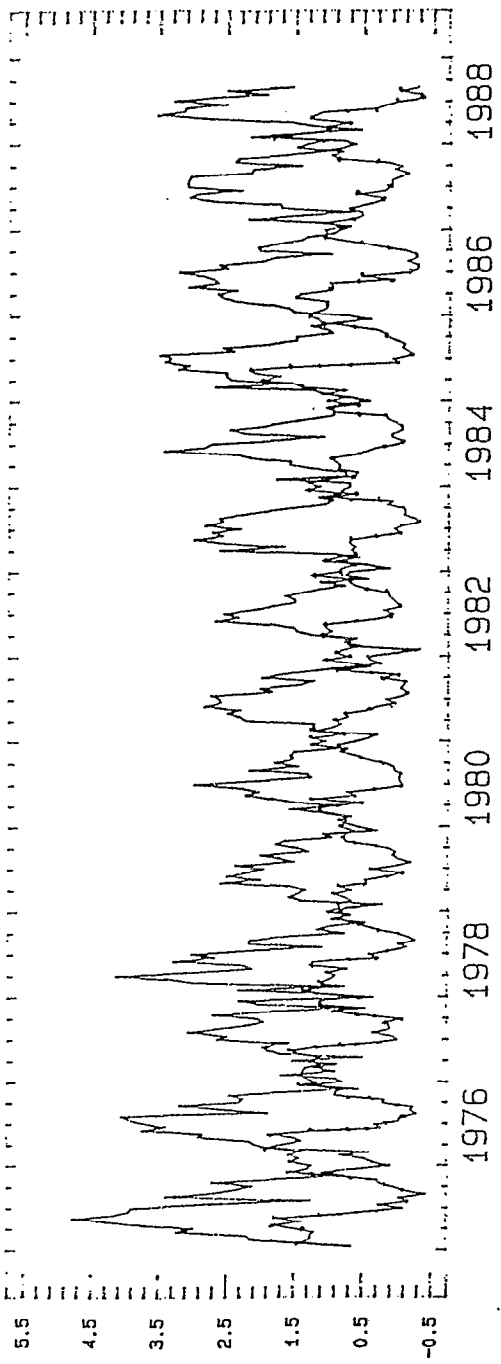


Fig.4-34: Distribution de fréquences de tailles des tiofs pêchés par les glacières à St-Louis en 1977 , 1981 et 1986



TRANSPORT D'EKMAN YOFF ET NOUADHIBOU
 1975-1988
 — Yoff
 - - - Nouadhibou

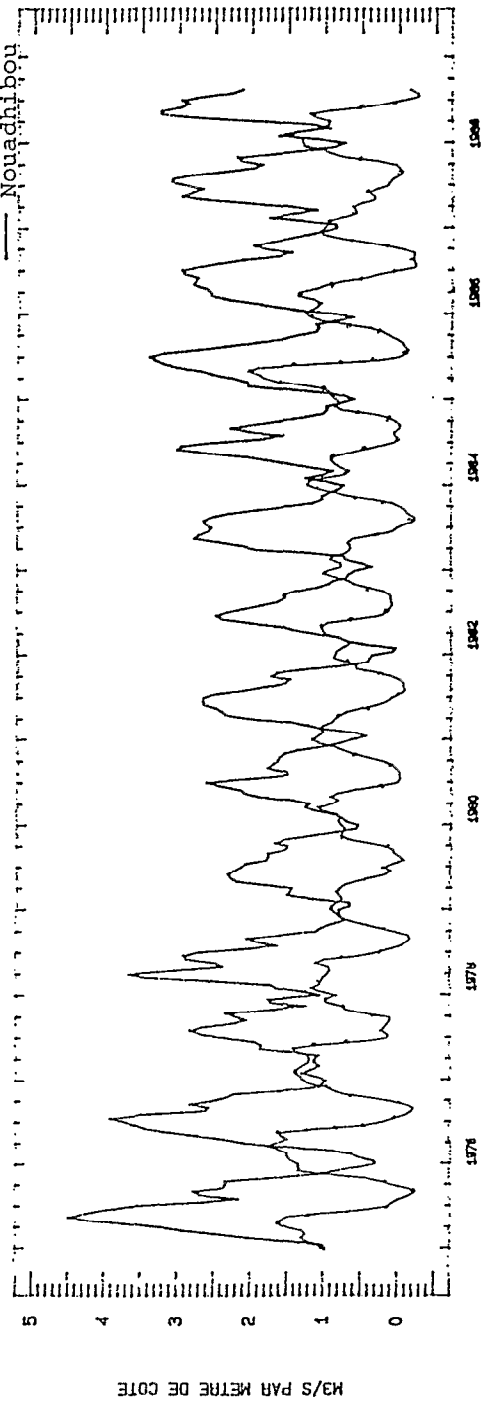
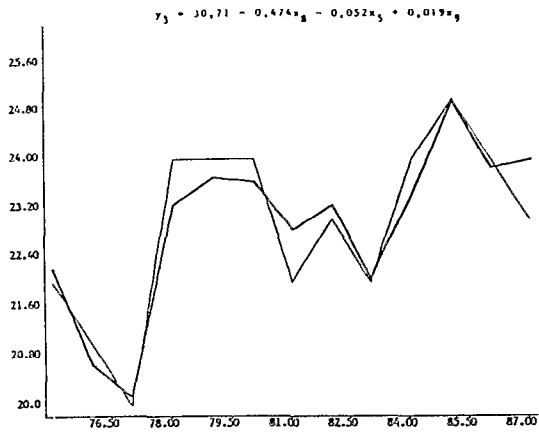
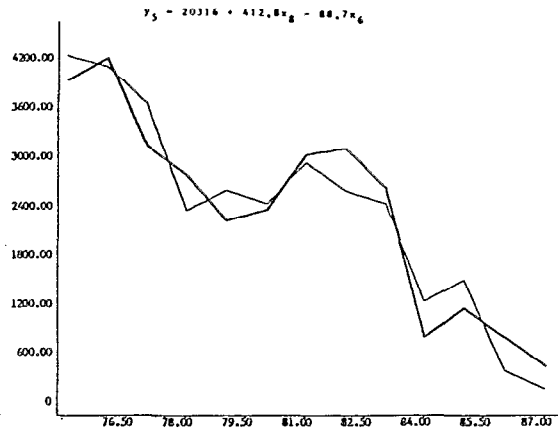


Fig.4-35: Transport d'Ekman à Yoff et Nouadhibou (1975-1988). Roy-1989



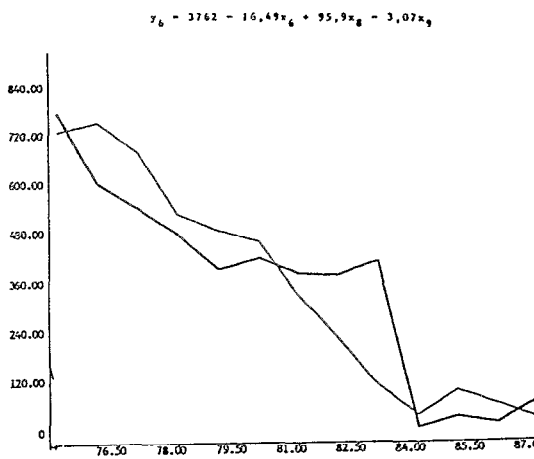
a

y_3 = quinzaine d'apparition du tiof



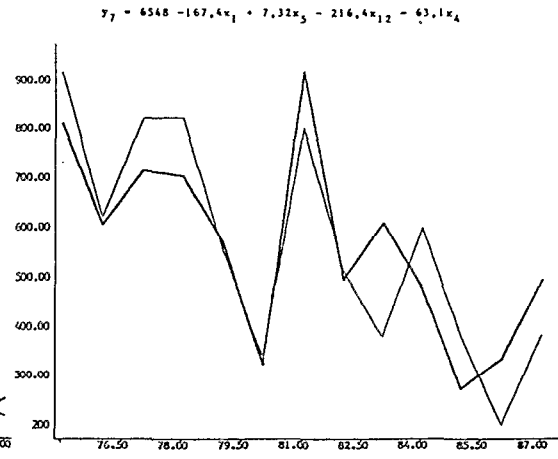
b

y_5 = captures totales de tassergal



c

y_6 = rendement en tassergal



d

y_7 = captures totales de tiof

Fig.4-36: Ajustement des variables de pêche aux variables d'environnement par "step wise" (trait fin=données observées) (trait gras=données ajustées)

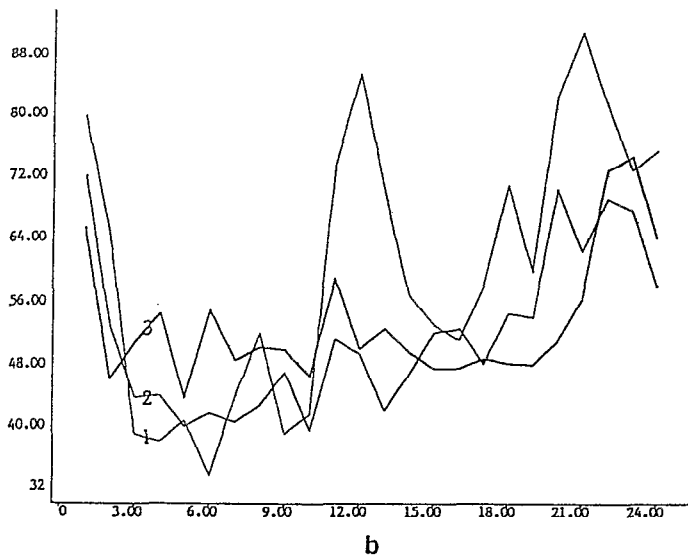
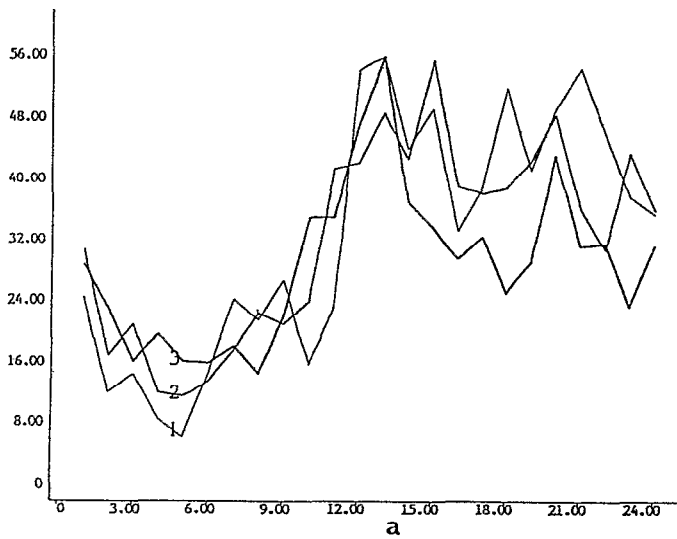


Fig.4-37: Variations saisonnières des rendements toutes espèces moins le tassergal, le chincharde et la thonine pour les pirogues lignes à Saint-Louis (a) et Kayar (b) selon les 3 périodes.

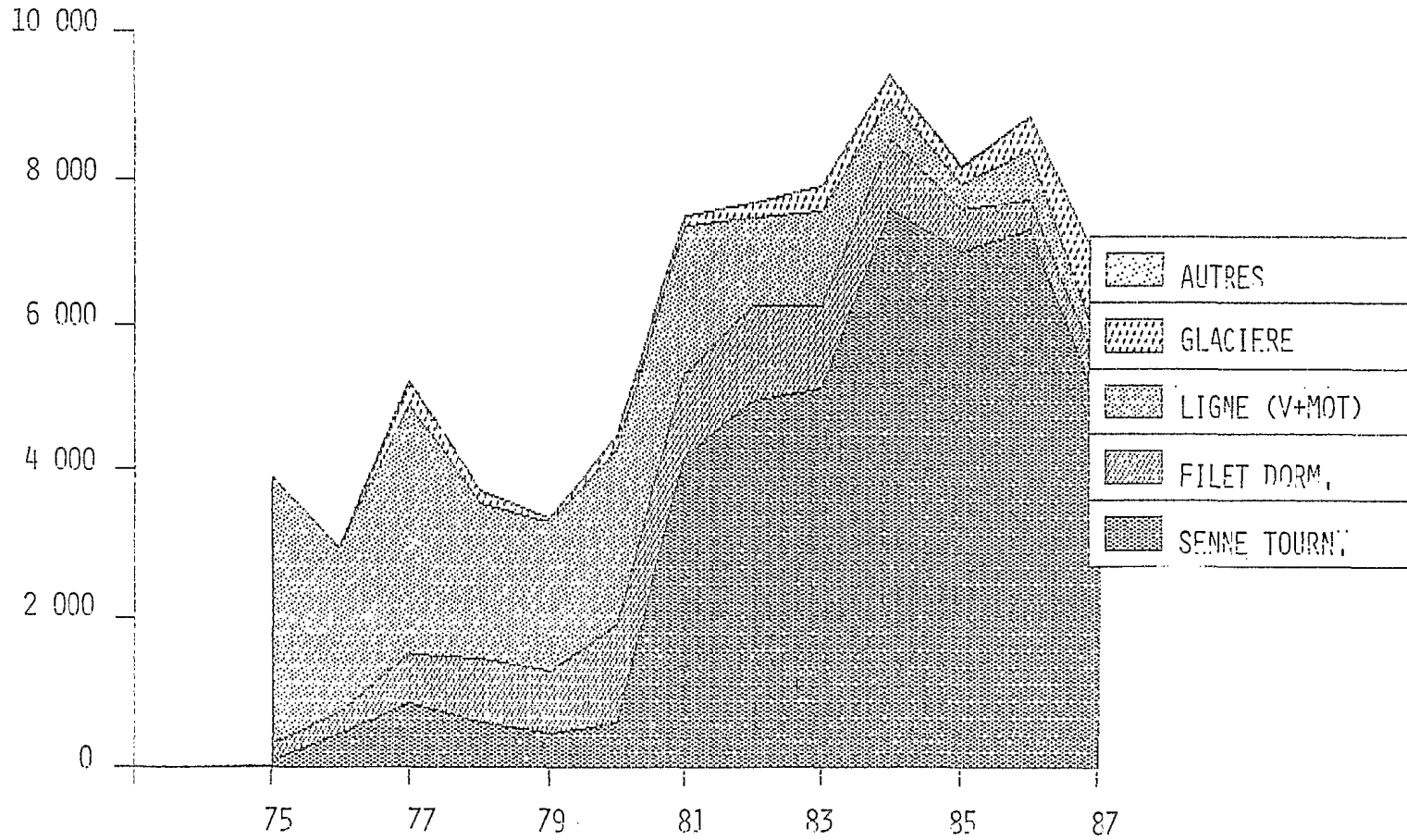


Fig.4-38: Captures par année et engin de pêche à Saint-Louis (en tonnes)

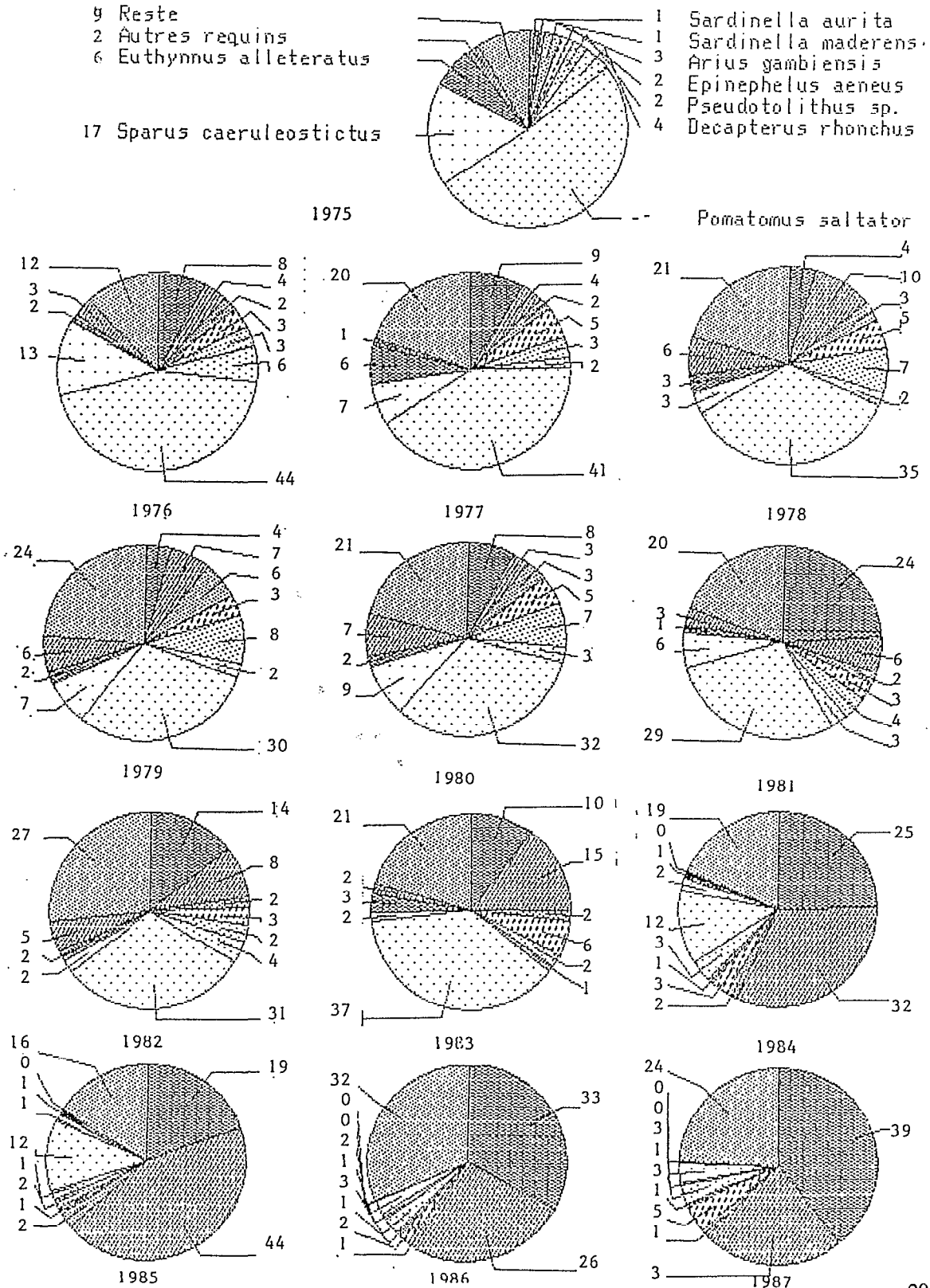


Fig.4-39: Répartition des captures par espèce (en %) selon les années à St-Louis

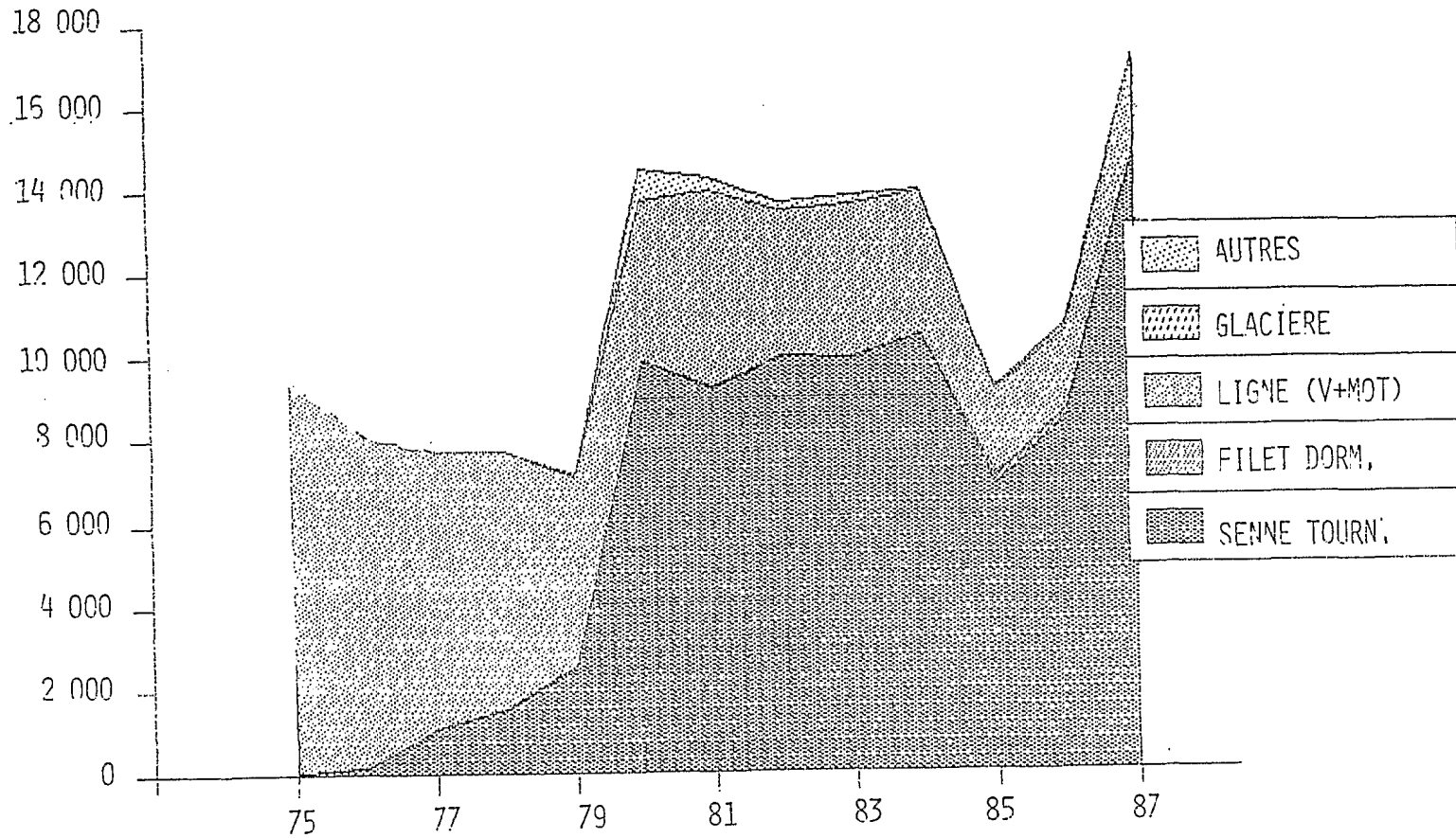


Fig.4-40: Captures par année et engin de pêche à Kayar (en tonnes)

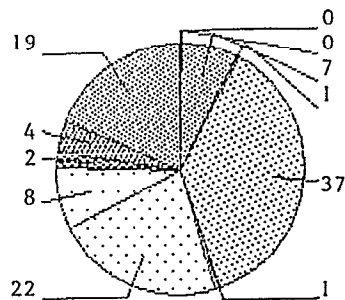
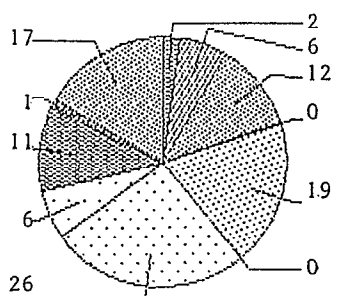
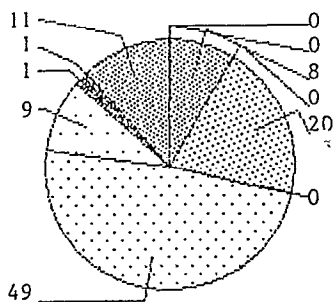
15 Reste
 1 Trichiurus lepturus
 7 Euthynnus alleteratus

15 Pagellus belottii

0 Sardinella aurita
 0 Sardinella maderensis
 13 Epinephelus aeneus
 0 Brachydeuterus auritus
 13 Decapterus rhonchus
 0 Trachurus spp

1975

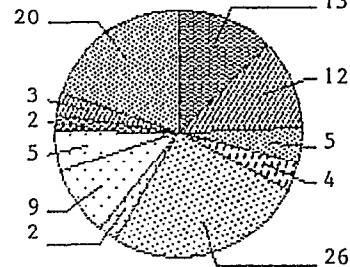
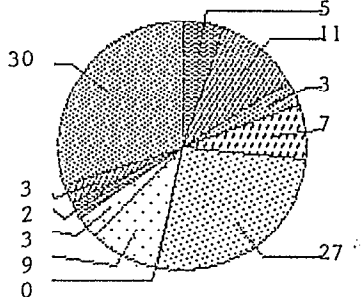
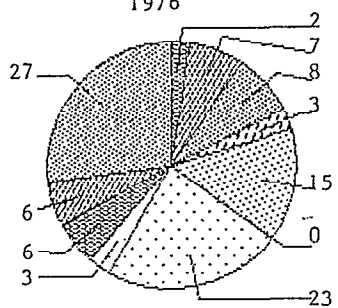
36 Pomatomus saltator



1976

1977

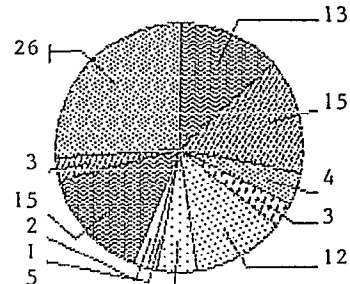
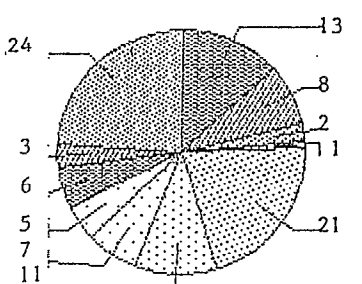
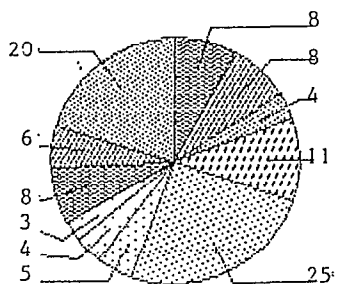
1978



1979

1980

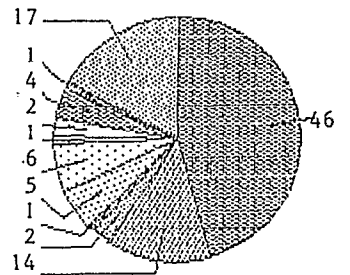
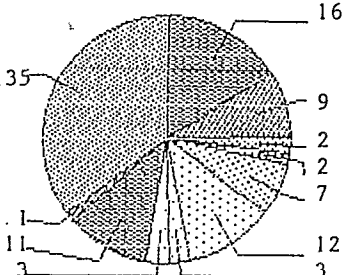
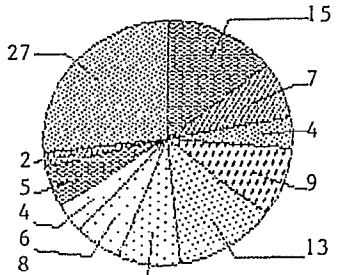
1981



1982

1983

1984



1985

1986

1987

Fig.4-41: Répartition des captures par espèce (en %) selon les années à Kayar

**LA PÊCHE ARTISANALE AU SÉNÉGAL.
RESSOURCE ET STRATÉGIES DE PÊCHE.**

CINQUIÈME PARTIE

STRATÉGIES D'EXPLOITATION

INTRODUCTION

Nous avons observé dans les précédentes parties l'existence d'une ressource multispécifique et de multiples tactiques de pêche. Il est également apparu que certaines unités de pêche ont plusieurs tactiques à leur disposition. Dans ce cas nous dirons que l'ensemble des tactiques mises en oeuvre par une unité de pêche, et les modalités de choix de l'une d'entre elles en fonction des circonstances constituent la stratégie de pêche de cette unité. Il convient de préciser cet aspect et de voir si cette "souplesse" est réservée à un nombre limité d'unités de pêche, ou bien s'il s'agit d'une caractéristique générale de la pêcherie artisanale, auquel cas il faut considérer que les stratégies des unités de pêche constituent une des sources de variation affectant les résultats de la pêche. Cette question sera abordée ici de plusieurs points de vue.

Si les pêcheurs artisans ont une bonne aptitude à changer de tactique, on peut supposer qu'ils sont également aptes à adopter de nouvelles techniques de pêche leur paraissant intéressantes, ou à adapter des techniques déjà disponibles pour une recherche plus efficace de nouvelles ressources. La pêche artisanale a de ce point de vue innové de façon permanente au Sénégal. Nous en rappellerons ici certains exemples en insistant sur les modalités d'adoption ou d'adaptation des méthodes impliquées.

Certains stocks sont capturables par plusieurs tactiques de pêche. Lorsqu'une nouvelle technique apparaît, il se peut donc que le schéma d'exploitation de ces stocks soit bouleversé. Nous analyserons dans cette optique les données de rendements et de captures concernant le tassergal, le tiof et le chinchard jaune.

Enfin, nous donnerons des résultats issus d'un sondage réalisé auprès de 160 unités de pêche originaires de Saint-Louis. Nous avons tenté pour chacune de ces unités de reconstituer, au cours d'une entrevue avec son responsable, un cycle annuel d'activité en dénombrant les diverses tactiques ayant été utilisées.

V-1 Adoption de nouvelles techniques de pêche.

Nous avons indiqué dans la première partie qu'au moins trois nouvelles "méthodes" de pêche sont apparues sur la côte nord du Sénégal au cours de la période 1975-1987 que nous avons plus particulièrement étudiée: la senne tournante, la "pirogue glacière" et les "bateaux ramasseurs". D'autres engins ou outils ont d'ores et déjà fait l'objet d'expérimentations en collaboration avec des pêcheurs: le sondeur et la palangre. Nous verrons (V-2) que ces nouvelles méthodes ont entraîné de profondes modifications dans l'exploitation de certains stocks et qu'elles ont pu conduire les pêcheurs à rechercher de nouvelles modalités d'utilisation d'engins existants.

V-1-1 La senne tournante.

L'utilisation de sennes tournantes a en réalité débuté sur la Petite Côte au sud de Dakar. La mise au point de cette utilisation à partir de pirogues a été réalisée par une collaboration entre un expert de la FAO et un chercheur du CRODT (G. Grasset et T. Boely) et un pêcheur artisan de la baie de Hann possédant une grande pirogue et intéressé par les travaux du CRODT. Les essais se sont poursuivis de façon plus ou moins régulière pendant une année environ (de 1972 à 1973). Ils se sont d'abord déroulés de nuit, après concentration et fixation du poisson à la lumière (en utilisant une puissance de 4000 Watts), puis de jour. Les difficultés de manoeuvre de jour (les poissons n'étant plus "fixés" grâce à une source lumineuse) ont conduit à l'adaptation d'un gouvernail plus efficace que la rame généralement utilisée.

Les résultats sont devenus excellents en 1973, faisant apparaître la nécessité d'utiliser une seconde pirogue pour contenir les captures. Un certain nombre de sennes sont apparues sur la Petite Côte dès la fin de l'année 1973, avant que la méthode connaisse un réel essor en 1974 (Grasset 1972, Boely com.pers.). A la fin des années 70, l'utilisation régulière des sennes tournantes a débuté sur la Grande Côte, entraînant, nous le verrons, de profondes modifications dans l'exploitation des tassergals et des chinchards jaunes.

V-1-2 La "pirogue glacière" et l'approvisionnement en glace pour la pêche ou le transport du poisson.

L'installation d'une caisse susceptible de garder de la glace, et donc d'améliorer la conservation des poissons, a permis d'effectuer des marées de plusieurs jours et d'accroître considérablement le rayon d'action des pirogues (Fall 1984). Selon certains interlocuteurs, un certain nombre de lieux de pêche "intéressants" avaient été identifiés par des pêcheurs ayant travaillé à bord de chalutiers et les artisans étaient désireux de pouvoir y accéder par leurs propres moyens. Nous avons cherché à reconstituer les modalités de la mise au point de la fabrication et de l'utilisation de ces glacières et nous avons pu obtenir et confirmer ces informations auprès de Doudou Niang et Doudou Guéne (pêcheurs à Kayar), Badara Kairé (pêcheur à Saint-Louis) et Pape Iba Fall (menuisier à Saint-Louis). Il apparaît qu'au milieu des années 1970 (sans pouvoir bien préciser une date), un "armateur occasionnel" (Abdou Salam NDiaye) a fourni à quatre pêcheurs de Saint-Louis la somme nécessaire à la fabrication de caisses isothermes qui ont été conçues et réalisées par un menuisier de Saint-Louis. L'utilisation a véritablement débuté à la fin de l'année 1977 et la méthode s'est rapidement développée. On observait 99 pirogues équipées de caisses à glace en 1982, dont 94 appartenaient à des pêcheurs de Saint-Louis, 66 étant utilisées à Joal (Soceco-Pechart 1983). Des caisses de taille beaucoup plus réduite ont été depuis mises au point pour une meilleure conservation des soles en mer.

Les problèmes de fabrication et de commercialisation de glace pour la conservation du poisson, en particulier pour les régions intérieures du Sénégal, ont conduit à mettre en place des programmes de développement d'une chaîne de froid. L'implantation d'installations frigorifiques s'est traduite par un relatif échec (Chaboud et Kébé 1986). Des circuits de commercialisation, avec utilisation de glace existents, bien connus au départ des principaux points de débarquement de la pêche artisanale (voir par exemple Chaboud 1983), mais aussi selon des modalités parfois "surprenantes". Ainsi (Chaboud et Kébé 1989) ont observé que les poissons capturés par des pêcheurs niominka installés à Saloulou en Casamance (fig. 2-2) peuvent être conservés avec de la glace. Celle-ci est achetée à Dakar ; elle est transportée par camion jusqu'à Ndangane, au nord des îles du Saloum (fig 2-2), puis à bord de pirogue de Ndangane à Saloulou. Le poisson conditionné avec cette glace est transporté de Saloulou vers Dakar selon les mêmes modalités.

V-1-3 Les "bateaux ramasseurs"

Nous entendons sous cette appellation une activité rappelant celle des morutiers travaillant avec des "doris" alimentant en produits un bateau-mère ne pratiquant pas directement la pêche. Deux types de "bateaux ramasseurs" ont travaillé selon une telle méthode sur les côtes ouest africaines ; leurs activités ont un impact non négligeable sur le schéma d'exploitation de la ressource et sur les résultats de la pêche artisanale sénégalaise.

En 1979, l'"armateur occasionnel" déjà cité (Abdou Salam Ndiaye) affrète un vieux thonier inapte à la pêche mais équipé pour conserver le produit ; il achète sur les lieux mêmes de pêche des piroguiers les captures réalisées par ceux-ci. La marée dure plusieurs jours, principalement sur la côte sud où le bateau repère à l'aide d'un sondeur des zones de pêche favorables qui sont alors exploitées par les pirogues lignes. Nous ne disposons pas de données sur les résultats de cette activité qui ne fut pas poursuivie.

A partir de 1983, d'autres bateaux basés aux îles Canaries procèdent au remorquage de pirogues dont les équipages se sont engagés à être transportés sur des lieux de pêche extérieurs au Sénégal. Le bateau repère des lieux favorables. Le carburant et l'appât sont fournis aux piroguiers qui pêchent sur des fonds de 100 à 200 m et vendent leur produit au bateau. En 1986, nous avons dénombré 8 bateaux, remorquant chacun une vingtaine de pirogues, chacune ayant un équipage de 4 à 5 pêcheurs. Selon les cas, une pirogue capture par marée 5 à 8 tonnes de poissons nobles, mérus (65%) dentés et pagres (25%) et 10% de poissons d'espèces de moindre intérêt. A cette époque, l'armateur achetait toute la capture à 105 F. le Kg et débarquait celle-ci aux Canaries. La pratique des "bateaux ramasseurs" s'est développée sur toute la côte en 1988, certains d'entre eux recrutent des pêcheurs au Cap-Vert et sur la côte sud. Si cette pratique n'a aucune incidence sur la ressource exploitée au Sénégal, car la pêche est pratiquée sur d'autres stocks en Sierra Leone, elle participe à la diminution de l'activité des pirogues lignes, particulièrement sur la Grande Côte après 1983.

V-1-4 L'introduction du sondeur et de la palangre.

En mer, les unités de pêche à la ligne peuvent consacrer 50% de leur temps au repérage de lieux ou à la recherche de fonds de pêche favorables en sondant ceux-ci à l'aide d'une corde lestée. Ce temps de recherche peut être encore plus important pour les pirogues glacières opérant hors de vue des côtes. En 1984, le CRODT a entrepris des essais d'adaptation d'un compas de navigation et d'un sondeur sur une pirogue de Kayar, mise à sa disposition par la coopérative des pêcheurs qui participait à l'opération. Le compas, le sondeur et une batterie d'accumulateurs sont installés à bord dans des caisses étanches. Le transducteur, ou base du sondeur, d'une puissance de 1000 watts, plonge dans l'eau à l'extérieur de la pirogue, soutenu par une perche accrochée aux bordées. Il peut aussi être placé à l'intérieur, dans une loge en puits installée sur le fond de la quille. Dans les deux cas, les ondes envoyées par l'émetteur et reprises par le récepteur fournissent de bons résultats pour le repérage des têtes de roche. Le compas et le sondeur permettent un gain de temps appréciable dans la recherche des lieux de pêche, ainsi qu'un accroissement du temps consacré à la pêche proprement dite (Le Boulch, 1985). Leur diffusion est actuellement limitée à quelques pirogues glacières sur la côte sud.

Dans le souci d'améliorer l'efficacité des pirogues glacières, le CRODT a tenté de doter ces dernières de palangres inspirées de celles utilisées pour la pêche des congres en Bretagne. Les essais, conduits en 1987 par une équipe du CRODT (avec l'appui d'un pêcheur expérimenté, O. Conrath), associée à des pêcheurs de Joal, ont bénéficié des résultats de l'expérimentation précédente. La pirogue glacière est

équipée d'un sondeur, d'un compas, d'un vire palangre et de caisses à palangres. Les essais de pêche ont été menés avec des palangres de fond d'une longueur d'un km avec 200 hameçons. Elles sont ancrées sur des fonds de 100 à 200 m et sont remontées en utilisant un vire palangre à moteur à essence autonome. Le recours à un tel appareil s'avère nécessaire à de telles profondeurs de pose, ou pour la pêche avec des palangres semi-pélagiques de taille aussi importante. Les résultats obtenus sont prometteurs: réduction du temps de repérage de zones de pose favorables, augmentation des rendements par l'utilisation de la ligne appâtée de jour et de la palangre de nuit (Samba et Fontana 1989). La technique de la palangre commence à se diffuser dans le secteur de la pêche artisanale: on a observé, entre 1987 et 1988 différentes utilisations de palangres à Joal, Saint-Louis, Mbour et Soumbédioune en 1988 sur des pirogues glacières ou des pirogues lignes classiques. Les pêcheurs n'ont pas jugé utile l'emploi d'un vire palangre pour le moment, car les lignes adoptées sont de petite taille et posées sur des fonds inférieurs à 50 m. Elles peuvent être remontées à la main et sont utilisées pour la pêche des raies et machoirons dans les zones côtières et pour la pêche de mérus dans les zones plus profondes.

V-1-5 Discussion.

Ces descriptions montrent que les innovations observées dans l'activité de la pêche artisanale se traduisent toujours par une "appropriation" des nouveautés par les pêcheurs (Weber et Fontana 1983). Dans certains cas il y a un apport technologique extérieur important (la senne tournante par exemple), dans d'autres, l'innovation apparaît indépendamment de toute action concertée de "développement ou d'"aménagement" (la mise au point de caisses à glace par exemple).

D'une manière générale, lorsqu'une innovation est acquise avec le concours de l'"extérieur", elle ne l'est pas dans les formes initialement prévues. Ainsi la senne tournante était supposée ne pouvoir être utilisée qu'à partir d'embarcations "améliorées" devant remplacer les pirogues. De même, la palangre de fond était supposée être utilisable avec un vire palangre fonctionnant avec un moteur à essence ; il est fort possible, au vu des observations récentes que la palangre de fond constitue une nouvelle étape dans l'évolution de la pêche artisanale, mais il semblerait qu'elle se fasse pour le moment sans l'adoption des vire palangres.

V-2 Conséquences de l'introduction de nouvelles techniques sur l'exploitation de certains stocks.

Nous avons observé dans la partie précédente une baisse des rendements des pirogues lignes à partir des années 80, alors que se développaient de nouvelles techniques de pêche. L'effondrement des prises de tassergal et de chincharde jaune par les pirogues lignes est compensé par de fortes captures d'individus de ces espèces réalisées par les sennes tournantes. Nous avons signalé à cette époque (Laloë et al. 1981) que d'importants changements étaient susceptibles d'être observés dans l'exploitation de ces espèces. Par contre, le développement de la pêche à partir de pirogues glacières, s'il a permis un accroissement notable des prises de tiof à Saint-Louis, n'a pas pour autant entraîné jusqu'à présent de modifications importantes des rendements des pirogues lignes pour cette espèce.

V-2-1 Analyse de l'exploitation du tassergal.

Nous disposons de données depuis le début des années 70 (Champagnat et al. 1983). Les prises totales observées concernent les débarquements de la pêche artisanale au Sénégal et de la pêche industrielle en Mauritanie ; de 17 000 tonnes en 1974, les captures sont passées à 2 400 tonnes en 1986 (tab. V-1).

La part de la pêche industrielle, très importante jusqu'en 1975, diminue ensuite avec le départ de la flotte polonaise et la réduction de l'effort de la flotte soviétique dans la zone de pêche (Champagnat et al. 1983). L'essentiel des captures industrielles est réalisé entre mai et août, au dessus des fonds de 25 m, vraisemblablement sur les fortes concentrations de reproduction des adultes observées en juillet entre 19 et 20°30 N. Selon Champagnat, le tassergal constituait une espèce accessoire pour la pêche industrielle alors qu'elle était une cible essentielle pour la pêche à la ligne sur la côte nord jusqu'à l'apparition de la concurrence des sennes tournantes, étape qui va bouleverser l'exploitation, et peut-être même la dynamique de la ressource.

V-2-1-1 Concurrence entre lignes et sennes tournantes.

Cette concurrence est manifeste après 1981, quand le tassergal devient une espèce cible des sennes tournantes: avant cette date, le nombre de sennes tournantes était moins important sur la Grande Côte. Les prises de tassergal réalisées alors à Kayar sont accessoires, liées à la recherche des bancs de sardinelles et de chinchard (fig 5-1) sur la même aire de pêche. Si la pêche au tassergal sur la côte nord par les pirogues lignes a lieu durant toute la saison froide, au moins jusqu'en 1982, celle des sennes tournantes semble limitée aux quinzaines 10 et 11, celles là même pendant lesquelles les plus forts rendements étaient enregistrés pour les lignes. Ceux ci ont baissé plus tôt à Kayar (1982) qu'à Saint-Louis (1983), alors que ceux obtenus par les sennes tournantes deviennent assez importants (fig. 5-2). Le développement d'une activité de sennes tournantes à l'encontre du tassergal pendant la période récente a permis le maintien des captures totales à un niveau élevé, notamment à Saint-Louis jusqu'en 1985. En 1986 et 1987, on assiste à une chute brutale des captures totales de tassergal, très perceptible à Saint-Louis (fig. 5-3).

Ces résultats semblent indiquer qu'à partir de 1981, il y a eu, pour la capture des tassergals, un remplacement progressif des activités des pirogues lignes par celles des sennes tournantes. Ce remplacement peut être considéré comme partiel dans la mesure où la quasi totalité des prises des sennes tournantes sont réalisées au cours de la quinzaine 11 (début juin), quand les bancs de prépointe remontent vers le nord (Champagnat et al. 1983), entraînant un transfert rapide de l'activité de pêche de Kayar vers Saint-Louis. Les bonnes prises de tassergal par les sennes tournantes pourraient expliquer en partie la baisse des rendements des pirogues lignes, mais la chute simultanée des captures pour les deux types de pêche, manifeste en 1986 et 1987 doit traduire l'impact d'autres facteurs.

V-2-1-2 Analyse des rendements.

Diverses hypothèses peuvent être émises pour essayer d'expliquer les variations observées dans les résultats de pêche au tassergal: elles ont trait au milieu et/ou au système d'exploitation.

V-2-1-2-1 Modifications du système d'exploitation.

On peut distinguer 3 phases successives dans l'histoire de l'exploitation du tassergal sur la côte nord depuis le début des années 1970.

La première phase, déjà décrite par Champagnat et al. (1983) est caractérisée par la période d'activité exclusive des lignes à main (jusqu'en 1979). Les "pirogues à tassergal" sont relativement grandes (13-15 m de longueur hors tout) avec un équipage moyen de 5 à 7 pêcheurs ; elles sont toutes originaires de Saint-Louis. La pêche du tassergal se fait par groupes d'une vingtaine de pirogues gardant le contact avec le banc repéré en se relayant à la tête de celui-ci. Jusqu'au début des années 70, les bancs de grande

taille (en moyenne de 45 m de longueur et de 25 m d'épaisseur) permettaient des rendements pouvant atteindre une tonne. Les unités de pêche effectuaient souvent deux sorties dans une même journée pendant les derniers mois (mai et juin) de la campagne à Saint-Louis.

L'arrivée des sennes tournantes au début des années 80, coïncide avec une baisse progressive du nombre des pirogues lignes ramenant du tassergal (fig. 5-4), ainsi que du nombre de pêcheurs embarqués à bord de ces unités, donc du nombre de lignes productives. Ceci peut fournir une première explication à la baisse des rendements observée au début des années 80 pour la pêche à la ligne. Toutefois, selon les pêcheurs, cette baisse est due à la raréfaction des gros bancs et à la concurrence des sennes tournantes qui n'hésitent pas à encercler un banc fixé par les pirogues lignes. L'intervention de cet engin tend alors à disloquer les bancs, alors que les pirogues lignes, effectuant des prélèvements sur les flancs et en tête du banc, n'en modifient pas complètement la morphologie. Cette dispersion des bancs, et les importants prélèvements réalisés par les sennes tournantes ont donc probablement contribué à une diminution de la biomasse accessible aux pirogues lignes.

La concurrence entre sennes tournantes et pirogues lignes se manifeste également sur les lieux de vente, une bonne prise de senne tournante pouvant contribuer à une baisse du prix de vente. Cet état de fait pouvait conduire (Champagnat et al. 1983) à un conflit entre les pêcheurs utilisant l'un ou l'autre des deux types de pêche, mais le fait que le tassergal soit presque exclusivement recherché par des Saint-Louisiens et n'intéresse guère les Kayarois, explique que la concurrence entre les types de pêche se soit muée en une coopération dès 1983: les pêcheurs à la ligne repèrent les bancs de tassergal qu'ils signalent aux unités de sennes tournantes qui leur allouent une part des captures à l'issue de la sortie.

Ces schémas successifs d'exploitation rendent compte des transferts des captures des pirogues lignes aux sennes tournantes et témoignent de la présence d'une biomasse exploitable de tassergal.

V-2-1-2-2 Comportement migratoire du tassergal et conditions de milieu.

Entre 1981 et 1983, la baisse des rendements des pirogues lignes n'est pas due à une chute de la biomasse disponible. En mai et juin, nous pouvons attribuer l'absence de gros individus (de longueur supérieure à 80 cm) dans les pirogues lignes à l'instauration d'une coopération entre unités de pêche. Entre 1984 et 1987 on a observé beaucoup moins de gros individus, y compris dans les captures de sennes tournantes. Nous avons relié cette observation aux variations de l'upwelling (quatrième partie), notamment au différentiel d'intensité de celui-ci entre Yoff et Nouadhibou. A partir de 1984, l'upwelling se manifeste tardivement sur la côte nord. Il s'affaiblit très vite et son intensité ne reste supérieure à celle de Mauritanie que durant 3 quinzaines. Les premières vagues de migration de jeunes tassergals (entre 30 et 80 cm) font leur apparition sur la côte nord, mais représentent une biomasse moins importante. L'upwelling du banc d'Arguin étant redevenu plus intense en février, les bancs de gros individus se dispersent dans la zone située au nord de Saint-Louis et sont donc inaccessibles aux concentrations de pirogues installées à Kayar. Ceci explique par exemple en 1984 la pêche de ces adultes entre Saint-Louis et Fass-Boye (où la formation de bancs de préponde a été observée) et l'absence de pêche en fin de campagne à Kayar. Cette hypothèse attribuant la baisse des captures de tassergal à des variations de migrations pourrait être vérifiée si une pêche dirigée sur cette espèce existait en Mauritanie.

V-2-1-3 Discussion.

Au vu des résultats présentés ci-dessus, la chute des prises et rendements de pirogues lignes ne peut pas être entièrement attribuée à une diminution de l'abondance du tassergal. La concurrence des sennes

tournantes a entraîné l'inaction des lignes, moins efficaces pour la pêche sur les gros bancs. Les changements successifs de tactique ont permis d'assurer des captures élevées jusqu'en 1983. Il est difficile de vérifier les hypothèses émises par les pêcheurs, attribuant la chute des prises notée de 1984 à 1987 à l'action des sennes tournantes. L'utilisation massive de ce type de pêche pourrait éventuellement avoir deux conséquences:

- un effet mécanique dans la déstabilisation des bancs qui deviennent plus petits et dispersés, nécessitant un effort de recherche plus important pour les lignes,

- la pêche des sennes tournantes sur les bancs de préponde peut-être assez importante et pourrait provoquer une diminution des recrutements à venir. Mais cette situation serait valable aussi pour les années 70, durant lesquelles les lignes ont pêché à la même période des quantités plus importantes de tassergal sans qu'une baisse de rendements aussi forte que celle observée après 1984 se soit produite.

L'hypothèse d'une surpêche locale peut-être écartée au profit de celle d'une modification des facteurs environnementaux, d'autant plus qu'entre 1970 et 1987 les captures réalisées en Mauritanie ont largement diminué (tab.V-1). En l'absence de mesures directes d'indice d'abondance du stock de tassergal, l'effet des variations d'intensité de l'upwelling au Sénégal et en Mauritanie apparaît à même d'expliquer l'évolution de la pêche de tassergal.

V-2-2 Analyse de l'exploitation du chinchard jaune.

On note, pour l'exploitation du chinchard jaune, des similitudes avec celle du tassergal, en particulier la possibilité de captures par les lignes et les sennes tournantes. Les rendements obtenus par les pirogues lignes sont importantes à Kayar jusqu'en 1978, (fig.5-5), même si cette espèce reste d'intérêt secondaire. A Saint-Louis, cette espèce ne fait pas l'objet de captures suffisantes (moins de 200 tonnes en moyenne par année) pour être prise en compte dans l'analyse.

Le développement d'une activité de senne tournante orientée vers les chinchards jaunes à Kayar après 1980 coïncide, à une année près, avec le déclin des captures de pirogues lignes (fig.5-6 et 5-7). On ne peut pas dans ce cas parler de transfert des prises entre les deux types de pêche puisque les captures furent toutes deux très faibles en 1979. C'est en 1980 qu'on observe les plus fortes captures de sennes à Kayar (3500 tonnes). Celles-ci restent à un niveau élevé jusqu'en 1984, avant de diminuer, comme dans le cas du tassergal à un niveau très bas (moins de 1000 tonnes en moyenne).

La baisse des rendements des pirogues lignes après 1979 peut s'expliquer par un manque d'intérêt pour cette espèce, les captures de sennes tournantes provoquant une baisse des prix sur la plage. Une explication possible de l'effondrement des prises à partir de 1984 pourrait être l'impact des variations de l'intensité de l'upwelling affectant les flux migratoires du chinchard. L'hypothèse d'une surexploitation n'est pas à exclure, car cette espèce constitue avec les chinchards noirs, et les clupeidés une des principales cibles des flottes roumaines et soviétiques en Mauritanie. Les conclusions d'un récent groupe de travail sur l'évaluation des ressources halieutiques de la région (FAO/COPACE, 1986) confirment cette hypothèse: le chinchard jaune semble être surexploité, le taux d'exploitation (rapport des taux de mortalité par pêche et totale) calculé à partir des données de pêche en Mauritanie étant estimé très élevé (0,8).

V-2-3 Analyse de l'exploitation du tiof.

Sur la côte nord, nous avons observé une importante activité de pêche au tiof par les pirogues lignes à Kayar, sous forme de campagnes pendant la saison froide (quatrième partie): on y note depuis 1977 une légère tendance décroissante des captures (fig. 5-8). L'introduction d'un nouveau type de pêche, la pirogue glacière, n'a pas entraîné de concurrence avec les lignes classiques, comme ce fut le cas pour les espèces précédentes. Le décalage observé entre les principales saisons de pêche est du à la recherche faite par les pirogues glacières dans des zones plus septentrionales. La ponction opérée par ce type de pêche sur le stock de tiof n'est pas suffisante (280 tonnes en 1987) pour qu'on puisse déceler une quelconque incidence sur les rendements obtenus par les pirogues lignes à Kayar et à Saint-Louis.

V-2-4 Le conflit entre pêcheur de Kayar et de Saint Louis à propos de l'utilisation de filets dormants.

Dans certains cas, des innovations pouvant conduire à l'exploitation de ressources disponibles peuvent être freinées par la réticence de certains pêcheurs. L'utilisation des filets dormants à Kayar a toujours été minime et irrégulière. On observe ainsi des "pics" d'activité de courte durée en 1977, 1981 et 1985. Nous ne disposons pas de données sur les résultats obtenus en 1977 et 1981, mais ceux de 1985 présentent un intérêt tout particulier. Les pêcheurs de Saint-Louis ont observé cette année là, en utilisant leurs sennes tournantes au cours de sorties à l'issue desquelles ils jugeaient les captures très insuffisantes, la disponibilité de soles pendant les mois de mai et juin. Cette disponibilité serait due à une migration de reproduction au cours de laquelle les soles deviennent particulièrement capturables sur les fonds de pêche côtiers (Thiam 1978). Les pêcheurs ont alors tenté d'exploiter cette ressource au moyen de filets dormants. Mais ceci est apparu inacceptable aux pêcheurs de Kayar, fidèles à la pêche à la ligne, qui considèrent la pose de filets dormants incompatible avec leur activité. Un conflit parfois violent s'en est suivi. A la fin de l'année 85, une réglementation résultant d'un compromis auquel le CRODT a participé, a conduit à autoriser la pose de filets, mais sur les fonds supérieurs à 40 m. On observe ainsi (tab. V-2) que les rendements en soles furent très bons en mai et juin de l'année 1985, avec une pêche importante sur les petits fonds ; en 1986 et 1987, les poses de filets ont été effectuées en des lieux plus profonds, et ont conduit à des prises plus faibles (il est très possible que l'introduction d'une réglementation ait conduit les pêcheurs à faire des déclarations erronées pour les profondeurs de pose).

En fait on peut observer qu'à Saint-Louis les rendements les plus élevés en soles ont été obtenus au cours des mois de mai et juin dans de faibles profondeurs (tab. V-3), les profondeurs moyennes des lieux de pose de filets dormants sont d'ailleurs les plus faibles à cette période (tab. V-3 et fig. 4-7), tendance saisonnière étant observée tout au long de la période d'étude, de 1975 à 1987. La grande disponibilité des soles à de faibles profondeurs à Saint-Louis en mai et juin est donc un phénomène connu de longue date des pêcheurs.

V-3 Enquête auprès d'unités de pêche de Saint-Louis pour la description de cycles annuels d'activité.

La classification des unités de pêche selon les tactiques disponibles, donc tenant compte des "mixités" est une étape essentielle de la description d'une pêcherie. Cette opération a été par exemple réalisée, selon des méthodes différentes, par Murawski et al. (1983) et Gondeaux (1988). Nous présentons ici les résultats issus d'une enquête auprès d'un échantillon d'unités de pêche saint-louisienne.

L'observation des "mixités" étant chose commune, il est apparu important de tenter d'en évaluer l'ampleur de façon plus précise. Dans le cadre des recherches socio-économiques, des cas de mixité ont été bien décrits lors d'un suivi d'unités de pêche (Weber 1982, Durand 1984). Les résultats des recensements permettent également la mise en évidence de cas de mixité, mais les enquêtes ne concernent alors qu'une courte période (les questions portent sur l'utilisation d'une pirogue au moment de l'enquête) et telle pirogue utilisée en mai pour la pêche à la senne tournante peut-être équipée d'une glacière en septembre et être utilisée pour la pêche à la ligne. Par contre les migrations des pêcheurs le long des côtes sénégalaises ont été bien évaluées par les recensements (Soceco-Péchart 1985).

Au cours de chaque entrevue avec un chef d'unité, chaque campagne accomplie au cours des 12 mois précédents a été notée avec les dates de début et de fin. Nous entendons ici par campagne toute période au cours de laquelle le ou les types de pêche utilisés, les espèces cibles, et le lieu de résidence n'ont pas changé. Un certain nombre de renseignements ont également été notés, portant sur le quartier d'origine du responsable, la profession de ses ascendants, la possession éventuelle d'autres engins non utilisés... Nous espérons initialement effectuer ainsi un recensement exhaustif des unités de pêche originaires de Saint-Louis, présentes à un moment ou à un autre dans un des lieux où sont établis les enquêteurs du CRODT. En fait ceux-ci n'ont pu réaliser des entrevues qu'auprès de 160 responsables d'unité (rappelons qu'on estime que le nombre d'unités de pêche actives d'origine saint-louisienne est d'environ 1000 pendant la saison sèche). Les données collectées peuvent néanmoins faire l'objet d'un traitement donnant un certain nombre d'indications sur les stratégies des unités de pêche de Saint-Louis et pouvant ainsi montrer l'intérêt de ce type d'opérations.

Nous traiterons tout d'abord les diverses utilisations de filets dormants. Quatre types principaux existent: les filets dormants "poissons", (1), "langoustes" (2), "soles" (3) et "requins" (4). Les diverses combinaisons observées sont données dans le tableau suivant:

type	(1)	(2)	(1-2)	(3)	(1-3)	(2-3)	(1-2-3)	(1-2-3-4)
nombre	6	4	1	31	9	11	8	2

Parmi les 31 unités n'ayant utilisé que des filets dormants "soles", 4 disposaient également de glacières à bord de leurs embarcations.

Nous avons ensuite dénombré les combinaisons d'utilisation de l'ensemble des types de pêche (en réunissant en un seul type les divers filets dormants déjà décrits). Les types rencontrés sont: la ligne appâtée (1), le filet dormant (2), la "glacière" (3), le casier (4), la senne tournante (5), la senne de plage (6) et les bateaux ramasseurs (7). Les diverses combinaisons sont données dans le tableau ci-dessous:

type	(1)	(2)	(1-2)	(3)	(1-3)	(2-3)	(1-2-3)	(1-4)
nombre	17	22	17	32	10	5	2	3
type	(2-4)	(1-2-4)	(3-4)	(1-3-4)	(5)	(2-5)	(3-5)	
nombre	15	2	2	1	12	5	4	
type	(2-3-5)	(5-6)	(7)	(1-7)	(2-7)	(3-7)	(1-3-7)	(1-3-4-7)
nombre	2	1	1	2	1	1	2	1

Le nombre d'unités mixtes est de 77 sur 160, soit environ la moitié de l'effectif total. Sur les 8 unités partant avec des "bateaux ramasseurs", 7 pratiquent également d'autres types. La moitié (12 sur 24) des unités utilisant des sennes tournantes utilisent également d'autres types. Il en est de même (30 sur 62) pour celles utilisant des glacières.

Les mixités exposées ci-dessus ne font pas apparaître les migrations effectuées par les unités de pêche. Nous avons porté dans le tableau ci après le nombre d'unités de pêche en fonction du nombre de campagnes effectuées (en considérant qu'il y a un changement de campagne s'il y a modification du type de pêche ou changement de lieu de résidence):

nombre de campagnes	1	2	3	4	5	6
nombre d'unités	26	56	43	23	9	3

Il apparaît donc que les phénomènes de mixité ou de mobilité des unités de pêche sont importants. Les résultats exposés ci-dessus sont très partiels et sommaires, mais la mise en oeuvre d'une telle enquête auprès de responsables d'unités de pêche, de façon plus complète et réalisée rapidement (comme cela est fait pour les recensements) pourrait être une source précieuse d'information.

V-4 Discussion

Peut-on envisager, à moyen ou à long terme un effondrement, voire une disparition de la pêche artisanale, tant que cette activité conservera sa souplesse et sa capacité d'adaptation ?

Force est de constater en effet que ce secteur a subi de profondes mutations au cours des 15 dernières années, dont certaines étaient difficilement prévisibles. Ainsi le cas du tassergal est particulièrement intéressant. En analysant les résultats obtenus jusqu'en 1979, Champagnat et al. (1983) concluaient qu'il fallait être très prudent en matière d'aménagement rationnel de ce stock et qu'il fallait proscrire toute augmentation brutale de l'effort de pêche le concernant. Ils signalaient que:

"Au Sénégal, en particulier, on peut considérer sans ambiguïté, que les ressources de deux villes orientées principalement vers la pêche, Saint-Louis et Kayar, reposent directement sur le tassergal. Tout effondrement éventuel de ce stock résultant de sa surexploitation aurait des conséquences probablement désastreuses sur l'économie des deux villes, sur leurs structures sociales, et sur l'alimentation des populations de la région. C'est d'ailleurs l'importance socio-économique considérable du tassergal qui l'a fait choisir par Champagnat comme la première espèce à étudier parmi toutes celles exploitées par les pêcheries artisanales du Sénégal."

Or, un effondrement des captures de tassergal s'est bien produit, que l'activité de la pêcherie ne permettait pas de prévoir, les conditions environnementales ayant pu jouer un rôle prépondérant. On ne peut pas affirmer que la pêche artisanale se soit effondrée à cette occasion. Si l'on a assisté à une chute de l'activité des pirogues lignes, particulièrement à Saint-Louis, les captures totales réalisées à Saint-Louis et à Kayar se sont accrues avec l'arrivée des sennes tournantes. De nouvelles ressources démersales ont été recherchées (le denté à gros yeux par exemple), l'utilisation des glacières s'est développée à Saint-Louis, ainsi que le départ en mer avec les bateaux ramasseurs.

Si les recherches de dynamique des populations exploitées par la pêche artisanale avaient débuté dans les années 50, l'étude des diarègnes (*Dentex gibbosus*) aurait pu être choisie comme sujet prioritaire. En

effet, cette espèce était une cible principale des pirogues lignes (environ 43% des captures selon Arnoux, 1957). Au début des années 70, l'espèce avait pratiquement disparu des captures. Les pêcheurs lient sa disparition à celle des crevettes, leur proie dans les zones très côtières, qui auraient elles-mêmes été trop abondamment exploitées par les chalutiers.

Il n'est pas exclu que les diarègnes ou les tassergals réapparaissent dans les captures, sans que nous puissions à l'heure actuelle prédire quand, ni en quelle quantité. En effet, il faudrait disposer de connaissances beaucoup plus approfondies sur la dynamique de ces stocks, leurs relations avec l'environnement, les mécanismes de ce dernier, et enfin sur l'intérêt que trouveraient les pêcheurs à réorienter leur effort vers ces populations.

Ce qui paraît en définitive essentiel est la capacité d'adaptation et d'évolution de la pêche artisanale. Celle-ci peut puiser dans sa diversité, dans l'expérience et les connaissances de ses pêcheurs, trouver des solutions lui permettant de s'adapter aux conditions qu'elle rencontre. Il serait toutefois dangereux de conclure que les pêcheurs s'adaptent de façon "optimale" en toutes circonstances (il serait d'ailleurs très difficile de définir une notion d'"optimalité"). Nous avons vu aussi que le développement de certaines tactiques peut être freiné par des considérations diverses, comme dans le cas de l'exploitation des soles à Kayar.

Il était donc indispensable de décrire les divers aspects constituant le système pêche, en identifiant les principales sources de variations et en évaluant leur ampleur et la façon dont les pêcheurs s'adaptent à des conditions variables, et éventuellement en tirent partie. C'est ce que nous avons essayé de faire dans les premières parties de cette étude.

Il convient de tenter d'offrir maintenant un résumé cohérent de ce qu'est la pêche artisanale, en tentant d'en modéliser les principales caractéristiques. Pour ce faire, nous pensons utile de faire quelques rappels sur les approches modélisatrices existantes de la dynamique des populations marines exploitées, et éventuellement quelques suggestions en vue d'améliorer certains aspects permettant de mieux approcher notre objectif.

Tableau V-1

Captures annuelles de tassergeral réalisées par les
pêches industrielles et artisanales (sources Copace 1988, CRODT)

* estimations grossières

Année	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
pêche industrielle (Mauritanie)	2988	5402	8461	10847	7173	9103	6210	8396	6020	2785
pêche artisanale (Sénégal)	2900*	3100*	3300*	3500*	3700*	4166	4723	8706	5824	5002
total	5888*	8502*	11761*	14347*	10873*	13269	10933	17102	11844	7787

Année	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
pêche industrielle (Mauritanie)	3867	2978	2138	1587	987	3292	5471	2404	1857	1817
pêche artisanale (Sénégal)	4783	3018	2655	2686	4009	2945	3526	1416	1643	616
total	8650	5996	4793	4273	4996	6237	8997	3820	3500	2433

Tab. V-2 Nombres d'enquêtes et prises en soles par sortie des quinzaines 8 à 12 (fin avril à début mai) de 1985 à 1987 en fonction des profondeurs déclarées par les pêcheurs à Kayar.

Année	Profondeur quinzaine	0-10 m		11-25 m		≥ 26 m	
		Nombre	Prise/ sortie	Nombre	Prise/ sortie	Nombre	Prise/ sortie
85	8	8	58	3	25	10	17
	9	40	151	14	143	3	133
	10	3	60	33	70	0	*
	11	3	48	21	66	0	*
86	12	2	32	0	*	0	*
	8	6	35	3	17	1	50
	9	2	15	10	40	2	50
	10	2	10	15	18	3	12
87	11	2	32	1	50	3	44
	12	4	8	0	*	5	14
	8	1	25	0	*	12	66
	9	1	50	0	*	5	34
	10	2	8	0	*	9	10
	11	0	*	0	*	0	*
	12	1	0	0	*	1	0

Tableau V-3 nombres d'enquêtes et prises moyenne par sortie et par quinzaine en fonction des profondeurs déclarées par les pêcheurs pour les soles à Saint-Louis de 1975 à 1987.

Quinzaine	0-10 m		11-25 m		≥ 26 m	
	Nombre	Prise/ sortie	Nombre	Prise/ sortie	Nombre	Prise/ sortie
1	143	0	410	0	175	0
2	188	0	441	0	88	0
3	118	1	192	3	64	0
4	60	1	144	2	98	0
5	88	1	158	3	114	1
6	170	10	402	4	118	1
7	138	25	225	6	97	0
8	395	12	405	6	79	1
9	567	24	364	21	34	12
10	675	24	652	23	102	9
11	384	16	415	11	185	1
12	179	5	679	2	248	1
13	137	2	590	1	169	0
14	296	6	737	2	86	3
15	459	5	544	2	66	2
16	490	3	690	2	81	3
17	247	5	552	3	112	4
18	336	2	563	1	148	1
19	187	2	700	1	114	0
20	338	2	831	2	162	2
21	190	1	543	1	87	1
22	232	1	747	0	118	1
23	163	0	456	0	106	0
24	218	0	376	0	191	0

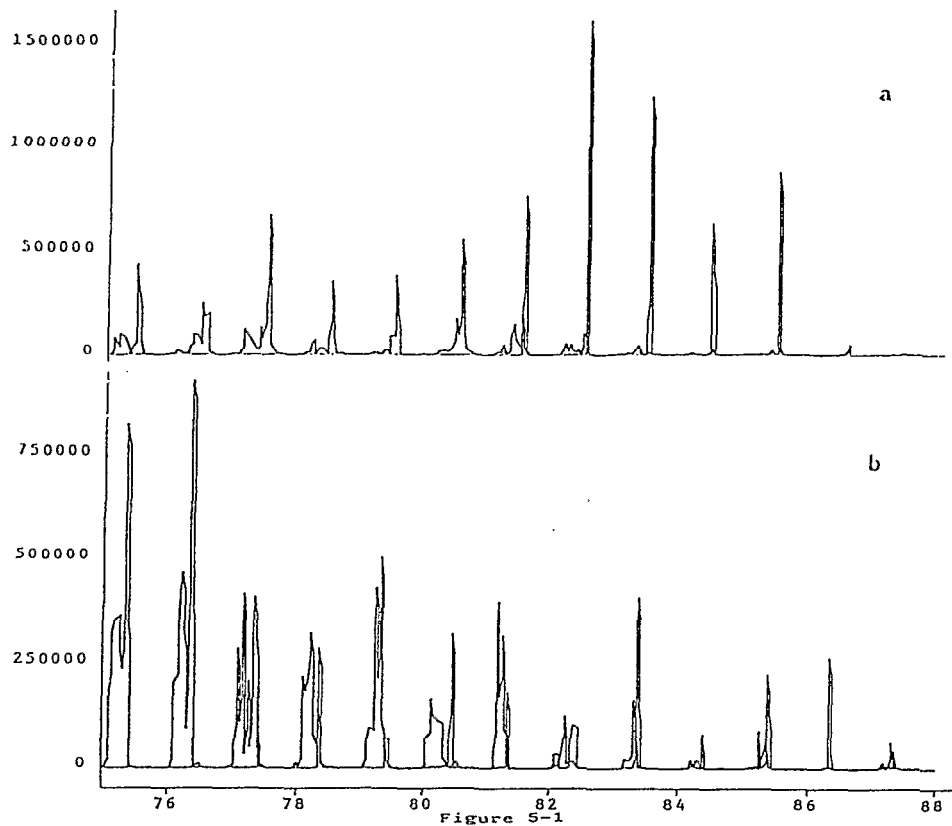


Figure 5-1
Prises (kg) de tassaragal à Saint-Louis (a) et Kayar (b) pour les lignes (trait gras) et sennes tournantes (trait fin).

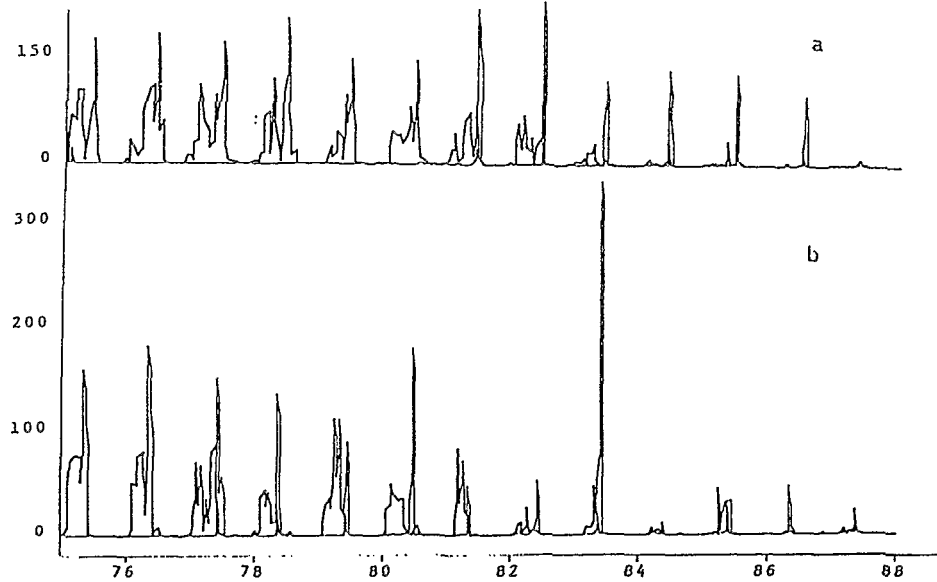


Figure 5-2
Rendements en tassaragal à Saint-Louis (a) et Kayar (b) pour les lignes (kg, trait gras) et les sennes tournantes (dizaines de kg, trait fin).

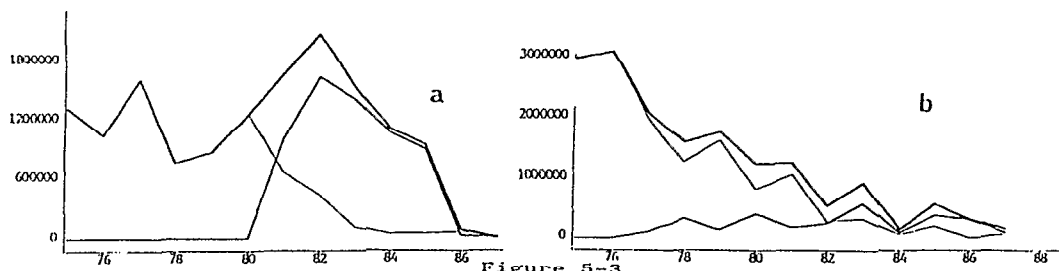


Figure 5-3
Captures annuelles (kg) de tassergal à Saint-Louis (a) et Kayar (b) pour les lignes (trait fin), les sennes tournantes (trait gras) et la somme des deux engins.

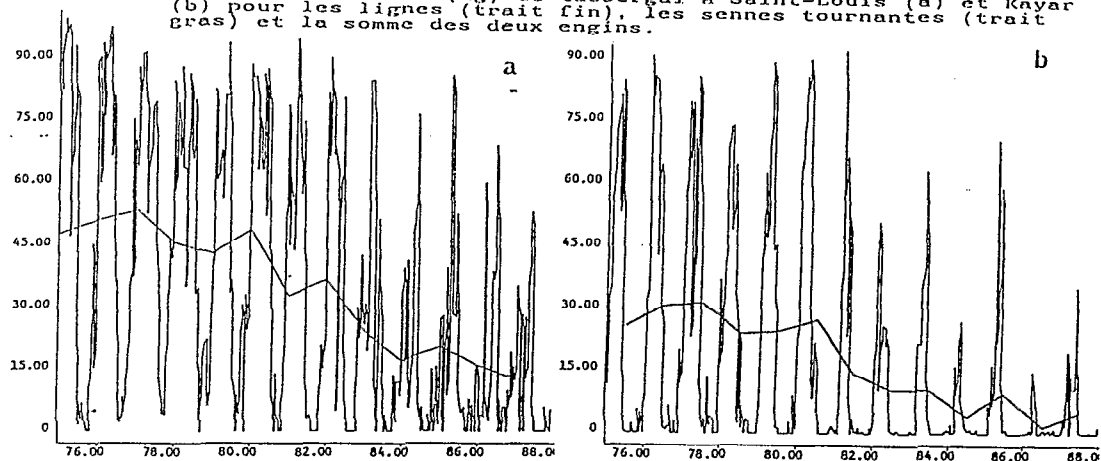


Figure 5-4

Pourcentage de pirogues ayant ramené du tassergal à Saint-Louis (a) et Kayar (b)

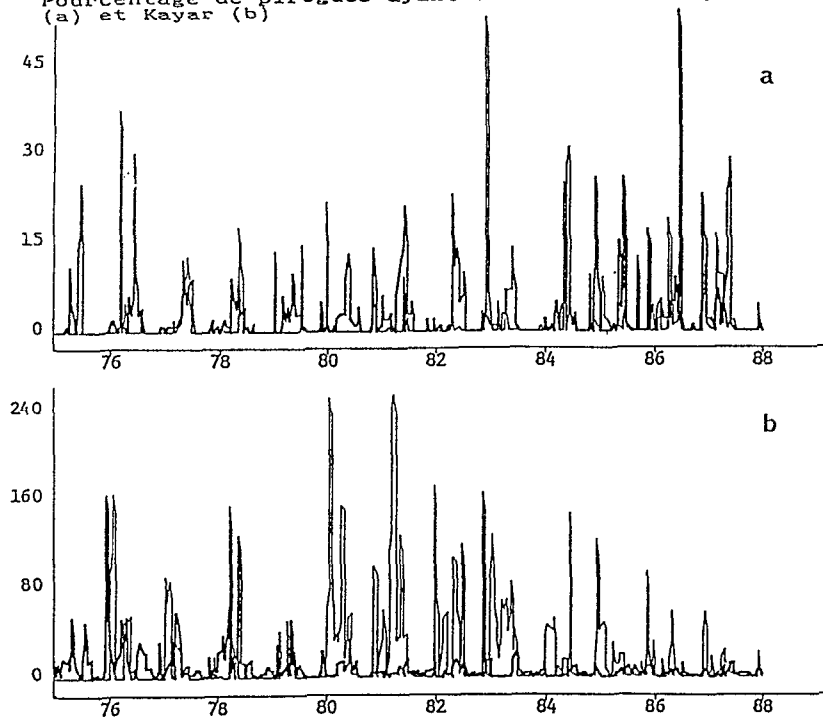


Figure 5-5

Rendements en chinchard jaune à Saint-Louis (a) et Kayar (b) pour les lignes (kg, trait gras) et les sennes tournantes (dizaines de kg, trait fin).

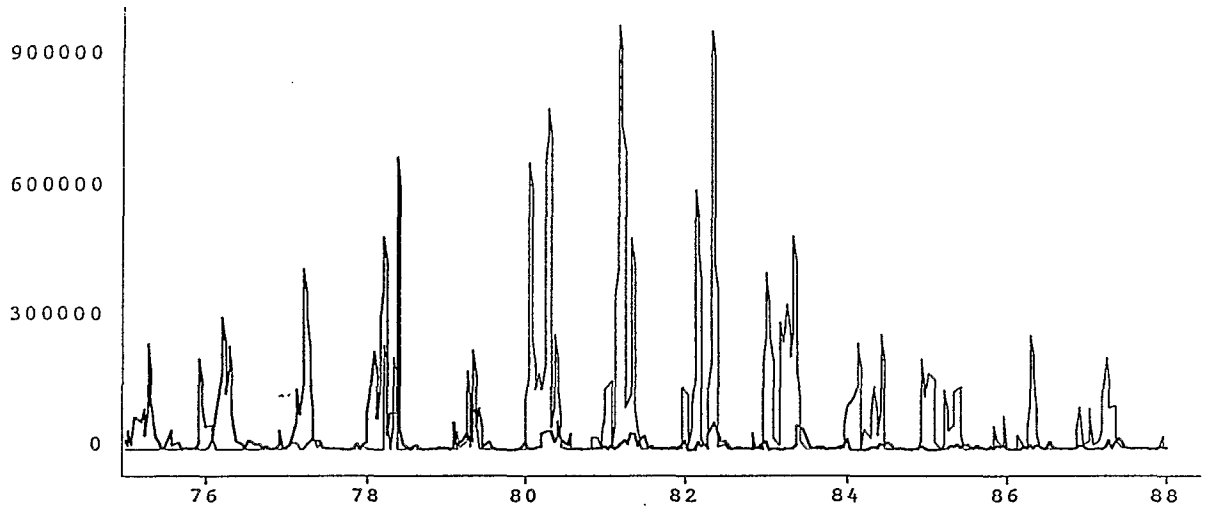


Figure 5-6

Prises (Kg) de chinchard jaune à Kayar pour les lignes (traits gras) et les sennes tournantes (trait fin).

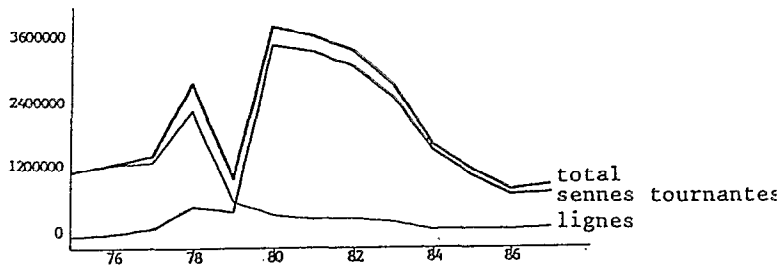


Figure 5-7

Prises annuelles (kg) de chinchard jaune à Kayar par les lignes (trait fin), les sennes tournantes (trait gras) et la somme des deux engins

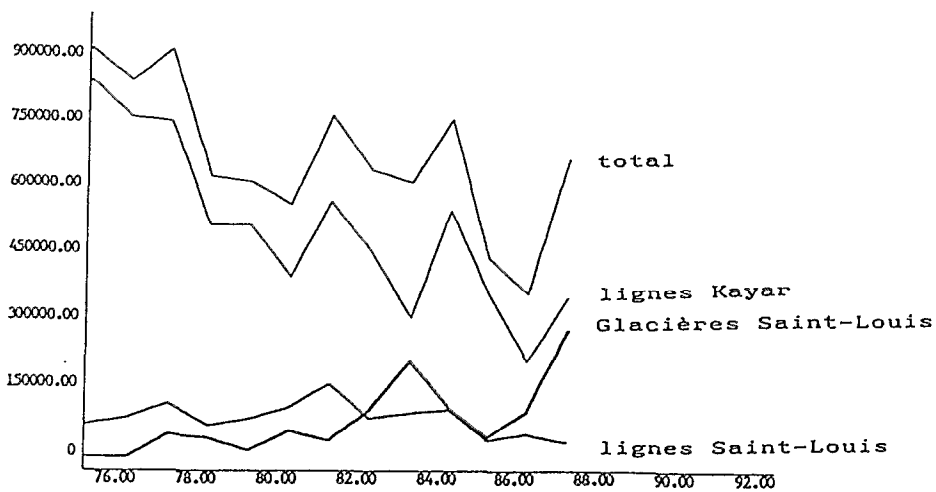


Figure 5-8

**LA PÊCHE ARTISANALE AU SÉNÉGAL.
RESSOURCE ET STRATÉGIES DE PÊCHE.**

SIXIÈME PARTIE

**L'APPROCHE GLOBALE MONOSPÉCIFIQUE DANS
UN CONTEXTE "MULTISPÉCIFIQUE ET MULTIENGIN"**

INTRODUCTION

Nous avons indiqué, à l'issue de la troisième partie, que l'examen des résultats "espèce par espèce", ne peut guère conduire à une bonne description de la pêcherie. Si la multispécificité de la ressource et l'existence de nombreuses tactiques de pêche peuvent entraîner des répartitions variables de mortalité, celles-ci existent malgré tout et entraînent des modifications de la biomasse de chaque stock qu'on peut essayer de décrire à l'aide d'outils "monospécifiques" déjà largement disponibles.

Cette partie sera donc consacrée à la description d'outils de dynamique des populations monospécifiques, dans un contexte "multispécifique et multiengin". Partant d'outils très largement développés pour des pêches "monospécifique et monoengin", nous serons amenés à étudier quelques adaptations pour tenir compte du contexte particulier de la pêche artisanale sénégalaise.

Parmi les aspects essentiels de notre description figurent l'étude de la relation entre efforts "nominaux" et "effectifs", ainsi que celle de l'impact de ces derniers sur l'état des stocks exploités. Les outils incluant explicitement "des efforts de pêche" dans leur formulation présentent donc a priori un certain intérêt. De ce point de vue, l'approche globale peut être bien adaptée et nous porterons notre effort sur les outils qui lui sont associés. Les raisons et certaines conséquences de ce choix seront décrites plus en détail dans la partie suivante, mais il convient d'aborder dès à présent un certain nombre de questions essentielles.

Quelles quantités peut-on estimer avec un modèle global ?

Peuvent-elles être interprétées de façon simple ?

Comment la qualité de ces estimations est-elle affectée par la qualité des données disponibles ?

Peut-on rendre compte de changements dans le schéma d'exploitation d'un stock ?

Peut-on traduire des changements (prévisibles ou non) des conditions de milieu dans lesquelles vivent les populations exploitées ?

Nous rappellerons donc ici les fondements de l'approche globale, les formulations les plus "classiques" des modèles qui en sont issus et certaines méthodes utilisées pour l'estimation de leurs paramètres. Nous discuterons de la qualité de ces estimations en insistant sur l'impact de certains aspects de la pêche artisanale sénégalaise en général, et en particulier sur celui de la nature des données disponibles.

Nous rappellerons ensuite un certain nombre d'adaptations des modèles classiques déjà proposées ; nous étudierons plus particulièrement une formulation supposant l'existence d'une quantité de biomasse inaccessible à la pêcherie pouvant traduire l'effet d'un rayon d'action limité des unités de pêche. Nous donnerons des résultats issus de simulations et d'applications à des pêcheries étrangères à notre domaine qui permettront de préciser l'éventuel intérêt de l'adaptation des modèles globaux classiques.

Nous illustrerons par un exemple simple l'impact possible des reports d'effort potentiels sur la dynamique d'une population exploitée.

Nous discuterons, pour conclure, des conditions générales d'application de l'approche globale, et surtout de la nature des interprétations qui peuvent en être déduites.

VI-1 Quelques rappels sur l'approche globale.

VI-1-1 Modèles globaux classiques.

Il existe de très nombreux modèles globaux de dynamique des populations marines exploitées. Ils sont d'une manière générale utilisés pour "expliquer" en termes de captures et de rendements les résultats de la pêche à partir de données sur son activité et éventuellement d'autres variables. On suppose pour ce faire que l'"état" de la population exploitée peut être résumé par une quantité, un effectif ou une biomasse, et on utilise une équation permettant de décrire l'évolution au cours du temps de cet état sous l'effet de la (ou des) variable(s) "explicatrice(s)".

Dans le domaine des pêches, le "premier" modèle a ainsi été proposé par Graham (1935) et Schaefer (1954, 1957). Son équation satisfait à un certain nombre d'idées de "bon sens".

L'état de la population (B_t , une biomasse au temps t) se modifie sous l'effet de plusieurs facteurs.

- 1) la croissance individuelle des poissons ;
- 2) l'arrivée de nouveaux poissons en âge d'être pêchés ;
- 3) la mortalité naturelle (c'est-à-dire toute mortalité non provoquée par la pêche) ;
- 4) la mortalité par pêche.

Les trois premières sources de modifications peuvent s'exprimer en l'absence d'activité de pêche. On peut donc tenter de les résumer par une fonction dans laquelle la pêche n'exerce pas d'influence. On peut supposer que la mortalité naturelle provoquera une diminution de biomasse d'autant plus élevée que celle-ci sera importante (c'est-à-dire que les poissons sont en grand nombre). Il en est de même pour l'augmentation due à la croissance des individus. Le nombre de poissons arrivant en âge d'être pêchés est quant à lui non forcément lié de la même façon à la biomasse, à moins de supposer une très forte relation positive entre recrutement et biomasse. On peut néanmoins supposer, dans un premier temps, que les modifications de biomasse seront proportionnelles à celle-ci, et raisonner en termes de taux de variation, c'est-à-dire à partir de

$$\frac{1}{B_t} \cdot \frac{dB_t}{dt}$$

On peut introduire l'idée selon laquelle, en l'absence de pêche, il existe une certaine quantité stable de biomasse qu'on notera B_v et qui est généralement appelée "biomasse vierge". Dans ce cas, lorsque $B_t=B_v$, il n'y a pas de changement de biomasse et la valeur dB_t/dt doit donc être nulle, ce qu'on peut imposer en supposant que la variation de biomasse sera proportionnelle à (B_t-B_v) . On peut alors écrire:

$$\frac{1}{B_t} \cdot \frac{dB_t}{dt} = H \cdot (B_t - B_v)$$

soit encore:

$$\frac{dB_t}{dt} = H \cdot B_t \cdot (B_t - B_v)$$

Avec cette formulation, à condition que la quantité H soit négative, la production est positive lorsque la biomasse est inférieure à la valeur à l'équilibre B_v et négative dans le cas contraire, la valeur B_v correspond alors à une situation d'équilibre "stable". De plus, le taux de variation de biomasse sera d'autant plus élevé que la biomasse est éloignée de sa valeur à l'équilibre.

La diminution de biomasse provoquée par l'activité de pêche sera d'autant plus importante que la biomasse est élevée (le nombre de poissons susceptibles d'être capturés est plus grand) et que l'activité de pêche est forte (chaque poisson a plus de "chance" d'être capturé).

On peut donc supposer que la diminution de biomasse due à la pêche sera proportionnelle au produit de la biomasse -qui sera alors en fait la biomasse "exploitée"- et de l'"intensité" de la pêche qu'on notera f_t , d'où un terme " $-q \cdot f_t \cdot B_t$ ".

La réunion dans la même formule des sources de variation de la biomasse conduit à la formulation du modèle de Graham-Schaefer:

$$\underbrace{dB_t/dt = H \cdot B_t \cdot (B_t - B_v)}_{\text{production}} \quad \underbrace{- q \cdot f_t \cdot B_t}_{\text{capture}} \quad (6-1)$$

Le coefficient de proportionnalité q est appelé "capturabilité". Il peut être interprété comme la probabilité qu'une unité de biomasse soit capturée lorsqu'une unité d'effort est déployée.

Les deux autres paramètres de ce modèle sont la biomasse vierge B_v (parfois également appelée biomasse maximum et notée B_{max}) dont nous avons déjà discuté la nature, et " H " dont la valeur, négative, participe à la détermination de la quantité de biomasse produite, et donc à la vitesse de retour à l'équilibre lorsque celui-ci n'est pas réalisé, la valeur absolue de H sera d'autant plus élevée que la longévité de l'espèce est courte.

En supposant f_t constant, $f_t=f$, l'équation du modèle de Graham Schaefer peut s'écrire:

$$dB_t/dt = a \cdot B_t^2 + b \cdot B_t \quad (6-2)$$

avec $a = H$ et $b = -H \cdot B_v - q \cdot f$.

Les valeurs de biomasse annulant le second membre de cette équation sont:

$$r_1 = -b/a \text{ et } r_2 = 0.$$

On peut vérifier que r_1 est positive lorsque f est inférieur à $-H.Bv/q$.

Lorsque f est inférieur à $-H.Bv/q$, l'intégration de l'équation (6-2) conduit à une fonction logistique dont le graphe est présenté sur la figure 6-1. On a:

$$\text{Log}(|B_t - r_1|) - \text{Log}(|B_t - r_2|) = a.(r_1 - r_2).t + C$$

où $C = \text{Log}(|B_0 - r_1|) - \text{Log}(|B_0 - r_2|)$, B_0 étant la biomasse au temps $t = 0$.

Lorsque $B_0 \in] 0, -b/a[$ on obtient ainsi:

$$B_t = -(b/a) \cdot \frac{1}{1 + \exp((H.b/a).t + C)}$$

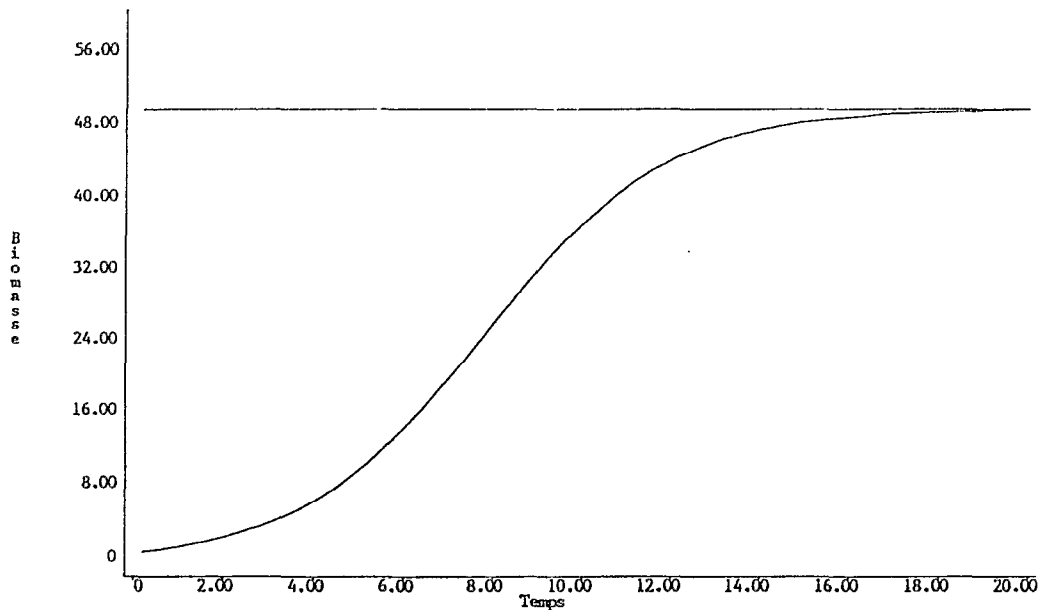


Figure 6-1 Evolution vers l'état d'équilibre d'une biomasse selon une fonction logistique.

Le modèle de Graham Schaefer a été généralisé par Pella et Tomlinson (1969) qui ont choisi un terme décrivant la production de la forme $H \cdot B_t \cdot (B_t^{m-1} - B_v^{m-1})$, d'où l'équation:

$$dB_t/dt = H \cdot B_t \cdot (B_t^{m-1} - B_v^{m-1}) - q \cdot f_t \cdot B_t \quad (6-3)$$

Lorsque $m = 2$ on retrouve l'expression du modèle de Graham Schaefer.

Lorsque $m \rightarrow 1$, le modèle tend vers le modèle logarithmique proposé par Garrod (1969) et Fox (1970):

$$dB_t/dt = H \cdot B_t \cdot (\text{Log}(B_t) - \text{Log}(B_v)) - q \cdot f_t \cdot B_t \quad (6-4)$$

Cette généralisation permet de prendre en compte les cas où la formule de Schaefer surestime, ou sous-estime, la production lorsque la biomasse est réduite, ce qui peut par exemple se produire lorsque le recrutement n'est pas, ou peu, lié à la biomasse.

Ces formulations constituent ce qu'on peut appeler les modèles globaux "classiques". Elles supposent que production et captures sont des fonctions de la biomasse B_t , ce qui introduit une hypothèse de proportionnalité entre biomasses productive et exploitée.

VI-1-2 Etude des relations à l'équilibre.

Lorsque l'effort de pêche reste constant et inférieur à $-H \cdot B_v / q$, on vérifie aisément à partir de l'équation (6-2) que la biomasse tend vers la valeur $-b/a$, soit $B_v + q \cdot f / H$, constituant une valeur d'équilibre stable. La vitesse de convergence vers cet équilibre dépend entre autres de la valeur du paramètre H dont l'interprétation peut être reliée à la mortalité naturelle si on considère que l'équilibre est plus vite atteint pour une espèce de durée de vie courte que pour une espèce de durée de vie longue. Lorsque l'équilibre est réalisé et que l'effort est maintenu, $f_t = f$ et $B_t = B_f$ étant des constantes, on a:

la quantité d'effort par unité de temps: $\int_a^{a+1} f \cdot dt = f$,

la capture par unité de temps: $\int_a^{a+1} q \cdot f \cdot B_f \cdot dt = q \cdot f \cdot B_f$,

la CPUE (Capture Par Unité d'Effort) est égale à $q \cdot B_f$.

Cette stabilisation de la biomasse est un résultat très important car si on peut fixer l'effort à un niveau donné (par des mesures d'aménagement par exemple), la capture et le rendement vont également se stabiliser. L'étude des relations à l'équilibre entre capture et effort et entre rendement et effort est donc alors essentielle. Pour une pêcherie multispécifique telle que celle que nous étudions ici, l'équilibre sur l'une ou l'autre des composantes de la ressource n'est peut être pas un objectif accessible, mais l'étude des relations à l'équilibre reste a priori intéressante. Lorsque l'équilibre est atteint, pour un niveau d'effort donné, la valeur dB_t/dt est nulle. Avec le modèle de Graham Schaefer on a donc:

$$dB_t/dt = 0 = H \cdot B_t \cdot (B_t - B_v) - q \cdot f \cdot B_t$$

$$\text{soit: } H \cdot B_t \cdot (B_t - B_v) = q \cdot f \cdot B_t$$

en divisant par B_t (qui est non nul puisqu'il y a des captures) on obtient:

$$H \cdot B_f - H \cdot B_v = q \cdot f$$

$$\text{soit } B_f = B_v + (q/H) \cdot f. \quad (6-5)$$

La biomasse à l'équilibre est donc une fonction simple de l'effort, dont la représentation graphique est une droite d'ordonnée à l'origine B_v et de pente q/H (négative puisque H est négatif). On considérera que la biomasse à l'équilibre est nulle si l'effort est plus grand que $-(B_v.H/q)$.

La CPUE à l'équilibre est égale à $q.B$ donc:

$$CPUE = q \cdot (B_v + (q/H).f)$$

Il s'agit de l'équation d'une droite de pente négative q^2/H et d'ordonnée à l'origine $q.B_v$.

La capture par unité de temps à l'équilibre est égale à:

$$q.f.B = q.f.B_v + (q^2/H).f^2$$

Il s'agit de l'équation d'une parabole qui s'annule pour $f=0$ ou $f = -(B_v.H/q)$. La prise maximum équilibrée (PME) est obtenue pour un niveau d'effort noté $f_{PME} = -(B_v.H/q)/2$, et vaut:

$$PME = -H \cdot B_v^2 / 4$$

Il est possible (Fletcher, 1978) de reformuler l'équation des modèles de façon à faire apparaître ces paramètres plus directement.

Lorsque l'équilibre est atteint pour $f = f_{PME}$, on vérifie sans difficulté que $B = B_v/2$.

A l'équilibre, en notant la mortalité par pêche $F = q.f$, on obtient pour $f = f_{PME}$:

$$PME = F_{PME}.B = F_{PME}.B_v/2 = -H.B_v^2/4 \text{ et donc}$$

$$F_{PME} = -H.B_v/2$$

La valeur $H.B_v$ est généralement notée K (dans le cas du modèle généralisé, $K = H.B_v^{m-1}$ et $K = H.Log(B_v)$ lorsque $m \rightarrow 1$).

On peut ainsi relier le paramètre H à la mortalité par pêche "optimale". Si on reprend, avec le modèle de Graham Scbaefer, la formule de Gulland (1971):

$$PME = 0.5 \cdot M \cdot B_v,$$

qui implique que la mortalité naturelle, M est égale à F_{PME} , on obtient:

$$F_{PME} = M = -H \cdot B_v / 2 = -K/2.$$

Cette formulation est discutable, mais elle fait apparaître la relation entre le paramètre H et la mortalité naturelle.

Dans le cas du modèle généralisé de Pella et Tomlinson, la biomasse à l'équilibre s'écrit:

$$B = (B_v m^{-1} + (q/H) \cdot f)^{1/(m-1)}$$

dont on peut déduire les relations entre prise et effort et entre CPUE et effort.

Les courbes à l'équilibre entre CPUE et effort et entre prises et effort sont présentées sur les figures 6-2 et 6-3 pour certaines valeurs de m . On trouvera (Laurec et Le Guen 1981, page 58) un tableau donnant les principales caractéristiques des relations à l'équilibre issues du modèle généralisé.

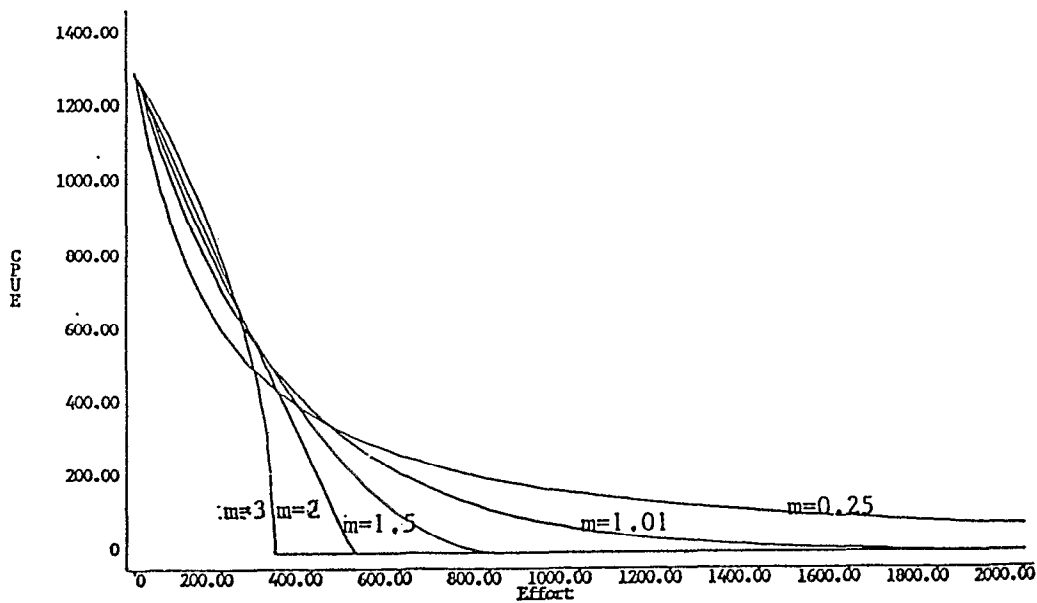


Figure 6-2 Forme des relations à l'équilibre entre CPUE et effort pour différentes valeurs de m dans un modèle global généralisé.

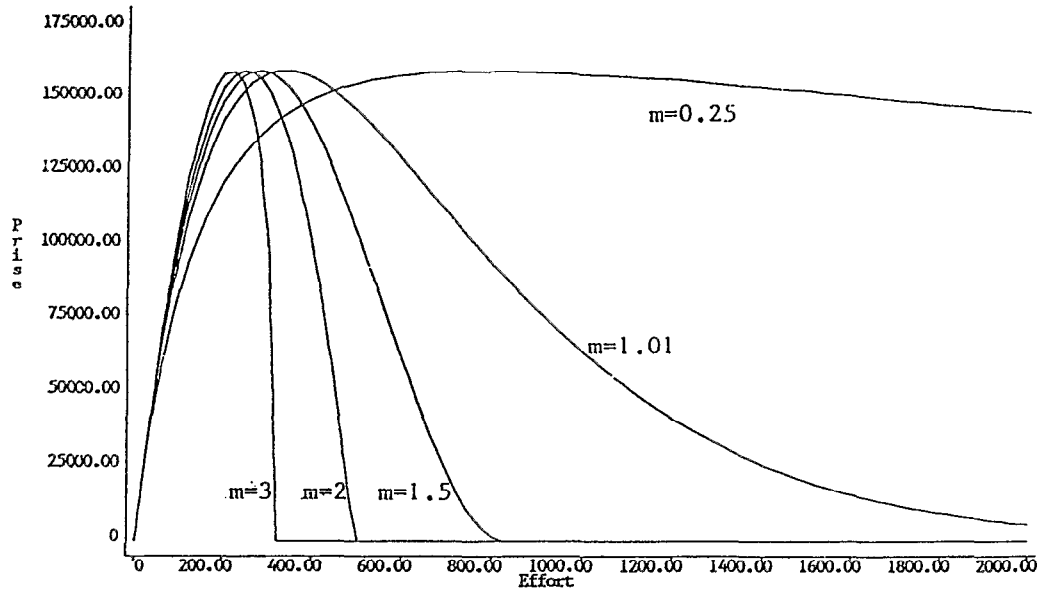


Figure 6-3 Forme des relations à l'équilibre entre prise et effort pour différentes valeurs de m dans un modèle global généralisé.

La PME a été considérée dans le passé comme l'objectif à atteindre, ce qui impliquait que des mesures d'aménagement devaient être prises pour approcher la valeur d'effort correspondante. Cette attitude apparaît à présent très contestable pour trois raisons principales (voir par exemple Larkin 1977 et Sissenwine 1978).

1) La Production Maximale à l'Equilibre n'est pas nécessairement "la" situation optimale. Il convient de prendre également en compte la rentabilité des unités de pêche, les capacités d'écoulement de la production etc... Ces considérations ont conduit à définir d'autres objectifs tels que la Production Economique Maximum (en anglais MEY: Maximum Economic Yield) ou "l'optimum Yield" (OY) intégrant des considérations "sociales" en plus de celles d'ordre biologique ou économique. La définition de cet "optimum yield" donnée par Roedel (1975) au cours d'un symposium consacré à ce sujet est intéressante: "a deliberate melding of biological, economic, social, and political values designed to produce the maximum benefit to society from stock that are sought for human use, taking into account the effect of harvesting on dependent or associated species". Evidemment ceci conduit à quelques difficultés au niveau de la concrétisation, comme l'indique Mercer (1982): "This concept...is not readily transposed into the operational context of management decision making". Il fournit néanmoins un cadre de réflexion et de discussion indiquant que l'optimum peut selon les cas prendre des formes diverses

conduisant à une remise en cause, ou au moins la contestation de la prépondérance actuelle des considérations d'ordre biologique et économique (Bailey, 1986).

Caddy et Csirke (1983) ont par ailleurs étudié les caractéristiques d'un "optimum de production biologique" défini par une production de biomasse maximum correspondant à un renouvellement des pertes dues aux mortalités par pêche et naturelle. Enfin Gulland et Boerema (1973) insistent sur l'intérêt de ne pas imposer en définitive de définition unique de l'optimum en indiquant, selon la nature des populations exploitées et le niveau initial d'exploitation les règles de décision apparaissant les plus "raisonnables".

2) Les modèles globaux sont des modèles déterministes et supposent que la production ne dépend que des éléments figurant dans leur formulation. Il se peut que l'impact négatif des "mauvaises années" soit plus important que l'impact positif des "bonnes années" et que la valeur "PME" ne puisse être maintenue sur une période assez longue. Ceci a conduit à la notion de "Capture Maximum Moyenne" (en anglais MAY, Maximum Average Yield, cf. par exemple Sissenwine 1978), représentant la capture la plus élevée qu'on peut attendre "en moyenne", qui peut donc être inférieure à la PME et faire préconiser des valeurs d'effort plus faibles que la valeur " f_{PME} ", par exemple $2/3$ de f_{PME} .

3) Lorsque la ressource est constituée de nombreux stocks, la somme des prises maximales à l'équilibre n'est généralement pas un objectif accessible, nous reviendrons plus en détail sur cette question dans la partie suivante.

Les paramètres "PME" et " f_{PME} " sont donc à l'heure actuelle plus simplement considérés comme faisant partie des connaissances utiles pour l'aménagement des pêcheries.

Si l'évaluation des relations à l'équilibre est très importante, il faut convenir que pour l'étude concrète d'une pêcherie donnée, l'état d'équilibre n'est que rarement rencontré. On devra donc considérer les situations de déséquilibre pour l'ajustement des modèles.

VI-2 Estimation des paramètres du modèle.

Pour estimer les coefficients du modèle, on recourt à une discrétisation en prenant en général des périodes annuelles afin de "gommer" les effets des variations saisonnières qui peuvent intervenir à tous les niveaux. On dispose donc de points en nombre égal au nombre de périodes pour lesquelles on a des statistiques. Chaque point est constitué de la somme des efforts déployés et de la prise réalisée pendant la période. Le rapport de la prise par l'effort donne la CPUE. En fait, et c'est souvent le cas pour les pêches artisanales, on estime parfois séparément l'effort et la CPUE, la prise étant estimée par le produit de ces deux valeurs.

Deux approches sont en général utilisées pour l'estimation des paramètres.

VI-2-1 Approximation de l'équilibre.

Pour toute valeur d'effort comprise entre 0 et une valeur f_{max} , éventuellement infinie, nous avons vu qu'il existe une valeur de la biomasse, notée B_f , strictement positive qui annule la dérivée dB/dt :

$$B_f = (B_v^{m-1} + (q \cdot f / H))^{1/(m-1)}, f \in [0, f_{max}]$$

Le principe est de trouver, pour chaque période i , une valeur \bar{f}_i telle que la biomasse moyenne présente au cours de la période soit \bar{b}_i). Pour obtenir les \bar{f}_i , plusieurs méthodes existent (Gulland 1969, Fox 1975), il s'agit de combinaisons linéaires prenant en compte l'effort de la période i et ceux d'un certain nombre de périodes passées, nombre dépendant de la différence entre les âges maximum et minimum des poissons capturés, c'est-à-dire de la durée de la phase exploitée. La formulation de la biomasse en fonction des efforts s'apparente donc à une fonction de transfert (Box et Jenkins 1970).

Lorsqu'on a obtenu les valeurs des efforts \bar{f}_i à l'équilibre, on utilise la relation entre CPUE et effort à l'équilibre (cf. fig. 6-2). Le critère utilisé pour l'ajustement est la minimisation de la somme de carrés (Fox 1975):

$$\sum_{i=1}^n ((\hat{C}PUE_i - CPUE_i) / \hat{C}PUE_i)^2$$

où $CPUE_i$ et $\hat{C}PUE_i$ sont les CPUE observée et ajustée pendant la i ème période.

VI-2-2 Intégration de l'équation différentielle.

Pour des valeurs données des paramètres, et connaissant la biomasse au début d'une période, on peut calculer la prise attendue en fonction de l'effort de cette période ainsi que la biomasse à la fin de celle-ci. Le modèle comporte donc en fait un paramètre supplémentaire, la biomasse au début de la première période, B_0 , qui diffère de la biomasse vierge B_v si la pêcherie existait avant le début de la collecte des statistiques. Ce problème se retrouve d'ailleurs dans la méthode par approximation de l'équilibre où on a besoin de la valeur des efforts de périodes antérieures au début de la collecte des données de captures pour calculer les efforts à l'équilibre des premières périodes. Pour l'estimation des paramètres, on minimise une somme de carrés qui peut être:

$$\sum_{i=1}^n ((P_i - \hat{P}_i) / \hat{P}_i)^2 \quad (\text{erreurs relatives, Rivard et Bledsoe 1978}), \quad (6-5)$$

où:

$$\sum_{i=1}^n (P_i - \hat{P}_i)^2 \quad (\text{erreurs absolues, Pella et Tomlinson, 1989}), \quad (6-6)$$

où P_i et \hat{P}_i sont les prises observée et ajustée pendant la i ème période.

Dans le cas particulier du modèle de Graham-Schaefer, l'intégration de l'équation peut se faire de manière relativement simple (Schnute, 1977).

VI-2-3 Comparaison des deux approches.

La différence entre les deux approches tient essentiellement dans la description de la convergence vers l'équilibre lorsqu'il n'est pas réalisé. En fait la méthode par approximation de l'équilibre utilise un modèle autre que le modèle global pour décrire cette convergence. Ceci est évident lorsqu'on observe

qu'il suffit de k périodes d'efforts constants, k étant le nombre de périodes utilisées pour la détermination de l'effort à l'équilibre, pour supposer que celui-ci est atteint. En effet:

$$\bar{F}_i = \left(\sum_{j=0}^{k-1} p_j \cdot (f_{i-j}) \right) / \left(\sum_{j=0}^{k-1} p_j \right) = f_i \text{ si } f_{i-j} = f_i, \quad j=0 \dots k-1$$

où les p_j sont des valeurs de pondérations.

Par contre les deux méthodes s'appuient sur les mêmes relations à l'équilibre. Le fait que l'approche par approximation de l'équilibre impose la composante "retour à l'équilibre" explique également que le nombre de paramètres soit alors inférieur à celui de l'approche par intégration ; il n'y a plus lieu d'estimer la biomasse au début de la première période. De plus, dans le cas du modèle de Schaefer, on n'estime que deux paramètres, correspondant à l'équation de la CPUE en fonction de l'effort à l'équilibre (les valeurs PME et f_{PME} suffisent à formuler cette relation), alors que l'équation du modèle en comporte trois (Bv, q et H). La contrainte d'équilibre réduit donc d'une unité la dimension de l'espace des paramètres.

Dans ces conditions, il n'est pas possible de dire quelle approche est préférable, puisque l'approximation de l'équilibre s'appuie sur une intuition biologique imposée a priori (mais on peut, comme Le Guen et Wise (1967), chercher quel nombre d'années prendre en compte dans la combinaison linéaire en choisissant celui qui conduit au meilleur ajustement). L'approche par intégration utilise quant à elle complètement une formule dont on ne peut affirmer qu'elle représente la réalité.

Un "avantage", néanmoins, de l'intégration de l'équation différentielle est de pouvoir "facilement" être mise en oeuvre dès lors qu'on dispose de moyens de calculs adaptés, puisqu'elle repose directement sur l'expression du modèle. L'approximation de l'équilibre, consistant à rechercher une modélisation de la convergence, doit être réadaptée lorsqu'on désire étudier certaines variantes des modèles globaux classiques, comme l'a fait Fréon (1983, 1986) en introduisant des informations relatives aux conditions d'environnement

VI-2-4 Méthodes ne recourant pas à des données de prises et d'efforts "classiques".

Lorsqu'on peut disposer de données sur des pêcheries exerçant leur activité sur des stocks indépendants, mais semblables par leurs caractéristiques bio-écologiques et d'exploitation, il est possible de regrouper les données concernant l'activité et les résultats de ces pêcheries pour décrire la dynamique des différents stocks concernés. Il est alors envisageable d'en estimer les caractéristiques à partir de séries très courtes puisque le nombre de points disponibles est égal au nombre de périodes multiplié par le nombre de stocks. On trouvera des présentations et applications de ces méthodes dans Munro (1979) et Caddy et Garcia (1983). Marten (1979) a recouru à une méthode semblable pour rechercher une répartition "optimale" de l'effort de pêche entre différents engins, en utilisant les résultats obtenus village par village autour du lac Victoria.

Lorsqu'on ne dispose pas de description fiable de l'activité de la pêcherie, il est possible (Csirke et Caddy, 1983) d'estimer les paramètres d'un modèle de Graham-Schaefer si on possède des estimations indépendantes des captures et des mortalités totales ou des mortalités totales et des indices d'abondance.

VI-2-5 Précision des estimations des paramètres.

On désire évidemment connaître la précision des estimations obtenues. Ceci est délicat car les hypothèses requises par les méthodes utilisant les moindres carrés peuvent ne pas être vérifiées pour plusieurs raisons, par exemple si l'effort est mal estimé, ou s'il existe des variations incontrôlables de la capturabilité. Ceci est le cas pour une pêcherie telle que la pêcherie artisanale sénégalaise à cause du grand nombre d'espèces cibles et des reports d'efforts qui peuvent s'opérer. Les erreurs sur les efforts se répercutent sur les résultats concernant plusieurs périodes quelque soit l'approche utilisée car:

-dans l'approche par approximation de l'équilibre, une valeur f_i est utilisée pour le calcul des efforts moyennés \bar{f}_i de plusieurs périodes,

-dans l'approche par intégration, la prise ajustée d'une période dépend de la biomasse présente au début de cette période qui est elle-même calculée à l'aide, entre autres, des efforts des périodes précédentes.

Différents auteurs ont signalé ces problèmes et ont donné les estimations des précisions avec des réserves, en évitant par exemple (Fox 1975) les appellations "écart-type" ou "variance". Nous avons fait la même chose en appliquant les résultats classiques des méthodes des moindres carrés pour rechercher la forme de la région de confiance autour des estimations de PME et f_{PME} . Nous avons repris les données utilisées par Pella et Tomlinson (1969), ces données concernent 34 périodes annuelles (1934 à 1967) de pêche de l'albacore (*Thunus albacares*) dans le Pacifique et constituent un jeu de référence pour une pêcherie longuement documentée.

La forme de cette région apparaît dans la figure 6-3'. Il s'agit d'une projection sur le plan "PME, f_{PME} ," du volume "Pme, f_{PME} , m", les valeurs de B_v et B_0 ayant été fixées à 400.10^6 livres (en reprenant les unités utilisées par les auteurs). On a également imposé $m > 0.25$. La somme de carrés critiques utilisée pour la représentation est égale à:

$$1.05 = 0.82.(1+(3/31).2.91) ; (f_{95\%}, 3, 31=2.91)$$

et la région serait donc la région de confiance à approximativement 95% si les "bonnes" hypothèses étaient vérifiées. On peut néanmoins considérer qu'on a ici la forme de la véritable région de confiance. Les valeurs de m qui minimisent la somme de carrés donnée dans l'équation (6-6) pour diverses combinaisons "PME, f_{pme} " apparaissent également dans la figure 6-3.

Il apparaît donc que m est très imprécisément estimé et que la région de confiance est très décentrée ; en particulier, l'impression de précision obtenue par l'approximation de l'écart-type de l'estimateur de PME est illusoire (cf. tableau VI-1). Les résultats obtenus sont assez logiques si on considère que les "faibles" valeurs de captures appartiennent à l'histoire de la pêcherie et qu'il n'a pas été observé de chute des captures pour les hauts niveaux d'efforts observés, les "grandes" valeurs des captures appartiennent donc au domaine délicat de l'extrapolation. Depuis 1967, on a assisté à une modification de l'estimation de la PME et en 1984 l'IATTC donnait des estimations supérieures à 340.10^6 . Une croissance très nette a également été observée au fil des ans pour les estimations des PME des principaux thonidés de l'Atlantique. Ce phénomène semble être causé par un accroissement régulier des surfaces couvertes par

la pêche (Hunter et al. 1986). Nous reviendrons plus en détails sur cet exemple dans le paragraphe VI-4-2-1.

L'utilisation de données issues de séries chronologiques introduit une grande difficulté dans l'estimation des paramètres et l'évaluation de leur précision. Ces estimateurs sont très probablement biaisés (Mohm 1980) ; Ulher (1980) a montré comment des erreurs dans la description du renouvellement de la biomasse et/ou dans les statistiques de captures conduisent à des biais dans l'estimation des paramètres.

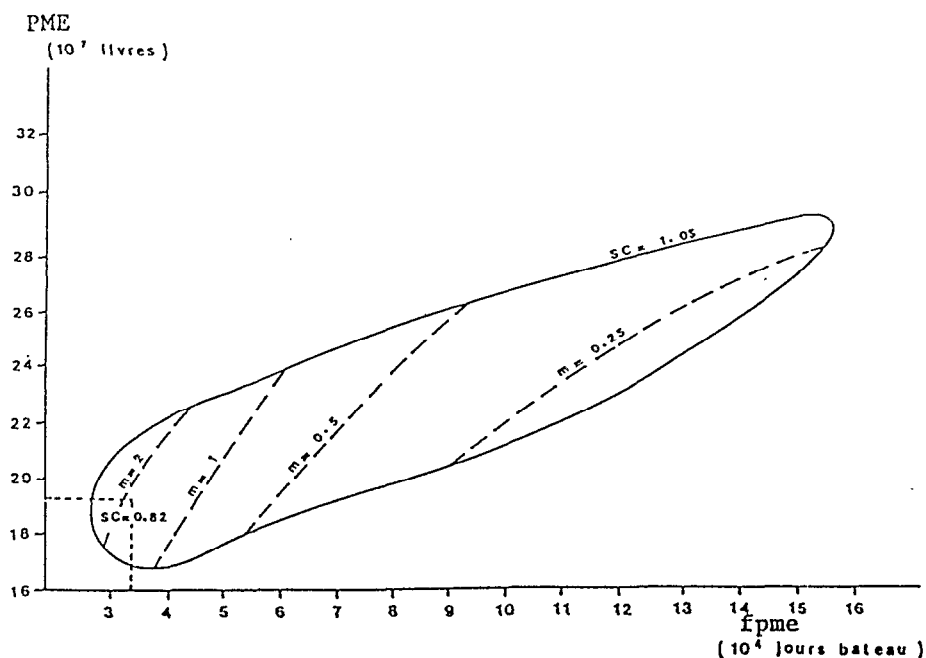


Figure 6-3' Forme possible de la région de confiance à 95% sur les paramètres PME et f_{pme} , déduites des données sur la pêche d'albacores du Pacifique Est utilisées par Pella et Tomlinson (1969).

VI-3 Quelques compléments sur l'estimation des paramètres.

Nous décrivons dans cette partie une méthode d'ajustement qui tient compte de la variabilité potentielle de la capturabilité. Nous verrons plus loin (VI-5) que l'introduction d'informations sur l'environnement, complétant celle sur l'activité de pêche, constitue une voie récente de recherche qui paraît prometteuse. Nous aborderons donc la question de l'ajustement des modèles pour lesquels l'activité de pêche n'est pas la seule variable "explicative" des résultats de la pêche. Nous effectuerons enfin quelques simulations en vue d'évaluer l'impact de certaines caractéristiques de la pêche artisanale sénégalaise sur la qualité de l'estimation des paramètres des modèles.

VI-4-1 Ajustements ne recourant pas à l'hypothèse de capturabilité constante.

Nous avons essayé d'ajuster le modèle en ne supposant pas a priori la constance des capturabilités et en tentant donc de s'affranchir de l'impact des variations de capturabilités sur les estimations de biomasse en fin de période. On peut, pour des valeurs convenables des paramètres H, B₀, B_v et m, rechercher les valeurs F₁, F₂...F_n qui conduisent aux captures P₁, P₂...P_n observée, avec F_i=q_i.f_i. Il est alors possible de reconstituer les q_i=F_i/f_i. On choisit alors les paramètres conduisant à la minimisation de la somme :

$$\sum_{i=1}^n (Lq_i - \overline{Lq})^2$$

où Lq_i = Log(q_i), ce qui revient à minimiser le coefficient de variation des capturabilités. On pourrait choisir d'autres critères et introduire par exemple une saisonnalité dans les capturabilités, ou une relation entre capturabilité et biomasse.

Le jeu de données déjà utilisé a été repris pour mener les calculs avec cette méthode. Les résultats sont présentés dans le tableau VI-1 avec ceux issus de l'approche classique par intégration, mise au point par Rivard et Bledsoe (1978) dont nous retrouvons les résultats (la somme de carrés minimisée est donnée par l'équation (6-5).

Tableau VI-1

Estimations des paramètres du modèle global généralisé (données sur l'albacore de Pella et Tomlinson, 1969), par un ajustement "classique" (capturabilité constante, ajustements (A)) et pour une capturabilité susceptible de varier (ajustements (B) et (C)). Pour les ajustements (B) et (C), la capturabilité étant variable, on en estime, de même que pour l'effort correspondant à la PME, une valeur moyenne. Pour l'ajustement (C) les paramètres B₀ et B_v sont supposés égaux et la valeur de m est imposée égale à 1,05.

Les estimations des écarts types des estimateurs sont placées sous celles des estimations des paramètres.

		B ₀ (10 ⁵)	B _v (10 ⁵)	PME (10 ⁵)	f _{PME} (10 ⁴)	m	q (10 ⁻⁵)	Σ carrés
Ajustement classique	A	1.07	1.28	1.91	3.28	2.03	9.04	0.74
		1.16	1.02	0.09	0.23	0.76		
Captura- bilité variable	B	21.5	21.5	2.18	19.14	0.13	0.54	0.90
		15.4	12.1	1.21	moyen	0.57	moyenne	
	C	=B _v fixé	17.6 7.7	1.60 0.14	3.71 moyen	1.05 fixé	0.55 moyenne	0.92

En comparant les résultats des ajustements A et B (tab. VI-1), on constate que l'estimation du paramètre PME ne change pas beaucoup. Ce n'est pas le cas de celle de sa précision devenue très mauvaise. Pour les autres paramètres, les estimations sont très dissemblables, en particulier celles de la biomasse vierge et de la biomasse au début de la première période (B_v et B₀). Avec l'ajustement

classique, les estimations de ces paramètres sont inférieures à l'estimation de la PME ce qui ne paraît pas cohérent pour une espèce dont la durée de vie est assez longue. Les estimations du paramètre m sont également très dissemblables et conduisent à des relations à l'équilibre très différentes, ce qui explique la forte valeur trouvée pour f_{PME} , (ajustement B) mais on constate que la précision de l'estimation de m est très faible. En prenant la matrice des corrélations issue de celle des estimations des covariances des estimateurs, on observe de fortes liaisons entre celles de B_0 et B_v (0.960) et celles de m et PME (-0.982, et "seulement" -0.559 avec l'ajustement classique), de plus les estimations de B_0 et B_v sont pratiquement égales. Nous avons refait les calculs en imposant $m=1.05$ (valeur proche de 1) et $B_0 = B_v$, les résultats apparaissent également au tableau VI-1 (ajustement C), la précision de l'estimation de PME devient alors nettement meilleure.

Nous n'avons pas poursuivi dans cette voie car cette méthode est très sensible aux erreurs d'estimations des prises. Elle est donc à ce titre peu utilisable dans le cas d'études sur les pêches artisanales où l'on estime généralement les prises par le produit de celles des efforts et des prises par unité d'effort.

VI-3-2 Discussion sur le recours à des contraintes réduisant la dimension de l'espace des paramètres.

Dans l'exemple décrit ci-dessus, il apparaît que les estimations de B_v et B_0 sont illusoires, et nous l'avons constaté dans les autres cas que nous avons étudié. Même lorsqu'elles correspondent à des quantités "raisonnables", leur imprécision est toujours considérable.

Nous avons donc, soit fixé a priori les valeurs de ces paramètres, soit imposé des contraintes les liant aux autres paramètres estimés.

En considérant l'équation proposée par Gulland (1970) pour relier la PME à la biomasse vierge et à la mortalité naturelle (M): $PME = M.B_v/2$, on peut choisir la contrainte:

$$B_v = 2.PME/M,$$

en prenant pour M une valeur plus ou moins arbitraire selon les connaissances disponibles sur la longévité de l'espèce étudiée.

Cette équation est bien sûr discutable (cf. par exemple Francis, 1974), et la valeur de M est souvent subjective. Mais en regard de l'imprécision de l'estimation de B_v , l'augmentation des sommes de carrés résiduels est très faible (ce qui implique qu'on ne "valide" pas ainsi une estimation de B_v ou de M , ce qui n'est pas l'objectif recherché). L'utilisation de cette formule ne correspond donc pas à celle qui en est faite lorsqu'on estime une PME à partir d'estimations de M et B_v .

De même, à partir des informations disponibles sur l'activité de pêche antérieure à la période pour laquelle on a des données de captures et d'efforts, il nous semble possible de fixer la valeur de B_0 égale à une proportion de B_v d'autant plus grande que la pêcherie était peu active.

De fait, l'utilisation de ces contraintes, diminuant la dimension de l'espace des paramètres, revient à fixer la composante "retour à l'équilibre" dont la vitesse est d'autant plus grande que le rapport B_v/PME

est faible. Ceci revient à faire un choix analogue à celui du nombre d'années à prendre en compte dans le calcul d'efforts à l'équilibre. La contrainte sur B_0 revient, quant à elle, à introduire une hypothèse sur l'impact des efforts antérieurs à la période d'étude.

VI-3-3 Introduction d'informations supplémentaires.

Nous avons jusqu'ici étudié des modèles supposant que l'activité de la pêcherie est la seule variable explicative de ses résultats. Nous décrivons ici l'ajustement par intégration de l'équation différentielle de modèles comportant plus d'une variable explicative.

Nous avons utilisé des modèles proposés par Fréon (1983, 1984, 1986) pour prendre en compte l'influence de facteurs climatiques. En adoptant une méthode d'ajustement de type "approximation de l'équilibre", c'est-à-dire en utilisant des données moyennes pour les efforts et les intensités de vent, Fréon a montré que l'introduction d'une relation entre la biomasse vierge et la force moyenne des vents améliore l'ajustement des captures de sardinelles (*S. maderensis* et *S. aurita*) réalisées par la pêche au Sénégal (pêches artisanale et industrielle réunies). Au Sénégal (cf. parties précédentes), les vents sont responsables d'un upwelling, remontée d'eaux froides riches en éléments nutritifs, ils peuvent également modifier l'état de la mer et le comportement des poissons, et donc l'aptitude des unités de pêche à les repérer. Les vents peuvent donc avoir un impact sur la biomasse vierge et sur la capturabilité.

En disposant d'un programme informatique d'ajustement par les moindres carrés, par exemple l'algorithme de Marquardt (Marquardt 1963, Bard 1974) déjà utilisé par Rivard et Bledsoe (1978), on peut effectuer des ajustements par intégration de l'équation du modèle dans des cas très généraux par une modification simple d'un sous-programme de calcul de la fonction objectif. A partir de valeurs données des paramètres du modèle et des valeurs prises par la (ou les) variable(s) explicatives, ce sous-programme calcule les prises théoriques et la valeur de la fonction objectif, correspondant par exemple à l'une des équations (6-5) ou (6-6).

Nous avons repris les données utilisées par Fréon (tableau VI-2) pour ajuster le modèle défini par la relation :

$$(1/B_t).dB_t/dt = H.(B_t - B_v.(1 + a_v.v_i)) - q.(1 + a_q.v_i).f_t$$

où v_i est l'écart entre le vent moyen de l'année i et la moyenne des vents sur les 15 années et a_v et a_q des paramètres supplémentaires.

Nous avons supposé les paramètres B_0 et B_v égaux à deux fois la prise maximale à l'équilibre. Le modèle étudié comporte donc 4 paramètres qui peuvent être a_q , a_v , PME et f_{PME} après reparamétrisation. Les résultats obtenus sont donnés dans le tableau VI-3. Le nombre réduit de 15 points rendrait les tests peu puissants, et nous avons vu que, de toutes façons, les hypothèses de base pour les effectuer ne sont pas vérifiables. Nous pouvons observer quand même que l'introduction de l'effet du vent sur la biomasse vierge divise par 2 la somme de carrés résiduelle obtenue avec le modèle classique et que l'introduction du terme prenant en compte l'influence du vent sur la capturabilité la réduit d'environ 25%. L'introduction des deux effets n'apporte pas d'amélioration par rapport au modèle supposant l'effet du vent sur la seule biomasse vierge.

Ce résultat illustre la difficulté qu'il y a, à l'aide des ajustements mathématiques à faire la part des choses entre la forme du terme décrivant l'évolution de la biomasse en dehors de l'effort et celui décrivant la capture.

Ces ajustements permettent également d'observer une tendance largement observée qu'ont les modèles globaux à estimer que la PME est de l'ordre des captures les plus élevées figurant dans les données. C'est ce qu'on peut noter également pour des données de la pêche d'albacore dans l'océan Pacifique (VI-2-5).

Tableau VI-2

Prises, Efforts et CPUE des pêcheries de sardinelles sur la petite côte du Sénégal et intensité moyenne du vent en saison d'alizés (Fréon, 1984).

Année	Prises totales tonnes	efforts 10 h. sardinier	CPUE tonnes	Vent m.s ⁻¹
1966	29290	1443	20,3	4,74
1967	26370	1490	17,7	4,74
1968	28550	1808	15,5	4,43
1969	33240	2324	14,3	4,40
1970	28250	2498	11,3	4,30
1971	30670	2324	13,2	4,90
1972	53720	2570	20,9	6,00
1973	59940	3678	16,3	5,30
1974	69250	4356	15,9	6,00
1975	61290	4903	12,5	5,50
1976	80940	5506	14,7	5,95
1977	77600	5740	13,5	5,60
1978	76400	5182	14,7	5,00
1979	69470	6500	10,7	4,53
1980	70240	6353	11,1	5,20

Tableau VI-3

Ajustements réalisés à partir des données de la pêcherie de Sardinelles au Sénégal (tab. VI-2). On a imposé $B_q = B_v = 2.PME$ Les estimations des écarts-types des estimateurs sont placées sous celles des estimations des paramètres.

a_q	a_v	PME ($10^4 t.$)	f_{PME} (10^4 heures)	Σ carrés
0.0385	0.155	6.94	6.66	0.168
0.0545	0.066	0.66	1.10	
0.0963	0	7.21	6.39	0.260
0.0544	(fixé)	0.72	1.19	
0	0.184	7.02	7.11	0.176
(fixé)	0.053	0.75	1.09	
0	0	8.11	8.49	0.339
(fixé)	(fixé)	1.58	2.20	

VI-3-4 Impact de quelques caractéristiques de la pêche artisanale sur l'estimation des paramètres.

Les modèles globaux dont nous avons donné les formulations sont déterministes et leurs paramètres sont bien sûr supposés constants. Il est communément admis que la capturabilité n'est pas une valeur constante et qu'elle dépend de ce qu'on peut appeler en général l'"environnement", dont on ne peut envisager avoir une parfaite connaissance, ni de sa "qualité", ni encore moins de son impact. De plus pour une pêcherie dont les unités de pêche peuvent effectuer des reports d'efforts entre les différents stocks exploités, la variabilité de cette capturabilité peut constituer une caractéristique du mode d'exploitation de par la très grande difficulté de déduire des efforts effectifs à partir de l'activité des unités.

Les données d'efforts et de prises par sortie utilisées pour effectuer les ajustements ne sont que des estimations. Nous avons estimé (Laloë, 1985) l'ampleur des erreurs relatives de ces estimations. A partir de simulations de pêcheries exploitant un stock dont la dynamique obéit à un modèle global simple, nous pouvons donc donner quelques indications de l'impact des variations de capturabilité et des erreurs d'estimation des efforts et rendements sur la qualité des ajustements réalisables.

Les paramètres du modèle utilisé pour ces simulations sont:

$$B_0=2.10^6, B_v=3,9.10^6, PME=1,3.10^6, f_{PME}=1,5.10^5, m=1,8$$

ce qui correspond à une capturabilité q égale à $4,6.10^{-6}$.

On suppose que la capturabilité réelle au cours d'une période i est en fait égale à $q_i=q.(1+\epsilon_{qi})$.

(les simulations ont porté sur quinze périodes, $i=1...15$).

Nous avons supposé que la variabilité de la capturabilité satisfait à un coefficient de variation de 30% en tirant les ε_{qi} selon des lois normales indépendantes puis en les centrant, les réduisant et enfin en les multipliant par 0,3.

Les valeurs d'efforts f_i exercés par la pêche au cours de chaque période i sont supposées réparties indépendamment les unes des autres selon une loi normale de moyenne f donnée avec un pourcentage de variation de 30%: $f_i = f.(1+\varepsilon_{fi})$, les valeurs ε_{fi} étant obtenues par la méthode déjà utilisée pour obtenir les valeurs ε_{qi} .

Les captures et CPUE "théoriques" peuvent alors être calculées.

Nous avons ensuite simulé des "erreurs" a_{fi} et a_{pi} (centrées d'écart types respectifs 0,10 et 0,15) pour obtenir les données "observées" utilisables pour les ajustements:

$$f_{obsi}=f_i.(1+a_{fi}); CPUE_{obsi}=CPUE.(1+a_{pi})$$

Les captures observées sont obtenues par le produit des efforts et CPUE observés

Nous avons supposé dans un premier temps que les efforts annuels ont une variabilité de 30% autour d'une valeur $f= 1. 10^5$, correspondant donc à un effort moyen inférieur d'un tiers à la valeur f_{PME} .

Nous avons rencontré des difficultés techniques considérables lors de l'estimation de l'ensemble des paramètres, dues à des colinéarités entre ceux ci. Nous avons fait les ajustements en fixant $B_v = 3.PME$, (en supposant que ceci peut être par exemple déduit de connaissances sur la longévité de l'espèce). Les résultats de l'estimation des quatre autres paramètres sont donnés au tableau VI-4. On observe que les "écarts types" des différents estimateurs sont considérables.

Nous avons refait l'ajustement en imposant $PME = 2,26.10^6$, valeur deux fois supérieure à celle précédemment estimée. On vérifie que la somme de carrés obtenue (tableau VI-4) est pratiquement inchangée.

En renouvelant la même simulation, à un niveau moyen d'effort de $1,5.10^5$, équivalent à f_{PME} , nous avons observé des minimums locaux, c'est-à-dire des estimations différentes des paramètres selon les valeurs initialement données pour effectuer les ajustements (tab VI-5, ajustements A et B). On observe que les estimations du paramètre m sont particulièrement affectées (ce qui a été déjà observé par Rivard et Bledsoe, 1978). En refaisant l'ajustement en imposant une valeur "convenable" de 1,5 pour m , on obtient un meilleur ajustement (tableau VI-5, ajustement C).

A l'issue de ces simulations, il apparaît qu'il est illusoire de vouloir estimer l'ensemble des paramètres. Seuls ici, PME et dans une moindre mesure f_{PME} ont pu être relativement précisément estimés lorsque l'effort moyen était de l'ordre de f_{PME} .

Dans un tel cas on est amené à imposer pour m une valeur "réaliste" ce qui est classique dans les études faites par les biologistes. Imposer ici une valeur "plausible" à partir de connaissances biologiques (par exemple 1,5) conduit à une estimation assez précise de la PME (mais pas de l'effort optimal). Cet exemple illustre les difficultés d'utilisation du modèle, l'impossibilité d'estimer le paramètre m , et la nécessité de recourir aux connaissances de la biologie des espèces, lorsque c'est possible, pour imposer des garde-fous.

Tableau VI-4

Simulations réalisées à partir d'une population théorique pour la pêcherie de laquelle on dispose de statistiques soumises à des erreurs du type de celles rencontrées pour la pêche artisanale sénégalaise. L'effort moyen est égal à la moitié de fp_{PME} , soit 75 000.

Pour le premier ajustement (A), la PME est estimée égale à 1,13 et pour le second (B) on suppose que la PME est égale au double de cette valeur.

	B_0 (10 ⁶)	B_v (10 ⁶)	PME (10 ⁶)	fp_{PME} (10 ⁵)	m	Σ carrés
	vraies valeurs	2	3,9	1,3	1,5	1,8
A	estim écart.	1,04	3.PME	1,13	1,23	0,81
	type	3,24	fixé	2,37	14,5	17,7
B	estim- écart.	3,40	3.PME	2,26	2,50	2,72
	type	2,28	fixé	fixé	3,66	19,4

Tableau VI-5

Simulations réalisées dans les mêmes conditions que celles dont les résultats figurent au tableau VI-4 avec cette fois un effort moyen égal à f_{PME} .

A: Ajustement obtenu en donnant les vraies valeurs comme données initiales.

B: Ajustement obtenu en donnant les valeurs initiales figurant sur la ligne "d.init."

C: Ajustement obtenu en fixant la valeur 1,5 pour m et en donnant les vraies valeurs pour données initiales des paramètres restant à estimer.

	B_0 (10 ⁶)	B_v (10 ⁶)	PME (10 ⁶)	f_{PME} (10 ⁵)	m	Σ carrés
	vraies valeurs	2	3,9	1,3	1,5	1,8
A	estim écart.	2,41	3.PME	1,43	1,36	4,57
	type	1,35	fixé	0,25	0,30	4,99
B	estim- écart.	1,69	3.PME	1,48	3,59	0,28
	type	2,85	fixé	2,71	49,9	5,61
	d.init.	0,5		1,5	6	0,5
C	estim. écart	1,57	3.PME	1,27	1,28	1,5
	type	1,31	fixé	0,18	0,87	fixé

VI-4 Adaptation des modèles.

Nous ne traiterons, dans cette partie, que des modèles monospécifiques, la généralisation à plusieurs populations étant l'un des thèmes centraux de la partie suivante.

Les modèles "classiques" décrits jusqu'ici supposent que l'évolution de la biomasse B_t n'est fonction que d'elle-même et de l'activité de pêche. Certaines propositions d'adaptation de leur formulation restent dans ce cadre. Elles consistent en des modifications de la fonction de production de biomasse, ou de celle qui décrit l'impact de la pêche. Nous étudierons également une formulation qui suppose l'existence d'une quantité constante de biomasse inaccessible à la pêcherie.

Nous décrirons un modèle proposé par Deriso (1980) en vue d'analyser les données "de prises et d'efforts" avec une formulation habituellement réservée aux modèles analytiques, c'est-à-dire incluant des paramètres relatifs à la croissance individuelle des poissons, à la mortalité naturelle et à l'âge au recrutement. Nous évoquerons ensuite une discussion proposée par Schnute (1985) sur une

généralisation incluant la plupart des modèles existants et devant permettre la détermination du modèle le plus adapté selon la pêcherie étudiée.

Nous aborderons enfin les adaptations consistant à utiliser des informations complémentaires à celles de l'activité de pêche. Nous verrons alors comment des formulations qui n'apportent pas d'améliorations aux modèles globaux classiques lorsque l'information "explicative" est constituée par la seule activité de pêche, peuvent devenir intéressantes par leurs capacités de décrire de façon simple certaines relations entre la ressource et son environnement.

VI-4-1 Modifications de la formulation sans introduction d'informations supplémentaires.

Nous avons vu (équation 6-1) qu'un modèle global "classique" décrit l'évolution de la biomasse par la somme d'une fonction de la seule biomasse et d'une fonction de la biomasse et de l'effort. Les adaptations peuvent concerner l'une ou (et) l'autre de ces fonctions.

VI-4-1-1 Modification de la fonction décrivant la production de biomasse.

L'arrivée de nouveaux poissons dans la biomasse exploitée est difficile à modéliser, au même titre que tous les aspects liés au recrutement en général. Walter (1973) et Marchesseault et al. (1976) ont modifié la description de la production de biomasse en introduisant la valeur de la biomasse au temps $t-t_r$, où t_r est l'âge à partir duquel les poissons sont susceptibles d'être pêchés. Ceci permet de tenir compte d'une éventuelle relation entre le recrutement au temps t et la biomasse au temps $t-t_r$.

La formulation proposée par Walter (1973) s'écrit:

$$dB_t/dt = B_t.(b + a_1.B_t + a_2.B_{t-t_r}) - q.f_t.B_t$$

et celle proposée par Marchesseault et al. (1976):

$$dB_t/dt = b.B_t + a_1.B_t^2 + a_2.B_{t-t_r} - q.f_t.B_t$$

La principale différence entre les deux formulations provient de ce que l'impact de la quantité B_{t-t_r} est indépendant ou non de la biomasse présente au temps t , l'indépendance paraissant mieux correspondre à l'idée d'une relation "stock-recrutement" (Marchesseault et al. 1976).

VI-4-1-2 Modification de la fonction décrivant l'impact de la pêche.

Le terme " $q.f.B$ " commun à tous les modèles classiques est très simple et suppose que la capturabilité constante q est indépendante de la biomasse et de l'effort.

Il est possible, pour de nombreuses raisons (Ulltang, 1980), qu'il existe une relation entre la capturabilité d'une part et l'effort et/ou la biomasse d'autre part. Une relation souple a été proposée (Fox 1974, Mac Call 1976):

$$q(B) = q_0 . B^\alpha,$$

lorsque α est nul, q est constant. Lorsque α est négatif, q décroît lorsque la biomasse augmente, l'inverse se produisant si α est positif.

On observe (Fox 1974, Mac Call 1976) que les formes des relations à l'équilibre issues de ces modèles sont analogues à celles obtenues à partir du modèle généralisé en faisant varier le paramètre m .

Tsoa et al. (1985) ont compliqué la formulation en proposant:

$$q(B) = q_0 \cdot B^\alpha \cdot f^\beta$$

Cette formulation ne nous paraît pas susceptible d'apporter une quelconque amélioration dans la mesure où les problèmes de corrélations entre estimateurs des divers paramètres en interdisent à notre avis toute interprétation biologique sérieuse.

VI-4-1-3 Existence d'une quantité de biomasse inaccessible.

L'apparition du terme " $q \cdot f_t \cdot B_t$ " dans la formulation de la plupart des modèles implique que la biomasse B_t est la biomasse exploitée. Dans la fonction décrivant la production de biomasse, c'est également la valeur B_t qui apparaît. On fait donc une hypothèse d'égalité, ou au minimum de proportionnalité entre biomasses "exploitées" et "productrices". Cette hypothèse est fautive si, pour une raison quelconque, une certaine quantité de biomasse reste inaccessible, tout en contribuant au renouvellement général de la biomasse de la population.

Lorsque les unités de pêche ont un rayon d'action limité, l'aire de répartition de la population exploitée peut être plus vaste que celle que les unités de pêche peuvent couvrir. Une certaine quantité de biomasse peut alors rester inaccessible.

Si l'effort de pêche devient très important, la biomasse disponible peut être très "surexploitée", mais il se peut aussi qu'un renouvellement dans la zone exploitée soit assuré par la biomasse de "réserve". On peut alors assister à un phénomène de "surexploitation locale" tel que celui décrit par Fréon (1986) pour la pêche de sardinelles sur la Petite Côte au Sénégal.

A partir des remarques qui précèdent, nous avons modifié l'équation du modèle de Graham-Schaefer en écrivant:

$$dB_t/dt = B_t \cdot H \cdot (B_t - B_v) - q \cdot f_t \cdot (B_t - \alpha \cdot B_v) \quad (6-7)$$

où $\alpha \cdot B_v$ est une *quantité donnée de biomasse*, exprimée par une proportion de la biomasse vierge du stock, inaccessible à la pêche.

Nous approfondirons quelque peu l'étude du modèle défini par cette relation dans la mesure où elle peut rendre compte d'un accès limité à la ressource, et donc présenter un grand intérêt pour l'étude des pêcheries ayant un rayon d'action limité.

Fox (1974) a étudié un modèle considérant l'existence de deux stocks exploités, avec des taux d'échange de biomasse d'un stock vers l'autre pouvant être différents. La formulation (6-7) peut être considérée comme pouvant décrire une telle situation dans le cas très particulier où seul l'un des deux

stocks est exploité et où les échanges ne peuvent se faire qu'à son profit, la biomasse du stock non exploité restant constante.

L'équation (6-7) est très simple et peut être adaptée pour tenir compte, en fonction des cas étudiés, des caractéristiques de la ressource et de la nature de son exploitation. Par exemple, si on suppose qu'une certaine quantité de biomasse reste inexploitée parce que la pêcherie ne fréquente pas l'aire de répartition de l'espèce dans son ensemble, la densité ne sera pas uniformément affectée par la pêche. On peut supposer qu'à un déficit donné ($B_v - B$) de biomasse, la production sera d'autant plus importante que ce déficit sera plus uniformément réparti sur l'ensemble de la zone. En ce sens on peut adapter l'expression (6-7) en considérant que le paramètre H , et donc la productivité du stock, devient une fonction de α : $H(\alpha) = H \cdot (1 - \alpha)$, pour obtenir:

$$dB_t/dt = B_t \cdot H \cdot (1 - \alpha) \cdot (B_t - B_v) - q \cdot f_t \cdot (B_t - \alpha \cdot B_v) \quad (6-8)$$

Lorsque les variations de α sont dues à des modifications de la surface prospectée par la pêcherie, on peut supposer que, à disponible ($B - \alpha \cdot B_v$) donnée, la densité et donc la capturabilité seront inversement proportionnelles à cette surface. On a donc:

$$dB_t/dt = B_t \cdot H \cdot (1 - \alpha) \cdot (B_t - B_v) - (q / (1 - \alpha)) \cdot f_t \cdot (B_t - \alpha \cdot B_v) \quad (6-9)$$

Les formules (6-7, 6-8 et 6-9) sont analogues et les résultats décrits ci dessous pour l'équation (6-7) peuvent être généralisés aux équations (6-8 et 6-9) en remplaçant:

- Pour (6-8) : H par $H(\alpha) = H \cdot (1 - \alpha)$, (H devient $H(\alpha=0)$)
- Pour (6-9) : H par $H(\alpha) = H \cdot (1 - \alpha)$, (H devient $H(\alpha=0)$),
et q par $q(\alpha) = q / (1 - \alpha)$, (q devient $q(\alpha=0)$).

VI-4-1-3-1 Recherche des relations Prise-Effort et CPUE-Effort à l'équilibre.

A l'équilibre l'équation (6-7) s'écrit pour une valeur fixée de l'effort $f_t = f$:

$$0 = dB_t/dt = H \cdot B_t^2 - (H \cdot B_v + q \cdot f_t) \cdot B_t + q \cdot f \cdot \alpha \cdot B_v$$

dB_t/dt s'écrit donc sous la forme d'un polynôme de degré 2 en B_t . Plusieurs cas se présentent selon les valeurs prises par α

$$1) \alpha \in [0, 1 [$$

Le discriminant Δ du polynôme de degré 2 en B_t est égal à

$$\Delta = (-H \cdot B_v - q \cdot f)^2 - 4 \cdot H \cdot \alpha \cdot B_v \cdot q \cdot f$$

Δ est strictement positif puisque H est négatif. L'équation admet donc deux solutions:

$$B_1 = (H.B_v + q.f - \sqrt{\Delta}) / (2.H) > 0$$

$$B_2 = (H.B_v + q.f + \sqrt{\Delta}) / (2.H) < 0$$

Car $-4.H.\alpha.B_v.q.f$ est positif, et $\sqrt{\Delta} > |H.B_v + q.f|$, $H < 0$

B_1 est supérieure à $\alpha.B_v$ car, pour $B_t = \alpha.B_v$, $dB_t/dt = B_v^2.H.\alpha.(\alpha - 1)$ est positif et, pour $B_t \rightarrow \infty$, dB_t/dt est négatif. De plus B_1 est une situation d'équilibre stable.

Ainsi, quel que soit l'effort appliqué, si la biomasse initiale est supérieure à 0 et si l'on impose que la capture est nulle tant que B_t est inférieure à $\alpha.B_v$, la biomasse finira par dépasser cette valeur et ne pourra pas redescendre en deçà.

$$2) \alpha = 0$$

On obtient le modèle de Graham Schaefer.

$$3) \alpha < 0$$

Ce cas est à première vue absurde, mais on note qu'en posant : $q'.B_t = q.(B_t - \alpha.B_v)$, alors:

$$q' = q.(1 - \alpha.B_v/B_t).$$

On a donc introduit une relation entre capturabilité et biomasse totale si l'on raisonne à partir de celle ci. Lorsque $\alpha > 0$, la capturabilité décroît avec la biomasse et s'annule pour une biomasse égale à $\alpha.B_v$. On peut envisager le cas où α est négatif si la relation est dans le sens contraire. Cela a été observé par Mac Call (1976) pour une pêcherie de *Sardina caerulea* en Californie. Ulltang (1980) a décrit un certain nombre de phénomènes conduisant à ce résultat. Dans ce cas la valeur du discriminant Δ peut être négative pour certaines valeurs de f :

$$\Delta = (-q.f - H.B_v)^2 - 4.H.\alpha.B_v.q.$$

$$\Delta = q^2.f^2 + f.(-4.H.\alpha.B_v.q + 2.H.B_v.q) + H^2.B_v^2.$$

le discriminant Δ' de l'équation du second degré en f : $\Delta = 0$ est égal à:

$$\Delta' = (q.H.B_v)^2 . (-4 + (2 - 4.\alpha)^2) ; \text{ soit:}$$

$$\Delta' = (4.q.H.B_v)^2 . (-\alpha.(1 - \alpha)); \text{ comme } \alpha < 0, \text{ on a donc } \Delta' > 0.$$

Il y a donc deux racines réelles f_1 et f_2 à l'équation $\Delta=0$. Ces racines sont positives (le coefficient du premier degré est négatif et les deux autres positifs).

$$f_1 = (H.Bv/(2.q)).(-2+4.\alpha +4\sqrt{\alpha.(\alpha-1)})$$

$$f_2 = (H.Bv/(2.q)).(-2+4.\alpha -4\sqrt{\alpha.(\alpha-1)})$$

Lorsque α est négatif il y a possibilité d'extinction de la biomasse. Dans la pratique, lorsqu'on trouvera une valeur négative pour Δ , on utilisera des approximations en prenant de courts intervalles de temps pour calculer les biomasses au temps $t+\delta t$ en fonction de la biomasse au temps t :

$$B_{t+\delta t} = B_t + \delta t. [B_t.H.(B_t - B_v) - q.f.(B_t - \alpha.B_v)]$$

De toute façon, le fait de trouver une valeur négative pour α devrait conduire à rejeter l'utilisation de ce modèle au profit du modèle global généralisé, ou d'un modèle supposant une relation entre biomasse et capturabilité, ou encore à imposer $\alpha=0$ (ce qui ramène au modèle de Graham-Schaefer).

Les relations à l'équilibre entre prise et effort lorsque le paramètre α varie pour les équations (6-7), (6-8) et (6-9) sont présentées sur la figure 6-4 (a, b et c). On constate qu'elles peuvent prendre des formes assez proches de celles issues du modèle global généralisé (Pella et Tomlinson 1969) lorsque le coefficient m varie (fig. 6-3). Une valeur positive de α conduit à une relation du type $m < 2$, et une valeur négative de α conduit à une relation du type $m > 2$. Lorsque $\alpha=0$, on retrouve l'équation du modèle de Graham-Schaefer. Ces résultats sont comparables à ceux donnés par Fox (1974) concernant l'allure des relations prise-effort dans un modèle de Graham-Schaefer lorsqu'on introduit une relation entre capturabilité et biomasse (cf. VI-4-1-2).

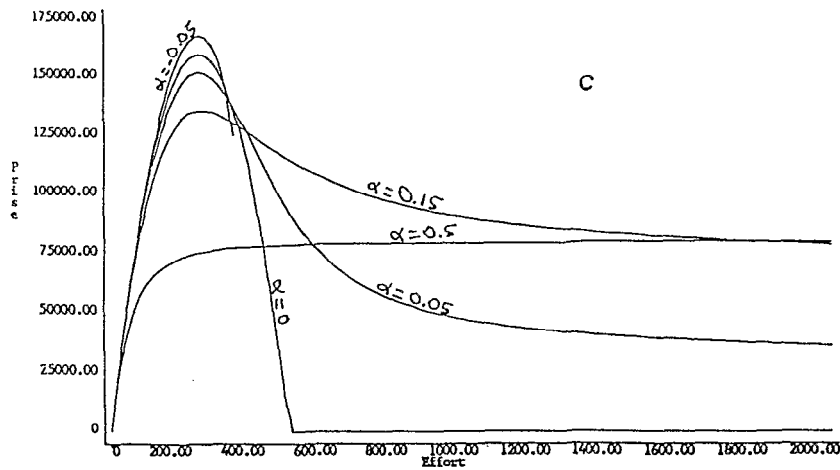
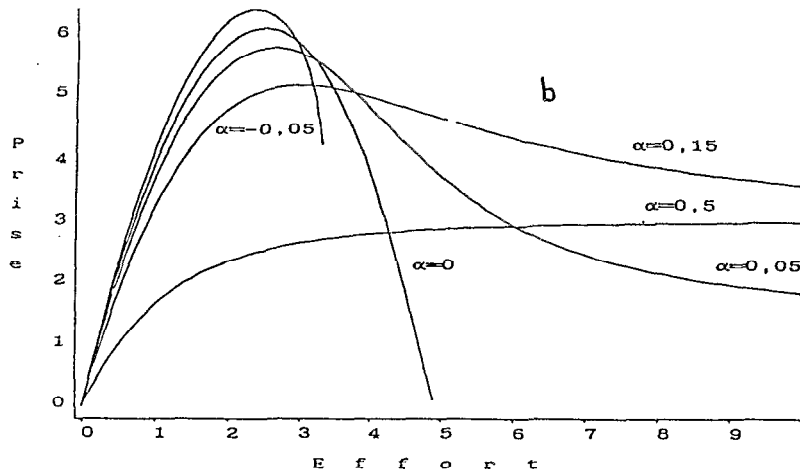
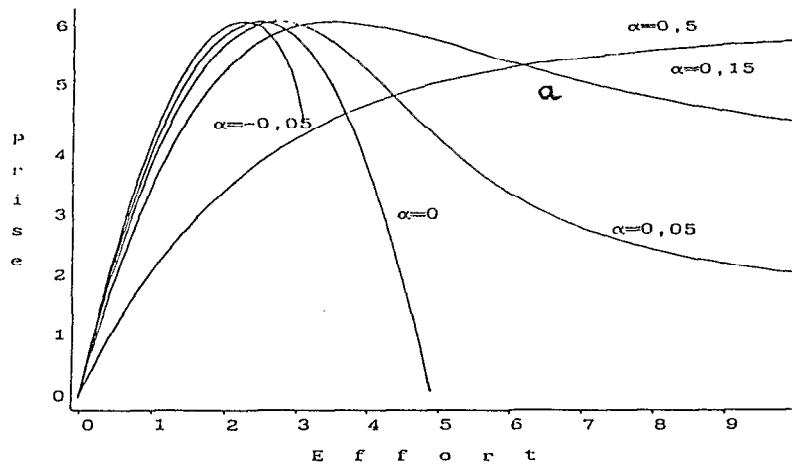


Figure 6-4 Forme des relations à l'équilibre entre prise et effort, issues des modèles supposant l'existence d'une biomasse inaccessible " $\alpha.B_v$ " pour les équations 6-7 (a), 6-8 (b) et 6-9 (c).

VI-4-1-3-2 Détermination de PME et f_{PME}

Lorsque l'équilibre est atteint et maintenu pour un effort f donné, la prise effectuée au cours d'une unité de temps sera $P = q.f.(B-\alpha.Bv)$. A l'équilibre, on a :

$$0 = B.H.(B-Bv) - P = H.B^2 - B.(H.Bv) - P.$$

S'il existe une valeur B satisfaisant cette équation, le discriminant $(H.Bv) + 4.H.P$ est positif ou nul ; comme H est négatif, on en déduit :

$$P \leq -H.Bv^2/4 \quad (\text{cf. équation (6-7) })$$

$$\text{et } P \leq -H.(1-\alpha).Bv^2/4 \quad (\text{cf. équations (6-8 et 6-9) })$$

on peut alors rechercher s'il existe une valeur d'effort telle que $P = -H.Bv^2/4$.

$$\text{Il faut alors } -H.Bv^2/4 - H.B.(B-Bv) = 0 \text{ soit: } H.(B-Bv/2)^2 = 0$$

on obtient $B = Bv/2$, ce qui n'est réalisable que si $\alpha < 0,5$ et :

$$q.f.Bv.(0,5-\alpha) = -H.Bv^2/4$$

$$\text{soit } f_{PME} = -H.Bv/(2.q.(1-2.\alpha)) \quad (\text{pour l'équation (6-7)})$$

$$f_{PME} = -H.(1-\alpha).Bv/(2.q.(1-2.\alpha)) \quad (\text{pour l'équation (6-8)})$$

$$\text{et } f_{PME} = -H.(1-\alpha)^2.Bv/(2.q.(1-2.\alpha)) \quad (\text{pour l'équation (6-9)})$$

On remarquera que dans l'équation (1), la valeur $f_{PME}(\alpha)$ pour une valeur quelconque de α est égale à $f_{PME}(\alpha=0)$ multiplié par :

$$(1-\alpha)/(1-2.\alpha)$$

valeur supérieure à 1 si $\alpha \in]0,0.5[$. La valeur $f_{PME}(\alpha > 0)$ est donc supérieure à $f_{PME}(\alpha=0)$.

De même, pour $\alpha \in]0,0.5[$, à partir de l'équation 6-9, on a :

$$f_{PME} = f_{PME}(\alpha=0).(1-\alpha)^2/(1-2.\alpha) = f_{PME}(\alpha=0).(1-2\alpha+\alpha^2)/(1-2.\alpha),$$

soit $f_{PME} = f_{PME}(\alpha=0).[1 + (\alpha^2/(1-2.\alpha))]$, valeur supérieure à $f_{PME}(\alpha=0)$.

Si on utilise la relation $PME = 0,5 . M . Bv$ où M est la mortalité naturelle, (Gulland 1971), on obtient pour $\alpha = 0$:

$$PME = q \cdot f_{PME} \cdot Bv/2 = M \cdot Bv/2$$

$$\text{donc } q = M/f_{PME} \text{ ou } f_{PME} = M/q.$$

On retrouve les résultats classiques du modèle de Graham-Shaefer lorsque $\alpha=0$. Si $\alpha=0,5$, la prise tend vers $-H(\alpha) \cdot Bv^2/4$ lorsque l'effort tend vers l'infini. Si α est plus grand que 0,5, la prise à l'équilibre est une fonction croissante de l'effort et tend vers $H(\alpha) \cdot Bv \cdot (\alpha \cdot (\alpha-1))$ lorsque l'effort tend vers l'infini.

Ces résultats ne sont guère surprenants si l'on considère que le renouvellement de la biomasse s'effectue selon la formulation du modèle de Schaefer et qu'à un niveau donné de biomasse à l'équilibre, qui dépend de la capture, cette dernière est la même que celle issue du modèle de Schaefer. Si α est plus petit que 0,5 la biomasse peut atteindre la valeur $Bv/2$ et la prise la valeur maximum de $-H(\alpha) \cdot Bv^2/4$.

VI-4-1-3-3 Intégration de l'équation différentielle.

Nous avons vu que dB_t/dt est un polynôme du second degré en B_t ; lorsque des racines réelles existent pour cette équation on peut trouver facilement B_t en fonction de f_t lorsque celui est resté constant par intervalles.

Soient r_1 et r_2 ($r_1 > r_2$) les racines de l'équation lorsqu'elles existent; si l'effort est resté constant entre $t=0$ et $t+t_1$, lorsque $t < t_1$, et si B_0 est différent de r_1 et de r_2 on a (voir par exemple Jolivet 1983, page 52 et suivantes):

$$\text{Log } |B_t - r_1| - \text{Log } |B_t - r_2| = H \cdot (r_1 - r_2) \cdot t + c$$

$$\text{avec } c = \text{Log } |B_0 - r_1| - \text{Log } |B_0 - r_2|$$

On en déduit la valeur de B_t en fonction des valeurs de B_0 et f .

Si B_0 est égal à l'une des racines, $B_t = B_0$.

S'il n'existe pas de racine à l'équation, on procède par approximations (voir plus haut).

Il peut se produire que la biomasse soit inférieure à $\alpha \cdot Bv$, dans ce cas, on considérera que la capturabilité est nulle (techniquement on imposant $f=0$). Si la biomasse devient nulle au temps t_0 , on impose $B_t=0$ si $t > t_0$. Rappelons toutefois que si $\alpha > 0$ et si $B_0 > \alpha \cdot Bv$, la biomasse reste toujours supérieure à cette valeur quel que soit l'effort exercé.

Nous avons réalisé un programme qui effectue l'ajustement de ce modèle en recherchant la combinaison de paramètres PME , Bv , B_0 , q et α qui conduit à minimiser un critère du type "moindres carrés" correspondant à l'équation 6-5 ou à l'équation 6-6. Le programme utilise l'algorithme de Marquardt (1963).

Pour le calcul des prises ajustées, chaque période (année) au cours de laquelle l'effort est supposé constant est décomposée en n sous-périodes de durées égales. Soit $B_{i,0}$ la biomasse au début de l'année i ; on calcule les valeurs des biomasses $B_{i,1}, B_{i,2} \dots B_{i,n}$ ($B_{i,n} = B_{i+1,0}$) à la fin de chaque sous-période. La prise ajustée vaut:

$$\hat{P}_i = \left[\sum_{j=0}^n q \cdot f \cdot (B_{i,j} - \alpha \cdot B_v) \right] / (n+1)$$

avec la contrainte $q=0$ si $B_{i,j} < \alpha \cdot B_v$.

Le temps de calcul est d'autant plus grand que n est grand et que la valeur de la prise ajustée est proche de:

$$\int_{t_i}^{t_{i+1}} q \cdot f \cdot (B_t - \alpha \cdot B_v) \cdot dt$$

Choisir $n = 1$ revient à supposer que la variation de biomasse a été linéaire au cours de la période. Nous avons fait les calculs avec $n = 5$ ce qui paraît être un bon compromis.

VI-4-1-3-4 Intérêt pratique d'une telle formule dans le cas où on ne dispose que de données de prises et d'efforts.

Nous avons utilisé ce modèle avec un certain nombre de jeux de données pour lesquels il paraissait a priori adapté. Les résultats ont été très décevants, car les estimations obtenues pour le paramètre α sont souvent de type $\alpha = x \pm \delta$ avec un δ , "écart type" estimé largement supérieur à 0,5. Ceci est en fait normal si l'on considère la difficulté d'estimer le paramètre m dans un modèle généralisé.

Nous avons à plusieurs reprises signalé l'analogie entre les relations à l'équilibre issues du modèle généralisé de Pella et Tomlinson pour diverses valeurs de m et celles issues des modèles supposant une relation entre biomasse et capturabilité. On peut se demander si cette ressemblance reste présente pour la description des périodes de transition, c'est-à-dire lorsque la mortalité par pêche évolue.

Nous avons réalisé quelques simulations sur 15 périodes pour répondre à cette question. Nous avons choisi une population dont la dynamique est régie par l'équation $\{M_1\}$:

$$dB_t/dt = H \cdot (B_t - B_v) - q \cdot f_t \cdot (B_t - \alpha \cdot B_v),$$

avec $\alpha=0,1$ $B_0=700$ $B_v=800$ et des valeurs de q et H déduites de $P_{ME}=500$ et $f_{PME}=188$.

La première colonne du tableau VI-6 présente une série d'efforts donnés, et la seconde les captures obtenues. Ces données de prises et d'efforts ont été utilisées pour l'ajustement d'un modèle généralisé de Pella et Tomlinson. Les résultats sont résumés au tableau VI-7 (A). Le pourcentage de variance expliquée calculé par la formule:

$$100 \cdot \left\{ 1 - \frac{\sum_i ((P_i - \hat{P}_i) / \hat{P}_i)^2}{\sum_i ((P_i - \bar{P}) / \bar{P})^2} \right\} \text{ est supérieur à } 99\%.$$

Les données de prises et d'effort, les relations à l'équilibre du modèle de Pella et Tomlinson et celles du modèle d'origine sont présentées figure 6-5 a.

Tableau VI.6

Prises obtenues avec différentes données d'efforts à partir de modèles supposant une quantité de biomasse inaccessible (cf. tableau VI.2), et deux séries différentes d'efforts

1ière série d'efforts	Captures (modèle 1)	2ième série d'efforts	Captures (modèle 1)	Captures (modèle 2)
100	457	100	457	486
120	476	120	476	525
150	527	150	527	590
250	647	450	769	1185
250	506	450	368	667
250	480	550	339	527
250	475	350	289	298
180	410	180	303	213
150	431	150	402	259
100	358	100	353	236
100	400	100	399	299
150	545	150	544	487
180	553	180	553	564
150	458	150	458	463
100	362	100	362	334

Tableau VI-7

Résultats des trois ajustements effectués à l'aide de modèles de Pella et Tomlinson à partir de données obtenues par simulations avec des modèles supposant une quantité de biomasse inaccessible.

	paramètre	B0	Bv	PME	fpme	m ou α
modèle 1	vraie valeur	700	800	500	188	$\alpha = 0.1$
A	1ière série d'effort (tab. 2.1)	616	749	501	190	m=1.34
B	2ième série d'effort (tab. 2.1)	579	889	489	192	m=0.86
modèle 2	vraie valeur	2100	2400	500	188	$\alpha = 0.1$
C	2ième série d'effort (tab. 2.1)	1810	2400	498	197	m=1.05

L'excellent ajustement obtenu peut être dû au fait que les efforts ne dépassent guère la valeur f_{PME} . Nous avons renouvelé la simulation avec des valeurs d'efforts pouvant largement dépasser cette quantité. Ces efforts et les captures qui en découlent, toujours avec le même modèle, sont donnés colonnes 3 et 4 du tableau VI-6. L'ajustement par un modèle de Pella et Tomlinson admet encore un pourcentage de variance expliquée supérieur à 99% (tableau VI-7 (B) et figure 6-5 b). Si l'ajustement est excellent, on observe que l'estimation du paramètre m a beaucoup changé. Il ne paraît donc pas possible de relier les valeurs m et a .

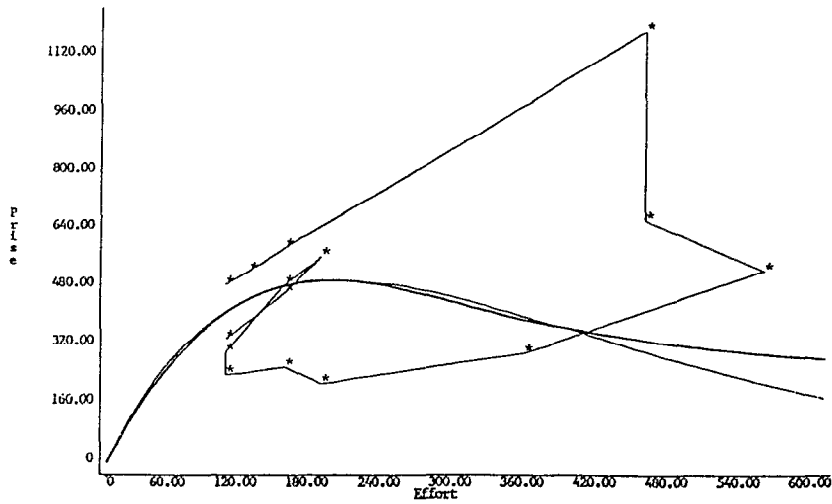
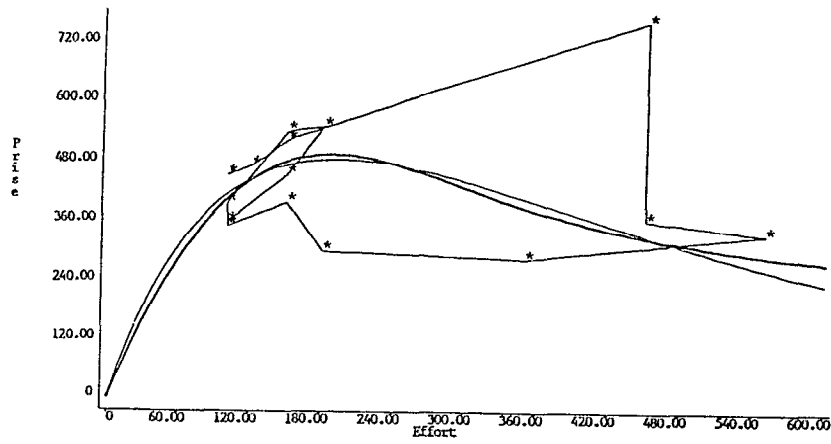
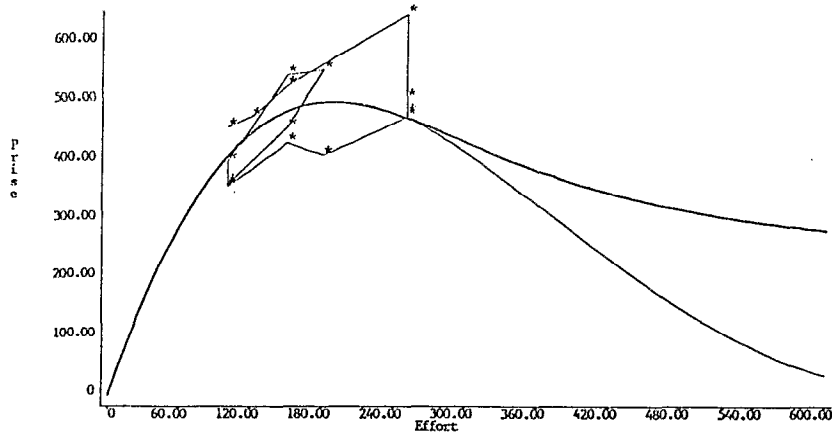
Dans ces essais, les valeurs de B_v et PME (800 et 500) sont du même ordre, ce qui indique des vitesses rapides de convergence vers l'équilibre. Nous avons réutilisé la deuxième série d'efforts avec le modèle {M2}:

$$dB_t/dt = H.(B_t - B_v) - q.f_t.(B_t - \alpha.B_v).$$

et cette fois $B_0=2100$ $B_v=2400$, $\alpha=0,1$, $PME=500$, $F_{PME}=188$.

L'ajustement par un modèle de Pella et Tomlinson admet une fois de plus un pourcentage de variance expliqué supérieur à 99% (tabl. VI-7 (C) et figure 6-4 c).

Il apparaît donc clairement sur ces exemples qu'il n'est pas possible de déterminer quelle formulation est préférable, alors qu'elles correspondent à des interprétations très différentes. Le modèle de Pella et Tomlinson peut décrire des situations diverses et les estimations des paramètres "importants" que sont PME et f_{PME} sont proches dans les trois cas des valeurs réelles. Cette souplesse est peut être la cause de son succès, et du relatif échec des adaptations qui ont été depuis proposées pour traiter des données "de prises et d'efforts".



Prises et effort, relations à l'équilibre du modèle d'origine (trait gras) et du modèle de Pella et Tomlinson ajusté (trait fin) pour les trois simulations.

Cette souplesse, due à l'introduction d'un degré de liberté supplémentaire (qui n'a pas a priori d'interprétation biologique) par rapport au modèle de Graham Schaefer, est l'exemple typique d'un modèle de "boîte noire", estimant au mieux des données.

VI-4-1-4 Des modèles les plus sophistiqués aux modèles les plus simples.

Deriso (1980) a proposé un modèle comportant sept paramètres, dont un définissant une fonction de croissance des individus à partir de l'âge au recrutement, et trois autres une relation "stock recrutement".

Ce modèle peut être utilisé avec des données de prises et d'efforts ce qui autorise à le considérer avec les modèles globaux. Après avoir suscité beaucoup d'espoirs, l'utilisation de ce modèle s'est avérée assez décevante (Schnute 1985).

A l'opposé, Roff (1983) a proposé un "modèle autorégressif simple". Partant du principe qu'on peut, au moins pour les espèces de durée de vie assez longue, supposer les rendements d'une année assez semblables à ceux de l'année précédente, il considère l'équation:

$$P_t = a + b.f_t.(P_{t-1}/f_{t-1}).$$

Le modèle de Deriso décrit ci-dessus est, en pratique, une variante de ce modèle autorégressif simple. Les prédictions de CPUE réalisées avec le modèle de Deriso pour la pêcherie de *Hippoglossus stenolepis* au Canada (Deriso, 1980) reviennent en fin de compte à prédire, à partir de l'information disponible des années précédentes, que la CPUE d'une année *i* sera approximativement celle de l'année *i-1* (Roff, 1983, fig. 6).

Ce modèle de Roff constitue un réel progrès, dans la mesure où il est simple et donne des résultats aussi bons, sinon meilleurs que ceux obtenus à partir de modèles beaucoup plus sophistiqués. Ludwig et Walters (1985) ont confirmé cette hypothèse en montrant, à partir de données simulées, que les résultats obtenus à partir de modèles très simples peuvent conduire à des estimations aussi bonnes que celles du modèle de Deriso, même lorsque les données ont été obtenues à partir de celui-ci. Le modèle de Deriso ne s'avère vraiment plus efficace que lorsque les écarts entre les efforts appliqués varient énormément d'une période à l'autre.

On trouvera dans Schnute (1985) une théorie générale unifiant la plupart des modèles existants en une expression générale ; on a la possibilité théorique de choisir le meilleur sous-modèle lorsqu'on étudie les résultats d'une pêcherie donnée.

A l'issue des indications données depuis le début de cette partie, notre sentiment demeure que le modèle de Pella et Tomlinson est "aussi bon" que les modèles postérieurs. Seule en fait une solide connaissance, acquise par ailleurs, de la nature de l'exploitation, ou de celle de la ressource peut conduire à adopter avec profit une autre formulation lorsqu'on dispose, pour l'étude de la dynamique d'une population, des seules données de prises et d'efforts. De ce point de vue, la prise en compte des informations supplémentaires dans les modèles, peut s'avérer intéressante.

VI-4-2 Introduction d'informations supplémentaires

La pêche n'est pas le seul facteur affectant la dynamique d'une population exploitée. La richesse halieutique de certaines régions du monde est attribuée à l'existence d'upwellings. Ceux-ci sont parfois provoqués par des courants dûs aux vents, et nous avons vu dans les parties précédentes que c'est le cas pour la Mauritanie et le Sénégal. Les variations d'intensité des vents peuvent donc avoir un impact sur la dynamique des stocks, exploités ou non. Mais bien d'autres facteurs peuvent entrer en jeu et dans certains cas, les captures peuvent apparaître indépendantes de l'activité de la pêche et être fortement liées aux conditions d'environnement. C'est le cas par exemple pour la pêche de crevettes en Casamance dont les captures apparaissent dépendre essentiellement de la pluviosité et des courants (Le Reste 1983, Le Reste et Odinetz, 1984).

Si l'on considère que les captures réalisées par une pêcherie sont fonction de l'activité de pêche et de l'"environnement" en général, les parts respectives prises par ces facteurs et leur éventuelle interaction dans la variabilité globale des captures dépendent de celle de l'activité de pêche. Si, à la limite, l'effort effectif de pêche reste constant, la variabilité des captures n'est plus fonction que de celle de l'environnement. Si la pêcherie se stabilise en termes d'effort "potentiel" (par exemple si le nombre et la qualité des unités de pêche restent stables), et s'il existe plusieurs stocks exploités, la variabilité de la mortalité par pêche subie par un stock donné peut ne provenir que de celle des conditions d'environnement et de l'existence d'interactions pouvant être dues aux possibilités de reports d'efforts entre les différents stocks.

Il est donc essentiel d'appréhender l'impact de la variabilité de l'environnement sur le système pêche en général.

VI-4-2-1 Impact des variations de l'upwelling sur les résultats des pêcheries.

Fréon (1984) a montré que l'ajustement des données de la pêche de sardinelles sur la petite côte sénégalaise est meilleur lorsqu'on introduit une relation entre productivité et vitesse des vents, ce qu'il a traduit en introduisant une relation entre biomasse vierge et vitesse des vents dans des modèles globaux classiques (modèle de Graham Schaefer ou modèle logarithmique, cf. équation 6-4). Il a depuis réutilisé cette approche (Fréon 1986) en considérant également des relations entre capturabilité et environnement, en étudiant les résultats des pêches exerçant leur effort sur le stock de sardines du nord Sahara et sur le stock ivoiro-ghanéen de Sardinelles rondes.

Cury et Roy (1987) ont également utilisé cette approche pour l'étude des captures de petits pélagiques côtiers en Côte d'Ivoire. Cury et Roy (1988) ont également mis en relation l'upwelling au nord du Sénégal avec les prises de tiof étendant ainsi les études "pêche-climat" aux stocks démersaux. Il apparaît toutefois que les relations entre captures et vitesse des vents, pour ce qui concerne les upwellings provoqués par les vents, ne sont pas simples et Cury et Roy (à paraître) ont montré que l'augmentation de l'intensité des vents a un impact négatif au delà d'un certain seuil. Nous avons également observé (quatrième partie) de fortes relations entre des variables décrivant l'upwelling sénégal-mauritanien et les résultats en tiof et en tassergal de la pêche artisanale sur la Grande Côte.

L'approche mise au point par Fréon montre qu'on peut dans certains cas introduire l'information supplémentaire de façon simple au niveau des modèles globaux "classiques". Dans d'autres cas, différentes formulations de modèles globaux peuvent être mieux adaptées pour prendre en compte certaines hypothèses biologiques. Nous avons dans ce sens recouru à la formulation supposant

l'existence d'une quantité inaccessible de biomasse (cf. VI-4-1-3) pour la description de deux situations de nature assez différentes.

VI-4-2-2 Deux exemples d'application.

Nous décrivons ici l'utilisation d'une variable explicative autre que l'effort de pêche, dont les variations peuvent être liées à celles de variations d'une quantité de biomasse inaccessible à la pêcherie, justifiant alors le recours à un modèle supposant l'existence d'une telle quantité.

Nous indiquerons les démarches utilisées et les principaux résultats obtenus dans deux applications (Laloë 1988).

VI-4-2-2-1 La pêche d'albacores dans l'océan Atlantique Est.

La pêche d'albacores (*Thunus albacares*) dans l'Atlantique Centre Est, est une pêche industrielle majeure. A la fin des années 80, est apparue la pêche à la senne tournante à partir de gros navires, pêche très bien adaptée pour la recherche de cette espèce. Les données de cette pêcherie sont efficacement collectées et des réunions internationales se tiennent régulièrement sous les auspices de l'ICCAT (International Commission for Conservation of Atlantic Tuna) pour statuer sur l'état du stock. De nombreux outils de dynamique de populations marines exploitées, dont les modèles globaux classiques, sont utilisés. L'estimation de la PME a doublé en une dizaine d'années. Cette augmentation est attribuée (Fonteneau 1988) au changement du mode d'exploitation du stock lié à l'accroissement de l'aire fréquentée par les navires. Comme la PME est fonction des paramètres des modèles globaux classiques, les changements observés traduisent en fait des modifications du modèle régissant la dynamique du stock au cours de l'histoire de la pêcherie.

Nous avons essayé de décrire les changements de modèle en utilisant les données des surfaces dans lesquelles ont eu lieu, chaque année des captures d'albacores, (tableau VI-8, col. 5). L'ensemble des données utilisées ici concernent la période 1969-1985, et nous ont été communiquées par A. Fonteneau, à partir des statistiques de l'ICCAT.

Nous avons supposé qu'une augmentation de surface d'une année à l'autre peut traduire une diminution d'une quantité de biomasse inaccessible, quantité pouvant, une année i , être évaluée par:

$$\alpha_i \cdot B_v \text{ avec } \alpha_i = (S - S_i)/S.$$

S_i est la surface fréquentée l'année i et S , paramètre du modèle, est une "surface totale" sur le sens de laquelle nous reviendrons. En supposant que l'augmentation régulière des S_i entre 1969 et 1983 correspond à une diminution régulière de la biomasse inaccessible, nous avons réestimé les S_i en utilisant une régression de ces valeurs en fonction du temps:

$$\hat{S}_i = a + b \cdot i \text{ où } i \text{ est le numéro de l'année.}$$

Les valeurs \hat{S}_i ainsi estimées figurent dans la colonne 6 du tableau VI-8. Les estimations \hat{S}_{84} et \hat{S}_{85} ont été prises égales à \hat{S}_{83} , en supposant que la biomasse inaccessible s'est stabilisée. En effet, en 1984 une grande partie des bateaux avait quitté l'océan Atlantique, ce qui peut expliquer la chute importante de surface observée en 1984.

Tableau VI-8

Prises, PUE, efforts, aires fréquentées (observée et réestimée) de 1969 à 1985 (albacore Atlantique est)

Année	Prise (10 ³ tonnes)	PUE (tonnes)	Effort	Aire (S _i)	Aire estimé (\hat{S}_i)
1969	80.4	7.78	10334	188	167
1970	60.0	2.57	23346	167	180
1971	57.1	2.86	19965	179	193
1972	77.7	4.34	17903	210	206
1973	71.2	4.30	18418	215	219
1974	91.8	3.68	24946	234	231
1975	107.7	4.79	22484	233	244
1976	109.1	3.65	29890	264	257
1977	115.3	4.46	24852	268	270
1978	115.4	2.82	40922	310	283
1979	111.6	2.87	38885	298	296
1980	112.3	2.37	48826	299	309
1981	134.7	2.37	56835	304	322
1982	134.2	2.19	61219	314	335
1983	118.5	2.01	58955	376	348
1984	75.0	2.11	35400	263	348
1985	93.0	2.63	35400	-	348

En supposant (cf VI-4-1-3) qu'il existe des relations entre la quantité de biomasse inaccessible et les paramètres H et q:

$$H(\alpha) = H \cdot (1 - \alpha) \text{ et } q(\alpha) = q / (1 - \alpha),$$

nous avons recherché un ajustement général des prises à partir de l'expression, reprise de l'équation 6-9:

$$dB_t/dt = H \cdot (1 - \alpha_i) \cdot B_t \cdot (B_t - B_v) - (q / (1 - \alpha_i)) \cdot f_t \cdot (B_t - \alpha_i \cdot B_v)$$

$$\text{avec } \alpha_i = (S - \hat{S}_i) / S$$

(l'utilisation de l'indice i signifiant que α_t reste constant pour tout $t \in [i, i+1[$, l'unité de temps étant l'année).

En imposant les contraintes:

- $B_0 = 0,9 \cdot B_v$ (l'année 1969 correspondait au début de l'activité de la pêche à la senne tournante et il existait une grande quantité de biomasse inaccessible). Dans cet exemple, une assez grande sensibilité est apparue ; en fixant $B_0 = 0,8 \cdot B_v$, l'estimation faite de l'effort f_{PME} est déraisonnablement trop faible (Fonteneau com. pers.),

- $B_v = PME/0.3$ (à partir de la relation de Gulland, $PME = 0,5.M.B_v$, et supposant $M = 0,6$ d'après Murphy et Sakagawa, 1976 et Fonteneau 1981).

Les paramètres à estimer au nombre de 3: PME , f_{PME} et S .

Les résultats de l'ajustement sont donnés au tableau VI-9 (A) ci-contre.

Nous avons refait l'ajustement avec un modèle de Pella et Tomlinson en supposant cette fois $B_0 = 0,8.B_v$ (B_t constitue alors l'ensemble de la biomasse exploitée). Les résultats obtenus selon que m est libre ou de valeur imposée égale à 0,9 sont donnés au tableau VI-9 (B et C). Nous avons représenté figure 6-6 les valeurs annuelles de prises et d'efforts, le graphe des relations à l'équilibre correspondant à quelques années et celui de la relation obtenue avec le modèle de Pella et Tomlinson pour $m = 0,9$.

Tableau VI-9

Résultats des ajustements effectués à partir des données présentées au tableau VI.8.

A: Modèle avec biomasse inaccessible fonction de l'aire de pêche.

B: Modèle de Pella et Tomlinson avec m libre.

C: Modèle de Pella et Tomlinson avec $m=0,9$ imposé

ajustement	PME	FPME	S ou m	SCR	% variance expliquée	
Estimation	146	23000	S=420			
A	Ecart type	12	4700	41	0,425	57%
Estimation	118	92000	$m=0,25$			
B	Ecart type	35	189000	0,64	0,650	37%
Estimation	110	43760	$m=0,9$			
C	Ecart type	8	6400	fixé	0,710	31%

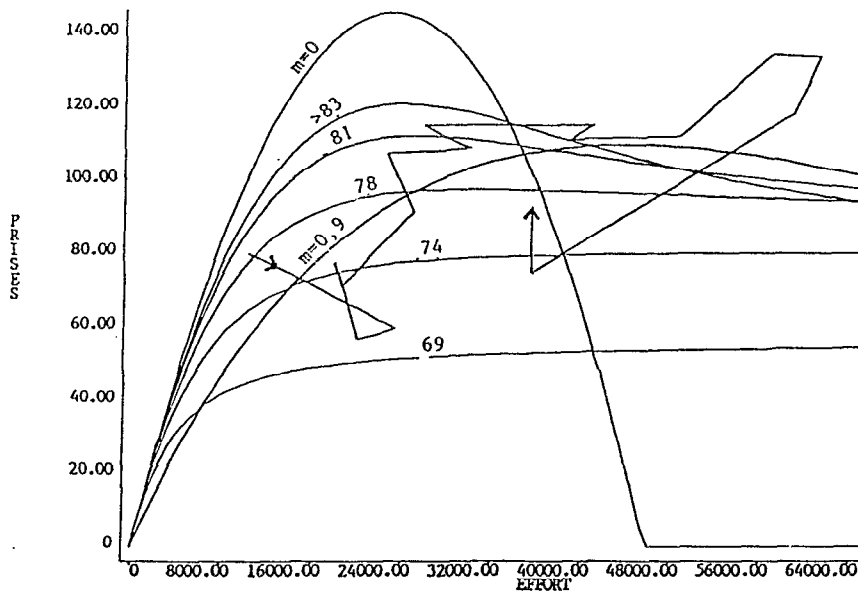


Figure 6-6

Prises et efforts observés entre 1969 et 1985. Relations prise-effort à l'équilibre (tab. VI-9):

- issues de l'ajustement (A) pour un certain nombre d'années
- issues de l'ajustement (C) par un modèle généralisé ($m=0,9$)

L'ajustement obtenu avec le modèle qui suppose l'existence d'une quantité de biomasse inaccessible se réduisant au cours de l'histoire de la pêcherie explique "mieux" les captures observées que les ajustements réalisés à partir des modèles globaux classiques. Il n'apporte pas de connaissance nouvelle par rapport à celles déjà acquises, puisque la formulation a été faite à partir d'une partie de celles-ci. La seule originalité qu'on peut trouver est la possibilité de discuter des faits en s'appuyant sur un modèle global simple.

Selon l'ajustement réalisé (A), (fig. 6-6), le stock aurait été en permanence surexploité et les captures auraient pu rester importantes par l'accès chaque année à une partie de la biomasse restée jusqu'alors inaccessible. A partir de 1984 il serait devenu, pour une raison ou pour une autre, impossible de poursuivre cette "fuite en avant" et l'équilibre serait pratiquement atteint en 1985, à un niveau d'effort un peu supérieur à f_{PME} .

Selon l'ajustement réalisé avec le modèle de Pella et Tomlinson, ($m=0,9$), on serait à un niveau d'effort proche de f_{PME} et le stock n'aurait été surexploité que de 1981 à 1983.

Deux interprétations fort différentes peuvent donc être formulées. Les résultats issus des modèles analytiques, reposant sur l'analyse de données beaucoup plus fines que celles utilisées ici, amènent à conclure que s'il y a surexploitation, ce qui n'est pas du tout évident, celle-ci n'est pas importante et que les mortalités par pêche pourraient être plus fortes pour certaines classes d'âge (ICCAT 1986, fig.5 p.177). Dans ces conditions, les conclusions issues de l'ajustement proposé ici paraissent suspectes.

En fait ces conclusions, d'une part l'impossibilité d'accroître les captures en augmentant l'effort, et d'autre part l'augmentation possible des captures à partir de celle de certaines mortalités par pêche, ne sont pas incompatibles. En effet, avec des résultats issus de l'application de méthodes analytiques et connaissant les mortalités naturelles et par pêche aux différents âges et les courbes de croissance, on pourra conclure qu'on peut améliorer le rendement par recrue en augmentant la mortalité par pêche, ce qui, en première analyse, conduit à permettre une augmentation de l'effort de pêche. Si les grands individus présents dans les captures proviennent de la biomasse qui était auparavant inaccessible, c'est-à-dire qu'ils n'auraient pas pu être alors capturés même avec un effort de pêche plus grand, une telle augmentation d'effort n'aurait pas accru la probabilité de capture de ces poissons et n'aurait pu se traduire que par une simple diminution des rendements.

La façon dont l'effort est appliqué apparaît donc aussi importante que son ampleur.

L'interprétation des résultats obtenus n'est pas sans dangers, en particulier pour ce qui concerne celle du paramètre "S". On ne peut dire en effet s'il s'agit d'une surface, ni même d'un volume. Nous avons supposé dans la formulation du modèle que la fonction de production de biomasse est celle du modèle de Graham-Schaefer (équation 6-1 ; $m=2$ dans le modèle généralisé). Nous avons vu qu'une forme donnée de relation à l'équilibre peut être obtenue, partant d'un modèle de Graham-Schaefer, en modifiant soit la fonction de production, soit le terme reflétant l'impact de la pêcherie. L'estimation de S est donc largement conditionnée ici par le choix arbitraire de la fonction de production.

VI-4-2-2-2 *Le stock ivoiro-ghanéen de sardinelles rondes.*

Dans une étude des résultats de la pêche ivoiro-ghanéenne de sardinelles rondes (*Sardinella aurita*), Binet (1982) a montré que les captures considérables réalisées en 1972, suivies d'un effondrement au cours des années suivantes (tabl. 1) pouvaient s'expliquer, entre autres, par la sécheresse de 1972: la disponibilité des sardinelles rondes peut s'accroître lorsque l'upwelling est fort (provoquant une migration des individus vers la surface) et lorsque le débit des fleuves est faible (ce qui ne provoque pas l'apparition de zones de dessalure à la côte, zones évitées par les sardinelles rondes). La très forte capture réalisée en 1972 peut alors s'expliquer par un afflux d'individus vers la côte, individus qui seraient restés inaccessibles "en temps normal". On peut alors envisager d'introduire dans une modélisation globale de la dynamique du stock, une quantité de biomasse inaccessible d'importance liée au débit des fleuves. Ces explications ont été reprises par Gulland et Garcia (1984) et étayées par Fréon (1986).

Binet (1982) indique que les modèles globaux ne peuvent pas rendre compte de ce type de phénomène. Fréon (1986) a proposé un modèle global incluant une relation entre le débit des fleuves et la capturabilité et prenant en compte l'influence de l'upwelling sur la production. Il obtient ainsi un ajustement satisfaisant, mais en excluant les résultats des années de reconstitution du stock (1974 à 1977) dont le modèle ne peut rendre compte.

$$dB_t/dt = B_t.H.(1-\alpha).(B_t-B_v) - q.f_t.(B_t - \alpha.B_v)$$

Les données que nous utiliserons ici (tabl. VI-10) sont une partie de celles traitées par Binet (1982) et Fréon (1986). Elles concernent les statistiques de pêche (prises et efforts, FAO 1980) et les mesures de débits des fleuves (service hydrographique de l'ORSTOM) de 1966 à 1980. Nous n'avons pas utilisé les données sur l'intensité de l'upwelling.

La relation entre la quantité de biomasse inaccessible (ou le paramètre α dans les équations (6-7) ou (6-8)) et le débit des fleuves peut avoir des formes diverses. Après plusieurs essais infructueux utilisant des relations linéaires ou polynômiales et en considérant que l'importance des captures réalisées en 1972 et l'ampleur de leur effondrement ultérieur peuvent indiquer qu'un événement "exceptionnel" s'est produit, nous avons choisi une relation comportant un "effet seuil". Nous avons ainsi tout d'abord supposé que toute la biomasse exploitable était disponible en 1972. On observe (tabl. VI-10) que les débits des fleuves ont été faibles en 1972, mais que le minimum a été atteint en 1978. Nous avons donc supposé que le même phénomène s'est reproduit cette année là. Pour toutes les autres années, nous avons supposé qu'une proportion α , constante, de la biomasse vierge était inaccessible à la pêche.

Pratiquer ainsi revient à faire un premier ajustement, "à l'oeil" pour déterminer un seuil qui est l'un des paramètres du modèle. L'équation générale peut donc s'écrire, à partir des formules 6-7 et 6-8 selon qu'on suppose que H dépende de α :

- A partir de l'équation (6-7), (Modèle {M1}):

$$\{M1\} \left\{ \begin{array}{l} dB_t/dt = B_t.H.(B_t-B_v) - q.f_t.B_t \text{ si débit} < 180 \text{ (1972, 1978)} \\ dB_t/dt = B_t.H.(B_t-B_v) - q.f.(B_t-\alpha.B_v) \text{ sinon} \\ \text{(avec la contrainte } q = 0 \text{ si } B_t < \alpha.B_v\text{).} \end{array} \right.$$

- A partir de l'équation (6-8), (Modèle {M2}):

$$\{M2\} \left\{ \begin{array}{l} dB_t/dt = B_t \cdot H \cdot (B_t - B_v) - q \cdot f_t \cdot B_t \text{ si débit} < 180 \text{ (1972, 1978)} \\ dB_t/dt = B_t \cdot H \cdot (1 - \alpha) \cdot (B_t - B_v) - q \cdot f \cdot (B_t - \alpha \cdot B_v) \quad \text{sinon} \\ \text{(avec la contrainte } q = 0 \text{ si } B_t < \alpha \cdot B_v \text{).} \end{array} \right.$$

Pour ajuster ces modèles, nous avons supposé que la biomasse vierge du stock est de 150 000 t, valeur fixée arbitrairement en considérant que les 95 000 t capturées en 1972 représentent une certaine fraction de la biomasse vierge, additionnée de la prise habituellement réalisée; d'autre part, pour une espèce de courte durée de vie, on peut supposer que B_v ne peut être que d'un ordre de grandeur limité par rapport à la prise maximale équilibrée.

Nous avons d'abord fait les calculs sous l'hypothèse que la biomasse au début de 1966 était égale à la biomasse vierge, puis sous l'hypothèse qu'elle était égale à $\alpha \cdot B_v + 0,5 \cdot (1 - \alpha) \cdot B_v$, hypothèses correspondant à une pêcherie débutant (1ier cas) ou à une pêcherie déjà active (2ième cas). Nous avons eu recours à une reparamétrisation permettant d'obtenir directement la prise maximale à l'équilibre (PME). Les paramètres estimés sont la capturabilité, PME et la proportion α de la biomasse vierge inaccessible lorsque le débit des fleuves est supérieur à 180. Nous avons recherché les valeurs des paramètres qui minimisent la somme:

$$\sum_i (P_i - \hat{P}_i)^2$$

où P_i et \hat{P}_i sont les prises observées et ajustées pour l'année i . En général on minimise de préférence la somme:

$$\sum_i [(P_i - \hat{P}_i) / \hat{P}_i]^2$$

ce qui permet de minimiser des erreurs relatives et non absolues (Rivard et Bledsoe, 1978). Dans notre cas, de faibles captures, une année donnée, peuvent être obtenues par le produit $q \cdot f \cdot (B_m - \alpha \cdot B_v)$ où B_m est la biomasse moyenne de l'année. L'écart entre la prise observée et la prise ajustée n'est donc pas proportionnel à la biomasse réellement présente mais à la différence entre cette biomasse et une fraction peut-être importante de la biomasse vierge. Une légère variation de B_m une année i pourra alors se traduire par une grande variation du terme correspondant:

$$[(P_i - \hat{P}_i) / \hat{P}_i]^2$$

sans relation avec l'efficacité du modèle. Ceci est particulièrement évident si la biomasse est toujours restée inférieure à $\alpha \cdot B_v$, auquel cas la prise ajustée étant nulle, le terme ci dessus sera indéfini.

Les résultats des estimations des paramètres obtenues avec les modèles {M1} et {M2} sont présentées dans le tableau VI-11. On constate que les hypothèses faites sur la biomasse initiale n'ont pratiquement pas d'effet, dans le cas présent, sur l'estimation des différents paramètres et que tous les ajustements ont la même qualité. Nous avons présenté les résultats de l'ajustement réalisé avec le modèle {M1} sous l'hypothèse d'une biomasse initiale égale à la biomasse vierge sur les figures 6-7 a (prises

observées et prises ajustées) et 6-7 b (évolution de la biomasse et des captures), les mêmes figures, obtenues avec les autres ajustements sont pratiquement identiques.

Les pourcentages de variance expliquée, (tabl. VI-11) ont été calculés par la formule:

$$100 \left\{ 1 - \frac{\sum_i (P_i - \hat{P}_i)^2}{\sum_i (P_i - \bar{P})^2} \right\},$$

où \bar{P} est la moyenne des captures annuelles.

Les relations prise-effort à l'équilibre pour les modèles {M1} et {M2}, correspondant dans chaque cas aux situations d'accessibilité totale ou non de la ressource, sont présentées sur la figure 6-8 (a et b).

On constate que les fortes captures réalisées en 1972 et 1978 sont bien prises en compte par les ajustements, ce qui est "normal", étant donné le critère choisi pour l'ajustement. Le point important est la bonne description des prises effectuées au cours de la période 1973-1976, période au cours de laquelle le stock s'est "reconstitué". Ce résultat est ici obtenu grâce au fait que la quantité de biomasse inaccessible de 1973 à 1977 est supposée constante. Si le phénomène de "totale accessibilité du stock" s'est produit à deux reprises, les conséquences en furent différentes. La grande activité de la pêche, pendant l'année 1972 a réduit la biomasse à un niveau inférieur à $\alpha.B_v$, niveau réatteint seulement après plus de deux années. En 1978, l'effort de pêche relativement réduit n'a pas conduit au même résultat, ce qui peut faire penser que le phénomène ne s'est pas renouvelé avec la même intensité. Nos résultats ne démontrent pas que le phénomène se soit bien reproduit, mais ils indiquent qu'il s'agit d'une hypothèse plausible.

Si les différents ajustements conduisent à des pourcentages de variance expliquée équivalents, ils ne conduisent pas aux mêmes interprétations.

- Avec le modèle {M1}, la PME est un paramètre fixé, indépendant de α et dont l'estimation est d'environ 26 000 t. Par contre, l'effort, noté f_{PME} , permettant d'atteindre ce résultat dépend de la valeur de α : les estimations de $f_{PME}(\alpha=0)$ et $f_{PME}(\alpha=0.475)$ sont respectivement de l'ordre de 2 300 et 47 000. Dans ces conditions, il semble que la "moins mauvaise" mesure d'aménagement soit l'établissement d'un quota, conclusion à laquelle est également parvenu Fréon (1986).

- Avec le modèle {M2}, la PME est une fonction du paramètre α : $PME(\alpha) = (1-\alpha).PME(\alpha=0)$. Lorsque $\alpha=0$, l'estimation de la PME est de l'ordre de 41 000 t, soit environ deux fois plus que la valeur 22 400, obtenue pour $\alpha = 0,453$. Les valeurs correspondantes des efforts f_{PME} sont respectivement 3 460 et 36 770. Dans ces conditions, la fixation de quotas est peut-être moins intéressante, mais il est très délicat de déterminer dans quelle situation on se trouve à un moment donné.

Il faut insister sur le fait que, si le scénario proposé ici est plausible, les valeurs estimées des paramètres, en particulier m , ne doivent pas être considérées comme très fiables. En partant du modèle de Schaefer, nous imposons une forme au renouvellement de la population qui est peut être fautive. Nous avons vu qu'on peut, en jouant sur le paramètre m de l'équation de Pella et Tomlinson, obtenir des relations à l'équilibre analogues à celles obtenues en faisant varier le paramètre α dans les équations (6-7) ou (6-8). L'estimation de ce paramètre est donc influencée par l'hypothèse $m=2$.

De même, la forme de la relation entre le paramètre α et le débit des fleuves est discutable. L'impact de l'upwelling sur la dynamique du stock ne peut guère être contesté (ORSTOM 1976, Binet 1982, Fréon 1986, Cury et Roy, 1987). La corrélation négative observée entre le débit des fleuves et l'upwelling (Binet 1982) permet peut-être, pour la période étudiée, de disposer de l'ensemble de l'information importante avec une seule des deux variables. Mais alors, même s'il existe un effet seuil dans une relation générale entre α et les conditions d'environnement, il serait très dangereux de conclure à partir des seuls résultats exposés ici que ce seuil dépend du seul débit des fleuves.

Enfin, les données récentes disponibles sur les captures en indiquent une forte augmentation, incompatible avec une valeur de PME inférieure à 50 000 t en période "normale". Nous ne disposons pas actuellement de données d'efforts standardisés après 1980, mais il semble de toute façon que l'aire de répartition du stock se soit modifiée et que des individus de trois ans soient apparus en nombre dans les captures (Marchal, Comm. Pers.). Dans ces conditions, la dynamique même du stock s'est modifiée et les modèles donnant des résultats "satisfaisants" jusqu'en 1980 ne peuvent guère être utilisés pour sa description ultérieure.

Tableau VI-10

Données annuelles de prises efforts et débits des fleuves(voir le texte pour les sources utilisées)

Année	Prise (tonnes)	Effort standard.	Débit $m^3.s^{-1}$
1966	15300	1820	627
1967	43700	3180	424
1968	8600	1530	1091
1969	29200	6660	499
1970	30400	6750	540
1971	36100	9370	364
1972	95400	11980	176
1973	5500	12880	256
1974	1940	4960	370
1975	2070	11620	335
1976	15500	6610	197
1977	17100	3880	266
1978	51000	4180	124
1979	13300	3220	511
1980	23800	3980	242

Tableau VI-11

Résultats des ajustements obtenus avec les modèles {M1} et {M2}

Modèle		PME (tonnes)	q 10 ⁻⁴	α	\sum carrés 10 ⁸	% variance expliquée	Hypothèse
{M1}	estim	26235	1.51	0.475	7.01	92	$B_0 = B_v$
	écart.						
	type	1420	0.21	0.043			
	estim	27096	1.70	0.452	8.12	91	$B_0 =$ $\alpha \cdot B_v +$ $B_v \cdot (1-\alpha)/2$
écart.							
	type	1408	0.28	0.047			
{M2}	estim	41006	1.57	0.453	6.65	92	$B_0 = B_v$
	écart.						
	type	4125	0.21	0.043			
	estim	40537	1.79	0.414	7.53	91	$B_0 =$ $\alpha \cdot B_v +$ $B_v \cdot (1-\alpha)/2$
écart.							
	type	4154	0.28	0.037			

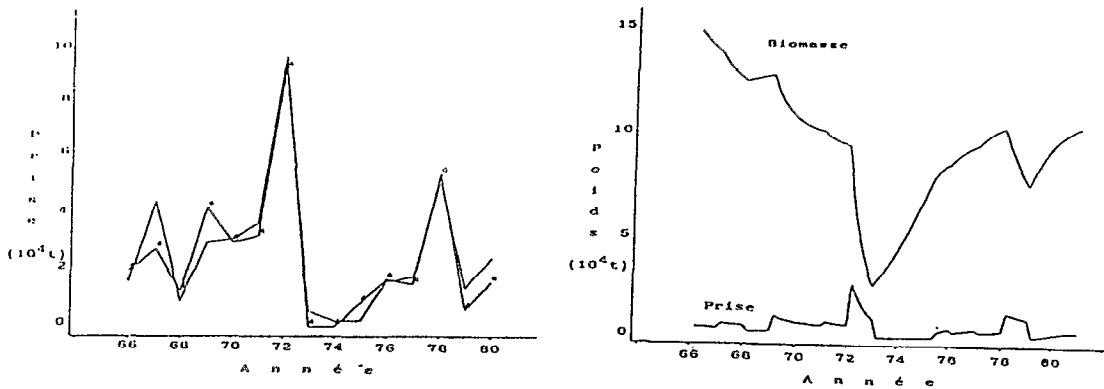


Figure 6-7

- a) Prises observées et ajustées (*) par le modèle $\{M_1\}$ sous l'hypothèse $B_0=Bv$
- b) Biomasse totale et captures (par cinquième d'année) estimées par le modèle $\{M_1\}$ sous la même hypothèse.

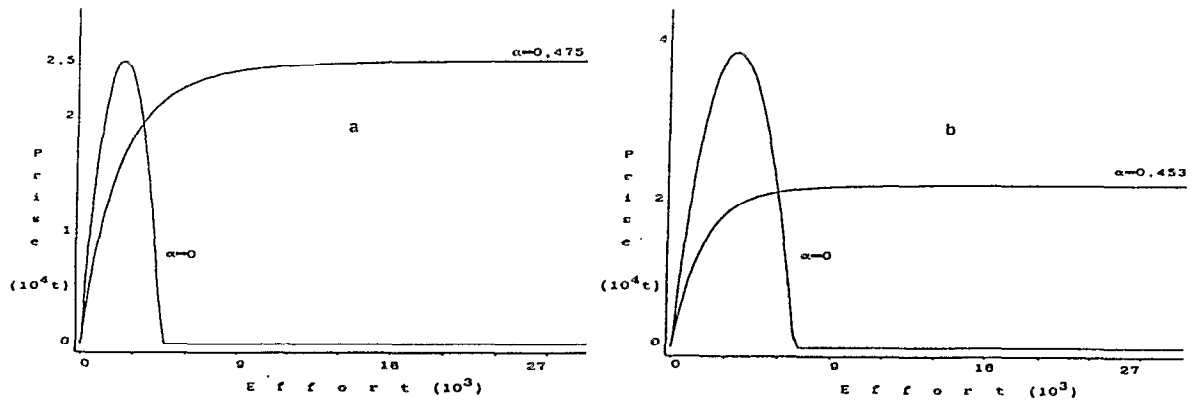


Figure 6-8

Relations Prise-Effort à l'équilibre obtenues sous l'hypothèse $B_0=Bv$ selon que toute la biomasse est disponible ou non. a): modèle $\{M_1\}$ b): modèle $\{M_2\}$.

VI-4-3 Phénomènes d'interactions provoqués par des reports d'efforts.

Nous avons souvent évoqué l'existence des possibilités de reports d'efforts potentiels. A partir d'un exemple très simple, nous illustrerons ici l'impact que peut avoir l'existence d'une deuxième espèce cible sur la dynamique d'un stock étudié.

Nous nous placerons dans un cas où il n'existe ni d'interaction biologique (de type "prédateur-proie" ou de compétition) entre les deux populations, ni d'interaction technologique, au sens où des représentants des deux populations ne peuvent être simultanément capturés.

L'interaction pourra provenir du choix des unités de pêche entre deux tactiques, l'une permettant de capturer des poissons de la première population, et l'autre des poissons de la seconde.

La pêcherie est composée de N unités de pêches; nous étudierons les situations d'équilibre définies par les deux efforts N_1 et N_2 avec la contrainte $N_1 + N_2 = N$.

La dynamique de la première espèce "étudiée" obéit à un modèle Graham-Schaefer:

$$dB_{1t}/dt = H_1 \cdot B_{1t} \cdot (B_{1t} - B_{v1}) - q_1 \cdot N_1 \cdot B_{1t}$$

$$\text{avec } B_{v1} = 1000 ; q_1 = 0,01 ; H_1 = -0,001$$

La dynamique de la seconde population obéit à un modèle avec quantité inaccessible de biomasse:

$$dB_{2t}/dt = H_2 \cdot B_{2t} \cdot (B_{2t} - B_{v2}) - q_2 \cdot N_2 \cdot (B_{2t} - \alpha \cdot B_{v2})$$

$$\text{avec } B_{v2} = 1000 ; q_2 = 0,01 ; H_2 = -0,0005 \text{ et } \alpha = 0,2 \text{ soit } \alpha \cdot B_{v2} = 200.$$

Si l'on suppose que les unités de pêche adoptent la tactique offrant le meilleur rendement, une situation d'équilibre ne peut être réalisée que lorsque les rendements obtenus en adoptant l'une ou l'autre des tactiques sont égaux.

On doit donc avoir:

$$q_1 \cdot B_1 = q_2 \cdot (B_2 - \alpha \cdot B_{v2})$$

A l'équilibre, pour des valeurs N_1 et N_2 et $N_1 = N - N_2$ on a:

$$\begin{cases} B_1 = B_{v1} + q_1 \cdot (N - N_2) / H_1 \\ B_2 = (H_2 \cdot B_{v2} + q_2 \cdot N_2 - \sqrt{\Delta}) / (2 \cdot H_2) \end{cases}$$

avec $\Delta = (-H_2 \cdot B_{v2} - q_2 \cdot N_2)^2 - 4 \cdot H_2 \cdot \alpha \cdot B_{v2} \cdot q_2 \cdot N_2$ (cf. VI-4-1-3-1).

On obtient donc:

$$q_1 \cdot (B_{v1} + q_1 \cdot (N - N_2) / H_1) - q_2 \cdot (H_2 \cdot B_{v2} + q_2 \cdot N_2) / (2 \cdot H_2) + q_2 \cdot \alpha \cdot B_{v2} = q_2 \cdot (-\sqrt{\Delta}) / (2 \cdot H_2).$$

En élevant au carré les deux membres de cette équation, on obtient une équation du second degré en N_2 qui s'avère n'avoir qu'une solution "acceptable". Aux bas niveaux d'efforts, seule la population 1 est exploitée, jusqu'à ce que son rendement soit réduit au niveau de celui obtenu avec une biomasse vierge pour la seconde espèce. Connaissant pour chaque valeur de N la valeur de N_2 (et donc de N_1), on peut représenter (fig. 6-9) le graphe des fonctions $N_1 = f_1(N)$ et $N_2 = f_2(N)$.

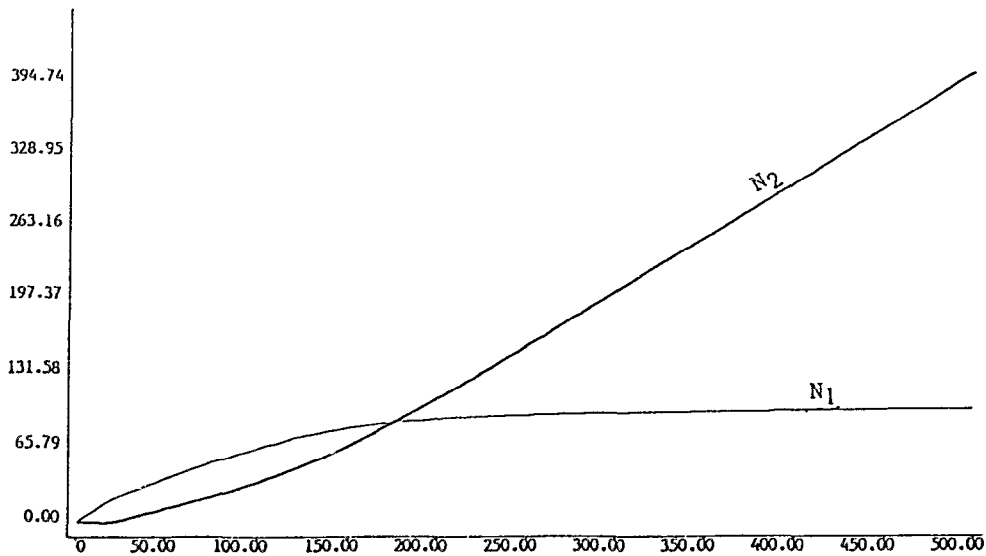
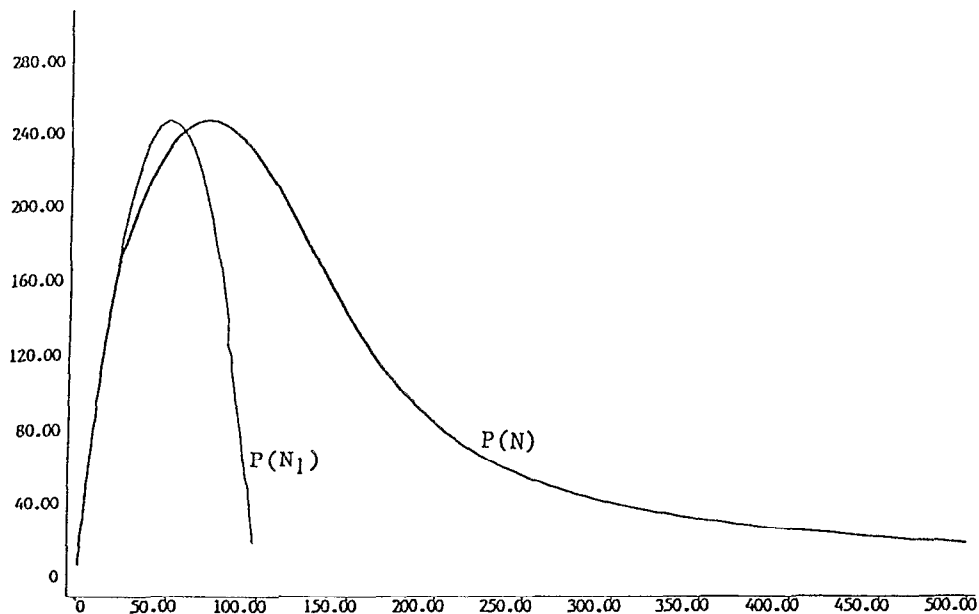


Figure 6-9
Répartition des efforts sur les deux populations en fonction du nombre total d'unités de pêche.

On peut définir alors deux relations à l'équilibre entre rendements et efforts pour la population 1, selon qu'on utilise l'effort effectif (N_1), ou l'effort potentiel (N). Les graphes de ces relations sont présentés sur la figure 6-10.



Relations Prise-Effort à l'équilibre pour la première population selon que l'effort est l'effort effectif N_1 ou l'effort potentiel N .

Si la relation à l'équilibre entre rendement et effort N_1 effectif correspond à une droite de pente négative, celle qui relie le rendement à l'effort potentiel N a une allure différente, qui correspond au modèle régissant la seconde population.

Il y a donc un couplage des dynamiques des deux populations. Nous avons vu qu'il n'est guère possible de décider en face d'une forme donnée d'une relation si ses caractéristiques proviennent de celles de la production de biomasse ou de celles de la nature du prélèvement réalisé par la pêche. Dans l'exemple présent, on peut en "standardisant" l'effort des N unités de pêche justifier le choix d'un modèle de Graham-Schaefer pour la première population. Mais, dans le contexte d'une étude monospécifique verra-t-on qu'il existe une relation entre nombre d'unités de pêche et effort effectif qui dépend de l'existence de la seconde population ?

Il est possible, en utilisant seulement l'effort potentiel N , d'obtenir une description satisfaisante des résultats de la pêche avec une approche globale. Dans ce cas, l'unité d'effort choisie est une unité très pertinente pour la description "humaine" de la pêcherie.

Standardiser l'effort n'est peut être donc pas dans tous les cas une bonne chose, ou plus exactement, bien qu'étape nécessaire à la compréhension de la dynamique de la population, elle reste insuffisante si on s'intéresse à la description de la relation entre efforts potentiel et effectif. La discussion entamée ici n'a qu'une valeur d'exemple, mais fait apparaître que, dans le cas d'une d'une pêcherie multispécifique et multiengin, l'étude de la "qualité" des unités de pêche constitue une étape incontournable.

VI-5 Discussion

VI-5-1 Hypothèses requises

Nous n'avons pas jusqu'ici examiné systématiquement les hypothèses requises pour la validité des modèles globaux. On en trouvera des énoncés dans de nombreux articles et ouvrages, concernant l'approche en général, ou l'ajustement de tel ou tel modèle en relevant. Mais il n'existe pas, à notre connaissance d'état "définitif" en la matière.

En nous inspirant essentiellement des discussions faites par Fox (1974, 1975) et Laurec et Le Guen (1981), on peut accepter trois hypothèses fondamentales, toutes trois inféodées à la possibilité de résumer de façon convenable l'état de la population et le niveau d'exploitation.

L'état de la population et son exploitation peuvent se résumer au temps t par deux quantités B_t et f_t telles que:

1) à toute valeur de f , positive ou nulle, corresponde un état stable "en moyenne" de la population se résumant par une quantité B_f ("given a constant rate of fishing, including zero, a population will achieve a state where, on the average, it will not change in size or characteristics" (Beverton et Holt, 1957),

2) les résultats de la pêche soient fonctions de ces quantités f_t et B_t ,

3) on puisse déterminer l'évolution de l'état de la population par une fonction de ces deux quantités (au temps t et éventuellement à des temps passés).

Un résumé par une valeur B_t de l'état au temps t d'une population sera d'autant plus efficace que celle-ci est constituée d'individus d'une même espèce et qu'il n'existe pas d'échanges avec l'extérieur (immigration ou émigration). Ainsi Fox (1974, 1975) écrit que le modèle doit être appliqué à une population au sens génétique, ou "à un stock qui se comporterait comme tel". En fait il n'est pas rare que des ajustements soient plus satisfaisants en regroupant des résultats obtenus pour plusieurs espèces plutôt qu'en les étudiant séparément. En effet, des regroupements peuvent masquer des interactions biologiques ou provoquées par des reports d'efforts de la part des unités de pêche. Nous reviendrons sur cette question dans la prochaine partie. En définitive, un stock est défini par la possibilité de résumer son état et ses modifications à partir d'une quantité " B_t ". Les causes de ces modifications (en particulier la pêche) doivent donc être incluses dans la définition d'un stock. Nous avons en fait utilisé jusqu'à présent des termes tels que espèce ou population par commodité autant que par abus de langage.

Comme le font Laurec et Le Guen (1981), il convient de considérer séparément les situations d'équilibre et les situations de transition.

VI-5-1-1 Situations d'équilibre.

A l'équilibre, l'hypothèse 1) est évidemment essentielle. Beverton et Bolt (1957) définissent l'équilibre "en moyenne", ce qui se traduit, au niveau d'un résumé "B" par:

$$B_{ft} = B_f + \varepsilon_t,$$

où ε_t est une réalisation d'une variable aléatoire centrée nulle. Fox (1974) signale que pour l'étude d'une pêcherie donnée, la part prise par la variabilité de B_f doit être prépondérante dans la variabilité générale de B_t . Celle-ci dépend bien sûr de la variabilité des mortalités par pêche subies par la population, mais aussi de la qualité de l'information qu'on en a à travers les valeurs f_t .

Si l'hypothèse 1) est ainsi bien satisfaite, on peut alors supposer que les fonctions de B et f que sont les rendements et les captures par unité de temps existent bien, même si elles sont difficiles à expliciter. De ce point de vue, la souplesse des relations à l'équilibre entre rendements et efforts issues du modèle généralisé lui donne une large validité en termes de "boîte noire". Ainsi Laurec et Le Guen (1981), énoncent-ils que: "la valeur f n'a pas à être proportionnelle à une mortalité par pêche". Cette remarque permet de "comprendre" comment on peut obtenir des formes analogues de relations à l'équilibre issues de modèles très différents.

Les problèmes qui se posent à ce niveau peuvent avoir plusieurs causes.

1) Il n'existe pas de relation unique entre rendement (ou captures) et effort.

Les modèles classiques supposent que l'évolution de la biomasse exploitée ne dépend que d'elle-même et de l'effort de pêche. Ceci exclut donc toute influence d'autres facteurs. L'environnement en général a une influence comme l'ont montré par exemple Fréon (1984, 1986) et Cury et Roy (1987). Il se peut même dans certains cas, tels celui de la pêcherie de crevettes de Casamance au Sénégal, que les résultats de la pêche ne soient pratiquement fonction que de l'environnement (Le Reste 1983, Le Reste et Odinetz, 1984). Nous sommes donc ramenés à la variabilité de l'état de la population à l'équilibre. Lorsque cet état est très largement structuré par une variable non prise en compte, un modèle global est inutilisable.

2) Une valeur "f" donnée peut correspondre à des mortalités par pêche différentes.

Il s'agit peut-être là du problème principal. La valeur f peut représenter un effort nominal ou bien être obtenue par des opérations plus ou moins complexes de standardisation. Si f est obtenu à partir des nombres de sorties par type d'engin et par période, les variabilités internes à ces strates affectent l'estimation de l'effort effectif. Nous avons vu dans la première partie que la mortalité subie par les stocks pour un nombre donné de sorties à un moment donné et un engin donné peut être très variable, de par la volonté des pêcheurs. Une valeur f peut donc être reliée à une mortalité F par une relation:

$$F_t = q \cdot f_t + v_t$$

où v est une réalisation d'une variable aléatoire centrée. Le résumé "f" de l'activité de pêche sera d'autant moins utile que la part prise par la variabilité de v dans celle de la mortalité par pêche est

importante. Si on parvient, par une standardisation "efficace" à obtenir une forte relation (même si elle n'est pas linéaire) entre f et F , on aura une bonne évaluation des relations à l'équilibre entre prises ou rendements et efforts ; mais l'effort ainsi utilisé ne sera peut être plus un "bon" résumé de la pêche, en tant qu'ensemble d'unités de pêches, s'il n'était pas une valeur fixée a priori par la nature de la ressource ni celle de la pêche, mais une quantité parmi beaucoup d'autres possibles. Dans ces conditions, l'approche peut perdre de son intérêt en terme d'outil de prédiction, et donc de gestion puisqu'il n'est pas possible de prévoir les efforts effectifs, même si les efforts nominaux restent stables, et a fortiori s'ils se modifient.

VI-5-1-2 Situations de transition.

En situation de transition, toutes les hypothèses doivent être vérifiées. Il faut, en particulier que l'évolution de l'état du stock soit décrite de manière "convenable".

Une première difficulté existe au niveau des données et des descripteurs utilisés. En effet, la production de biomasse et les prélèvements réalisés par la pêche peuvent ne pas être des fonctions des seules quantités B et f . Si cela était, il faudrait au moins que, conditionnellement à ces valeurs, les structures démographiques des populations n'aient pas d'effet sur la production et sur les prélèvements. Si cette hypothèse est réalisée pour un équilibre donné en supposant qu'il n'existe alors guère de variation de ces structures, en période de transition il semble évident que pour une valeur B donnée, la structure démographique ne sera pas la même selon qu'on est dans une phase de croissance ou de diminution de cette biomasse. Ainsi Laurec et Le Guen (1981) montrent-ils que si les capturabilités relatives aux différentes classes d'âges sont différentes, la capturabilité globale dépend de la structure démographique. Il en est de même pour ce qui concerne la production de biomasse si la croissance pondérale, la mortalité naturelle et la fécondité des individus sont liées à leur âge.

Si on "recense" les sources de violations des hypothèses en période de transition, on est tenté de conclure qu'il n'y a guère à attendre des modèles globaux dans ces conditions, alors que la plupart des données disponibles pour réaliser des ajustements correspondent à de telles situations. Il apparaît en particulier impossible de pouvoir juger de la validité de l'expression déterminant la convergence vers l'équilibre avec des données entachées d'erreurs et une hypothèse de capturabilité constante (ou ayant une forme imposée). Il faudrait pour cela pouvoir "séparer" les diverses sources d'erreurs, ce qui n'est pas réalisable.

Dans les études décrites précédemment, nous avons vu que certains paramètres ne sont pratiquement pas estimables (B_v , B_0 , m dans le cas du modèle généralisé) et nous avons en général fixé a priori des contraintes entre les paramètres en nous appuyant sur des estimations plus ou moins fiables des longévités ou des mortalités naturelles. Nous avons ainsi imposé la forme des convergences vers l'équilibre, ce qui est également réalisé lorsqu'on utilise une méthode d'ajustement par approximation de l'équilibre. Nous n'avons pas recherché en général l'estimation de plus de deux paramètres en l'absence d'informations supplémentaires pouvant être utilisées dans l'expression même des relations à l'équilibre.

On est conduit à conclure qu'on ne peut d'une manière générale qu'estimer, et sans grande précision, certains paramètres des relations à l'équilibre et que l'incapacité "mathématique" de valider telle formulation d'un modèle plutôt que telle autre, ne permet pas de prédire ce qui pourra advenir si l'effort dépasse les valeurs déjà appliquées.

Cette conclusion paraît pessimiste et laisse penser que nous ne pouvons guère utiliser une approche globale en pêche artisanale que pour l'estimation, sans grande précision, de certains aspects de situations d'équilibre jamais rencontrées. En fait, il convient pour en discuter de préciser les objectifs auxquels on désire parvenir.

Si on utilise l'approche globale pour estimer les paramètres de modèles qui en relèvent pour certaines populations exploitées par la pêche artisanale sénégalaise, il est probable que nous n'obtenions qu'exceptionnellement des résultats intéressants, tels ceux de Fréon pour les sardinelles de la petite côte.

Par contre nous avons montré, en particulier en introduisant des informations supplémentaires, qu'il est possible de rendre compte de certains phénomènes en traduisant au niveau de l'équation du modèle des hypothèses biologiques déjà énoncées. En tant que "boîtes noires", les modèles globaux peuvent garder tout leur intérêt. Ainsi, à partir de la description de la pêcherie et des unités qui la constituent, nous pouvons rechercher une formulation de l'activité, non pour estimer tel ou tel paramètre, mais pour rendre compte des caractéristiques de l'exploitation et de la ressource qui nous paraissent essentielles.

Pour ce faire, il est nécessaire de dépasser le cadre "monospécifique" et d'aborder la description simultanée de la dynamique de plusieurs populations exploitées.

**LA PÊCHE ARTISANALE AU SÉNÉGAL.
RESSOURCE ET STRATÉGIES DE PÊCHE.**

SEPTIÈME PARTIE

MODÈLES MULTISPÉCIFIQUES ET MULTIENGINS

INTRODUCTION

Une approche multispécifique peut être simplement définie par le recours à des descriptions simultanées des états de plusieurs populations par des descripteurs différents. Dans une approche globale, n populations seront décrites par n biomasses ($B_i, i=1\dots n$). Dans une approche plus analytique, l'état de chaque population pourra être décrit par plusieurs quantités, par exemple des effectifs N_{ij} (ℓ étant par exemple un âge relatif, i indiquant la population).

L'existence de plusieurs méthodes ou tactiques différentes de pêche n'est pas une caractéristique des seules pêcheries multispécifiques.

Lorsqu'on étudie une pêcherie monospécifique, on peut supposer une certaine additivité des efforts permettant de les résumer par une seule quantité "f" représentant un effort standardisé:

$$f = \sum_{j=1}^m (q_j/q_0) \cdot f_j, \quad \text{où } m \text{ est le nombre de méthodes et } q_0 \text{ la capturabilité d'un engin "étalon".}$$

Lorsqu'il y a plusieurs espèces, on peut obtenir des formulations analogues si les rapports (q_{ij}/q_{i0}) ne dépendent pas de la population i, et sont tous égaux à une valeur p_j . L'effort standardisé est alors:

$$f = \sum_{j=1}^m p_j \cdot f_j .$$

Dans ce cas, pour deux configurations différentes des activités de pêche, les rapports des mortalités correspondantes sont les mêmes pour toutes les populations. Lorsque les rapports (q_{ij}/q_{i0}) dépendent de i, c'est-à-dire que les efficacités relatives des diverses méthodes dépendent de la population considérée, ce résultat n'est plus valable. Si la "raison d'être" des différentes méthodes existantes est leur aptitude à rechercher des populations ou des combinaisons de populations différentes, l'inégalité des rapports (q_{ij}/q_{i0}) lorsque i varie est une caractéristique de la pêcherie et doit être prise en compte. Dans ce cas il convient de *ne pas* rechercher à résumer l'activité de pêche par une quantité. L'approche devient alors "multiengin".

D'une manière générale, une étude multispécifique-multiengin s'éloignera d'autant plus d'une simple juxtaposition de résultats (monospécifiques et/ou monoengin) que des interactions seront prises en

compte. Les différents modèles existants sont largement définis par la nature de ces interactions, au moins autant que par le type (global ou structural) de la description qu'ils font des populations étudiées.

Nous allons passer en revue ces interactions, puis les principaux modèles existants.

Nous rappellerons ensuite les aspects caractéristiques de la pêche artisanale sénégalaise qui doivent, à notre avis, intervenir dans la modélisation. Nous essaierons alors de proposer un outil décrivant la pêche artisanale sénégalaise en vue d'aborder de la manière la plus satisfaisante possible le problème de la gestion.

VII-1 Les interactions

VII-1-1 Interactions affectant la pêche et la ressource.

Les interactions concernant la pêche et la ressource sont très généralement classées en deux catégories: les interactions biologiques et les interactions technologiques.

Les interactions biologiques, parfois dénommées "inter-spécifiques" sont regroupées en relations de type "prédateur proie" ou de type "compétition". Elles concernent des relations entre éléments du seul sous-ensemble "ressource" et sont, de ce point de vue bien, délimitées. Elles posent par contre des problèmes très délicats si on désire les décrire, comme le signale Pope (1979): "for example, species A might eat adults of species B. Similarly adults of species B might eat adults of species A. If such interaction takes place, they might upset single species management".

Les interactions technologiques sont moins clairement définies. On pourrait dire qu'il s'agit de l'ensemble des interactions non biologiques parmi celui des interactions "identifiées", mais ce dernier ensemble est aussi mal défini et appelé, à notre sens, à évoluer. En définissant ces interactions technologiques, Pope énonce en 1979; "this simply means that in fishing for one species (Species A), a second species (Species B) is also caught in appreciable amount". Une telle définition ne concerne guère que des interactions entre éléments du sous-ensemble "pêche" et éléments du sous-ensemble "ressource". Elle a été quelque peu modifiée depuis. Bakun et al. énoncent ainsi en 1982 que les interactions technologiques sont: "the effect on a species of a given mix of changing patterns of fishing on other species of the mix". Cette définition est plus large, le mot "pattern" incluant une description de la répartition de l'activité de la pêche selon plusieurs méthodes.

Mais ces définitions ne concernent que l'impact de la pêche *sur* la ressource et n'abordent donc pas de manière explicite les interactions pouvant se produire à l'intérieur du sous ensemble "pêche" ni l'impact de la ressource *sur* la pêche. Dans l'exemple donné dans la partie précédente (VI-4-3) sur une répartition de l'effort entre deux tactiques disponibles, il n'y a pas d'interaction biologique ni technologique au sens où une tactique de pêche ne permet de capturer qu'une espèce. Il y a bien par contre interaction technologique puisque la pêche d'une espèce affecte celle de l'autre. Dans cet exemple, une interaction existe à l'intérieur du sous ensemble "pêche" (puisque'on ne peut pratiquer que l'une ou l'autre des tactiques disponibles), et il y a un fort impact de la ressource sur la pêche.

En fait, les interactions technologiques sont souvent celles dont le modèle utilisé peut rendre compte, c'est à dire celles qu'il permet "d'identifier". Le fait d'utiliser des modèles dont le principal objectif est d'étudier l'impact de la pêche sur la ressource entraîne donc une "clarification" peut-être non souhaitable de la définition de ces interactions.

VII-1-2 Interactions faisant intervenir l'environnement et le contexte socio-économique.

Nous avons indiqué en introduction générale, que le contexte "socio-économique" et l'environnement dans lequel évolue la ressource sont parties du "système pêche". Tout en nous maintenant dans notre centre d'intérêt, l'étude des relations à l'intérieur et entre les sous-ensembles ressource et pêcherie, nous devons donc envisager l'existence possible d'interactions entre les sous-ensembles "extérieurs" et ceux auquel nous nous intéressons plus spécifiquement. Nous avons vu dans les parties précédentes des exemples de l'impact de l'environnement sur la ressource. Il en existe d'autres concernant celui du contexte "socio économique" en général sur la pêche, et donc sur la ressource. Ainsi assiste-t-on de plus en plus à des efforts de diversification des activités des unités modernes de pêche industrielle ; le besoin d'outils prenant en compte cette diversification se fait de plus en plus sentir.

Il est possible que cette diversification des activités de pêche pouvant être mises en oeuvre soit *déjà* une caractéristique de la pêche artisanale sénégalaise et que celle-ci puisse être assimilée à une pêcherie "à but multiple" selon l'appellation de "Single multitarget fishery" introduite par Gulland et Garcia (1984), qui poursuivent en indiquant que ce type de pêche concerne à la fois des pêches traditionnelles et des pêches industrielles qui se modernisent. L'analyse de ces interactions est à l'heure actuelle à un stade de mise en évidence et de description. La "dynamique des flottilles" et l'analyse de la stratégie des pêcheurs sont des thèmes intéressant largement les disciplines relevant des sciences humaines, mais ils ont été introduits dans des recherches de dynamique des populations (Garrod 1973, Hilborn et Ledbetter 1979, 1985, Dickie et Kerr 1982, Dickie 1982, Hilborn 1985 a, Allen et Macglade 1986, Hilborn et Walters 1987, Charruau et al. 1987).

L'existence et la nature de ces interactions seront donc dans la mesure du possible introduites dans la nature de la détermination des efforts de pêche, donc dans la formulation même des modèles (Cf. par exemple CEE, 1987) et seront abordées ultérieurement dans ce chapitre.

Chronologiquement, les études multispécifiques ont d'abord principalement porté sur les interactions biologiques: "The majority of contemporary multispecies fishery research has focused on extending models developed for single species fisheries to include effects of predator prey relationships" (Mercer, 1982). Depuis quelques années, cette tendance s'est inversée, et les études portent à présent en majorité sur les interactions de type technologique, ou en tout cas sur des interactions non réduites aux seuls éléments du sous-ensemble ressource.

VII-2 Les modèles.

"The theory of fisheries management was largely developed for use in temperate and arctic regions. In these regions, it is common for comparatively few species to predominate in the catch" (Pope 1979).

De fait (Murawski, 1984), l'étude des stocks multispécifiques et des pêcheries mixtes a été largement conduite à partir de généralisations des modèles déjà existants ; modèles synthétiques ou globaux (Larkin 1963, 1966, Horwood 1976, Pope 1976, 1979, May et al. 1979, Kirkwood 1982) ou analytiques (analyses de cohortes: Helgason et Gislason 1979, Sparre 1979, Majkowski 1981, Pope et Knights 1982 ; rendements par recrue: Andersen et Ursin 1977, Ursin 1982, Murawski 1984, Murawski et Finn, 1986).

VII-2-1 Juxtapositions d'études monospécifiques.

Le système de collecte du CRODT rend naturellement compte de la nature multispécifique des captures et de l'existence de plusieurs engins de pêche. Les études sur l'échantillonnage dans ces conditions ont débuté en 1978 ("suréchantillonnage de Kayar"). Les études de dynamique des populations exploitées sont largement restées "monospécifiques" et leur nombre est non négligeable: (Thiam 1978, Lopez 1979, Morinière 1980, Bakhayokho 1980, Boely 1980, Diouf 1980, Cury et Worms 1983, Champagnat et al. 1983, Franqueville 1983).

D'une manière générale, nous considérerons qu'une approche peut être assimilée à une juxtaposition d'études monospécifiques lorsqu'il n'y a pas de prise en compte d'interactions biologiques et lorsque l'effort de pêche est supposé pouvoir être résumé par une seule variable pour l'ensemble des stocks, ou bien lorsqu'on recherche l'impact de la pêche sans référence à son activité.

Ainsi, en dépassant la simple approche monospécifique, Le Guen et Fontana (1971), Fontana (1979) ont associé les résultats obtenus pour les espèces capturées par la même pêcherie en étudiant la somme des rendements par espèce. Ils ont supposé qu'une variation donnée de l'effort de pêche entraîne une variation relative équivalente de la mortalité par pêche pour toutes les classes de tailles exploitées et ont estimé les rendements totaux, à partir de sommes de rendements par recrue, en utilisant la méthode de Beverton et Holt (1957) ou celle de Ricker (1958). Ils ont réalisé ces sommations soit en termes de poids, soit en termes de valeur marchande en tenant compte des prix des différentes espèces étudiées. Cette approche est à présent très classique.

L'atlas sur la croissance, la mortalité et le profil annuel du recrutement de 112 stocks de poissons des Philippines (Ingles et Pauly 1984) est également un exemple de "juxtaposition". L'état de chaque stock est estimé à partir d'histogrammes de fréquences de tailles obtenues au cours de chalutages expérimentaux, supposés représentatifs des fréquences de tailles réellement présentes dans le stock vivant. Selon ces auteurs, les données ainsi collectées et traitées offrent, outre les estimations calculées, une base de données très utile en vue d'études multispécifiques plus approfondies.

VII-2-2 Prise en compte d'interactions biologiques

Les différentes approches, synthétiques et analytiques ont été utilisées. Les efforts de recherche ayant principalement concerné l'aspect "multispécifique", l'effort de pêche a souvent continué d'être décrit par une seule variable.

VII-2-2-1 Approche globale.

Les interactions interspécifiques peuvent être introduites facilement dans les modèles synthétiques. Dans le cas de deux espèces, Larkin (1963, 1966) propose le système d'équations, issu du modèle de Lotka-Volterra:

$$dN_1/dt = (r_1 - c_1 - a_1.N_1 - b_1.N_2) \cdot N_1$$

$$dN_2/dt = (r_2 - c_2 - a_2.N_2 + b_2.N_1) \cdot N_2$$

(l'espèce 2 est un prédateur de l'espèce 1 et l'impact de la pêcherie est présenté ici par les termes c_1 et c_2).

Ce système a été également étudié par Horwood (1976), Pope (1976, 1979 pour plus de deux espèces), May et al. (1979). Kirkwood (1982) en donne une liste des principales propriétés. En reprenant les notations de la formulation suivante du modèle de Graham-Schaefer:

$$dB/dt = B.H.(B - B_v) - q.f.B,$$

le système multispécifique peut s'écrire:

$$dB_i/dt = B_i \cdot H_i \cdot \left(\sum_{h=1}^n c_{ih} \cdot B_h - B_{v_i} \right) - q_i \cdot f \cdot B_i,$$

où

$c_{ih} = 1$		si $i = h$,
$c_{ih} > 0$ et $c_{hi} < 0$		si i est prédateur de h
$c_{ih} < 0$ et $c_{hi} < 0$		si i et h sont en compétition.

lorsqu'il n'y a qu'un seul stock, la capture à l'équilibre est une fonction parabolique de l'effort. Lorsqu'il y a plusieurs stocks, ce résultat reste valable si f est inférieur ou égal à $-H_i \cdot B_{v_i} / q_i$ pour tout i , ce qui assure la positivité des valeurs de biomasses à l'équilibre:

$$B_i = B_{v_i} + q_i \cdot f / H_i$$

Lorsque la matrice C (n, n) des interactions est symétrique, la production maximale à l'équilibre est atteinte lorsque toutes les biomasses sont réduites de moitié par rapport aux biomasses vierges correspondantes. Ce résultat peut être très faux lorsque la matrice C est très asymétrique, par exemple lorsqu'il y a de fortes interactions de type prédateur proie (Pope 1979, Kirkwood 1982). Il n'existe pas en général d'effort de pêche permettant de maximiser la prise générale.

Kirkwood (1982) a abordé le problème du modèle global en général, c'est à dire un modèle se présentant sous la forme:

$$(1/B_j) \cdot (dB_j/dt) = \mathcal{F}(B_1, B_2, \dots, B_n),$$

en montrant que les résultats présentés pour le modèle de Schaefer restent valables lorsque les biomasses sont à l'équilibre pour un effort donné, mais seulement pour des efforts peu différents (ce résultat est issu d'un développement de Taylor d'ordre 1: pour des efforts situés dans un voisinage d'un effort donné on peut rechercher quel modèle de Graham-Schaefer est le plus proche; en partant d'un autre effort, les paramètres du modèle ne seront plus les mêmes). Cet auteur a également donné des indications plus précises pour des modèles globaux généralisés (Pella et Tomlinson 1969).

VII-2-2-2 Approche analytique

Les interactions interspécifiques sont introduites au niveau de la modélisation des sources de mortalités non provoquées par la pêche. Il s'agit donc d'une modélisation de l'impact de l'abondance des espèces sur les mortalités "naturelles" des autres espèces. Ceci a été réalisé à partir des modèles de rendement par recrue (Andersen et Ursin 1977, Ursin 1982) et des analyses de cohortes (Helgason et Gislason 1979, Majkowski 1981, Pope et Knights 1982).

Riffenburgh (1969) a formulé au moyen d'une chaîne de Markov un système plurispécifique (chaque espèce pouvant être décomposée en populations de larves, juvéniles et adultes) incluant des phénomènes de prédation et de mortalité par pêche. Pour mettre en oeuvre un tel modèle, il convient de disposer d'estimations sur la probabilité de chaque changement d'état. Par exemple une larve d'anchois peut devenir un adulte ou mourir en étant mangée par un individu pouvant être éventuellement un anchois, ou mourir sans que la biomasse qu'elle représente participe à celle d'une autre catégorie identifiée par le modèle.

Il est nécessaire de disposer d'estimations (par espèce et classe de taille) de la composition de ce que consomment les poissons (également classés par espèce et classe de taille). La mise en oeuvre de programmes pour l'estimation de ces paramètres a été lancée par le CIEM (Ursin 1982) et les résultats en sont régulièrement analysés par le groupe de travail "multispécifique" du CIEM. La collecte des données nécessaires demande des moyens considérables en relation avec le grand nombre de paramètres devant être évalués. Si les résultats déjà obtenus permettent une meilleure compréhension de certains phénomènes biologiques, ils ne permettent pas encore de suivi régulier de l'état des stocks et de l'impact de la pêche (CEE 1987).

VII-2-2-3 Discussion de l'intérêt et de la possibilité de prendre en compte les interactions biologiques.

Si admettre l'existence d'interactions biologiques relève du bon sens, les mettre en évidence et en tenir compte dans un modèle qui suppose la stabilité d'un certain nombre de paramètres peut être très difficile.

De ce point de vue, l'étude de Sissenwine et al., (1982), effectuée à partir de 29 espèces pêchées au nord-est des Etats-Unis est exemplaire: parmi l'ensemble des interactions testées, avec des modèles classiques de dynamique de population, la proportion de tests significatifs est approximativement celle du niveau de risque de première espèce adopté. Les auteurs concluent que les formulations utilisées ne permettent pas de rendre compte de ces interactions.

Les interactions interspécifiques bien décrites impliquent un faible nombre d'éléments et sont mises en évidence hors du cadre de modélisations classiques en dynamique des populations marines exploitées (voir par exemple Lett et Kohler 1976). Une modélisation de ces interactions, faite à partir d'équations correspondant à des "lois" plus ou moins bien établies et supposant une description complète des relations entrant en jeu est très délicate, comme le fait apparaître la critique par Le Guen et Chevallier (1983) de l'approche multispécifique du CIEM. Une approche écologique pourrait être envisagée pour éviter des ajustements mais elle paraît également difficile. Larkin (1982) insiste sur la difficulté qu'il y a d'affirmer qu'une évolution dans la composition spécifique peut être causée par une pêcherie et sur le fait que les écologistes ont probablement eu tendance à exagérer le rôle de la compétition dans la structure des communautés.

On peut envisager (c'est ce que nous tenterons) de faire des regroupements d'espèces afin de les étudier comme un seul stock. Ceci, outre une simplification générale, permet la prise en compte d'un certain nombre d'interactions biologiques (Sissenwine 1978, Gulland 1982).

L'exemple des deux espèces de sardinelles (*Sardinella aurita* et *Sardinella maderensis*) est à ce titre significatif. Fréon (1986) a observé que les ajustements obtenus par des modèles globaux sont plus

satisfaisants en réunissant les deux espèces qu'en les étudiant séparément. Les deux espèces ont des croissances et longévités semblables, et elles ont des aires de répartition analogues ; elles exploitent le milieu de manières quelque peu différentes, ce qui peut expliquer leur présence simultanée (Cury et Fontana 1988) ; de plus, leurs intérêts économiques sont similaires. Il paraît donc justifié de les aborder ensemble. Ce regroupement prend en compte les sources de variations qui conduisent à des proportions différentes dans la répartition de leurs biomasses. Ces variations peuvent provenir du milieu ; il est possible que la biomasse totale de sardinelles soit le résultat d'une potentialité globale de production. Dans les écosystèmes pélagiques, il existe une certaine stabilité des répartitions de biomasse par classe de taille (Sheldon et al., 1972, Kerr 1974, Sheldon et al. 1977, Borgmann 1982). Cette stabilité peut constituer un argument pour une stabilité de la production de biomasse globale d'espèces pélagiques de même taille. Pope et Knights (1982) ont ainsi étudié les fréquences de tailles combinées de poissons (démersaux) et ont observé qu'elles peuvent constituer un indicateur des régimes de pêches.

Toutefois, quelle que soit l'approche choisie, synthétique ou analytique, les regroupements ne sont pas justifiés pour des espèces de valeurs marchandes très éloignées ou dont les caractéristiques biologiques sont très dissemblables (mortalité naturelle et donc durée de vie, comportements etc...).

VII-2-3 *Prise en compte des interactions "technologiques"*.

La mortalité par pêche pour un stock donné, peut être causée par plusieurs engins. L'utilisation d'unités de pêches "étalons" permet d'estimer les puissances de pêche des diverses unités, et de déduire une quantité d'effort décrite par une seule variable. Il est possible, lorsque les engins utilisés sont très variés de considérer leurs efforts séparément et de déduire la mortalité par pêche générale par une combinaison linéaire de ces efforts:

$$F = \sum_{j=1}^m \alpha_j \cdot f_j \cdot$$

Lorsque plusieurs stocks sont pêchés, la mortalité par pêche de chacun peut s'écrire:

$$F_i = \sum_{j=1}^m \alpha_{ij} \cdot f_j$$

Cette formulation, utilisée par Murawski (1984), permet de relier directement l'impact des modifications de répartition d'efforts entre les engins sur les mortalités par pêches subies par les différents stocks et les captures réalisées.

Un certain nombre d'études ont été menées en observant pour chaque type de pêche la répartition des captures selon les diverses populations exploitées et en recherchant quelle répartition de l'activité entre les diverses méthodes est la "meilleure" selon un critère donné, tout en respectant certaines contraintes sur des captures ou des mortalités à ne pas dépasser pour certaines populations. La technique de programmation linéaire a ainsi été utilisée (Fukuda 1976, Brown et al. 1979, Overholtz, 1985...). Les conclusions obtenues montrent d'une manière générale que la présence de quotas sur des espèces "annexes" conduit à des solutions peu satisfaisantes et que les objectifs généraux sont d'autant mieux accessibles qu'il existe des méthodes de pêche différentes et spécialisées. Ces méthodes ont été critiquées par Shepherd et Garrod (1981) du fait des solutions obtenues, consistant fréquemment à

proposer des modifications très importantes dans l'activité des pêcheries, sans commune mesure avec l'évolution dans les taux d'exploitation qui pourraient en résulter. Ces auteurs proposent de rechercher un objectif minimisant une fonction non linéaire choisie de façon à conduire à une situation la plus compatible possible avec des contraintes assignées (quotas) en recherchant une efficacité économique sans entraîner de modifications majeures du schéma d'exploitation de départ.

VII-2-3-1 Approche globale.

L'utilisation d'opérations sur des matrices étant d'un grand intérêt pour la présentation des formules il convient d'en préciser les notations.

On considérera une pêcherie concernant n stocks indicés par la lettre i ($i = 1 \dots n$) et impliquant m engins indicés par la lettre j ($j = 1 \dots m$).

Nous aurons fréquemment recours à des notations et calculs matriciels; toute matrice ou vecteur " m " sera souligné par le symbole " \sim " et sera accompagné, lorsque ce sera nécessaire, par l'indication de ses nombres de lignes et colonnes. Par exemple le vecteur des efforts par engin sera noté $\underline{f}(m,1)$ et la matrice des capturabilités q_{ij} (capturabilité de l'espèce i pour l'engin j) sera notée $Q(n,m)$. Le symbole ' $'$ indiquera la transposition (\underline{f}' est le vecteur ligne $\underline{f}'(1,m)$ des m efforts).

Pour chaque population, en reprenant l'équation du modèle de Graham-Schaefer, on a:

$$(1/B_i) \cdot dB_t/dt = H_i \cdot (B_i - Bv_i) - \sum_{j=1}^m q_{ij} \cdot f_j.$$

A l'équilibre, pour un vecteur d'effort donné, on a:

$$dB_i/dt = 0, \text{ donc } B_i = Bv_i + \sum_{j=1}^m q_{ij} \cdot f_j / H_i.$$

Les prises par population sont alors:

$$Y_i = B_i \cdot \left(\sum_{j=1}^m q_{ij} \cdot f_j \right)$$

$$\text{d'où } Y_i = \left(Bv_i + \sum_{j=1}^m q_{ij} \cdot f_j / H_i \right) \cdot \left(\sum_{j=1}^m q_{ij} \cdot f_j \right)$$

Il n'est pas possible en général (Pope 1979) d'obtenir un vecteur d'efforts offrant, pour chaque espèce, une prise maximum à l'équilibre (PME). Mais on peut rechercher un vecteur d'effort qui maximise une combinaison linéaire des prises par population. Soit $\underline{z}' \cdot \underline{Y}$ cette combinaison (la capture totale correspond à $\underline{z} = (1,1 \dots 1)$, et les prix des débarquements au vecteur \underline{z} des prix au kilogramme pour chaque espèce).

Alors:
$$\tilde{L}' \cdot \tilde{Y} = \sum_{i=1}^n (\ell_i \cdot B_i \sum_{j=1}^m q_{ij} \cdot f_j),$$

soit
$$\tilde{L}' \cdot \tilde{Y} = \sum_{i=1}^n \ell_i \cdot \left(\sum_{j=1}^m q_{ij} \cdot f_j \cdot B_{vi} + \sum_{j=1}^m q_{ij} \cdot f_j \cdot \left(\sum_{j=1}^m q_{ij} \cdot f_j / H_i \right) \right)$$

Pour déterminer le vecteur d'efforts qui maximise la valeur $\tilde{L}' \cdot \tilde{Y}$, on peut rechercher pour chaque engin et pour $k = 1 \dots m$ (on a besoin d'un second indicage par k des efforts):

$$\begin{aligned} \delta(\tilde{L}' \cdot \tilde{Y}) / \delta f_k &= 0 \\ &= \sum_{i=1}^n \ell_i \cdot \left(q_{ik} \cdot B_{vi} + 2 \cdot q_{ik} \cdot \sum_{j=1}^m q_{ij} \cdot f_j / H_i \right), \end{aligned}$$

soit:
$$2 \cdot \sum_{i=1}^n \ell_i / H_i \cdot \left(q_{ik} \cdot \sum_{j=1}^m q_{ij} \cdot f_j \right) = - \sum_{i=1}^n \ell_i \cdot q_{ik} \cdot B_{vi}.$$

Ceci revient à résoudre un système de m équations à m inconnues:

$$(Q' \cdot L_H \cdot Q) \cdot \tilde{f} = Q' \cdot L \cdot B_v$$

où:

- Q est la matrice (n,m) des capturabilités q_{ij}
- L est la matrice diagonale (n,n) des n coefficients ℓ_i
- L_H est la matrice diagonale (n,n) des n coefficients ℓ_i / H_i
- B_v est le vecteur $(n,1)$ des biomasses vierges.

Le rang de la matrice $(Q' \cdot L_H \cdot Q)$ est au plus égal au nombre de populations n ; une condition nécessaire (et non suffisante) pour que le système admette une solution \tilde{f} unique est que le nombre de populations soit supérieur ou égal à celui des méthodes de pêche.

Ce résultat est en fait trompeur. Pour un vecteur d'efforts donné, avec l'équation du modèle de Schaefer utilisée ici, les valeurs de prises à l'équilibre peuvent être négatives pour certaines espèces et il faudrait associer dans ce cas des contraintes de positivité des biomasses. Dans ces conditions, le système d'équations différentielles peut ne plus avoir une solution unique (même au cas d'une solution unique sans contrainte, par exemple lorsqu'il n'y a qu'un engin et plusieurs populations).

L'existence non connue, ou négligée, de plusieurs stocks constituant une population étudiée comme un tout peut être source de biais dans les estimations de potentiels de production et de biomasse vierge totale. Hilborn (1985 b) a ainsi étudié l'impact, sur l'estimation des paramètres d'une relation de Ricker (Ricker 1954) entre recrutement et stock pour une population supposée homogène, de la composition de cette population en plusieurs sous-populations de productivités différentes. Les résultats indiquent que les estimations de la productivité et de la biomasse vierge de la population dépendent beaucoup du niveau de l'exploitation antérieure aux données utilisées. Lorsque le stock était fortement exploité, la quasi-disparition des sous-populations les moins productrices conduit à sous-estimer la biomasse vierge générale et à surestimer la productivité globale. Hilborn signale que ce type de problème peut se rencontrer également en utilisant un modèle global pour les résultats d'une pêcherie multispécifique. On conçoit effectivement, pour un groupement de stocks dont les dynamiques sont régies par des modèles de Graham-Schaefer, que dans une situation de forte surexploitation où les stocks les moins productifs

(ou les plus capturables) ont quasiment disparu, les données ne représenteront plus que les stocks encore présents.

Nous avons ainsi recherché la forme des relations entre prises et efforts à l'équilibre dans le cas d'une population constituée de plusieurs sous stocks. Pour chacun de ces stocks, nous avons supposé qu'un millième de sa biomasse vierge reste inaccessible à la pêche, rendant ainsi compte de l'existence éventuelle d'individus "égarés" (Hilborn 1985 b) et de la situation de "quasi disparition" difficilement décrite à partir des modèles classiques.

Dans le cas de 3 stocks ($i=1...3$) dont les dynamiques sont régies par les équations:

$$dB_t/dt = H \cdot B_t \cdot (B_t - B_v) - q_i \cdot f_t \cdot (B_t - B_v / 1000),$$
 et avec $B_v=1000$, $H=-0,0015$, $q_1=0,006$, $q_2=0,02$, $q_3=0,03$,

la relation ne présente plus un maximum unique (fig. 7-1). Dans ce cas, si les données disponibles se trouvent toutes dans la partie droite de la relation, on ne mettra pas en évidence l'existence du pic présent dans la partie gauche.

Avec 10 stocks ($i=1...10$) dont les dynamiques sont régies par les équations:

$$dB_t/dt = H \cdot B_t \cdot (B_t - B_v) - q_i \cdot f_t \cdot (B_t - B_v / 1000),$$

avec $B_v=1000$, $H=-0,0015$,

et les dix capturabilités égales à 0,01, 0,012...0,28,

on obtient la relation présentée figure (7-2). Cette relation correspond à celle d'un modèle global généralisé avec un coefficient m bien inférieur à 2.

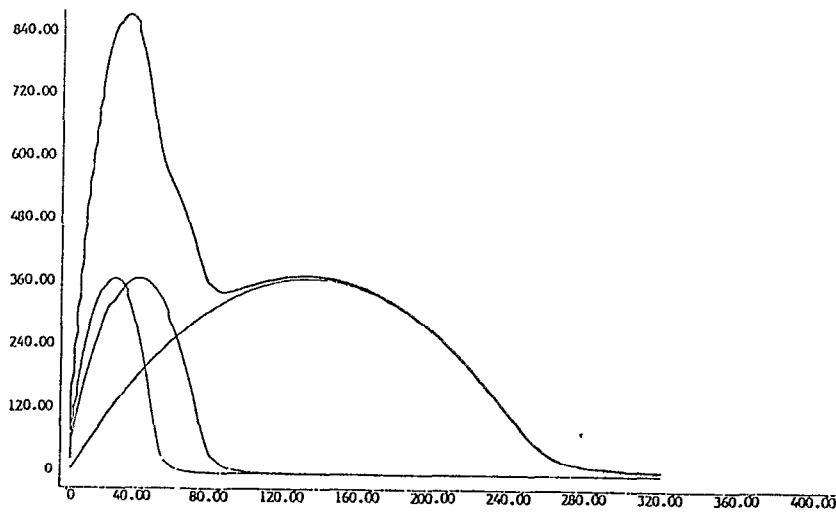


Figure 7-1

graphes des relations prises - efforts à l'équilibre pour trois stocks, et graphe de la somme de ces relations (trait gras).

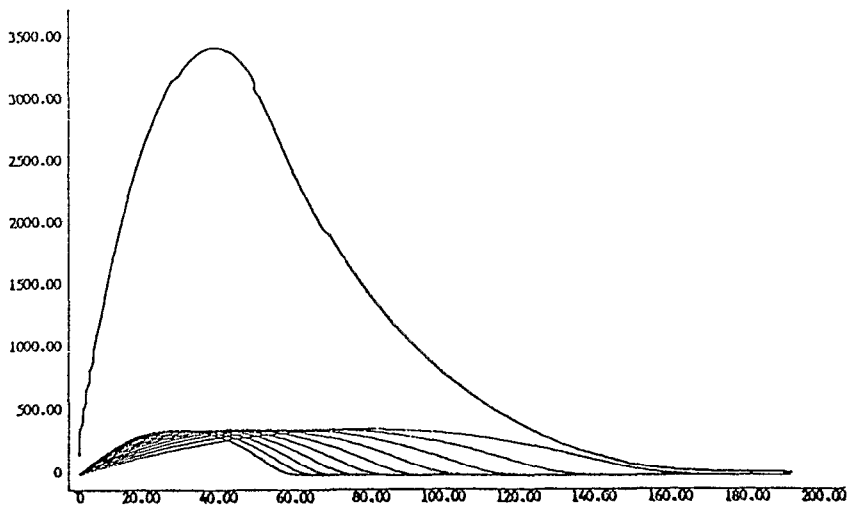


Figure 7-2

graphes des relations prises - efforts à l'équilibre pour dix stocks, et graphe de la somme de ces relations (trait gras).

Il existe une situation dans laquelle on peut trouver un vecteur d'efforts qui conduise à la PME pour chaque population et qui sera le vecteur optimal pour toute combinaison \underline{f} ; en effet, si chaque $\underline{f} \cdot Y_i$ est maximum, leur somme l'est également (si tous les éléments de \underline{f} sont positifs ou nuls). Avec le modèle de Graham-Schaefer ce résultat est atteint si $B_i = Bv_i/2$ pour $i=1\dots n$ (Kirkwood 1982).

En imposant $B_i = Bv_i/2$ pour $i=1\dots n$, il vient:

$$Bv_i = 2 \cdot B_i = 2 \cdot (Bv_i + \sum_{j=1}^m q_{ij} \cdot f_j / H_i)$$

donc

$$Bv_i/2 = - \sum_{j=1}^m q_{ij} \cdot f_j / H_i \cdot$$

on a un système de n équations à m inconnues :

$$\underline{H}^{-1} \cdot \underline{Q} \cdot \underline{f} = -\underline{Bv}/2 \quad \text{où } \underline{H}^{-1} \text{ est la matrice diagonale (n,n) dont les termes prennent les valeurs } 1/H_i.$$

Si $n=m$ et si \underline{Q} est inversible, ce système a une solution unique, acceptable si tous les efforts sont positifs ou nuls. Une condition suffisante (et triviale) pour que ce résultat soit vrai est que la matrice \underline{Q} soit diagonale, si elle ne l'est pas, certains coefficients d'efforts pourront être négatifs dans le produit $-\underline{Q}^{-1} \cdot \underline{Bv}/2$. Ceci revient à une impossibilité d'exploitation optimale (au sens "recherche des PME") due à une insuffisante sélectivité spécifique des engins de pêche. Il s'agit d'un problème analogue à celui de la fréquente impossibilité de trouver une répartition des efforts permettant à une pêcherie de prélever, pour chaque espèce, des quotas déterminés (Fukuda 1976, Brown et al. 1979).

En reprenant l'expression de $\underline{f} \cdot Y$ lorsque toutes les biomasses sont positives, on peut rechercher une relation générale entre capture totale pondérée et vecteur d'efforts:

$$\underline{f}' \cdot \underline{Y} = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot (\sum_{j=1}^m q_{ij} \cdot f_j \cdot Bv_i + \sum_{j=1}^m q_{ij} \cdot f_j \cdot (\sum_{j=1}^m q_{ij} \cdot f_j / H_i))$$

soit
$$\underline{f}' \cdot \underline{Y} = (\underline{\lambda} \cdot \underline{Bv})' \cdot \underline{Q} \cdot \underline{f} + \underline{f}' \cdot \underline{Q}' \cdot \underline{L}_H \cdot \underline{Q} \cdot \underline{f}.$$

On observe alors que:

$$\underline{f}' \cdot \underline{Y} = \sum_{j=1}^m a_j \cdot f_j + \sum_{j \geq k=1}^m b_{jk} \cdot f_j \cdot f_k$$

A l'équilibre, la capture totale pondérée par les λ_i est un polynôme de degré 2 en les efforts.

Si on n'utilise que les f_j et les $\underline{f} \cdot Y$ pour des années différentes (par exemple si l'on n'a que les prises totales ou les valeurs des débarquements), il faut estimer les a_j et les b_{jk} à partir de ces valeurs. Il faut $p+(p \cdot (p+1)/2) = p \cdot (p+3)/2$ observations au moins.

Lorsqu'on peut supposer que les vecteurs des capturabilités par population de deux engins sont proportionnels, ces deux engins peuvent être réunis, l'effort commun pouvant être calculé par une standardisation (qui fait apparaître le coefficient de proportionnalité).

VII-2-3-2 Modèles analytiques.

Une revue des méthodes analytiques disponibles pour l'étude des pêcheries multispécifiques et multiengins a été réalisée au cours d'un groupe de travail tenu sous les auspices de la C.E.E. (C.E.E, 1987). Les diverses méthodes ont été classées selon qu'elles permettent, soit de rechercher l'impact immédiat ou à long terme de modifications du schéma d'exploitation (c'est-à-dire en partant de la situation d'équilibre de départ ou d'arrivée), soit de rechercher l'impact à court terme de ces modifications (situations de transition).

Dans chaque cas, les méthodes fondées sur la répartition des captures par âge ou par taille sont traitées séparément. En général des analyses de populations virtuelles (analyses des cohortes) sont réalisées pour obtenir des estimations des recrutements et des mortalités par âge (voir par exemple Pope, 1972) ou classes de taille (Jones, 1974). Des modèles classiques de rendements par recrue (à partir des équations de Thompson et Bell 1934 ou Ricker 1958) sont utilisés pour faire les diverses prédictions. Selon les méthodes, des relations entre stock et recrutement et des interactions interspécifiques (Shepherd 1982, 1984) sont ou non introduites. A ces méthodes ainsi décrites correspondent des programmes informatiques ayant le grand mérite d'exister. Toutes n'ont pas fait l'objet de publications dans des revues aisément disponibles.

Murawski et Finn (1986) ont proposé une méthode de programmation linéaire avec des contraintes exprimées en termes de mortalités, et non plus de captures (quotas) tenant compte des modifications de compositions spécifiques dues aux évolutions des mortalités par pêche. Ceci permet de s'affranchir de l'hypothèse peu réaliste selon laquelle les proportions des différentes populations dans les captures relevant d'une méthode restent constantes.

Les méthodes analytiques présentent ici, comme dans le cas des études monospécifiques, l'intérêt d'une description beaucoup plus fine (elles tiennent compte en particulier des tailles à la première capture) que celle réalisée par une approche globale à partir de laquelle on ne peut guère prédire les résultats pouvant provenir d'une augmentation générale des efforts (C.E.E., 1987). Elles apparaissent beaucoup plus avancées pour la description des périodes de transition. D'une manière générale, les méthodes présentées jusqu'ici sont très largement fondées sur l'hypothèse selon laquelle une unité de pêche engendre des mortalités proportionnelles à l'activité qu'elle déploie. Elles sont élaborées pour la prévision des changements issus d'une modification "stable" de mortalité engendrée par une modification de l'activité des unités de pêche. Lorsque les mortalités issues de l'activité d'une unité sont variables de par la nature même de cette unité, l'ensemble des méthodes décrites jusqu'ici peut s'avérer insuffisant, qu'elles correspondent à une approche globale ou analytique.

VII-2-4 Prise en compte d'interactions affectant la nature de l'activité des unités de pêche.

Alors qu'il existe de nombreuses études, tenant compte d'interactions biologiques et/ou technologiques, la prise en compte d'interactions affectant la nature de l'activité des unités de pêche en est encore à une étape de prospection, même si les problèmes qu'elles soulèvent ont largement été

abordés. Nous pensons utile dans ces conditions d'insister plus en détail sur ces interactions et sur la nécessité de les introduire dans une description de certaines pêcheries.

Garrod (1973) indique qu'on peut classer les pêcheries selon la gamme de ressources qu'elles exploitent. Il observe que:

"l'exploitation à des degrés différents des éléments composant une ressource multiple, moyennant les opérations des mêmes navires, infère un déséquilibre dans les conditions de chacun des stocks, ce qui va à l'encontre de l'objectif fondamental visé par les évaluations classiques des stocks qui est de déterminer le rendement dans des conditions équilibrées".

Il définit alors des "integrated fisheries" par l'adaptation à rechercher la ressource la plus disponible à un moment donné:

"Coastal fisheries exploiting a wide variety of species with different gears and according to their seasonality are the most widespread integrated fisheries. By definition they exploit a restricted area, but they have a counterpart in the mobile fleets exploiting a wide variety of species over a wide area as exemplified by the high seas fisheries of the USSR and Japan".

La pêche artisanale sénégalaise entre bien dans la première partie de cette définition. La seconde partie indique que son intérêt recouvre en fait la gamme la plus large possible de pêcheries.

Décrire de telles pêcheries conduit à l'utilisation de modèles permettant, pour reprendre le titre d'un article de Silvert et Dickie (1982), l'identification d'interactions "between fish and fishermen". L'identification de telles interactions ne nous paraît guère possible sans inclure des descripteurs évaluant d'une part les efforts nominaux et d'autre part les efforts effectifs, ainsi que des relations qui les associent.

Pour ce faire, une étape d'analyse de la "dynamique de la flotte" apparaît incontournable. Hilborn (1985 b), à la suite d'études sur la dynamique de la flotte de senneurs recherchant les saumons au large de la Colombie Britannique au Canada (Hilborn et Ledbetter 1979, 1985) a montré l'importance de ce type d'études en s'appuyant sur plusieurs exemples. Les problèmes et les crises observés proviennent en définitive plus d'une mauvaise compréhension de la manière dont travaillent les pêcheurs que d'une méconnaissance des aspects biologiques de la dynamique de la ressource exploitée. Il constate en particulier une absence d'études sur le problème du choix des espèces cibles par les pêcheurs et il note qu'en 1981 (année tirée par lui au hasard), il n'y a pas eu d'article consacré aux études de dynamique des flottes dans le Journal canadien des pêches et sciences aquatiques, journal qui publiait cette année là une centaine d'articles consacrés à la biologie des poissons ou à la dynamique de leurs populations.

En fait la très classique étape de standardisation des efforts nominaux en vue d'obtenir des efforts effectifs répond en partie à la question de la relation entre ces efforts. Mais le problème est alors de rechercher à partir de l'activité passée les mortalités qui en ont découlé. Il existe de nombreuses études et méthodes sur ce thème (par exemple Robson 1966, Laurec 1977, Gavaris 1980). Elles consistent largement à mettre en évidence des sources de variations et à estimer des puissances de pêche des unités, tenant compte d'effets spatiaux et/ou temporels, afin d'en éliminer l'impact pour obtenir des valeurs d'efforts représentatives de la mortalité. Si ceci est "bien" fait, l'hypothèse d'existence d'une relation stricte, même si elle peut être complexe, entre efforts nominaux et effectifs garantit le bon achèvement de

l'étape. Sans cette hypothèse la standardisation permet de disposer de points "observés" mais ne suffit pas à elle seule à répondre à une autre question: "quelle est, étant données la flotte actuelle et sa dynamique, l'ensemble des mortalités possibles auquel appartiennent celles qui seront effectivement appliquées", question qui peut être prolongée par la volonté d'affecter des probabilités aux éléments de cet ensemble. Dans ces conditions, la mise en évidence de sources significatives de variations constitue, plus que leurs résultats finaux, l'aspect le plus intéressant des opérations de standardisation.

Le besoin se fait donc sentir de modèles qui ne soient pas des prolongements plus ou moins sophistiqués des modèles classiques monospécifiques. Ce besoin ne provient pas du seul souci de bien présenter la dynamique des stocks exploités. De ce point de vue, les modèles classiques peuvent s'avérer satisfaisants. Garrod (1973) indique ainsi que:

"sous réserve que le taux de mortalité par pêche varie autour d'une moyenne appropriée, il n'y a aucune différence marquée dans le rendement en conditions équilibrées ou en conditions non équilibrées. Les pêcheries sont des systèmes robustes capables de supporter de fortes fluctuations interannuelles dans le taux de mortalité par pêche, à condition que celui-ci varie aux alentours d'un niveau moyen approprié". Mais la description qu'il fait des "integrated fisheries" exploitant les diverses ressources en fonction de leur densité, lui permet de conclure que ce type d'exploitation, en étant mieux adapté au caractère variable des différentes composantes de la ressource, permet d'atténuer l'impact de ces variations au niveau des résultats globaux et paraît préférable à une politique de fixation de la mortalité par pêche pour chacun des stocks exploités.

C'est là l'intérêt principal, et en tout cas à lui seul suffisant pour les justifier, des études de la dynamique des flottes: déterminer, en observant la variabilité de l'activité des unités de pêche, ce qui peut ou non être réalisé et améliorer de façon déterminante notre compréhension de l'objet d'étude que constitue "l'aménagement".

En effet, si l'on fait l'hypothèse que les changements du système, en ce qui concerne les mortalités par pêche, sont d'autant plus "réalisables" qu'ils se situent dans la mouvance des sources de variations potentielles liées à la nature de la dynamique de la flotte, alors l'analyse de cette dynamique devient essentielle.

En particulier, Gulland (1982) explique que, puisque les étapes classiques pour l'évaluation et la gestion des stocks, consistent à évaluer les résultats de modifications de paramètres biologiques (mortalité par pêche, âge à la première capture ...) et ensuite à rechercher quelles mesures conduiraient aux effets souhaités, il conviendrait d'abord d'identifier les mesures possibles et ensuite d'en évaluer l'impact.

Il poursuit en énonçant deux types d'identifications nécessaires:

- examiner les données biologiques pour mettre en évidence les sources de variations (zones-saisons-engins-bateaux) dans les captures et leur composition spécifique; s'il n'y a pas de variabilité, il n'y aura pas de contrôle possible ;

- examiner comment se déroulent la pêche et son administration pour déterminer les mesures réalisables.

Il conclut que c'est alors seulement, lorsqu'on connaît les combinaisons de mortalités envisageables, que les évaluations concrètes peuvent être faites.

De même, Silvert et Kerr (1982) indiquent que l'utilisation des capacités d'auto-régulation à l'intérieur du sous système "pêche" permettrait de contourner la majeure partie de la complexité actuelle des méthodes effectives d'aménagement des pêches. Ils supposent qu'on devrait voir le rôle du "gouvernement" évoluer de plus en plus de celui de gendarme vers celui d'informateur, et d'acteur au niveau du marché.

Enfin, et surtout, il se peut que la "souplesse" des relations entre efforts effectifs et nominaux, même si elle rend difficiles les travaux du dynamicien et de l'aménageur, soit en fait la "force" de certaines pêcheries.

VII-2-5 Quelques études existantes.

Nous décrirons dans les paragraphes qui suivent quelques études publiées, intégrant, sous diverses formes des interactions affectant la ou les mortalités par pêche.

VII-2-5-1 La dynamique de la flotte de senneurs recherchant les saumons en Colombie Britannique. (Hilborn et Ledbetter 1979 et 1985).

La pêche des saumons peut se pratiquer dans différentes zones. Les populations présentes dans chacune d'entre elles correspondent, de par le comportement de reproduction des espèces concernées, à des stocks distincts de ceux présents dans les autres zones.

Dans l'étude de 1979, Hilborn et Ledbetter montrent que la flotte est composée d'unités mobiles, susceptibles de se déplacer d'une zone à l'autre, pour rechercher des rendements plus intéressants, et d'unités sédentaires, pêchant dans une seule zone et pouvant rester inactives lorsque les rendements espérés sont insuffisants. Ils indiquent que les efforts déployés dans chaque zone ne se traduisent pas par une égalité en moyenne des rendements obtenus, mais que les rapports entre ces rendements sont stables, rendant compte de l'éloignement des ports et des conditions plus ou moins favorables (état de la mer).

L'étude réalisée en 1985 porte plus particulièrement sur les puissances individuelles des unités de pêche. Les résultats montrent que les caractéristiques des navires n'apportent guère d'information et les différences entre unités (le tiers de la variance totale observée sur des données de marées) sont attribuables principalement aux capitaines et à leurs équipages. Il existe également une interaction entre zones et unités de pêche, bon nombre d'unités ayant des performances liées à la zone dans laquelle elles pêchent, ce qui laisse apparaître l'impact de "l'expérience" et de la bonne connaissance de certains lieux.

VII-2-5-2 Interactions entre poissons et pêcheurs. (Silvert Dickie 1982)

Silvert et Dickie (1982) insistent sur l'importance qui doit être accordée à la modélisation du choix des pêcheurs entre les tactiques disponibles. Ils proposent l'existence d'une fonction g de la répartition

des efforts entre les différentes tactiques, fonction dont le "système" recherche un maximum et pouvant avoir la forme d'un bénéfice:

$$g(f_1, f_2, \dots, f_m) = \sum_{i=1}^n (P_i \cdot Y_i) - \sum_{j=1}^m (C_j \cdot f_j)$$

où P_i est le prix de l'espèce i ,

Y_i la capture réalisée sur cette espèce,

C_j le coût engendré par la mise en oeuvre d'une unité de l'effort j .

Avec l'équation

$$Y_i = \left(\sum_{j=1}^m \alpha_{ij} \cdot f_j \right) \cdot B_i,$$

on obtient:

$$g(f_1, f_2, \dots, f_m) = \sum_{j=1}^m \left(\sum_{i=1}^n P_i \cdot B_i \cdot \alpha_{ij} - C_j \right) \cdot f_j$$

Il peut exister des contraintes sur la somme de tous les efforts ou sur les captures pour certaines espèces (quotas).

En se fondant sur une approche globale, un équilibre peut consister en une répartition des efforts telle que les valeurs:

$$\sum_{i=1}^n P_i \cdot B_i \cdot \alpha_{ij} - C_j$$

sont égales pour tous les j (approche que nous avons reprise en VI-4-3).

Ils insistent également sur l'importance d'une approche consistant à construire des systèmes dont on peut juger la pertinence par leur capacité à reproduire le comportement global du système qu'on désire décrire.

VII-2-5-3 *Dynamique de la recherche et de l'exploitation* (Allen et MacGlade 1986)

Allen et MacGlade (1986) proposent un modèle présentant une pêcherie composée de plusieurs flottes dont les navires ont le choix entre plusieurs zones pour appliquer leur effort. Plusieurs espèces sont prises en compte et à chaque zone est supposé correspondre un stock pour chacune des espèces.

Deux groupes d'équations régissent d'une part la dynamique des stocks exploités et d'autre part celle des déplacements des bateaux entre les diverses zones.

L'équation décrivant l'évolution de la biomasse d'un stock i dans une zone k est de la forme:

$$\frac{dB_{ik}}{dt} = b_i \cdot B_{ik} \cdot (1 - B_{ik}/N_k) - \sum_{j=1}^m \frac{q \cdot B_{ik} \cdot f_{jk}}{[1 + q \cdot \tau \cdot (\sum_{i=1}^n B_{ik})]}$$

b_i est un taux de croissance de la population i , N_k la capacité générale du milieu, τ est le temps "perdu" pour la capture d'une unité donnée de biomasse, les autres paramètres gardant leur signification précédente.

Ces équations sont celles de Graham-Schaefer avec deux différences importantes:

- les captures faites sur une espèce dépendent de l'abondance des autres espèces à travers le terme

$$[1 + q \cdot \tau \cdot (\sum_{i=1}^n B_{ik})]$$

qui apparaît au dénominateur du terme décrivant le prélèvement de biomasse,

- le déficit de biomasse $(1 - B_{ik}/N_k)$ n'est pas calculé par rapport à une biomasse vierge de l'espèce, mais par rapport à une capacité générale de la zone (le terme N_k n'est pas vraiment dans l'équation utilisée par Allen et MacGlade une telle capacité car en l'absence totale de pêche, la biomasse non nulle à l'équilibre de chaque espèce est égale à N_k).

Cette écriture nous paraît intéressante et susceptible de pouvoir intégrer un certain nombre d'interactions interspécifiques de compétition.

L'équation décrivant l'évolution des efforts de chaque flotte j dans une zone k est de la forme:

$$\frac{df_{jk}}{dt} = \xi \cdot \left(\sum_{l=1}^K \frac{f_{jl} \cdot A_{jkl}}{\sum_{l=1}^K A_{jll}} - f_{jk} \right) + r \cdot f_{jk} \cdot \left(1 - \frac{C_k}{\sum_{j=1}^m \frac{q \cdot B_{ik} \cdot f_{jk}}{[1 + q \cdot \tau \cdot (\sum_{i=1}^n B_{ik})]}} \right)$$

où ξ est un coefficient de mobilité des bateaux,

r un taux de réponse aux possibilités de profit,

C_k est le coût engendré par l'activité de pêche dans la zone k

A_{jkl} représente l'attractivité de la zone k vue de la zone l pour les bateaux de la flotte j .

La forme de ces termes fait l'objet d'un développement faisant entre autre intervenir la circulation de l'information entre les diverses flottes. Allen et Macglade n'effectuent pas d'ajustements en vue

d'estimer les paramètres du modèle. Leur but est de décrire le comportement général d'un système à partir d'un certain nombre de comportements modélisés à une échelle microscopique. L'observation d'un système ayant des propriétés analogues à celles du système "réel" permet un certain optimisme sur l'outil mis en oeuvre et ses capacités à "tester" des modifications intervenant au niveau des comportements "microscopiques". Ils insistent en particulier sur l'importance, en nature et intensité, de la circulation de l'information, et sur le fait que les définitions d'efficacité ou de profit optimal apparaissent très contestables au vu des conditions dans lesquelles se déroule concrètement la pêche.

VII-2-5-4 Simulation des pêches en mer Celtique
(Simucel de l'IFREMER, Charruau et al. 1989)

Parmi l'ensemble des méthodes et applications décrites dans le document (CEE 1987) évoqué au paragraphe VII-2-3-2, le programme "Simucel" de l'IFREMER (Charruau et al. 1987) apporte une dimension supplémentaire à nos yeux essentielle. Après une étape de mise en évidence de plusieurs tactiques de pêche (appelées "métiers" dans cette étude), il décrit la pêche comme quantité "expliquée" par le modèle.

La région étudiée est décomposée en sous-zones homogènes. Les stocks exploités sont décrits par des modèles analytiques en considérant que certains d'entre eux sont associés à une sous-zone donnée et d'autres sont répartis sur l'ensemble de la région. Les stocks d'intérêt secondaire, ou pour lesquels on ne disposerait pas de données suffisantes pour appliquer des modèles démographiques, sont regroupés en un stock "résiduel" dont la dynamique est décrite par une approche globale. Un stock résiduel est défini pour l'ensemble de la région ; on peut également en définir un pour chaque sous-zone.

Les unités de pêches sont réparties selon des flottilles "homogènes" et des "métiers" sont définis selon la sous-zone fréquentée, l'engin utilisé et les espèces recherchées. Chaque flottille est constituée d'unités pouvant choisir entre plusieurs métiers en effectuant un choix en fonction d'un paramètre de "préférence" (recherche du métier le plus profitable) et d'un paramètre d'"adhérence" (choix du métier déjà utilisé l'année précédente). Le profit attendu de l'utilisation d'un métier donné est calculé à partir de la valeur des captures potentielles et des coûts divers engendrés par l'activité de l'unité de pêche.

Le modèle permet d'évaluer le comportement général de la flotte. Les résultats obtenus indiquent que le sous-système pêcherie montre une variabilité plus faible que celle de la ressource et que les choix des unités de pêche sont plus influencés par des habitudes de pêche que par des critères purement économiques. Ces résultats confirment les observations faites en étudiant l'activité des unités de pêche au cours d'une année, indiquant que la plupart d'entre elles n'utilisent essentiellement qu'un métier.

VII-2-5-5 Un modèle simple de simulation
(Hilborn et Walters 1987)

Hilborn et Walters (1987) ont construit un modèle très simple permettant de simuler une pêcherie pouvant exercer son effort dans plusieurs zones possibles. Il existe un stock dans chaque zone, modélisé à partir des équations de Deriso (1980), (biomasse déterminée en utilisant des paramètres de croissance individuelle des poissons, des valeurs de mortalité naturelle et par pêche, et en supposant ou

non l'existence d'une relation entre biomasse et recrutement). La prise en compte d'échanges entre stocks est également possible selon plusieurs modalités.

Les unités de pêche sont supposées avoir une information parfaite des rendements qu'elles peuvent espérer dans chaque zone et choisissent la zone la plus profitable.

Ce modèle permet une grande souplesse quant aux caractéristiques de la pêcherie simulée et présente l'intérêt d'une grande simplicité permettant une programmation rapide et des temps de calculs courts sur des micro-ordinateurs. Un simulateur peut donc être construit à partir d'équations simples pour permettre d'évaluer l'impact de modifications pouvant se produire en de nombreux points particuliers du processus de pêche.

VII-3 Vers une description de la pêche artisanale sénégalaise.

Pour une pêcherie monospécifique, on peut considérer qu'il existe une flotte composée d'unités pouvant avoir diverses puissances de pêche. Dans le contexte multispécifique, le problème se complique lorsque les vecteurs de capturabilité des méthodes de pêche existantes ne sont pas colinéaires. Il est donc important d'évaluer ces situations, de mettre en évidence la diversité de ces méthodes, et d'en faire une typologie.

Deux situations fort différentes peuvent se présenter:

- chaque unité de pêche ne pratique qu'une tactique ; dans ce cas la réunion des unités pratiquant cette tactique constitue un sous-ensemble décrit de façon simple.

- toutes les unités de pêche, ou certaines d'entre elles, peuvent choisir entre plusieurs tactiques (dans ce cas il pourra exister une stratégie se traduisant à tel moment par le choix d'une tactique donnée ; dans ce cas les mortalités peuvent être variables de par la seule volonté des pêcheurs.

La seconde situation conduit à introduire une seconde typologie, pour décrire les différentes stratégies existantes. Deux descriptions de la pêche peuvent devoir être *simultanément* présentes dans un modèle: l'étape de standardisation ne doit pas être menée indépendamment de l'étude de la dynamique de la ressource exploitée.

Il est alors intéressant de revenir sur le problème de la définition des unités selon les approches disciplinaires pouvant être utilisées pour les études consacrées à un système pêche. Nous avons ainsi discuté (Weber et Laloë 1983), des différences entre unités d'observations utilisées par les biologistes d'une part et par les économistes d'autre part.

Pour le biologiste, la pêche engendre une mortalité qui sera l'objet privilégié d'étude. C'est pourquoi on recherche une mesure de l'activité permettant de déduire cette mortalité. La tactique mise en oeuvre au cours d'une sortie est alors déterminante et il faudra la connaître le mieux possible. La pirogue au retour de la pêche est donc un lieu accessible d'observation privilégié puisque permettant de connaître la tactique mise en oeuvre et la capture qui en a résulté.

Pour l'économiste, l'idéal serait de pouvoir suivre les résultats de la pêche dans le contexte général d'unités économiques, définies par exemple par l'ensemble des habitants d'une même concession.

Finalement, des simplifications s'avèrent nécessaires et l'unité d'observation sera la seule activité de pêche menée sous la responsabilité d'un chef d'unité.

Il y a donc des définitions différentes d'unités d'observation. Ceci n'est pas à priori souhaitable mais est imposé par la nature des quantités à évaluer. Si les équipages dépendant d'un même chef d'unité pratiquaient toujours la même tactique de pêche avec le même engin, l'identification de l'unité "économique" lors d'une enquête "biologique" permettrait une évaluation intéressante de l'effort effectif déployé. Dans le cas contraire cette identification n'apporte pas d'information suffisante à elle seule.

En admettant que les études "biologiques" et que les études "économiques et sociales" aient abouti à des conclusions fiables, les premières sur l'état des stocks et les mortalités qu'ils subissent, les secondes sur les résultats économiques et l'organisation des unités de pêche, il sera nécessaire de pouvoir traduire en termes de modification de la nature et/ou du nombre des unités de pêche les modifications "souhaitables" de mortalités. De même, il faudra étudier l'impact sur les mortalités par pêche des transformations qualitatives et quantitatives des unités de pêche, issues ou non d'actions d'aménagement.

Il faut donc pouvoir relier les différentes unités d'observation pour obtenir des informations utiles pour l'aménagement et l'évolution de la pêcherie dans son ensemble. Si l'on ne peut pas établir de telles relations, l'intérêt des résultats issus sera très amoindri. De la conclusion que telle espèce pourrait être plus exploitée, on pourra envisager d'augmenter le nombre de sorties conduisant à des captures pour cette espèce. Si la ou les tactiques correspondantes conduisent à des captures pour d'autres espèces surexploitées, la situation deviendra complexe, mais les observations des biologistes peuvent permettre encore des conclusions. Si les unités de pêche peuvent changer de tactique, il est nécessaire d'en tenir compte pour estimer l'impact d'une modification, en nombre ou en qualité, des unités de pêche.

C'est à partir de ces éléments que nous utiliserons une typologie des unités de pêche fondée sur le critère:

"deux unités sont du même type si elles ont à leur disposition le même éventail de tactiques et si, à un moment donné, elles ont la même probabilité d'utiliser telle ou telle de ces tactiques provoquant des mortalités sur les mêmes stocks".

Ce critère détermine une relation d'équivalence dont chaque classe constitue une stratégie (les conditions de réflexivité, de symétrie et de transitivité sont satisfaites). En fait, on peut remarquer que si la deuxième condition est satisfaite, la première l'est également. Cette seconde condition détermine une relation plus fine, et plus difficile à utiliser pour une typologie, puisqu'elle requiert des informations plus complètes (identité des stocks et même processus de prise de décision).

VII-3-1 Lignes directrices générales.

La nature de la relation entre efforts nominaux et efforts effectifs c'est à dire entre la description de la pêcherie et celle des mortalités qu'elle peut engendrer est à notre avis l'aspect essentiel de la modélisation générale.

La pêche est décrite par les effectifs d'unités classées selon p catégories (stratégies) à partir des tactiques disponibles. On a donc un vecteur \underline{c} de p effectifs c_k ($k=1\dots p$).

La répartition, au temps t de l'activité selon les diverses tactiques peut être décrite par un vecteur \underline{f}_t de m valeurs f_{jt} ($j=1\dots m$), f_{jt} étant le nombre d'unités utilisant la tactique j au temps t . On a :

$$f_{j_t} = \sum_{k=1}^p P_{jk_t} \cdot c_k$$

où p_{jkt} est la proportion d'unités de pêches de la k ème catégorie utilisant la j ème tactique au temps t . Une matrice \underline{P}_t (m,p) de terme général p_{jkt} doit donc être définie et :

$$\underline{f}_t = \underline{P}_t \cdot \underline{c}$$

Toutes les valeurs P_{jk} correspondant à une tactique j qui n'est pas disponible aux unités de la k ème catégories sont nulles.

Nous supposons qu'il existe une relation permettant de déduire d'un vecteur \underline{f}_t donné les mortalités par pêche subies par les divers stocks exploités :

$$F_{i_t} = \sum_{j=1}^m q_{ij_t} \cdot f_{j_t},$$

soit
$$\underline{F}_t = \underline{Q}_t \cdot \underline{f}_t$$

où q_{ij_t} est le terme général de la matrice \underline{Q}_t (n,m) des capturabilités au temps t , s'appliquant aux biomasses exploitées B_{ei_t} au temps t des différents stocks.

On peut alors relier le vecteur de mortalités \underline{F}_t à l'effort potentiel \underline{c} :

$$F_{i_t} = \sum_{j=1}^m [q_{ij_t} \cdot (\sum_{k=1}^p P_{jk_t} \cdot c_k)] , \text{ soit } \underline{F}_t = \underline{Q}_t \cdot \underline{P}_t \cdot \underline{c}$$

Il apparaît alors que l'existence d'une variabilité des éléments de la matrice \underline{P}_t se traduit par une variabilité des mortalités.

Cette approche générale reprend dans une large mesure la discussion faite lors du groupe de travail évoqué en VII-2-3-2 (CEE 1987) sur les orientations de la recherche sur les ressources multispécifiques exploitées par des pêcheries mixtes.

Les principes généraux exposés ci-dessus indiquent que la description du système s'effectue par trois groupes de données, les efforts "potentiels" (description générale de la pêche), les efforts répartis selon les tactiques (permettant une standardisation rapide pour obtenir des efforts effectifs) et des biomasses résumant l'état des diverses composantes de la ressource.

La capture instantanée prélevée sur le stock i est:

$$\frac{dY_{i,t}}{dt} = F_{i,t} \cdot B_{ei,t},$$

où $B_{ei,t}$ est la biomasse exploitée du stock i au temps t .

La capture instantanée totale est donc:

$$\frac{dY_t}{dt} = B_{e,t}' \cdot Q_t \cdot f_t$$

soit encore:

$$\frac{dY_t}{dt} = B_{e,t}' \cdot Q_t \cdot P_t \cdot \xi$$

Ces équations décrivent les seuls prélèvements de biomasse sans tenir compte des phénomènes de renouvellement ; elles n'abordent donc pas complètement le problème de l'évolution générale de l'état des stocks. La description de cette évolution implique l'utilisation de modèles de dynamique des populations et un choix doit être fait entre approche globale et approche analytique.

VII-3-2 Choix d'une approche pour la description de l'état des composantes de la ressource.

Les modèles analytiques paraissent les plus adéquats pour décrire la dynamique des populations multispécifiques recherchées par des flottes mettant en oeuvre plusieurs méthodes de pêche (CEE 1987). La mise en oeuvre de ces modèles nécessite de disposer de données de captures par stock réparties selon les classes d'âges ou au moins par classes de taille.

Il existe de nombreuses approches fondées sur l'étude des structures d'âges. Elles présentent le grand intérêt de pouvoir estimer une mortalité globale ou des mortalités par classe de taille indépendamment de la mesure d'un effort de pêche. Les méthodes permettant ces estimations de mortalité peuvent être classées en deux grandes catégories, selon qu'on dispose ou non d'estimations de captures totales par classes d'âges ou de taille.

Si on ne dispose que d'estimations des fréquences de tailles dans les captures, sans connaître les débarquements totaux, on peut rechercher les mortalités par pêche à partir de la "courbe des captures" et de la connaissance des courbes de croissance. Les travaux de Pauly utilisent cette approche, en conduisant par exemple à l'élaboration de l'atlas évoqué en VII-2-1 (Ingles et Pauly 1984). Cette approche repose sur la validité de plusieurs hypothèses dont les deux principales nous paraissent être la représentativité des fréquences de taille par rapport à la population et la concordance entre âge et taille (deux poissons de tailles différentes ont des âges différents). Il est souvent difficile de juger de la validité de la première hypothèse (problème de sélectivité d'engin, effets spatio-temporels divers et plus généralement problème d'échantillonnage).

La deuxième hypothèse peut soulever de gros problèmes, surtout lorsque les mortalités sont déduites d'un faible nombre de classes de tailles (parfois quatre dans Ingles et Pauly 1984). En effet des poissons de même âge peuvent avoir des tailles les affectant dans différentes classes. On ne sait pas donc pas bien dans certains cas si on évalue une mortalité totale ou la dispersion des tailles de poissons d'une même classe d'âge.

Ces méthodes reposent enfin sur l'hypothèse de stabilité des mortalités sur de longues périodes et il nous paraît nécessaire d'utiliser une approche pouvant décrire des situations de transition.

Lorsqu'on dispose des captures totales par classes d'âge, on peut utiliser des analyses de cohortes qui présentent l'avantage de ne pas supposer l'égalité des mortalités par pêche à partir d'un certain âge. Ces méthodes reposent sur la qualité des estimations des captures, mais la représentativité par rapport à la population n'est plus une hypothèse nécessaire pour l'estimation des mortalités. La connaissance de la croissance individuelle des poissons de chaque population permet de déduire des rendements par recrues pour des combinaisons possibles de mortalités par âge.

Pour évaluer l'impact d'une modification de l'activité de pêche, il faut disposer de relations entre cette activité et les mortalités subies par les poissons des diverses catégories identifiées. Le problème apparaît lors de la construction d'un diagramme de rendement par recrue et que l'on est tenté d'intituler "multiplicateur de l'effort de pêche" l'axe des abscisses alors qu'on est seulement en droit d'écrire "multiplicateur de la mortalité". Les seules modifications simples paraissent alors être les réductions de tailles des mailles qui peuvent annuler les mortalités subies par certaines catégories.

La seule estimation des mortalités par pêche apparaît alors insuffisante ; une tendance actuelle veut modéliser ces mortalités en "séparant" divers effets, par exemple un effet année d'un effet âge des poissons. La mortalité $F(t,a)$ subie par les poissons d'âge a au cours de l'année t est alors:

$$F(t,a) = s(a).f(t)$$

(Doubleday 1976, Pope 1977, Fournier et Archibald 1982, Pope et Shepherd 1982). Le terme $s(a)$ reflète une sélectivité, et $f(t)$ une intensité qu'on peut vouloir relier à l'activité de pêche. Deriso et al. (1985) réalisent ainsi des ajustements en minimisant des sommes de carrés faisant intervenir des termes de la forme:

$$[\text{Log}(f(t)) - \text{Log}(q.E(t))]^2$$

où q est une capturabilité et $E(t)$ l'effort déployé l'année t .

L'application des équations classiques décrivant l'évolution des effectifs des cohortes en permet peut-être le bon suivi, mais elle ne résout pas le problème posé de la recherche d'une relation entre activité de pêche et mortalité de pêche.

Un certain nombre d'études sur la sensibilité des méthodes d'analyse des cohortes ont été réalisées. Pour les analyses menées à partir des fréquences de tailles, (Jones 1974), Laurec et Mesnil (1985), Laurec (1987) ont montré que les incertitudes issues d'erreurs sur les paramètres des courbes de croissance et les erreurs commises dans le cadre d'échantillonnage aléatoire simple sur les effectifs des captures par classes de taille, ont un impact relativement faible sur l'estimation des mortalités. Mais ces résultats encourageants sont obtenus sous l'hypothèse, apparaissant majeure pour les analyses de cohortes, selon laquelle tous les poissons restent disponibles dès lors qu'ils ont été recrutés. Ainsi (Ulltang 1979), si un poisson d'âge x est capturé, on suppose qu'il était capturable lorsqu'il avait un âge y si $t_r < y < x$. Ulltang (1979) montre que les analyses de cohortes faites pour suivre l'effectif d'une

population dans une zone de pêche "bénéficiant" d'immigration continue de poissons venant de l'extérieur, peuvent en donner des descriptions très fausses.

Dans le cas d'une pêcherie à rayon d'action limité, ce type de problème peut se poser de façon cruciale. Nous avons réalisé un certain nombre de simulations en supposant qu'une pêcherie, opérant dans une zone, capture des individus de deux stocks différents. Le premier stock (indice 1) est un stock "résidant", dont tous les individus restent disponibles dès lors qu'ils sont recrutés. Le second stock (indice 2) est extérieur ; à chaque début de période (année par exemple), une certaine proportion P de son effectif migre vers la zone de pêche.

Les recrutements R_1 et R_2 de chacun des stocks sont supposés constants et la mortalité naturelle a la même valeur M pour les deux populations. La mortalité par pêche subie par les individus présents dans la zone de pêche est supposée proportionnelle à une activité de pêche qu'on sait mesurer.

Dans ces conditions, l'effectif des poissons d'âge i (le recrutement se faisant à l'âge 1), du stock 1 au début d'une période est donné par la relation:

$$N_{1i} = R_1 \cdot e^{-(M+F) \cdot (i-1)}$$

L'effectif des poissons d'âge i présents au début d'une période à l'extérieur de la zone de pêche est:

$$N_{2i} = R_2 \cdot (1-P)^i \cdot e^{-M \cdot (i-1)},$$

Le nombre de poisson d'âge i de ce stock ayant migré au début de la période étant égal à

$$R_2 \cdot P \cdot (1-P)^{i-1} \cdot e^{-M \cdot (i-1)}.$$

Le nombre total de poissons d'âge i issus du stock 2 et présents au début d'une période dans la zone de pêche est donc égal à:

$$R_2 \cdot \left[\sum_{k=1}^i (P \cdot (1-P)^{k-1} \cdot e^{-M(k-1)}) \cdot e^{-(F+M) \cdot (k-1)} \right].$$

Le nombre total de poissons d'âge i présents au début d'une période dans la zone de pêche est alors égal à:

$$R_1 \cdot e^{-(M+F) \cdot (i-1)} + R_2 \cdot \left[\sum_{k=1}^i (P \cdot (1-P)^{k-1} \cdot e^{-M(k-1)}) \cdot e^{-(F+M) \cdot (k-1)} \right].$$

Pour des recrutements R_1 et R_2 égaux à 10^5 ;

une mortalité naturelle M de 0,3 ;

une proportion de migration P = 0,2 ;

des valeurs de mortalité F égales à 0,2 ; 0,4 ; 0,8 et 3 c'est-à-dire deux valeurs proches de la mortalité naturelle et deux valeurs lui étant très nettement supérieures)

nous avons recherché les résultats que donnent des analyses de cohortes. Nous avons considéré les captures pour les sept premières classes d'âge et avons réuni les captures de poissons d'âge au moins égal à 8 dans une catégorie 8+. Rappelons que la méthode repose sur la recherche, à partir de valeur d'effectifs N_{i+1} et de captures C_i , des quantités F_i et N_i à l'aide des relations:

$$N_i = N_{i+1} \cdot e^{(F_i+M)} \quad \text{et} \quad C_i = \frac{F_i}{F_i+M} \cdot N_{i+1} \cdot (e^{(F_i+M)} - 1)$$

Les résultats figurent dans le tableau VII-1 ci-dessous. Les valeurs de mortalité correspondant aux captures de la classe 8+ ont été choisies de façon à ce qu'une certaine stabilité des mortalités apparaisse, au moins pour les classes d'âge les plus élevées.

Tableau VII-1

Résultats d'analyses de cohortes réalisées à partir de données simulées supposant l'existence de deux stocks dont l'un est présent dans une zone de pêche dans laquelle des individus de l'autre peuvent migrer.

mortalité	Captures	effectif estimé	effectif disponible	effectif total	mortalité estimée	
âge						
F=0,2	1	18887	202977	120000	200000	0,114
	2	13321	134220	84637	132049	0,122
	3	9185	88045	58360	86459	0,128
	4	6226	57374	39560	56213	0,134
	5	4165	37183	26462	36331	0,138
	6	2756	23987	17512	23361	0,142
	7	1808	15415	11488	14955	0,145
	≥8	3292	9875	7482	9536	0,150
F=0,4	1	34520	198169	120000	200000	0,224
	2	20552	117371	71443	118856	0,225
	3	12227	69426	42502	70602	0,227
	4	7269	41007	25269	41922	0,228
	5	4320	24181	15016	24885	0,230
	6	2566	14231	8919	14768	0,233
	7	1523	8355	5296	8762	0,235
	≥8	2223	4891	3143	5198	0,250
F=0,8	1	58222	198495	120000	200000	0,410
	2	25131	97629	51798	99210	0,350
	3	11774	50962	24267	52366	0,308
	4	5939	27735	12241	28894	0,283
	5	3174	15490	6542	16412	0,269
	6	1766	8771	3640	9489	0,263
	7	1008	4993	2078	5545	0,264
	≥8	1420	2840	1205	3260	0,300
F=3,0	1	105067	208878	120000	200000	0,845
	2	14253	66493	16279	63691	0,283
	3	6676	37123	7625	35724	0,232
	4	3891	21810	4445	21098	0,230
	5	2304	12839	2631	12501	0,231
	6	1365	7547	1559	7409	0,233
	7	809	4427	924	4391	0,236
	≥8	1177	2590	548	2602	0,250

Les analyses parviennent à reconstituer, dans les cas présentés ici, les effectifs correspondant à l'ensemble des deux stocks, mais les mortalités estimées ne sont pas reliées de façon simple à l'activité de la pêche. Pour les mortalités les plus faibles ($F=0,2$ ou $F=0,4$), l'estimation des mortalités est de l'ordre de la moitié de ces valeurs, mais on n'observe pas de variations importantes en fonction de l'âge. Lorsque les mortalités subies par les poissons présents dans la zone de pêche deviennent très importantes ($F=0,8$ ou $F=3$), les cohortes du premier stock s'effondrent très vite et l'estimation de la mortalité subie par la première classe d'âge est importante. Les poissons d'âge élevé présents dans les captures sont des "immigrés récents". Les estimations relatives à ces classes d'âge élevé ne dépendent pratiquement plus que des paramètres de mortalité naturelle et de migration, devenant donc indépendantes de l'activité de pêche.

Il est possible que ce type de phénomène se produise dans des pêcheries caractérisées par de fortes surexploitations locales. Au vu d'estimations élevées pour les poissons des jeunes classes d'âge, puis faibles pour les poissons plus âgés, le "danger" est alors de conseiller une augmentation des tailles de maille de filets et un accroissement du potentiel de pêche.

Ces simulations apparaissent bien sûr caricaturales, mais force est d'admettre que nos connaissances sur les répartitions spatiales des stocks exploités par la pêche artisanale au Sénégal ne nous permettent pas d'affirmer qu'elles sont fausses ni qu'elles peuvent permettre une représentation acceptable de la réalité. De nombreuses espèces exploitées le long de la Grande Côte pendant une partie de l'année "remontent" au nord, dans la région du banc d'Arguin en Mauritanie pendant les périodes de reproduction. Mais certains individus peuvent être capturés toute l'année au Sénégal (par exemple les tiofs de petite taille pendant la saison des pluies) et rien ne permet d'affirmer que tous les poissons d'une même espèce migrent de la même façon (Cf. quatrième partie). Dans ces conditions des scénarios tels que celui utilisé pour les simulations réalisées ci-dessus n'apparaissent pas absurdes.

Notre situation est d'une certaine façon plus simple puisque nous ne disposons guère des données nécessaires pour une utilisation systématique de modèles analytiques. Nous n'avons pas mené d'étude sur la qualité des estimations des captures par classes de tailles dont nous disposons, mais nous n'avons pas, pour de nombreuses espèces, d'estimations des paramètres des courbes de croissance en taille ou en poids. Enfin, la pêche artisanale au Sénégal ne se prête guère à une réglementation de taille de mailles: il n'existe pas de chaluts démersaux et l'introduction d'une réglementation des tailles de mailles des filets utilisés par la pêche artisanale, outre les grandes difficultés d'application qu'elle entraînerait, aurait un impact social qu'il faudrait évidemment prendre en compte.

Nous avons donc opté pour une approche globale de la dynamique des stocks exploités, c'est à dire fondée sur des équations décrivant l'évolution des descripteurs de la ressource

$$\frac{dB_{i,t}}{dt}$$

en cherchant à décrire les prélèvements réalisés par la pêche et le renouvellement de la ressource.

Certaines caractéristiques de la pêcherie, sur lesquelles nous avons longuement insisté, doivent bien entendu pouvoir apparaître, mais nous ne rechercherons pas de formulation qui décrirait de façon explicite la réalité des relations existant entre les différentes composantes du système. Nous avons vu dans la partie consacrée à l'approche globale, que les modèles peuvent rendre compte de certains

phénomènes avec très peu de paramètres, au prix d'une quasi-impossibilité d'interprétation biologique de ces paramètres.

Nous chercherons donc à rendre compte de l'évolution macroscopique générale de certains aspects du système avec des modèles mettant en jeu un nombre aussi réduit que possible de paramètres. Ces aspects doivent être énoncés au vu de certaines caractéristiques de l'exploitation, ainsi que les formes de variabilité qui pourront être évaluées. Ceci peut se faire grâce aux descriptions réalisées précédemment, en particulier dans l'étude des données collectées à Kayar et à Saint Louis de 1975 à 1987.

L'état de la ressource sera décrit par les vecteurs \underline{B}_t et \underline{B}_{et} des biomasses reproductrices et disponibles de ses diverses composantes. Le terme de biomasse reproductrice définit un résumé tel que la production de biomasse moyenne est supposée en être une fonction. Celui de biomasse disponible définit un résumé tel que le rendement attendu de l'utilisation d'une tactique donnée pour une composante donnée de la ressource est le produit de la valeur de ce résumé par une capturabilité.

Les résultats des unités de pêche seront décrits par les rendements des tactiques obtenus à partir des matrices de capturabilités \underline{Q}_t et du vecteur \underline{B}_{et} .

Nous utiliserons, pour évaluer la production, l'équation du modèle de Graham-Schaefer, en définissant donc pour chaque composante i de la ressource deux paramètres H_i et B_{vi} apparaissant dans les termes:

$$H_i \cdot B_{it} \cdot (B_{it} - B_{vi}).$$

La capture sera décrite par une équation supposant l'existence d'une quantité de biomasse inaccessible $\alpha_{it} \cdot B_{vi}$ au temps t , la biomasse disponible étant alors:

$$B_{ie_t} = B_{it} - \alpha_{it} \cdot B_{vi}.$$

Le recours à cette formulation permet de reporter en grande partie la variabilité générale des rendements sur celle de la disponibilité de la biomasse, les termes des matrices \underline{Q} pouvant être constants ou en tout cas peu variables. Cette formulation permet en outre de résoudre, par un artifice, le problème de la forme des relations à l'équilibre entre prises et efforts. Plutôt que de rechercher à partir de la formule du modèle généralisé des valeurs de paramètres m_i plus petites que 2 ayant pour effet une décroissance "ralentie" des prises à l'équilibre (Fig. 6-3) lorsque les efforts sont supérieurs à la valeur correspondant à la PME, nous supposerons que les quantités α_{it} sont toujours strictement positives ce qui interdira de plus toute extinction définitive d'une biomasse (Fig. 6-4 b et c). Les composantes de la ressource absentes une partie de l'année pourront, par exemple, être caractérisées par des valeurs α_{it} appartenant à l'intervalle]0, 1[pendant la saison de pêche et égales à 1 en dehors de celle-ci. L'impact de la variabilité environnementale pourrait être pris en compte par l'introduction de bruits de fond additifs ou multiplicatifs affectant les valeurs α_{it} . Enfin, nous pourrions tenter de formaliser des interactions entre pêcheries. Ainsi, si une autre pêcherie (industrielle par exemple) peut exercer son activité en dehors de la zone accessible aux unités artisanales, la biomasse qu'elle exploite pourra être

appréhendée à partir de valeurs α_{it} inférieures à celles utilisées pour décrire la biomasse exploitée par les pêcheurs artisans.

VII-3-3 Description des modalités de prise de décision.

Nous avons beaucoup insisté sur la variabilité potentielle des mortalités par pêche subies par les diverses composantes de la ressource. La description sera donc réalisée sans faire d'hypothèse de biomasses équilibrées. Nous définirons ainsi une unité de temps et des périodes de durée unitaire au cours desquelles un certain nombre de quantités seront supposées constantes. Nous calculerons pour chaque période (indiquée par t) des valeurs caractérisant l'activité de la pêche, ses résultats, l'état et la disponibilité de la ressource.

L'activité de la pêcherie sera décrite par la matrice P_t donnant la répartition de l'activité de pêche des unités de pêche en fonction de leur stratégie, et des effectifs des unités classées par stratégie (vecteur c). Les valeurs des éléments de la matrice P_t dépendront des valeurs de ces matrices P au cours de périodes antérieures et d'une description des processus de décision intégrant une information sur les résultats escomptés.

L'unité de temps doit être choisie en fonction de la nature de la variabilité des biomasses disponibles et de la "vitesse" de changement des valeurs des matrices P_t . Nous avons vu, en rappelant les résultats obtenus lors de l'enquête faite en 1978 à Kayar (Laloë et al. 1981), que des reports massifs d'efforts peuvent se produire en une semaine. Les importants phénomènes de migrations impliquent l'existence de plusieurs saisons de pêche, et on observe souvent des apparitions ou disparitions "soudaines" de certaines espèces cibles dans les captures (comme l'ont montré Cury et Roy 1988, pour le thiof sur la Grande Côte).

On peut choisir une unité de temps de durée nettement inférieure à l'année, par exemple d'une durée d'un mois.

La détermination des valeurs de la matrice P_t au temps t se fait au vu des rendements attendus par les pêcheurs en fonction de l'utilisation de telle ou telle tactique à leur disposition et à partir de leur expérience.

L'"expérience" des pêcheurs est une chose délicate à définir et donc à décrire. On peut réunir sous cette appellation les connaissances empiriques et la circulation de l'information. L'existence d'une expérience est une évidence, mais il est très difficile de la décrire et d'évaluer son impact. Nous avons eu des contacts avec de nombreux pêcheurs lors de visites sur les plages de Saint-Louis, Kayar, Yoff, Mbour, Joal et dans plusieurs villages des îles du Saloum. De par notre faible compétence en ce domaine, les informations que nous avons recueillies lors de ces entrevues ne permettent pas une présentation satisfaisante de ce qu'est l'"expérience" des pêcheurs. Mais nous avons pu "vérifier" que les pêcheurs ont une connaissance empirique des caractéristiques des ressources qu'ils exploitent, qui n'est bien sûr pas surprenante, mais que nous ne savons pas bien évaluer, ni intégrer dans la description que nous faisons de la pêche.

Ainsi, les cycles de migrations des espèces sont ils souvent décrits par les pêcheurs de la même manière que le font les scientifiques. Il y a même, parfois des appellations différentes des individus d'une espèce selon les phases migratoires. Les thiofs sont ainsi nommés "thiof Ndaxé" (qui poursuivent)

lorsqu'ils vont vers le sud au début de la saison froide, et "tiof Ndello" (qui rentrent) lorsqu'ils vont vers le nord en fin de saison froide. Au cours d'une visite à Kayar, en février 1986, nous nous inquiétions de l'absence de tiofs dans les captures. En observant ce jour là de bonnes captures de *Phyllogramma regani*, les pêcheurs nous annoncèrent qu'il y aurait probablement des prises de tiofs intéressantes au cours des jours suivants car ceux ci sont souvent précédés par des *Phyllogramma*. Cette prévision s'est avérée justifiée. Malheureusement, cette espèce est codée sous l'appellation "divers" dans notre système d'enquête. Par contre, ce sont les pêcheurs qui nous ont indiqué que la pêche à la senne tournante des tassergals ne peut bien se pratiquer que lorsqu'ils sont regroupés en bancs suffisamment compacts se rencontrant en général à la fin de leur séjour dans les eaux sénégalaises, fin mai ou début juin ; nous avons pu le vérifier avec les données collectées (Cf. cinquième partie).

La circulation de l'information sur les rendements observés dans les différents points de débarquements peut être très rapide. Par exemple les résultats des pêches réalisées à Saint-Louis sont connus dans les 24 h. à Kayar, et ceux réalisés à Nouadhibou au nord de la côte mauritanienne le sont dans la semaine qui suit. Cette circulation dépend beaucoup, dans les cas que nous avons observés, des déplacements des membres des familles, et toutes les unités de pêche ne sont certainement pas informées avec la même rapidité ni même avec la même efficacité.

Nous pourrions ainsi poursuivre en relatant de nombreuses anecdotes, mais à partir des observations qui précèdent, nous pensons pouvoir donner quelques orientations pour la description d'un processus de décision. Ce n'est ici qu'une tentative qui devrait être poursuivie si elle s'avère intéressante.

Les mortalités seront supposées avoir une variabilité générale engendrée par des phénomènes de haute, moyenne et basse fréquences:

- la variabilité de haute fréquence correspond aux reports d'efforts observés sur de courts intervalles de temps, comme ce fut observé à Kayar lors de l'enquête de 1978 ;

- la variabilité de fréquence moyenne, liée à une période annuelle, correspondant aux cycles de disponibilité des espèces recherchées ;

- la variabilité de basse fréquence issue de l'adoption de nouvelles tactiques de pêche, liée à l'utilisation d'un nouvel engin ou équipement (senne tournante ou glacière) ou à l'"apparition" ou à la "découverte" de la disponibilité d'une ressource (début des captures de poulpes sur la Petite Côte en 1986 ou recherche des soles par des filets dormant à Kayar en 1985).

Ces trois types de variations doivent pouvoir être prises en compte par la description des processus de décision.

En adoptant une relation de la forme:

$$\tilde{P}_t = \text{fonction de } (\tilde{P}_{t-1}, \tilde{R}_{t-1}),$$

où \tilde{R}_{t-1} est le vecteur des "revenus" observés par les pêcheurs au temps t-1 selon les différentes tactiques, il apparaît en première analyse que seule une variabilité de haute fréquence pourra être décrite, puisque les décisions au temps t ne dépendent que d'attitudes et d'observations récentes.

On peut envisager une relation du type:

$$\underline{P}_t = \text{fonction de } (\underline{P}_{t-1}, \underline{P}_{t-T}, \underline{R}_{t-1}, \underline{R}_{t-T}),$$

où T est la période correspondant aux fréquences moyennes (T=12 si l'unité de temps est le mois).

En fait, il est possible de tenir compte des saisonnalités par l'introduction d'une périodicité dans les capturabilités ou les disponibilités, et de s'en tenir à une formulation simplifiée ne tenant compte que des attitudes et observations récentes.

Concrètement, les modifications des valeurs de la matrice \underline{P} entre le temps t et le temps t+1 peuvent être traitées par "stratégie" en considérant donc chaque ligne séparément. La kième ligne correspond aux valeurs p_{jkt} $k=1...p$, proportions des unités de type k ayant adopté la tactique j au temps t. La détermination de la valeur $p_{jk_{t+1}}$ est faite à partir de p_{jkt} et de l'intérêt qu'il y a de changer de tactique, soit en abandonnant la tactique j au profit d'une autre, soit au contraire en l'adoptant aux dépens d'une autre. Un changement de tactique peut être justifié par l'attente d'une meilleure satisfaction.

Les variations de basse fréquence ne peuvent être reproduites par de telles relations que dans une certaine mesure. Ainsi les rendements peuvent être modifiés par des évolutions de prix différentes selon les espèces capturées et/ ou par des modifications dans les coûts engendrés par le recours à telle ou telle tactique (par exemple le prix du carburant intervient plus dans les dépenses occasionnées par une sortie "ligne traîne" que par une sortie "ligne de fond"). Par contre, l'apparition d'une nouvelle tactique se traduit par une modification de la matrice \underline{P} , soit par un changement du nombre de type d'unités, soit par le retrait de la contrainte de nullité associée à certains éléments de la matrice.

A partir de ces indications nous pouvons, à l'aide de simulations, étudier quelques propriétés cette approche.

VII-4 Simulations.

Nous poursuivons l'étude de cas abordée en VI-4-3, sans recourir ici à une hypothèse d'équilibre. Nous avons repris les mêmes modèles régissant la dynamique des deux populations, en supposant toutefois qu'un millionième de la biomasse vierge de la première reste inaccessible à la pêche. Ceci permet d'éviter une extinction, et à fortiori des "biomasses négatives", tout en restant très proche des caractéristiques d'un modèle de Graham-Schaefer classique.

Dans cet exemple, il n'y a qu'un seul type d'unités ayant à leur disposition deux tactiques chacune permettant la capture de poissons d'une espèce. La matrice de stratégies a donc une ligne et deux colonnes et est égale à (1,1). La matrice \underline{P}_t s'écrit (P_{11t}, P_{12t}) avec $P_{11t} + P_{12t} = 1$. Nous supposons que

$$P_{1j_{t+1}} = P_{1j_t} + \delta P_{1j_t}, \text{ où } \delta P_{1j_t} = \lambda \cdot (r_{j_t} - \bar{r}_{1_t}) / \bar{r}_{1_t},$$

r_{jt} étant le rendement obtenu au temps t en utilisant la tactique j,

\bar{r}_{1t} le rendement moyen sur l'ensemble des tactiques disponibles pour les unités du type 1.

Les valeurs des rendements sont obtenues pour chaque tactique en soustrayant des CPUE un coût de mise en oeuvre. Le paramètre λ permet de décrire la vitesse de passage d'une tactique à l'autre. Si on choisit une unité de temps d'un mois, on peut désirer que, si le rendement de la première tactique est le double de celui de la seconde, la valeur δp_{11} soit égale à 0,5. Dans ce cas $\lambda \cdot (r_{11} - r_1) / \bar{r}_1 = 0,5$ et donc $\lambda = 1,5$. On peut, avec cette méthode obtenir des valeurs négatives ou supérieures à 1 pour certaines proportions. Dans ces cas, ces valeurs seront supposées nulles ou égales à 1 et l'ensemble des proportions réévalué par:

$$p_{ij_t} = \frac{P_{ij_t}}{\sum_j P_{ij_t}}$$

de façon à ce que la somme sur j soit égale à 1.

Nous avons ainsi réalisé deux simulations, sur une durée de 7 années avec une unité de temps mensuelle. Nous avons d'abord choisi un nombre de 100 unités de pêche, puis un nombre de 300 dans la seconde simulation. Les biomasses de chacun des deux stocks étaient supposées égales à 500 au temps initial dans le premier cas, et égales à 250 dans le second. Le coût de la mise en oeuvre de la première tactique est de 2 pour toute la durée de la simulation; pour la seconde tactique, il est de 2 les quatre premières années et de 2,4 (soit une augmentation de 20%) à partir de la cinquième. La figure 7-3 (a,b,c et d) montre l'évolution des captures totales et par espèce et l'évolution des répartitions d'efforts selon les deux tactiques.

On peut faire plusieurs observations:

- de fortes variations d'apparence périodique apparaissent si on observe les captures par espèce et les répartitions des efforts. La périodicité ne dépend pas seulement des paramètres des modèles régissant la dynamique des populations puisqu'elle se modifie avec le nombre d'unités de pêche;

- les captures totales sont relativement stables. Lorsqu'il y a 100 unités de pêche, la prise totale annuelle, très stable, est d'environ 360, valeur très proche de celle observée en imposant un équilibre fondé sur l'égalité des deux rendements. Il en est de même lorsqu'il y a 300 unités (dans ce cas la prise annuelle totale est d'environ 136).

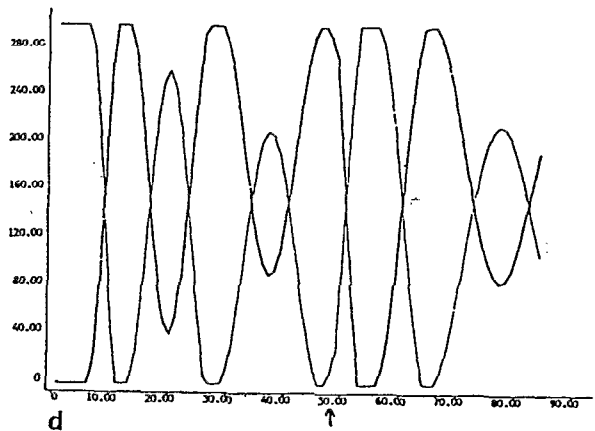
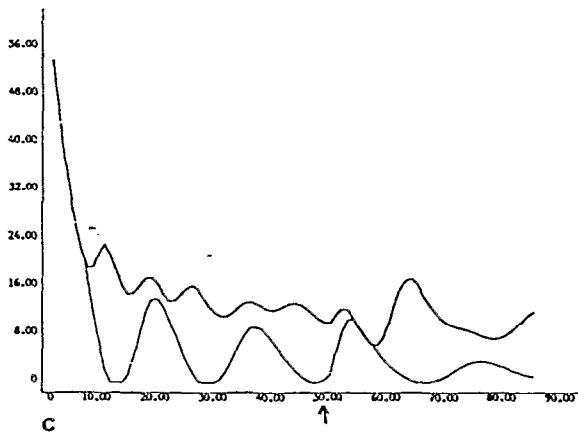
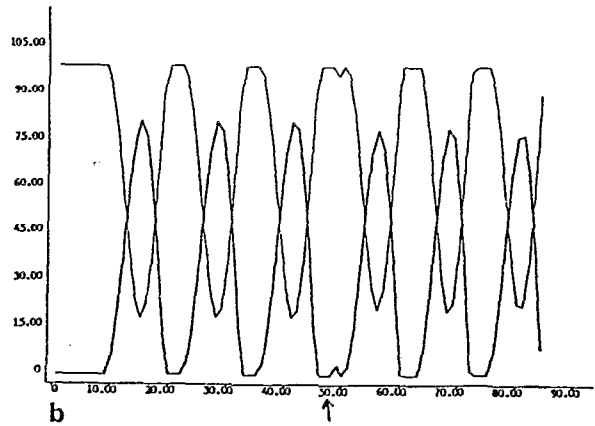
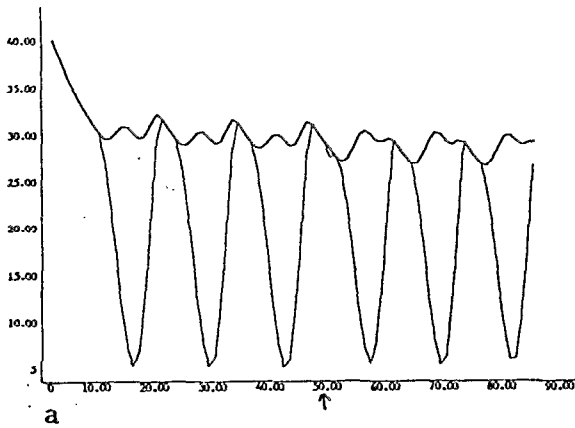


Figure 7-3

Simulations d'une pêcherie dont les unités de pêche ont le choix entre deux tactiques permettant de capturer l'une ou l'autre de deux espèces.

a et c: Prises mensuelles pour la première espèce (trait fin) et pour la somme des deux (trait gras)
 b et d: effort consacré à la première tactique (trait fin) et à la seconde (trait gras).

les graphes a et b correspondent à la pêcherie formée de 100 unités de pêche et les graphes c et d à celle formée de 300 unités de pêche.

L'augmentation du coût de mise en oeuvre de la seconde tactique provoque des modifications relativement importantes lorsqu'il y a 300 unités de pêche. L'effort porté sur la deuxième s'effondre dans un premier temps, puis s'accroît lorsque la biomasse atteint un niveau permettant des rendements "admissibles"

Nous avons refait ces simulations en supposant l'existence d'une variation périodique annuelle affectant la quantité de biomasse inaccessible de la seconde espèce:

$$\alpha = 0,2 + 0,2 \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot t / 12)$$

la valeur moyenne de α sur une année est alors de 0,2 et reste la même que celle introduite dans les premiers calculs. Les résultats sont portés sur la figure 7-4 (a, b, c et d). On observe bien alors des périodes annuelles dans ces résultats. Les 100 unités de pêche se consacrent à la recherche de la première espèce lorsque la seconde est peu disponible. Lorsque le nombre d'unités est de 300, elles se consacrent à la première espèce, qui est pratiquement éteinte, lorsque la seconde devient totalement absente. L'augmentation du coût de mise en oeuvre de la deuxième tactique n'introduit pas de changements notables dans le système.

Ces simulations, surtout celles concernant les flottes de 300 unités de pêche sont en fait peu réalistes, puisqu'elles supposent que les unités restent actives même lorsque les rendements sont pratiquement nuls (ou même négatifs si on tient compte des coûts de mise en oeuvre).

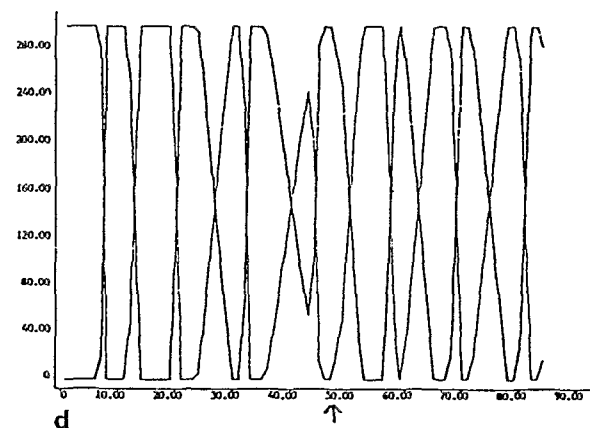
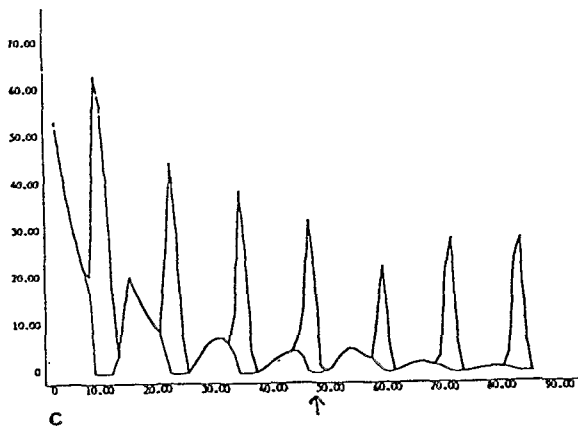
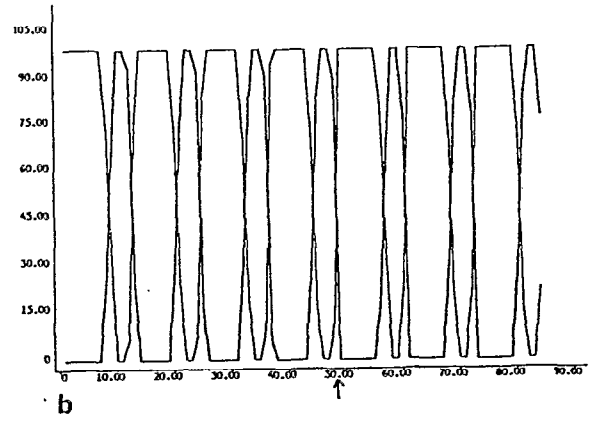
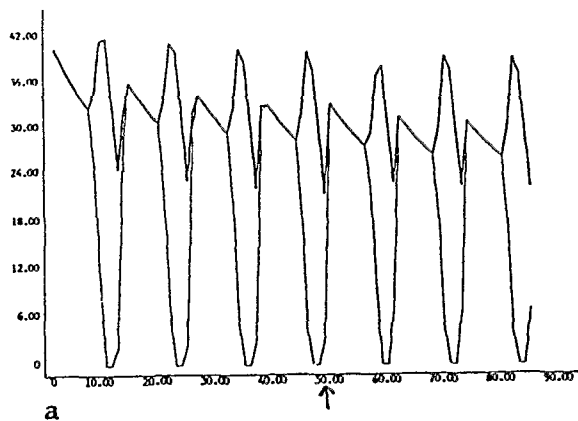


Figure 7-4

Simulations d'une pêcherie dont les unités de pêche ont le choix entre deux tactiques permettant de capturer l'une ou l'autre de deux espèces. La seconde espèce est caractérisée par l'existence d'une biomasse inaccessible affectée de variations saisonnières.

a et c: Prises mensuelles pour la première espèce (trait fin) et pour la somme des deux (trait gras)
 b et d: effort consacré à la première tactique (trait fin) et à la seconde (trait gras).

les graphes a et b correspondent à la pêcherie formée de 100 unités de pêche et les graphes c et d à celle formée de 300 unités de pêche.

Nous avons donc modifié ce modèle en supposant que les unités peuvent cesser de pêcher, au profit ou non d'une autre activité (agriculture par exemple). Cette inactivité peut être considérée comme une tactique caractérisée par des capturabilités toutes nulles, mais pouvant par ailleurs avoir un rendement non nul. Nous avons poursuivi la simulation ci-dessus en supposant donc l'existence d'une telle troisième tactique. Nous avons supposé la pêcherie composée de 175 unités et avons réalisé la simulation sur 10 années. Les rendements des deux premières tactiques sont toujours calculés à partir des mêmes valeurs, l'augmentation du coût de mise en oeuvre de la deuxième tactique se produisant ici au début de la septième année. Le "rendement" de l'inaction de pêche est supposé égal à 1 les six premières années et à 1,5 les quatre dernières. Ces événements introduits ici de façon parfaitement arbitraire pourraient correspondre dans la réalité à de multiples situations: pénuries affectant une tactique plutôt qu'une autre ; regain d'intérêt des activités agricoles, conflits entraînant une difficulté d'utilisation de certains engins, ouverture ou fermeture d'un marché concernant une espèce particulière... On pourrait également introduire dans les modèles de dynamique des populations des modifications reflétant l'impact de l'environnement: modification de la productivité (au niveau des biomasses vierges ou de la mortalité naturelle), modification des capturabilités ou des quantités de biomasses inaccessibles...

Les résultats (prises, efforts et rendements des différentes tactiques) sont résumés par la figure 7-5 (a, b et c).

On observe que les modifications introduites au début de la septième année (mois 73) sont causes de changements assez importants. La seconde espèce disparaît des captures (fig. 7-5- a), sans qu'il y ait d'augmentation de celles de la première. La situation ne redevient "normale" qu'après plus d'une année. On observe de même (fig. 7-5- b) un arrêt de la recherche de la seconde espèce, un accroissement de "l'inaction de pêche" au cours de cette septième année et il n'y a pas de stabilisation intervenant avant la fin de la période simulée. Enfin, l'examen des rendements (fig. 7-5- c) indique qu'une nouvelle valeur de rendement de "l'inaction de pêche" entraîne, après une période de reconstitution des stocks, un accroissement des rendements des deux premières tactiques autour de cette nouvelle valeur.

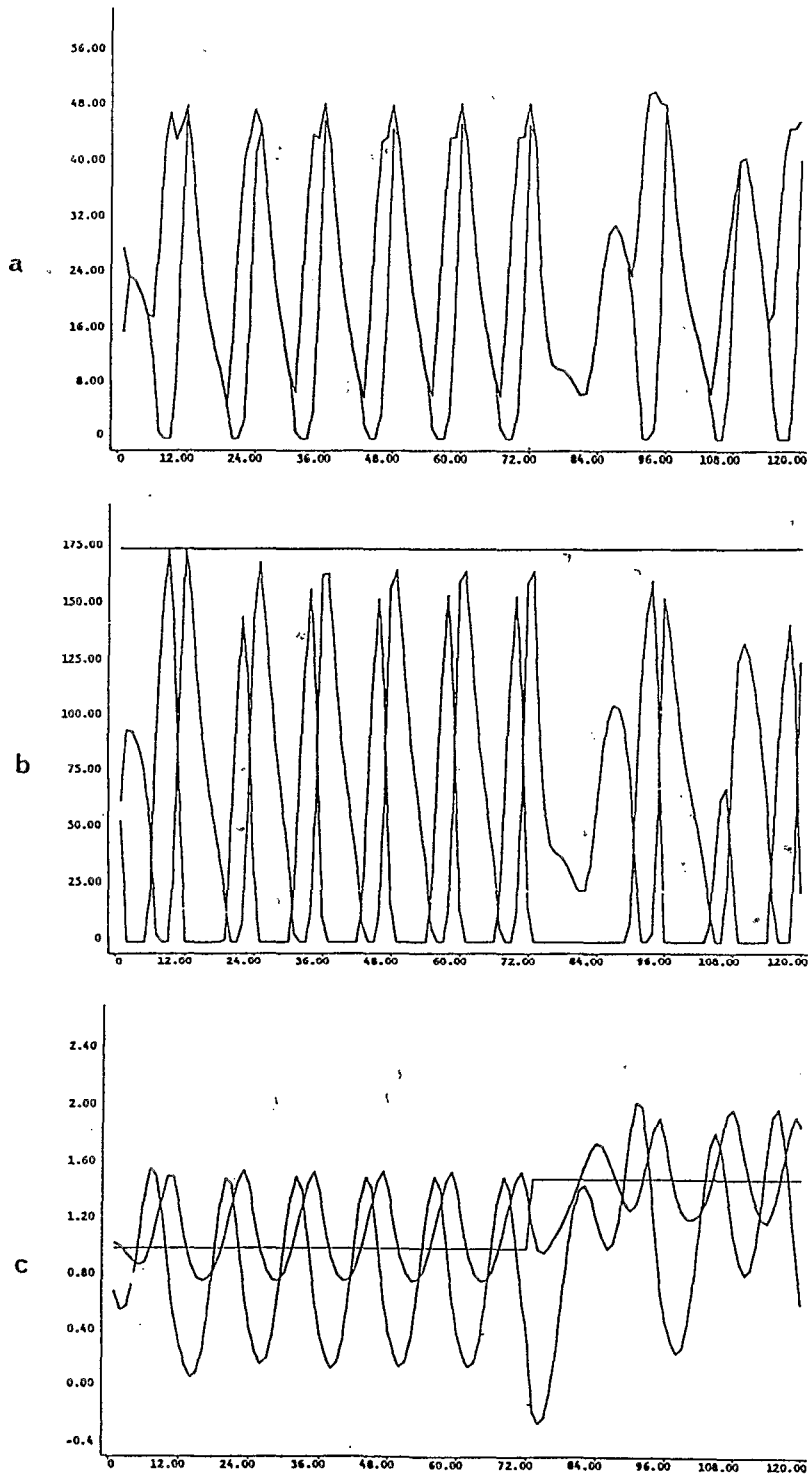


Figure 7-5

Evolution des captures (a), efforts (b) et rendements (c) mensuels selon deux espèces et trois tactiques, les deux premières permettant la capture de l'une ou l'autre des espèces, la troisième n'entraînant pas de capture les concernant.

Conclusion

Nous pourrions évidemment poursuivre de telles simulations pour appréhender l'impact de tel ou tel phénomène. Elles nous paraissent montrer qu'une intégration des relations reflétant certaines caractéristiques de la pêche artisanale sénégalaise conduit à des résultats de captures, de rendements et de répartition d'efforts pouvant être comparés à ceux analysés lors de la description de la pêcherie menée dans les premières parties de cette étude.

Nous disposons donc d'un outil que nous allons utiliser pour une modélisation de l'interaction entre la pêcherie et la ressource.

**LA PÊCHE ARTISANALE AU SÉNÉGAL.
RESSOURCE ET STRATÉGIES DE PÊCHE.**

HUITIÈME PARTIE

**ESSAI DE MODÉLISATION D'UNE PÊCHERIE ANALOGUE
A CELLE DE LA GRANDE CÔTE DU SÉNÉGAL**

INTRODUCTION

Après avoir essayé de décrire nos données sans idée préconçue sur le choix d'un modèle, nous avons proposé les orientations d'une modélisation qui pourrait rendre compte du dynamisme de la pêche artisanale sénégalaise.

Nous avons vu que les modèles globaux s'adaptent à bon nombre de situations en les utilisant comme des "boîtes noires" (sans essayer nécessairement de trouver une signification biologique à tous les paramètres). C'est dans cette optique qu'ils seront utilisés ici. Nous ne chercherons pas à estimer des biomasses vierges, ni des capturabilités ou des mortalités naturelles ; en donnant à ces quantités des valeurs comparables aux données dont nous disposons et en reconstituant une pêcherie formée d'unités dont l'activité et les résultats sont semblables à ceux des unités de la pêche artisanale sénégalaise, nous allons simuler une pêcherie à partir de laquelle nous pourrions évaluer l'impact de modifications de certains paramètres.

Dans ce but nous définirons:

une **ressource** que nous décrirons par un certain nombre de valeurs (biomasses), dont les changements sous l'impact de la pêche seront déterminés par des modèles globaux simples,

des **tactiques de pêche** dont découlent des mortalités sur les composantes de la ressource, fonctions des capturabilités vis-à-vis des biomasses accessibles,

des **stratégies** caractérisées par des tactiques disponibles.

Une simulation générale évaluera certains aspects de cette pêcherie en recherchant une similitude avec les descriptions des premières parties. Pour ce faire, nous tenterons de traduire, outre l'impact de l'activité de la pêche sur la ressource, celui des variations du marché et de l'environnement sur la relation entre la pêche et la ressource. Nous essaierons de "reproduire" les principaux changements observés qui ont conduit à distinguer 3 périodes dans la description de la pêche sur la Grande Côte.

Nous pourrions alors envisager de simuler l'impact d'altérations de la nature même des unités de pêche.

VIII-1 Les éléments de base du modèle.

Ces éléments sont la ressource, les tactiques et les stratégies de mise en oeuvre de ces tactiques.

VIII-1-1 La ressource.

Nous avons montré que l'exploitation d'une espèce donnée engendre des mortalités sur d'autres. De même, une espèce peut être la cible de plusieurs engins de pêche dans la même zone. L'étude des compositions spécifiques des captures réalisées au cours de sorties de pirogues lignes a permis la mise en évidence d'un certain nombre d'associations (paragraphes IV-2-4 et 5).

Nous considérerons un stock de poissons comme un groupement empirique d'espèces ayant certaines affinités se traduisant par des répartitions saisonnières et bathymétriques comparables et par une appartenance au même maillon de la chaîne alimentaire. On ne pourra pas par exemple associer dans un même stock les sardinelles et les chinchards, ces derniers pouvant être capturés par la ligne appâtée, alors que les premières, planctonophages ne sont pêchées que par des filets de surface. Il en est de même pour le denté des Canaries, espèce côtière et le denté à gros yeux, espèce pêchée sur les fonds de 100 m ou plus. Ces observations nous amènent à distinguer 8 stocks exploités sur la côte nord, chacun d'eux étant nommé par l'espèce, ou le groupe d'espèces le plus important dans sa composition.

Les stocks.

- Le stock "tiof" regroupe les mérours côtiers du genre *Epinephelus*, distribués sur les fonds durs en deçà des 50 mètres.

- Le stock "pageot" regroupe les dorades roses côtières telles que le pageot, le pagre à points bleus, le denté des Canaries, qui sont très souvent mélangés dans les captures de pêche industrielle.

- Le stock "chinchards" regroupe des chinchards jaunes et noirs.

- Le stock "dentés" regroupe les dentés profonds dont le plus important est le denté à gros yeux.

- Le stock "tassergal" regroupe le tassergal et deux espèces qui lui sont associées sur les zones de pêche, la thonine et la bonite.

- Le stock "sardinelles" regroupe les sardinelles rondes et plates.

- Le stock "sole" est le seul stock monospécifique (*Cynoglossus senegalensis*). Nous avons vu au paragraphe V-2-4 que la recherche de la sole fait l'objet d'une tactique spécifique par les filets dormants, dont la mise en oeuvre a posé des difficultés importantes à Kayar, justifiant ainsi son analyse dans cette étude.

- Le stock "poissons filets dormants" regroupe un ensemble d'espèces côtières généralement inféodées aux zones d'estuaires (capitaines, machoïrons, courbine et daurade grise) ainsi que les requins.

Nous admettrons que tous ces groupes définis constituent des stocks unitaires répartis sur la zone d'activité des pêcheurs de la côte nord, comprise entre la presqu'île du Cap-Vert et le Cap Timiris (15° N à 19° N., cf. première partie), à l'exception des "chinchards" et des "sardinelles" dont l'aire de répartition est plus étendue.

Les unités de pêche originaires de cette région sont susceptibles de se déplacer au sud de celle-ci, et d'engendrer des mortalités par pêche sur d'autres stocks. Nous définirons donc trois stocks synthétiques "extérieurs" regroupés selon des critères beaucoup plus grossiers que ceux utilisés pour la côte nord, et pouvant subir ces mortalités.

- Le "stock démersal sud" regroupe l'ensemble des espèces démersales pouvant être exploitées par les lignes, les filets dormants de fond et les casiers (LFDC).

- Le "stock pélagique sud" regroupe les espèces exploitées par les sennes tournantes et les filets maillants encerclants au sud du Sénégal. Ce sont généralement des petits pélagiques côtiers constitués des principales familles, clupéidés, carangidés et pomadasydés.

- Le "stock des bateaux ramasseurs" regroupe les familles que nous avons énumérées en décrivant ce type d'exploitation dans la cinquième partie: mérour et sparidés profonds recherchés à l'extérieur du Sénégal, jusqu'en Sierra Leone.

Certaines caractéristiques peuvent être dès à présent définies pour décrire l'état et la nature de ces stocks. Nous donnons au tableau VIII-1 des ordres de grandeurs de certaines variables en nous appuyant sur les descriptions déjà faites des composantes de la ressource, et les résultats obtenus lors d'études menées dans la région sénégal-mauritanienne (Josse et Domain 1979, Cury et Worms 1982, Franqueville 1983, Fréon 1986, COPACE 1988, publications régulières de statistiques par le CRODT, Anonyme 1983, 1985).

Tableau VIII-1
Paramètres des stocks pris en compte dans la modélisation

stock	captures importantes observées (tonnes)	mortalité naturelle	biomasse vierge (tonnes)	potentiel (tonnes)	prix (₣/kg) P _i
"clofs"	4000	0,3	33333	5000	400
"pageots"	9000	0,5	40000	10000	220
"chinchards"	50000	0,5	200000	50000	100
"dentés"	2500	0,4	20000	4000	200
"tassergal"	7000	0,3	66666	10000	220
"sardinelles"	70000	1,0	150000	75000	70
"soles"	1000	0,5	5000	1250	400
"poissons filets dormants"	3000	0,4	20000	4000	150
"stock démersal sud"	50000	0,4	300000	60000	250
"stock pélagique sud"	140000	0,8	375000	150000	50
"stock bateaux ramasseurs"	14000	0,4	100000	20000	100

Les caractéristiques des stocks.

- **Les captures totales.** Il s'agit, pour chaque stock, du niveau de capture le plus important maintenu pendant une période de relative stabilité des prises. Les stocks de "chinchards" et de "sardinelles" font l'objet d'une pêche industrielle intense par les pays de l'est de l'Europe au nord de la Mauritanie: nous ne considérerons ici que les captures réalisées par tous les types de pêche au sud du Cap Timiris. **Les potentiels de captures**, ou prises maximales à l'équilibre (PME), sont supposés de l'ordre de grandeur des captures définies ci-dessus.

- **Les mortalités naturelles (M)** seront, pour l'ensemble des espèces, également tirées des résultats publiés cités plus haut. En fait il est fréquent que les mortalités naturelles aient fait l'objet de plusieurs estimations pour une même espèce, ayant conduit à des valeurs fort différentes. Nous adopterons des valeurs de mortalité compatibles avec ces estimations, et respectant les différences de longévités supposées entre les populations constituant les stocks pris en compte dans le modèle.

- **Les biomasses vierges** seront déduites des PME et des mortalités naturelles grâce à la formule de Gulland qui s'appuie sur l'hypothèse d'égalité entre les mortalités par pêche et naturelle lorsque l'équilibre correspondant à la PME est réalisé:

$$PME = 0,5.M.B_v \text{ soit } B_v = 2.PME/M.$$

Nous savons que cette formule est fort contestée. Elle est généralement appliquée pour obtenir des ordres de grandeurs de captures potentielles à l'équilibre lorsqu'on ne dispose que d'estimations de la biomasse vierge obtenues avant qu'une activité de pêche importante ait débuté. Nous avons vu dans la cinquième partie que la valeur B_v est l'un des paramètres très mal estimable des modèles globaux. Dans notre description, les valeurs de biomasses auront comme seul impact réel leur effet sur les dérivées des biomasses par rapport au temps, qui seront, pour une PME donnée, d'autant plus faibles que la biomasse vierge sera importante.

- **Les prix moyens** par kilogramme sont donnés à titre indicatif. Ils s'inspirent des prix aux producteurs collectés sur les plages de manière régulière par le CRODT (Chaboud et al. 1982, Chaboud, Com. Pers.). Ils ne tiennent pas compte des fluctuations annuelles ; nous avons essayé de refléter les différences entre les régions nord et sud, qui peuvent être assez importantes, dans les prix adoptés pour les stocks "nord" et "sud".

VIII-1-2 Les tactiques de pêche.

La typologie de l'activité des pirogues sur la Grande Côte est un résumé des principales tactiques mises en évidence dans la quatrième partie. Les unités de pêche pouvant migrer vers d'autres régions ou bien abandonner momentanément la pêche, nous avons défini des tactiques en rendant compte. Nous avons défini également une tactique de "pêche industrielle" provoquant des mortalités sur les stocks exploités par les pêcheurs artisans. Chacune des 18 tactiques est repérée par une lettre.

Quatre tactiques de pêche à la ligne sont définies sur les stocks présents sur la Grande Côte:

- a) recherche privilégiée de tiofs,
- b) recherche privilégiée de pageots,
- c) recherche privilégiée de dentés,
- d) recherche privilégiée de tassergals.

Chacune de ces tactiques peut engendrer une mortalité à l'encontre de plusieurs stocks, notamment les chinchards. Elles peuvent être adoptées par des unités pouvant abandonner la pêche sur la Grande Côte une partie de l'année pour:

- n) des activités agricoles à Kayar (Van Chi Bonnardel 1967, Coly 1984),
- e) pratiquer la pêche au sud du Sénégal à l'encontre du stock "LFDC",
- f) partir avec des bateaux ramasseurs,
- o) adopter toute autre activité que la pêche ou l'agriculture.

Nous avons défini trois tactiques de pêche associées aux pirogues glacières:

- g) pêche sur la Grande Côte (à l'encontre des stocks capturés par les pirogues lignes)
- h) pêche au sud du Sénégal (à l'encontre des poissons démerseaux)
- p) inactivité de pêche.

Quatre tactiques sont associées à la senne tournante :

- i) recherche privilégiée des petits pélagiques sur la Grande Côte (sardinelles, chinchards)
- j) recherche privilégiée des tassergal sur la Grande Côte,
- k) recherche des petits pélagiques au sud du Sénégal,
- q) inactivité de pêche

Nous distinguons deux tactiques de filets dormants sur la Grande Côte:

- l) à l'encontre des soles (pose de filet en faible profondeur pendant les mois où les soles sont très disponibles)
- m) à l'encontre des autres "poissons filets dormants"

La pêche au filet dormant au sud du Sénégal et l'inaction des unités spécialisées dans l'utilisation de cet engin sont assimilées aux tactiques (e et o) déjà définies.

Enfin une tactique "industrielle" (r) a été prévue, afin de permettre la prise en compte des captures réalisées par l'ensemble de ces pêcheries sur les stocks qui nous intéressent ici.

A chacune de ces tactiques, nous avons attribué un coût de mise en oeuvre correspondant à une journée d'utilisation. Nous nous sommes inspirés des résultats issus du suivi d'unités de pêche déjà évoqué (Weber 1982, Durand 1984). Ici encore les données sont simplistes et ne tiennent pas compte du fait que les coûts sont variables selon les années et les lieux de résidence (Durand 1984). Ces coûts sont données au tableau VIII-2, avec la liste résumée des tactiques

Tableau VIII-2

Noms et coûts de mise en oeuvre pour une journée d'activité des tactiques prise en compte dans la description.

		cout de mise en oeuvre (C _j)
- La pêche à la ligne (6 tactiques).		
- la ligne de fond "gros poissons"	a	5000
- la ligne de fond "petits poissons"	b	5000
- la ligne de fond "dentée"	c	5000
- la ligne pélagique	d	5000
- la LFDC en dehors de la Grande Côte	e	5000
- la ligne à partir des bateaux ramasseurs	f	0
- la ligne glacière (2 tactiques)		
- la ligne glacière sur la Grande Côte	g	10000*
- la ligne glacière en dehors de la Grande Côte	h	10000*
- la senne tournante (3 tactiques)		
- la senne tournante "tassergal"	i	20000
- la senne tournante "petits poissons"	j	20000
- la senne tournante en dehors de la Grande Côte	k	20000
- la filets dormants (2 tactiques)		
- le filet dormant "poissons filets dormants"	l	4000
- le filet dormant "soles"	m	60000**
- l'agriculture	n	-6000***
- le "repos" (3 tactiques)		
- le "repos" (LFDC)	o	-3000
- le "repos" (ligne glacière)	p	-6000
- le "repos" (senne tournante)	q	-10000
- Les industriels	r	0****

* Pour les pirogues glacières, le coût correspond à une journée d'utilisation. Pour une marée de quatre jours, le coût est donc de 40000 F.

** le coût prohibitif de 60000 F est introduit pour refléter une interdiction d'utilisation de cette tactique.

*** Le coût négatif correspond en fait à un revenu issu de l'activité exercée en remplacement de la pêche. Pour l'agriculture la valeur de 6000 F ne sera valable que pendant les mois d'hivernage. Les revenus de l'"inaction" ont arbitrairement été fixés en essayant de traduire les effectifs différents des équipages.

**** Le coût relatif à la pêche industrielle ne nous concernant pas ici, nous supposons que ces unités pêchent, quels que soient les rendements qu'elles obtiennent.

VIII-1-3 Les stratégies de pêche.

Les diverses stratégies de pêche existantes sont résumées par les lignes de la matrice des stratégies du tableau VIII-3. Chaque élément d'une ligne est égal à 1 ou 0 selon que la tactique (colonne) est disponible ou non.

La liste de stratégies présentée ici est proposée à partir d'un certain nombre de sources d'informations, parfois non parfaitement concordantes (enquête auprès de pêcheurs de Saint-Louis, recensements semestriels du CRODT...). Nous avons voulu introduire des différences liées aux lieux d'origine des unités ; par exemple les pêcheurs à la ligne originaires de Kayar peuvent avoir des activités agricoles, mais ils ne pêchent pas en dehors de la Grande Côte.

Tableau VIII-3

"Matrice des stratégies" et effectifs des unités relevant de chacune d'entre elles.

Tactique	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	effectif
Stratégie																			
filets dormants "purs"	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	100
ligne de Kayar	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	150
ligne de Saint-Louis	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1000
lignes extérieures	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1800
glacière	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	150
glacière-senne tournante	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	100
senne tournante	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	80
senne tournante extérieure	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	250
industriels	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	100

Les 100 unités ayant la stratégie "filets dormants purs" sont supposées ne pouvoir utiliser que des filets dormants sur la Grande Côte, en recherchant soit des soles, soit d'autres poissons. Ce choix permettra de traduire une situation analogue à celle ayant entraîné le conflit de Kayar (V-2-4).

Les 150 unités "lignes de Kayar" pratiquent la pêche à la ligne à Kayar. Elles ont le choix entre les trois premières tactiques, la recherche du tassergal étant supposée être une spécialité des pêcheurs saint-louisiens. Elles peuvent abandonner la pêche au profit de l'agriculture ou du "repos LFDC".

Les 1000 unités "lignes de Saint-Louis" ont à leur disposition l'ensemble des 6 tactiques lignes et les deux tactiques de filets dormants de la Grande Côte. Elles peuvent également adopter la tactique "repos LFDC".

Les 1800 unités "lignes extérieures" sont les unités originaires de l'extérieur de la Grande Côte et qui pratiquent la pêche à la ligne, au filet dormant ou au casier à l'encontre du stock "LFDC sud". Elles peuvent également adopter la tactique "repos LFDC".

Les 150 unités "glacières" peuvent pratiquer, en plus des tactiques déjà disponibles aux unités "lignes saint-louisiennes", la pêche avec des glacières sur la Grande Côte ou à l'extérieur. Elles peuvent également adopter la tactique "repos glacière".

Les 100 unités "glacière-senne tournante" peuvent pratiquer toutes les tactiques impliquant l'utilisation d'une glacière ou d'une senne tournante. Elles peuvent également adopter la tactique "repos senne tournante".

Les 80 unités "senne tournante" peuvent pratiquer toutes les tactiques relevant de cet engin. Elles peuvent également adopter la tactique "repos senne tournante".

Les 250 unités "senne tournante extérieure" sont les unités originaires de l'extérieur de la Grande Côte et qui utilisent des tactiques (senne tournante, filets maillants encerclants) dirigées vers le stock "pélagique sud".

Enfin nous avons donné très arbitrairement un effectif de 100 unités industrielles qui est tout à fait artificiel et qui n'aura de sens qu'avec la définition des capturabilités choisies de façon à ce que les captures industrielles correspondent à des ordres de grandeur fixés a priori.

Le nombre total d'unités de pêche artisanale est ainsi égal à 3730, nombre compatible avec les effectifs de "pirogues actives" obtenus lors des recensements du parc de pirogues utilisées en mer.

VIII-2 Les relations entre les éléments de base.

Les tactiques de pêche peuvent être reliées à des mortalités par pêche, à travers les prises par sorties obtenues. Les stratégies peuvent être exprimées en proportions d'adoption, à chaque instant, des diverses tactiques disponibles. La forme de ces relations doit évidemment être précisée ici.

VIII-2-1 Les prises par sortie.

La prise réalisée au cours d'une sortie pour un stock i et une tactique j est donnée au temps t par

$$CPUE_{ij_t} = q_{ij} \cdot (B_{i_t} - \alpha_{ij_t} \cdot Bv_i) \cdot$$

Le modèle global qui décrit l'évolution de la biomasse B_{i_t} est donné par

$$\frac{dB_{i_t}}{dt} = B_{i_t} \cdot H_i \cdot (B_{i_t} - Bv_i) - \sum_{j=1}^{18} q_{ij} \cdot f_j \cdot (B_{i_t} - \alpha_{ij_t} \cdot Bv_i) \cdot$$

La valeur de H_i peut être obtenue à partir de PME_i et Bv_i par

$$H_i = 4 \cdot PME_i / Bv_i^2$$

Une quantité q_{ij} (capturabilité à l'encontre d'une biomasse exploitable) est définie pour chaque combinaison "tactique-stock" et la matrice Q de terme général q_{ij} est présentée au tableau VIII-4):

Tableau VIII-4
 Capturabilités (multipliées par 10⁶) par stock et par tactique.

stock	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
tactique											
a	3	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
b	1	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0
c	1	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0
d	1	1	1	0	3	0	0	0	0	0	0
e	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0
f	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
g	5	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
h	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
i	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0
j	0	0	30	0	0	25	0	0	0	0	0
k	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
l	0	0	0	0	0	0	1	5	0	0	0
m	0	0	0	0	0	0	30	1	0	0	0
n	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
o	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
p	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
r	5	20	20	10	6	30	0	0	5	15	3

Chaque ligne de cette matrice contient, pour l'une des 18 tactiques, les indices de capturabilité relatifs aux biomasses accessibles de chacun des 11 stocks définis. Ceux qui constituent des cibles privilégiées pour une tactique donnée, ont une capturabilité élevée. Nous avons tenu compte des associations entre espèces (quatrième partie) pour affecter une capturabilité aux stocks faisant l'objet de prises accessoires d'une tactique donnée. Ainsi le stock de "chinchards" est capturable par les tactiques "lignes" a, b, c et d.

Une quantité de biomasse inaccessible, exprimée par une proportion α_{ijt} de biomasse vierge, est définie pour une combinaison "stock-tactique-temps". Cette inaccessibilité est fonction du rayon d'action des unités de pêche et de la saison (donc indirectement de l'upwelling) car nous avons affaire à des stocks migrateurs présents une partie de l'année seulement. Ces proportions sont données dans le tableau VIII-5 ci-dessous en fonction des mois.

Tableau VIII-5

Valeurs d'inaccessibilité pour les différents stocks selon les tactiques et le mois.

stock/tactique	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
"tiof"												
Glacières	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Autres Artisans	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,4	0,4	0,4	0,2	0,1	0,1
Industriels	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
"pageot"												
Artisans	0,1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,1	0,1
Industriels	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
"chinchard"												
Artisans	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4
Industriels	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
"dentés"												
Artisans	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1
Industriels	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
"tassergals"												
Sennes tournantes	0,8	0,8	0,8	0,3	0,1	0,1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Autres Artisans	0,8	0,8	0,1	0,1	0,1	0,1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Industriels	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
"sardinelles"												
Artisans	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2
Industriels	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
"soles"												
Artisans	0,9	0,9	0,9	0,5	0,1	0,1	0,5	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Industriels	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
"poissons filets dormants"												
Toutes tactiques	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
"stock démersal sud"												
glacières	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
autres tactiques	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
"stock bateaux ramasseurs"												
Toutes tactiques	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
"stock pélagique sud"												
Artisans	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Industriels	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Les faibles valeurs d'inaccessibilité affectées selon les cas aux glacières et aux industriels traduisent leurs rayons d'action plus élevés que ceux des autres unités artisanales. Pour les sennes tournantes les faibles indices de mai et juin pour le tassergal reflètent la courte durée de la disponibilité de cette espèce pour cet engin.

Pour les tactiques relevant de la pêche artisanale, ces valeurs de capturabilités et d'inaccessibilités ont été calculées de telle sorte que les captures obtenues soient du même ordre que celles effectivement observées, en supposant que les biomasses sont la moitié des biomasses vierges. Il est délicat d'évaluer ces quantités car les prises par sortie à notre disposition ne relèvent pas de tactiques identifiées mais de regroupements. Ainsi les prises moyennes par sortie des pirogues lignes à Saint-Louis et Kayar

concernent les quatre premières tactiques définies dans notre résumé. La prise sur un stock cible pour une tactique est obtenue en tenant compte des moyennes observées et de l'ampleur des effets lieux évalués par les analyses de variance réalisées dans la quatrième partie (tab. IV-6 et IV-7). En effet, on peut supposer que les unités concrétisent le choix d'une tactique en choisissant de fréquenter tel lieu où les captures attendues sont élevées pour le stock cible. Les variations saisonnières de biomasse inaccessibles ont été introduites afin de refléter les phénomènes de migration. Nous avons délibérément supposé qu'il n'y a pas de variation de biomasse inaccessible pour la pêche industrielle. Ceci ne signifie pas une absence de saisonnalité dans les résultats de cette pêche ; mais notre but ici est de décrire la pêche artisanale, et l'impact des pêches industrielles peut être traduit par un prélèvement dont un résumé annuel, donc sans prise en compte d'une périodicité, nous semble suffisant.

Si les valeurs des paramètres ont bien été initialement estimées à partir des considérations exposées ci-dessus, quelques modifications ont été apportées pour que les résultats de captures, de rendements et d'efforts obtenus en "sortie" de la simulation soient comparables avec les données observées. De telles modifications ne sont pas injustifiées. Notre description de la pêche n'est certainement pas une réplique exacte de la pêche artisanale. Les modèles utilisés ne reflètent pas d'une manière parfaite les relations réelles entre les diverses quantités. Les paramètres utilisés sont des objets mathématiques qui, introduits à partir d'un raisonnement biologique, conduisent à des résultats à travers une modélisation simplificatrice. Considérés comme des estimations de certaines variables biologiques, ils sont certainement biaisés. En particulier, même si nous parvenons à obtenir des captures et rendements simulés proches des quantités observées, nous n'aurons pas pour autant "validé" le choix des valeurs (biomasses vierges, mortalités, capturabilités, accessibilité...) introduites dans le modèle.

VIII-2-2 *Le choix d'une tactique.*

Nous avons repris l'équation proposée dans la septième partie pour décrire la répartition des tactiques effectivement utilisées à un moment (mois) donné t.

Nous avons supposé que les pêcheurs évaluent un "revenu net" R_t qu'ils peuvent espérer de l'utilisation d'une tactique j au temps t par la moyenne de ceux obtenus aux temps t-1 et t-12.

$$R_{jt} = (R_{j_{t-1}} + R_{j_{t-12}}) / 2$$

Cette relation traduit le fait que le pêcheur dispose d'information sur les revenus les plus récemment obtenus (au mois t-1) et d'une connaissance du caractère périodique annuel de la disponibilité des composantes de la ressource dont rendent compte les revenus observés l'année précédente au mois t-12).

Le "revenu" obtenu au mois t en utilisant la tactique j est calculé en tenant compte des captures réalisées, de la valeur P_i des différents stocks, et du coût C_j de mise en oeuvre de la tactique:

$$R_{jt} = \left[\sum_{i=1}^1 P_i \cdot q_{ij} \cdot (B_{it} - \alpha_{ij} \cdot B_{v_i}) \right] - C_j$$

Ce "revenu" n'est pas un revenu brut puisqu'il tient compte de coûts de mise en oeuvre ; ce n'est pas non plus un revenu net car certains frais fixes ne sont pas pris en considération. Dans la suite, nous

abandonnerons l'usage des guillemets pour le mot revenu, mais ils restent bien sûr implicites. Les données de revenus qui seront présentées seront des valeurs relatives qui pourront au moins faire l'objet de comparaisons entre elles.

La proportion p_{kj_t} d'unités de stratégie k utilisant la tactique j au temps t est donnée par la relation:

$$p_{kj_t} = p_{kj_{t-1}} + \lambda \cdot \left(\frac{R_{j_t} - \overline{R_{k_t}}}{\overline{R_{k_t}}} \right)$$

où $\overline{R_{k_t}}$ est la moyenne des revenus espérés calculés à partir de l'ensemble des tactiques disponibles pour les unités de tactique k.

Le coefficient λ est supposé égal à 1,5 (c'est-à-dire la valeur telle que, s'il n'y a que deux tactiques, l'accroissement de la proportion d'unités adoptant une tactique est de 50% si le revenu qu'on en attend est le double de celui correspondant à l'autre tactique). Des corrections sont apportées si nécessaire pour imposer que tous les p_{kj_t} soient compris entre 0 et 1 et que leurs sommes soient, pour chaque stratégie, égales à 1. La valeur λ doit évidemment être choisie en rapport avec l'unité de temps adoptée, puisque pour une valeur λ donnée, une pêcherie est d'autant plus "souple" que cette unité de temps est de courte durée.

VIII-3 Mise en oeuvre de la simulation

Pour la réalisation concrète d'une simulation, nous avons écrit un programme Genstat (donné en annexe de cette partie).

Initialisation

Nous avons supposé que les biomasses de départ (mois 0) sont égales pour chaque stock à la moitié de la biomasse vierge correspondante et, pour chaque stratégie, que les proportions d'unités utilisant les diverses tactiques disponibles sont toutes égales. Nous avons également supposé que le nombre effectif de sorties que peut faire une unité de pêche au cours d'un mois, est au plus égal à 80% du nombre de jours de ce mois (cette valeur est ici fixée arbitrairement, mais elle peut rendre compte des jours d'inactivité pouvant être imposés par de multiples causes).

Un premier mois de pêche est simulé, au cours duquel les revenus obtenus avec chaque tactique sont calculés. Le nombre d'unités de pêche adoptant chacune des tactiques disponibles pour le mois suivant en est déduit. Pour les 12 premiers mois, on ne tient compte que des revenus obtenus au cours du mois t-1, par la suite on peut utiliser également ceux obtenus au mois t-12.

Algorithme

Un premier sous-programme établit au début de chaque mois les diverses valeurs de capturabilité et d'inaccessibilité. Un second sous-programme permet de calculer, connaissant les biomasses des différents stocks au début du mois et la répartition des efforts selon les tactiques, les résultats de la pêche, le revenu obtenu de l'utilisation de chaque tactique et les biomasses à la fin du mois. Un

troisième sous-programme permet de déduire pour le mois suivant les répartitions des efforts selon les tactiques à partir de l'information sur les revenus.

Les simulations présentées ont porté sur 156 mois (13 années). Nous avons modifié quelques paramètres à certains moments cruciaux.

Pour les 60 premiers mois (5 premières années), aucune modification n'est apportée. Les valeurs des paramètres sont celles des tableaux précédents à l'exception des capturabilités associées aux tactiques f, g, i et j, supposées toutes nulles pour simuler l'absence, ou la faiblesse d'activité des sennes tournantes et des pirogues glacières sur la Grande Côte, ainsi que l'absence de "bateaux ramasseurs".

Au début de la sixième année (mois 61), les capturabilités des tactiques f, g, i et j sont celles du tableau VIII-4. Nous voulons ainsi introduire l'adoption de nouvelles tactiques par des unités de pêche déjà présentes.

Au début de la septième année (mois 73), la capturabilité de la tactique "ligne tassergal" à l'encontre de ce stock diminue de 3.10^{-6} à 2.10^{-6} . Nous traduisons ainsi la concurrence, puis la collaboration (paragraphe V-2-1-1) entre les lignes et les sennes tournantes pour la recherche du tassergal.

Au début de la neuvième année (mois 97), nous introduisons un doublement de l'effort des industriels sur le chinchard dont nous rendons compte par un doublement de leur capturabilité sur ce stock. Ceci traduit l'hypothèse d'une surexploitation de ce stock par la pêche industrielle.

Au début de la dixième année (mois 109), le prix des dentés passe de 200 à 400 F/kg traduisant la demande de certaines usines de conditionnement apparues au début des années 80. Le coût prohibitif (60 000 F) reflétant une certaine interdiction de la mise en oeuvre des "filets dormants" se réduit au niveau "normal" de 4 000 F par sortie. La disponibilité des tassergals pour les engins de pêche artisanale est réduite pour rendre compte de l'hypothèse d'un impact de l'environnement (cf quatrième partie) : toutes les valeurs α inférieures à 0,6 sont arbitrairement fixées à cette valeur, les autres n'étant pas modifiées.

Une deuxième simulation avec des stratégies d'exploitation modifiées a été ensuite effectuée pour mettre en valeur la faculté d'adaptation des pêcheurs à la variabilité de leur environnement.

VIII-4 Résultats de la première simulation.

A l'issue de cette simulation nous disposons d'une masse considérable de résultats parmi lesquels nous avons essayé de sélectionner les plus significatifs.

Pour chacune des tactiques, nous disposons des efforts mensuels, des prises par sortie et par stock, des revenus par sortie, avec tous les regroupements possibles.

Pour chaque stock, nous disposons des biomasses pour chaque début de mois.

Nous pouvons calculer les captures par stock et par engin, avec tous les regroupements envisageables, nous pouvons également calculer les revenus totaux de la pêche à partir des revenus et les nombres de sorties par tactique et pour des regroupements de tactiques.

VIII-4-1 Les prises par sortie.

Nous présentons les résultats de la simulation de manière similaire à celle utilisée dans la quatrième partie.

En regroupant les sorties et les captures relevant des quatre tactiques de pêche à la ligne sur la Grande Côte, nous obtenons l'évolution des prises par sortie des pirogues lignes pour chacun des cinq premiers stocks.

Nous pouvons faire de même avec les deux tactiques de senne tournante et les deux tactiques de filets dormants avec les stocks capturables par ces engins.

VIII-4-1-1 Les lignes sur la Grande Côte.

Ces prises par sortie sont présentées sur la figure 8-1. On note:

- une tendance générale à la baisse,
- l'apparition de trois périodes délimitées par les sixième et neuvième années,
- une saisonnalité bien marquée dans les deux premières périodes.

On observe au cours des 6 premières années les pics caractéristiques dûs aux rendements en tassergal, avec des rendements totaux maximaux de l'ordre de 100 kg en mai et juin. Le reste de l'année est marqué par des rendements soit nuls (saison chaude), soit de l'ordre de 60 kg distribués sur les trois premiers stocks. (tiof, pageot, chinchard). De la septième à la neuvième année, les rendements en tassergal diminuent fortement, à cause de la baisse de capturabilité introduite pour rendre compte de la collaboration entre les lignes et les sennes tournantes. Au cours des quatre dernières années, les rendements en dentés deviennent importants traduisant l'intérêt présenté par l'augmentation de prix pour ce stock. Les rendements en chinchard et en tassergal s'effondrent à la suite de la pêche accentuée des industriels ou de la baisse de la disponibilité. Pour le tassergal, on note une réapparition modérée à l'issue de la simulation, lorsque la biomasse s'est reconstituée au delà de la quantité inaccessible minimale.

Nous avons calculé (fig. 8-2 a-f) les rendements mensuels moyens relatifs aux trois périodes ainsi définies, pour l'ensemble des lignes sur la côte nord et pour les 5 premiers stocks. On remarque une baisse globale des prises totales par sortie de la première à la troisième période, celles-ci s'annulant en saison chaude pendant les deux premières périodes (fig. 8-2a). Il n'y a pratiquement aucun changement pour le tiof et le pageot (fig 8-2 b et c). Pour le tassergal on remarque la diminution des rendements au cours de la seconde période et l'effondrement pratiquement complet pendant la troisième (fig. 8-2d). Pour le chinchard (fig. 8-2e), les deux premières périodes sont similaires, avec également un effondrement pendant la troisième. Pour le denté, les rendements sont plus importants en troisième période ; on observe au cours des deux périodes un "pic" de rendements au mois d'octobre, dû en fait à la pratique exclusive de la seule tactique "ligne dentés" au cours de ce mois par un nombre très faible d'unités. En effet, en octobre, l'augmentation de l'accessibilité supposée pour certains stocks se traduit par un revenu de la tactique "ligne denté" légèrement supérieur à la moyenne de ceux issus des autres

tactiques disponibles aux unités pouvant pratiquer la pêche à la ligne sur la côte nord. Ceci se traduit par une reprise faible de l'activité. Pendant la troisième période, l'intérêt pour cette tactique se maintient toute l'année et les rendements ne montrent plus de tendance saisonnière marquée (fig. 8-2f). Ce résultat est assez surprenant ; il illustre la difficulté qu'il y a d'interpréter des cycles de rendements en termes de migration. Cette difficulté apparaît plus clairement encore en examinant les rendements en dentés obtenus lors de la troisième période au cours de laquelle ceux obtenus pendant les mois de saison chaude sont légèrement plus élevés que ceux des mois de saison froide. Or, c'est en saison chaude que le denté est le moins accessible (tab. VIII-5). En fait, nous avons supposé un contraste moins important dans l'accessibilité selon les saisons pour le denté que pour les autres espèces, et les rendements de saison chaude ne traduisent pas une accessibilité supérieure du denté, mais une moindre indisponibilité. L'évolution saisonnière traduit donc ici des variations relatives de l'accessibilité entre les stocks exploités. De plus, ce phénomène est lié aux conditions de marché puisque l'intérêt porté au denté est dû à l'augmentation de son prix.

Ces résultats ne reflètent pas parfaitement les rendements effectivement observés, puisque les dentés sont en réalité non pêchés au coeur de la saison chaude. Cependant cet exemple issu de la simulation d'une pêcherie semblable à la pêche artisanale rend compte de situations tout à fait plausibles, raison pour laquelle nous avons décidé de ne pas modifier les paramètres d'accessibilité des dentés. De plus, une activité des lignes en saison chaude est effectivement apparue sur la Grande Côte, dirigée vers des stocks non pris en compte dans la simulation (requins, voiliers).

VIII-4-1-2 Les sennes tournantes sur la Grande Côte.

Les rendements obtenus pour les stocks de chinchards, de tassergals et de sardinelles sont présentés sur la figure 8-3. Ces rendements restent évidemment nuls les 5 premières années, au cours desquelles nous avons supposé l'absence de capturabilité. De la sixième à la neuvième année, les rendements en tassergal et en chinchard sont importants puis s'effondrent comme dans le cas des pirogues lignes.

VIII-4-1-3 Les filets dormants sur la Grande Côte.

Les rendements sont assez stables pour les poissons (fig. 8-4, environ 50 kg par sortie). On note dans les deux premières périodes de faibles captures de soles par la tactique filets dormants poissons pendant les mois de mai et juin. La "levée d'interdiction" de l'utilisation de la tactique "sole" se traduit par des rendements très élevés au cours de la neuvième année (mois de juin). L'année suivante, la recherche de la sole commence en mai, les pêcheurs bénéficiant de l'information obtenue l'année précédente, mais les rendements de cette seconde année et des suivantes sont plus faibles, traduisant une surexploitation subie par le stock de soles tel que nous l'avons défini.

VIII-4-2 Les efforts.

Les efforts annuels consacrés aux 13 tactiques de pêche artisanale sont donnés au tableau VII-6, ainsi que ceux consacrés aux 4 tactiques sans capturabilité (agriculture ou "repos"). Nous avons regroupé les efforts correspondant aux tactiques lignes, senne tournante sur la Grande Côte ou en dehors de celle-ci au tableau VIII-7.

VIII-4-2-1 Les lignes sur la Grande Côte.

Nous avons présenté sur la figure 8-5 l'évolution des efforts relevant des quatre tactiques lignes sur la Grande Côte. On observe une tendance à la baisse des nombres de sorties, de même qu'une

saisonnalité qui devient moins marquée dans la dernière période. On note en général la décroissance puis la chute de l'effort dirigé vers le tassergal, et l'accroissement, au cours des dernières années de celui dirigé vers les dentés. Cette augmentation de l'effort sur les dentés se fait aussi au détriment de celui sur le tiof et le pageot. Les schémas saisonniers selon les trois périodes sont présentés sur la figure 8-6. On observe un cycle saisonnier moins marqué au cours de la troisième période, dû à l'apparition d'une activité devenue intéressante toute l'année.

D'une façon générale, le nombre de sorties de pirogues lignes est excessif par rapport à la réalité. On pourrait rechercher une meilleure adéquation en jouant *conjointement* sur les capturabilités, les accessibilités, le nombre maximum de sorties réalisables au cours d'un mois et les coûts de mise en oeuvre des différentes tactiques. Nous en discuterons en conclusion de cette partie.

VIII-4-2-2 Les sennes tournantes sur la Grande Côte.

Les efforts des deux tactiques senne tournante sur la Grande Côte sont présentés figure 8-7. On observe de la sixième à la dixième année que la campagne de pêche dirigée vers le tassergal mobilise la quasi totalité de l'activité des mois d'avril à juin. La recherche de tassergal disparaît ensuite. On note également une légère décroissance de l'effort des sennes tournantes sur l'ensemble de la simulation. Elle correspond à un équilibre s'établissant pour la distribution de l'effort entre les régions nord et sud. En effet, il n'y a pratiquement pas de cessation d'activité des sennes tournantes, ainsi que le montre l'absence de "repos senne tournante".

VIII-4-2-3 Les filets dormants sur la Grande Côte.

L'effort consacré à la tactique "filet dormant poissons" montre une saisonnalité de la première à la neuvième année, due à la disponibilité des soles aux mois de mai et juin (fig 8-8). Lors de la dixième année, la possibilité réelle de recherche des soles provoque un énorme effort dirigé vers ce stock, impliquant des unités des tactiques lignes saint-louisiennes: le maximum observé est ainsi supérieur à 20 000 sorties au cours d'un mois représentant l'activité continue d'environ 800 unités. L'effort consacré à la recherche des soles diminue fortement les deux dernières années, conséquence de la surexploitation au cours des deux précédentes saisons.

VIII-4-3 Les captures.

Les captures annuelles réalisées pour chaque stock par la pêche artisanale, et par l'ensemble des pêcheries sont données aux tableaux VIII-8 a et b. On observe pour la pêche artisanale l'évolution des captures de chinchards, avec une forte augmentation due à l'activité des sennes tournantes, puis la chute provoquée par l'accroissement de l'effort des industriels. De même, les captures de tassergal s'effondrent à partir de la dixième année alors que les captures de dentés augmentent fortement. On peut également noter les bonnes prises de soles, supérieures au potentiel de captures que nous avons supposé, lors des dixième et onzième années, puis leur baisse les deux dernières années. Les captures totales de la pêche artisanale sont en croissance de 160 000 à 220 000 tonnes de la première à la septième année, puis se stabilisent à 200 000 tonnes environ. Ces valeurs sont de l'ordre des observations, mais ceci n'a pas grand sens puisque nous avons vu qu'elles ne sont pas obtenues avec les mêmes efforts.

L'ordre de grandeur des captures réalisées par l'ensemble des pêcheries est compatible, pour chaque stock avec les valeurs indiquées dans le tableau VIII-1.

VIII-4-4 Les revenus.

Les revenus obtenus par les différentes tactiques lignes de la côte nord sont portés sur la figure 8-9 ; on les calcule en multipliant pour chacune d'elles le revenu par sortie par le nombre de sorties. On observe des valeurs négatives dues à la poursuite de la pêche au cours de mois "déficitaires" faisant suite à des mois où des "bénéfices" ont pu être réalisés. On note une similitude entre ces courbes et celles des efforts (fig 8-5).

Nous avons présenté (fig. 8-10) le revenu par sortie des pirogues lignes sur la Grande Côte. Nous avons enfin porté au tableau VIII-9 les "revenus annuels totaux" de la pêche artisanale dans son ensemble, de la pêche artisanale sur la Grande Côte et des pirogues lignes dans cette même région. Les nouvelles techniques de pêche (bateaux ramasseurs, glacières et sennes tournantes sur la Grande Côte) disponibles à partir de la sixième année, permettent un accroissement de ces revenus d'une valeur de 13 milliards à 16 milliards de francs CFA. Au cours des 8 dernières années, les revenus sont assez stables (entre 15 et 17 milliards). Pour la Grande Côte, les lignes réalisent des revenus en décroissance, mais on remarque que l'arrivée des sennes tournantes et des glacières se traduit, dans cette région, par une augmentation dans un premier temps des revenus de la pêche artisanale, puis par un retour au niveau des premières années.

VIII-5 Simulation d'une pêcherie dont les unités ont un choix de tactiques moins diversifié.

Nous reprenons ici les mêmes calculs, avec la même ressource, les mêmes méthodes de pêche, les mêmes valeurs de capturabilité (à une exception près) et les mêmes valeurs de biomasse inaccessible. La différence sera introduite au niveau de la matrice des stratégies, dans laquelle seront exclues certaines tactiques pour certaines unités de pêche. Cette nouvelle matrice est présentée au tableau VIII-10 ci-dessous:

Tableau VIII-10

"Matrice des stratégies" et effectifs des unités relevant de chacune d'entre elles.

Stratégie	Tactique	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	effectif
filets dormants "purs"		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	100
ligne de Kayar		1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	150
ligne de Saint-Louis		1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1000
lignes extérieures		0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1800
glacière 1		0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	150
glacière 2		0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	100
senne tournante		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	80
senne tournante extérieure		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	250
industriels		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	100

Ainsi, nous avons supprimé la tactique "ligne dentés"; les tactiques "filets dormants" ne sont plus utilisables que par les unités spécialisées dans l'utilisation de cet engin, les sennes tournantes ne viennent jamais au nord, les glacières ne peuvent travailler qu'au nord ou au sud sans possibilité de changer de région, et il n'y a plus d'unités disposant à la fois de glacières et de sennes tournantes.

Ces changements peuvent paraître "excessifs", mais on peut observer qu'ils ne modifient pas le nombre d'unités de pêche (hormis le fait que les 150 unités "glacières 1" n'apparaîtront dans la pêcherie qu'au début de la sixième année, lorsque les capturabilités associées à la glacière sur la Grande Côte ne seront plus nulles), ni la nature des méthodes de pêche existantes. En fait, les différences entre cette nouvelle pêcherie et la précédente sont de nature difficilement perceptible par les descriptions traditionnellement réalisées des pêcheries qui ne tiennent pas compte de la souplesse d'adaptation des pêcheurs.

Une simulation a été effectuée à partir de cette nouvelle matrice, sans modifier la capturabilité des lignes à l'encontre du tassergal, comme nous l'avons fait dans la première simulation (il n'y a plus ici de sennes tournantes sur la Grande Côte).

Les résultats sont présentés de façon semblable à ceux de la première simulation.

VIII-5-1 Les prises par sortie et les efforts des lignes.

Les prises par sortie des lignes sur la Grande Côte (fig. 8-11) sont évidemment caractérisées par l'absence de dentés. Elles sont élevées pendant les deux premières périodes et très réduites par la suite (fig. 8-12 a). Les rendements en tassergal élevés se prolongent jusqu'à l'accroissement de la biomasse inaccessible, puisqu'il n'y a pas ici de compétition avec les sennes tournantes. Ils chutent ensuite de façon brutale en troisième période (fig. 8-12 e). Les rendements en chinchards déclinent de la première à la deuxième période, puis s'annulent (fig. 8-12 d). Pour le tiof et le pageot (fig. 8-12 b et c), il n'y a pas de variations notables entre les trois périodes ; les rendements en tiofs apparaissent plus élevés que dans la première simulation.

Pour l'effort, on observe que le nombre de sorties se maintient à un niveau élevé plus longtemps que dans le cas précédent (fig. 8-13). Par contre la chute observée en troisième période est très brutale (fig. 8-14). En fait, dans le cas de la première pêcherie simulée, on observe que le "repos des LFDC" a décru tout au long de la simulation; la baisse de l'effort sur la Grande Côte ne signifie donc pas ici une inactivité de pêche, mais un redéploiement. Pour la seconde pêcherie, la chute de l'effort observée les dernières années est en fait traduite par un abandon de l'activité de pêche, ce qui a bien sûr un tout autre sens (tab. VIII-11 et 12).

VIII-5-2 Les prises par sortie des filets dormants.

La différence principale concerne le maintien de rendements élevés en soles, dès lors que leur recherche est "autorisée" (fig. 8-15). Ceci est le fait d'une exploitation plus modérée due au nombre réduit des unités pouvant utiliser les filets dormants (fig. 8-16). On peut y voir un avantage de cette pêcherie par rapport à la précédente, mais on peut également considérer que la surexploitation des soles dans le cas précédent a directement conduit à une diminution ultérieure de leur recherche, pouvant être interprétée comme une autogestion de la pêche.

VIII-5-3 Les captures.

Nous avons porté les captures annuelles réalisées par la pêche artisanale et pour l'ensemble des pêcheries pour chacun des 11 stocks dans les tableaux VIII-13 a et b. On peut vérifier l'impact des modifications apportées: absence des captures de dentés (à l'exception de celles réalisées en petite quantité par les glacières à partir de la septième année), absence de captures par les "ramasseurs" et les sennes tournantes. On note également que la possibilité de rechercher les soles se traduit par des prises plus modérées, mais restant à un niveau stable, en deçà du potentiel de capture pour cette espèce. Les captures totales de la pêche artisanale sont inférieures à celles obtenues par la première simulation ; elles augmentent de 150 000 à 180 000 de la première à la septième année, puis se stabilisent autour de 170 000 tonnes les quatre dernières années.

VIII-5-4 Les "revenus".

Les figures 8-17 et 8-18 et le tableau VIII-14 présentent les informations similaires à celles de la première simulation. Les revenus des lignes sur la Grande Côte se maintiennent sur une plus longue période que dans le cas précédent. Ceci est dû à l'absence de compétition avec les sennes tournantes, qui se traduit par l'absence d'augmentation des revenus totaux pour la Grande Côte. La forte baisse d'activité des lignes, observée les dernières années, entraîne une chute brutale des revenus des lignes, que l'activité des glacières ne parvient pas à compenser. Pour l'ensemble de la pêche, les revenus sont globalement inférieurs de 3 milliards de francs à ceux de la première simulation.

VIII-6 Conclusion.

Les deux pêcheries simulées ici ne donnent pas, à l'évidence, les mêmes résultats. De très nombreuses hypothèses ont été formulées, dont il serait difficile de montrer qu'elles sont satisfaites. Il convient donc de considérer avec prudence les résultats présentés.

Néanmoins, ces deux scénarios, s'ils ne correspondent pas entièrement aux descriptions des premières parties de l'étude, n'en sont pas moins, à notre avis, plausibles. Les données de la pêche ne sont pas parfaitement restituées, en particulier pour ce qui est des efforts de pêche, mais les variabilités observées sont comparables à celles que nous avons décrites. Au vu des résultats des deux simulations, nous avons vérifié que:

- la souplesse des unités de pêche leur permet de ne pas subir de plein fouet des changements imprévus (indisponibilité du tassergal par exemple) et de corriger rapidement des excès d'exploitation ;
- le modèle permet de traduire l'impact des conditions d'environnement en général sur l'interaction entre la pêcherie et la ressource.

En réalisant ces simulations, en définissant et assemblant les divers éléments de ce modèle, nous avons été amenés à nous poser des questions qui nous apparaissent essentielles ; c'est là peut-être, autant que dans les résultats auxquels elles conduisent, que réside l'intérêt de telles opérations. Il reste que nous avons largement simplifié les données que nous avons pu trouver dans les ouvrages de nos collègues des sciences humaines ; de même, la pêche industrielle que nous avons introduite est caricaturale. Nous avons signalé que nous pourrions essayer de modifier certains paramètres pour obtenir des résultats plus conformes. La réalisation d'autres simulations aurait permis l'étude d'autres aspects de la pêcherie, mais nous avons en définitive restreint notre présentation à la description d'un

outil et de ses possibilités, afin d'en indiquer l'intérêt potentiel plus que pour passer en revue les conclusions auxquelles il pourrait conduire.

Jugée utile, une telle approche pourrait en effet être utilisée dans un cadre pluridisciplinaire, en remettant en cause l'ensemble des descripteurs utilisés et les relations qui peuvent les associer. En particulier certaines descriptions (impact de l'environnement et des conditions de marché, stratégies de pêche, nombres d'unités qui en relèvent, règles de choix d'une tactique, disponibilité des différentes composantes de la ressource) devraient être approfondies. Ceci permettrait de mieux cerner un résumé "suffisant" de la pêche artisanale sénégalaise, au sens indiqué dans l'introduction de cette étude ; c'est-à-dire incluant des éléments disponibles d'information permettant une meilleure interprétation de l'évolution de l'activité de la pêcherie et de ses résultats.

Tableau VIII-6

(premiere simulation)
Efforts annuels selon les 18 tactiques existantes
(centaines de sorties)

Annee	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r
1	126	51	17	50	606	0	0	36	0	0	112	7	0	9	42	1	2	29
2	114	45	16	57	616	0	0	37	0	0	115	19	0	8	32	1	0	29
3	99	38	18	58	625	0	0	39	0	0	115	38	0	9	22	1	0	29
4	93	35	19	59	629	0	0	39	0	0	115	43	0	9	18	1	0	29
5	90	34	20	60	631	0	0	40	0	0	115	43	0	8	17	1	0	29
6	88	27	15	59	610	51	0	35	9	15	96	35	0	9	11	0	0	29
7	70	16	8	32	585	142	9	25	10	29	85	31	0	9	9	0	0	29
8	83	20	9	18	606	108	11	28	11	25	89	36	0	9	8	0	0	29
9	86	21	9	18	617	91	11	29	11	21	91	38	0	9	8	0	0	29
10	69	11	31	0	620	93	11	30	5	21	97	32	25	8	7	0	0	29
11	42	7	72	0	604	80	11	28	0	24	99	22	59	6	5	0	0	29
12	55	8	72	0	613	91	13	29	0	24	99	27	17	6	5	0	0	29
13	63	8	65	0	612	90	13	29	1	24	99	30	15	6	5	0	0	29

Tableau VIII-7

(premiere simulation)
Efforts annuels (centaines de
sorties) des lignes sur la
Grande Cote (a) et en dehors (b)
et des sennes tournantes sur la
Grande Cote (c) et en dehors (d)

Annee	a	b	c	d
1	244	606	0	112
2	232	616	0	115
3	213	625	0	115
4	206	629	0	115
5	204	631	0	115
6	189	661	25	96
7	126	727	39	85
8	130	714	35	89
9	134	708	33	91
10	111	713	26	97
11	121	684	24	99
12	135	704	24	99
13	136	703	24	99

Tableau VIII-8

(premiere simulation)
"Revenus annuels" de la peche
artisanale (millions de F.CFA)
a: Total
b: Lignes Grande Cote
c: Total Grande Cote

Annee	a	b	c
1	11551	2995	3009
2	12893	2828	2896
3	13366	2628	2789
4	13574	2570	2758
5	13671	2562	2756
6	16611	2445	5449
7	17193	1402	5401
8	16784	1443	4900
9	16204	1380	4309
10	15269	1005	3246
11	15127	1164	3459
12	14929	1298	3059
13	14920	1320	3088

Tableau VIII-9

(premiere simulation)
 Prises annuelles (centaines de tonnes)
 a: Peche artisanale
 b: Ensemble

a

Annee	Tiof	Pageot	Chin.	Dente	Tass.	Sard.	Sole	Pois. FD	Dem. Sud	Ramas- seurs	PPC Sud	Total
1	52	30	31	3	50	0	0	3	347	0	1098	1615
2	44	26	31	3	60	0	0	9	380	0	1246	1798
3	37	22	29	4	62	0	0	20	401	0	1275	1849
4	35	21	28	4	63	0	0	23	411	0	1278	1863
5	34	20	28	5	64	0	0	23	415	0	1279	1868
6	32	18	78	4	121	218	0	19	400	78	1141	2110
7	29	13	88	3	94	327	0	18	379	170	1098	2219
8	34	15	66	3	91	251	0	21	400	107	1178	2168
9	34	16	14	3	92	227	1	22	408	89	1200	2106
10	30	14	0	9	0	221	24	21	410	91	1239	2058
11	27	14	0	17	0	247	22	20	399	80	1234	2061
12	33	15	0	17	1	245	5	18	406	91	1225	2057
13	34	15	0	15	5	242	4	19	406	90	1223	2054

b

Annee	Tiof	Pageot	Chin.	Dente	Tass.	Sard.	Sole	Pois. FD	Dem. Sud	Ramas- seurs	PPC Sud	Total
1	70	117	379	30	74	608	0	3	492	146	1250	3169
2	59	106	377	35	87	674	0	9	536	164	1407	3455
3	52	100	374	38	91	692	0	20	562	175	1437	3542
4	49	98	374	39	94	697	0	23	575	180	1441	3571
5	48	98	374	40	95	698	0	23	580	184	1442	3584
6	46	96	413	40	146	855	0	19	567	252	1311	3745
7	44	93	403	39	115	859	0	18	550	303	1277	3700
8	48	98	374	40	110	748	0	21	573	215	1361	3588
9	49	98	514	40	109	733	1	22	581	195	1381	3723
10	45	97	387	45	26	736	24	21	583	197	1417	3577
11	43	99	338	51	37	759	22	20	572	189	1409	3539
12	49	100	316	49	47	751	5	18	579	201	1400	3514
13	50	100	305	47	56	748	4	19	579	199	1398	3503

Tableau VIII-11

(deuxieme simulation)
 Efforts annuels selon les 18 tactiques existantes
 (centaines de sorties)

AN	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r
1	158	36	0	52	526	0	0	29	0	0	96	4	0	9	106	44	0	29
2	148	37	0	69	526	0	0	29	0	0	96	12	0	9	91	44	0	29
3	126	38	0	80	526	0	0	29	0	0	96	22	0	9	90	44	0	29
4	119	39	0	83	526	0	0	29	0	0	96	26	0	9	88	44	0	29
5	116	40	0	85	526	0	0	29	0	0	96	27	0	9	88	44	0	29
6	114	40	0	85	526	0	0	29	0	0	96	28	0	9	88	44	0	29
7	109	42	0	85	526	0	42	29	0	0	96	28	0	10	90	2	0	29
8	97	48	0	88	526	0	43	29	0	0	96	28	0	10	93	0	0	29
9	84	51	0	92	526	0	38	29	0	0	96	28	0	10	100	6	0	29
10	87	46	0	65	526	0	37	29	0	0	96	22	6	9	130	7	0	29
11	86	44	0	0	526	0	44	29	0	0	96	18	11	9	198	0	0	29
12	106	46	0	0	526	0	44	29	0	0	96	18	10	9	175	0	0	29
13	107	47	0	17	526	0	43	29	0	0	96	19	10	9	155	1	0	29

Tableau VIII-12

(deuxieme simulation)
Efforts annuels (centaines de sorties) des lignes sur la Grande Cote (a) et en dehors (b) et des sennes tournantes sur la Grande Cote (c) et en dehors (d)

Annee	a	b	c	d
1	245	526	0	96
2	254	526	0	96
3	244	526	0	96
4	242	526	0	96
5	240	526	0	96
6	240	526	0	96
7	237	526	0	96
8	234	526	0	96
9	227	526	0	96
10	198	526	0	96
11	130	526	0	96
12	152	526	0	96
13	171	526	0	96

Tableau VIII-14

(deuxieme simulation)
"Revenus annuels" de la peche artisanale (millions de F.CFA)
a: Total
b: Lignes Grande Cote
c: Total Grande Cote

Annee	a	b	c
1	10792	3122	3132
2	12259	2858	2904
3	12804	2651	2758
4	13095	2593	2731
5	13230	2556	2709
6	13295	2533	2694
7	13678	2395	3034
8	13443	2208	2776
9	13103	1951	2424
10	11610	300	925
11	11971	554	1283
12	12025	633	1335
13	12063	699	1372

Tableau VIII-13

(deuxieme simulation)
Prises annuelles (centaines de tonnes)
a: Peche artisanale
b: Ensemble

a

Annee	Tiof	Pageot	Chin.	Dente	Tass.	Sard.	Sole	Pois. FD	Dem. Sud	Ramas-seurs	PPC Sud	Total
1	58	29	32	0	49	0	0	2	303	0	987	1459
2	48	27	32	0	59	0	0	6	336	0	1159	1668
3	39	25	31	0	66	0	0	12	356	0	1201	1730
4	36	24	30	0	69	0	0	15	366	0	1211	1752
5	35	24	30	0	70	0	0	17	372	0	1213	1761
6	34	23	30	0	71	0	0	17	375	0	1213	1764
7	46	26	34	5	75	0	0	17	377	0	1213	1793
8	38	26	34	5	76	0	0	17	378	0	1213	1788
9	32	25	12	4	78	0	0	18	378	0	1213	1762
10	31	23	0	4	0	0	6	15	379	0	1213	1672
11	31	22	0	5	2	0	7	13	379	0	1213	1673
12	33	24	0	5	6	0	7	13	379	0	1213	1680
13	33	24	0	5	13	0	6	14	379	0	1213	1687

b

Annee	Tiof	Pageot	Chin.	Dente	Tass.	Sard.	Sole	Pois. FD	Dem. Sud	Ramas-seurs	PPC Sud	Total
1	75	116	379	27	74	608	0	2	450	146	1143	3020
2	62	108	378	32	87	674	0	6	500	164	1330	3342
3	52	102	375	35	95	692	0	12	529	175	1376	3443
4	48	100	375	37	98	697	0	15	545	180	1386	3482
5	47	98	375	37	99	698	0	17	554	184	1389	3497
6	46	98	375	38	100	698	0	17	559	185	1389	3504
7	56	100	378	42	103	698	0	17	561	186	1389	3531
8	47	99	376	41	104	698	0	17	562	187	1389	3522
9	41	97	559	41	105	698	0	18	563	187	1389	3698
10	40	95	406	40	35	698	6	15	564	187	1389	3475
11	40	96	347	41	46	698	7	13	564	187	1389	3428
12	42	97	320	41	55	698	7	13	564	187	1389	3414
13	41	97	307	41	65	698	6	14	564	187	1389	3410

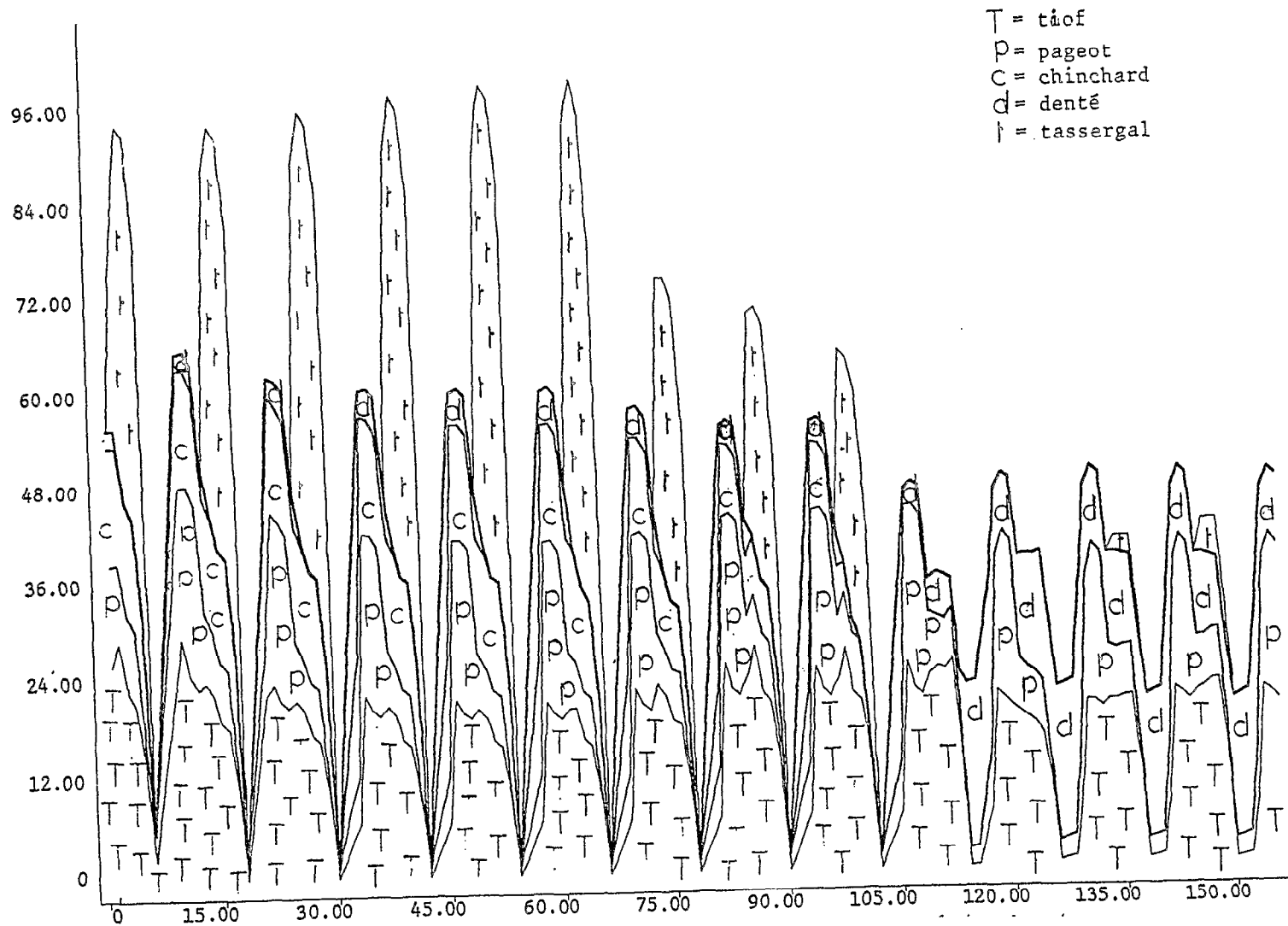


Figure 8-1

Evolution des prises par sortie, cumulées selon les stocks de tiof, pageot, chincharde denté et tassergal, des pirogues lignes sur la Grande Côte (première simulation).

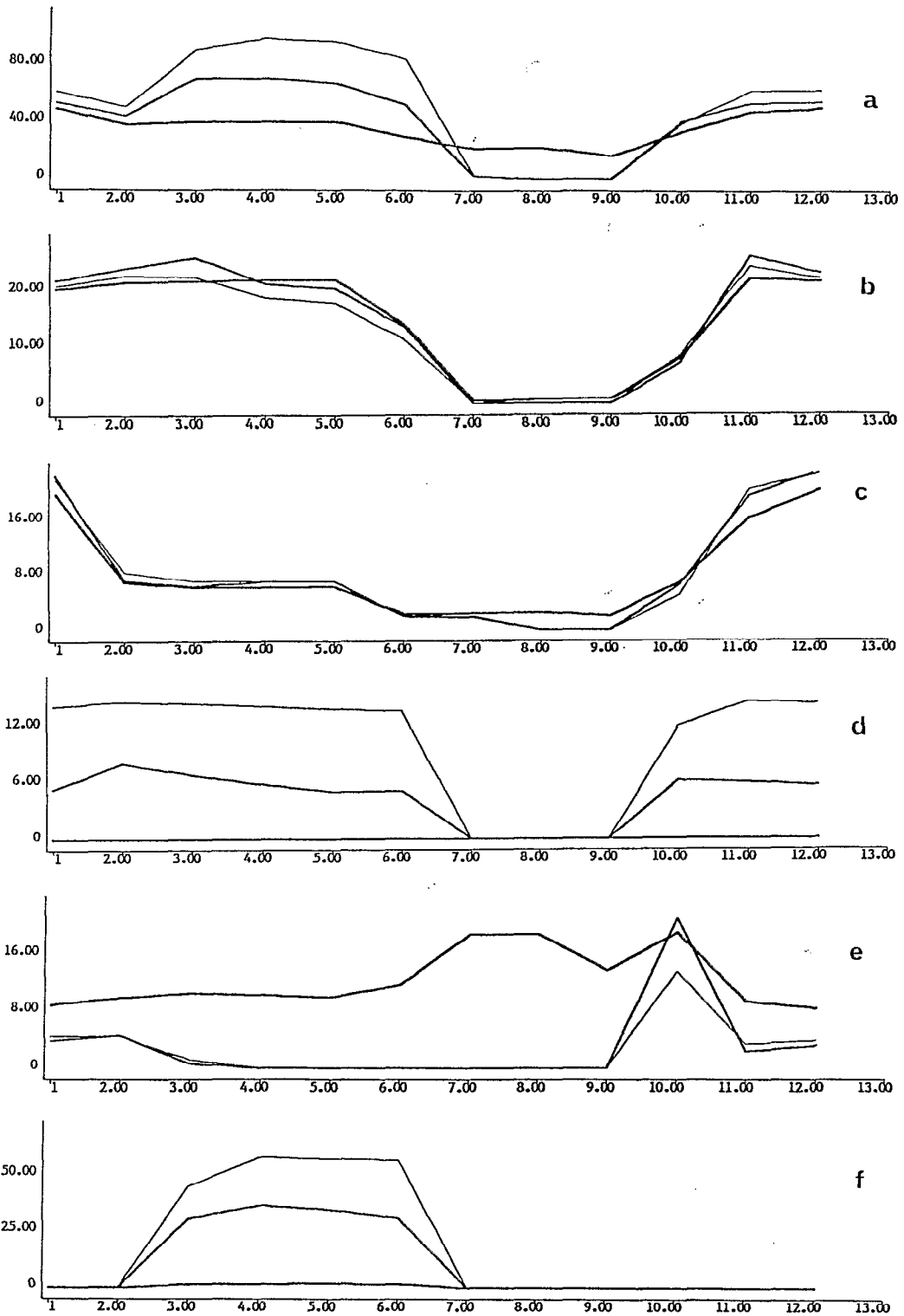


Figure 8-2

Variations mensuelles selon les périodes des prises par sortie des pirogues lignes sur la Grande Côte pour divers stocks
a: tous stocks; b: tiof; c: pageot; d: chincharde; e: denté
f: tassergal (première simulation).

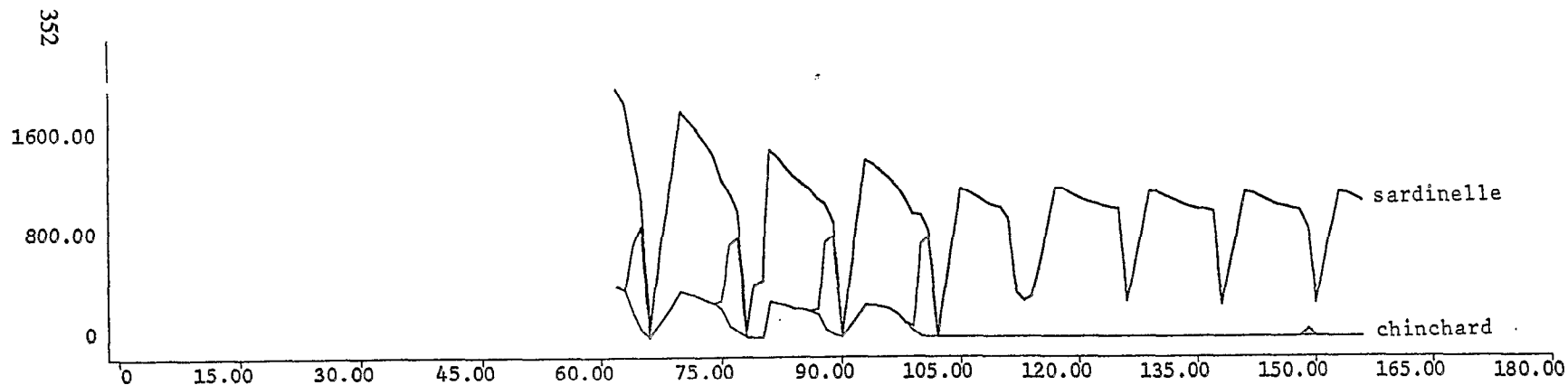


Figure 8-3

Evolution des prises par sortie, cumulées selon les stocks de chinchard, tassergal et sardinelle, des sennes tournantes sur la Grande Côte (première simulation).

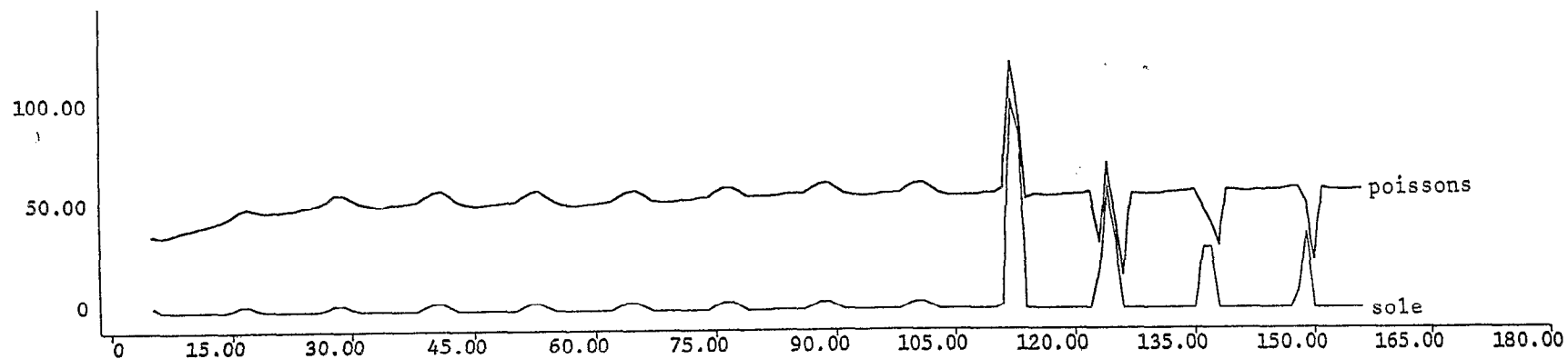


Figure 8-4

Evolution des prises par sortie, cumulées selon les stocks de sole et de "poissons filets dormants" des filets dormants sur la Grande Côte (première simulation).

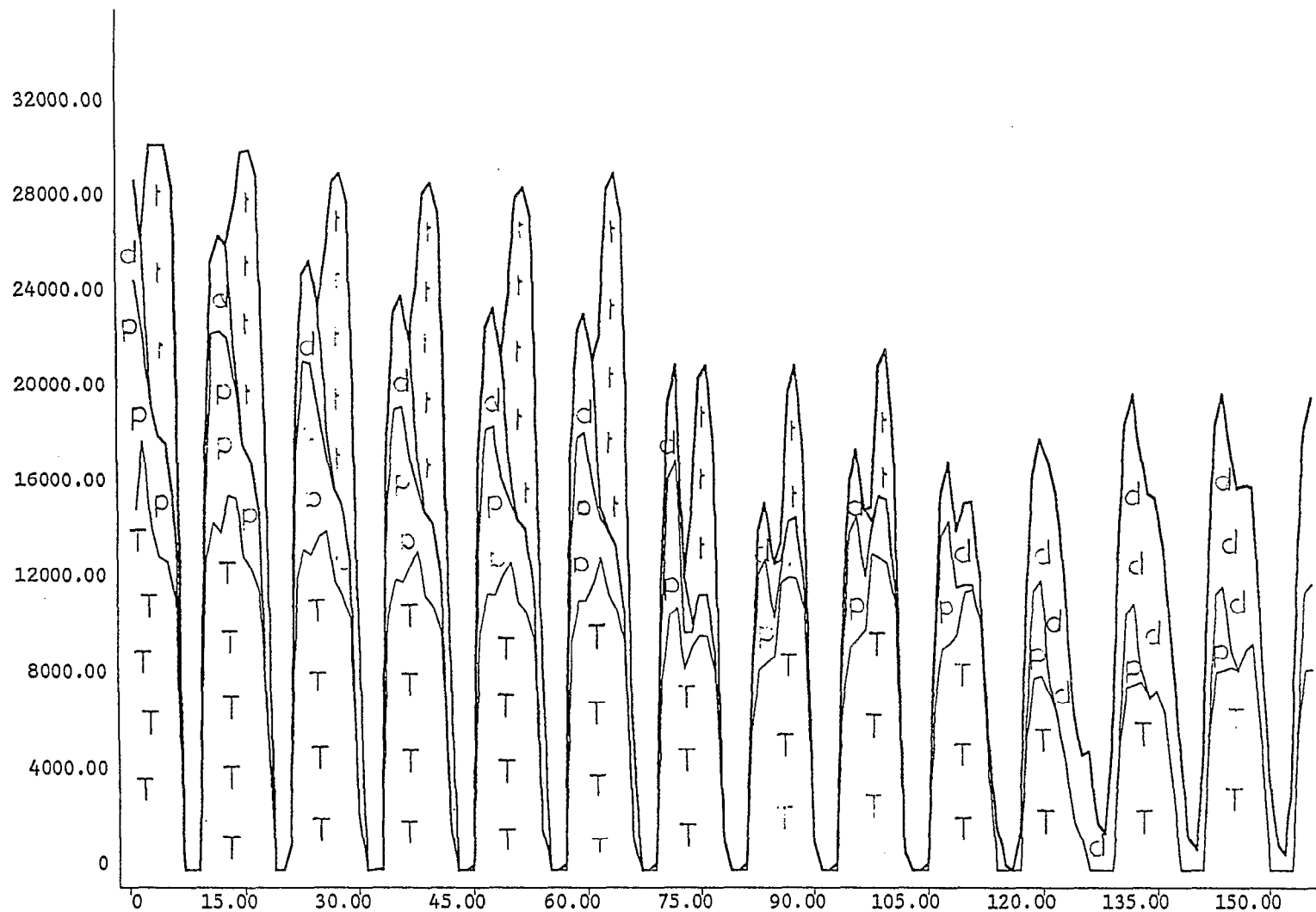


Figure 8-5

Evolution des efforts cumulés selon les quatre tactiques lignes sur la Grande Côte (première simulation).

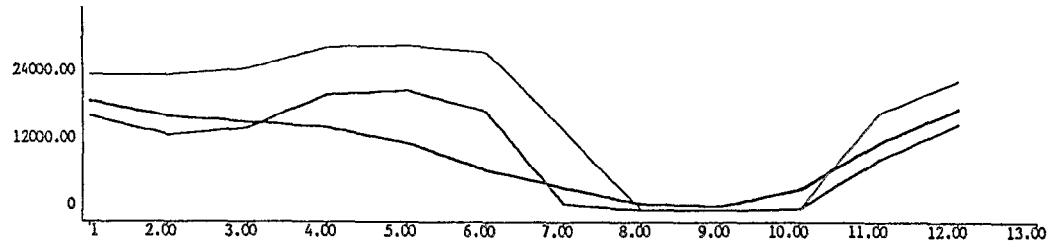


Figure 8-6

Variations mensuelles des nombres de sorties de pirogues lignes sur la Grande Côte selon les trois périodes (première simulation).

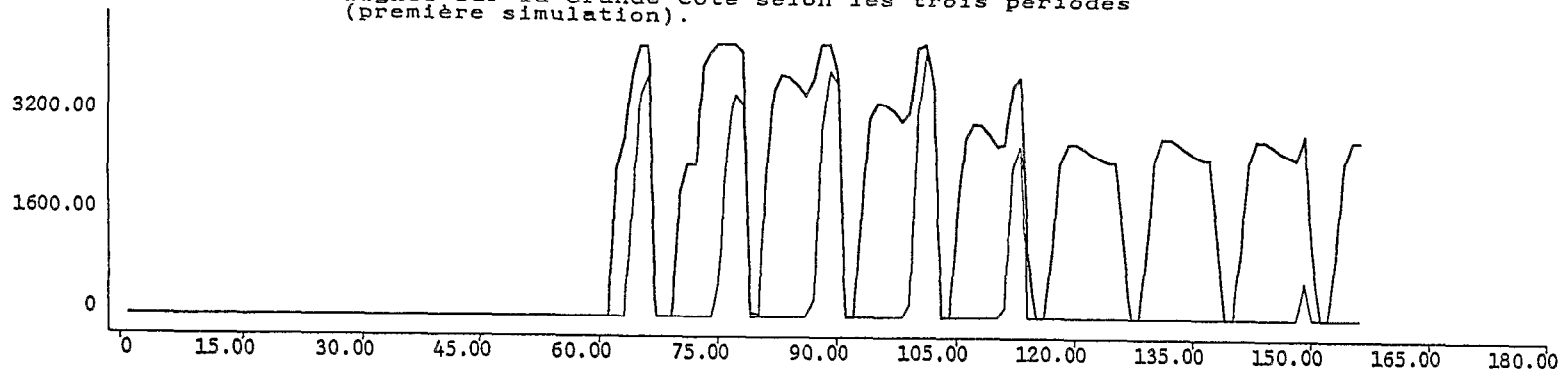


Figure 8-7

Evolution des efforts cumulés selon les deux tactiques sennes tournnantes sur la Grande Côte (première simulation).

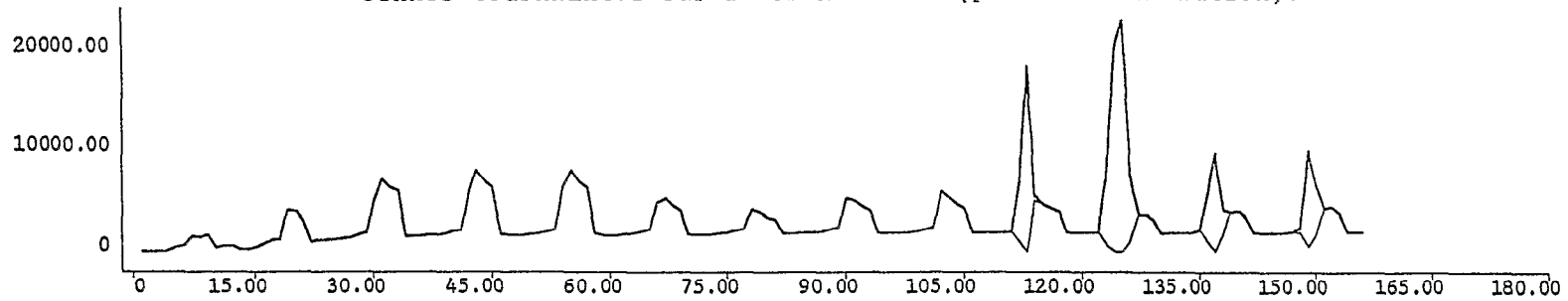


Figure 8-8

Evolution des efforts cumulés selon les deux tactiques filets dormants sur la Grande Côte (première simulation).

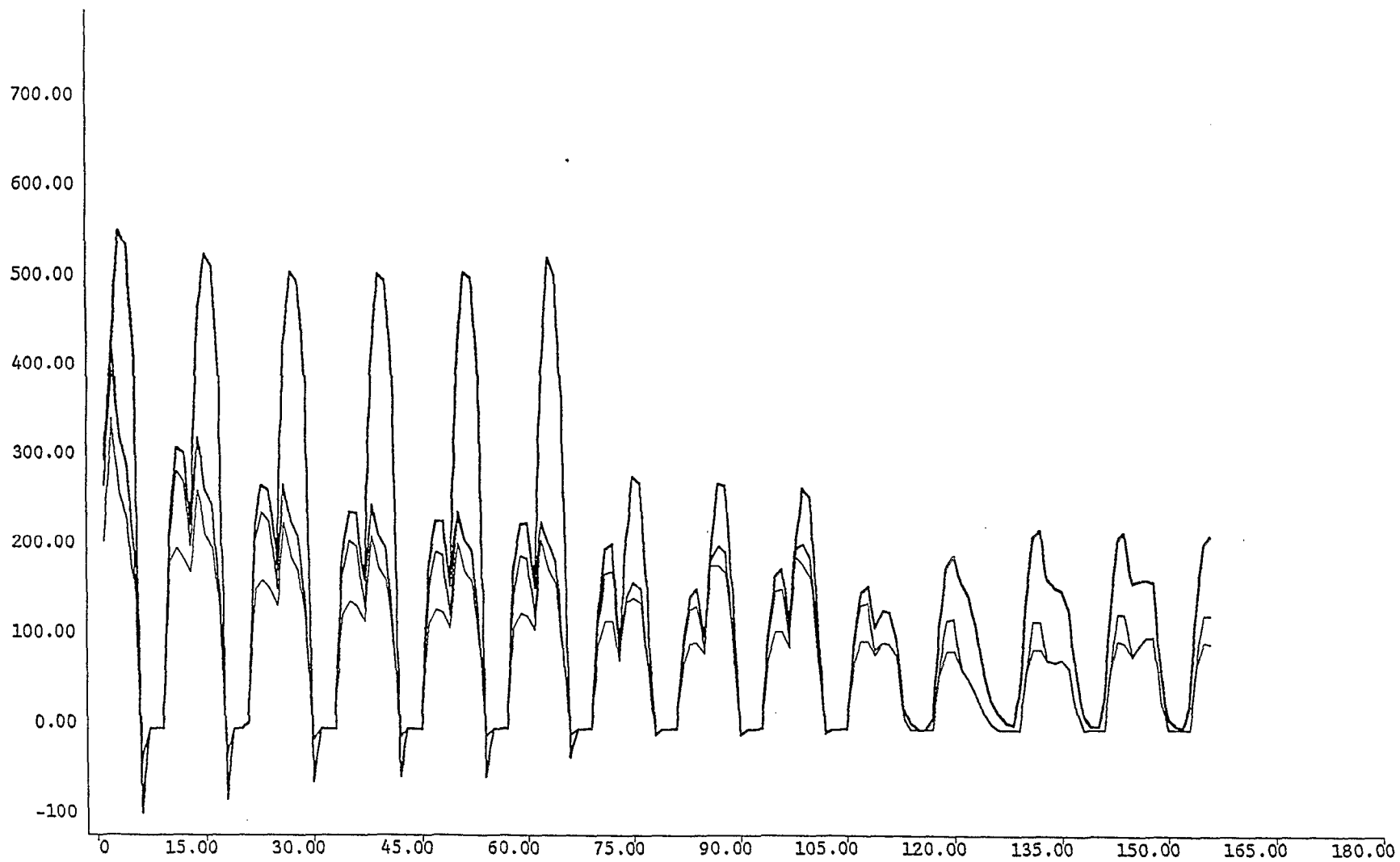


Figure 8-9

Evolution des "revenus totaux" (en millions de F.CFA)
 cumulés selon les quatres tactiques lignes sur la Grande Côte
 (première simulation).

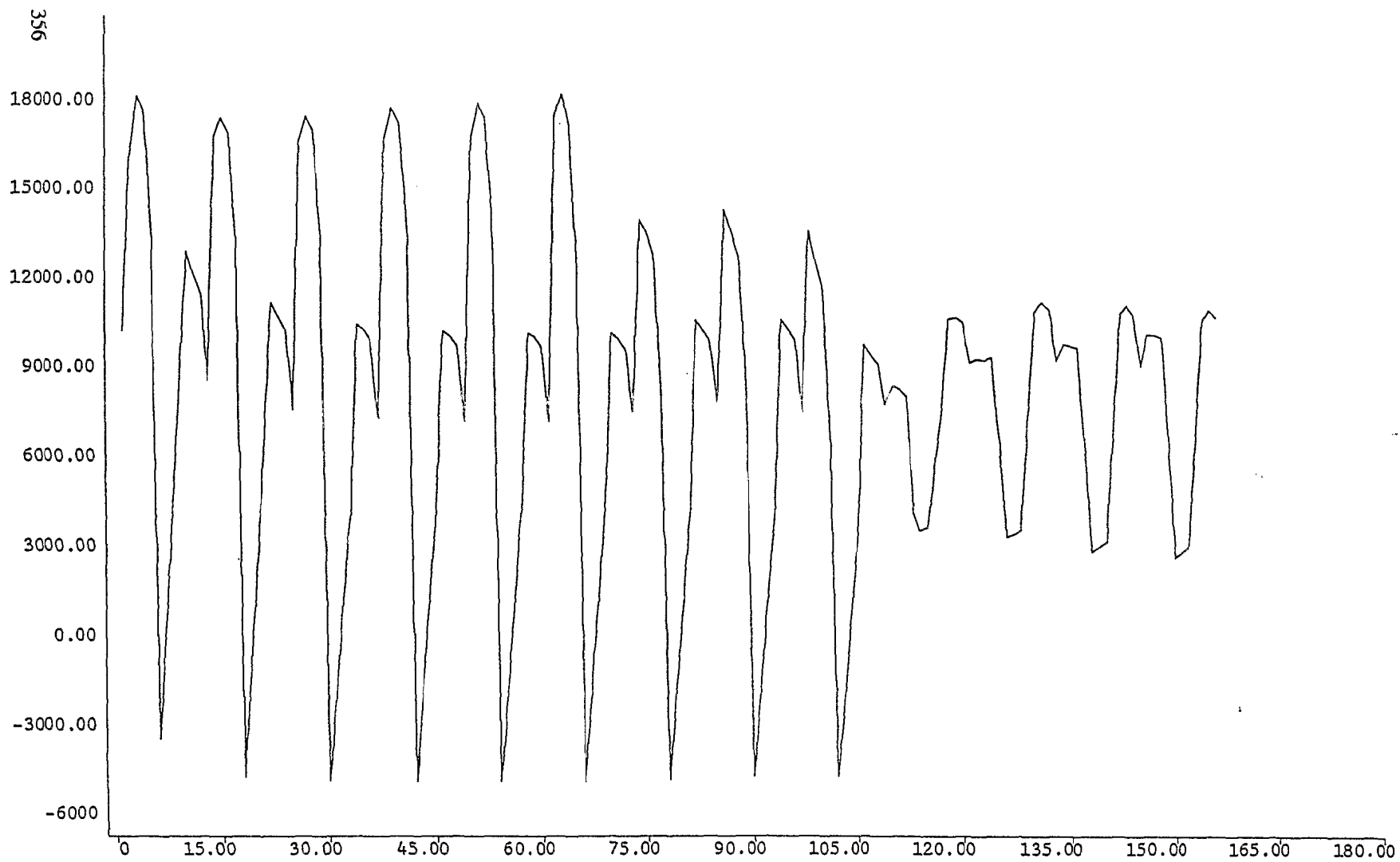


Figure 8-10

Evolution des "revenus par sortie" des lignes sur la Grande Côte (première simulation).

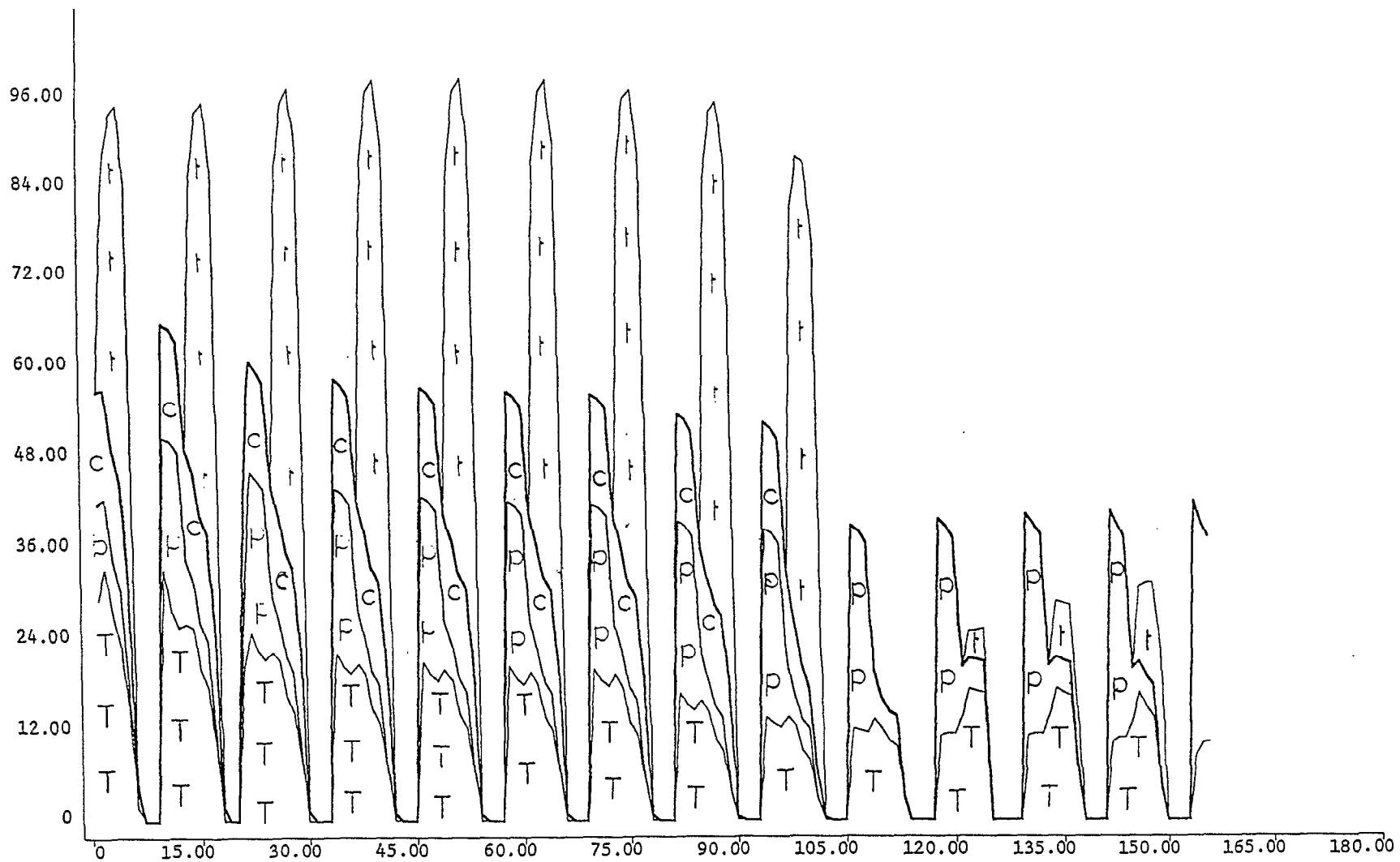


Figure 8-11

Evolution des prises par sortie, cumulées selon les stocks de tiof, pageot, chinchard et tassergal, des pirogues lignes sur la Grande Côte (deuxième simulation).

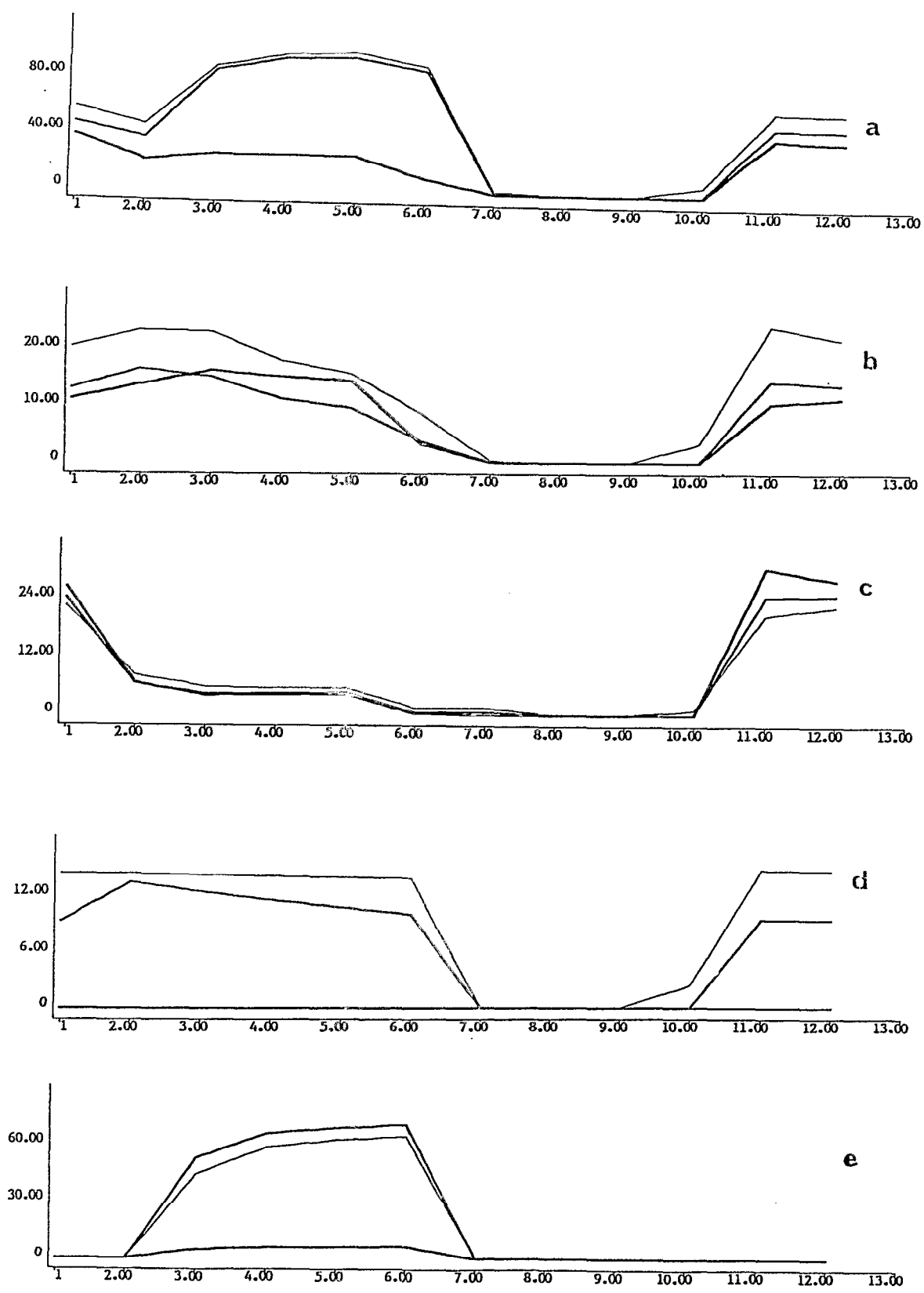


Figure 8-12

Variations mensuelles selon les périodes des prises par sortie des pirogues lignes sur la Grande Côte pour divers stocks a: tous stocks; b: tiouf; c: pageot; d: chinchard; e: tassergal (deuxième simulation).

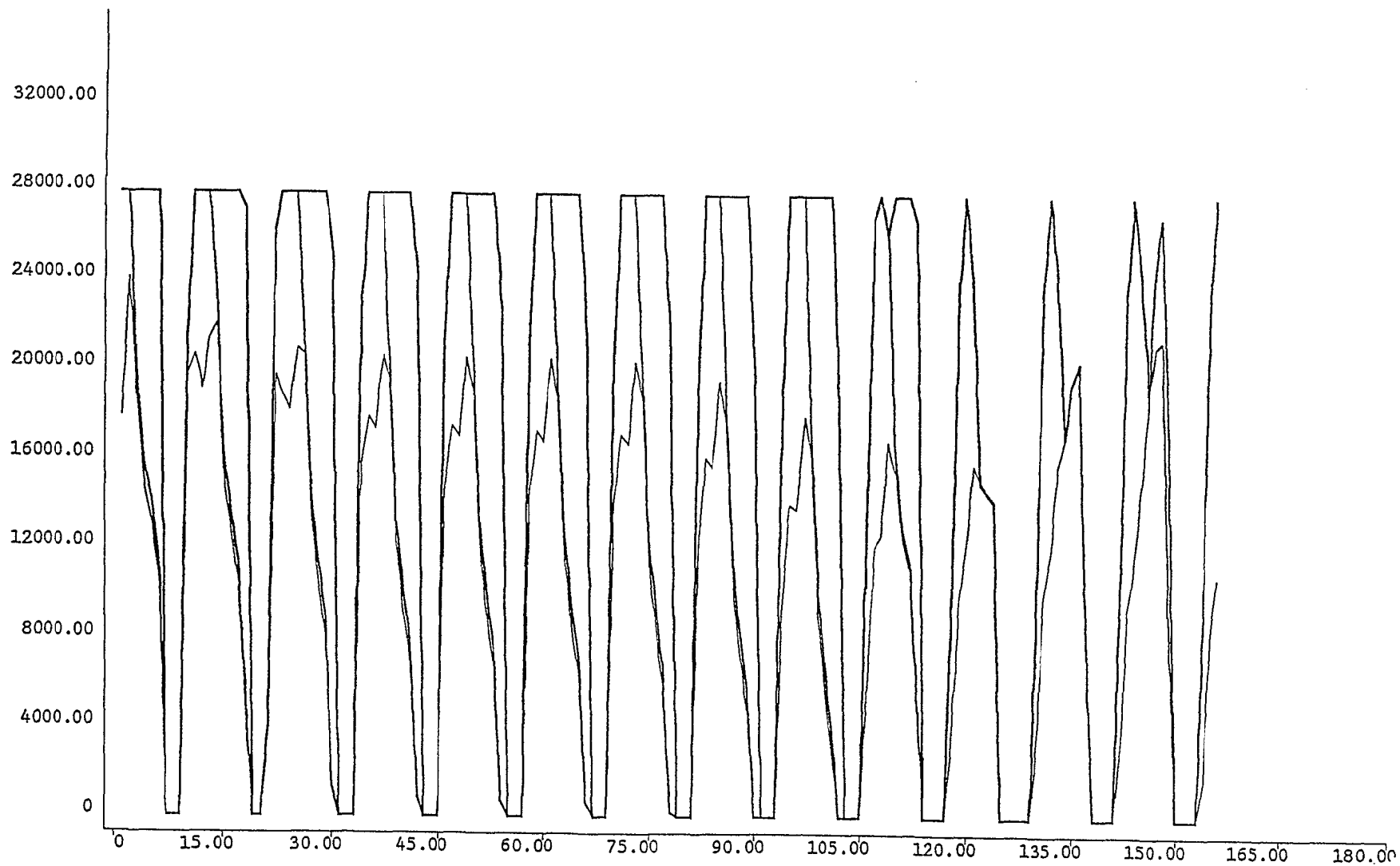


Figure 8-13

Evolution des efforts cumulés selon les trois tactiques
lignes sur la Grande Côte (deuxième simulation).

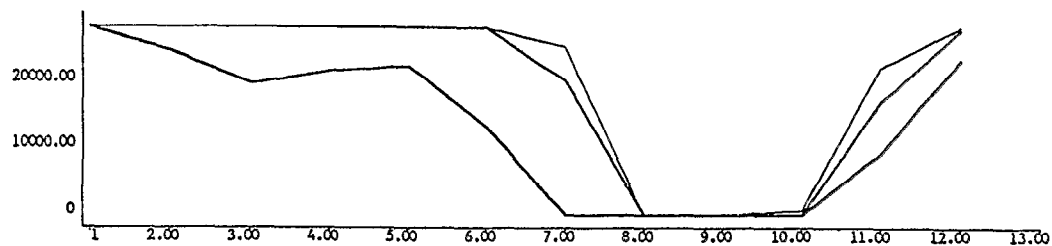


Figure 8-14

Variations mensuelles des nombres de sorties de pirogues lignes sur la Grande Côte selon les trois périodes (deuxième simulation).

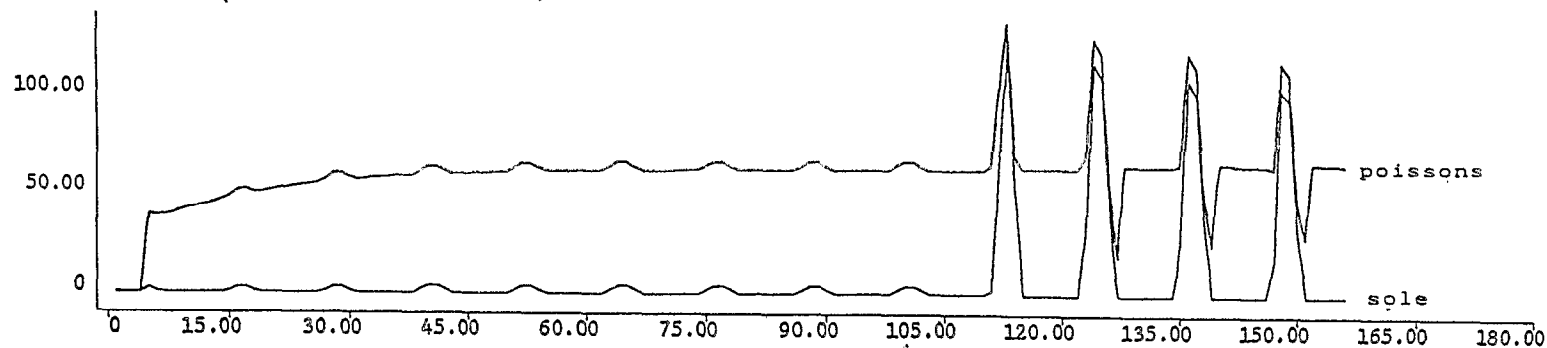


Figure 8-15

Evolution des prises par sortie, cumulées selon les stocks de sole et de "poissons filets dormants" des filets dormants sur la Grande Côte (deuxième simulation).

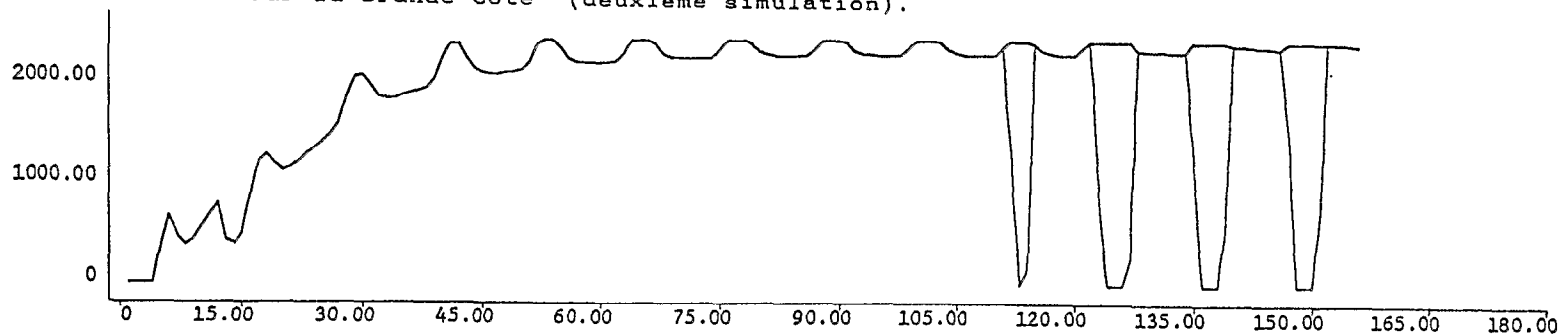


Figure 8-16

Evolution des efforts cumulés selon les deux tactiques filets dormants sur la Grande Côte (deuxième simulation).

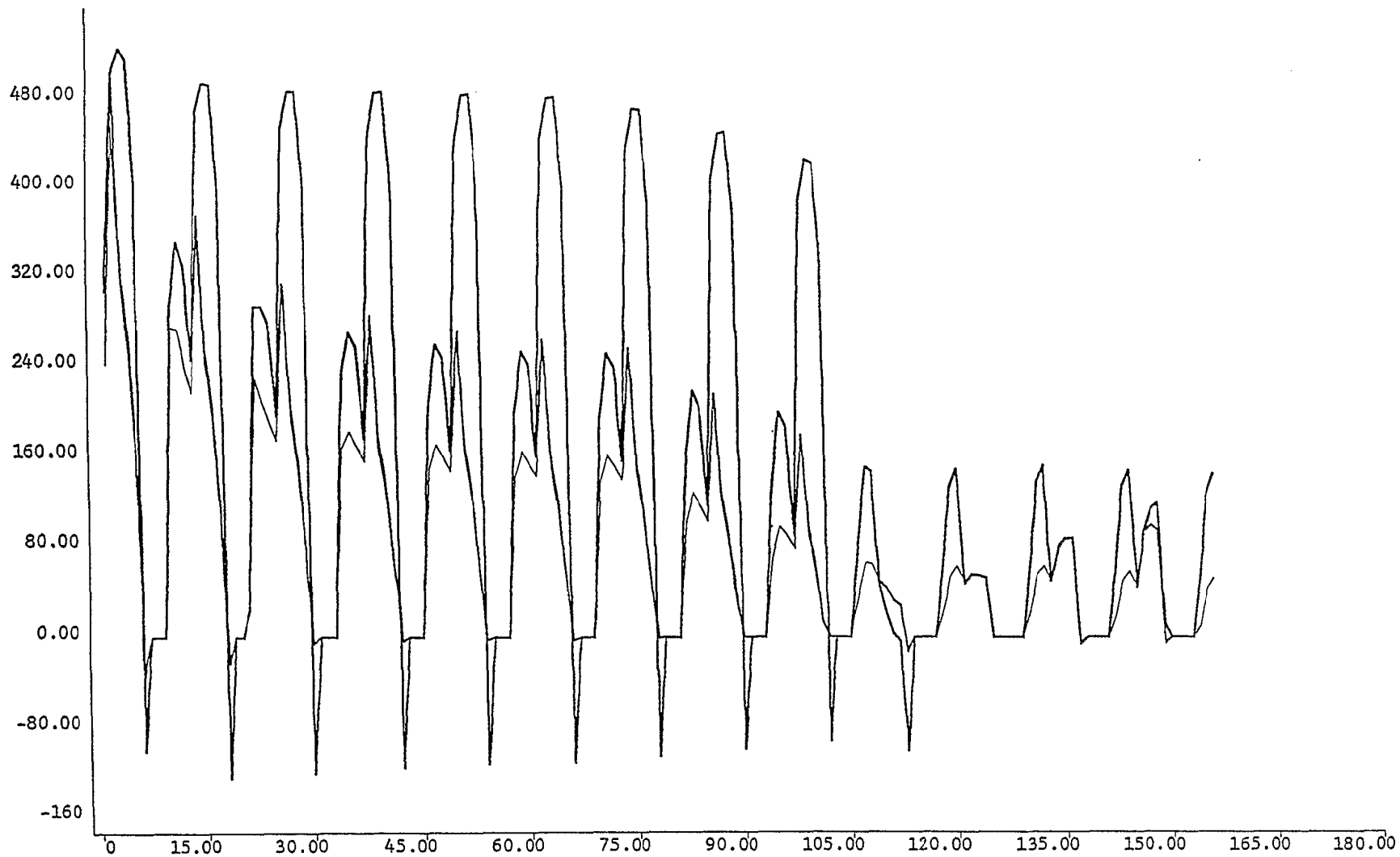


Figure 8-17

Evolution des "revenus totaux" (en millions de F.CFA)
 cumulés selon les trois tactiques lignes sur la Grande Côte
 (deuxième simulation).

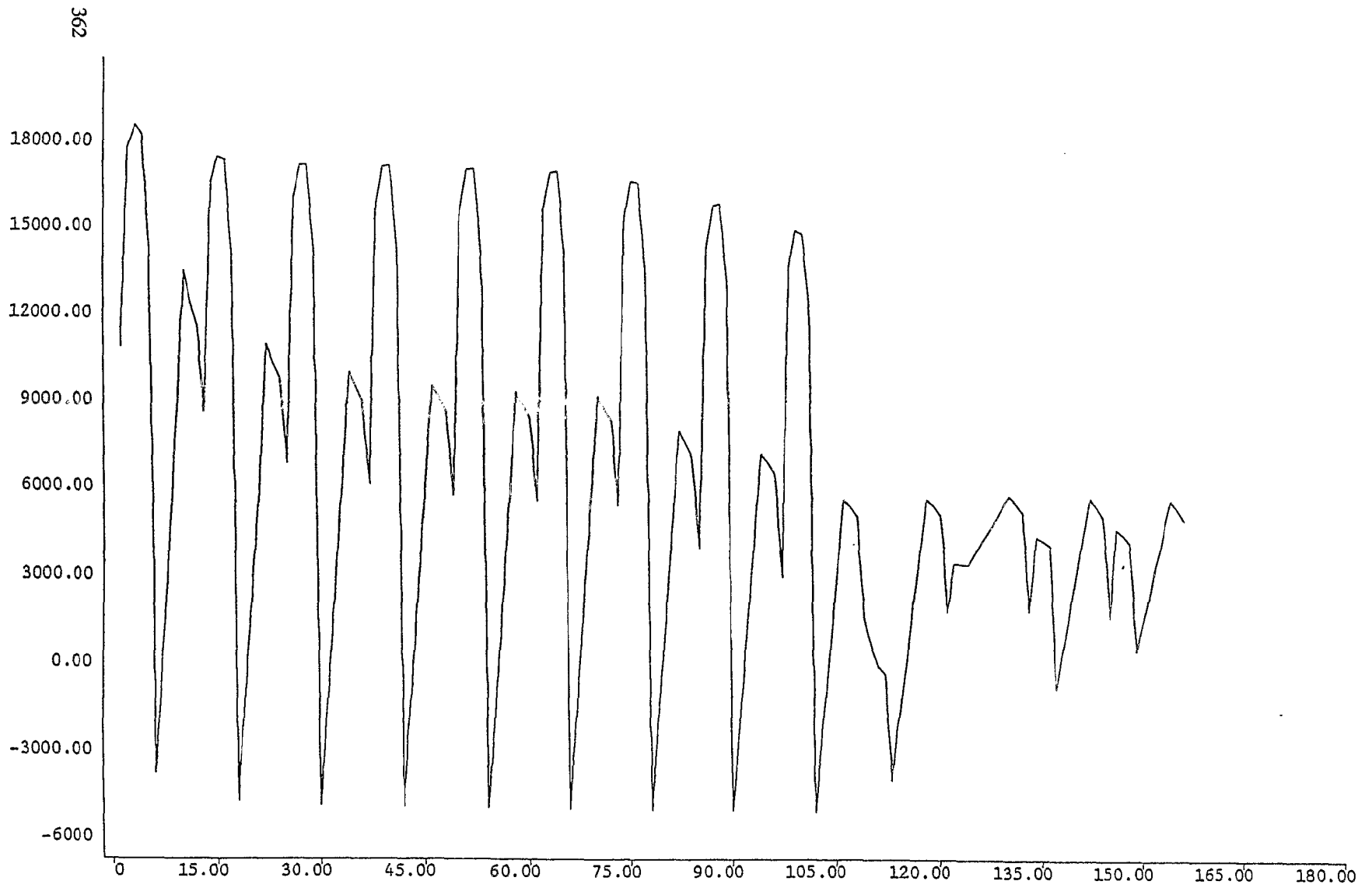


Figure 8-18

Evolution des "revenus par sortie" des lignes sur la Grande Côte (deuxième simulation).

**LA PÊCHE ARTISANALE AU SÉNÉGAL.
RESSOURCE ET STRATÉGIES DE PÊCHE.**

CONCLUSION

... l'avenir est gros de plus d'occurrences qu'il n'en peut mettre au monde. Et il n'est point impossible d'en entendre bouger quelques-unes au fond de la matrice du temps. Mais l'événement seul décide laquelle de ces larves est viable et arrive à terme. Je n'ai jamais vendu au marché de catastrophes ou de bonheurs accouchés d'avance.

*In L'oeuvre au noir
(Marguerite Yourcenar)*

CONCLUSION

Nous avons évoqué à de nombreuses reprises la "gestion" ou l'"aménagement" de la pêcherie, sans vraiment aborder le sujet de façon concrète dans le cas qui nous concerne.

Les analyses que nous avons réalisées de la pêche artisanale en général, et plus particulièrement de son évolution à Saint-Louis et Kayar ont montré que beaucoup de choses ont changé en une quinzaine d'années, mais que ces changements ont pu se produire dans un contexte de stabilité du parc piroguier, sans que l'on ait pu prédire l'évolution des mortalités subies par les principaux stocks exploités.

Selon la remarque de Gulland (1982), il conviendrait d'étudier les changements possibles à partir de l'identification des sources de variations, plutôt que de conseiller la modification de quantités dont la principale qualité est d'être à la base de modèles présélectionnés. Nous sommes ainsi tentés de conclure que les études menées sur une espèce ou sur un groupe d'espèces jusqu'au début des années 1980, qui conduisaient, avec plus ou moins de prudence, à conseiller des modifications d'âge à la première capture et des augmentations d'effort (Franqueville 1983, Chabanne 1987) présentent certainement plus d'intérêt pour des pêches industrielles que pour des pêches artisanales. En particulier, le scénario le plus favorable dans le cadre de la gestion du stock de pageots (Franqueville 1983) comporte un doublement du nombre (1300 à 2600) de pirogues recherchant des pageots. Cette conclusion faisant suite à une analyse approfondie de la dynamique du stock, repose sur la nécessité d'augmenter la taille à la première capture et sur l'observation que la pêche artisanale à la ligne satisfait à cette exigence, il s'agit d'une conclusion très logique. Mais nous ne pouvons guère affirmer qu'il existe un seul type de pêche à la ligne ni encore moins des "pirogues à pageot". Le prétendre revient à supposer que la mortalité par pêche est une valeur qu'on pourrait fixer d'un coup de baguette magique (magique parce que devant être donné par des "aménageurs", l'océanographe biologiste estimant terminé son travail lorsqu'il a trouvé la valeur idéale de mortalité).

Les conclusions issues d'études menées plus particulièrement à partir de l'activité et des résultats de la pêche artisanale sont généralement beaucoup plus prudentes (Cury et Worms 1982, Champagnat et al. 1983). Les résultats des modèles apparaissent en effet moins précis. Ceci peut être dû à une moins bonne précision des données dont la collecte repose, nous l'avons vu, sur un plan d'échantillonnage complexe, mais la variabilité issue de celle des comportements des unités de pêche peut également en être la cause. La pêche artisanale apparaît, pour reprendre un terme classique en économie, "informelle" (au contraire de la pêche industrielle, "formelle"). Et ceci nous ramène à la remarque de Gulland: il faut commencer par regarder ce qui varie, c'est-à-dire formaliser ce qui ne l'était peut-être pas.

Les océanographes biologistes recherchent de plus en plus l'impact des conditions d'environnement sur l'état des populations ; au Sénégal, certains exemples de cet impact ont été présentés (Le Reste 1983, Le Reste et Odinetz 1984, Fréon 1983, 1984, 1986, Cury et Roy 1988, quatrième partie de cette étude). Les conclusions intègrent de plus en plus fréquemment cet aspect, indiquant par exemple (Fréon 1986) qu'il conviendrait de réduire, ou tout au moins ne pas augmenter l'effort de pêche à l'encontre des petits pélagiques sur la côte sud tant que les conditions climatiques restent défavorables.

Mais cette situation, loin de simplifier la tâche de gestion, la rend bien plus complexe car on admet que l'effort "idéal" dépend d'éléments en partie imprévisibles. En effet, on peut rechercher l'impact des conditions de milieu sur des recrutements à venir, et donc faire des prédictions, mais l'environnement a certainement des effets "instantanés" sur les résultats de la pêche, donc largement imprévisibles à l'heure actuelle. Dans ce cas une "chance" du gestionnaire peut être que la pêcherie se prend largement en charge elle-même. C'est sans doute le cas de la pêche artisanale au Sénégal qui correspond à ce que Garrod a appelé une "integrated fishery" (1973).

La mise en évidence de l'impact de l'environnement conduit à redouter des "effondrements" de stocks, et donc de pêcheries. L'exemple de la pêcherie ivoiro-ghanéenne de sardinelles rondes en est caractéristique. Pourtant (Garcia, com. pers.) les pêcheurs artisans ghanéens, interrogés quelques années plus tard se souviennent de l'année où "l'on a pêché tant d'anchois". De même nous avons évoqué la crainte des conséquences que pourrait provoquer la chute des captures de tassergal (Champagnat et al. 1983). Une chute s'est bien produite, certainement durement ressentie par les pêcheurs de Saint-Louis, mais la pêcherie ne s'est pas effondrée.

Notre hypothèse est donc que la variabilité générale des conditions de milieu (en fait aussi bien le milieu dans lequel vit et se renouvelle la ressource que celui qui "absorbe" la production des pêcheurs), a une contrepartie dans celle de l'activité des pêcheurs qui peuvent s'adapter à des situations diverses. Cette hypothèse n'est pas nouvelle, elle sous-tend la volonté des biologistes chargés de l'étude de la pêche artisanale qui ont fait intervenir des représentants d'autres disciplines (cf. introduction), pour aborder de façon globale l'étude du système pêche (cf. Weber 1982). Enfin, et surtout, elle est confortée par l'observation de la vitalité de la pêche artisanale au Sénégal. En effet, celle-ci a longtemps été considérée (elle l'est peut-être encore) comme "archaïque", mais elle a survécu à de multiples échecs, au mieux relatifs, d' "industrialisation" (pêche cordière, Kebe 1982 ; pêche pélagique, Chaboud et Dème 1988) et on ne peut s'empêcher de rappeler une "conclusion" du rapport administratif du service des pêches au Sénégal en 1955: "sur le plan économique c'est toujours la pêche artisanale qui a triomphé (...) On a toujours voulu opposer pêche africaine et pêche industrielle, pensant que celle-ci tuerait celle-là, or c'est le contraire qui s'est produit".

Mais nous ne concluons pas que la pêche artisanale est, au Sénégal, une pêche "optimale", "autogérée" et surtout "indestructible". Il suffit en effet de peu de choses pour provoquer des crises graves dans son activité:

- par exemple une pénurie totale de moteurs hors bord, ou de pièces de rechange: *on peut donc considérer la tâche des gestionnaires comme devant garantir la disponibilité du renouvellement et de l'entretien des moyens de production, ce sera là le premier élément de notre conclusion,*

- par exemple une surexploitation de la part des pêches industrielles ; de ce point de vue, la recherche halieutique garde tout son intérêt, et si nous en avons critiqué l'approche pour ce qui est de la gestion d'une pêche artisanale, il reste qu'elle permet des diagnostics indispensables sur l'état des stocks. Ce n'est pas un hasard si le CRODT, donc la "recherche", est pleinement associé aux négociations entre le Sénégal et les nations étrangères pour l'établissement des accords de pêche et s'il est partie prenante dans la collaboration avec les pays de la sous-région pour une gestion concertée des ressources partagées.

- par exemple une modification des conditions d'environnement (intensité d'upwelling) jouant sur le renouvellement de la ressource disponible au Sénégal.

Cependant la nature des interactions entre pêches artisanale et industrielle reste encore à nos yeux largement à préciser. En effet ces pêcheries se partagent des stocks en grande partie communs et il n'existe pas de marché exclusif (Weber et Fontana 1983). Mais les zones de pêche ne sont pas les mêmes et il nous paraît évident qu'une augmentation de l'effort de pêche peut engendrer des augmentations de mortalités fort différentes selon que celui-ci s'exerce dans une zone où il y a déjà une activité de pêche ou non.

Les pêcheurs ont à l'évidence une connaissance et une expérience solides de la ressource qu'ils exploitent et de la façon de la faire. Une des tâches de la recherche est de bien évaluer cette connaissance et cette expérience, d'en bien mesurer l'impact sur le dynamisme de la pêche, d'en maintenir, voire accroître, les aspects positifs en favorisant la circulation des connaissances, l'accès à de nouvelles techniques qui pourront, ou non, être adoptées par les pêcheurs, et en facilitant l'ouverture de nouveaux marchés. D'une façon générale, en paraphrasant Dickie et Kerr (1982), *il convient d'utiliser les capacités d'autorégulation du sous système pêche, c'est à dire préférer un "aménagement qui fournit des informations et intervient dans les capacités du marché" à un "aménagement gendarme"*. Ce sera là le second élément de notre conclusion.

Nous espérons avoir contribué à cette recherche, mais nous ne l'avons certainement pas menée à terme. Les simulations présentées dans la dernière partie comportent un grand nombre d'hypothèses ou d'approximations dont l'imprécision pourrait être amoindrie par une collaboration plus intense entre les diverses disciplines chargées de l'étude des pêches artisanale et industrielle. Ceci implique une remise en cause de leurs cloisonnements. En effet, si nous avons estimé que les modèles classiques de dynamique des populations marines exploitées conduisent à des résumés insuffisants de l'activité de la pêche, parce qu'ils recherchent des relations qui n'existent guère, il peut en être de même pour les autres disciplines. Chacune d'entre elles a trop souvent tendance à supposer négligeables, ou acquis les résultats que les autres peuvent apporter. Par exemple supposer que l'effort de pêche est un paramètre contrôlé est une

hypothèse qui ne relève pas de la biologie, mais qui est faite par les biologistes. Inversement, les socio-économistes chargés de l'aménagement d'une pêcherie admettent parfois très rapidement des potentialités satisfaisantes du milieu et affectent aux variables exogènes à leurs études des valeurs qui ne remettent pas en cause leurs propres développements.

En définitive, les thèmes de recherches les plus intéressants de chaque discipline nous semblent largement pouvoir être définis dans les affirmations qui les concernent... lorsqu'elles sont faites par les autres. De grands progrès ont été réalisés en ce sens au CRODT, et sont à l'origine des résultats présentés ici. *Il nous paraît nécessaire de poursuivre et d'intensifier les recherches pluridisciplinaires dans le domaine des pêches au Sénégal* ; ce sera là le dernier élément de notre conclusion.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Allen P.M and J.M. Mac Glade, 1986. Dynamics of discovery and exploitation: the case of scotian shelf groundfish fishery. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 43: 1187-1200.

Alvey N.G., Banfield C.F., Baxter R.I., Gower J.C., Krzanowski W.J., Lane P.W., Leech P.W., Nelder J.A., Payne R.W., Phelps K.M., Rogers C.E., Ross G.J.S, Simpson H.R., Todd A.D., Tunnicliffe-Wilson G., Wedderburn R.W.M., White R.P., Wilkinson G.N. 1983. GENSTAT, a general statistical language. Rothamsted Experimental Station. Harpenden, Bertfordshire U.K.

Andersen K.P. and E. Ursin, 1977. A multispecies extension to the Beverton and Holt theory of fishing with accounts of phosphorous circulation and primary productivity. *Danish inst. Fish. Mar. Res.*, 7: 319-435.

Anonyme 1979. La reproduction des espèces exploitées dans les Golfe de Guinée. Rapport du groupe de travail ISRA-ORSTOM (Dakar, 7-12 Novembre 1977). *Doc. Scient. Cent. Rech. Océano. Dakar Thiaroye*, 68

Anonyme 1982. Statistiques de pêche des flotilles industrielles dans les eaux sénégalaise en 1981. *Arch. Cent. Rech. Océano. Dakar Thiaroye*, 113, 54 p.

Anonyme 1982. Statistiques de débarquements de la pêche maritime artisanale sénégalaise en 1981. *Arch. Cent. Rech. Océano. Dakar Thiaroye*, 118, 28 p.

Anonyme 1982. Statistiques de débarquements de la pêche maritime artisanale sénégalaise en 1982. *Arch. Cent. Rech. Océano. Dakar Thiaroye*, 120, 70 p.

Anonyme 1983. Synthèse des données hydroacoustiques de la région Sénégal-Mauritanie. 22-27 novembre 1982. *Doc. Int. CRODT*: 191-254.

Anonyme 1984. Statistiques de débarquements de la pêche maritime artisanale sénégalaise en 1983. *Arch. Cent. Rech. Océano. Dakar Thiaroye*, 132, 91 p.

Anonyme 1984. Compte rendu de la réunion tenue au CRODT sur l'état des ressources en petits pélagiques côtiers (12 juin 1984). *Rapport interne CRODT*, 77: 537-568.

Anonyme 1985. Statistiques de débarquements de la pêche maritime artisanale sénégalaise en 1984. *Arch. Cent. Rech. Océano. Dakar Thiaroye*, 144, 93 p.

Anonyme 1985. Compte rendu de la réunion tenue au CRODT sur la pêche chalutière des ressources démersales du Sénégal (13 mars 1985). *Rapport interne CRODT*, 78: 569-619.

Anonyme 1986. Statistiques de débarquements de la pêche maritime artisanale sénégalaise en 1985. *Arch. Cent. Rech. Océano. Dakar Thiaroye*, 153, 98 p.

Anonyme 1986. Rapport du groupe de travail sur la pêche artisanale sénégalaise. CRODT. 17-22 mars 1986, tomes I et II. Doc. Int. CRODT: 131 p. et 197 p.

Anonyme 1987. Statistiques de débarquements de la pêche maritime artisanale sénégalaise en 1986. *Arch. Cent. Rech. Océano. Dakar Thiaroye*, 159, 94 p.

Arnoux J. 1951. Note sur la pêche à Kayar. Bulletin d'information et de documentation n°12. Section technique des pêches. Avril, mai, juin 1951, 20 p.

Arnoux J. 1957. La pêche maritime au Sénégal. In Colloque de Luanda sur l'océanographie et les pêches maritimes. 20-27 Nov. 1957.

Arnoux J. 1962. La pêche artisanale sénégalaise. Evolution au cours de la décade 1951-1961. Rapport du service de l'élevage et des industries animales.

Bailey C. 1986. Relevance of the concept "Optimal Yield" for third world fisheries. Paper presented at the annual meeting of the Am. Fish. Soc., Providence, R.I., 14-18 September 1986. 19 p.

Bakun A. 1973. Daily and weekly upwelling indices. West coast of North America. 1946-71. U.S. Dept Comm. NOAA Techn. Rep. NMFS SSRF 671, 103 p.

Bard J. 1974. Non linear parameter estimation. Academic Press, New York, London, 341 p.

Bakhayokho M. 1980. Pêche et biologie des céphalopodes exploités sur les côtes du Sénégal (12°20 N. - 16° 03 N.) Thèse 3ème cycle. Univ. Brest.

Bergerard P. 1980. La pêche piroguière maritime à la ligne et au filet dormant au Sénégal: propositions pour l'amélioration du système de recueil et de traitement des statistiques de pêche utilisé par le CRODT. Mémoire d'élève ORSTOM, 40 p

Berrit G.R. 1952. Esquisse des conditions hydrologiques du plateau continentale du Cap-Vert à la Gambie. *Bull IFAN XIV*, 3: 735-761.

Beverton, R.J.H. et S.J. Holt. 1957. On the dynamic of exploited fish populations. *Fish. Invest. Minist. Agric., Fish. Food (G.B)*. Ser 2, 19, 533 p.

Binet D., 1982. Influence des variations climatiques sur la pêcherie des *Sardinella aurita* ivoiro-ghanéennes : relation sécheresse-surpêche. *Océanol. Acto*, 5, 443-452.

Blache J., J. Cadenat et A. Stauch, 1970. Clés de détermination des poissons de mer signalés dans l'Atlantique oriental, entre le 20 ième parallèle N. et le 15 ième parallèle S.. Faune tropicale XVII, 479 pp., 1152 fig. ORSTOM Paris.

Boely T. 1978. Les poissons pélagiques côtiers au Sénégal. La pêche de *Caranx rhonchus*. *Bull. IFAN.*, 40 (A) : 640-674.

Boely T. 1981. Biologie de deux espèces de sardinelles *Sardinella aurita* Valenciennes, 1847 et *Sardinella maderensis* Lowe, 1841 des côtes sénégalaises. Travaux et documents de l'ORSTOM, 7, 209 p et annexes.

Boely T., A. Wysokinski, J. Elwertowski. 1973. Les chinchards des côtes sénégalaises et mauritaniennes. Biologie, déplacements, ressources. ORSTOM-CRODT, Doc. Sci. Prov. n° 46.

Boely T., J. Chabanne et P. Fréon, 1978. Schémas migratoires, aires de concentrations et périodes de reproduction des principales espèces de poissons pélagiques côtiers dans la zone sénégalomauritanienne. In Rapport du groupe de travail *ad-hoc* sur les poissons pélagiques côtiers ouest africains de la Mauritanie au Liberia. (26°N à 5°N.). Dakar. COPACE/PACE, série 78/10: 63-70.

Bonnardel R. (Nguyen Van Chi). 1967. L'économie maritime et rurale de Kayar, village sénégalais. Problèmes de développement. Dakar. Mémoires IFAN, 76. 260 pp.

Bonnardel R. (Nguyen Van Chi). 1978 a. Migrations des habitants des îles du Gandoum. Projet SEN 73/09. Rapport partiel n°3, DOPM. 35 p. dactylogr.

Bonnardel R. (Nguyen Van Chi). 1978 b. Démographie, taux d'émigration dans les îles du Saloum. Projet SEN 73/09. Rapport partiel n°2, DOPM. 10 p. dactylogr.

Bonnardel R. 1985. Vitalité del la petite pêche tropicale. Pêcheurs de Saint Louis du Sénégal. *Mémoires et documents de géographie*. Nouvelle collection. CNRS. 104 p.

Borgmann, U. 1982. Particle-size-conversion efficiency and total animal production in pelagic ecosystems. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 39: 668-674.

Box G.E.P. and G.M. Jenkins, 1970. Time series analysis forecasting and control. Holden Day, San Francisco, CA. xix+553 p.

Brown B.E., J.A. Brennan and J.E. Palmer 1979. Linear programming simulations of the effects of bycatch on the management of mixed species fisheries off the northeastern coast of the United States. *Fish Bull.* US, 76: 851-860.

Caddy J.F. and Garcia S. 1983. Production Modelling without long Data Series. ACMRR working party on the management of living resources in near-shore tropical waters. Rome, Italy, 28 Feb. - 4 March 1983 4p.

Caddy J.F. and Csirke J. 1983. Approximations to sustainable yield for exploited and unexploited stocks. *Oceanog. Trop.* 18: 3-15.

Cadenat J. 1948 a. Physionomie générale de la pêche maritime en A.O.F. In Gouvernement général de l'A.O.F. ed. Conférence de la pêche maritime, Dakar 15-22 juin: 25-60.

Cadenat J. 1948 b. Bateaux et engins de pêche. *In* Gouvernement général de l'A.O.F. ed. Conférence de la pêche maritime, Dakar 15-22 juin: 93-116.

Cadenat J. 1950. La pêche sur la côte de la presqu'île du Cap-Vert. *In* Bull d'inform. et de doc. du Sénégal ; Section technique des pêches.

Camarena T. 1986. Les principales espèces de poissons pélagiques côtiers au Sénégal. Biologie et Evaluation des ressources. Thèse doct. 3ième cycle. Univ. Bretagne Occidentale. 127 p.

C.E.E, 1987. Assessment of technical interactions in mixed fisheries. C.E.E. Internal Information on Fisheries, 15: 75 p.

Chaboud C. 1983. Le mareyage au Sénégal. *Doc. Scient. Cent. Rech. Océano. Dakar Thiaroye*, 87, 112 p.

Chaboud C. 1984. L'importance économique des petits pélagiques côtiers dans la pêche artisanale sénégalaise. *Doc. Int. CRODT*, 5 p.

Chaboud C., M. Kebe, F. Barbe, M. Diop, M. Fall., 1982. Prix du poisson au débarquement et sur le marché de la Gueule-Tapée. 1977-1981. *Arch. Cent. Rech. Océano. Dakar Thiaroye*. 107: 200 p.

Chaboud C., Laloë F. 1983. Eléments sur la pêche et l'agriculture dans les îles du Saloum. In atelier d'étude des mangroves au sud de l'estuaire du Saloum. UNESCO, division des sciences de la mer. Dakar, décembre 1983, pp. 211-217.

Chaboud C., M. Kebe. 1986. Les aspects socio-économiques de la pêche artisanale maritime au Sénégal. Mutations technologiques et politiques de développement. *In* Actes de la conférence internationale sur les pêches. Univ. de Quebec, Rimouski: 1059-1077.

Chaboud C., Dème M., 1988. Ressources instables et pêche semi-industrielle. Les exemples sénégalais et ivoiriens (note préliminaire). Communication au groupe de travail "Impact des fluctuations environnementales sur la dynamique des stocks côtiers en Afrique de l'Ouest", 12-17 décembre 1988, CRODT Dakar, Sénégal, 28 p. multigr.

Chaboud C., M. Kebe. 1988. Enquête cadre sur le littoral mauritanien. Rapport de mission effectuée du 30 juin au 16 juillet 1987. Non publié.

Chaboud C., M. Kebe (à paraître). La distribution en frais du poisson de mer au Sénégal: commerce traditionnel et interventions publiques. *Cah. Sci. Hum. ORSTOM* Paris.

Champagnat C. 1978. Marquage et migrations du tassergal (*Pomatomus saltator*) sur les côtes du Sénégal et de la Mauritanie. *Doc. Scient. Cent. Rech. Océano. Dakar Thiaroye*, 65, 16 p.

Champagnat C., F. Domain. 1979. Migration des poissons démersaux le long des côtes ouest africaines de 10 à 24° de latitude nord. *Doc. Scient. Cent. Rech. Océano. Dakar Thiaroye*, 68: 78-110.

Champagnat C., A. Caverivière, C. Conand, P. Cury, J.R. Durand, A. Fontana, A. Fonteneau, P. Fréon et A. Samba, 1983. Pêche, biologie et dynamique du tassergal (*Pomatomus saltator*, Linnaeus, 1766) sur les côtes sénégal mauritaniennes. *Trav Doc. ORSTOM Paris*, 168, 279 p.

Chardy P., M. Glemarec et A. Laurec. 1976. Application of inertia methods to benthic marine ecology: practical implications of the basic options. *Estuar. and Coast. Mar. Sci.*, 4: 179-205.

Charruau A. et coll. Etude d'une gestion optimale d'une pêcherie de langoustine et de poissons démersaux en Mer Celtique. Rapports CEE/IFREMER 1ère phase (1984), 2ème phase (1985), 3ème phase (1986).

Chauveau J.P. 1983. La navigation et la pêche maritime dans l'histoire économique du littoral sénégalais (milieu du 15ième-19ième siècle) *Doc. Scient. Cent. Rech. Océano. Dakar Thiaroye* 84: 25-35.

Chauveau J.P., 1985. Histoire de la pêche maritime et politiques de développement de la pêche au Sénégal. Représentations et pratiques du dispositif de l'intervention moderniste. *Anthropologie Maritime*, 2: 300-318.

Chauveau J.P. 1986. Une histoire maritime africaine est-elle possible? *Cah. Etudes Afr.*, 101-102, XXVI: 173-235.

Chauveau J.P. à paraître. Histoire de la pêche industrielle au Sénégal et politiques d'industrialisation. *Cah. ORSTOM Sc. Hum.*, Paris.

Chauveau J.P. et A. Samba, à paraître. Market Development, Government Intervention and the Dynamics of the Small-Scale Fishing Sector. *Development and Change*, London.

Chauveau J.P., Laloë F. 1985. La pêche maritime artisanale dans les îles du Saloum, bilan provisoire. In Rapports de l'UNESCO sur les sciences de la mer n°32: L'estuaire et la mangrove du Sine Saloum, résultats d'un atelier régional UNESCO COMAR, Dakar, 28 février - 5 mars 1983. pp. 108-116.

Cochran W.G. 1977. Sampling techniques. Third edition. J.Wiley, & sons. 428 p.

Coly B. 1984. Système de production agricole dans la zone littorale des Niayes du Sénégal. Le cas de Kayar, village de pêcheurs et maraîchers. *Rap. Int. CRODT*, 123 p., non publié.

COPACE, 1988. Bulletin statistique du COPACE n° 5. Captures nominales 1974-1986. F.A.O. 308 p.

Csirke et Caddy. 1983. Production modelling using mortality estimates. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 40: 43-51.

Cury P. 1981. Présentation et utilisation des programmes de la section "Pêche Artisanale" du CRODT. *Arch. Cent. Rech. Océano. Dakar Thiaroye*, 89, 105 p.

Cury P., A.Samba, A.Sagna, B. Ndiaye et T. Sene, 1981. Statistiques de débarquements de la pêche maritime piroguière à Saint Louis de 1974 à 1980. *Arch. Cent. Rech. Océano. Dakar Thiaroye*, 100, 53 p.

Cury P., A.Samba, A.Sagna, B. Ndiaye et T. Sene, 1981. Statistiques de débarquements de la pêche maritime piroguière à Kayar de 1974 à 1980. *Arch. Cent. Rech. Océano. Dakar Thiaroye*, 104, 55 p.

Cury P., A. Samba, A. Sagna, B. Ndiaye et T. Sene, O. Diouf et M. Ndiaye, 1982. Statistiques de débarquement de la pêche maritime piroguière en 1981 à Saint-Louis, Kayar, Yoff, Soumbedioune. *Hann. Arch. Cent. Rech. Océano. Dakar Thiaroye*, 111. 40 p.

Cury P., J. Worms, 1982. Pêche, biologie et dynamique du thiof (*Epinephelus aeneus* Geoffroy Saint Hilaire, 1917) sur la côte sénégalaise. *Doc. Sci. Cent. Rech. Océano. Dakar Thiaroye*, 82, 88 p.

Cury P., C. Roy, 1987. Upwelling et pêche des espèces pélagiques côtières de côtes d'Ivoire: une approche globale. *Océanol. Acta*, 10, 347-357.

Cury P., C.Roy.1988. Migration saisonnière du thiof (*Epinephelus aeneus*) au Sénégal: influence des upwellings sénégalais et mauritannien. *Océanol. Acta*, 11: 25-36.

Cury P., C. Roy, à paraître. Optimal environmental window and pelagic fish recruitment success in upwelling areas. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*

Cury P., A.Fontana., 1988. Compétition et stratégies démographiques comparées de deux espèces de sardinelles (*Sardinella aurita* et *Sardinella maderensis*) des côtes ouest africaines. *Aquat. Living Resour.* 1: 165-180.

Cushing D.H. 1978.The natural regulation of fish population. In *Sea fishery research*. FR Harden Jones ed.: 339-412. J. Wiley and Sons ltd.

Dagnélie P. 1975. Théorie et méthodes statistiques, vol II, 2ième édition. Presses agronomiques de Gembloux. 463 p.

Dagnélie P. 1975. Analyse statistique à plusieurs variables. Presses agronomiques de Gembloux. 362 p.

Dème M. 1983. Les exportations de poissons de la pêche artisanale sénégalaise. *Doc. Sc.*, 85, C.R.O.D.T: 1-27.

Dème M., 1988. Etude économique et financière de la pêche sardinière sénégalaise. *Doc. Sc.*, 107, C.R.O.D.T: 66 p.

Deriso R.B. 1980. Harvesting strategies and parameter estimation for an age structured model. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 37: 268-282.

Deriso R.B., T.J. Quinn II and R.P. Neal, 1985. Catch age analysis with auxiliary information. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 42, 815-823.

Destanques C. 1982. Etude de la qualité des estimations à vue du poids des prises débarquées par les pêcheurs artisans sénégalais. Rapport interne Cent. Rech. Océano. Dakar Thiaroye. Multig., 19p.

Diaw M.C., 1985. Formes d'exploitation du milieu, communautés humaines et rapports de production: première approche dans l'étude des systèmes de production et de distribution dans le secteur de la pêche en Casamance. *Doc. Sci. Cent. Rech. Océano. Dakar Thiaroye*, 104, 165 p.

Dickie L.M. and Kerr S.R. 1982. Alternative approaches to fisheries management advice. p. 18-23. In M.C. Mercer (ed). Multispecies approaches to fisheries management advice. *Can. Spe. Publi. Aquat. Sci.* 59.

Diouf T., 1980. Pêche et biologie de trois *Scombridae* exploités au Sénégal: *Euthynnus alleteratus*, *Sarda sarda*, *Scomberomorus tritor*. Thèse doct. 3ième cycle. Univ. Bretagne Occidentale. 166p.

Domain F. 1976. Les fonds de pêche du plateau continental ouest-africain entre 17°N et 12°N. *Doc. Sci. Cent. Rech. Océano. Dakar Thiaroye*, 61, 23 p.

Domain F. 1980. Contribution à la connaissance de l'écologie des poissons démersaux du plateau continental sénégal-mauritannien. Les ressources démersales dans le contexte général du golfe de Guinée. Thèse Doct. Etat. 342p. + ann.

Domanewski L.N., 1968. Spawning peculiarities of fish from the north-western coast of Africa. *ICES-6*, 3: 9 p.

Doubleday W.G. 1976. A least squares approach to analysing catch at age data. *Res. Bull. Int. Comm. Northw. Atl. Fish.* 12: 69- 81.

Dupouy C. 1983. Utilisation et interprétation des images en infrarouge thermique du satellite Météosat. Application aux upwellings du Sénégal et des côtes ouest africaines en 1983. ORSTOM, Paris-Lannion; ronéo, 59 p., 15 fig.

Durand M.H., 1984. La pêche artisanale au Sénégal. L'approche d'une enquête. Mémoire D.E.A. Univ. Paris I. 56p. + ann.

F.A.O. 1980 a. Quelques problèmes scientifiques sur l'aménagement des pêcheries multispécifiques. Rapport de la conférence d'experts sur l'aménagement des pêcheries multispécifiques. Rome, 20-23 septembre 1977. FIRM/T181, 45 pp.

F.A.O. 1980 b. Rapport du groupe de travail *ad hoc* sur les pêches artisanales. Dakar, projet COPACE, COPACE/TECH/80/28, 33 pp.

F.A.O. 1980 c. Rapport du groupe de travail *ad hoc* sur les sardinelles de Côte d'Ivoire-Ghana-Togo. COPACE/PACE, série 80/21 (fr), FAO, Rome, 73p.

F.A.O. 1982. Rapport de la consultation sur la pêche artisanale dans la région du COPACE. Dakar, projet COPACE, COPACE/TECH/82/39 26 pp.

F.A.O. 1983. Rapport du groupe de travail sur les statistiques de prises et d'effort de la prise artisanale. COPACE/TECH/83/51, 56 pp.

Fager E.W., A.R. Longhurst. 1968. Recurrent group analysis of species assemblages of demersal fish in the Gulf of Guinea. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 25: 1405-1421.

Fall M. 1984. Les pirogues glacières et l'amélioration de la conservation à bord des pirogues. Mémoire fin d'études EATOMP Dakar BP 2241, 38 p.

Fletcher R.J. (1978). On the restructuring of the Pella-Tomlinson system. *Fish. Bull. U.S.*, 76: 515-521.

Fontana A., 1983. Les ressources en poissons pélagiques côtiers au Sénégal: état des stocks et des pêcheries. Rapport interne C.R.O.D.T., 22 pp.

Fonteneau A. 1981. Dynamique de la population d'albacores (*Thunnus albacares*, Bonnaterre 1788) de l'océan Atlantique. Thèse doct. état Paris VI.

Fonteneau A. 1986. Analyse de l'exploitation de quelques concentrations d'albacores par les senneurs durant la période 1980-1983 dans l'Atlantique centre est. *Rev. Doc. Scient. ICCAT*. 25, 81-98.

Fonteneau A. 1988. Modélisation, gestion et aménagement des pêcheries thonières de l'Atlantique centre est. In Fonteneau et Marcille ed. Ressources, pêche et biologie des thonidés tropicaux de l'Atlantique centre est: 317-355.

Fonteneau A., Laloë F. 1986. Analyse de la variabilité des tailles de listaos au sein des concentrations exploitées en 1981. Comptes rendus de la conférence ICCAT sur le programme de l'année internationale du listao: 154-159.

Fournier D., C.P. Archibald. 1982. A general theory for analysing catch at age data. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 39: 1195-1207.

Fox W.W., 1970. An exponential surplus yield model for optimizing exploited fish population. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 99, 80-88.

Fox W.W., 1974. An overview of production modelling. ICCAT workshop on tuna population dynamics, Nantes, France, 1974. *Rec. Doc. Scient. CICTA*, III, 142-156.

Fox W.W., 1975. Fitting the generalized stock production model by least square and equilibrium approximation. *Fish. Bull. U.S.*, 73, 23-37.

Francis R.C. 1974. Relationship of fishing mortality to natural mortality at the level of maximum sustainable yield under the logistic stock production model. *J. Fish. Res. Board Can.* 31: 1539-1542.

Franqueville C., 1983. Biologie et dynamique de population des daurades (*Pagellus bellottii*, Bonnardel, 1982) le long des côtes sénégalaises. Thèse Doct. Etat. Univ. Aix-Marseille II. 276 p.

Fréon P. 1983. Production models as applied to substocks depending on upwelling fluctuations. In Proceedings of the expert consultation to examine changes in abundance and species composition of neritic fish resources. San Jose, Costa Rica. 18-29 April 1983. *FAO Fish. Rep.* 291 vol. 3.

Fréon P. 1984. Des modèles de production appliqués à des fractions de stocks dépendantes des vents d'upwelling (pêche sardinières au Sénégal). *Océanogr. Trop* 19: 67-94.

Fréon P. 1986. Réponses et adaptations des stocks de clupéidés d'Afrique de l'ouest à la variabilité du milieu et de l'exploitation. Analyse et réflexion à partir de l'exemple du Sénégal. Thèse doct. d'état. Université Aix Marseille II.

Fréon P. et Weber J., 1985. Djiffer au Sénégal, la pêche artisanale en mutation dans un contexte industriel.

Première partie: le milieu, la senne tournante, son impact national.

Deuxième partie: conséquence d'une innovation technique sur l'organisation économique artisanale. *Rev. Trav. Inst. Pêches Marit.* 47: 261-304.

Frontier S. 1969. Méthodes d'analyses statistiques applicables à l'écologie du plancton. *Doc. Sci. Cent. ORSTOM Nosy-Bé*, 7: 33 p.

Frontier S. 1982. La méthode des cotations d'abondance: essai d'application aux pêches artisanales. Rapport Miméo, 19 p. non publié.

Frontier S. 1974. L'analyse factorielle est-elle heuristique en écologie du plancton? *Cah. ORSTOM Océanogr.* 12: 77-81.

Frontier S. et Viale D., 1977. Utilisation d'une cotation d'abondance mise au point en planctonologie pour l'évaluation des troupes de cétagés en mer. *J. Rech. Océanogr.*, 2, (4): 15-22.

Fukuda Y. 1976. A note on yield allocation in multispecies fisheries. *ICNAF Res. Bull.* 12: 83-87.

Garcia S. 1982. Distribution, migration and spawning of main fish resources in the northern CECAF area. CECAF/ECAF series 82/25, 9 p. + fig.

Garcia S. et A. Demetropoulos 1986. L'aménagement de la pêche à Chypre. *FAO Doc. Tech. Pêches*, 250: 43 p.

Garrod D. J. 1969. Empirical assessments of catch effort relationships in the North Atlantic cod stock. *Res. Bull. ICNAF*. 6, 26-34.

Garrod D.J. 1973. Management of multiple resources. *J. Fish. Res. Board Can.*, 30: 1977-1985.

Gavaris S. 1980. Use of a multiplicative model to estimate catch rate and effort from commercial data. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37: 2272-2275.

Gérard M. 1985. Contribution à la connaissance de la pêche artisanale sur la petite Côte. Description et étude critique du système d'enquête à MBour et à Joal. *Arch. Cent. Rech. Océano. Dakar Thiaroye*, 137. 40p.

Gérard M. 1988. Quelques éléments sur les migrations des principales espèces de poissons des côtes sénégalaises. La zone "fosse de Kayar - presqu'île du Cap-Vert" constitue-t-elle un obstacle à ces migrations? *Rapp. int. CRODT*, non publié

Gérard M., Greber P. 1985. Analyse de la pêche artisanale au Cap-Vert : description et étude critique du système d'enquête. *Doc. Scient. Cent. Rech. Océano. Dakar Thiaroye*, 98. 77p.

Gerlotto F., B. Stéquert. 1978. La pêche maritime artisanale en Afrique de l'ouest. Caractéristiques générales. *La pêche maritime*. 1202: 278-285.

Gerlotto F., Verdeaux F. et Stequert B. 1980. Evolution et impact socio-économique à travers l'exemple de la pêche en lagune en Côte d'Ivoire. *La pêche maritime*, Janvier 1980: 27-33.

Gondeaux E. 1988. Analyse typologique de la flottille de Mor Braz. Rapport IFREMER. DRV-88.022. 40 p.

Graham M. 1935. Modern theory of exploiting a fishery, and application to North Sea trawling. *J. Cons. Perm. Int. Explor. Mer*, 10, 264-274.

Grasset G. 1972. Essais-démonstration comparatifs d'emploi d'une senne tournante et coulissante adaptée à la pêche piroguière. Rapport PNUD FS/FAO. Projet SEN/66/508. "Etude et mise en valeur des ressources en poissons pélagiques" Sénégal; 4/72: 22 p Multigr.

Gruvel A. 1908. Les pêcheurs des côtes du Sénégal et des rivières du sud. Challamel ed. Paris, 245 p.

Gruvel A. 1913. L'industrie de pêche sur la côte occidentale d'Afrique, du Cap Blanc au Cap de Bonne Espérance. Paris, Larose, III: 193 p.

Gulland J. 1969. Manuel d'évaluation des stocks d'animaux aquatiques. Première partie: analyse des populations. *Man. FAO Sci. Halieut.* 4, 160 p.

Gulland J. 1971. The fish resources of the oceans FAO/fishing news (books), ltd, Surrey. 255 pages.

Gulland J.A. and Boerema L.K, 1973. Scientific advice on catch level. *Fish Bull. U.S.*, 71, 325-336.

Gulland J.A. 1982. The management of tropical multispecies fisheries, p.287-298. In Pauly, D. and G. Murphy (eds.) Theory and management of tropical fisheries. *ICLARM Conf. Proc.* 9, 360 p.

Gulland J., S. Garcia, 1984. Observed patterns in multispecies fisheries. *In* Exploitation of marine communities, R.M. May ed. Dahlem Konferenzen, Springer Verlag, 155-190.

Hampton J., Majkowski J. 1985. An examination of the accuracy of the ELEFAN computer programs for length based stock assessment. Presented at the international conference on the theory and application of length based methods in stock assessment, 11-16 February 1985. Mazzara del Vallo, Sicily Italy.

Helgason T. and Gislason H. 1979. VPA analysis with species interaction due to predation. *CIEM CM* 1979/G:52.

Hilborn R. 1985 (a). Apparent Stock Recruitment Relationships in Mixed Stock Fisheries. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 42, 718-723

Hilborn R. 1985 (b). Fleet dynamics and individual variations : why some people catch more fish than others. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 42: 2-13.

Hilborn R., Ledbetter M. 1979. Analysis of the British Columbia salmon purse seine fleet: Dynamics of movement. *J. Fish. Res. Board Can.*, 36:384-391.

Hilborn R., Ledbetter M. 1985. Determinants of catching power in the British Columbia salmon purse seine fleet. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 42: 51-56.

Hilborn R., Walters C.J. 1987. A general model for simulation of stock and fleet dynamics in spatially heterogeneous fisheries. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 44: 1366-1369.

Horwood J.W. 1976. Interactive fisheries: a two species Schaeffer model. *ICNAF sel. Pap.* 1, pp 151-155.

Hunter J.R., A.W. Argue, W.H. Bayliff, A.E. Dizon, A. Fonteneau, D. Goodman and G.R. Seckel, 1986. The dynamics of tuna movements: an evaluation of past and future research. *FAO Fish. Techn. Paper*, 277.

- IATTC 1985. Annual report of the inter American tropical commission, 1984.
- ICCAT 1986. Rapport de la période biennale 1984-1985 deuxième partie (partie française). 300 pages. Madrid, Espagne.
- ICES. 1980. Report of the ad-hoc working group on multispecies assessment model testing. *ICES CM 1980/G:2*.
- Ingles J. and D. Pauly. 1984. An atlas of the growth, mortality, and recruitment of Philippine fishes. *Iclarm Techn. Rep.* 13: 127 p.
- Jolivet E. 1983. Introduction aux modèles mathématiques en biologie. *INRA Actualités Scientifiques et Agronomiques*. 11: 151 p. Masson.
- Jones R. 1974. Assessing the long term effects of changes in fishing effort and mesh size from length composition data. *Cons. Int. Explor. Mer, CM*. 1974/F 33: 13p. (mimeo).
- Josse E., F. Domain. 1979. Evaluation des ressources démersales du plateau continental mauritanien. CNROP. ORSTOM. 2 volumes.
- Kebe M., 1982. La pêche cordière au Sénégal. *Doc. Sc.*, 81, C.R.O.D.T: 19 p.
- Kerr S.R. 1974. Theory of size distribution in ecological communities. *J. Fish. Res. Board Can.*, 31: 1859-1962.
- Kirkwood G.P. 1982. Simple models for multispecies fisheries, p. 83-98. In Pauly D. and G.I. Murphy (eds) Theory and management of tropical fisheries. *ICLARM Conf. Proc.* 9, 360p.
- Laloë F., Bergerard P., Samba A. 1981. Contribution à l'étude de la pêcherie de Kayar. Etude d'une partie des résultats du suréchantillonnage de 1978 concernant les pirogues motorisées pêchant à la ligne. *Doc. Sci. Cent. Rech. Océano. Dakar Thiaroye*, 79, 45p.
- Laloë F. 1985. Etude de la précision des estimations de captures et prises par unité d'effort obtenues à l'aide du système d'enquêtes de la section "pêche artisanale" du CRODT. *Doc. Sci. Cent. Rech. Océano. Dakar Thiaroye*, 100, 36p.
- Laloë F. 1986. Contribution à l'étude du modèle global pour la dynamique des populations marines exploitées. Formulation, ajustement et sensibilité à certaines sources d'erreurs. Communication présentée aux journées françaises de statistique, université de Lille Flandres Artois. 26-29 mai 1986.
- Laloë F., 1987. A simple production model with unaccessed quantity of biomass. ICES, 9-16 June 1987.

Laloë F., 1989. Un modèle global avec quantité de biomasse inaccessible liée aux conditions environnementales. Application aux données de la pêche ivoiro-ghanéenne de *Sardinella aurita*. *Aquat. Living Resour.* 1: 289-298.

Larkin P.A. 1963. Interspecific competition and exploitation. *J. Fish. Res. Bd. Canada.* 20(3): 647-678.

Larkin P.A. 1966. Exploitation in a type of predator prey relation. *J. Fish. Res. Bd. Canada.* 23(3): 349-356.

Larkin P.A. 1977. An Epitaph for the Concept of Maximum Sustainable Yield. *Trans. Am. Fish. Soc.* 106(1): 1-11.

Larkin P.A. 1982. Directions for future research in tropical fisheries, p. 309-328. In Pauly D. and G.I. Murphy (eds) Theory, and management of tropical fisheries. ICLARM conf. proc. 9. 360p.

Laurec A. 1977. Analyse et estimation des puissances de pêche. *J. Cons. Int. Explor. Mer.* 37: 173-185.

Laurec A. 1979. Analyse des données et modèles prévisionnels. Thèse doc. Etat Univ. Aix-Marseille II. 404 p. + non pag.

Laurec A. 1987. Les méthodes delta en halieutique. Evaluation des sensibilités, approximation des biais et variances à l'aide de développements limités. IFREMER-DRV 8602 RH/NANTES. 64 p.

Laurec A., Chardy P., De La Salle P. et Rickaert M. 1979. Use of dual structures in inertia analysis, ecological implications. In Orloci, Rao and Stiteler (eds): Multivariate methods in ecological work. Statistical ecology series, vol. 7: 127-174.

Laurec A., Le Guen J.C. 1981. Dynamique des populations marines exploitées. *CNEXO. Rapports scientifiques et techniques.* 45, 117 p.

Laurec A., Mesnil B. 1985. Rendements par recrue et analyse des cohortes de Jones, étude de la sensibilité. CIEM Comité des poissons démersaux C.M. 1985/G34, 16p.

Lebart L. Morineau A. et Fénelon J.P. 1982. Traitement des données statistiques. 2ième édition. 510 p. + annexes. Dunod.

Leca N. 1935. Les pêcheurs de Guet-Ndar. Doc. IFAN, Paris Larose: 275-381.

Le Boulch M. 1984. la pêche artisanale au Sénégal. Mémoire de l'Ecole Supérieure des pêches et des cultures marines, Nantes, 64 p.

Le Guen J.C., Wise J.P. 1967. Méthode nouvelle d'application du modèle de Schaeffer aux populations exploitées d'albacores dans l'Atlantique. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.* 5: 79-94.

Le Guen J.C., Chevallier R. 1982. Etude des pêcheries. Réflexions sur l'environnement et la gestion multispécifique. *Rev. Trav. Inst. Pêches Marit.* 46(1):9-70.

Le Reste L. 1983. Etude des variations annuelles de la production de crevettes dans l'estuaire de la Casamance (Sénégal). *Doc. Sci. Cent. Rech. Océanogr. Dakar thiaroye*, 88: 1-18.

Le Reste L. et Odinetz O. 1984. La pêche crevettière dans l'estuaire de la Casamance en 1984. *Arch. Cent. Rech. Océanogr. Dakar Thiaroye*, 129, 11 p.

Lett P.F. and A.C. Kohler 1976. Recruitment: A problem of multispecies interaction and environmental perturbations with special reference to gulf of St Lawrence Atlantic herring (*Clupea harengus harengus*). *J. Fish. Res. Bd. Canada.* 33: 1353-1371.

Limouzy C., P. Cayré. 1981. Pêche et aspects de la biologie du voilier de l'Atlantique (*Istiophorus platypterus*). *Rec. Sci. ICCAT, Vol XV (SCRS 1980)*, 2: 361-371.

Lopez J. 1979. Ecologie, biologie, et dynamique de *Galeoides decadactylus* (Bloch 1875) du plateau continental sénégalais. Thèse 3ième cycle Univ. Bret. Occ. 165 p.

Longhurst A. R. 1969. Species assemblages of tropical demersal fish. *FAO Fish. Rep.*, 151: 71 p.

Ludwig D. and C.J. Walters. 1985. Are age structured models appropriate for catch-effort data? *Can J. Fish. Aquat. Sci.* 42: 1066-1072.

Mac Call A.D. 1976. Density dependence of catchability coefficient in the California Pacific sardine (*Sardinops caerulea*) purse seine fishery. *Calif. Coop. Ocean Fish. Invest. Rep.*, 18, 136-148.

Majkowski J. 1981. Application of a multispecies approach for assessing the population abundance and the age structure of fish. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 38: 424-431.

Marchesseault G.D., S.D. Saila, W.J. Palm, 1976. Delayed recruitment models and their application to the American lobster (*Homarus americanus*) fishery. *J. Fish. Res. Bd. Canada.* 33, 1779-1787.

Marquardt D.W. 1963. An algorithm for least squares estimation of non linear parameters. *SIAM J.*, 11, 431-441.

Marten G.G. 1979. Impact of fishing on the inshore fishery of Lake Victoria (East Africa). *J. Fish. Res. Bd. Canada.* 36: 891-900.

Mercer M.C. 1982. Multispecies approaches to fisheries management advice: workshop report. In Mercer M.C. (Ed.) 1982. Multispecies approaches to fisheries management advice. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.*, 59: 169 p.

Mohm R.K. 1980. Bias and error propagation in logistic production models. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37: 1276-1283.

Morinière P. 1980. Biologie et Pêche du "Yeet" *Cymbium pepo* (Lighfoot 1796) au Sénégal. *Doc. Scient. Cent. Rech. Oceano. Dakar Thiaroye*. 77.

Munro J.L. 1979. Stock assessment models: applicability and utility in tropical small-scale fisheries. In Proceedings of the International Worksop, University of Rhode Island, Sept. 1979. Kingston, R.I., University of Rhode Island Press: 35-47.

Murawski S.A. 1984. Mixed species yield per recruit analyses accounting for technological interactions. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 41:897-916.

Murawski S.A., A.M. Lange, M.P. Sissenwine, and R.K. Mayo. 1983. Definition and analysis of multispecies otter-trawl fisheries off the Northeast coast of the United States. *J. Cons. Int. Explor. Mer.* 41: 13-27.

Murawski S.A. and J.T. Finn. 1986. Optimal allocation among competing mixed species fisheries, subject to fishing mortality constraints. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 43: 90-100.

Murphy T.C. and G.T. Sakagawa, 1976. A review and evaluation of estimates of natural mortality rates of tunas. *Rec. Doc. Sci. ICCAT* vol. VI (1) 117-123.

Pauly D. 1982. Studying single species dynamics in a tropical multispecies context. In Pauly D. and Murphy G.I. eds: Theory and management of tropical fisheries. *ICLARM Conf. Proc.* 9: 33-70.

Pechart. 1982. Les enquêtes sur la pêche artisanale au CRODT. *Arch. Cent. Rech. Océano. Dakar Thiaroye*. 112, 28 p.

Pella J.J. and P.K. Tomlinson, 1969. A generalized stock production model. *Bull. IATTC*. 13, 419-496.

Plan Directeur Sud, 1985. Approche globale du système pêche dans les régions du Sine Saloum et de la Casamance. Contribution à l'élaboration d'un plan directeur pour le développement des pêches dans le sud du Sénégal. CRODT.

Pope J.G. 1972. An investigation of the accuracy of Virtual Population Analysis using Cohort Analysis. *Res. Bull. Int. Comm. NW Atlant. Fish.*, 9: 65-74.

Pope J.G. 1976. The effect of biological interactions on the theory of mixed fisheries. *ICNAF Sel. Pap.* 1, pp. 157-162.

Pope J.G. 1977. Estimation of fishing mortality, its precision and implications for the management of fisheries, P. 63-76 In J.H. Steele [ed.]. Fisheries mathematics. Academic Press. New York.

Pope J.G. 1979. Stock assessment in multispecies fisheries with Special reference to the trawl fishery in the Gulf of Thailand. *SCS/DEV/79/19*. 106 p.

Pope J.G., and B.J. Knights 1982. Comparison of length distributions of combined catch of all demersal fishes in surveys in the North Sea and at Faroe Bank. p. 116-118. In M.C. Mercer [ed.] Multispecies approaches to fisheries management advice. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 59.

Pope J.G., and B.J. Knights 1982. Simple model of predation in multiage multispecies fisheries for considering the estimation of fishing mortality and its effects. 64-69. In M.C. Mercer [ed.] Multispecies approaches to fisheries management advice. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 59.

Pope J.G., J.G. Shepherd 1982. A simple method for the consistent interpretation of catch at age data. *J. Cons. Int. Explor. Mer.* 40: 176-184.

Portolano P. 1987. Analyse des séries vents-températures de la mer en surface, le long des côtes sénégalaises. *Océanogr. Trop.* 21: 205-227.

Postel E. 1950 a. La pêche au Sénégal. In La pêche maritime en A.O.F. Congrès des pêches et des pêcheries. 11-14 Oct. 1950, Marseille: 116-127.

Postel E. 1950 b. Les poissons à farine de l'Afrique Occidentale Française. Congrès des pêches et des pêcheries. 11-14 Oct. 1950, Marseilles: 108-111.

Postel E. 1955. Résumé des connaissances acquises sur les clupeidés de l'ouest africain. *Rapp. P. V. CIEM*, 13: 14-16.

Rebert J.P. 1983. Hydrobiologie et dynamique des eaux du plateau Continental sénégalais. *Doc. Scient. Cent. Rech. Océano. Dakar Thiaroye.* 89,99 pp.

Ricker W.E. 1958. Handbook of computations for biological statistics of fish populations. *Bull Fish. Res. Bd. Canada.*: 191-382.

Riffenburgh R.H. 1969. A stochastic model of interpopulation dynamics in marine ecology. *J. Fish. Res. Bd. Canada.* 26, 2843-2880.

Rivard D. and L.J. Bledsoe, 1978. Parameter estimation for the Pella-Tomlinson stock production model under non equilibrium conditions. *Fish Bull. US.* 76, 523-534.

Robson D.S. 1966. Estimation of the relative fishing power of individual ships. *ICNAF Res. Bull.* 3: 5-15.

Roedel, P.M. 1975. A summary and critique of the symposium on Optimum Yield. *Am. Fish. Soc. Spec. Publ.* 9, 79-89.

Roff D.A. 1983. Analysis of catch effort data: a comparison of three methods. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 40: 1496-1506.

Rossignol M. 1983. Contribution à l'étude du "complexe guinéen". Centre ORSTOM de Cayenne. *Océanogr.* 017, 143 p.

Roy C. 1988. Fluctuations des vents et variabilité de l'upwelling devant les côtes du Sénégal. *Oceanol. Acta*.

Ryder R.A., S.R. Kerr, K.H. Loftus and H.A. Reggier. 1974. The morphoedaphic index, a fish yield estimator. Review and evaluation. *J. Fish. Res. Board Can.* 31: 663-688.

Samba A. et J. Lopez, 1984. Catch assessment surveys conducted by CRODT/Sénégal. In Report of the seminar on frame and catch assessment surveys for CEECAF coastal countries "CEECAF/TECH/84/52", 93-107.

Samba A. 1986. Collecte et traitement des statistiques de pêche artisanale au Gabon, au Cameroun et au Togo. COPACE/TECH/86/77, 67 pp.

Samba A. et A. Fontana. 1989. Expérimentation d'une palangre adaptée à la pirogue sénégalaise: résultats et perspectives. *Doc. Int. CRODT*, 16 p.

Schaefer M.B. 1954. Some aspects of the dynamics of population important to the management of the commercial marine fisheries. *Bull. Int. Amer. Trop. Tuna Comm.*, 1, 26-56.

Schaefer M.B. 1957. A study of the dynamics of the fishery for yellowfin tuna in the Eastern Tropical Pacific Ocean. *Bull. Int. Amer. Trop. Tuna Comm.* 2, 247-285.

Scherrer B. 1983. Techniques de sondage en écologie. In *Stratégies d'échantillonnage en écologie*, (Frontier éd.): 63- 162. Masson.

Schnute J. 1977. Improved estimates from the Schaefer production model. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 34: 583-603.

Schnute J. 1985. A general theory for analysis of catch and effort data. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 42: 414-429.

Sene A. 1985. Les transformations sociales dans la pêche maritime piroguière : conditions de travail et modes de vie des pêcheurs de Guet-Ndar de Saint-Louis au Sénégal. Thèse 3ième cycle de sociologie. Univ. Toulouse Le Mirail.

Seret B. et Opic P. 1981. Poissons de mer de l'ouest africain tropical. *Doc. Techn. ORSTOM.* 49, 416 pp.

Seret C. 1985. Etude quantitative du zooplancton de la côte sud de la presqu'île du Cap-Vert. (Sénégal). *Doc. Scient. Cent. Rech. Oceano. Dakar Thiaroye*.

Sheldon R.W., A. Prakash, and W.H. Sutcliffe Jr. 1972. The size distribution of particles in the ocean. *Limnol. Oceanogr.* 17: 327-340.

Sheldon, R.W., W.H. Sutcliffe Jr, and M.A. Paranjape. 1977. Structure of pelagic food chain and relationship between plankton and fish production. *J. Fish. Res. Bd. Canada.* 34: 2344-2353.

Shepherd J.G. 1982. A versatile new stock and recruitment relationship for fisheries and the construction of sustainable yield curves. *J. Cons. Int. Expl. Mer.* 40, 67-75.

Shepherd J.G. 1984. A promising method for the assessment of multispecies fisheries. CIEM, C.M. 1984/G: 4, 22 p.

Shepherd J.G. and D.J. Garrod, 1981. Modelling the response of a fishing fleet to changing circumstances, using cautious non linear optimization. *J. Cons. Int. Explor. Mer.* 39: 231-238.

Shimura T. 1982. System of fisheries statistical surveys proposed for CEEFAC coastal countries, Rome, *FAO. Fish. Rep.* 265: 33-57.

Silvert W. 1982. Top-down modelling of multispecies fisheries. In M.C. Mercer (ed). Multispecies approaches to fisheries management advice. *Can. Spec. Publ. Aquat. Sci.* 59: 24-27.

Silvert W., Dickie L.M. 1982. Multispecies interactions between fish and fishermen. In M.C. Mercer (ed). Multispecies approaches to fisheries management advice. *Can. Spec. Publ. Aquat. Sci.* 59: 163-169.

Sissenwine M.P. 1978. Is MSY an adequate foundation for Optimum Yield. 1978. *Fisheries*, 3, 22-24 et 37-42.

Sissenwine M.P., Brown B.E., Palmer J.E., Essig R.J., Smith W. 1982. Empirical Examination of Population Interaction for the Fisheries Resources off the Northeastern USA. In Multispecies approaches to fisheries management advice, Mercer ed. *Can. Spec. Publ. Aquat. Sci.* 59, 82-94.

Snedecor G.W., W.G. Cochran 1957. Méthodes statistiques (traduction de la sixième édition). ACTA Paris, 649 p.

Sococo-Pechart, 1982 a. Dictionnaire des points de débarquements de la pêche artisanale maritime sénégalaise en 1981. *Arch. Cent. Rech. Oceano. Dakar Thiaroye.* 109, 90 pp.

Sococo-Pechart, 1982 b. Recensements de la pêche artisanale maritime au Sénégal, avril et septembre 1981. *Doc. Scient. Cent. Rech. Oceano. Dakar Thiaroye.* 83, 38 p.

Sococo-Pechart, 1983. Recensements de la pêche artisanale maritime au Sénégal, avril et septembre 1982. *Doc. Scient. Cent. Rech. Oceano. Dakar Thiaroye.* 90, 29 p.

Soceco-Pechart, 1985. Recensements de la pêche artisanale maritime sénégalaise mai et septembre 1983. *Doc. Scient. Cent. Rech. Oceano. Dakar Thiaroye*. 101, 51 p.

Stéquert B., W.J. Brugge; P. Bergerard, P. Fréon et A. Samba. 1979. La pêche artisanale maritime au Sénégal: étude des résultats de la pêche en 1976 et 1977. Aspects biologiques et économiques. *Doc. Scient. Cent. Rech. Oceano. Dakar Thiaroye*, 73: 48 p.

Sukhatme P.V. and Sukhatme B.V. 1970. Sampling theory of surveys with applications 2ième édition. Iowa State University Press. 452 p.

Teisson C. 1981 Structures hydrologiques observées en période d'upwelling au large du Sénégal. Comparaison de ces structures aux modèles théoriques et empiriques d'upwelling. *Arch. Cent. Rech. Oceano. Dakar Thiaroye*. 97: 42 p.

Thiam M. 1978. Ecologie et dynamique des cynoglosses du plateau continental sénégalais. Biologie de *Cynoglossus Canariesis* (Steind 1882). Thèse 3ième cycle Univ. Bretagne occidentale, 180 p.

Thompson W.F. and F.H. Bell, 1934. Biological statistics on the Pacific halibut fishery (2). Effect of changes in intensity upon total yield and yield per unit of gear. *Rep. Int. Fish (Pacific Halibut) Comm.* 8, 49 p.

Tomassone R. 1974. Présentation générale des méthodes d'analyse multidimensionnelles (aspects pragmatiques et heuristiques). Note 74/11, n°87. Lab. Biométrie, CNRZ, 31 pp.

Touré D. 1972. Variations quantitatives et qualitatives du zooplancton dans la région du Cap-Vert de sept. 1970 à août 1971. *Doc. Sci. Prov. CRODT*, 39: 25p.

Touré D. et I. Gningue 1988. Variation spatio-temporelle de la biomasse phytoplanctonique sur le plateau continental sénégalais. Communication au groupe de travail "Impact des fluctuations environnementales sur la dynamique des stocks côtiers en Afrique de l'Ouest", 12-17 déc. 1988, CRODT, Dakar, Sénégal.

Tsoa E, W.E. Schrank, and N. Roy. 1985. Generalizing fisheries models: an extension of the Schaefer analysis. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 42: 44-50.

Ulher R.S. 1980. Least squares regression estimates of the Schaefer production model: some Monte Carlo simulation results. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37:1284-1294.

Ulltang O. 1979. Sources of errors in and limitations of Virtual Population Analysis (Cohort Analysis). *J. Cons. Int. Explor. Mer.* 37: 249-260.

Ulltang O., 1980. Factors affecting the reaction of pelagic fish stocks to exploitation and requiring a new approach to assessment and management. *Rapp. P. V. Réun. CIEM*, 177, 489-504.

Ursin E. 1982. Multispecies fish stock and yield assessment in ICES. In M.C. Mercer (ed). *Multispecies approaches to fisheries management advice. Can. Spec. Publ. Aquat. Sci.* 59:39-47.

Walter G.G. 1973. Delay differential equation models for fisheries. *J. Fish. Res. Bd. Canada.* 30, 939-945.

Weber J. 1978. Logiques paysannes et rationalité technique: illustrations camerounaises. In *ORSTOM ed. Actes du colloque de Ouagadougou. Maîtrise de l'espace agraire et développement en Afrique Tropicale.*: 311-314.

Weber J. 1982 a. Les enquêtes socio-économiques au CRODT. *Arch. Cent. Rech. Océano. Dakar Thiaroye.* 110, 87p.

Weber J. 1982 b. Pour une approche globale des problèmes de la pêche, l'exemple de la filière poisson au Sénégal. In *Aspects de la recherche en socio-économie de la pêche artisanale maritime sénégalaise, Doc. Sc.*, 84, CRODT: 97-109.

Weber J. et A. Fontana. 1983. Pêches et stratégies de développement. Discours et pratiques, CRODT, Dakar, 11 p. multig.

Weber J. et F.Laloë. 1983. Les unités d'observation dans l'étude des milieux ruraux: région cacaoyère du sud Cameroun et pêche artisanale sénégalaise. Groupe de travail unités d'observation, AMIRA: 77-91.

**LA PECHE ARTISANALE AU SENEGAL.
RESSOURCE ET STRATEGIES DE PECHE.**

TABLE DES MATIERES

Introduction	11
Première partie : Description générale du milieu, de la ressource et de l'exploitation	19
Introduction	21
I-1 Le milieu	21
I-1-1 Cadre morphologique.	21
I-1-2 Climatologie.	22
I-1-3 Hydrologie.	22
I-1-3-1 Courants et eaux de surface.	23
I-1-3-2 Les saisons marines.	23
I-1-3-3 L'upwelling.	24
I-1-4 La productivité.	25
I-2 La pêche	26
I-2-1 Historique.	26
I-2-2 Les formes d'exploitation.	28
I-2-3 Les zones de pêche.	29
I-2-4 Les sites de débarquements.	31
I-3 La ressource exploitée.	32
I-3-1 Inventaire des ressources.	32
I-3-1-1 Les espèces pélagiques.	32
I-3-1-2 Les espèces démersales.	32
I-3-2 Les migrations.	33
I-4 Conclusion	35
Deuxième partie : Recueil et traitement des données	55
Introduction	57
II-1 Le recensement.	58
II-1-1 Méthodes	58
II-1-2 Aperçu sur le potentiel de pêche.	60
II-1-2-1 Les points de débarquement.	60
II-1-2-2 Le parc piroguier.	60
II-1-3 Discussions et conclusions.	61
II-1-3-1 Le choix de la période d'enquête.	61
II-1-3-2 Le choix des descripteurs.	62
II-1-3-3 L'influence des intervenants.	62

II-2 Enquêtes sur les débarquements.	63
II-2-1 Méthodes.	63
II-2-2 Décompte des sorties.	64
II-2-3 Echantillonnage des prises débarquées.	65
II-2-4 Traitement des données.	68
II-2-4-1 Statistiques de débarquements	69
II-2-4-2 Fréquences de tailles	69
II-2-5 Discussions et conclusions.	69
II-3 Estimation des débarquements totaux.	71
II-3-1 Calcul des facteurs d'extrapolation	71
II-3-2 Traitement des données.	72
II-4 Etude critique-Amélioration des systèmes.	74
II-4-1 Procédures méthodologiques.	74
II-4-2 Principaux résultats.	75
II-5 Conclusion.	77
Troisième partie : Analyse du système d'enquêtes sur l'activité de la pêche et ses résultats	87
Introduction	89
III-1 L'échantillonnage en pêche artisanale.	91
III-1-1 Structure du système d'enquêtes. Techniques et calculs associés.	91
III-1-1-1 L'échantillonnage aléatoire simple (EAS)	93
III-1-1-2 Notion de biais	94
III-1-1-3 Méthodes d'estimations pour l'échantillonnage à deux niveaux	95
III-1-1-4 Application aux plans d'échantillonnage stratifié et par grappe.	97
III-1-1-5 Généralisation à un plan comportant plus de deux niveaux.	98
III-2 Analyse des conditions d'application des estimateurs classiques au système d'enquêtes.	101
III-2-1 Sélection de poissons dans une pirogue et sources possibles de biais.	101
III-2-2 Sélection des pirogues pendant une journée.	102
III-2-3 Sélection des jours dans les périodes.	105
III-2-4 Estimations annuelles.	106
III-2-5 Opérations supplémentaires.	106
III-2-5-1 Résultats concernant plusieurs espèces.	106
III-2-5-2 Résultats concernant plusieurs engins.	106
III-2-5-3 Résultats concernant plusieurs points de débarquement.	107
III-3 Exemples issus d'études menées dans le cadre du programme Pêches Artisanale du C.R.O.D.T.	109
III-3-1 Structure du plan d'échantillonnage.	109
III-3-2 Recherche de sources de variations affectant les résultats de sorties pour un même type d'engin une même période et un même port (Laloë, Bergerard et Samba 1981).	109

III-3-3 Recherche de l'existence de tactiques différentes parmi les unités pratiquant un même type de pêche (Gérard et Greber 1985).	115
III-3-4 Etude de la précision des estimations de nombre de sorties (Gérard 1985).	117
III-3-5 Recherche des effets jours intra-quinzaine et effets quinzaines pour les prises par sorties (Gérard et Greber 1985).	119
III-3-6 Estimation de la précision d'estimations des captures réalisées par la pêche artisanale (Laloë 1985).	121
III-3-7 Etude des erreurs commises lors des estimations à vue du poids de tas de poissons (Destanques 1982, Laloë 1985).	121
III-4 Discussion	124
Quatrième partie : Essai d'interprétation des résultats de la pêche artisanale	131
Introduction	133
IV-1 Traits caractéristiques de l'exploitation artisanale	133
IV-1-1 L'effort total.	134
IV-1-2 Les captures globales.	134
IV-2 Etude de la pêche artisanale sur la Grande Côte.	137
IV-2-1 Analyse de l'activité de pêche.	137
IV-2-1-1 Aperçu sur les méthodes d'analyse des données utilisées.	138
IV-2-1-2 Description des caractéristiques des sorties selon les types de pêche.	138
IV-2-1-2-1 Le type de pêche "moteur ligne".	139
IV-2-1-2-2 Le type de pêche "senne tournante".	140
IV-2-1-3-3 Le type de pêche "filet dormant".	140
IV-2-1-2-4 Le type de pêche "glacière ligne.	141
IV-2-1-3 Variations de l'activité de pêche.	141
IV-2-1-3-1 Variations interannuelles	141
IV-2-1-3-2 Variations saisonnières.	142
IV-2-1-4 Fréquentation des lieux de pêche.	143
IV-2-1-5 Discussion, interprétation.	145
IV-2-2 Analyse des prises par sortie ou rendements de pêche.	147
IV-2-2-1 Variations interannuelles.	148
IV-2-2-2 Variations saisonnières.	150
IV-2-2-2-1 Evolution des rendements.	150
IV-2-2-2-2 Variations de disponibilité, migrations.	151
IV-2-2-2-3 Influence des facteurs environnementaux	155
IV-2-2-3 Discussions.	158
IV-2-3 Les captures	159
IV-2-3-1 Evolution des captures à Saint-Louis.	159
IV-2-3-2 Evolution des captures à Kayar.	160
IV-2-4 Associations entre espèces et lieux de pêche.	160
IV-2-4-1 Méthode d'analyse.	161
IV-2-4-2 Résultats, interprétation.	161

IV-2-4-2-1 Saint-Louis	162
IV-2-4-2-2 Kayar	162
IV-2-5 Relations entre espèces.	163
IV-2-5-1 Méthodes d'analyse.	163
IV-2-5-2 Résultats obtenus et interprétation.	164
 IV-3 Conclusions	 167
 Cinquième partie : Stratégies d'exploitation	 209
Introduction.	211
V-1 Adoption de nouvelles techniques de pêche.	211
V-1-1 La senne tournante.	212
V-1-2 La "pirogue glacière" et l'approvisionnement en glace pour la pêche ou le transport du poisson.	212
V-1-3 Les "bateaux ramasseurs"	213
V-1-4 L'introduction du sondeur et de la palangre.	213
V-1-5 Discussion.	214
 V-2 Conséquences de l'introduction de nouvelles techniques sur l'exploitation de certains stocks.	 214
V-2-1 Analyse de l'exploitation du tassergal.	214
V-2-1-1 Concurrence entre lignes et sennes tournantes.	215
V-2-1-2 Analyse des rendements.	215
V-2-1-2-1 Modifications du système d'exploitation.	215
V-2-1-2-2 Comportement migratoire du tassergal et conditions de milieu.	216
V-2-1-3 Discussion.	216
V-2-2 Analyse de l'exploitation du chinchard jaune.	217
V-2-3 Analyse de l'exploitation du tiof.	218
V-2-4 Le conflit entre pêcheurs de Kayar et de Saint Louis à propos de l'utilisation de filets dormants.	218
 V-3 Enquête auprès d'unités de pêche de Saint-Louis pour la description de cycles annuels d'activité.	 218
 V-4 Discussion	 220
 Sixième partie : L'approche globale monospécifique dans un contexte "multispécifique et multiengin"	 227
Introduction	229
VI-1 Quelques rappels sur l'approche globale.	230
VI-1-1 Modèles globaux classiques.	230
VI-1-2 Etude des relations à l'équilibre.	233
 VI-2 Estimation des paramètres du modèle.	 237
VI-2-1 Approximation de l'équilibre.	237

VI-2-2 Intégration de l'équation différentielle.	238
VI-2-3 Comparaison des deux approches.	238
VI-2-4 Méthodes ne recourant pas à des données de prises et d'efforts "classiques".	239
VI-2-5 Précision des estimations des paramètres.	240
VI-3 Quelques compléments sur l'estimation des paramètres des modèles globaux.	241
VI-3-1 Ajustements ne recourant pas à l'hypothèse de capturabilité constante.	242
VI-3-2 Discussion sur le recours à des contraintes réduisant la dimension de l'espace des paramètres.	243
VI-3-3 Introduction d'informations supplémentaires	244
VI-3-4 Impact de quelques caractéristiques de la pêche artisanale sur l'estimation des paramètres.	246
VI-4 Adaptation des modèles.	249
IV-4-1 Modifications de la formulation sans introduction d'informations supplémentaires.	250
VI-4-1-1 Modification de la fonction décrivant la production de biomasse.	250
VI-4-1-2 Modification de la fonction décrivant l'impact de la pêche.	250
VI-4-1-3 Existence d'une biomasse inaccessible.	251
VI-4-1-3-1 Recherche des relations Prise-Effort et CPUE-Effort à l'équilibre.	252
VI-4-1-3-2 Détermination de PME et fPME	256
VI-4-1-3-3 Intégration de l'équation différentielle.	257
VI-4-1-3-4 Intérêt pratique d'une telle formule dans le cas où on ne dispose que de données de prises et d'efforts.	258
VI-4-1-4 Des modèles les plus sophistiqués aux modèles les plus simples.	262
VI-4-2 Modifications de la formulation avec introduction d'informations supplémentaires	263
VI-4-2-1 Impact des variations de l'upwelling sur les résultats des pêcheries.	263
VI-4-2-2 Deux exemples d'application.	264
VI-4-2-2-1 La pêche d'albacores dans l'océan Atlantique Est.	264
VI-4-2-2-2 Le stock ivoiro-ghanéen de sardinelles rondes.	269
VI-4-3 Phénomènes d'interactions provoqués par des reports d'efforts.	275
VI-5 Discussion	278
VI-5-1 Hypothèses requises	278
VI-5-1-1 Situations d'équilibre.	279
VI-5-1-2 Situations de transition.	280
Septième partie : Modèles multispécifiques et multiengins.	283
Introduction	285
VII-1 Les interactions	286
VII-1-1 Interactions affectant la pêcherie et la ressource.	286
VII-1-2 Interactions faisant intervenir l'environnement et le contexte socio-économique.	287
VII-2 Les modèles.	287

VII-2-1 Juxtapositions d'études monospécifiques.	288
VII-2-2 Prise en compte d'interactions biologiques	288
VII-2-2-1 Approche globale.	288
VII-2-2-2 Approche analytique	289
VII-2-2-3 Discussion de l'intérêt et de la possibilité de prendre en compte les interactions biologiques.	290
VII-2-3 Prise en compte des interactions "technologiques".	291
VII-2-3-1 Approche globale.	292
VII-2-3-2 Modèles analytiques.	298
VII-2-4 Prise en compte d'interactions affectant la nature de l'activité des unités de pêche.	298
VII-2-5 Quelques études existantes.	301
VII-2-5-1 La dynamique de la flotte de senneurs recherchant les saumons en Colombie Britannique.	301
VII-2-5-2 Interactions entre poissons et pêcheurs.	301
VII-2-5-3 Dynamique de la recherche et de l'exploitation	302
VII-2-5-4 Simulation des pêches en mer Celtique	304
VII-2-5-5 Un modèle simple de simulation	304
VII-3 Vers une description de la pêche artisanale sénégalaise.	305
VII-3-1 Lignes directrices générales.	306
VII-3-2 Choix d'une approche pour la description de l'état des composantes de la ressource.	308
VII-3-3 Description des modalités de prise de décision.	314
VII-4 Simulations.	316
Conclusion	323
Huitième Partie : Essai de modélisation d'une pêcherie analogue à la pêche artisanale de la Grande Côte du Sénégal.	325
Introduction	327
VIII-1 Les éléments de base du modèle.	328
VIII-1-1 La ressource.	328
VIII-1-2 Les tactiques de pêche.	330
VIII-1-3 Les stratégies de pêche.	333
VIII-2 Les relations entre les éléments de base.	334
VIII-2-1 Les prises par sortie.	334
VIII-2-2 Le choix d'une tactique.	337
VIII-3 Mise en oeuvre de la simulation	338
VIII-4 Résultats de la première simulation.	339
VIII-4-1 Les prises par sortie.	340
VIII-4-1-1 Les lignes sur la Grande Côte.	340

VIII-4-1-2 Les sennes tournantes sur la Grande Côte.	341
VIII-4-1-3 Les filets dormants sur la Grande Côte.	341
VIII-4-2 Les efforts.	341
VIII-4-2-1 Les lignes sur la Grande Côte.	341
VIII-4-2-2 Les sennes tournantes sur la Grande Côte.	342
VIII-4-2-3 Les filets dormants sur la Grande Côte.	342
VIII-4-3 Les captures.	342
VIII-4-4 Les revenus.	343
VIII-5 Simulation avec une pêcherie dont les unités ont un choix de tactiques moins diversifié.	343
VIII-5-1 Les prises par sortie et les efforts des lignes.	344
VIII-5-2 Les prises par sortie des filets dormants.	344
VIII-5-3 Les captures.	345
VIII-5-4 Les "revenus".	345
VIII-6 Conclusion.	345
Conclusion	363
Références bibliographiques	369
Table des matières	389
Annexes	

ANNEXES

C.R.O.D.T.

PECHE ARTISANALE

ENQUÊTEUR :

CENTRE DE SAINT LOUIS

DATE : / /

N°
 Nombre de pêcheurs :
 Départ :

Port d'origine :
 Position :
 Retour :

Type de pêche :
 Profondeur :
 Temps de route :

	ESPECES	NOMBRE	POIDS	OBSERVATIONS MENSURATIONS
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				

Prix de l'appât : essence : Prix de vente nb. de parts :

N°
 Nombre de pêcheurs :
 Départ :

Port d'origine
 Position :
 Retour :

Type de pêche :
 Profondeur :
 Temps de route :

	ESPECES	NOMBRE	POIDS	OBSERVATIONS MENSURATIONS
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				

Prix de l'appât : essence : Prix de vente : nb. de parts :

Annexe B

Programme utilise pour effectuer la premiere simulation''

'REFE/NID-1000,NUNN-2000'CHAP7

'' ----- INITIALISATIONS -----
 LES VALEURS DE CAPTURABILITE ET DE BIOMASSES INACCESSIBLES SERONT
 DONNEES DANS LE SOUS PROGRAMME CAPTU (MATRICE MCAPT (NENG,NESP) ET
 VARIABLE VLA (NESP)

Duree de l'etude (NANNEE) et definition de l'unite de temps (DT ieme
 d'annee) nj = nombre de jours par unite de temps multiplie par un TAUX
 d'utilisation''

'SCAL'NANNEE -13
 'SCAL'DT -12
 'SCAL'TAUX -0.8
 'SCAL'NJ 'CALC'NJ-TAUX*365/DT

''Nombre de tactiques disponibles pour l'ensemble NENG''

'SCAL'NENG -18

''Nombre de types d'unites NTYPE''

'SCAL'NTYPE -9

'' FD PUR, L-KAYAR, L-STLOUIS, LFDC-EXT, P-GLAC, P-GLAC-ST, ST,
 ST-EXT, IND ''

''matrice de possibilites TPOSS et effectifs par type d'unites UNITE

'MATR'TPOSS\$NTYPE,NENG = a b c d e f g h i j k l m n o p q r ''
 0,0,0,0,0,0, 0,0, 0,0,0, 1,1, 0, 1,0,0, 0,
 1,1,1,0,0,0, 0,0, 0,0,0, 0,0, 1, 1,0,0, 0,
 1,1,1,1,1,1, 0,0, 0,0,0, 1,1, 0, 1,0,0, 0,
 0,0,0,0,1,0, 0,0, 0,0,0, 0,0, 0, 1,0,0, 0,
 1,1,1,1,1,1, 1,1, 0,0,0, 1,1, 0, 0,1,0, 0,
 0,0,0,0,0,0, 1,1, 1,1,1, 0,0, 0, 0,0,1, 0,
 0,0,0,0,0,0, 0,0, 1,1,1, 0,0, 0, 0,0,1, 0,
 0,0,0,0,0,0, 0,0, 0,0,1, 0,0, 0, 0,0,1, 0,
 0,0,0,0,0,0, 0,0, 0,0,0, 0,0, 0, 0,0,0, 1

'SCAL'L1-0.2 :L2-1.5

'VARI'UNITE \$NTYPE - 100,150,1000,1800,150,100,80,250,100

'' Nombre NESP de composantes de la ressource et valeurs des biomasses
 vierges BMAX des Prises Maximum a l'equilibre et des mortalites EPME
 correspondantes, biomasses BDEB au debut de l'etude, vecteur VLA des
 proportions de biomasses inaccessibles, prix VALEUR par unite de poids''

'SCAL'NESP -11
 'VARI'FOPT,PME,BMAX,VALEUR,BDEB,FFESP,VLA \$NESP
 'NAME'NSP \$NESP

'READ/PRIN-DEM' NSP,BMAX,FOPT,VALEUR
 'RUN'

TIOF	33333	0.3	400
PAGEOT	40000	0.5	220
CHINCH	150000	0.5	100
DENTE	20000	0.5	200
TASS	66666	0.3	220
SARDIN	150000	1.0	70
SOLE	5000	0.3	400
FFD	20000	0.3	150
PLFCS	300000	0.4	250
PRS	100000	0.4	100
PPCS	375000	0.8	50

'EOD'

```

'CALC'BMAX-1000*BMAX
'CALC'BDEB -BMAX/2

'' 'CALC'FOPT-FOPT/DT ''

'VARI'VPOSS(1...NTYPE),VP1(1...NTYPE),CPU1,CPU2,CPU3,CPU4,CPU5,
EFFORT,PJ,EFFG(1...NENG),COUT,CAP(1...NESP),VLA(1...NESP)
$NENG
'EQUA'COUT-5(5000),0,10000,10000,3(20000),4000,60000,
-6000,-3000,-6000,-10000,0
'MATR'MUNITE $NTYPE,NENG
'EQUA'VPOSS(1...NTYPE)-TPOSS

'SCAL'NGRM 'CALC'NGRM-MAX(TPOSS) 'RUN'

'FOR'IG-1...NTYPE;EFG-EFFG(1...NTYPE);VPO-VPOSS(1...NTYPE);
VPO-VPOSS(1...NTYPE);VPO1-VP1(1...NTYPE)
'CALC'EFG-0

'FOR'IGR-1...NGRM
'CALC'EFG-EFG+(SUM(VPO.EQ.IGR))*(VPO.EQ.IGR)
'REPE'

'GROU'VPO-INIT(VPO)
'CALC'VPO-(VPO.GT.0.5)
'CALC'VPO1-VPO/SUM(VPO)
'REPE'

'EQUA'TPOSS -VPOSS(1...NTYPE)
'EQUA'MUNITE - VP1(1...NTYPE)
'PRIN/P' EPOSS(1...NTYPE)$3
'PRIN/P' EFFG(1...NTYPE)$3
'PRIN' TPOSS$3
'PRIN' MUNITE$5.2

'CALC'EFFORT-TPDT(MUNITE;UNITE) :EFFORT-EFFORT*NJ 'PRIN'EFFORT$4
''Declarations de structures de travail''

'VARI'BIOM,FR,FFESP $NESP

''-----''

'SCAL'NPER 'CALC'NPER-NANKE*DT 'RUN'
'UNIT'$NPER
'CALC'CPUEG(1...NENG)-0
'FACT'NUMPER$DT
'FACT'NUMAN$NANKE 'GENE'NUMAN,NUMPER
'SCAL'N1-1
'SCAL'NTOT,SPR,SSPR,TM,KK,KPP,TEFF,AP,KS,FFF(1...NENG),NENG1
'CALC'AP,KK,TEFF,KPP,SSPR-0 :NENG1-NENG-1
'SCAL'PH,FM,R1,R2,CPUEMM,BV,H,B1,B1,BM,FF,BETA,GAMMA,DELTA,DEN,IND,T,
LAPP,LAP,FBI,LA,INIT,MPUE,LOB(1...5),MAXP,
SA(1...NESP),SG(1...NESP),SS(1...NESP),SI(1...NESP)
'CALC'NTOT-NESP*NENG 'RUN'

''matrice de capturabilite''

'MATR'TCAPT $NENG,NESP
- 3, 1, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
1, 3, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
1, 1, 1, 2, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
1, 1, 1, 0, 3, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 5, 0, 0,
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 4, 0,
5, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0,
0, 0, 0, 0, 40, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
0, 0, 30, 0, 0, 25, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 10,
0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 5, 0, 0, 0, 0,
0, 0, 0, 0, 0, 0, 30, 1, 0, 0, 0, 0,
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
5, 20, 20, 10, 6, 30, 0, 0, 5, 15, 3

```

```

'CALC'TCAPT=TCAPT*0.000001
'MATR'MCAPT,MVLA                                $NESP,NENG
'CALC'MCAPT=TRANS(TCAPT)
'PRIN'MCAPT$3
'VARI'ABPER=1...NPER
'VARI'EFF(1...NENG),PRISE(1...NESP),TPRISE
'SCAL'PI 'CALC'PI=2*ARCSIN(1)

''      Definition des valeurs de alpha pour les stocks et les engins

      JA  FE  MS  AV  MA  JN  JL  AO  SE  OC  NO  DE ''
'VARI'S1A= 0.1, 0.1, 0.1, 0.1, 0.1, 0.2, 0.4, 0.4, 0.4, 0.2, 0.1, 0.1
'VARI'S1G= 12(0.1)
'VARI'S1I= 12(0.1)
'VARI'S2A= 0.1, 0.3, 0.3, 0.3, 0.3, 0.4, 0.4, 0.4, 0.4, 0.3, 0.1, 0.1
'VARI'S2I= 12(0.1)
'VARI'S3A= 0.4, 0.4, 0.4, 0.4, 0.4, 0.4, 0.5, 0.5, 0.5, 0.4, 0.4, 0.4
'VARI'S3I= 12(0.1)
'VARI'S4A= 0.1, 0.1, 0.1, 0.1, 0.1, 0.1, 0.2, 0.2, 0.2, 0.2, 0.2, 0.1
'VARI'S4I= 12(0.1)
'VARI'S5A= 0.8, 0.8, 0.1, 0.1, 0.1, 0.1, 0.8, 0.8, 0.8, 0.8, 0.8, 0.8
'VARI'S5S= 0.8, 0.8, 0.8, 0.8, 0.3, 0.1, 0.1, 0.8, 0.8, 0.8, 0.8, 0.8
'VARI'S5I= 12(0.3)
'VARI'S6A= 0.2, 0.2, 0.2, 0.2, 0.2, 0.2, 0.4, 0.4, 0.4, 0.2, 0.2, 0.2
'VARI'S6I= 12(0.1)
'VARI'S7A= 0.9, 0.9, 0.9, 0.5, 0.1, 0.1, 0.5, 0.9, 0.9, 0.9, 0.9, 0.9
'VARI'S7I= 12(0.3)
'VARI'S8A= 12(0.2)
'VARI'S9A= 12(0.2)
'VARI'S9G= 12(0.1)
'VARI'S10A=12(0.2)
'VARI'S11A=12(0.3)
'VARI'S11I=12(0.1)
'RUN'

'*****'
''      Sous programme definissant les accessibilites''
'*****'

'MACRO'CAPTUS

'CALC'KS=1+KK-12*(INTPT(KK/12)) 'PRIN/P'KK,KS$4
'CALC'SA(1)=ELEM(S1A;KS) 'CALC'SG(1)=ELEM(S1G;KS)
'CALC'SA(2)=ELEM(S2A;KS) 'CALC'SI(2)=ELEM(S2I;KS)
'CALC'SA(3)=ELEM(S3A;KS) 'CALC'SI(3)=ELEM(S3I;KS)
'CALC'SA(4)=ELEM(S4A;KS) 'CALC'SI(4)=ELEM(S4I;KS)
'CALC'SA(5)=ELEM(S5A;KS)
'CALC'SI(5)=ELEM(S5I;KS) :SS(5)=ELEM(S5S;KS)
'CALC'SA(6)=ELEM(S6A;KS) 'CALC'SI(6)=ELEM(S6I;KS)
'CALC'SA(7)=ELEM(S7A;KS) 'CALC'SI(7)=ELEM(S7I;KS)
'CALC'SA(8)=ELEM(S8A;KS)
'CALC'SA(9)=ELEM(S9A;KS) 'CALC'SG(9)=ELEM(S9G;KS)
'CALC'SA(10)=ELEM(S10A;KS)
'CALC'SA(11)=ELEM(S11A;KS) 'CALC'SI(11)=ELEM(S11I;KS)

'EQUA'VLA(1)=SA(1)
'CALC'ELEM(VLA(1);7)-SG(1) 'CALC'ELEM(VLA(1);18)-SG(1)
'EQUA'VLA(2)=SA(2) 'CALC'ELEM(VLA(2);18)-SI(2)
'EQUA'VLA(3)=SA(3) 'CALC'ELEM(VLA(3);18)-SI(3)
'EQUA'VLA(4)=SA(4) 'CALC'ELEM(VLA(4);18)-SI(4)
'EQUA'VLA(5)=SA(5) 'CALC'ELEM(VLA(5);9)-SS(5)
'CALC'VLA(5)=VLA(5)+0.5*(KK.GE.109.AND.VLA(5).LE.0.5)
'CALC'ELEM(VLA(5);18)-SI(5)
'EQUA'VLA(6)=SA(6) 'CALC'ELEM(VLA(6);18)-SI(6)
'EQUA'VLA(7)=SA(7) 'CALC'ELEM(VLA(7);18)-SI(7)
'EQUA'VLA(8)=SA(8)
'EQUA'VLA(9)=SA(9) 'CALC'ELEM(VLA(9);8)-SG(9)
'EQUA'VLA(10)=SA(10)
'EQUA'VLA(11)=SA(11) 'CALC'ELEM(VLA(11);18)-SI(11)

'EQUA'MVLA=VLA(1...NESP)
'ENDM'

```

```

*****
'' sous programme mettant en oeuvre la regle de choix ''
*****
'MACRO'DECIDES$
'EQUA'VP1(1...NTYPE)-MUNITE
'EQUA'CPUE1-CPUE
'CALC'TM=(KK-12)*(KK.GT.12)+KK*(KK.LE.12)
'FOR'IN=1...NENG;CPUU-CPUEG(1...NENG)
'CALC'ELEM(CPUTT;IN)-ELEM(CPUU;TM)
'REPE$
'JUMP'LAPP*(KK.LE.12)
'CALC'CPUE=(CPUTT+CPUE1)/2
'LABEL'LAPP
'FOR'VP=1...NTYPE;FPO-EPOSS(1...NTYPE);VPO-VPOSS(1...NTYPE);
VPO1-VP1(1...NTYPE);EFG-EFPG(1...NTYPE)
'CALC'CPUET-VPO*CPUE :CPUET-CPUET*(CPUET.GE.0)
'TREA'FPO ANOVA/PR=0'CPUET;RES-RC;FVAL-CPUEM
'ANOVA/PR=0'VPO1;FVAL-PJ 'CALC'PJ-PJ*EFG
'CALC'CPUEMM-SUM(CPUET)/SUM(VPO)
'' PRIN/P'CPUET,CPUE,CPUEM ''
'CALC'VPO1=( PJ +L1*(CPUEM-CPUEMM)/CPUEMM)*(VPO1+L2*RC/CPUEM)
'CALC'VPO1-VPO1*(VPO1.GE.0)
'CALC'VPO1-VPO1/SUM(VPO1)
'REPE$
'EQUA'MUNITE-VP1(1...NTYPE)
'' PRIN'MUNITE '' 'CALC'MUNITE-REPMV(0)
'CALC'EFFORT-TPDT(MUNITE;UNITE)
'CALC'EFFORT-EFFORT*NJ
'PRIN/P'EFFORT,CPUE,CPUE1,CPUTT$9
'PRIN/P'TM,KK$5
'ENDM$

*****
'' sous programme simulant la peche au cours d'une unite de temps ''
*****
'MACRO'PECHES$
'CALC'ELEM(VALEUR;4) = ELEM(VALEUR;4)+200*(KK.EQ.109)
'CALC'ELEM(COUT;13) = ELEM(COUT;13)-56000*(KK.EQ.109)
'CALC'ELEM(COUT;14) = -6000*(KS.GE.7.AND.KS.LE.9)
'CALC'CPUE=0
'CALC'ELEM(MCAPT;54)-ELEM(MCAPT;54)+0.000020*(KK.EQ.97)
'CALC'ELEM(MCAPT;46)-0.000030*(KK.GE.61)
'CALC'ELEM(MCAPT;100)-0.000025*(KK.GE.61)
'CALC'ELEM(MCAPT;81)-0.000040*(KK.GE.61)
'CALC'ELEM(MCAPT;168)-0.000004*(KK.GE.61)
'CALC'ELEM(MCAPT;7)-0.000005*(KK.GE.61)
'CALC'ELEM(MCAPT;25)-0.000001*(KK.GE.61)
'CALC'ELEM(MCAPT;43)-0.000001*(KK.GE.61)
'CALC'ELEM(MCAPT;61)-0.000001*(KK.GE.61)
'CALC'ELEM(MCAPT;79)-0.000001*(KK.GE.61)
'CALC'ELEM(MCAPT;76)-ELEM(MCAPT;76)-0.000001*(KK.EQ.73)
'EQUA'CAP(1...NESP),VLA(1...NESP)=MCAPT,MVLA
'FOR'I=1...NESP;PRI-PRISE(1...NESP);VL-VLA(1...NESP);CA-CAP(1...NESP)
;BIO-BIOMG(1...NESP)
;PRD-PRISD(1...NESP)
;PRL-PRISL(1...NESP)
;PRS-PRISS(1...NESP)
;PRF-PRISF(1...NESP)
;PRG-PRISG(1...NESP)
;PRGE-PRISGE(1...NESP)
;PRLE-PRISLE(1...NESP)
;PRBR-PRISBR(1...NESP)
;PRSE-PRISSE(1...NESP)
'CALC'FM,BV,BI-ELEM(FOPT,BMAX,BDEB;I)
'CALC'GAMMA_FF=0
'FOR'INN=1...NENG;FFF-FFF(1...NENG)
'CALC'LA-ELEM(VL;INN) :FBI=LA*BV
'CALC'FFF-ELEM(EFFORT;INN)*ELEM(CA;INN)*(BI.GE.FBI)
'CALC'FF=FF+(FFF*DT)
'CALC'GAMMA-GAMMA+(BV*LA* FFF*DT)
'REPE$
'CALC'H=-2*FM/BV
$BETA=-(H*BV+FF)
$DELTA=BETA*BETA-4*H*GAMMA
$B1,BM=BI

```



```

'FOR' K2-1..N1
  'CALC' DELTA=SQRT(DELTA)
  SR1=(-BETA-DELTA)/(2*H)
  SR2=(-BETA+DELTA)/(2*H)
  'JUMP' LOB(2)*(BI.EQ.R1.OR.BI.EQ.R2)

  'CALC' INIT=LOG(ABS(BI-R1)/ABS(BI-R2))
  **PRIN/P'BI,R1,R2,BETA,DELTA**
  'JUMP' LOB(1)*(BI.GT.R1)
  'JUMP' LOB(3)*(BI.LT.R1.AND.BI.GT.R2)
  'CALC' DEN=-1+EXP(H*(R1-R2)/(N1*DT))+INIT
  $BI=-R2*EXP(H*(R1-R2)/(N1*DT))+INIT-R1
  $BI-BI/DEN
  'JUMP' LOB(5)

  'LABEL' LOB(1)
  'CALC' DEN=-1-EXP(H*(R1-R2)/(N1*DT))+INIT
  $BI=-R2*EXP(H*(R1-R2)/(N1*DT))+INIT-R1
  $BI-BI/DEN
  'JUMP' LOB(5)

  'LABEL' LOB(3)
  'CALC' DEN=-1-EXP(H*(R1-R2)/(N1*DT))+INIT
  $BI=-R2*EXP(H*(R1-R2)/(N1*DT))+INIT-R1
  $BI-BI/DEN
  'JUMP' LOB(5)

  'J.ADEL' LOB(2)
  'CALC' BI-BI
  'JUMP' LOB(5)

  'LABEL' LOB(5)
  'CALC' BI=BM+BI
  $BI-BI

'REPE'
  'CALC' ELEM(BDEB;I)-BI
  $BI=BI/(1+N1)
  $ELEM(DIOM;I)-BM
  $ELEM(PR;I)-0

'FOR' IN=1..NENG;FFF=FFF(1..NENG)
  'CALC' LA=ELEM(VL;IN) ;FBI=LA*BV
  'CALC' ELEM(PR;I)-ELEM(PR;I)+(BM-FBI)*FFF*((BM-FBI).GT.0)
  $T=(BM-FBI)*ELEM(CA;IN)
  $T-T*(T.GE.0)*ELEM(VALEUR;I)
  $ELEM(CPUE;IN)-ELEM(CPUE;IN)+T

'REPE'
  'JUMP' LAP*(AP.EQ.0)

  'CALC' ELEM(BIO;AP)-BM

  'CALC' ELEM(PRI;AP)-0
  'CALC' ELEM(PRF;AP)-0
  'CALC' ELEM(PRG;AP)-0
  'CALC' ELEM(PRL;AP)-0
  'CALC' ELEM(PRS;AP)-0
  'CALC' ELEM(PRD;AP)-0
  'CALC' ELEM(PRGE;AP)-0
  'CALC' ELEM(PRLF;AP)-0
  'CALC' ELEM(PRBR;AP)-0
  'CALC' ELEM(PRSE;AP)-0

  'FOR' INN=1..NENG;EFF=EFF(1..NENG)
  'CALC' LA=ELEM(VL;INN) ;FBI=LA*BV
  'CALC' FFF=ELEM(EFFORT;INN)*ELEM(CA;INN)*(BI.GE.FBI)

  'CALC' ELEM(PRI;AP)-ELEM(PRI;AP)+(BM-FBI)*FFF*((BM-FBI).GT.0)
  'CALC' ELEM(EFF;AP)-ELEM(EFFORT;INN)
  'REPE'

  'FOR' INN=1..4;EFF=EFF(1..4)
  'CALC' LA=ELEM(VL;INN) ;FBI=LA*BV
  'CALC' FFF=ELEM(EFFORT;INN)*ELEM(CA;INN)*(BI.GE.FBI)

  'CALC' ELEM(PRL;AP)-ELEM(PRL;AP)+(BM-FBI)*FFF*((BM-FBI).GT.0)
  'REPE'

  'FOR' INN=9,10;EFF=EFF(9,10)
  'CALC' LA=ELEM(VL;INN) ;FBI=LA*BV
  'CALC' FFF=ELEM(EFFORT;INN)*ELEM(CA;INN)*(BI.GE.FBI)

  'CALC' ELEM(PRS;AP)-ELEM(PRS;AP)+(BM-FBI)*FFF*((BM-FBI).GT.0)
  'REPE'

  'FOR' INN=12,13;EFF=EFF(12,13)
  'CALC' LA=ELEM(VL;INN) ;FBI=LA*BV
  'CALC' FFF=ELEM(EFFORT;INN)*ELEM(CA;INN)*(BI.GE.FBI)

  'CALC' ELEM(PRF;AP)-ELEM(PRF;AP)+(BM-FBI)*FFF*((BM-FBI).GT.0)
  'REPE'

```

```

'CALC'LA-ELEM(VL;18) :FBI-LA*BV
'CALC'FFF-ELEM(EFFORT;18)*ELEM(CA;18)*(BI.GE.FBI)
'CALC'ELEM(PRD;AP)-ELEM(PRD;AP)+(BM-FBI)*FFF*((BM-FBI).GT.0)

'CALC'LA-ELEM(VL;7) :FBI-LA*BV
'CALC'FFF-ELEM(EFFORT;7)*ELEM(CA;7)*(BI.GE.FBI)
'CALC'ELEM(PRG;AP)-(BM-FBI)*FFF*((BM-FBI).GT.0)

'CALC'LA-ELEM(VL;8) :FBI-LA*BV
'CALC'FFF-ELEM(EFFORT;8)*ELEM(CA;8)*(BI.GE.FBI)
'CALC'ELEM(PRGE;AP)-(BM-FBI)*FFF*((BM-FBI).GT.0)

'CALC'LA-ELEM(VL;5) :FBI-LA*BV
'CALC'FFF-ELEM(EFFORT;5)*ELEM(CA;5)*(BI.GE.FBI)
'CALC'ELEM(PRLE;AP)-(BM-FBI)*FFF*((BM-FBI).GT.0)

'CALC'LA-ELEM(VL;6) :FBI-LA*BV
'CALC'FFF-ELEM(EFFORT;6)*ELEM(CA;6)*(BI.GE.FBI)
'CALC'ELEM(PRBR;AP)-(BM-FBI)*FFF*((BM-FBI).GT.0)

'CALC'LA-ELEM(VL;11) :FBI-LA*BV
'CALC'FFF-ELEM(EFFORT;11)*ELEM(CA;11)*(BI.GE.FBI)
'CALC'ELEM(PRSE;AP)-(BM-FBI)*FFF*((BM-FBI).GT.0)

'LABEL'LAP
'REPE'
'CALC'CPUE-CPUE-COUT

'JUMP'LOB(4)*(AP.EQ.0)
'CALC'PR-PR*(PR.GE.0)
$SPR-SUM(PR)
$ELEM(TPRISE;AP)-SPR
'FOR'INN=1..NENG;CPUU-CPUEG(1..NENG)
'CALC'ELEM(CPUU;AP)-ELEM(CPUE;INN)

'REPE'
'LABE'LOB(4)
'OUTP'3 'PRIN/P'EFFORT,CPUE$10.2 'PRIN'KK,AP$4
'PRIN/P'BIOM$10 :PR$7 'OUTP'1
'PRIN'BIOM$10
'CALC' AP-AP+1
'ENDM'

* * * * *

```

```

'USE'CAPTUS
'RUN'
'USE'PECHES
'RUN'
'FOR'K-1...NANNEE
'FOR'KP-1...DT
'CALC'KK-(K-1)*DT+KP
'CALC'KPP-KP
'USE'DECIDES
'USE'CAPTUS
'USE'PECHES
'' 'PRIN'PR$5 ''
'CALC'SSPR-SSPR+SPR
'REPE'
'REPE'
'vari'BO-0,250,0,180
'HEAD'HO-',L1L1L4L1L1L4L1'' :H1-'L1L4'' :H2-'S1S2S3S4'' :H3-'L',
'CALC'(EFF(1...NENG))-(EFF(1...NENG))/100
'CALC'EFFL-VSUM(EFF(1...4))
'CALC'EFFS-VSUM(EFF(9,10))
'CALC'EFFD-VSUM(EFF(12,13))
'CALC'EFFG-EFF(7)
'PRIN/P'ABPER,EFF(1...NENG)$7
'CALC'(PRIS(1...NESP),TPRIS)-(PRIS(1...NESP),TPRIS)/1000
'CALC'(PRIS(1...NESP))-(PRIS(1...NESP))/1000
'CALC'(PRISG(1...NESP))-(PRISG(1...NESP))/1000
'CALC'(PRISS(1...NESP))-(PRISS(1...NESP))/1000
'CALC'(PRISL(1...NESP))-(PRISL(1...NESP))/1000
'CALC'(PRISD(1...NESP))-(PRISD(1...NESP))/1000
'CALC'RDTL(1...5)-10*PRISL(1...5)/EFFL
'CALC'RDTL(3,5,6)-10*PRISS(3,5,6)/EFFS
'PRIN/P'ABPER,PRIS(1...NESP),TPRIS$7
'PRIN/P'ABPER,PRISL(1...5)$7
'PRIN/P'ABPER,PRISS(3,5,6)$7
'PRIN/P'ABPER,PRISG(1...5)$7
'PRIN/P'ABPER,PRIS(7,8)$7
'PRIN/P'ABPER,PRISD(1...NESP)$6
'PRIN/P'CPUEG(1...NENG)$7
'PRIN'SSPR$10
'TABL'TP(1...NESP),TPI(1...NESP),TE(1...NENG),TPTSNUMAN
'TABU'EFF(1...NENG),TPRIS,PRIS(1...NESP);
TE(1...NENG),TPT,TP(1...NESP)
'PRIN/P'TP(1...NESP),TPTS$8
'PRIN/P'TE(1...NENG)$6
'OUTP'2
'GRAP/NRF-18,NCF-120,DEVI-1,BUFF-N,INTX-Y'PRIS(3,5,6);ABPER$H2
'GRAP/NRF-18,NCF-120,DEVI-1,BUFF-N,INTX-Y'PRIS(7,8);ABPER$H2
'GRAP/NRF-18,NCF-120,DEVI-1,BUFF-N,INTX-Y'PRISG(1...5);ABPER$H2
'GRAP/NRF-18,NCF-120,DEVI-1,BUFF-N,INTX-Y'EFF(1...4);ABPER$H2
'GRAP/NRF-18,NCF-120,DEVI-1,BUFF-N,INTX-Y'EFF(7);ABPER$H2
'GRAP/NRF-18,NCF-120,DEVI-1,BUFF-N,INTX-Y'EFF(9,10);ABPER$H2
'GRAP/NRF-18,NCF-120,DEVI-1,BUFF-N,INTX-Y'EFF(12,13);ABPER$H2
'GRAP/NRF-18,NCF-120,DEVI-1,BUFF-N,INTX-Y'RDTL(1...5);ABPER$H2
'GRAP/NRF-18,NCF-120,DEVI-1,BUFF-N,INTX-Y'RDTL(3,5,6);ABPER$H2
''
'CALC'CPUEG(1...7)-CPUEG(1...7)*(CPUEG(1...7).GE.0)
'CALC'CPUEX(1...7)-30000*(CPUEG(1...7).GE.30000)
'CALC'CPUEG(1...7)-CPUEG(1...7)*(CPUEG(1...7).LT.30000)
'CALC'CPUEG(1...7)-CPUEG(1...7)+CPUEX(1...7)
'GRAP/DEVI-1,BUFF-N,INTX-Y'CPUEG(1...7);ABPER$HO
''
'OUTP'1
'RUN'
''*****''
''transfert des donnees dans un fichier binaire pour sorties
graphiques ou autres ulterieures''
''*****''
'PUT'CHAP$EFF(1...NENG),PRISL(1...5),RDTL(1...5),PRISS(3,5,6),RDTL(3,5,6),
PRISG(1...5),PRIS(7,8),PRIS(1...NESP),PRISD(1...NESP),CPUEG(1...NENG),
PRISG(9),PRISL(9),PRISSE(11),PRISBR(10),BIOMG(1...NESP),ABPER
'SAVE/1'CHAP8
'RUN'
'CLOSE'
'STOP'

```

ORSTOM Editeur
Dépôt légal : octobre 1990
Microédition Lecture optique
Impression
ORSTOM BONDY

ISSN : 0767-2888
ISBN : 2-7099-1010-1
Editions de l'ORSTOM
72, route d'Aulnay 93143 BONDY Cedex