

Modèle de simulation d'une pêcherie incluant la détermination de l'effort de pêche

FRANCIS LALOE, ALASSANE SAMBA

SIMULATION MODEL OF A FISHERY INCLUDING THE DETERMINATION OF FISHING EFFORT

ABSTRACT

We describe a fishery in which the units may change their tactics according to circumstances. The resource consists of several stocks, the population dynamics of each stock follow a simple production model. Fisheries units choose the tactic to use on the basis of recent results obtained with the available tactics. It is then possible to simulate the activity and results of such a fishery, and evaluate the impact of fishing unit flexibility.

1. INTRODUCTION

Les modèles de dynamique des populations marines exploitées sont fondés soit sur une recherche de l'état des populations et des mortalités qu'elles subissent à l'aide de modèles démographiques, soit sur une évaluation, à partir de données sur l'activité des pêcheurs et sur leurs résultats, d'une relation entre ces quantités.

Quelque soit l'approche utilisée, on désire évaluer l'impact de modifications de l'activité de pêche sur les mortalités qu'elle engendre. L'hypothèse selon laquelle ces mortalités subies par les populations exploitées restent les mêmes lorsqu'une pêcherie reste composée des mêmes unités de pêche conservant les mêmes méthodes de travail est fondamentale, car entraînant l'existence d'une relation stricte, même si elle peut être complexe, entre pêcherie et mortalités.

In : La Recherche Face à la Pêche Artisanale, Symp. Int. ORSTOM-IFREMER, Montpellier France, 3-7 juillet 1989, J.-R. Durand, J. Lemoalle et J. Weber (eds.). Paris, ORSTOM, 1991, t. II : 737-746.

Dans certains cas, les unités de pêche qui constituent une pêcherie ont à leur disposition plusieurs méthodes de pêche ou peuvent utiliser des engins de diverses façons, ou en des lieux choisis en vue de capturer des poissons issues de populations différentes. Les mortalités engendrées par une unité de pêche donnée peuvent alors être variables et GARROD (1973) a ainsi défini les «integrated fisheries» par la faculté qu'ont les unités de pêche qui les constituent de rechercher la ressource la plus disponible à un moment donné. Il explique alors 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».

La pêche artisanale sénégalaise entre très certainement dans cette catégorie. Une même flottille de pirogues pêchant à la ligne peut ainsi, au cours d'une même semaine «produire» une mortalité d'abord à l'encontre d'espèces principalement pélagiques, puis à l'encontre d'espèces démersales (LALOË *et al.*, 1981), et une part significative bien qu'encore assez mal évaluée d'unités de pêches peut mettre en oeuvre plusieurs méthodes de pêche au cours d'une même année (SOCECO-PECHART, 1983).

Il convient donc d'envisager l'inexistence d'une relation stricte entre mortalités et activité, c'est-à-dire la situation dans laquelle, pour une pêcherie restant stable (qualités et nombres fixés d'unités de pêche), les mortalités subies par les stocks exploités seraient variables de par l'activité même de ces unités.

L'objet de cette communication est de présenter quelques indications pour une modélisation prenant en compte certaines caractéristiques de la pêche artisanale au Sénégal.

2. MODÉLISATION

Le principe général est de faire une description incluant la possibilité d'expression variable des unités de pêche. Pour ce faire, il apparaît important de dissocier en deux descriptions distinctes, d'une part les unités de pêche, et d'autre part les tactiques qu'elles peuvent mettre en oeuvre.

En reprenant les indications données lors de la réunion tenue en 1987 sous les auspices de la C.E.E. (C.E.E., 1987), nous utiliserons, d'une part une définition des tactiques («métiers») associées à des capturabilités exercées à l'encontre de biomasses exploitées, et d'autre part une classification des unités de pêche fondée sur les tactiques auxquelles elles sont susceptibles de recourir.

Une classe d'unités de pêche est ainsi l'ensemble des unités ayant, en fonction des circonstances, la même probabilité d'utiliser chacune des tactiques à leur disposition. Deux unités adoptant la même tactique à un moment donné ne sont pas nécessairement de type semblable, de même que deux unités de même type peuvent ne pas utiliser les mêmes tactiques au même moment. Un type d'unités peut être assimilé à une stratégie.

Il faut introduire des relations à deux niveaux du système ainsi envisagé, un niveau consiste en une description du processus menant au choix d'une tactique et l'autre niveau en une description de l'évolution de l'état des stocks.

De telles approches ont déjà été utilisées. Pour l'étude par simulation des pêches en mer Celtique (CHARRUAU *et al.*, 1989, dont on trouvera une description résumée dans le rapport C.E.E. déjà cité), la dynamique des populations exploitées est principalement abordée par des modèles analytiques et les choix de métiers par les unités de pêche sont fonction d'un paramètre d'«adhérence» (choix du métier déjà utilisé l'année précédente) et d'un paramètre de «préférence» (choix du métier apparaissant le plus rentable). ALLEN et MACGLADE (1986) ont proposé un modèle de simulation dans lequel des stocks sont inféodés à des zones géographiques distinctes et leur état décrit par des modèles globaux. Le choix de la zone où exercer son activité est largement fonction de la nature de la circulation de l'information entre les unités d'une même flottille et entre unités appartenant à des flottilles différentes. HILBORN et

WALTERS (1987) ont proposé un modèle de simulation très simple, fondé sur les équations du modèle de DERISO (1980) qui permettent, avec des données de captures et d'efforts de traduire l'impact de paramètres démographiques difficilement pris en compte par les approches globales classiques ; la souplesse des unités de pêche consiste en une possibilité de déplacement permettant l'exploitation de stocks géographiquement distincts. D'une manière générale, la mise en oeuvre de telles approches requiert des descriptions approfondies des tactiques et stratégies existantes, la définition de typologies adéquates (voir par exemple MURAWSKI *et al.*, 1983 ; LALOE et WEBER, 1983 ; DIAW, 1985 ; GONDEAUX, 1988) et plus généralement des analyses de ce qu'il est convenu d'appeler la «dynamique des flottes» (HILBORN et LEDBETTER, 1979, 1985 ; HILBORN 1985).

Nous décrivons ici l'évolution de l'état des stocks à l'aide de modèles globaux simples en tentant de traduire le fait que les unités artisanales ont un rayon d'action limité et qu'elles peuvent n'avoir accès de ce fait qu'à une part limitée de la ressource exploitée. Nous décrivons le choix des tactiques par des expressions les plus simples possible, fondées sur le principe de recherche d'un «revenu» maximum, sans entrer dans le problème délicat de la définition de ce «revenu».

2.1. Modélisation de la dynamique des populations exploitées

Utiliser une approche globale implique de faire des hypothèses selon lesquelles les résultats des actions de pêche et le renouvellement des biomasses (par mortalité naturelle, reproduction, croissances individuelles...) sont respectivement fonctions de valeurs résumant des biomasses «exploitées» et «productrices», ces résumés étant généralement communs dans les modèles classiques existants. Pour tenir compte du rayon d'action limité des unités de pêche artisanales, nous supposons que les biomasses «exploitées» sont les biomasses «productrices» diminuées de quantités de biomasses inaccessibles. Ces quantités inaccessibles peuvent varier dans le temps selon les cycles de migrations des stocks exploités. De même, certaines méthodes peuvent être caractérisées par un accès plus important à certaines ressources. Par exemple, les pirogues équipées de caisses à glace peuvent être utilisées pour atteindre des lieux de pêche éloignés inaccessibles aux pirogues qui n'en disposent pas.

Ainsi à un moment donné t , l'évolution de la biomasse d'un stock i sera décrite par :

$$dB_{it} / dt = H_i \cdot B_{it} \cdot (B_{it} - Bv_i) - \sum_{j=1}^m q_{ijt} \cdot f_{jt} \cdot (B_{it} - \alpha_{ijt} \cdot Bv_i)$$

(en supposant q_{ijt} nul lorsque $B_{it} - \alpha_{ijt} \cdot Bv_i$ est négatif).

Les paramètres H_i et Bv_i sont les paramètres classiques de modèles de Graham-Schaefer (voir LAUREC et LE GUEN, 1981). Les capturabilités sont en théorie dépendantes du temps, mais nous ferons porter ici la variabilité de disponibilité des espèces sur les paramètres α_{ijt} présentant la proportion de biomasse vierge du stock i inaccessible en utilisant la tactique j au temps t .

Le recours à une formulation supposant l'existence d'une quantité de biomasse inaccessible présente un intérêt par rapport à des formulations plus classiques :

- en imposant que les valeurs prises par les coefficients ne puissent pas être inférieures à une valeur strictement positive donnée, les biomasses ne peuvent jamais s'éteindre complètement et les courbes à l'équilibre peuvent avoir une allure les assimilant à des modèles globaux généralisés (PELLA et TOMLINSON, 1969) avec un exposant m de valeur inférieure à 2 (LALOE, 1988) ;

- la faculté de faire dépendre les coefficients α_{ijt} de la tactique et du temps permet d'envisager la prise en compte de certaines situations telles que les phénomènes de surexploitation locale et d'évaluer sous certaines hypothèses l'impact de l'introduction de nouvelles méthodes selon que l'effort résultant serait exercé à l'intérieur ou en dehors de la zone fréquentée par les unités de pêche existantes.

En un temps t , disposant des valeurs résumées des biomasses productrices et exploitées, des prix P_i auxquelles les différentes espèces peuvent être vendues par les pêcheurs et des coûts de mise en oeuvre C_j des différentes tactiques existantes, on peut calculer un revenu attendu de l'utilisation d'une tactique j par une formule telle que :

$$R_{jt} = \left[\sum_{i=1}^n P_i \cdot q_{ijt} \cdot (B_{it} - \alpha_{ijt} \cdot Bv_i) \right] - c_j$$

2.2. Le choix d'une tactique

Pour choisir la tactique qu'ils utiliseront au temps $t+1$, les pêcheurs disposent de l'information sur les valeurs R_{jt} . On suppose que la proportion d'unités d'un type donné choisissant une tactique j au temps $t+1$, dépend de la proportion d'unité de ce type l'utilisant déjà au temps t et des valeurs R_{jt} correspondant aux tactiques disponibles à ce type d'unités. La valeur $P_{kj}(t+1)$ est alors calculée par :

$$P_{kj,t+1} = P_{kj,t} + \lambda \cdot \left(\frac{R_{jt} - R_{kt}}{R_{kt}} \right)$$

où R_{kt} est la moyenne des revenus obtenus au temps t calculée à partir des seules tactiques disponibles aux unités de type k ; λ est un paramètre de «souplesse» dont la valeur est liée à la rapidité des reports d'efforts (dans l'exemple que nous présenterons, nous prendrons un pas de temps mensuel et $\lambda = 1,5$; avec cette valeur, dans le cas où il y a deux tactiques disponibles, la proportion d'unités utilisant une tactique s'accroît de 50 % si celle-ci offre un rendement double de l'autre). On impose des contraintes sur les proportions afin qu'elles soient comprises entre 0 et 1 et que leurs sommes soient égales à 1.

La formulation présentée ci-dessus est caricaturale, mais pourrait être adaptée selon plusieurs directions. Les reports d'efforts peuvent être plus ou moins rapides selon les tactiques impliquées dans les changements, il est par exemple plus «facile» d'abandonner la pêche à la ligne de fond au profit de la ligne trainée que de passer d'une utilisation de senne tournante à celle d'une pirogue «glacière», le second changement impliquant une modification de composition d'équipage. De même, en présence de périodes annuelles dans la disponibilité des espèces exploitées, on pourrait inclure dans l'information disponible permettant aux pêcheurs d'évaluer les revenus espérés au temps $t+1$, en plus des revenus observés au temps t , ceux réalisés les années précédentes au stade du cycle annuel correspondant au temps $t+1$.

3. EXEMPLE D'APPLICATION

L'exemple que nous traiterons ici reflète très grossièrement une partie de la pêche artisanale sur la côte nord du Sénégal.

Il convient de décrire dans un premier temps les stocks exploités, l'ensemble des tactiques et les stratégies existantes (types d'unités de pêche). Nous donnerons également les valeurs des différents paramètres introduits dans le modèle.

3.1. Les stocks exploités

Un stock est considéré ici comme une réunion de populations pouvant être résumées par des valeurs communes satisfaisant aux équations globales données plus haut. Ceci implique que les diverses composantes d'un stock aient des longévités de même ordre et soient associées dans les opérations de pêche des diverses tactiques. Ainsi nous ne pouvons pas regrouper les «chinchards» et les «sardinelles» dans la mesure où le premier groupe, bien que généralement considéré comme pélagique, peut être capturé par des lignes de fond appâtées, ce qui n'est pas le cas du second. Nous définissons ici 5 stocks, chacun nommé par le nom de l'espèce ou du groupe d'espèces dominantes dans sa composition.

	Bv (tonnes)	M	Prix (F CFA/kg)	Prise max. équilibrée
«Tiofs»	20 000	0,3	400	3 000
«Pageots»	40 000	0,5	220	10 000
«Chinchards»	80 000	0,5	100	20 000
«Tassergals»	40 000	0,3	220	6 000
«Sardinelles»	150 000	1,0	70	75 000

Les paramètres proposés ici sont grossièrement déduits de considérations sur la longévité des espèces constituant les stocks, des captures moyennes annuelles publiées par le C.R.O.D.T. et d'études diverses (CURY et WORMS, 1982 ; CHABOUD *et al.*, 1982 ; CHAMPAGNAT *et al.*, 1983 ; FRANQUEVILLE 1983).

3.2. Les tactiques

Nous considérerons huit tactiques :

	Coût d'une journée (F CFA)
a. la ligne de fond «petits poissons»,	5 000
b. la ligne de fond «gros poissons»,	5 000
c. la ligne «pélagique»,	6 000
d. la «glacière»,	10 000
e. la senne tournante «sardinelle-chinchard»,	20 000
f. la senne tournante «tassergal»,	20 000
g. l'inaction de pêche,	-10 000
h. la pêche industrielle	0

L'inaction de pêche réunira ici toutes les activités n'engendrant pas de mortalité sur les stocks décrits. Il peut donc s'agir de repos, de migration des unités de pêche ou d'autres activités (agricoles par exemple). Les coûts sont déduits des résultats d'une enquête socio-économique menée auprès d'un échantillon d'unités de pêche (WEBER, 1982a ; DURAND, 1984). Ils correspondent à une journée d'utilisation.

La pêche industrielle n'est introduite que pour une prise en compte éventuelle d'interaction avec la pêche artisanale. Nous imposons une certaine activité des unités de ce type, et le coût de mise en oeuvre n'intervient pas dans notre analyse. Le coût négatif associé à «l'inaction» équivaut à une «satisfaction», ou au seuil à partir duquel il devient intéressant de pêcher. On devrait en fait donner des seuils différents selon le type des unités en introduisant plusieurs tactiques «d'inaction de pêche».

3.3. Les stratégies

Nous considérerons 6 stratégies pouvant être présentées selon une matrice dont les éléments sont égaux à 1 ou nuls selon qu'une tactique est ou non disponible aux unités de pêche d'un type donné :

tactiques	a	b	c	d	e	f	g	h	nombre d'unités
types (stratégies)									
«Ligne de Kayar»	1	1	0	0	0	0	1	0	350
«Lignes de St-Louis»	1	1	1	0	0	0	1	0	800
«Glacières»	1	1	1	1	0	0	1	0	150
«Glacières-Sennes»	0	0	0	1	1	1	1	0	100
«Sennes tournantes»	0	0	0	0	1	1	1	0	100
«Industriels»	0	0	0	0	0	0	0	1	(150)

Nous avons supposé que le nombre de jours d'activités au cours d'un mois est au plus égal à 80% du nombre de jour de ce mois.

3.4. L'accessibilité

Les capturabilités à l'encontre des biomasses pour les différentes tactiques (pour une journée) sont données dans la matrice suivante, dont les valeurs ont été multipliées par 106 :

tactiques	a	b	c	d	e	f	g	h
stock								
«Tiofs»	2	1	1	4	0	0	0	0
«Pageots»	1	3	1	1	0	0	0	10
«Chinchards»	1	1	1	1	10	0	0	15
«Tassergals»	1	1	4	1	0	30	0	0
«Sardinelles»	0	0	0	0	5	0	0	20

Les valeurs des α_{ij} sont évaluées en considérant d'une part les rendements observés sur la côte nord du Sénégal et en supposant d'autre part que certaines tactiques, caractérisées par des rayons d'action élevés («glacière» et «industrielle») ont un accès plus grand, et surtout plus durable, aux divers stocks exploités. Les valeurs (multipliées par 100) sont ainsi définies :

t (modulo 12)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	0
«Tiofs»	5	5	5	5	5	10	50	50	50	50	10	5
«Pageots»	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
«Chinch»	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
«Tass.»	90	90	10	10	10	10	30	90	90	90	90	90
«Sard.»	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Pour les «industriels» (tous stocks)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Pour les «glacières»												
«Tiofs»	5	5	5	5	5	5	10	10	10	10	10	5
Pour les «sennes tournantes»												
«Tass.»	90	90	90	90	30	10	40	90	90	90	90	90

Les particularités concernant les «glacières», «industriels» et «sennes tournantes» reflètent les différences d'accessibilité à certains stocks, soit supérieure grâce à un grand rayon d'action, soit inférieure dans le cas du tassergal que les sennes tournantes ne peuvent guère capturer qu'au mois de juin.

Nous avons réalisé une simulation sur 8 années, à partir des paramètres présentés ci-dessus, supposant que les biomasses au début de la simulation étaient toutes égales à la moitié des biomasses vierges correspondantes. Nous avons supposé qu'au début de la sixième année, le prix du «pageot» est passé de 220 à 320 F CFA le kg et que les tactiques «glacière», «lignes trainées» et «senne tournante, e-f», fortes consommatrices de carburant, et plus dépendantes que les autres des possibilités d'achat et de maintenance des moteurs, ont vu leur coût s'accroître de 2000 F CFA par jour d'utilisation.

Les captures annuelles en tonnes réalisées par les unités artisanales sont données au tableau 1 avec les captures totales incluant les résultats des «unités industrielles». Les efforts mensuels (en jours) sont donnés au tableau 2. Les rendements obtenus pour les 7 premières tactiques sont présentés sur la figure 1.

Année	«Thiof»	«Pageot»	«Chin.»	«Tass.»	«Sard.»	Total
1	1546	3274	10593	6867	10423	114425
2	2050	2795	6520	5862	8905	109352
3	2520	2986	5653	5468	8398	109268
4	2703	3027	5364	5334	8232	109296
5	2769	3032	5255	5295	8162	109294
6	2987	5635	5319	4772	6626	110075
7	2818	4421	5168	5589	6717	109298
8	2768	3994	5129	5322	6858	108701

Tableau 1 - Captures annuelles réalisées par les unités artisanales et captures totales
(artisanales et industrielles)

Année	a	b	c	d	e	f	g	h
1	44	599	921	129	413	77	2197	438
2	16	417	863	252	323	75	2435	438
3	48	435	846	314	293	70	2375	438
4	64	433	842	336	283	67	2354	438
5	70	431	841	343	280	66	2349	438
6	71	1457	535	265	225	70	1756	438
7	86	1239	666	229	226	76	1859	438
8	92	1099	677	238	230	72	1971	438

Tableau 2 - Répartition des efforts par tactiques (en centaines de jours)

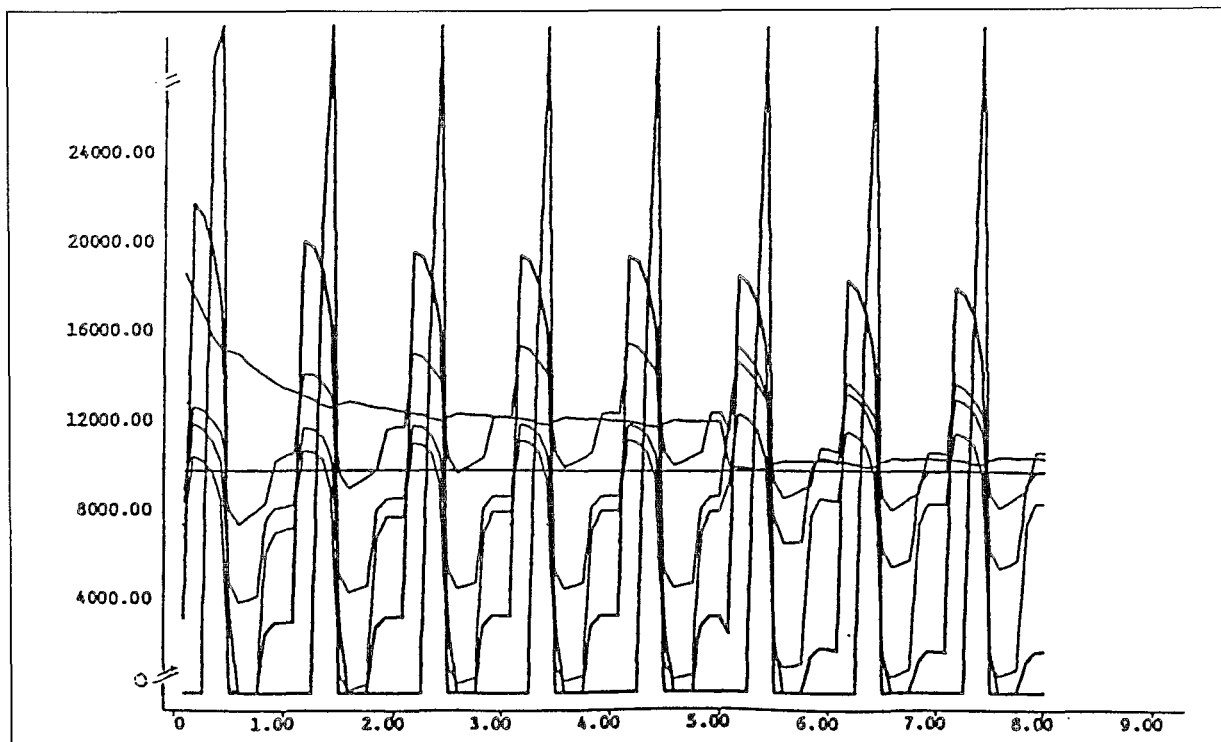


Fig. 1 - Evolution des revenus pour les 7 premières tactiques.

On observe une première période de transition vers un état d'équilibre global, pour lequel les rendements montrent une forte variabilité autour de la valeur correspondant au « ième rendement de l'inactivité de pêche ». Au début de la sixième année on observe les changements dus aux modifications introduites et un retour vers un autre état d'équilibre global. Ce dernier est caractérisé par un accroissement de l'effort consacré à la tactique « lignes de fond petits poissons » et une baisse des efforts consacrés aux « lignes trainées ». Pour les tactiques sennes tournantes, la baisse des efforts dirigés vers les petits pélagiques est accompagnée d'une augmentation de la recherche de tassergals, tactique pouvant offrir des rendements très élevés lorsque la ressource est accessible.

4. CONCLUSION

Si l'exemple donné ici ne reflète pas la pêche artisanale sénégalaise dans son ensemble (nous n'avons en particulier pas tenu compte de l'existence de la pêche au filet dormant, ni approfondi la question de la possibilité de migrations pour exploiter d'autres stocks), il présente une description intégrant certains aspects nous paraissant essentiels et se rapproche d'une description de la pêche considérée comme un système (WEBER, 1982 b).

En premier lieu, il n'est pas supposé de relation stricte entre pêche et mortalités. Ceci permet de s'affranchir d'une hypothèse dont la non satisfaction conduit souvent à considérer «informelle» une pêche. Dans la simulation présentée ici, il n'y a pas de modification du nombre ni de la qualité des unités de pêche, mais il y a bien une évolution dans les mortalités subies par les différents stocks. Ces modifications proviennent de changements dans l'environnement «économique» mais elles pourraient tout aussi bien être provoquées par des variations dans l'environnement de la ressource, dont l'impact apparaît très important (FRÉON, 1986 ; CURY et ROY, 1988). Ces variations peuvent être décrites soit en relation avec des descripteurs de l'environnement, soit de façon aléatoire, traduisant des variabilités observées, mais mal «comprises» ou non prévisibles. Le modèle peut largement être «amélioré» pour mieux se rapprocher de ce qu'on observe dans la réalité, mais il apparaît évident qu'il garde un aspect «boîte noire» propre à l'approche globale en dynamique des populations. Il pourrait permettre cependant d'indiquer quelles peuvent être les conséquences de certaines mesures d'aménagement pouvant entraîner volontairement ou non une modification de la nature des unités pouvant être décrite par des changements dans la matrice des stratégies.

RÉFÉRENCES

- ALLEN P.M., MAC GLADE J.M., 1986. Dynamics of discovery and exploitation: the case of scotian shelf groundfish fishery. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 43: 1187-1200.
- C.E.E., 1987. Assessment of technical interactions in mixed fisheries. C.E.E. Internal Information on Fisheries, 15 : 75 p.
- CHABOUD C., KEBE M., BARBE F., DIOP M., FALL M., 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.
- CHAMPAGNAT C., CAVERIVIÈRE A., CONAND C., CURY P., DURAND J.R., FONTANA A., FONTE-NEAU A., FRÉON P., SAMBA A., 1983. Pêche, biologie et dynamique du tassergal (*Pomatomus saltator*, Linnaeus, 1766) sur les côtes sénégalaises mauritaniennes. *Trav. Doc. ORSTOM, Paris*, 168 : 279 p.
- CHARRUAU A. *et coll.*, 1989. Etude d'une gestion optimale des pêcheries de langoustine et de poissons démersaux en Mer Celtique. *Rapports internes IFREMER DRV 89.009-10-11, RH/LORIENT*.
- CURY P., WORMS J., 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., ROY C., 1988. Migration saisonnière du thiof (*Epinephelus aeneus*) au Sénégal: influence des upwellings sénégalais et mauritanien. *Oceanol. Acta*, 11: 25-36
- DERISOR B., 1980. Harvesting strategies and parameter estimation for an age structured model. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 37: 268-282.
- 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.

- DURAND M.H., 1984. La pêche artisanale au Sénégal. L'approche d'une enquête. Mémoire D.E.A. Univ. Paris I. 56p. + ann.
- FRANQUEVILLE C., 1983. Biologie et dynamique de population des daurades (*Pagellus bellottii*, Bonnardel, 1882) le long des côtes sénégalaises. Thèse Doct. d'état. Univ. Aix- Marseille II : 276 p.
- 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.
- GARROD D.J., 1973. Management of multiple resources. J. Fish. Res. Board Can., 30 : 1977-1985.
- GONDEAUX E., 1988. Analyse typologique de la flottille de Mor-Braz. Rapport IFREMER. DRV-88.022 : 40 p.
- HILBORN R., 1985. Fleet dynamics and individual variations: why some people catch more fish than others. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 42 : 2-13.
- 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.
- 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.
- LALOË F., BERGERARD P., SAMBA A., 1981. Contribution à l'étude de la pêche 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 : 45 p.
- LALOË F., 1988. 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.
- LALOË F., WEBER J., 1983. Les unités d'observations dans l'étude des milieux ruraux: région cacaoyère du sud Cameroun et pêche artisanale sénégalaise. Groupe de travail unités d'observation, AMIRA : pp. 77-91.
- LAUREC A., LE GUEN J.C., 1981. Dynamique des populations marines exploitées. CNEXO. Rapports scientifiques et techniques. 45 : 117 p.
- MURAWSKI S.A., LANGE A.M., SISSEWINE M.P., MAYO. R.K., 1983. Definition and analysis of multispecies otter-trawl fisheries off the Northeast coast of the United States. J. Cons. Int. Explo. Mer. 41 : 13-27.
- PELLA J.J., TOMLINSON P.K., 1969. A generalized stock production model. Bull. IATTC. 13 : 419-496.
- SOCECO-PECHART, 1983. Recensements de la pêche artisanale maritime au Sénégal, avril et septembre 1982. Doc. Scient. Cent. Rech. Océano. Dakar thiaroye. 90 : 29 p.
- WEBER J., 1982 a. Les enquêtes socio-économiques au CRODT. Arch. Cent. Rech. Océano. Dakar Thiaroye. 110 : 87 p.
- 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, C.R.O.D.T: 97-109.