

ETUDE DES PECHERIES REFLEXIONS SUR L'ENVIRONNEMENT ET LA GESTION MULTISPECIFIQUE

Jean-Claude LE GUEN * et Robert CHEVALIER **

* ORSTOM, 24, rue Bayard, 75008 Paris, France.

** ISTPM, B.P. 1049, 44037 Nantes cedex, France.

Abstract

A STUDY OF FISHERIES, CONSIDERATIONS ON THE ENVIRONMENT AND THE MULTISPECIES FISHERIES MANAGEMENT.

All considerations about halieutic stocks inevitably had to attain to the recognition of relations which are established between the resource and its natural environment; action of abiotic agents on the level of the stocks and the distribution of species, and inter-relation between biological components; to the appreciation of the influence of human intervention upon the equilibrium of ecosystems.

These phenomenons are exposed into a first part. About the influence of abiotic agents, we can recall to mind that the installation of permanent systems of observations had allowed to progress about the comprehension of connexions which exist between abiotic agents and biological phenomenons. Some examples are pointed out to demonstrate the existence and the reality of these relations. We have consider biological interactions on the level with predator relations. These can be considered only through the trophic behaviours of various species and problems of nutrition.

About consequences of human interventions, both of these aspects must be taken into account: the introduction of new species and Fishing. Fishing involve technological interactions in multispecies fisheries, whose effects cannot be ignored and must be considered by management models. Second part deals with the use of models in stock management. Multispecies models take into account biological interactions and assume scientific knowledge which are lacking now. Its use as a tool of management might be preceded by a larger knowledge about nutrition and transfer of energy in various trophic types of halieutic ecosystems.

Technological interactions are taken into account in LE GUEN and FONTANA's multispecies approach (1971) which allow to find the best compromise in the simultaneous exploitation of several species more on financial bases than quantitative ones. GOHIN and LAUREC (1981) improved this approach taking into account the overall curve of selectivity and not only the L 50 point. Nevertheless monospecies classical models are always useful; they can produce satisfactory answers to single but essential questions.

A development of researchs about hydrobio climatic systems is necessary to forecast variability in recruitment, catchability and so on... Predatory relations between species must be studied. Every time it would be possible, socio-economic and political components must be taken into account. The claim of this paper is not to deal deeply with all topics evocated. So, the reader who want to get better studies about such and such topics will be able to get them at the end of the work bibliography.

Résumé

Une réflexion sur la gestion des stocks halieutiques devait nécessairement aboutir à la reconnaissance des relations liant la ressource à son environnement naturel : action des facteurs abiotiques sur l'état des stocks et la distribution des espèces, et inter-relation entre les composantes biologiques ; à l'appréciation des conséquences de l'intervention humaine sur l'équilibre des écosystèmes.

Ce sont ces phénomènes qui ont été présentés dans une première partie. En ce qui concerne l'influence des facteurs abiotiques, il est rappelé que la mise en place de réseaux de surveillance systématique a permis de progresser dans le domaine des recherches hydroclimatiques et dans la compréhension des connexions pouvant exister entre facteurs abiotiques et phénomènes biologiques. L'existence et la réalité de ces relations sont abordées à travers quelques exemples. Les interactions d'ordre biologique sont principalement envisagées au niveau des relations de prédation. Celles-ci ne peuvent être correctement appréhendées que par le biais du comportement trophique des diverses espèces et des problèmes généraux de nutrition.

Les conséquences de l'intervention humaine sont envisagées sous deux aspects : l'introduction d'espèces nouvelles et la pêche. L'action de pêche entraîne des interactions d'ordre technologique dans les pêcheries plurispécifiques, dont les effets ne peuvent être ignorés et doivent être pris en compte par les modèles de gestion.

La deuxième partie traite de l'utilisation des modèles dans la gestion commune de plusieurs stocks. Les modèles dits « multispécifiques », tenant compte des interactions d'ordre biologique (prédation), supposent un support de connaissance scientifique qui fait actuellement défaut. Leur utilisation comme outil de gestion devrait être précédée d'une amélioration des connaissances générales sur la nutrition et les transferts d'énergie, dans les différents niveaux trophiques des écosystèmes halieutiques. Les interactions d'ordre technologique ont été prises en compte dans l'approche plurispécifique de LE GUEN et FONTANA (1971) qui permet de rechercher le meilleur compromis dans l'exploitation simultanée de plusieurs espèces, sur des bases pécuniaires plutôt que pondérales. GOHIN et LAUREC (1981) ont amélioré l'approche en tenant compte en particulier de l'ensemble de la courbe de sélectivité et non seulement du point L50. Quoiqu'il en soit, les modèles classiques mono-spécifiques, bien qu'imparfaits, restent encore très utiles ; ils peuvent donner des réponses satisfaisantes à des questions simples mais essentielles.

Un développement de la recherche en hydrobioclimatologie est indispensable pour prévoir la variabilité dans le recrutement, la disponibilité, la capturabilité... Les relations de prédation entre espèces méritent d'être mieux cernées. Enfin, chaque fois que cela sera possible, les composantes socio-économiques et politiques devront être prises en compte, le bon sens remplaçant au besoin les modèles. Cet ouvrage n'a pas la prétention de traiter dans le fond tous les sujets abordés. Aussi, le lecteur qui désirera avoir une réflexion plus approfondie sur certains sujets trouvera à la fin du document une bibliographie, sinon exhaustive du moins très fournie.

Introduction.

Les avis scientifiques, qui servent de base à l'aménagement des pêcheries, ont reposé et reposent encore le plus souvent sur des études séparées des espèces. L'approche monospécifique de la gestion des stocks s'appuie généralement sur trois types de modèles :

les modèles globaux qui ne tiennent compte que de la relation entre la biomasse exploitée et l'effort de pêche aboutissant à la notion de prises et prises maximales soutenues ;

les modèles structuraux qui intègrent les données biologiques concernant la croissance et la mortalité pour déboucher sur la notion de rendement par recrue, pour rendre les prévisions utiles, on passe du rendement par recrue au rendement total en utilisant des relations stock reproducteur-recrutement ;

L'analyse rétroactive d'une cohorte (classe d'âge), dite de population virtuelle (VPA) au Conseil International pour l'Exploration de la Mer, qui reconstitue l'historique d'une cohorte avec estimation du recrutement et de la mortalité due à la pêche (F) supportée par la cohorte.

Cette analyse monospécifique des stocks est basée sur l'hypothèse que seul l'effort de pêche déployé agit de façon externe sur l'espèce étudiée. Tous les autres paramètres sont supposés constants ou traités comme des facteurs résiduels. Il nous semble urgent de réfléchir à certains aspects importants pour la gestion dont on devrait tenir compte dans les modèles usuels et que l'on néglige, soit parce que la recherche halieutique n'a pas encore assez progressé, soit parce que les biologistes des pêches se sont habitués à une gestion de routine. Nous mettrons l'accent sur les problèmes d'interactions dans les pêcheries, et leur prise en compte dans les modèles de gestion des pêcheries démersales exploitées par chalutage.

A. — ENVIRONNEMENT DES SYSTEMES HALIEUTIQUES.

Le milieu ambiant, les poissons et la pêche constituent un système complexe. Dans ces conditions, les études de gestion peuvent être abordées de deux façons différentes, l'une « interne » ne prenant en compte que le poisson et sa pêche, l'autre « externe » liée aux facteurs du milieu extérieur (« internal » et « external » selon ROSEN, 1972). Cet auteur (1969, 1972) a montré que la dynamique d'un système complexe ne peut pas, en général, être prévue à partir de l'addition simple du comportement de ses sous-systèmes. DICKIE et KERR (1979) ont établi une liste de résultats scientifiques, qui devraient être examinés par les chercheurs responsables de la gestion d'un ensemble de sous-systèmes de pêche faisant partie du même écosystème.

1. La production totale dans les écosystèmes halieutiques continentaux est largement prévisible à partir de quelques paramètres fondamentaux (RYDER *et al.*, 1974).

2. La production totale de quelques écosystèmes marins est comparativement plus stable que la production des espèces prises individuellement (SUTCLIFFE *et al.*, 1977).

3. Pour de nombreuses pêcheries, les fluctuations individuelles des espèces sont mieux prédites par les paramètres du milieu que par ceux de la pêche (FRY et WATT, 1957 ; SUTCLIFFE, 1972, 1973 ; SUTCLIFFE *et al.*, 1977 ; LOUCKS et SUTCLIFFE, 1978, etc.).

4. La structure des communautés halieutiques a une stabilité beaucoup plus grande que celle des divers assemblages partiels d'espèces particulières (HEATWOLE et LEVINS, 1973 ; LEVINS et HEATWOLE, 1973).

5. Les débarquements pondéraux, bien que relativement stables, fluctuent souvent plus que les apports monétaires correspondants (CARLSON, 1975).

6. A l'intérieur d'un système de production considéré comme stable, il semble exister des bouleversements dans l'état des micro-systèmes plutôt que des évolutions progressives telles que les prévoient les modèles conventionnels (HOLLING, 1973 ; KERR, 1977).

7. La distribution de la taille des particules dans l'ensemble des océans a un caractère sensiblement uniforme (SHELDON *et al.*, 1972). Ce résultat (ou cette hypothèse) a inspiré de nombreux modèles théoriques de gestion basés sur les flux d'énergie et qui prévoient une constance de la production totale d'un système (KERR, 1974 ; PLATT et DENMAN, 1977, 1978 ; SHELDON *et al.*, 1977 ; SILVERT et PLATT, 1978 a, b).

Cette liste est loin d'être exhaustive et nous n'acceptons pas forcément tous les résultats comme argent comptant. Elle mérite cependant une place de choix en tête de ce chapitre. Les modèles biologiques utilisés jusqu'à ces derniers temps en gestion des stocks, s'apparentaient à l'accoutumée à une approche de type « interne ». Ils ne prenaient en compte ni les propriétés des

systèmes écologiques : influence des facteurs abiotiques, interaction d'ordre biologique ; ni les interactions d'ordre technologique ; ni les aspects socio-économiques et politiques de la pêche. Nous nous proposons de développer ces trois points, en soulignant ce qui nous paraît le plus important ou ce qui n'a pas encore été dit dans les nombreux groupes de travail consacrés à la gestion des stocks.

I. Les aspects écologiques en gestion des stocks.

I. Production et stabilité des écosystèmes.

Les divers travaux entrepris dans l'Atlantique intertropical africain sur les associations halieutiques ont mis en évidence des communautés écologiques bien identifiées et stables du Sénégal à l'Angola (CROSNIER et BERRIT, 1966 ; DURAND, 1967 ; DURAND *et al.*, 1965 ; DOMAIN, 1972, 1980 ; FAGER et LONGHURST, 1968 ; LONGHURST, 1969). L'une de ces communautés, dite « suprathermoclinale » est soumise à une pêche au chalut tout le long de la côte d'Afrique. Des modèles globaux ont été utilisés par FONTENEAU (1970) et CAVERIVIÈRE (1979) pour gérer cette communauté comme un stock unité. Cette approche globale a eu une utilité incontestable pour fixer le niveau maximum de l'effort de pêche tolérable et empêcher une prolifération abusive des chalutiers côtiers. TYLER *et al.* (1979) reprennent également ce genre d'approche considérant que certains groupements écologiques peuvent constituer des unités de stock (assemblage production unit ou « APU »). PAULY (1979) a aussi imaginé un modèle basé sur une « communauté » des poissons ichtyophages tropicaux, les espèces proies plus petites étant protégées par les maillages réglementés des chaluts.

La stabilité de la production totale d'un écosystème est une propriété écologique présumée qui mérite un examen attentif. Cette « stabilité » est plus facile à cerner dans les milieux fermés comme les lacs où les « limites de l'épuration » sont bien tracées. Il est bon de préciser cependant que l'écosystème est lui-même stable. Ainsi, DURAND (1979, 1980) a trouvé une production dans le lac Tchad qui était en gros proportionnelle à sa surface. Il y aurait donc stabilité de la production en période de stabilité du lac. En milieu océanique, il est beaucoup plus difficile en général de délimiter les écosystèmes.

SILVERT (*in* Anon. 1979, a) a fait observer qu'une plus grande production, dans un écosystème de pêches multispécifiques, pourrait éventuellement être obtenu dans un système qu'on laisse osciller plutôt que dans un système stabilisé. Cette idée est intéressante à approfondir pour l'avenir. L'approche écologique des liaisons trophiques entre le homard (*Homarus americanus*), l'oursin (*Strongylocentrotus droebachiensis*) et les laminaires a été entreprise par MANN (1972 a, b). Le homard contrôlerait la population d'oursins, et celle-ci serait capable de dévaster les champs d'algues quand la population de homards est trop faible pour en assurer le contrôle (PRINGLE *et al.*, 1979). C'est peut-être sur ce genre d'associations que l'homme pourra un jour profiter des oscillations naturelles et introduire un système d'exploitation écologique basé sur la « rotation » des prélèvements, comme autrefois on a introduit avec succès en agriculture la « rotation » des cultures associées. Ceci est encore du futurisme et exigerait, outre une meilleure connaissance scientifique du milieu marin, un changement complet dans la sociologie et l'économie des systèmes de pêche.

Les investigations scientifiques sont aujourd'hui essentiellement axées sur la recherche de la stabilité maximale des écosystèmes halieutiques.

Oiseaux et poissons peuvent aussi constituer des associations écologiques intéressantes pour la production. Les oiseaux, par leurs excréments phosphatés, joueraient dans certains cas un rôle extrêmement positif de recyclage dans la dynamique des stocks halieutiques avec lesquels ils seraient en symbiose. L'association des élevages de canards et de carpes en Union Soviétique en serait un bon exemple (NIKOLSKY, 1963). On voit souvent dans les processus de recyclage la caractéristique la plus remarquable de l'équilibre écologique. Au Pérou, oiseaux et anchois constituent peut-être une unité symbiotique. Les chercheurs et ingénieurs de la Compagnie d'Administration du Guano exploitant les îles Chincha ont mis en évidence des fluctuations brutales dans les accumulations annuelles de fiente montrant que l'écosystème anchois-oiseaux pouvait être soumis à des boule-

versements épisodiques. Le Professeur DUBOS, utilise le même exemple pour montrer paradoxalement que la nature ne réussit pas toujours seule à mener à bien les processus de recyclage. Les accumulations de guano fournissent en effet un exemple de non-recyclage. Ce matériau, utilisé comme engrais, s'est déposé depuis des siècles sur les îles Chincha au large du Pérou que des millions d'oiseaux utilisent comme perchoirs et pondoirs ; leurs déjections ont formé des couches de guano allant jusqu'à trente mètres d'épaisseur. L'homme participe au processus écologique de recyclage en utilisant le guano qui rentre dans un nouveau cycle biologique, comme agent nutritif des plantes cultivées. Les accumulations de guano pourraient aussi traduire une régulation de la population d'anchois. La mortalité et le temps passé à terre seraient fonction de l'abondance des proies, pour les oiseaux de mer. Le rôle de régulateur et d'assainissement pourrait ainsi être très important.

Il est aujourd'hui difficile de prendre en compte dans des modèles de gestion des paramètres écologiques quantitatifs, mais certains aspects qualitatifs peuvent déjà être utilisés par les gestionnaires sinon pour mieux gérer du moins pour mieux comprendre.

2. Le rôle des facteurs « externes » en biologie des pêches.

Facteurs abiotiques.

De nombreux facteurs abiotiques ont une action directe sur les poissons et leur rôle, dans les fluctuations d'une population, mérite une considération plus grande de la part des biologistes des pêches. NIKOLSKY (1963) a passé en revue certains de ces facteurs abiotiques importants pour les espèces halieutiques et susceptibles de varier dans le milieu marin.

Densité — Température — Salinité.

La densité et la pression jouent ainsi un rôle important pendant la phase pélagique larvaire. La salinité influe directement sur tous les processus d'osmose. L'importance de la température est universellement reconnue. HANSEN et NANSEN (1909) soulignaient déjà son importance pour la pêche. L'abondance de maquereaux en mer Blanche était selon eux directement liée au réchauffement des eaux. Le « caméléon » (*Lopholatilus chamaeleonticeps* G. et B.) a disparu brutalement à la suite d'un froid particulièrement vif en mars 1882, alors qu'il était au préalable l'objet d'une pêcherie sur la côte sud de la Nouvelle-Angleterre (NIKOLSKY, 1963). Les tolérances de variations de température et de salinité permettent de délimiter les « volumes » compatibles avec l'existence des espèces. Elles sont beaucoup plus restreintes en général au moment de la reproduction et surtout dans la phase larvaire. Ces deux facteurs importants du milieu ont conduit à la notion de surface ou volume écologique favorable à la survie des larves d'albacores (*T. albacares*) utilisée par LE GUEN et CHAMPAGNAT (1968), puis LE GUEN *et al.* (1969) pour fixer les dates de naissance des albacores. Les deux critères $t^{\circ} > 26^{\circ}$ et $33,5 < S \text{ ‰} < 35,5$ retenus par RICHARDS (1966), conditionnant la survie des larves, les diagrammes hydroclimatiques de température et de salinité établis à partir des données des navires marchands par BERRIT (1961, 1962) ont servi à estimer les dates de naissance dans le sud du golfe de Guinée et dans la zone Sénégal-Mauritanie (LE GUEN et CHAMPAGNAT, 1968). Les dates de naissance estimées ainsi ont été « homologuées » *a posteriori* par les diverses études sur les larves entreprises dans l'Atlantique Tropical, et qui ont permis de mieux localiser les principales zones de reproduction et d'affiner les critères de survie (CAVERIVIÈRE *et al.*, 1976 ; CAVERIVIÈRE et SUISSE DE SAINTE-CLAIRE, 1980). La plupart des larves d'albacores dans l'Atlantique provenaient de zones ayant des eaux dont la température en surface était supérieure à 28° et la salinité comprise entre 34,0 et 35,3 ‰ (FONTENEAU, 1981). Avec les diagrammes hydroclimatiques de BERRIT (1961-1962), on peut alors situer les plus fortes concentrations potentielles de larves entre le Ghana et les îles Anno Bon et Sao Thomé au cours du premier trimestre.

HUBBS (1922) et TANING (1944) ont souligné l'importance de la température ambiante durant une phase bien précise et courte de l'embryogénèse, celle où apparaissent les métamères. Il en résulte que dans une microcohorte de clupéiformes par exemple, la moyenne vertébrale est prati-

quement fonction de la température de l'eau au moment de l'éclosion, GHENO et POINSARD, (1968) ont établi la relation entre la moyenne vertébrale ν et la température à l'éclosion des *Sardinella eba*: $\nu = 46,74 - 0,0346 t^\circ$. En isolant les microcohortes ayant même moyenne vertébrale, il a été possible de revalider la méthode de PETERSEN inutilisable précédemment, les microcohortes se suivant sans interruption toute l'année. En isolant les groupes à moyenne élevée ($\nu = 45,98$), on pouvait dire qu'ils se composaient d'individus nés dans des eaux « froides » de température inférieure à 22°C , ce qui dans la région de Pointe-Noire correspond à une courte période de l'année entre le 15 juin et le 15 septembre. En fixant la date d'éclosion au 1^{er} août, l'erreur commise ne dépassait pas 1,5 mois (GHENO et LE GUEN, 1968).

Sels nutritifs.

Les teneurs en sels nutritifs jouent un rôle prépondérant dans les écosystèmes halieutiques. Les grands travaux comme les barrages de fleuves ont permis de mesurer l'impact des apports nutritifs d'origine terrestre sur la production marine (KARPEVITCH, 1958). Les « résurgences de sels nutritifs profonds liées à une intensification de la circulation verticale sont probablement parmi les phénomènes de l'océanographie les plus couramment cités par les halieutes sous le nom d'« upwellings ». Le refroidissement en surface qui accompagne ces « résurgences » a permis à DOMAIN (1980) de prévoir le déplacement des zones de pêche qui leur sont inféodées, le long des côtes sénégal-mauritaniennes, à partir des données satellitaires de température de surface (CITEAU et NOEL, 1979). Les progrès de la technique et du traitement des données permettent aujourd'hui d'envisager l'utilisation des résultats satellitaires dans les zones à forte couverture nuageuse comme le golfe de Guinée (CITEAU *et al.*, 1980). CUSHING (1969, 1971) avait pensé que l'enrichissement en sels nutritifs ne jouait qu'un rôle limité dans la productivité des zones tropicales. Il privilégiait le rôle du refroidissement qui en « tempérant » des eaux chaudes les rendait plus productives.

Les chercheurs, et particulièrement ceux de l'ORSTOM, ont permis de mieux comprendre les mécanismes de la production primaire en milieu intertropical. De manière générale, la production primaire dépend de la lumière, de la disponibilité en sels nutritifs et des mélanges turbulents verticaux. La particularité des régions tropicales vient de la quasi-permanence d'une thermocline qui constitue une couche de stabilité favorable au développement du phytoplancton mais qui, en revanche, s'oppose à la diffusion des sels nutritifs vers la surface. Cette opposition explique que la thermocline constitue généralement la couche productive par excellence de l'océan tropical. On observe en effet souvent un maximum de chlorophylle et de production primaire dans la couche thermoclinale au sommet de ce que l'on appelle la « nitracline » (HERBLAND et VOITURIEZ, 1977), là où la teneur en nitrate devient significative et qui correspond au niveau optimum de production et où les conditions de lumière sont telles que la consommation des sels nutritifs équilibre exactement leur diffusion vers la surface. On a pu ainsi faire du sommet de la nitracline un niveau de référence pour évaluer la production primaire dans les régions tropicales typiques caractérisées par une couche homogène sans nitrate: il y a dans l'Atlantique Tropical une relation linéaire inverse entre la production primaire et la profondeur du sommet de la nitracline (HERBLAND et VOITURIEZ, 1979).

Dans les régions dites « d'upwelling » où l'on observe des teneurs significatives de nitrate en surface la situation est moins claire et l'on doit distinguer les « upwellings » côtiers de l'« upwelling » équatorial. Dans les « upwellings » côtiers, les sels nutritifs sont très abondants en surface et n'y sont plus limitants. Dans ces conditions, les mélanges verticaux deviennent un facteur important de la production primaire et l'on a observé les plus fortes productions lorsque, le vent faiblissant, une couche stable peut se reformer; à l'inverse, l'accroissement du vent qui intensifie l'« upwelling », mais augmente aussi les mélanges verticaux, provoque une diminution de la production primaire. Ceci explique que l'on n'observe pas les plus fortes productions là où les teneurs en sels nutritifs sont les plus élevées, mais là où les sels nutritifs étant abondants, il existe une stratification suffisante. (HUNTSMAN et BARBER, 1977; VOITURIEZ et HERBLAND, 1978).

L'« upwelling » équatorial représente un cas curieux où l'apparition en abondance de sels nutritifs dans la couche de surface n'accroît pas nécessairement la production primaire. En particulier, les campagnes « CIPREA » dans le golfe de Guinée ont montré que, globalement, il n'y avait pas d'augmentation significative de la biomasse et de la production primaire pendant la

période d'« upwelling » équatorial (VOITURIEZ, 1980). Cette faible production face à la disponibilité des sels nutritifs dans l'« upwelling » équatorial a aussi été notée dans le Pacifique pour lequel on a même parlé de « Paradox of the nutrients ». Pour l'expliquer, on a évoqué également l'intensité du mélange vertical dans le « cisaillement » entre le courant de surface portant à l'ouest et le sous courant équatorial. Les résultats de « CIPREA » ne confirment pas cette explication : il n'a pas été observé d'augmentation de mélange pendant la saison d'« upwelling » dans le golfe de Guinée (VOITURIEZ *et al.*, 1981). On a parlé également de l'absence de substances organiques, les chelateurs, capables de former avec les métaux des complexes rendant ceux-ci utilisables pour la production primaire (BARBER et RYTHER, 1969). Une autre explication proposée par WALSH (1976) repose sur les contraintes imposées par la variabilité du milieu physique sur les processus biologiques et le « pâturage » (grazing) en particulier. Il suggère que la relative stabilité du régime basse fréquence de l'« upwelling » équatorial permet une pression de « pâturage » forte et continue qui limite la consommation des sels nutritifs. A l'inverse, les fortes variabilités haute fréquence des « upwellings » côtiers limitent cette pression et permettent un développement du phytoplancton et une consommation importante de sels nutritifs.

Gaz dissous.

Des sels nutritifs, on passe tout naturellement aux gaz dissous dans l'eau dont plusieurs jouent un rôle direct en biologie halieutique. Celui de l'oxygène sur les poissons d'eau douce a été étudié depuis longtemps. WUNDER (1936) avait défini quatre catégories de poissons selon des seuils de tolérance dans les teneurs en oxygène dissous allant de 7-11 cc/l à 0,5 cc/l. Le milieu marin a longtemps été supposé sans problème en ce qui concerne les teneurs en oxygène dissous. Pour les bonites du Pacifique (skipjack), BARKLEY *et al.* (1978) ont montré qu'elles ne pouvaient survivre en dessous de 3-3,5 cc/l. Le rôle de la profondeur de la thermocline dans la capturabilité des thons à la senne est connu depuis longtemps. L'oxycline aurait un rôle équivalent masqué très souvent (golfe de Guinée par exemple) par le fait que thermoclines et oxyclines se trouvent sensiblement à la même profondeur. TROADEC (1971) a expliqué que les baisses de rendement des chalutiers en Côte d'Ivoire, toujours brutales (« coupures » des pêcheurs), pouvaient s'expliquer en saison froide par la présence d'eaux à faible taux d'oxygène (< 2,5 ml/l).

HISARD (1981) pense que des mortalités naturelles massives sur les anchois du Pérou peuvent accompagner des « upwellings » très intenses qui amènent en surface la couche du minimum d'oxygène. Le phénomène « El Niño », avec ses eaux chaudes et dessalées, serait beaucoup moins nocif qu'on le dit pour les poissons qui peuvent « fuir » cette avancée, sauf s'ils sont piégés » dans les poches d'eaux froides collées à la côte où une surpêche inconsidérée peut alors très rapidement réduire le stock. Cette interprétation nouvelle redonnerait une plus forte part de responsabilité dans le déclin du stock d'anchois à un effort de pêche trop intense. L'eutrophisation des milieux lagunaires en Afrique entraînant une désoxygénation des fonds et souvent une production massive de SH₂ peut bouleverser complètement des biotopes qui servent de nourriceries aux espèces halieutiques (DUFOR et SLEPOUKHA, 1975).

Eclairement.

Un facteur important à considérer dans le milieu marin est l'éclairement, fonction de la transparence et de l'intensité lumineuse. NIKOLSKY (1963) a montré l'influence que pouvait avoir l'intensité lumineuse dans les phénomènes de reproduction des poissons. LE GUEN et CROSNIER (1968), GARCIA *et al.* (1973) ont cherché à mettre en évidence le rôle de l'éclairement dans les migrations verticales des crevettes (*Penaeus duorarum*) en Atlantique Tropical et la variabilité journalière et saisonnière de leur capturabilité par les engins de pêche. CRONIER (1965) et MARCILLE (1978) suggèrent que la turbidité a également une influence essentielle dans le comportement des crevettes *Penaeus indicus*. Les eaux les plus troubles par petits fonds, sont celles où l'on pêche effectivement le plus régulièrement *P. indicus* à Madagascar. La turbidité en diminuant l'intensité lumineuse sur le fond permettrait aux crevettes de garder une activité diurne (CROSNIER, 1965). Cette hypothèse coïnciderait avec le fait que les rendements en crevettes lors des pêches de jour paraissent d'autant plus réguliers que les eaux sont plus troubles (MARCILLE, 1978). FONTANA et CHARDY (1971) ont

montré que le complexe éclaircissement-pluviométrie était très largement corrélé à la fécondité des *Sardinella aurita* du Congo, exprimée en nombre d'œufs prêts à être pondus. PAGES *et al.* (1981) ont confirmé l'influence de la lumière sur la production primaire dans les lagunes de Côte d'Ivoire.

Divers.

On pourrait encore citer d'autres facteurs externes agissant sur la physiologie des poissons, les sons et ultrasons par exemple (NIKOLSKY, 1963) et dont les caractères attractifs ou répulsifs peuvent influencer largement la pêche. Cela peut être le cas des bruits émis par les navires (ERICKSON, 1979 ; TUCKER, 1967 *in* BORDEAU, 1980). Ce phénomène était bien connu des pêcheurs qui ont souvent eu à se plaindre d'un navire qui n'avait pas « le bon bruit ».

Les facteurs externes du milieu agissent donc sur les poissons individuellement ou groupés de façon plus ou moins complexe. On associe souvent la température et la salinité qui caractérisent les masses d'eau. On trouve souvent le groupement chimique N, P, et K pour évaluer le potentiel nutritif. Les facteurs ou complexes de facteurs du milieu agissant sur les poissons sont souvent étroitement corrélés aux paramètres climatiques. On a depuis longtemps essayé de mettre en parallèle les variations ou les anomalies halieutiques et climatiques. CUSHING et DICKSON (1976) ont fait sur ce thème un exposé magistral que tous les tenants de la biologie, de l'océanographie et de la gestion halieutique se doivent d'avoir lu.

Evolution et mesure des facteurs abiotiques.

On a longtemps pensé que l'histoire événementielle des océans et des climats avait un caractère périodique. LJUNGMAN (1882) proposait un cycle de 55 ans pour les captures de harengs enregistrées depuis le début du quinzième siècle dans la pêcherie de Bohuslan. Une grande partie des travaux de PETTERSON (1921-1922), pendant les deux premières décennies d'existence du CIEM, était consacrée à la périodicité des phénomènes physiques (CUSHING et DICKSON, 1976). Pendant les années 30, et au début des années 40, il y eut un réchauffement général de l'hémisphère Nord et ce changement climatique intervint alors que se mettaient en place les données statistiques de la pêche et que naissait la biologie quantitative. Cela explique que cette période est plus riche que d'autres d'exemples de changements dans l'état des stocks halieutiques, d'invasions d'espèces du sud vers le nord et de modifications d'écosystèmes dans la Manche entre 1926 et 1935. Les tendances climatiques se sont inversées entre 1966 et 1972. CUSHING et DICKSON (1976) ont proposé pour cette période le nom de « Cycle Russell » du nom de son inventeur. Le point le plus remarquable, selon ces auteurs, est que les écosystèmes réagissent de façon plus brutale aux variations climatiques, au début et à la fin des cycles, que les paramètres de l'environnement qui évoluent de façon plus progressive.

La « rectification » des écosystèmes semble quelquefois précéder les changements complets du milieu. Les bouleversements du milieu privilégiant des espèces particulières ont longtemps été considérés comme liés aux eaux tempérées. La prolifération récente des balistes (*B. capriscus*) dans le golfe de Guinée (CAVERIVIÈRE, 1979 ; CAVERIVIÈRE *et al.*, 1980 ; PAULY, 1979) remet largement en cause cette appréciation. Dans les conditions d'adversité du milieu ambiant, le nombre de larves survivant serait très réduit. Dans le cas où l'écosystème deviendrait « bon » pour l'espèce, elle se trouverait dans les conditions d'une colonisation (CUSHING et DICKSON, 1976).

Les progrès simultanés, dans la connaissance de la biologie quantitative des espèces (paramètres de croissance, de mortalité, etc.) et dans la saisie des données de pêche (statistiques sur prises et efforts), ont conduit aux premières approches de dynamique des populations (BEVERTON et HOLT, 1957 ; RICKER, 1958 ; SCHAEFER, 1954). Pendant ce temps, les données hydroclimatiques étaient recueillies de façon sporadique généralement lors de campagnes océanographiques. Cela explique largement la renonciation à leur emploi dans les modèles usuels de gestion où elles sont considérées comme constantes ou « résiduelles ».

La mise en place de surveillance systématique des océans par différents moyens : bateaux marchands dans les années 1950, stations côtières permanentes dans les années 1960, bouées océano-

graphiques et satellites dans les années 1970, a permis de disposer aujourd'hui de séries d'observations océanographiques de surface et subsurface à caractère permanent et intéressant des zones de pêche conséquentes. En milieu tropical, les océanographes physiciens de l'ORSTOM se sont distingués dans les recherches hydroclimatiques (BERRIT, 1958, 1961, 1962 *a, b*; BERRIT et DONGUY, 1964; DONGUY et HENIN, 1974, 1976, 1977, 1978 *a, b, c*, 1980, 1981; DONGUY *et al.*, 1974; HENIN et DONGUY, 1979; WAUTHY, 1977; BINET *et al.*, 1979; DONGUY *et al.*, 1979; HISARD et MERLE, 1980; HISARD et PITON, 1981; JARRIGE *et al.*, 1979; MERLE, 1978; MERLE *et al.*, 1980; GUILLERM, 1981; PITON *et al.*, 1979 *etc.*). Il est donc possible de reconsidérer aujourd'hui l'impact de facteurs « externes » sur la pêche et particulièrement ceux d'entre eux qui, faciles à appréhender sur une base permanente, pourraient jouer un rôle dans la prévision. Celle-ci serait plus facile à concevoir si les facteurs du milieu avaient un caractère cyclique bien net. Malheureusement, il n'en est pas toujours ainsi tant s'en faut. Sur les côtes du Pérou, épisodiquement, un « flux » tropical d'eaux chaudes, le courant de l'Enfant Jésus (El Niño) remplace les eaux froides de la plus riche « résurgence » du monde. Onze millions de tonnes d'anchois ont pu être prélevées par les oiseaux et par les hommes. Au début du réchauffement, une forte mortalité et un exode massif vers le sud d'oiseaux abandonnant nids et poussins (LAVALLE et GARCIA, 1912) peuvent faire penser à une translation de l'écosystème à anchois comme l'ont suggéré CUSHING et DICKSON (1976). BJERKNES (1969, 1972) relie le refroidissement sur les côtes du Pérou aux vents d'est dans la zone équatoriale. Lorsque ceux-ci forçissent, le refroidissement est plus intense et quand ils faiblissent trop, cela peut donner un plus grand développement au courant de l'Enfant Jésus. MILLER et LAURS (1975) associent « El Niño » à un affaiblissement des vents du Sud-Est en Amérique du Sud.

DONGUY et HENIN (1978, 1980, 1981) ont étudié la dessalure dans le Pacifique tropical Sud-Ouest.

Les principaux traits observés sont les suivants : au sud de 10° S et à l'est de 160° W, le maximum tropical de salinité qui atteint généralement 36,0‰ est dû à la forte évaporation caractéristique de la région. Ce maximum se prolonge vers l'ouest entre l'équateur et 5° S jusqu'à 160° E avec des valeurs supérieures à 35‰ dues à « l'upwelling » équatorial induit par des vents de composante est (Donguy et Henin, 1978).

La présence, dans le Pacifique Sud-Ouest, de la zone de convergence intertropicale des vents pendant plusieurs mois entraîne des pluies abondantes et un minimum de salinité. La circulation de surface est caractérisée par la présence de 160° E à 140° W d'un seul système de courant. Le maximum de contenu thermique s'est déplacé du Pacifique Ouest vers le Pacifique Central. Ces conditions hydroclimatiques apparaissent habituellement six mois après « El Niño » (Donguy et Henin, 1981).

Les phénomènes hydroclimatiques observés dans le Pacifique SE et SW liés tous deux aux champs de vent à l'équateur seraient donc connexes. WYRTKI (1973) puis CUSHING et DICKSON (1976) ont parlé de « téléconnexions ». Une des premières « téléconnexions » entre la pression atmosphérique aux Açores et le vent et la pluie dans le Pacifique Tropical Est a été décrite par BENNET (1966). Les chercheurs de l'Inter-American Tropical Tuna Commission (IATTC), qui ont étudié les liaisons entre l'océanographie, la météorologie, la production biologique et la pêche (FORSBERG, 1963, 1969; FORSBERG et JOSEPH, 1964, *etc.*), ont élargi les recherches de « téléconnexions » aux phénomènes biologiques, le but étant la prévision du recrutement dans les pêcheries à partir d'éléments climatiques.

Connexions entre facteurs abiotiques et phénomènes biologiques.

Après de nombreux travaux au laboratoire et en mer, LASKER (1962, 1964, 1975) et une équipe du laboratoire NMFS de La Jolla, Californie (LASKER et THEILACKER, 1962; LASKER *et al.*, 1970; LASKER et SMITH, 1977; LASKER et ZWEIFEL, 1978; SMITH et LASKER, 1978; THEILACKER et DORSEY, 1980; OWEN, 1980) sont arrivés à la conclusion que la survie des larves d'anchois en Cali-

fornie est directement dépendante du fait que la couche superficielle homogène se trouve en situation d'équilibre pendant un laps de temps suffisant. Les concentrations de nourriture nécessaire pour les premiers stades larvaires se présentent en essaims dans des couches d'eaux bien individualisées. Les processus dynamiques de mélanges, en bouleversant les stratifications en place et en dispersant les agrégations de nourriture, empêchent les larves de trouver une nourriture suffisante à l'intérieur de leur rayon d'action. Quantitativement, le mélange serait grossièrement proportionnel au cube de la vitesse du vent qui le provoque. Des vents forts et une nourriture disponible peuvent aboutir à un recrutement faible.

Extrapolant ces résultats aux bonites (skipjack) supposées pondre dans le Pacifique central, les chercheurs de l'IATTC ont établi les corrélations entre le cube de la vitesse moyenne des vents pris comme indice de mélange MI (Mixing Index) et obtenus par carrés de 5° de côté dans la zone équatoriale allant de 180° à 135° W pour la période 1961 à 1979, et le logarithme du taux de capture des bonites recrutées l'année suivante dans le Pacifique Est (âge 1+). La corrélation obtenue est « significative » au seuil 1 % (IATTC, 1979). Il faut bien sûr se méfier des corrélations entre phénomènes connexes ou supposés tels, d'autant plus que le choix des carrés étudiés à l'équateur est largement arbitraire. Cependant, on ne peut négliger le fait que cet « indice de mélange » expliquerait 49 % de la variance du logarithme des taux de capture des bonites recrutées.

L'indice précédemment utilisé à l'IATTC et sur lequel on avait fondé de grands espoirs, le SO (Southern Oscillation) basé sur une autre « téléconnexion » : la différence de pression atmosphérique, entre l'île de Pâques et l'Australie, n'explique que 36 % de la même variance (IATTC, 1979). L'indice SO a donné au début des résultats satisfaisants, mais les années dernières le centre de haute pression habituellement stationné sur l'île de Pâques s'est déplacé en entraînant des basses pressions anormales sur l'île de Pâques et Tahiti. Il est plus facile de considérer l'indice de mélange MI que l'indice SO comme indicateur de la survie des larves. La possibilité de liaison phénoménologique directe existe dans la zone du MI où se reproduisent des bonites. L'approche précédente nous paraît prometteuse. A partir d'une hypothèse obtenue par une recherche « intrinsèque » (survie des larves), on passe à une recherche appliquée de type « extrinsèque » (conditions hydroclimatiques et recrutement).

SHARP (1980) insiste sur le fait qu'il faut connaître, pour chaque espèce halieutique, les phases les plus critiques conditionnant sa survie et son potentiel de reproduction, la phase larvaire jouant un rôle primordial pour les pélagiques hauturiers tropicaux comme la bonite. Toujours selon SHARP (1980), il faut ensuite rechercher les facteurs du milieu qui agissent sur l'espèce lors des phases critiques et peuvent être saisis sans difficulté majeure sur une base permanente. Les recherches entreprises depuis plusieurs années au centre ORSTOM de Nouméa, Nouvelle-Calédonie, suivent en gros ce schéma (ORSTOM, 1980). La mise en place d'un réseau d'observations de routine sur les navires marchands permet aujourd'hui de recueillir le maximum de données sur la température de surface, la salinité, la température de subsurface par XBT (Expandable Bathythermograph), la teneur en chlorophylle et la composition faunistique du plancton, (DONGUY *et al.*, 1979 ; BINET *et al.*, 1979 ; DANDONNEAU, 1979, 1980 ; DESSIER, 1981). Parallèlement à la récolte des données de routine, les campagnes océanographiques classiques servent de cadre aux études sur les larves de bonites (skipjack). A chaque station hydrologique complète, un échantillon de plancton est prélevé et les larves de thonidés triées. On espère ainsi déceler les paramètres physico-chimiques ou biologiques « vitaux » pour la survie des larves et connaître leurs distributions spatiotemporelles.

DONGUY *et al.* (1978) ont interprété les premiers résultats obtenus et montrent l'importance des fronts « halins » dans le Pacifique SW.

Lorsque le vent souffle de l'est sur l'équateur, la productivité primaire y est maximale par suite de l'enrichissement des eaux de surface en sels nutritifs dû à l'upwelling (ROTSCHI et WAUTHY, 1973) et on y observe une prolifération phyto-planctonique. La circulation méridienne portant vers le nord dans l'hémisphère nord, vers le sud dans l'hémisphère sud, écarte les organismes planctoniques qui peuplent les eaux de surface, de l'axe de la divergence qui correspond généralement à l'équateur. Pendant ce transfert, le développement des différents groupes biologiques se poursuit et

les maxima d'abondance se trouveront d'autant plus éloignés de l'axe de l'upwelling que le niveau occupé par ces organismes dans la chaîne alimentaire sera plus élevé. Au maximum de phyto-plancton situé dans l'axe de la divergence à proximité de l'Equateur succèdera un peuplement d'herbivores et plus loin une grande quantité de carnivores qui finalement se trouveront concentrés à l'emplacement des convergences situées à 5° N et 5° S. Suivant ce schéma au nord et au sud de l'Equateur, le maximum de zooplancton carnivore, qui suppose la présence de micronecton, base de l'alimentation des thonidés, est donc situé à proximité des convergences, c'est-à-dire de l'isohaline 35,0‰.

L'isohaline 35,0‰ semble indiquer la frontière des deux masses d'eau. Les thons ont tendance à s'accumuler du côté chaud et dessalé le long de cette frontière. Ainsi, dans le golfe de Guinée, POSTEL (communication personnelle) expliquait cette accumulation de la façon suivante : les thons à nageoires jaunes (*Thunnus albacores*) se trouveraient dans une sorte de bassin à parois variables (constituées par des fronts thermiques) qui, en se rétrécissant, accumulerait les poissons près des parois. Dans le Pacifique ouest, il faut aussi admettre que cette barrière dynamique est associée à une zone riche capable de nourrir les thons qui s'y accumulent. Un schéma similaire a été proposé par plusieurs auteurs tels que SETTE (1957) et FORSBERGH (1969).

Lorsque le vent d'ouest souffle à l'Equateur, le dôme situé vers 10° S amène en surface une forte concentration de sels nutritifs qui induit une prolifération de phytoplancton. Le même processus qu'à l'Equateur apparaît alors, aboutissant au développement de zooplancton herbivore, puis carnivore qui, poussé vers le nord, se concentre à la convergence marquée approximativement par l'isohaline 35,0‰. C'est la situation observée à 170° E en décembre 1965. Une convergence était située à l'Equateur et l'isohaline 35,0‰ à 10° S. Le maximum de biomasse herbivore était observé vers 12° S, suivant REPELIN (1978), le maximum d'amphipodes carnivores vers 15° S, tandis qu'à l'Equateur leur abondance était minimale.

Nous formulons donc l'hypothèse que dans le Pacifique Tropical occidental, les bonites sont en majorité dans les eaux dessalées limitées à 35‰ et qu'à proximité de cette limite, les concentrations de ces thonidés sont souvent très fortes.

La salinité de surface peut donc être considérée comme un bon indicateur de leur présence. Cependant, le schéma proposé, basé sur la présence de l'upwelling ou du dôme tropical, peut être compliqué par l'apparition d'upwellings côtiers.

Les premiers dépouillements des campagnes « larves de thons » semblent montrer une accumulation de larves le long des gradients « halins » océaniques décrits par DONGUY et HENIN (1978) et près des lignes de dessalure associées aux pluies sur les îles (CONAND, 1979). Ces premiers résultats confortent le rôle des champs de vent dans les mécanismes conduisant aux accumulations de nourriture propices à la survie des larves. Ils pourraient expliquer en partie la bonne corrélation obtenue entre l'indice de mélange MI utilisé à l'IATTC et le recrutement des bonites dans le Pacifique est. Une meilleure définition des zones de survie des larves pourrait faciliter la recherche de nouveaux « indices » hydrologiques, climatologiques, ou biologiques (chlorophylle, plancton...), permettant de mieux prévoir les variations du recrutement un à deux ans à l'avance.

Il ne faut pas perdre de vue l'importance de l'empirisme pour l'établissement des connexions à partir d'analyses statistiques. L'analyse rationnelle des mécanismes, qui aident au choix des paramètres à suivre dans le milieu, est souvent limitée aux phases les plus critiques de la vie de l'espèce étudiée. Ce type d'approche peut avoir a priori un aspect utopique pour les non-initiés.

BAKUN et PARRISH (1980) ont récemment souligné tout l'intérêt des observations de routine faites sur les navires marchands et dans les stations côtières et de leur utilisation empirique.

In defining the effect of the environment on fishery stocks, we must deal with a space-time continuum of processes; the necessary coverage is generally not available from research vessel operations. Recently progress has been made using routinely collected maritime

and shore station data to produce indicators of variations in important environmental processes. These have led to empirical studies of recruitment variations in certain California current fishery stocks.

Les stations côtières, mises en place par l'ORSTOM dans le milieu intertropical, peuvent jouer un rôle important dans l'étude des fluctuations du milieu et de leur impact pour la pêche. Nous soulignerons ici l'importance que peuvent avoir les paramètres biologiques recueillis dans ces stations. Certains taxons zooplanctoniques, qui effectuent par nature le traitement intégré des différents sous-systèmes physico-chimiques et biologiques du milieu (avant les chercheurs), peuvent en outre jouer un rôle direct dans la dynamique halieutique du milieu marin. Ils peuvent servir directement de paramètres clefs dans la recherche des liaisons explicatives puis si possible prédictives. DESSIER et LAUREC (1978) ont mis en évidence un phénomène hydrologique qui avait échappé à la sagacité des chercheurs à l'aide du zooplancton récolté à la station côtière de Pointe-Noire (Congo).

L'analyse des liaisons sardinelles-copépodes faite par BINET (1976) à partir des données recueillies à la station côtière d'Abidjan en Côte d'Ivoire est extrêmement intéressante pour qui s'occupe de prévision des pêches. Les sardinelles (*S. eba*, *S. aurita*) se nourrissent par filtration (DIA, 1972, etc.), la taille des particules ingérées est comparable à celle du zooplancton retenu par un filet de 200 à 300 μm d'intervalle de maille. En Côte d'Ivoire, différentes pêcheries (artisanales, industrielles) permettaient le débarquement d'environ 30 000 t de sardinelles jusqu'en 1972. En 1972, la pêche est remarquablement élevée (94 000 t) mais les années suivantes, les prises tombent presque à zéro. Quelques années plus tard, le stock semblait se reconstituer. En 1978, 50 000 t étaient pêchées mais l'année suivante, les prises retombaient à 13 000 t.

La disparition du stock après 1972 a été attribuée, dans une large mesure, à la surpêche qui l'a précédée. Cependant, la disponibilité exceptionnelle responsable de cette surpêche est l'indice d'un comportement anormal (poissons à la côte très concentrés). Un échantillonnage bihebdomadaire du zooplancton effectué en une station côtière de 1969 à 1979 (LE BORGNE et BINET, 1979) montre deux anomalies en 1972 et 1973, dans les variations saisonnières de biomasse et de composition, immédiatement avant la chute des captures :

la fin de la saison froide (août, septembre, octobre), qui est normalement une période de grande richesse planctonique, ne connaît en 1972 que des quantités de plancton modérées (BINET, 1976) ;

le pullulement du copépode *Calanoïdes carinatus* qui se produit habituellement lors de chaque saison froide, est beaucoup moins important en 1973 que durant les autres années (BINET et SUISSE DE SAINTE-CLAIRE, 1975).

Il n'est pas exagéré de penser que la nourriture des sardinelles faisant défaut, et notamment les *Calanoïdes carinatus*, le comportement des poissons ait été modifié (agglomération en surface, près de la côte où les concentrations planctoniques sont traditionnellement plus élevées) et finalement leur reproduction compromise : ponte insuffisante ou faible survie des larves et juvéniles (BINET, 1981). Ces anomalies d'abondance et de composition planctonique devraient être partiellement prévisibles :

l'abondance de *Calanoïdes carinatus* est directement liée à la force de l'upwelling et la pauvreté des effectifs de 1973 est imputable à la faiblesse du refroidissement (BINET et SUISSE DE SAINTE-CLAIRE, 1975) ;

le facteur limitant la quantité totale de plancton de fin de saison froide est, non plus le refroidissement, mais l'apport terrigène des grands fleuves, or, la sécheresse qu'a subi le Sahel en 1972 a pratiquement annihilé la crue des grands fleuves (BINET, 1976).

Un modèle sommaire, fondé sur une régression multiple fonction de la température et des débits des fleuves, permettrait de calculer une quantité de zooplancton probable à la station côtière (BINET, 1976) et de disposer d'une indication sur les possibilités de production halieutique. En fin de compte, l'absence de crues normales est vraisemblablement le principal facteur responsable de ces brutales fluctuations. L'insuffisance de nourriture sur toute la largeur du plateau limiterait aux eaux côtières la zone propice à cette espèce, entraînant un regroupement du poisson, d'où une vulnérabilité accrue. D'autre part, les larves, puis les juvéniles, placés dans de mauvaises condi-

tions trophiques ne donneraient pas un recrutement correct l'année suivante. Pour en terminer avec les « connexions », nous soulignerons deux points à ne pas négliger dans ce type de recherche :

les mêmes données sont utilisées pour construire une hypothèse et la vérifier, il n'est donc pas trop surprenant que le modèle bâti par exemple sur les années 1960-1970 soit opérationnel avec les données 1960-1972, par la suite, il peut dériver ;

une analyse « rationnelle » peut faire apparaître de nombreux paramètres de l'environnement importants lors de différentes phases critiques de la vie d'une espèce, il y a un risque à prendre en compte un trop grand nombre d'entre eux dans la recherche empirique des connexions (BAKUN et PARRISH, 1980), on pourrait trouver très vite des « bonnes corrélations » perfides.

Pour une amélioration des modèles de prévisions, nous pensons comme SHARP (1980) qu'il est préférable aujourd'hui de s'apesantir sur l'étude des phases critiques d'une espèce et spécialement la phase larvaire et ses relations avec l'hydrobioclimat plutôt que de s'obnubiler sur la relation stock reproducteur/recrutement (S/R).

La plupart du temps, il est difficile de vérifier les diverses hypothèses émises sur ces relations (CLARK et MARR, 1955 ; BEVERTON et HOLT, 1957 ; CUSHING, 1971 *b* et RICKER, 1975). Les variations annuelles du recrutement sont souvent importantes et les biomasses reproductrices ou stocks reproducteurs évalués avec des méthodes trop soumises à la contingence (évaluation de certaines biomasses à partir de campagnes œufs et larves dans le plancton par exemple). Le choix de la meilleure courbe S/R est largement conditionné par les hypothèses envisageables pour une limitation naturelle du stock (BAKUN et PARRISH, 1980). Si l'on imagine de très fortes mortalités liées à la densité avant et au moment du recrutement, si les frayères sont très réduites par rapport aux nourriceries et au biotope des adultes (cas des saumons), les relations de RICKER ou de CLARK peuvent être appropriées. Si les nourriceries ont une capacité écologique sensiblement constante, on peut imaginer une relation de type « BEVERTON et HOLT » ou même « MARR ». Les *Pseudotolithus elongatus* de l'estuaire du Congo pourraient être un exemple de cette deuxième possibilité. Les poissons immatures se trouvent dans les eaux dessalées à l'intérieur de l'estuaire et ne passent en mer sur les fonds de pêche qu'au moment où ils deviennent mûres si bien que le stock pêché est strictement le stock reproducteur. LE GUEN (1971 *a*) a suivi ce stock dès l'installation de la première pêcherie. Sous l'action de la pêche, le stock reproducteur s'est réduit des deux tiers à partir de son état vierge et le recrutement est resté sensiblement constant. C'est la relative constance des débits et des crues du fleuve qui serait responsable de la constance du recrutement. LE RESTE (1973) et GARCIA (1976) ont également montré l'importance pour les systèmes estuariens de crevettes en Afrique, des crues des fleuves et de la pluviométrie. Pour *Penaeus indicus* à Madagascar « les variations pluviométriques sont l'horloge de la reproduction » (LE RESTE, 1973). Apparemment, « très peu » de crevettes peuvent provoquer le même recrutement dans une pêcherie qu'un « grand nombre » d'entre elles quand les schémas physico-climatiques sont appropriés (GARCIA *in* SHARP, 1980). CADDY (*in* SHARP, 1980) pense que la périodicité dans le recrutement des coquilles Saint-Jacques de la baie de Fundy (9 ans) est plus facilement reliable aux variations cycliques des courants de marée qu'à l'effort de pêche ou à l'état du stock reproducteur.

Dans certains cas, c'est l'accès aux nourriceries pour les larves qui peut varier d'une année à l'autre et entraîner une variabilité du recrutement (CUSHING et DICKSON, 1976). Le vent jouerait un rôle direct important dans la distribution des larves pélagiques vers les nourriceries existantes (HILL et LEE, 1957 ; SAVILLE, 1959 ; ISHEVSKII, 1964). Il nous semble encore un peu tôt pour utiliser en routine des modèles de gestion incluant des paramètres hydroclimatiques. Leur emploi est cependant envisagé dans certains cas particuliers (BAKUN et PARRISH, 1980 ; LOUCKS et SUTCLIFFE, 1978 ; NELSON, INGHAM et SCHAFF, 1977 ; LAEVASTU *et al.*, 1979). Les « simulations » de PARRISH et MAC CALL (BAKUN et PARRISH, 1980) intégrant des paramètres de l'environnement sont déjà utilisées par l'État de Californie pour régler l'aménagement de sa pêcherie de maquereaux.

Pour conclure ce chapitre, nous dirons qu'il est urgent de mesurer sur la base la plus permanente possible et dans les conditions les meilleures, les éléments externes de l'environnement océanique connus pour agir sur les stocks halieutiques. (T° , S ‰, O_2 , chlorophylle, thermoclines, oxyclines, gradients thermohalins, champs de vents, crues des fleuves, intensité lumineuse, etc.). L'extension du champ d'investigations de la météorologie des continents vers les océans a contribué à des progrès technologiques énormes dans la saisie des données et entraîne un regain d'inté-

rêt pour des études de type hydroclimatologique. Les océanographes, c'est-à-dire « les scientifiques qui étudient les mers et les océans, le milieu marin, ses frontières avec l'air et le fond et enfin les organismes qui y vivent » (ROBERT, 1977) et particulièrement ceux d'entre eux qui étudient la prévision, sont concernés par les possibilités nouvelles (stations côtières hydroclimatiques de plus en plus automatisées, bouées océanographiques, techniques satellitaires de saisie et transmission de données, navires marchands et XBT, avions et AXBT, etc.).

The climate environment interactions result in kaleidoscopic variations to which the various pelagic and oceanic species must adapt or become extinct. How to measure these environmental characteristics seems to be a more important question than how to better fit S/R data. That is if the goal is to succeed in a priori recruitment estimations and relevant stock evaluation (SHARP, 1980).

3. Interaction d'ordre biologique.

Prédation entre espèces pêchées.

L'examen des contenus stomacaux des espèces prédatrices par les chercheurs et les observations du comportement des poissons par les pêcheurs a fait de la prédation un des facteurs perceptibles de la dynamique d'un stock. C'est ainsi qu'à Terre-Neuve, on se perd en conjectures depuis des siècles sur la façon dont les morues dépendent des capelans. On relève dans le journal de l'Assemblée de Terre-Neuve en 1835 :

Hauling of capelin for manure has proved very prejudicial to the success of the cod fishery (AKENHEAD *et al.*, 1979).

La même année des mesures étaient prises pour obvier au prélèvement par la pêcherie française de 500 t de capelans à la senne dans la baie de la Fortune. Près de 150 ans plus tard, on en est pratiquement au même point sur le niveau des connaissances. On ne sait toujours pas exactement comment la croissance, le recrutement et le comportement des morues sont affectés par l'abondance des capelans (AKENHEAD *et al.*, 1979). Le comportement des morues se concentrant de façon saisonnière sur les capelans et s'en nourrissant montre à l'évidence l'importance de ces proies pour la « dynamique » du stock de morues de Terre-Neuve et du Labrador. Et pourtant, les chercheurs du NAFC (Northwest Atlantic Fisheries Center) de Saint-Jean de Terre-Neuve se déclarent dans l'impossibilité de conclure que les capelans agissent réellement sur la croissance des morues (AKENHEAD *et al.*, 1979). Ils pensent sans l'avoir encore démontré que les bonnes prises côtières de morues sont mieux corrélées à l'hydroclimat qu'à l'abondance du stock de capelans (AKENHEAD *et al.*, 1979). Il est aussi important de songer à l'impact que peut avoir le prédateur sur la proie lorsque celle-ci est elle-même l'objet d'une pêche.

It remains to be established whether or not cod affects capelin. This is a more difficult problem (AKENHEAD *et al.*, 1979).

Il est attrayant de penser qu'une forte pêche sur un prédateur permettrait à l'homme de mieux profiter de la proie. Il est possible que cette approche donne dans des cas particuliers des résultats intéressants et conduise à des modèles de gestion « multispécifique » utilisables à court terme. Le gain théorique sur les proies utiles peut être calculé si l'on connaît les coefficients de mortalité due à la pêche F1 et F2 sur les prédateurs et les proies, et la structure d'âge de ces dernières dans les contenus stomacaux. Il faut percevoir d'entrée de jeu les limites de ces supputations.

Dans les années 1960, les captures de morues étaient de l'ordre de 800 000 t dans la zone de Terre-Neuve - Labrador, et cette pêche reposait sur une biomasse de morues âgées de 4 à 13 ans estimée à une vingtaine de millions de tonnes. On prévoit un stock reproducteur au niveau le plus bas pour 1982 (1,2 à 1,8 million de tonnes). Les captures en 1978 ont été de 135 000 t (AKENHEAD *et al.*, 1979). Les captures, quel que soit le niveau d'exploitation, représenteraient donc rarement plus de 10 à 20 % de la biomasse totale. Dans ces conditions, si l'on suppose que toutes les morues

ont ou peuvent avoir le même régime alimentaire, la dynamique à court terme n'est pas modifiée de façon sensible par la pêche. Les techniques actuelles d'évaluation permettent difficilement de saisir des modifications à cette échelle.

Les estimations de la biomasse de capelans faites par MILLER et CARSCADEN (1979) à partir des données russes disponibles de 1972 à 1978 (SELIVERSTOV et SEREBROV, 1979) montrent d'ailleurs une grande stabilité de ce stock, difficilement compatible avec l'hypothèse d'une relation de prédation forte avec le stock de morues en déclin constant pendant la même période. Toutefois, il ne faut pas perdre de vue que les estimations de biomasses sont largement sujettes à caution. DOUBLEDAY et BEACHAM (1979) qui ont étudié dans le golfe du Saint-Laurent les relations de prédation des morues et des maquereaux écrivent :

Thus, mackerel abundance does not explain the high cod productivity of the 1950's.

Ils font remarquer que LETT (1978) s'est aperçu que ses estimations de l'abondance de maquereaux à partir des campagnes « œufs dans le plancton » dans le golfe du Saint-Laurent excédait celle de ANDERSEN et PACIORKOWSKI (1978) pour l'Atlantique Nord Ouest dans son ensemble.

These measurement errors are an unpleasant fact of life which reduce the discriminating and predicting power of analyses (DOUBLEDAY et BEACHAM, 1979).

SISSEWINE *et al.* (1979) ont utilisé un modèle global pour analyser des données de la pêche dans le nord-est des États-Unis. Leurs travaux n'ont pas permis de conclure à l'existence d'interactions entre espèces sur une base statistique valable. La récupération, par exploitation des proies, des pertes enregistrées sur les prédateurs, est une notion très théorique et plus complexe qu'il n'apparaît à première vue. Les prédateurs peuvent assainir une population en consommant les individus malades susceptibles de mettre en péril l'ensemble de la population ou rééquilibrer une production trop massive de recrues par exemple. Le rôle sanitaire de la prédation mieux connu en milieu terrestre peut passer totalement inaperçu en mer. Croire systématiquement que le prédateur soit néfaste peut être « contre-intuitif » (SILVERT, 1979).

Il faut bien connaître les limites spatiotemporelles d'action des facteurs de prédation avant de les inclure dans des modèles de gestion. La mer du Nord fut un véritable garde-manger pour les thons rouges qui la fréquentaient dans les années 1950-1970. TIEWS (1964) a montré que le facteur de condition moyen des thons rouges de 100, 200 et 300 kg y augmentait de 0,11 en quelques mois de séjour. HAMRE *et al.* (1971) ont observé pour ces trois mêmes catégories des augmentations de 0,1, 0,2 et 0,3 du facteur de condition sur la côte ouest-norvégienne. BAHR (1952) cite des gains de poids de 70 kg en deux mois et demi en mer du Nord (centrale) pour de gros individus. LUHMAN (1959) dans la même zone trouve des gains de poids de 25 à 39 kg en deux mois et demi pour des thons rouges des groupes d'âge 8 à 14. Pendant la période d'abondance des thons rouges dans l'Atlantique NE, jusqu'en 1962, la plus grande partie de leur nourriture était constituée de harengs, plus de 75 % selon TIEWS (1975), le reste comprenant essentiellement des maquereaux. HAMRE (*in* TIEWS, 1975) pense qu'en fait les thons rouges mangent ce qui se présente à eux. Dans la zone II du CIEM, il a personnellement observé 90 % de harengs atlantico-scandinaves dans les contenus stomacaux des thons rouges avec quelques céphalopodes et morues. La consommation de harengs par les thons rouges a été estimée par TIEWS (1975) à partir des résultats des données disponibles dans les différents groupes de travail sur le thon rouge au CIEM (ALONCLE *et al.*, 1974 ; HAMRE *et al.*, 1966, 1968, 1971 ; HAMRE et TIEWS, 1964). La consommation de jeunes harengs par les thons rouges a ainsi été estimée entre 220 000 et 300 000 t pour l'année 1952. Il eut été dangereux d'en conclure trop vite que la disparition du prédateur aurait permis à l'homme d'en retirer un bénéfice important à long terme puisqu'aujourd'hui, les thons rouges ont disparu, mais les harengs aussi.

Les chercheurs de l'ORSTOM à Pointe-Noire au Congo ont pu observer que les dauphins pouvaient consommer une quantité appréciable de jeunes albacores. Certaines observations (LE GUEN et ISSANGA, 1971) font état de cette prédation. On a pu observer jusqu'à trente-sept jeunes albacores dans des estomacs de dauphins près du cap Lopez où des concentrations de plusieurs

centaines de dauphins sont fréquentes. Dans le journal de bord du navire océanographique *Ombango* de l'ORSTOM, on signale des concentrations de dauphins immensurables (mer de dauphins) au large de Lobito en Angola, zone traditionnelle de pêche de l'albacore et du listao (skipjack). Il est probable que les approches classiques de gestion des stocks de thons, ne prenant pas en compte les problèmes trophiques au niveau des écosystèmes, devront un jour être remises en cause.

Mais l'intégration de la prédation dans le flux général d'énergie d'un écosystème n'est pas triviale. KITCHELL et WINDELL (1968), TYLER (1970), ELIOT (1972) ont montré que pour des poissons carnivores ou omnivores, à température constante, le taux d'évacuation stomacal augmente quand la ration proposée est plus importante. Le taux de transit serait fonction de l'abondance de nourriture. Si l'on admet que la valeur énergétique (F) des excréments diminue avec le temps de transit dans les estomacs, on peut voir dans ce processus un véritable volant régulateur de la production. En présence de nourriture abondante, les poissons accéléreraient leur consommation, dépassant leurs besoins énergétiques propres pour redistribuer l'énergie à des niveaux inférieurs des cycles de production auxquels ils participent.

La prise en compte des phénomènes de prédation passe par une connaissance complète de la nutrition des espèces halieutiques qui ne se limite pas aux espèces pêchées. Il est indispensable que les planctonologues, benthologues, spécialistes de la production primaire et secondaire, physiologistes (rôle de l'accoutumance), participent à la recherche halieutique. La productivité des écosystèmes est fonction dans une grande mesure des structures trophiques et particulièrement des flux d'énergie et des interactions entre niveaux trophiques probablement autant que la teneur en éléments nutritifs et des facteurs abiotiques du milieu (PALOHEIMO et REGIER, 1979). La première chose à connaître reste cependant la ration alimentaire des poissons.

Comportement trophique.

La ration journalière.

Plusieurs méthodes ont été proposées pour estimer la ration journalière des poissons carnivores principalement ichtyophages. Certaines s'appuient sur des données de terrain et des expériences de laboratoire (BAJKOV, 1935; FORTUNOVA, 1940; etc.), d'autres sont essentiellement des méthodes de terrain (NOVIKOVA in LEBEDEV, 1967). LAUZANNE (1978 a) a adapté ces méthodes à un poisson du lac Tchad (*Sarotherodon galilaeus*) consommateur primaire se nourrissant essentiellement de phytoplancton (LAUZANNE et ILTIS, 1975). La connaissance du rythme de nutrition journalier nécessite des prélèvements dans le milieu au minimum toutes les quatre heures (LAUZANNE, 1978 a) pour suivre l'évolution du coefficient de réplétion stomacal (R) :

$$R = \frac{p}{P} \times 100$$

où p est le poids du contenu stomacal et P le poids du poisson.

WARREN et DAVIS (1967) ont proposé une équation rendant compte du bilan énergétique chez les poissons :

$C = F + U + \Delta B + R$ dans laquelle C est la quantité d'énergie contenue dans la nourriture consommée, F, la valeur énergétique des excréments, U l'énergie perdue par excrétion d'urine et à travers les branchies et la peau, ΔB la quantité d'énergie correspondant à l'accroissement en poids et R l'énergie nécessaire au métabolisme.

L'efficacité de la nourriture peut être caractérisée par plusieurs coefficients. Le plus utilisé est le coefficient énergétique de croissance de premier ordre K1, $K1 = \Delta B/C$. Ce rapport calculé à partir des poids frais est appelé : taux de conversion et le rapport inverse souvent employé : coefficient nutritionnel ou coefficient trophique. On remarquera que ce coefficient K1 caractérise une efficacité brute. En effet, la quantité d'énergie consommée ne sert pas uniquement à assurer la croissance. C'est ainsi qu'a été défini un coefficient énergétique de croissance de deuxième ordre K2, $K2 = \Delta B/(C - F - U)$.

Certains auteurs utilisent également un indice d'assimilation AS, $AS = (\Delta B + R)/C$. Ce coefficient rend compte de l'énergie effectivement utilisée pour la croissance et le métabolisme.

Ces deux derniers indices sont difficiles à calculer, et nécessitent des études fines de laboratoire. K1 est à notre avis le rapport le plus intéressant pour l'aménagiste ou le pisciculteur, puisqu'il permet de connaître la quantité de nourriture nécessaire à l'élaboration d'une certaine quantité de chair de poisson.

Nous avons tout d'abord évalué le taux de conversion de la nourriture à partir des poids frais, puis ce résultat a été finalement exprimé en termes d'énergie (K1) grâce à l'emploi d'équivalents caloriques (LAUZANNE, 1978a).

Même si l'on s'en tient au coefficient K1 qui permet de comparer l'efficacité des transferts d'énergie chez les diverses espèces de poissons consommant différents types de nourriture, la recherche des équivalences caloriques est d'autant plus compliquée que le prédateur est éclectique dans son alimentation. Un exemple de traitement calorique des échantillons peut être trouvé dans une note technique de LAUZANNE (1978 b).

Régime alimentaire.

Plus un poisson est placé au « haut niveau » des chaînes trophiques, plus les interactions sont nombreuses et plus ses liaisons avec le milieu sont difficiles à saisir. LONGHURST (1960) avait bien mis en évidence ce problème dans le cas de la communauté des sciaenadés (ou suprathermoclinale) de l'Afrique intertropicale.

A very high proportion of the dietary of demersal fish comprises benthic invertebrates and few of those which serve as fish food organisms feed, themselves, directly on the primary producers in the phytoplankton... The purely pelagic fish are probably closer linked, trophically to the primary producers than are any other forms.

LONGHURST (1960) a souligné l'importance du benthos pour les poissons démersaux de la côte d'Afrique. Le benthos a été particulièrement bien étudié sur le littoral de Côte d'Ivoire par le Centre de Recherches Océanographiques d'Abidjan (LE LOEUFF et INTES, 1968, 1969, 1974 ; INTES, 1980).

Les études concernant la faune sédentaire et l'endofaune, l'épifaune vagile ou sédentaire de grande taille et les poissons, montrent que toutes les espèces et tous les peuplements démersaux ont une répartition liée essentiellement aux facteurs climatiques liés à la présence même temporaire des masses d'eau « types » et aux facteurs édaphiques représentés par la nature du substrat. Si les facteurs édaphiques sont en général prépondérants pour l'endofaune et l'épifaune sédentaire, leur importance décroît avec l'accroissement de taille et de mobilité des espèces. Les facteurs climatiques deviennent essentiels pour l'épifaune vagile et les poissons. L'ensemble des analyses permet de préciser le contenu spécifique des différents peuplements et d'en donner la répartition dans l'aire étudiée, en invoquant les paramètres du milieu comme facteurs explicatifs (INTES, 1980, 1981).

Les éléments descriptifs de ces études sont complétés par une étude des prélèvements quantitatifs effectués en Côte d'Ivoire. En outre, la fraction utilisée des peuplements benthiques a été étudiée par l'examen des contenus stomacaux de nombreux poissons. Les connaissances acquises dans la région ouest-africaine par cette suite logique de travaux permet de considérer que l'on a forgé les outils nécessaires à une étude « globale » des peuplements démersaux (INTES, 1981).

Les tableaux 1 à 3 (en annexe) illustrent les régimes alimentaires de quelques poissons selon les travaux recensés du Sénégal à l'Angola. On s'aperçoit immédiatement de l'importance écrasante de l'épifaune vagile dans l'alimentation des poissons et ce particulièrement au niveau des

espèces exploitées. Le tableau 1 tient compte des quantités ingérées. Les tableaux 2 et 3 indiquent strictement la présence dans les estomacs.

Le facteur limitant de la prospérité des populations de poissons est la quantité de nourriture disponible qui se trouve au pivot des relations interspécifiques. En effet, à partir des observations effectuées en Côte d'Ivoire, on peut affirmer qu'en période d'abondance d'invertébrés proies, ceux-ci sont exclusivement consommés. Lorsque la quantité disponible décroît, la recherche de nourriture devient plus difficile et le régime alimentaire s'étale dans la gamme des proies, devient plus éclectique et la part des poissons consommés augmente.

Donc, le macrobenthos, en particulier sa fraction constituée par l'épifaune vagile, semble bien être un des facteurs déterminant de la prospérité des populations de poissons car il constitue l'essentiel du prélèvement énergétique.

Un peuplement benthique est un système en évolution permanente dont la description moyenne donne une image figée non conforme à la réalité (INTES, 1980). Les espèces voient leur implantation respective dans le milieu fluctuer d'année en année, soit de façon imprévue (facteurs climatiques), soit de façon plus régulière et d'apparence plus ou moins cyclique, sous l'effet en particulier de la concurrence interspécifique (GLEMAREC, 1979). Donc, si l'on souhaite parvenir à une modélisation efficace, et crédible, il convient de faire intervenir des processus de dérive à plus ou moins long terme sur le schéma des mécanismes moyens (INTES, 1981).

On peut estimer que les poissons ichtyophages de la communauté suprathermoclinale des sciaenidés en Atlantique intertropical représentent environ 10 % en poids des apports de la pêche. Comme ces poissons consomment également d'autres organismes, on peut donc admettre globalement que la communauté des sciaenidés, qui fournit l'essentiel de la production halieutique en Afrique de l'Ouest, n'est pas ichtyophage.

Les facteurs température et salinité malgré leur grande variabilité (variations fréquentes de 10° C pour la température et jusqu'à 30 ‰ pour les salinités près des estuaires) ne semblent jouer qu'un rôle minima sur la structure de cette communauté. Il pourrait s'agir d'une communauté « trophique ». CHARDY et LE GUEN (1971) ont montré par l'analyse multivariable d'une série de chalutages près de l'estuaire du Congo que les poissons semblaient se comporter indépendamment les uns des autres. Leur communauté d'existence pourrait être essentiellement due au fait qu'ils sont inféodés aux mêmes biotopes par les proies communes qu'ils recherchent. La communauté profonde des sparidés (infrathermoclinale), vivant dans des eaux plus froides, semble avoir un caractère ichtyophage plus marqué (tabl. 3) qui la rapprocherait de certaines communautés des mers tempérées.

Le régime alimentaire de très nombreuses espèces de poissons a fait l'objet de nombreuses études en milieu tempéré. Certaines remontent au début du siècle (BLEGVAD, 1917). Les études de DEGROOT (1971), SORBE (1977) et QUINIOU (1978) ont permis à MENESGUEN (1980) de dresser un panorama comparé des régimes de plusieurs espèces. Les relations qualitatives et quantitatives des régimes de prédateurs, avec la structure du peuplement macrobenthique fournissant les proies, ont été étudiées en baie de Concarneau par MENESGUEN (1980) qui arrive à la conclusion que plusieurs espèces, représentant une part importante de la biomasse macrobenthique (mollusques et polychètes sédentaires de grand taille), ne sont pas utilisées par l'échelon trophique des poissons, tandis que d'autres (crustacés notamment) supportent l'essentiel de la prédation par ces poissons.

Cette constatation a déjà été faite par des auteurs ayant mené parallèlement l'étude du macrobenthos et celle des régimes alimentaires des poissons : MACER (1967) en particulier, a montré que sur les fonds sablo-vaseux de la Red Wharf Bay (Galles du Nord), la population de jeunes plies et limandes associées au callionyme et à la sole *Buglossidium luteum*, n'exploitait quasiment pas les Echinodermes (*Echinocardium cordatum*, *Ophiura texturata*) ni les mollusques (*Philine aperta*, *Abra alba*, *Nucula turgida*, *Tellina fabula*),

se reportant essentiellement sur polychètes (*Pectinaria Roreni*, *Nephtys hombergii*, *Phyllodoce* sp.) et crustacés (*Ampelisca brevicornis*); de même, ARNTZ et BRUNSWIG (1975) ont signalé une notable sous-exploitation des mollusques de la baie de Kiel par les limandes et les jeunes morues: les eaux douces ne semblent pas non plus échapper au phénomène, puisque dans son étude du transfert d'énergie entre les compartiments « macrofaune benthique » et « poissons » de la Tamise, MANN (1964) signale que les gros bivalves *Unio* et *Anodonta*, inconsommables par gardons et ablettes, fournissent pourtant 90 % de la population macrobenthique totale.

Il est bien connu que le régime de certains prédateurs change avec l'âge, les proies étant en moyenne plus grosses et moins fréquentes chez les individus âgés que chez les jeunes: appliquant l'idée de « taille-seuil » émise par PARKER et LARKIN (1959) à treize espèces de poissons démersaux de la baie de Passamoquody, TYLER (1972) déduit de la superposition des courbes d'ingestion de plusieurs proies en fonction de l'âge du prédateur une (ou plusieurs) taille du prédateur correspondant au maximum de variation du régime alimentaire; la vie d'un prédateur est ainsi scindée en deux ou trois phases de croissance différentes, selon les idées de PALOHEIMO et DYCKIE (1965). Mais, à l'intérieur d'une même phase de croissance, on peut aussi penser que les prédateurs consomment, pour chaque espèce de proie, des individus de plus en plus volumineux au fur et à mesure qu'eux-mêmes grandissent: une telle prédation différentielle serait d'une grande importance sur la dynamique des populations de proies. Pour apprécier un tel phénomène, un graphique « taille de la proie en fonction de la taille du prédateur » a été établi pour cinq espèces de proies: *Ampelisca brevicornis*, *Ampelisca spinipes*, *Ampelisca diadema*, *Cirolana borealis* et *Cultellus pellucidus*. A part *Ampelisca spinipes*, aucune de ces proies ne semble en fait être soumise à une quelconque prédation sélective en fonction de la taille du prédateur; le seul fait visible chez les deux espèces d'*Ampelisca* est une désaffection des gros prédateurs pour les petites tailles de la proie. Pour ces espèces macrobenthiques toujours relativement petites vis-à-vis des poissons prédateurs, il semble donc généralement qu'il existe tout au plus un seuil inférieur de taille, fonction croissante de la taille du prédateur et en dessous duquel la proie, trop petite pour le prédateur, n'est plus consommée.

L'importance de l'étude intégrée du fonctionnement des divers compartiments d'un écosystème n'a fait que s'accroître au cours de l'histoire de l'écologie: en écologie marine, si, comme le rappelait ARNTZ (1978), les premières études désormais célèbres de BOYSEN-JENSEN et BLEGVAD étaient déjà axées sur l'étude du benthos en tant que nourriture pour les poissons démersaux, il a cependant fallu attendre les années soixante-dix pour voir réapparaître explicitement au programme de vastes études, les problèmes de liens entre les composants biologiques de l'écosystème. Il est évident aujourd'hui que l'efficacité des études écologiques, leur intérêt pratique et donc leur crédibilité, passent par une approche quantitative réaliste et suffisamment précise des aspects énergétiques... Schématiquement, on peut dire que l'étude énergétique correcte et réaliste des écosystèmes marins achoppe sur deux grands types de difficultés:

1. Les incertitudes de l'échantillonnage: il est évident que rien de certain ne pourra être acquis sur l'état d'un écosystème à un instant t, tant que des techniques d'échantillonnage robustes convenant à des échelles diverses (aussi bien temporelles que spatiales d'ailleurs) n'auront été établies. Il semble en particulier que dans une perspective de relations prédateur-proie, il faille adapter l'échantillonnage des populations de proies éventuelles aux possibilités de déplacement et d'exploration du prédateur; il ressort par exemple clairement que décrire le « macrobenthos des fonds meubles » à partir des seules données issues de bennes ou même de petites dragues est insuffisant au regard des besoins de l'ichtyofaune: les Poissons, grâce à leur faculté de déplacement, se nourrissent en effet fréquemment de Décapodes Brachyours et Anomours, trop dispersés pour être correctement échantillonnés par bennes et dragues et donc très souvent sous-estimés (sinon absents) dans les études classiques

de macrobenthos. Il semble malheureusement que la notion de hiérarchie de tailles dans l'implantation spatiale des divers peuplements d'une biocénose, pourtant empiriquement bien appréhendée depuis des siècles par les pêcheurs et concrétisée sous la forme d'engins de pêche variés adaptés à chaque niveau de peuplement, soit encore peu familière aux scientifiques, alors qu'elle est l'une des clefs de la compréhension des grandes lignes du fonctionnement des écosystèmes ;

2. La connaissance insuffisante des régimes alimentaires des espèces les plus importantes : si le régime alimentaire de nombreuses espèces de Poissons est aujourd'hui bien connu, celui de la plupart des espèces d'Invertébrés benthiques reste par contre très mal cerné. Le nombre d'hypothèses hardies que l'on doit faire sur les ordres de grandeurs des divers flux trophiques pour pouvoir construire un réseau alimentaire très schématisé (ARNTZ, 1978) montre bien l'état rudimentaire de nos connaissances sur cet aspect fondamental.

Si ces deux thèmes nous paraissent fondamentaux parce que commandant la réalisation ultérieure de schémas fonctionnels des réseaux trophiques, il est tout aussi évident que l'aspect « traitement des données » est un facteur important de l'étude écologique ; il faut encore souligner que, contrairement à ce qui est souvent fait malheureusement, on ne devrait pas collecter des données sans qu'un programme de traitement ultérieur de ces données n'ait été clairement défini : les méthodes mathématiques les plus sophistiquées ne pourront jamais rien tirer de données collectées sans méthode (MENESGUEN, 1980).

Les études sur les contenus stomacaux de nombreux poissons, entreprises par Du Buit (1981) depuis de nombreuses années, permettent d'examiner la variabilité spatio-temporelle des habitudes alimentaires des merlus, des églefins, des cardines, des morues, etc. Nous avons reproduit quelques sorties d'ordinateurs à partir des données stockées au Bureau National des Données Océanographiques (BNDO) au Centre Océanologique de Bretagne à Brest. Les pourcentages en présence et en poids ont ainsi été établis en mer Celtique et aux Iles Féroé (tabl. 4 à 6, en annexe) avec la liste des espèces identifiées dans les estomacs.

On peut conclure à une variabilité spatio-temporelle dans les habitudes alimentaires des différents poissons et particulièrement de la morue qui a été l'objet de nombreuses investigations (DANN, 1973-1975 ; MINET et PERODOU, 1978 ; JONES R., 1978 ; Du BUIT, 1981). Des études importantes menées par les Russes sur l'alimentation des morues en mer de Barentz ont montré que pendant les périodes de faible abondance de capelans, les morues se nourrissent largement sur les euphausiacés (Anonyme, 1979 b).

II. Interactions liées à l'intervention de l'homme.

Si on retient le principe de la stabilité de la production, l'introduction d'une pêcherie dans un écosystème entraîne des modifications dans la dynamique des différents stocks et peut, par exemple, exacerber les problèmes de compétition entre espèces. La surexploitation des stocks intéressant l'homme pourrait entraîner une augmentation dans l'abondance d'espèces sans intérêt économique. Le cas particulier où des espèces pêchées et non pêchées occupent les mêmes niveaux trophiques mérite une attention particulière. L'exemple des dauphins et des thons dans le Pacifique est particulièrement intéressant. Les albacores (*Thunnus albacares*) sont soumis à une pêche intensive dans le Pacifique est et selon une loi en vigueur dans les Etats-Unis d'Amérique, il est interdit de tuer les dauphins. Or, les dauphins et les plus gros albacores occupent le même niveau trophique, ce qui explique une association assez étroite et le fait que les senneurs en pêchant les albacores tuent une quantité non négligeable de dauphins. Dans l'Atlantique Tropical, les interactions ne sont pas visibles au niveau des captures, dauphins et thons étant rarement aussi étroitement associés que dans le Pacifique.

La participation de l'homme à l'écosystème-pêche peut poser un problème de compétition directe entre l'homme et des espèces animales cherchant à capturer les mêmes proies. Au Pérou, « l'effort de pêche » déployé sur le stock d'anchois par les oiseaux de mer ne peut être négligé dans les modèles de gestion. TROADEC *et al.* (1980) signalent que SCHAEFER (1970) avait tenu compte, dans son modèle de gestion des anchois du Pérou, de la prédation par les oiseaux. Selon WOOSTER et REID (1963), environ 4 300 000 t d'anchois étaient consommées par les oiseaux de mer et 6 000 000 t pêchées par les Péruviens en 1960-1963. Selon FISCUS (1978), quinze mammifères marins du nord Pacifique consomment du saumon. Au large de l'Oregon, les estomacs de phoques (Fur Seal) contiennent 20 % de saumons près des côtes et 2,5 % plus au large (FAVORITE et LAEVASTU, 1979). Si la nourriture des 1,4 millions de phoques du Pacifique NE et de l'est de la mer de Bering comprenait seulement 1 % de saumons, la consommation annuelle totale serait alors estimée à 15 000 t (FAVORITE et LAEVASTU, 1979). STRATY (1974) indique que les contenus stomacaux de 101 belugas capturés près de l'embouchure de la rivière Kvichak contenaient 20 000 smolts. SILVERT et DICKIE (1979) estiment que le phoque est compétiteur de l'homme à un deuxième niveau en détruisant ses filets et peut-être en provoquant des parasitoses chez les saumons.

1. La pêche.

Selon LOTKA (*in* ANDREWARTA et BIRCH, 1954 ; GRAS et SAINT-JEAN, 1978 ; LOTKA, 1939), les paramètres d'accroissement et la structure d'une population naturelle non soumise à la pêche sont déterminées par les « fonctions de survie et de fécondité ». Le milieu marin est le siège d'interactions entre facteurs biotiques et abiotiques agissant de façon complexe à des échelles spatio-temporelles très variables. Parmi ces facteurs auxquels une espèce se trouve soumise, on peut distinguer :

les facteurs de la dynamique intrinsèque d'une espèce desquels dépendent la mortalité physiologique, l'activité métabolique et par suite le potentiel d'accroissement de l'espèce ; il s'agit des caractéristiques physiques et biotiques du milieu (température, quantité de nourriture, métabolites...) ;

les facteurs de la dynamique extrinsèque qui empêchent l'espèce d'atteindre durablement la capacité d'accroissement correspondant aux caractéristiques précédentes ; parmi ces facteurs, il convient de séparer les facteurs de mortalité proprement dits (maladies, prédation, pollution, etc.) de ceux liés aux phénomènes de compétition et de saturation, les premiers diminuent directement la probabilité de survie de tout individu d'âge x par rapport à celle qu'il aurait au même âge, s'il n'était soumis qu'à des causes de mortalité physiologique, les seconds interviennent de façon plus complexe par le biais des facteurs biotiques sur la fonction de fécondité par exemple, l'action sur la survie des adultes pouvant être négligeable.

Par suite de l'instabilité de tous ces facteurs, la structure et le taux d'accroissement d'une population sont variables. A un écosystème, où les facteurs sont stabilisés, correspondent des fonctions de survie et de fécondité déterminées. L'introduction de la pêche, dans un tel système, change donc les fonctions d'accroissement de la population, tout d'abord en changeant la dynamique extrinsèque par une mortalité directe supplémentaire, mais aussi la dynamique intrinsèque en modifiant les structures d'âge.

La fécondité par recrue, exprimée en nombre d'œufs, peut mesurer l'impact quantitatif de la pêche sur la fonction d'accroissement d'un stock (LE GUEN, 1971). Il peut y avoir aussi des modifications qualitatives importantes, dans la taille des œufs en fonction de la taille moyenne des reproducteurs par exemple. Une grossière relation stock-recrutement est souvent incapable de montrer l'importance de cette dynamique intrinsèque du stock.

La pêche change également la probabilité qu'a chaque poisson de mourir de mort physiologique ou par prédation naturelle. Les coefficients de mortalité totale Z étant très voisins pour deux stocks de *Pseudotolithus elongatus*, l'un pêché devant l'estuaire du Congo, l'autre à l'état naturel et non soumis à la pêche devant l'estuaire du Kouilou, LE GUEN (1971) a admis que la mortalité par pêche pouvait remplacer dans une certaine mesure la mortalité naturelle. JONES (1979) a émis une hypothèse très voisine :

It seems more likely that in virgin stocks, M was larger than it is to-day.

LE GUEN (1971) a estimé le coefficient de mortalité naturelle de *P. elongatus* à l'intérieur d'une fourchette (M1 M2), M1 était le coefficient de mortalité naturelle calculé devant l'estuaire du Kouilou sur la base annuelle, M2 était le coefficient de mortalité obtenu devant le Congo, en considérant que la mortalité naturelle calculée pendant quatre à cinq mois d'arrêt total de pêche était la seule mortalité naturelle à intervenir sur la base annuelle.

Nous avons admis que la pêche a une action sur la biologie d'une espèce. Par ailleurs, la biologie de l'espèce peut avoir un rôle direct sur la mortalité par pêche. POINSARD et LE GUEN (1970) ont montré, à partir des variations journalières de vulnérabilité au chalutage de trois sciaenidés du Congo (*P. senegalensis*, *P. typus* et *P. elongatus*), qu'une réduction de l'effort de pêche aurait un impact différent selon qu'elle serait basée sur la réduction totale du nombre de jours de mer ou sur l'interdiction de pêcher la nuit. Une réduction de 50 % des heures de chalutage, en ne pêchant pas la nuit, diminuerait momentanément les captures pondérales de 30 % avec différents taux de réduction dans la mortalité par pêche des trois espèces. LAUREC et LE GUEN (1977-1978), SHARP (1978) ont montré que les captures des thons tropicaux condamnés par la nature à se regrouper en « mattes » très visibles des canneurs, des senneurs, des avions ou des hélicoptères, peuvent rester fortes alors que l'abondance du stock diminue. Les prises par unité d'effort baissent dans ces conditions moins vite que l'abondance des thons. LE GUEN et PIANET (1975) ont montré comment le comportement des thons aux différents âges conditionne la mortalité induite par différents engins de capture (canneurs, senneurs, palangriers...). Lors des opérations de pêche, les rejets à la mer peuvent représenter en poids de 20 à 60 % des débarquements. Les poissons rejetés sont souvent morts ou très mal en point et constituent une nourriture de choix pour certains prédateurs, les crustacés nécrophages par exemple, qui peuvent voir augmenter considérablement leur potentiel d'accroissement.

Les interactions les plus importantes à prendre en compte dans les pêcheries sont d'ordre technologique. En effet, la mise en œuvre des engins de capture sur une espèce « cible » a des effets directs de mortalité sur les espèces partageant le même biotope. Si les rejets des espèces sans intérêt économique ne posent pas de problème majeur, il n'en est pas de même lorsque le fretin rejeté provient d'espèces commerciales. Une pétition des armateurs et pêcheurs de Port-en-Bessin, au Ministre de la Marine le 20 juillet 1907 (Anonyme, 1907), explicite largement les dégâts de la pêcherie de crevettes sur les nourriceries côtières. Nous en citons ici de larges extraits.

A cet effet, il y a lieu et nécessité urgente de prohiber : d'abord, la pêche au chalut à crevettes, dont les filets, cette pêche étant une pêche spéciale, ne sont assujettis à aucune condition de forme, de dimension, de distance ou d'époque. Seul l'emploi doit en être déclaré aux agents de la marine qui les prohiberont s'ils sont employés à un genre de pêche autre que celui déclaré.

Cet inepte article 4 du décret du 10 mai 1862, qui laisse toutes libertés aux pêches spéciales, est fait sans aucun esprit scientifique ni base expérimentale et favorise tous les abus.

Comme base expérimentale, prenons notre pêcherie. Ainsi, à Port-en-Bessin, de février à fin octobre, précisément à l'époque où le fretin demeure et grossit sur notre côte, soixante-dix chaloupes montées par un homme pour pêcher la crevette grise traînent dans des endroits qui devraient être rigoureusement interdits, à 20 m de la laisse-basse-mer, par 1,50 m à 2 m d'eau, leur chalut ayant 4 m de largeur sur 0,40 m de hauteur, dont les étroites mailles draguent crevettes et petits poissons appartenant aux meilleures espèces comestibles. Ces derniers, moins vivaces que les crevettes, périssent sitôt emprisonnés : tant qu'à ceux encore vivants lorsque le filet est retiré, ils ne sont pas encore rejetés de suite à la mer, l'homme tout à sa manœuvre ne peut les trier que quelques heures après, en rentrant au port, et les rejeter alors qu'ils sont morts. Ceux qui ont la grosseur requise sont conservés pour être vendus et c'est un délit puisque ce petit chalut ne devrait servir qu'à prendre des crevettes ; mais les agents maritimes n'en ont cure. En réalité, sous prétexte de pêcher de la crevette, ces hommes emploient bien davantage ce petit chalut à capturer diverses sortes de poissons dont la vente leur rapporte beaucoup plus que celle de la crevette.

A Port-en-Bessin, il y a soixante-dix chaloupes, chacune par marée détruit environ dix litres de fretin en tout, soit 700 l : multipliez le nombre obtenu de 700 l par une moyenne de 240 marées pour une saison, vous serez stupéfaits de l'énorme destruction, cent soixante-huit milles litres ! faite sur un point. Maintenant, remarquez que cette pêche se pratique sur toute la côte sablonneuse du Calvados, à Isigny, Grandcamp, Port-Courseulles, Saint-Aubin, Langrune, Luc, Ouistreham, Cabourg, Beuzeval, Villers, Trouville, Honfleur, etc.

Voilà comment quelque douzaines d'hommes, dans un esprit de lucre, ôtent inconsciemment à des milliers d'autres le moyen de vivre et cela sous l'œil indifférent de l'administration maritime qui a charge de veiller aux intérêts de tous, dont l'obligation principale est de prévenir et d'empêcher les abus...

Au Congrès de Douarnenez (août 1903), les pêcheurs bretons demandent l'interdiction de la pêche au chalut à crevettes. Les pêcheurs trouvillais déjà par deux fois, en 1881 et 1882, sollicitaient Monsieur le Ministre de la Marine d'empêcher le petit chalut dans la Baie de la Seine, depuis le petit quartier de la Hève jusqu'à la limite marquée par les feux de Caen (exception faite pour invalides et retraités).

Dans une réunion tenue à Basse-Indre (Nantes) en juillet dernier, quatre cents inscrits maritimes présents votent à la majorité le vœu suivant (§ 4) : « une commission sera immédiatement nommée par les autorités pour régler la question de la pêche à la crevette. De toutes parts, les pêcheurs s'inquiètent de ce petit chalut ».

Au Congrès International tenu à Paris en 1900, dans la séance du 18 septembre (Présidence M. Fabre-Domergue). M. Fabre-Domergue peut dire que pour le littoral océanique le poisson plat ne se reproduit qu'au large ; il vient sur la côte à un certain âge, cette migration se fait du large perpendiculairement au littoral. La côte, à ce point de vue, se trouve naturellement divisée en bandes parallèles : interdire la pêche dans une de ces bandes est sans influence sur la bande voisine. *On pourrait donc proposer de protéger la zone littorale où vient le jeune poisson.*

Dans le bulletin trimestriel de l'enseignement professionnel et technique des pêches maritimes de juin dernier, nous lisons : dans une brochure intéressante, M. Charles Bernard, président de la Société d'Océanographie du golfe de Gascogne, raconte que d'après M. Rocher, les commissions d'expérience des Sables-d'Olonne et de Brest, en 1884, revinrent épouvantées des effets destructeurs des crevettières ; elles arrivèrent à cette conclusion qu'à certaines époques, pour recueillir un franc de crevettes, on détuaisait en mer 12 000 alevins ou petits poissons, représentant un poids d'une vingtaine de livres. M. de Clercq, de son côté, a calculé qu'en France, on ramasse avec ces petits filets une quantité de fretin égale au triple de la quantité de crevettes pêchées, soit plus de 3 500 t par an. Et, de ce fait, ajoute M. Bénard, presque tous les recoins ou portions de bras de mer dragués par les crevettières sont aujourd'hui épuisés.

Nous empruntons encore au même bulletin les lignes suivantes : M. Huguet, dans son rapport de 1894, s'exprime ainsi : « Une constatation sur laquelle on est généralement d'accord, c'est que des proportions de côtes autrefois poissonneuses et s'étendant à une faible distance du rivage sont aujourd'hui dépeuplées ; quelle que soit la région, la Manche, l'Atlantique, la Méditerranée, les marins se plaignent de la diminution progressive du poisson, diminution qui semble tenir à plusieurs causes : le défaut de surveillance des eaux territoriales, l'emploi des filets traînants dans les eaux avoisinant immédiatement la côte, le dépeuplement des espèces locales par suite d'une pêche de plus en plus active... » (Anonyme, 1907).

Il semble logique *a priori* d'étudier une pêcherie de crevettes de façon monospécifique surtout si les débarquements d'espèces accessoires sont négligeables ou nuls, mais il est absolument indispensable d'y associer une étude des rejets. Il existe en effet sous toutes les latitudes des stocks de crevettes très côtières qui sont habituellement associés à des nourriceries actives de poissons et les destructions de fretin d'espèces commerciales y sont massives en poids mais surtout en nombre.

Ainsi, dans le golfe du Mexique, on a estimé que les pêcheries de crevettes détruisaient de 8 à 10 kg de fretin pour 1 kg de crevettes débarquées (PIANET, 1981). Lorsque des pêcheries existent sur les espèces rejetées, il se pose un problème d'interférence entre métiers qu'il ne faut pas négliger.

2. Introduction d'espèces nouvelles.

Une étude de type expérimental particulièrement intéressante sur la compétition et le remplacement d'espèces dans un écosystème aquatique continental a été faite par MOREAU (1979-1980) dans le lac Alaotra à Madagascar.

En résumé, le lac Alaotra présentait, avant l'introduction de *Tilapia rendalli*, un peuplement constitué presque uniquement de *Cyprinus carpio*. Les espèces d'accompagnement étant *Carassius auratus* et *Paratilapia polleni*. La production du lac était estimée à 1 500 t.

Dès 1951, *T. rendalli* est importé à Madagascar sous le nom de *T. melanopleura* et une souche de cette espèce est alors introduite. C'est au début de 1955 que le service forestier a déversé quelques centaines de *T. rendalli* au sud-est du lac. Les témoins oculaires de l'époque, comme les archives, sont formels sur ce point. *T. rendalli* a proliféré au point de constituer la majorité des captures des pêcheurs en 1958 et 1959.

T. rendalli a connu, en effet, un développement explosif dont les riverains les plus âgés se souviennent encore. D'ailleurs, espèce très féconde (MOREAU, 1979), *T. rendalli* occupait une *niche écologique vide* : il n'existait pas d'espèces préférentiellement phytophages avant son introduction. Ses habitats sont les marais et les prairies enherbées et inondées. Les indigènes les plus âgés prétendent que *T. rendalli* a fait diminuer la quantité d'*Eichornia crassipes* présent dans les chenaux et dans le lac lui-même (THEREZIEN, 1960).

Aucune prédation ne cause de mortalité élevée parmi les jeunes et l'effort de pêche n'augmente notablement au lac Alaotra qu'à partir de 1957. C'est pourquoi, en 1958 et 59, *T. rendalli* est nettement dominant dans les captures des pêcheurs, d'autant plus que ces derniers travaillent sur le littoral.

En 1958, c'est *Sarotherodon macrochir* qui est introduit au lac Alaotra. Cette espèce prolifère comme *T. rendalli* qu'il remplace dans les captures des pêcheurs de 1962 à 1966. La très importante régression de *T. rendalli* face à *S. macrochir* s'explique de trois façons : espèce planctophage, *S. macrochir* colonise la totalité du lac où il trouve une *niche écologique vide* ; *S. macrochir* est une espèce incubatrice très précoce, comme dit plus haut ; en raison de l'instabilité de leurs pirogues, les pêcheurs n'osent pas s'aventurer au large et travaillent sur le littoral ; ils capturent préférentiellement *T. rendalli* jusqu'à ce que se développe la pêche au filet maillant en pleine eau (1964-1966).

De 1959 à 1965, la pêche à la senne et à l'épervier se développe considérablement et les premiers *S. macrochir* apparaissent dans les captures. En 1960, le filet maillant est utilisé encore de façon sporadique. Il capture presque exclusivement *S. macrochir* qui, en pleine eau, constitue 80 % des captures. *T. rendalli* n'intervient que pour 3 % et *Cyprinus carpio* pour 17 % (THEREZIEN, 1963).

Le prix élevé des nappes tissées en nylon se révèle un obstacle sérieux à l'utilisation du filet dormant. C'est pourquoi, à partir d'avril 1967, avec le concours financier de la campagne mondiale contre la faim, la brigade de pêche cède des filets maillants à prix réduits aux pêcheurs. La généralisation de l'emploi de ces filets date donc de la période 1967-1969. Elle coïncide avec une phase de surexploitation aiguë du lac Alaotra. Les pêcheurs ont réagi en diminuant légèrement l'effort de pêche qu'une petite fraction d'entre eux a jugé insuffisamment rentable. De plus, ils ont abaissé la taille des mailles de leurs filets jusqu'à des dimensions prohibées par la loi que les autorités ne peuvent faire respecter, faute de moyens adéquats.

S. macrochir a continué à participer pour plus de 75 % à la production exploitée du lac Alaotra jusqu'en 1966. Mais, à partir de cette date, l'histoire du peuplement est caractérisée par :

les conséquences de la surexploitation de *S. macrochir* dont l'importance diminue brutalement dans les pêches ;

l'apparition en quantité notable d'espèces rencontrées autrefois très rarement : notamment *S. niloticus* et *Micropterus salmoides*.

La diminution de l'importance de *S. macrochir* peut s'expliquer par le développement massif de la pêche aux filets maillants évoqué plus haut. Certains pêcheurs ont délaissé pendant un certain temps les autres engins pour n'utiliser que les filets dormants. Les géniteurs de *S. macrochir*, jusqu'alors épargnés par une pêche essentiellement littorale, commencent à être décimés. Le développement de la pêche aux filets maillants s'est fait au détriment de la pratique des pêches littorales ; le stock de *T. rendalli* s'est trouvé suffisamment épargné pour être reconstitué partiellement. Plus généralement, les espèces littorales récemment introduites se sont trouvées épargnées ; ce fut le cas de *S. niloticus*, déjà évoqué, et de *Micropterus salmoides*, espèces recherchées seulement depuis peu par les pêcheurs.

Après avoir été prépondérant jusqu'en 1956 dans le peuplement du lac Alaotra, *Cyprinus carpio* a eu une importance de moins en moins grande pour ne plus constituer que 5 % des captures en 1966. De 1966 à 1972, le Service des Eaux et Forêts a déversé 20 000 à 100 000 alevins selon les années ; c'est pourquoi cette espèce est capturée un peu plus abondamment (MOREAU, 1979-1980).

L'exemple du lac Alaotra nous paraît particulièrement important. La production y a été améliorée grâce à l'intervention humaine et l'introduction d'espèces nouvelles. Suite à cette intervention, la production totale par pêche s'est peu éloignée d'une valeur moyenne de 2 400 tonnes alors qu'elle plafonnait précédemment à 1 500 t si la « Nature » fait bien les choses, l'homme en état de sagesse peut quelquefois contribuer à les améliorer. L'occupation de niches écologiques importantes, à partir de quelques individus, peut se trouver en milieu océanique lors de changements écologiques importants du milieu.

III. Aspects socio-économique et politique.

Il faut nier l'évidence pour ne pas admettre l'importance de l'aspect socio-économique et politique pour la gestion des stocks halieutiques. Certains biologistes des pêches cependant restent irréductiblement hostiles à toute évolution des systèmes traditionnels de gestion basés uniquement sur la « biologie ». De plus en plus nombreux, heureusement, sont les biologistes des pêches et les économistes qui pensent que le système pêche, bioéconomique par essence, doit être étudié comme tel. Les forces socio-économiques et politiques qui freinent (cas rare), épaulent ou étayent l'industrie de la pêche, font partie intégrante de « l'effort de pêche ». Selon DICKIE et KERR (1979) entre 1970 et 1975, sur les simples bases d'une relation prédateurs-proies, une grande partie des industries mondiales de pêche aurait périclité. C'est l'intervention des dirigeants politiques qui a relancé la « prédation et contribué, quelquefois à leur insu, à l'état actuel de surexploitation de nombreux stocks. Des biologistes qui ignoreraient ou feindraient d'ignorer les aspects socio-économiques de la pêche, les administrations qui croiraient ou feindraient de croire au savoir « thaumaturgique » des biologistes des pêches, pratiqueraient en quelque sorte inconsciemment ou sciemment la politique de l'autruche. Certains scientifiques pourfendeurs de socio-économie et de politique, se réunissent en assemblées collégiales pour déterminer des « quotas », liés ainsi, sans apparemment s'en apercevoir, par un choix de gestion largement influencé par des considérations politiques. Il apparaît urgent que les chercheurs (biologistes, physiciens, météorologistes, économistes, etc.) concernés par la pêche, les armateurs, les pêcheurs et les administrateurs travaillent ensemble, ce qui évidemment n'est pas toujours si commode. La pêche doit être étudiée comme un tout (WELIER, 1982).

Dans un premier temps, il serait indispensable de parler le même langage. A cet égard, l'abandon abusif de « l'effort de pêche » souvent exprimé en unités nominales d'effort (d'où l'appellation d'effort nominal) est regrettable. Les jours de pêche, les heures de chalutages, les nombres de casiers posés, etc. permettent aux biologistes et aux économistes d'avoir une base commune de réflexion (LE GUEN, 1972 ; LAUREC et LE GUEN, 1980). Le coefficient de mortalité due à la pêche F obtenu par « l'analyse virtuelle des populations » (VPA) est certes très utile, voire indispensable

dans certains cas, mais a malheureusement pris, étant rebaptisé improprement effort, les dehors d'un paramètre mythique pour les profanes.

Cela a déjà été exprimé sous différentes formes par de nombreux chercheurs (LOUCKS et SUTCLIFFE, 1978 ; SILVERT et DICKIE, 1978 ; HILBORN et LEDBETTER, 1979).

It is no longer sufficient to look on effort as a simple driving variable which unilaterally determines the yield realized from a given stock (DICKIE et KERR, 1979).

Un exemple illustrera mieux notre propos. Dans les lagunes de Côte d'Ivoire, une exploitation traditionnelle permettait dans les années 1970 de produire environ 10 000 t de poissons (DURAND *et al.*, 1978 ; GERLOTTO *et al.*, 1976, 1980 ; VERDEAUX, 1979). Les règles d'exploitation avaient souvent un caractère socio-écologique aboutissant à un bon équilibre de la pêcherie. Il était interdit par exemple de pêcher à l'emplacement des « dortoirs des Génies » de la Lagune. Or ces « dortoirs » étaient souvent d'actives nourriceries de fretin de mâchoirons.

En lagune Ebrié, la pêche individuelle est pratiquée par 2 000 autochtones environ qui pratiquent cette activité en association avec l'agriculture. L'aspect spéculatif y est très faible. A côté de cette pêche individuelle de type ancestral, s'est développée une pêcherie « au grand filet » qui appartient à des allochtones (n'appartenant pas au village riverain) en quasi totalité étrangers à la Côte d'Ivoire. Les propriétaires de filets ont souvent d'autres sources de revenus et sont presque toujours absents des lieux de pêche. Il s'agit donc d'un placement spéculatif. Pratiquée à plein temps à raison de dix hommes par filet, cette forme de pêche donne lieu à une activité plus régulière et plus intense que la précédente. En 1975, sur 8 000 t pêchées dans la lagune Ebrié, 6 000 t l'étaient par les grands filets.

Un filet maillant individuel de 100 m de long permettait en 1975 une capture moyenne par sortie de 5,8 kg alors qu'une senne permettait par sortie 500 kg en moyenne (GERLOTTO *et al.*, 1976). Un manoeuvre non spécialisé produit huit fois plus qu'un pêcheur individuel de métier. L'examen des captures par unité d'effort des « grands filets » a montré un déclin rapide de la capture par unité d'effort (cpue) après 1975. On peut estimer sur l'ensemble lagunaire que 800 manoeuvres prennent autant de poissons que ne pourraient le faire 6 800 pêcheurs individuels (GERLOTTO *et al.*, 1976).

L'analyse des populations virtuelles (VPA) aurait pu faire apparaître des changements dans les paramètres F mesurant la pression de pêche sur les différentes espèces. Un vrai gestionnaire peut-il se contenter d'un tel résultat ? De ce qui précède, il appert que non. La notion d'« effort nominal » et de capture par unité d'effort (cpue), « récente victime de notre confiance en la VPA » (DICKIE, 1979), a dans notre exemple une grande importance en permettant l'examen de l'état du stock, des emplois et revenus des différentes pêcheries. La localisation spatio-temporelle des apports halieutiques permettant l'organisation des circuits de distribution rentre aussi en ligne de compte dans une saine gestion du système pêche lagunaire. GARCIA *et al.* (1979) ont par ailleurs montré les interférences entre pêcherie artisanale en lagune et industrielle en mer pour une même espèce de crevette en Côte d'Ivoire. La plupart du temps, la gestion des stocks ne peut donc plus s'en tenir à l'unique approche « biologique ». Depuis GORDON (1953), les exploitations monospécifiques ou à caractère monospécifique ont été l'objet d'études économiques. MITCHELL (1979) estime que par contre, très rares ont été les études sur la théorie économique des exploitations plurispécifiques. Il cite ANDERSON (1977) et HUPPERT (1979) parmi les exceptions. Et pourtant, les problèmes économiques posés par l'exploitation d'espèces interdépendantes n'est pas nouveau en économie. De nombreux modèles économiques ont été développés pour l'exploitation de ressources biologiques autres que marines (SOLOW et WAN, 1976 ; HEAL, 1976).

Ces modèles sont basés en gros sur les facteurs suivants (MITCHELL, 1979) : disponibilité et caractéristiques des ressources, les coûts d'exploitation, capitaux et main-d'œuvre disponibles, demandes et prix des produits, perspectives du marché.

Des approches très sophistiquées ont déjà été entreprises pour tenir compte de ces différents facteurs (SILVERT et SMITH, 1977). Ces approches auront probablement un développement important dans le futur. Pour notre part, il nous apparaît urgent de chercher des solutions aux problè-

mes pouvant entraîner des situations conflictuelles entre pêcheurs, ou entre nations, le problème des rejets à la mer par exemple. Dans le cas où il s'agit de deux espèces compétitives sur le plan économique, mais d'abondance différente, MITCHELL (1979) pense qu'une exploitation rationnelle basée sur l'« optimum économique » global protégerait l'espèce la moins abondante. Dans certains cas cependant où l'espèce secondaire a une importance négligeable par rapport à l'espèce prioritaire, il n'est pas exclu qu'elle soit sacrifiée aux besoins de la société si les gains économiques l'emportent largement sur la perte de cette espèce particulière.

This is perhaps the most contentious issue between the economic and biological approaches (MITCHELL, 1979).

De nombreux biologistes pensent que tant qu'on ne connaît pas le rôle exact des espèces « mineures » dans l'écosystème, il est préférable de continuer à les protéger. Dans la mesure où cela n'entraîne pas de bouleversements socio-économiques, on peut leur donner raison, sinon, il ne faut pas perdre de vue que l'homme fait partie de l'écosystème mondial. N'oublions pas que si nos aïeux avaient fait preuve de tant de conservatisme, l'agriculture, à qui on doit de belles réalisations socio-écologiques, ne serait pas encore inventée.

Si on peut déplorer les dégâts causés à beaucoup de biotopes par une mauvaise gestion, il ne faut pas en prendre prétexte pour condamner a priori toute intervention.

Une stratégie d'évitement du danger, même si elle peut aider à survivre, n'en demeure pas moins insuffisante pour mettre en mouvement une évolution de type créateur (Pr. Dubos).

Elle peut même aller à l'encontre d'une véritable approche rationnelle. L'exemple des thons et des dauphins mérite d'être repris ici (au risque de choquer les âmes sensibles). Les pressions sociologiques et politiques dans les Etats-Unis d'Amérique ont joué un rôle primordial dans l'établissement de la réglementation interdisant de tuer des dauphins en pêchant les thons à la senne. La véritable recherche écologique, dépouillée de sensiblerie, a réellement commencé après la promulgation de la loi. Cette loi entraîne un report de l'effort de pêche des gros albacores (*T. albacares*) associés aux dauphins, vers les poissons plus petits groupés en « mattes » plus isolées des dauphins. Les données de l'IATTC, sur les poids moyens des albacores chaque année et les estimations de dauphins tués lors des opérations de pêche (JOSEPH et GREENOUGH, 1979), nous ont permis de trouver une excellente corrélation entre le poids moyen des albacores pêchés et le nombre de dauphins tués lors des opérations annuelles de pêche. La réglementation, lorsqu'elle s'applique, entraîne donc une mortalité massive sur les petits albacores, ce qui n'est certes pas rationnel, d'autant que strictement rien ne prouvait que le stock de dauphins courait un danger réel.

Le problème de la compétition économique entre espèces, entraînant des captures « accessoires », devient crucial lorsque plusieurs groupes de pêcheurs nationaux ou internationaux pêchent sur des espèces associées et que l'espèce « cible » des uns peut avoir un caractère de « rejet » chez les autres. On pêche par exemple simultanément de la langoustine et des poissons. Au niveau européen, certains pêcheurs vivent essentiellement de la langoustine et d'autres de poissons, il peut donc y avoir interférence entre leurs pêcheries. Seule une approche simultanée des deux exploitations permettra de bien appréhender ce problème d'interférence. Tout d'abord, il convient de connaître la composition spécifique des captures zone par zone. Dans certaines zones, une pêcherie de langoustines peut avoir un caractère fortement monospécifique, dans une autre, l'aspect plurispécifique peut devenir prioritaire pour la gestion, les zones de nourriceries par exemple.

Sur la côte d'Afrique de l'ouest, LE GUEN et FONTANA (1971), à partir des modèles de rendements pondéraux de BEVERTON et HOLT et de RICKER, ont proposé un « modèle » de rendements pondéral et pécuniaire pour des espèces exploitées simultanément par chalutage. FONTANA (1979) a utilisé ce « modèle », tenant compte du prix moyen des poissons pêchés, et proposé de nouvelles réglementations portant sur les mailles de chalut le long de la côte d'Afrique. Leur approche, faite pour la communauté suprathermoclinale intertropicale de sciaenidés, peut être adaptée au problème du chalutage en milieu tempéré et permettre de résoudre une partie des problèmes posés par une pêche plurispécifique. Nous reviendrons plus en détail sur ce point, dans la deuxième partie de cet

exposé. Nous pouvons déjà souligner qu'il s'agit là d'une transcription simple d'un paramètre biologique classique, le poids des poissons, en paramètre économique, le prix obtenu pour ces mêmes poissons par les pêcheurs.

POINSARD et LE GUEN (1970) ont montré qu'une réduction sélective de l'effort de pêche, sur trois *Pseudolithus* du plateau congolais, pouvait être obtenue en jouant sur les variations quotidiennes de leur vulnérabilité. L'interdiction de pêche certaines heures de la nuit pourrait avoir un impact supérieur à une réduction brutale de l'effort de pêche en nombre de navires ou jours de pêche de 24 h. Dans le cadre de l'espace maritime européen où l'effort de pêche est incontestablement trop fort, on pourrait également imaginer des « transcriptions » sociales faisant appel au simple bon sens, en interdisant la pêche certaines heures, la nuit si possible. Un des facteurs importants d'une pêcherie et qui sera très probablement difficile à incorporer dans un modèle prévisionnel de gestion, est le comportement humain, celui des industriels, des armateurs, des pêcheurs, des responsables administratifs et scientifiques. Quelques aspects du développement de la pêche thonière en Atlantique tropical peut aider à comprendre l'importance du facteur humain.

Vers la fin des années 1950, lorsque les premiers canneurs français ont commencé à exploiter les thons tropicaux (POSTEL, 1965), les industriels ont accepté avec réticence de mettre en conserve les albacores (*Thunnus albacares*), toute autre espèce de thon tropical étant totalement prohibée. Cette situation prévalait encore à la fin des années 60 et le stock de thons étudié par les chercheurs était « monospécifique » pour raisons économiques. A la suite d'études effectuées par le centre ORSTOM de Pointe-Noire au Congo (LE GUEN *et al.*, 1965 ; POINSARD et LE GUEN, 1966 ; LE GUEN et CHAMPAGNAT, 1968 ; LE GUEN *et al.*, 1968 ; LE GUEN et WISE, 1967 ; WISE et LE GUEN, 1966), le Gouvernement de la République Populaire du Congo interdisait la pêche des albacores de moins de 3,2 kg. La réglementation, prise avec l'accord des professionnels, n'avait posé alors strictement aucun problème pour les canneurs exploitant la zone et le pourcentage d'albacores en-dessous du poids légal dans les débarquements était très faible. Il n'est probablement pas superflu d'ajouter qu'à ce moment les industriels refusaient de traiter les albacores de moins de 3,2 kg, et que la différence de prix au-dessus et en dessous du seuil légal encourageait nettement à respecter la réglementation. La même réglementation, adoptée depuis par tous les pays membres de la CICTA (Commission Internationale de Conservation des Thons de l'Atlantique) est aujourd'hui beaucoup plus difficile à mettre en œuvre. L'impact sociologique du « taux de mercure » dans les thons n'est pas étranger au changement dans la politique industrielle privilégiant les thons les plus petits à faibles teneurs en mercure. On a pu assister alors à des phénomènes de « transmutation », selon l'expression de SILVERT et DICKIE (1981), pour les albacores de moins de 3,2 kg. La faible teneur en mercure a élevé la « saloperie » qu'était le listao de l'Atlantique (skipjack) au rang d'espèce noble. Tout ceci ne s'est pas fait sans poser des problèmes aux pêcheurs dont le choix de l'espèce cible lié au choix des industriels, très différents d'un pays à l'autre, n'était pas forcément évident. Des réflexes d'habitudes acquises ont aussi pu jouer entraînant quelquefois des pertes économiques importantes (rejets de listaos à la mer en début de marée par exemple). FONTENEAU (1981) a bien montré le rôle de la capacité du thonier sur les choix. Aujourd'hui, la pêcherie est devenue plurispécifique et pose les nombreux problèmes liés à la plurispécificité. Les pêcheurs cherchent toujours en priorité l'albacore payé plus cher et dont le stock a déjà été « touché » par la pêche. L'analyse des captures *a posteriori* (« post hoc analysis » de SILVERT et DICKIE, 1981) ne permet pas toujours de mettre ceci en évidence, les apports de listaos étant de plus en plus souvent prédominants dans les débarquements.

Lors du symposium sur la gestion des stocks « multispécifiques », réuni à Saint-Jean-de-Terre-Neuve du 26 au 29 novembre 1979, de nombreux chercheurs ont estimé que le système des quotas ou TAC (Total Allowable Catch) monospécifiques, tel qu'il est mis en œuvre au CIEM, et à travers lui dans la Communauté Européenne, mal accepté par les pêcheurs, incontrôlé ou incontrôlable, aboutit à une détérioration certaine de la récolte des statistiques qui conditionnent la survie du système. En cas de pêches excessives, il est souvent préférable de réduire l'effort de pêche. L'Islande et le Canada en expulsant les pêcheurs étrangers de leurs 200 milles ont obtenu des résultats très positifs pour leurs stocks (ADAM, 1981). Par ailleurs, lorsque la prévision et l'aménagement basés sur un modèle de gestion probaliste ont donné satisfaction pendant plusieurs années, les scientifiques peuvent laisser se transformer des acquis scientifiques en « mythes » et sont brutalement désarmés devant l'échec, n'étant pas prêts à s'adapter à une nouvelle situation. L'amé-

nagement et la prédiction vont de pair avec la connaissance, l'adaptation est indispensable à l'inconnu et à l'imprévu (HOLLING, 1980). L'inconvénient possible d'une gestion et d'une prévision apparemment efficaces est d'engendrer dans les esprits la certitude, incompatible avec une approche probabiliste.

Les défaillances toujours possibles des modèles peuvent alors entraîner la faillite des pêcheurs. Le coût de la défaillance est d'autant plus fort, en général, que sa probabilité est plus faible. Il est indispensable pour les biologistes responsables d'envisager en permanence des solutions de rechange aux « mythes » en vigueur. Cela peut se faire en combinant ou alternant l'étude phénoménologique du système étudié et la réflexion théorique sur les diverses possibilités imaginables pour un écosystème (HOLLING, 1978, 1980). LAUREC *et al.* (1980), BEDDINGTON (1980), LAUREC et MAUCORPS (1981) ont ainsi imaginé des scénarios tenant compte des incertitudes pour estimer les risques encourus par les stocks et, ce qui est plus nouveau, par les pêcheurs.

Nous soulèverons un dernier problème de gestion des stocks lié à la socio-économie. Dans les modèles classiques, il est admis que l'état des stocks est fonction de l'effort de pêche. Or, il arrive que ce soit l'abondance d'un stock qui conditionne le comportement du pêcheur. Intéressé par un gain substantiel, il met en œuvre ses moyens de capture sur un stock « appétissant ». Deux exemples de pêcherie à fort coefficient saisonnier illustrent cette possibilité.

La pêcherie littorale du homard en Bretagne.

L'analyse des fiches de pêche de la flottille de caseyeurs de l'île d'Houat a montré que lorsque le recrutement en homards « portion » (groupe de taille commerciale essentiellement constitué par les recrues de 300 g minimum) est très bon, voire exceptionnel, les rendements en début de saison (juin) sont très « attractifs ». Lorsque ces indices de « bonne saison à homard » sont perceptibles, une partie de l'effort de pêche normalement partagé entre la pêche au crabe et au homard est plus particulièrement centré en juillet et août sur le groupe des homards « portion »/recrues. Le processus est tel, qu'en fin d'été, l'abondance du groupe de recrues est réduit au niveau des groupes équivalents pour les années précédentes. Il est ainsi impossible de suivre la « traversée » d'une forte classe d'âge à travers la pêcherie sur deux ou trois années successives (LE GALL, 1981).

La pêcherie de thon blanc (germon) dans le golfe de Gascogne.

En raison de son développement saisonnier (du début juin au NE des Açores à fin septembre aux accores d'Irlande), la pêcherie estivale de germons immatures (2 à 5 ans) du golfe de Gascogne est sensible aux indices d'abondance apparente des jeunes classes d'âge. Les premières prospections dans la saison (en juin) permettent aux pêcheurs (non encore armés au germon) de spéculer sur une bonne ou une mauvaise saison à venir. En fonction de ces indices, il y a donc déploiement rapide d'une flottille ou au contraire, maintien des unités sur une autre ressource : la langoustine. Il s'agit là donc d'un exemple de modulation annuelle de l'effort de pêche en fonction de l'abondance apparente d'une classe d'âge (« les demis ») et de l'attrait du prix du kilogramme de langoustines. Un modèle prévisionnel (aux conditions météorologiques près) d'abondance des « demis » a été mis au point en fonction de l'abondance des « bonites » de l'année précédente (BARD, 1981).

Pour conclure ce chapitre, nous souhaitons que les biologistes, les économistes, les professionnels de la pêche, les responsables administratifs et politiques se concertent plus. Dans certains pays, la concertation se pratique d'ores et déjà régulièrement, dans d'autres, exceptionnellement. Parmi les biologistes qui se réunissent, dans les comités, commissions, conseils internationaux, certains ont, inscrits en mémoire dans leurs cerveaux, pour parler en cybernéticien, leurs problèmes nationaux, d'autres pas du tout. L'impartialité des recommandations risque d'avoir à en souffrir. Il serait préférable d'ouvrir les aréopages internationaux de gestionnaires des stocks aux divers responsables des pêches, en leur demandant de participer à l'avenir à la gestion des « pêcheries », celle-ci restant toujours sous tutelle politique.

IV. *Conclusion.*

Les systèmes halieutiques sont des systèmes complexes et divers autant en milieu tropical que tempéré. Nous devons aborder cette complexité en examinant le comportement de l'écosystème et en cherchant à extraire les paramètres « prévisionnels ». La complexité d'un modèle de production est largement fonction des questions auxquelles on veut répondre et de la disponibilité de l'information sur la production et les paramètres « prévisionnels ». La production d'un système complexe peut être prévue par un modèle simple. Un modèle logistique de type Schaefer peut donner des résultats satisfaisants dans certaines communautés démersales tropicales. Ce n'est pas comme on pourrait le croire parce que leur environnement est constant, ce qui est généralement faux, mais c'est essentiellement parce que les questions posées sont simples : la production augmentera-t-elle ou diminuera-t-elle avec telle maille et tel effort ? Le comportement communautaire des espèces peut aussi expliquer le succès des modèles simples traitant la communauté comme une seule espèce.

Les scientifiques doivent constamment veiller à mettre en garde les utilisateurs de leurs prévisions sur les marges d'erreur possibles. Il importe de savoir au départ, si on demande au biologiste des prévisions à court ou long terme.

Les administratifs doivent se rendre mieux compte des répercussions de la réglementation sur la recherche. Le système des quotas monospécifiques souvent peu satisfaisant sur une base scientifique contribue largement à désorganiser le système de récolte des statistiques de pêches indispensables à la gestion.

La gestion des « stocks » est une chose. La gestion des « pêcheries » en est une autre et ne peut en aucun cas se limiter à l'approche biologique. Qu'ils soient monospécifiques ou multispécifiques, les modèles de gestion des pêcheries deviennent forcément multidisciplinaires, les aspects « internes » et « externes » intervenant sur le système pêche devant être pris en compte.

De nombreux plans de la recherche halieutique sont restés dans l'obscurité (météorologie, hydroclimatologie, économie, sociologie). On pourrait ajouter une large part de biologie (benthos, plancton, physiologie, etc.). L'éclairage scientifique de nombreux points étant faible ou nul, l'utilisation de « modèles » n'est-elle pas quelque fois dangereuse ? Nous serions tentés de répondre en paraphrasant le philosophe K'UNG Fu Tzu.

Il vaut mieux s'avancer pas à pas avec des bougies, même vacillantes, plutôt que de se lamenter sur les obstacles qui vous attendent dans l'obscurité.

Certes, les modèles usuels sont imparfaits. Ils peuvent toutefois donner de nombreuses réponses satisfaisantes à des questions simples mais essentielles. L'approche monospécifique, elle-même, restera souvent très utile, surtout si on l'améliore par des considérations « externes ».

Les relations de prédatons entre espèces commerciales entraînant une véritable modification dans la dynamique des stocks sont relativement rares. Il n'est pas toujours facile de les mettre en évidence. Il est nécessaire d'améliorer les connaissances générales sur la nutrition et les transferts d'énergie dans les différents niveaux trophiques des écosystèmes halieutiques, avant de les utiliser couramment dans des modèles de gestion. Il est beaucoup plus important de se préoccuper des interactions d'ordre technologique, la pêche sur une espèce cible entraînant une mortalité directe sur les autres espèces présentes dans le champ d'action des engins de capture.

B. — MODELES DE GESTION DES STOCKS DEMERSAUX EXPLOITES PAR CHALUTAGE TENANT COMPTE DES INTERACTIONS.

On peut distinguer deux types d'interactions à prendre en compte dans des modèles de gestion des stocks démersaux :

les interactions entre les espèces incluant la prédation, la compétition, etc. ;

les interactions d'ordre technologique par la mise en œuvre d'engins qui capturent un ensemble d'espèces vivant dans leur zone d'action et qui ne se limitent pas à l'espèce ou aux espèces cibles.

I. *Modèles globaux.*

L'intégration de ces phénomènes peut se faire à partir des modèles globaux, tant pour les interactions dues à la pêche (POPE, 1975) que pour les interactions biologiques. Nous rappellerons seulement le modèle utilisé par SISENWINNE *et al.* (1979) pour étudier ces dernières dans les pêcheries du NE des Etats-Unis.

Comme GAUSE (1934) a élargi l'équation logistique de WERRHULST-PEARL (PIELOU, 1977), on peut élargir le modèle de SCHAEFER (1954, 1957) à deux espèces soumises à la pêche de la façon suivante :

$$\frac{1}{P_i} \frac{dP_i}{dt} = a_i - b_i P_i - q_i F_i \pm c_{ij} P_j$$

P_i mesure l'abondance de la population de poissons i

F_i est le coefficient de mortalité par pêche sur le poisson i

a_i et b_i sont des paramètres liés à l'espèce i

c_{ij} est un paramètre lié aux interactions entre les espèces i et j appelé coefficient d'interaction

P_j mesure l'abondance de l'espèce j .

Le coefficient d'interaction c_{ij} est négatif quand l'espèce i est compétitrice ou proie de l'espèce j et positif quand l'espèce i est prédatrice de l'espèce j (POPE, 1976).

II. *Modèles analytiques.*

Le premier type d'interactions a été pris en compte dans les modèles de gestion proposés au CIEM par ANDERSEN et URSIN (1977) et baptisés « modèles multispécifiques ». Dans ces modèles, est essentiellement retenue l'interdépendance des espèces due à la prédation.

Le deuxième type d'interactions a été pris en compte dans la gestion des espèces démersales ouest-africaines par LE GUEN et FONTANA (1971), qui ont associé les rendements individuels de plusieurs espèces pêchées simultanément dans un chalut pour construire des diagrammes de rendements qui sont donc « plurispécifiques » selon la logique sémantique. Ils ont additionné les rendements d'espèces individuelles soumises au même effort de pêche f entraînant un coefficient de mortalité F_x sur chaque espèce d'ordre x et une sélectivité propre liée aux chaluts et à leur maillages. Les rendements ont été exprimés en poids et en numéraire ce qui n'était pas usuel en biologie des pêches. Nous limiterons notre propos à ces deux types de modèle.

1. Interdépendance par prédation. Les modèles « multispécifiques » du CIEM.

La prise en compte des relations de prédation entre espèces halieutiques a donc été tentée au Conseil International pour l'Exploration de la Mer (CIEM). ANDERSEN et URSIN (1977), pour tenir compte des interactions possibles entre les espèces et notamment des relations prédateurs-proies qui leur semblaient être les plus fondamentales, ont partagé le vecteur M , coefficient de mortalité naturelle, en deux composantes :

M' traduisant la mortalité par prédation

M'' englobant toutes les autres causes de mortalité.

La mortalité par prédation varie selon l'état des stocks de prédateurs. La composante M'' peut elle-même être variable mais, dans pratique, elle a été la plupart du temps supposée constante. La décomposition de M en deux éléments rappelant de façon plus schématique, l'analyse de LOTKA (1939) est l'apport essentiel du « modèle » de ANDERSEN et URSIN (1977) construit sur les équations de base du modèle de BEVERTON et HOLT (1957) :

$$\frac{dN_i}{dt} = - (F_i + M'_i + M''_i) N_i$$

et

$$\frac{dY_i}{dt} = F_i N_i Y_i$$

Parmi les modèles qui peuvent être rattachés dans leur principe de base à celui de ANDERSEN et URSIN (1977) et qu'on envisage actuellement pour l'exploitation des stocks chalutables, il faut citer ceux de HELGASON et GISLASON (1979), POPE (1979) et SPARRE (1980) qui sont eux aussi des modèles étendus de BEVERTON et HOLT ou de l'analyse des cohortes (URSIN, 1979). Pour estimer la mortalité due à la prédation M' tous ces chercheurs ont établi au préalable un indice G_{ij} de « convenance » (suitability) pour chaque classe d'âge d'une proie j par rapport à chaque classe d'âge du prédateur i . Pour ANDERSEN et URSIN (1977), puis HELGASON et GISLASON (1979), cet indice peut se décomposer en deux :

a) un indice de préférence pour une proie de taille donnée dérivé d'un rapport : taille de la proie préférée/taille du prédateur.

b) un indice de vulnérabilité lié à la disponibilité d'une espèce comme proie pour un prédateur.

SPARRE (1980) procède par itération à partir des contenus stomacaux. B_j est la biomasse de la proie j . Sa « convenance » comme proie pour l'espèce i est G_{ij} . G prenant une valeur de 0 à 1, la biomasse de j disponible comme nourriture de i devient :

$$\varphi_{ij} = G_{ij} B_j$$

et la quantité totale de nourriture pour i est :

$$\varphi_i = \sum_j \varphi_{ij}$$

où j représente tous les groupes de proies (espèces et groupes d'âges) du système. La fraction de la proie j dans la nourriture de i devient

$$P_{ij} = \frac{\varphi_{ij}}{\varphi_i}$$

L'information sur la consommation de chaque groupe de prédateurs i (espèces et groupes d'âges) permet d'estimer la quantité de proie j consommée pendant les intervalles de temps considérés : $N_i R_{ij}$ où N_i est le nombre des prédateurs.

R_{ij} est le poids des proies j dans la ration de i .

$\sum_j N_i R_{ij}$ permettra de connaître la consommation pour chaque espèce de prédateur.

$\sum_j N_i R_{ij}$ estimera le poids total de l'espèce j consommée par les prédateurs.

La détermination des quantités de nourriture n'est pas triviale dès que l'on prend en compte plus de trois ou quatre poissons dans les relations prédateurs-proies. Difficile à mettre en œuvre, cette approche « multispécifique » est loin de considérer l'ensemble des problèmes de prédation et de nutrition. Il est quasiment impossible de calculer sur une base sérieuse la plupart des rations journalières des poissons d'intérêt commercial en Europe. Lors de la réunion spéciale de Ijmuiden, organisée par le CIEM du 13 au 15 janvier 1981, pour mettre en œuvre la collecte des contenus stomacaux dont la connaissance devrait faciliter la mise en œuvre des modèles « multispécifiques », il n'a été prévu aucun échantillonnage adapté à l'étude du temps de digestion. Les phases prolongées de jeûne n'ont pas été envisagées pour les poissons.

Research into these digestion times needs to be initiated in the near future (Anonyme, 1981).

Dans l'état actuel des connaissances, il n'est pas certain que les indices de préférence trophique n'apportent pas beaucoup plus que la quasi certitude que les gros poissons ne sont dévorés par les petits ainsi que l'avaient souligné POPE (1975) et GULLAND (1979). Les éléments de la prédation et de la nutrition sont beaucoup trop sommaires pour être utilisés dans des modèles de prévision sans sérieuses réserves. L'acquisition des données indispensables à la détermination des indices G_{ij} nécessaires à la mise en œuvre des modèles a commencé très récemment. Elle exigera un « temps navires » et un « temps chercheur » considérables même en se limitant aux espèces prioritaires. Il faudra valider des méthodes d'échantillonnage, contrôler la constance des paramètres de l'alimentation et cela plusieurs années de suite pour que les résultats soient crédibles. Pour le moment, le taux moyen de prédation est supposé constant tout au long de l'année et sans variations interannuelles. De même, la « préférence » pour une proie est un paramètre fixé. Il est supposé indépendant de l'abondance de la proie, le goût particulier pour une espèce restant invariable.

Les modèles proposés ci-dessus ne prennent en compte que les prédateurs utilisables par l'homme, à partir de la phase pêchée. La plupart du temps, les interactions importantes interviennent avant les premières possibilités de capture, particulièrement pendant les phases larvaires et postlarvaires qui conditionneront le recrutement sur les fonds de pêche. Un changement des rôles prédateurs et proies est même envisageable avant et après recrutement dans les pêcheries. Dans le manuel pour la collecte d'estomacs prévue par le CIEM, il est indiqué de ne pas prélever les estomacs des poissons de moins de 10 cm (Anonyme, 1981). La sophistication de modèles restant limités aux relations entre espèces halieutiques recrutées et la multiplication des paramètres à estimer pour les faire fonctionner risquent fort d'hypothéquer les conclusions et les prévisions.

URSIN (1979, 1980) a cherché à prévoir avec le modèle « multispécifique danois » quelques conséquences d'une augmentation du stock de morues en mer du Nord. Il a utilisé pour cela les résultats des études de DAAN (1973, 1975) sur la consommation des poissons par les morues. URSIN (1979) a admis une grosse marge d'incertitude dans les estimations. JONES (1978) a trouvé par deux méthodes différentes une consommation globale beaucoup plus importante que celle trouvée par DAAN.

Le stock « estimé » de morues en 1967-1970 dans le secteur sud et centre de la mer du Nord était, selon DAAN (in URSIN, 1979) de 336 000 t. Ce stock aurait consommé chaque année 500 000 à 700 000 t de poissons, dont 350 000 t utilisables par l'homme, sur un total de nourriture de 1 015 000 t. Pour « faire tourner » son modèle, URSIN (1979, 1980), a préféré utiliser la biomasse de morues estimée par le groupe de travail « poissons ronds » du CIEM pour 1978 soit 215 000 t. Il assurait que 70 % des poissons consommés par les morues étaient des poissons « commerciaux » consommables par l'homme et le reste du poisson « industriel » pour la farine de poisson. La proportion de poissons commerciaux semble largement surestimée si on la compare à d'autres travaux sur l'alimentation. Selon DU BURT (1981), l'observation de 1 750 estomacs de morues dans les zones 4A1, 4A3, 5B1, 5B2, 6A et 7G du CIEM a fait apparaître une forte consommation de poissons. Les poissons consommés étaient pratiquement tous « industriels », la quantité de poissons « commerciaux » étant pratiquement nulle (Annexes : tabl. 4 à 6).

Selon des études allemandes (URSIN, 1979), la morue consomme annuellement environ trois fois son poids. En mer du Nord, on aurait eu le tableau annuel de consommation suivant (URSIN, 1980) :

« poisson commercial »	230 000 t
« autres poissons »	100 000 t
coquillages, vers, etc.	320 000 t
Total	650 000 t
Stock de prédateurs (morues) :	215 000 t

A partir de ces données, nous allons nous livrer à quelques considérations d'ordre très théorique.

Supposons que l'on veuille que la biomasse « 1977 » de morues soit multipliée par trois pour atteindre 645 000 t. Selon les « normes établies » pour le modèle « multispécifique », il faudrait que l'on puisse disposer d'une biomasse de poissons commerciaux, accessibles aux morues, égale à : $230\,000 \times 3 = 690\,000$ t. *Supposons* que l'effort de pêche sur les poissons commerciaux soit tel que la biomasse accessible et consommable par les morues soit effectivement égale à 690 000 t et que par ailleurs les autres proies soient également suffisantes. Le stock de morues selon le modèle « multispécifique » danois pourrait alors se reconstituer au niveau souhaité de 645 000 t. *Supposons* alors une augmentation de l'effort de pêche telle que seulement 460 000 t de poissons commerciaux soient disponibles pour la consommation des morues. Cela suppose une baisse de la biomasse des proies « commerciales » au moins égale à 230 000 t⁽¹⁾, chiffre que nous retiendrons. Nous avons vu que l'alimentation des morues était en fait éclectique, aussi admettons-nous sans difficulté qu'elles puissent au besoin changer de proies. *Supposons* que les poissons commerciaux supposés manquants (230 000 t), pour reconstituer le stock de morues au niveau souhaité, auraient eu le régime alimentaire annuel suivant :

« poissons commerciaux »	100 000 t
« autres poissons »	130 000 t
coquillages, vers, etc.	415 000 t
Total	645 000 t

Dans le cas où les morues consomment ces nouvelles proies avec les mêmes « rendements » que précédemment, un calcul simplificateur montre que ces 645 000 t rendues disponibles par la pêche de leurs prédateurs peuvent être utilisées à « fabriquer » $645\,000 : 3 = 215\,000$ t de morues. Cela permettrait alors d'atteindre l'objectif fixé pour la biomasse de morues. Cette réflexion ostensiblement simpliste tend seulement à montrer que la simple reconnaissance de l'éclectisme dans l'alimentation des poissons peut jeter le discrédit sur l'utilisation abusive de schémas d'alimentation figés dans les modèles multispécifiques. La vérité se situe entre le régime strict et l'éclectisme absolu, mais il est difficile de savoir exactement où. Si on peut imaginer que le prédateur et sa proie puissent au besoin consommer exactement la même chose, les coefficients de transformation mesurant l'efficacité des transferts d'énergie seraient alors probablement fort différents.

Compte tenu de la variabilité possible dans l'alimentation des poissons et plus spécialement des morues, il serait prématuré de conclure qu'une reconstitution importante du stock de morues en Mer du Nord serait obligatoirement fortement préjudiciable aux poissons consommés par l'homme : merlan, églefin, plie, etc. Il conviendrait de toute façon de distinguer le court terme et le long terme. Il serait fallacieux de laisser croire que les petites espèces pêchées par les pêcheries industrielles et connues pour être une nourriture habituelle des morues seraient épargnées par ces dernières en cas de reconstitution du stock pour la simple raison qu'elles ne seraient pas dans la gamme des poissons de 100 à 300 g utilisables par des morues devenues plus grosses « en moyenne ».

(1) Selon la logique du modèle la biomasse disponible est une fraction inférieure ou égale à l'unité, de la biomasse totale.

URSIN (1980), qui a laissé entrevoir cette ébauche d'analyse, a mis cependant le lecteur en garde sur les limites de son raisonnement. Il admet la variabilité dans l'alimentation.

In the Southern North Sea where bottom animals are particularly abundant, there are relatively more of those than in the diet of cod of the same size in the Northern North Sea.

Il admet en outre que les prévisions, en cas de reconstitution du stock, sur la consommation supposée de poissons de 100 à 300 g intéressants pour l'homme sont sujettes à caution.

Those to suffer are therefore the fisheries for direct human consumption. *Provided* of course that our present knowledge of cod feeding behaviour is correct because this is what the computer had to work with.

A supposer qu'il y ait des lois strictes entre la taille d'une morue et les tailles et proportions de ses proies dans les contenus stomacaux (DAAN, *in* URSIN, 1980), l'application de ces lois ne doit pas se faire exclusivement sur la « taille moyenne » des morues mais à partir de la distribution de fréquences des tailles des morues dans le stock reconstitué. En cas de forte reconstitution, il y aura demain plus de morues ayant les « petites tailles » actuelles et elles devraient donc consommer plus de petites proies de la taille des poissons « industriels ». En admettant que le stock reconstitué de morues consommerait essentiellement des poissons de 200 g en « moyenne », le facteur multiplicatif de la prédation ne serait pas de 3 si la biomasse des morues était multipliée par 3. Il serait égal à :

$$3 \times \frac{42}{200} \text{ soit } \frac{3}{5}$$

The average size of the commercial fish consumed was 42 cm. The prey of cod is therefore below legal size and resembles the bycatch of the danish industrial fisheries (URSIN, 1980).

Ne pas tenir compte de cette baisse possible de la consommation en nombre de proies lorsque les morues consomment des proies plus grosses reviendrait à surestimer considérablement la mortalité par prédation en cas de reconstitution du stock. Même si l'on a confiance aux modèles « multi-spécifiques » de prédation et que l'on n'attende pas une étude plus approfondie du problème général de la nutrition dans un écosystème halieutique, il ne faut pas condamner irrémédiablement l'approche monospécifique. URSIN (1980) a fait preuve de sagacité en construisant pour les morues de mer du Nord les courbes de rendements en fonction de l'effort de pêche par les deux modèles mono et multisécifique. La figure 1 représente les deux courbes de production morutière, la mortalité par pêche F développée sur chacune des autres espèces étudiées par URSIN (1979, 1980) étant supposée constante et restant au niveau de l'effort développé en 1978. Les deux courbes de production plaident pour une réduction de l'effort de pêche de 40 à 70 % de ce qu'il était en 1978, selon que l'on parte du modèle monospécifique ou « multisécifique ». Jusqu'à 40 % de réduction dans l'effort de pêche de référence (1978), les deux modèles donnent des résultats strictement identiques. Ils divergeraient seulement au-delà. Les intervalles de confiance sur les estimations étant inconnus, les écarts entre les deux courbes de production, faibles a priori, sont alors difficilement interprétables.

Les résultats et les conclusions de URSIN (1980) contiennent certainement une large part de vérité qu'il s'agira de préciser dans l'avenir. Cette part de vérité ne concerne que les poissons d'intérêt commercial seuls pris en compte dans son étude sur les morues de mer du Nord. En basant la prospective sur la « taille moyenne » des morues, il en est forcément ainsi, puisqu'alors est « gommée » la prédation sur les petites espèces utilisées pour la farine de poissons. Il nous a paru bon de préciser ce point pour que les exposés de URSIN (1979, 1980) ne soient pas interprétés de façon amphibologique. Lorsque la question des espèces industrielles se posera, et elle mérite d'être posée, il est probable que l'on s'orientera vers une étude sur les transferts d'énergie dans les écosystèmes. D'un point de vue strictement énergétique, personne aujourd'hui ne sait s'il est préférable de transformer ces poissons en morues ou en porcs.

Les modèles introduits par ANDERSEN et URSIN (1977) et leurs émules méritent une application après étude plus approfondie de l'alimentation et de la prédation. Ils ont eu le grand mérite de réintroduire au niveau du CIEM la notion de variabilité dans la valeur du coefficient de mortalité naturelle M . Une gestion monospécifique dans laquelle on contrôlerait cette variabilité de M ou même on la prévoierait par une meilleure connaissance de la prédation, entraînerait, grâce aux

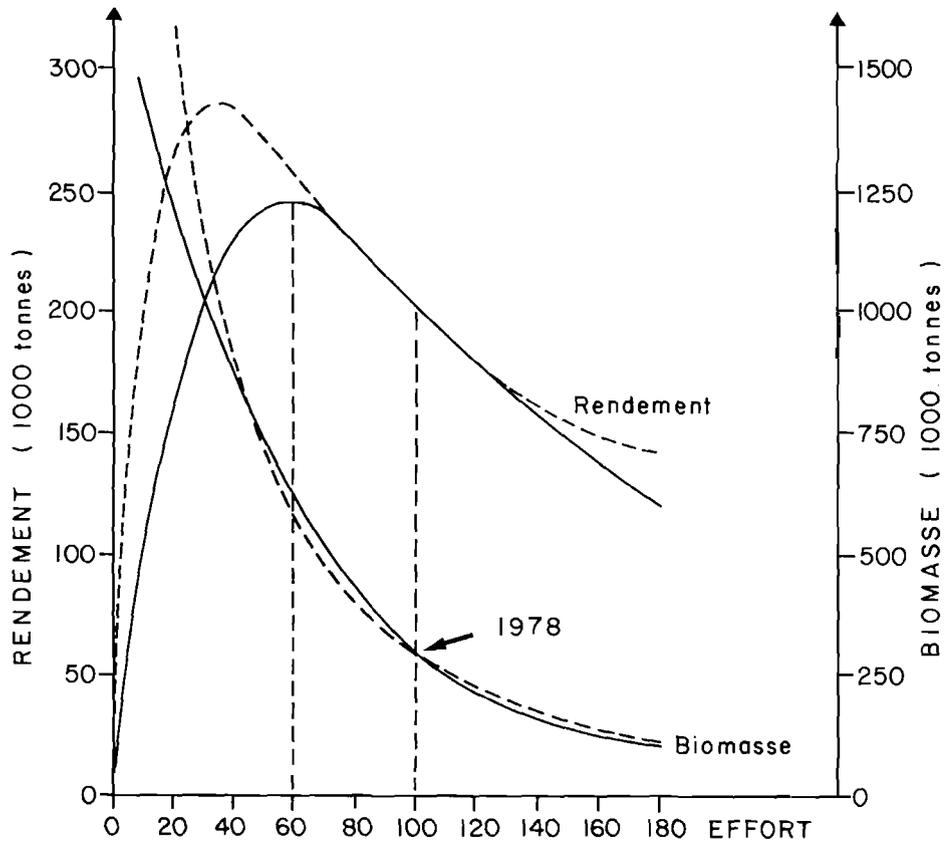


FIG. 1. — Estimations des rendements et des biomasses par les modèles « multispécifiques » (traits pleins) et monospécifiques (tiretés). L'effort est exprimé en pourcentage par rapport à l'année de référence 1978 (URSIN 1980).

idées « nouvelles » introduites avec l'approche « multispécifique », une amélioration certaine dans la gestion. Il serait vraiment dommage que le côté sommaire des études sur l'alimentation des poissons donne aux modèles « multispécifiques » un aspect caricatural qui les desservirait et dont nous faisons ici un pastiche.

Une enquête sur l'alimentation des Syldaves pourrait montrer que ceux-ci consomment individuellement chaque année en moyenne :

pommes de terre :	196 kg
autres légumes :	100 kg
viande :	120 kg
poissons :	102 kg

Les habitants de Syldavie ne peuvent donc pas vivre sans pommes de terre.

Une enquête plus détaillée a permis de préciser que le poids moyen des pommes de terre consommées était de 32,1 g. Dans ces conditions, il serait très difficile pour les Syldaves d'émigrer en Poldanie où le poids moyen des pommes de terre (plus sucrées) n'est que de 20,5 g (HERGE, dixit Prof. Tournesol, comm. pers.).

Il est donc possible que la méthode de ANDERSEN et URSIN (1977) pour quantifier la prédation, malgré son degré de complexité, soit basée sur des hypothèses trop simplificatrices. Toute « simplification » supplémentaire (POPE, 1979 ; SPARRE, 1980) risque fortement de devenir abusive.

The description of species interactions is reduced to the bare essentials and perhaps a little less (URSIN, 1979).

Le problème de la prédation sera peut-être à l'avenir intégré dans une approche globale des relations trophiques et des transferts d'énergie comme l'ont déjà proposé LAEVASTU et FAVORITE (1978), GROSSLEIN *et al.* (1978), SILVERT (1980), COHEN *et al.* (1979). Il est possible aussi que les contrôles nutritifs les plus importants au niveau d'un écosystème apparaissent dans les niveaux trophiques les plus bas. Les travaux des chercheurs de l'ORSTOM en lagune Ebrié sont particulièrement importants à cet égard (LEMASSON et PAGES, 1981 ; DUFOUR *et al.*, 1981 *a, b*) ; LEMASSON *et al.*, 1980). L'inconvénient majeur de la plupart des modèles « multispécifiques » de prédation est d'avoir négligé les interactions d'ordre technologique.

Remember, that we are assuming that the fisheries for cod, haddock and whiting are separate which they are not in practice. A mixed fisheries analysis, however is beyond the scope of this paper (URSIN, 1980).

SPARRE (1980) a cherché à corriger dans son modèle les interférences entre divers « métiers » ou pêcheries en estimant la mortalité due à la pêche sur les espèces accessoires (by catches) des uns qui sont les espèces cibles des autres, quelquefois à un autre âge et dans une autre zone. Il a également envisagé la possibilité de prendre en compte des paramètres économiques mais sans l'avoir réellement explicité.

2. Exploitation de plusieurs espèces pêchées simultanément par chalutage. Modèle plurispécifique d'interaction technologique.

On a vu que sur la côte d'Afrique, les communautés exploitées et principalement la communauté des sciaenidés qui fournit l'essentiel de la production par pêche ne sont pratiquement pas ichtyophages. Les poissons vivent sur les mêmes biotopes, inféodés au benthos qui constitue leur nourriture commune. Dans les eaux ouest-africaines (de Dakar à l'Angola), on pêche toujours simultanément plusieurs espèces de poissons d'intérêt commercial. Toute intervention humaine par chalutage sur une espèce entraîne inmanquablement des conséquences sur les autres espèces. Les liens de prédation n'ont par contre qu'une importance faible ou nulle en matière de gestion. Pour aboutir à une amélioration de l'exploitation des stocks chalutables de la côte d'Afrique, LE GUEN et FONTANA (1971) ont montré qu'il était indispensable d'entreprendre l'étude simultanée de tous les poissons susceptibles d'être capturés par les chaluts.

Les études biologiques de base pour l'étude dynamique des p espèces de poissons pêchés aboutissent pour une espèce d'ordre x à la connaissance des paramètres suivants :

M_x mortalité naturelle, t_r âge au recrutement sur les fonds de pêche, $W_{x\infty}$, K_x , t_0 , paramètres de l'équation de croissance en poids de VON BERTALANFFY et q_x , coefficient de mortalité due à la pêche par unité d'effort ou de « capturabilité » (« Catchability » de RICKER, 1958).

Les courbes de sélectivité étant bien « tranchées » (Knife edged), LONGHURST (1959), LE GUEN et FONTANA (1971) puis FONTANA (1979) ont admis que pour une maille donnée, la taille l_c à la première capture est alors telle que 50 % des poissons de cette taille sont retenus dans le chalut d'où l'appellation de « point l_{50} » (LONGHURST, 1959).

Pour une taille de maille donnée m_i , les points l_{50} étant déterminés, les clefs âges-longueurs permettent de déterminer les âges à la première capture $t_{c_{1,i}}$, $t_{c_{2,i}}$, ..., $t_{c_{x,i}}$, ..., $t_{c_{p,i}}$ des p espèces pêchées.

Si on associe à une maille m_i , un effort de pêche f_j , la mortalité due à la pêche pour une espèce d'ordre x sera :

$$F_{x,j} = q_x \cdot f_j$$

Pour chaque taille de maille m_i et effort de pêche f_j , on pourra alors calculer le rendement pour chaque espèce d'ordre x par la méthode de BEVERTON et HOLT.

$$Y_{i,j} = F_j \cdot R \cdot e^{-M \cdot (t_{c_i} - t_r)} \cdot W_\infty \sum_0^3 \frac{U_n \cdot e^{-nK \cdot (t_{c_i} - t_r)}}{F_j \cdot M \cdot nK}$$

On peut construire pour chaque espèce x un diagramme de rendement pondéral en fonction de m_i et f_j . Cela revient d'ailleurs à construire le diagramme des rendements de BEVERTON et HOLT en fonction de l'âge à la première capture $t_{c_{x,i}}$ et du coefficient de mortalité due à la pêche $F_{x,j}$. Le rendement pondéral total en fonction de m_i et f_j s'obtient facilement en additionnant les valeurs obtenues précédemment :

$$Y_{i,j} = Y_{1,i,j} + Y_{2,i,j} + \dots + Y_{x,i,j} + \dots + Y_{p,i,j} \quad Y_{i,j} = \sum_{x=1}^p Y_{x,i,j}$$

A partir des p diagrammes précédents on peut donc construire un diagramme des rendements globaux en fonction de la taille des mailles et de l'effort de pêche. Au lieu de donner le rendement en poids dans le diagramme obtenu pour l'espèce d'ordre x , on peut donner le rendement « pécuniaire » $E_{x,i,j}$ en multipliant les différentes valeurs $Y_{x,i,j}$ du diagramme par le facteur V_x représentant le prix de vente moyen par unité de poids pour l'espèce x . On peut ainsi construire p nouveaux diagrammes en fonction de m_i et f_j . LE GUEN et FONTANA (1971) avaient appelé $E_{x,i,j}$ rendement « économique » parce qu'ils avaient pris en compte un paramètre important dans les études économiques. Le diagramme des rendements pécuniaires pour l'ensemble des poissons pêchés en fonction de f_j et m_i sera facilement construit. On a en effet :

$$E_{i,j} = \sum_{x=1}^p Y_{x,i,j} \cdot V_x$$

On peut aussi établir les diagrammes de rendements par la méthode de RICKER. Pour une taille de maille donnée m_i , on peut comme précédemment calculer le rendement obtenu pour une espèce d'ordre x en tenant compte de l'âge à la première $t_{c_{x,i}}$. Les différents efforts de pêche f_j sont obtenus en multipliant par un facteur j l'effort de pêche f_1 déployé dans une pêcherie connue (PAULIK et BAYLIFF, 1967). Pour une taille de maille m_i et un effort de pêche f_j , on obtient pour une espèce d'ordre x le rendement suivant :

$$Y_{i,j} = \int_{t_{c_i}}^{t_l} F(t) \cdot M_j \cdot N(t) \cdot W(t) \cdot dt$$

A partir des p diagrammes établis, on peut construire le diagramme des rendements pécuniaires pour l'ensemble des espèces (fig. 2) puisque l'on a encore :

$$E_{i,j} = \sum_{x=1}^p Y_{x,i,j} \cdot V_x$$

Si l'on emploie la méthode de RICKER, on peut s'arranger pour que les intervalles d'études à l'intérieur desquels les paramètres d'une espèce d'ordre x demeurent constants soient les mêmes pour les p espèces pêchées. Ceci permet en effet de connaître l'influence des arrêts de pêche dans chacun des intervalles pour l'ensemble des poissons pêchés. Il suffit pour cela de rendre les p coefficients de mortalité due à la pêche $F_{1,t}, F_{2,t}, \dots, F_{x,t}, \dots, F_{p,t}$ nuls dans les intervalles considérés (PAULIK et BAYLIFF, 1967). Rappelons qu'il s'agit d'une superposition de rendements individuels

d'espèces vivant sur les mêmes fonds. Les interactions obligatoires entre espèces sont dues à l'utilisation de chaluts qui induisent des mortalités F_x sur les espèces d'ordre x dont les courbes de sélectivité sont fonctions des mêmes trains de pêche.

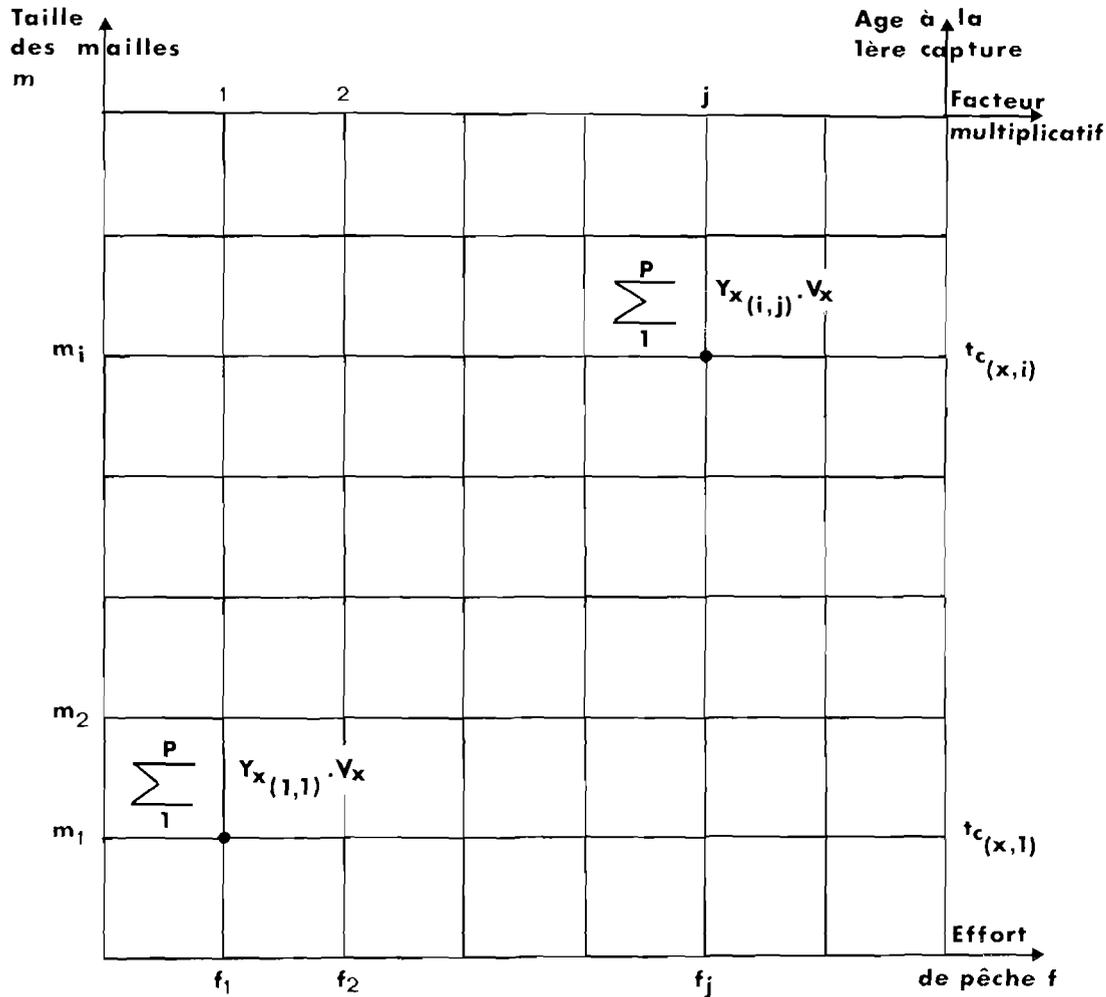


FIG. 2. — Diagramme des rendements pécuniaires pour l'ensemble des espèces en fonction de la taille des mailles et de l'effort de pêche.

Le rendement maximal global obtenu par les chalutiers est donc forcément plus faible que la somme des rendements maximaux théoriques pouvant être espérés pour chaque espèce étudiée séparément. On est donc contraint de trouver le meilleur compromis et dans ces conditions, il n'y a strictement aucune raison pour que celui-ci ait une base pondérale plutôt que pécuniaire ou sociologique tant que les espèces exploitées ne sont pas menacées d'extinction. FONTANA (1979) a utilisé cette approche pour l'étude des six poissons démersaux principaux pêchés au Congo en étudiant les variations de la production pondérale et pécuniaire et de la capture par unité d'effort pour diverses combinaisons d'effort de pêche et de maillages. Ses résultats sont susceptibles d'aider les législateurs à choisir une stratégie d'exploitation en agissant séparément ou simultanément sur : l'effort de pêche, le plan de pêche (répartition de l'effort dans le temps), la taille des mailles. Ils ont été largement utilisés par le groupe de travail COPACE (Comité des Pêches pour l'Atlantique Centre-Est) réuni à Abidjan en novembre 1978, pour recommander du Gabon à la Côte d'Ivoire, un maillage minimum de 60 mm dans un premier temps et d'envisager ultérieurement le passage à un maillage de 70-75 mm.

L'approche « plurispécifique technologique » de LE GUEN et FONTANA (1971) peut être élargie à d'autres écosystèmes démersaux en y apportant au besoin des modifications. Dans le cas très fréquent où les courbes de sélectivité ne sont pas « tranchées », il est par exemple nécessaire d'en tenir compte dans les calculs de production. GOHIN et LAUREC (1981 *b*) ont écrit des programmes de production pour des espèces exploitées par chalutage prenant en compte l'ensemble de la courbe de sélectivité et non plus seulement le point l_{50} . GOHIN et LAUREC (1981 *b*) ont également affiné les diagrammes de rendements pécuniaires plurispécifiques de LE GUEN et FONTANA en tenant compte des prix payés pour chaque catégorie de poissons et ceci dans chaque pays lorsque l'exploitation est internationale. Leur programme prend en compte l'utilisation d'un train de pêche unique avec emploi d'une maille unique. Il pourrait éventuellement être aménagé pour considérer plusieurs mailles, plusieurs trains de pêche ou plusieurs métiers. Cela exigerait au préalable la disponibilité de statistiques de pêche beaucoup plus détaillées qu'elles ne le sont aujourd'hui au niveau européen par exemple, ainsi que des échantillonnages biologiques plus nombreux. C'est en fait la limitation la plus importante en gestion des stocks.

Le recrutement des différentes espèces démersales étudiées au Congo variant très peu, FONTANA (1979) a admis qu'il était constant. En milieu tempéré, le recrutement des poissons démersaux semble beaucoup plus variable qu'en milieu tropical et il est donc nécessaire de mieux cerner les problèmes de recrutement. A ce propos, LAUREC et MAUCORPS (1981) ont parlé de trois niveaux d'incertitude.

Les études courantes sur les modèles stochastiques prennent en compte un premier niveau d'incertitude. Elles considèrent un modèle autorégénérant de base, et complètent la relation stock-recrutement supposée connue, d'une composante aléatoire, correspondant à l'*incertitude a*. Ceci suffit à démontrer que pour éviter tout risque d'effondrement du stock, il faut être plus prudent que si cette composante aléatoire n'existait pas.

En fait, la relation stock-recrutement n'est jamais bien connue. L'existence de composantes aléatoires dans le recrutement vient créer de considérables problèmes d'estimation. Au mieux, on dispose d'une gamme de relations, plus ou moins vraisemblables, mais qui ne peuvent être refusées d'emblée. Toute stratégie d'exploitation doit intégrer l'éventualité d'un ensemble de relations stock-recrutement possibles. Ceci constitue l'*incertitude b*.

Par ailleurs, pour élaborer une stratégie d'exploitation, il est souhaitable de prendre en compte les informations dont on dispose sur l'état du stock, et notamment la fécondité et le recrutement. En règle générale, ces grandeurs sont estimées, et donc imparfaitement connues. Ceci constitue un troisième niveau d'incertitude, *incertitude c*.

La fécondité ⁽²⁾ par recrue, exprimée en nombre d'œufs prêts à être pondus (LE GUEN, 1971) ou un indice de la fécondité par recrue exprimé en biomasse féconde (SUDA, 1966) ou en simple biomasse adulte selon le degré de finesse des investigations biologiques, permet de prévoir dans quel sens l'exploitation risque d'agir sur le recrutement. Les programmes GOHIN-LAUREC (1981 *b*) prévoient le calcul de la fécondité par recrue, ce qui permet aux biologistes de surveiller le niveau d'exploitation restant compatible avec une fécondité ne chutant pas trop brusquement. Améliorés par GOHIN et LAUREC (1981), les diagrammes de rendements « plurispécifiques », établis à partir de notions « concrètes » pour les législateurs : tailles de mailles, effort de pêche exprimé en unités nominales (LAUREC et LE GUEN, 1981), peuvent être utilisés en milieu tempéré, en Europe par exemple. La souplesse du modèle de RICKER permet d'envisager l'utilisation de paramètres affinés par la recherche biologique, de mieux tenir compte de la variabilité de M par exemple. On peut espérer, au moins dans certains cas, qu'après étude approfondie de l'alimentation, les deux composantes M' et M'' imaginées par ANDERSEN et URSIN (1977) pourront être incorporées dans l'approche « plurispécifique » d'interactions technologiques.

(2) Selon BAGENAL (1970), PHILLIPORT (1975) et FONTANA (1979), la fécondité individuelle absolue est le nombre d'œufs (au sens d'ovules) présents dans les ovaires d'une femelle mature avant la ponte.

CONCLUSION.

Avec la technologie de capture existante aujourd'hui et particulièrement le chalutage, on est contraint d'exploiter la plupart du temps simultanément la faune halieutique. Aussi est-il nécessaire de se fixer un objectif global plutôt que plusieurs objectifs monospécifiques technologiquement irréalisables et provoquant çà et là des conflits par interférence de diverses pêcheries. La gestion plurispécifique passe obligatoirement par des compromis par exemple sur les maillages. Le critère de choix des compromis peut être pondéral, pécuniaire ou sociologique. On peut prendre en compte le nombre d'emplois par tonne d'espèce débarquée par exemple.

L'utilisation de quotas ou TAC (Total Allowable Catch), déterminés par une approche purement monospécifique, a été stigmatisée par de nombreux chercheurs particulièrement lors de la réunion du groupe de travail à Saint-Jean-de-Terre-Neuve (novembre 1979). GARCIA *et al.* (1979) ont également montré sa difficulté d'application en Afrique. Il faudrait également prospérer des réglementations sur les maillages résultant d'une approche monospécifique unilatérale, alors que la pêche a un caractère plurispécifique. Ce n'est pas l'approche monospécifique qui est en cause, mais son emploi abusif. Il sera toujours nécessaire de se référer aux tailles de première reproduction, de première capture, à la fécondité par recrue, aux courbes de sélectivité et aux coefficients de mortalité F et M individuels. Il sera même nécessaire d'approfondir les connaissances sur chaque espèce et particulièrement sur l'alimentation, si on cherche à décomposer M en ses deux éléments M' et M'' selon ANDERSEN et URSIN (1977).

L'approche « multispécifique » de type danois prenant en compte les problèmes de prédation n'est pas aujourd'hui suffisamment étoffée scientifiquement pour être utilisée largement. Par contre, on aura intérêt à utiliser l'approche « plurispécifique » prenant en compte les interactions technologiques à chaque fois qu'un engin exploitera plusieurs poissons simultanément (un programme a été mis au point par LAUREC et est disponible à l'ISTPM, Nantes).

Les approches « plurispécifiques » prenant en compte les interactions technologiques remettent à l'honneur la notion d'effort de pêche et obligent ainsi les chercheurs à regarder de plus près l'ensemble des moyens mis en œuvre pour capturer les espèces d'intérêt commercial. Il serait judicieux d'appeler les choses par leur nom.

F est un coefficient de mortalité due à la pêche et non un prétendu effort « variable théorique régissant unilatéralement la pêche » (DICKIE et KERR, 1979) ;

f est l'effort de pêche et q le coefficient de mortalité due à la pêche par unité d'effort ou coefficient de capturabilité (catchability) tel que : $F = qf$;

F et q peuvent être variables.

Les captures par unité d'effort (c.p.u.e.) sont indispensables à un bon gestionnaire pour tenir compte des aspects socio-économiques. En leur rendant leur sens originel, les approches monospécifiques restent encore très utiles. Elles permettent par exemple de faire la somme des biomasses maximales théoriques correspondant aux âges critiques de RICKER (1958). Cette somme permet de mesurer le niveau d'efficacité d'un chalut avec lequel on obtient un rendement plurispécifique après le choix du meilleur compromis possible.

LE GUEN (1971) a montré en ce qui concerne les *Pseudotolithus elongatus* que les recrues qui se présentent dans la pêche du Congo à l'âge de 2 ans y demeurent jusqu'à l'âge de 6 ans au minimum. Ces recrues sont par conséquent exploitées durant 4 ans à partir de leur entrée dans la pêche. La méthode de RICKER montre qu'avec les conditions actuelles de pêche, ces 4 ans d'exploitation d'une classe d'âge aboutissent à un rendement de 120 g « par recrue ». Si l'on pouvait économiquement multiplier par 5 l'effort de pêche actuel, et porter à 4 ans l'âge à la première capture, 4 ans de présence sur les fonds de pêche d'une classe d'âge aboutiraient à un rendement de 180 g « par recrue ». Or, en l'absence de pêche, la biomasse théorique maximale par recrue est de l'ordre de 190 g à l'âge de 4 ans (âge critique de RICKER).

Pour les *P. elongatus*, le milieu naturel est donc capable d'atteindre un niveau de production de 190 g par recrue en 2 ans alors que l'homme avec ses techniques de pêche actuelles n'en prélève que 120 g en 4 ans. Pour obtenir le rendement maximal, il faudrait des engins de pêche permettant de capturer toutes les recrues à l'âge de 4 ans et par conséquent protéger tous les poissons de moins de 4 ans.

Pour chaque espèce de poisson pêchée dans les chaluts en même temps que les *P. elongatus*, on aboutirait à des conclusions identiques qu'il serait intéressant de voir chiffrées (LE GUEN et FONTANA, 1971).

Pour *P. elongatus*, cette gestion futuriste aurait d'autre part l'avantage d'augmenter la fécondité par recrue calculée en nombre d'œufs par rapport à celle que l'on obtiendrait avec l'effort maximal du modèle de BEVERTON et HOLT ou de RICKER pour les moyens de captures (chaluts) existant aujourd'hui.

Il nous apparaît urgent de regarder de plus près la capacité de production des engins et leur adéquation à une gestion rationnelle des stocks. Le fait qu'ils soient quelquefois capables de détruire massivement les poissons qu'il faudrait protéger a conduit à penser qu'ils étaient déjà trop efficaces. Ceci est faux si on entend par efficacité la capacité de capturer des poissons biologiquement et économiquement exploitables par l'homme, et non le pouvoir de destruction sur le fretin.

Cette erreur d'appréciation est peut-être responsable d'un désintérêt pour la recherche d'outils nouveaux mieux adaptés à la gestion des stocks. Il serait tellement plus satisfaisant de gérer rationnellement des moyens de capture rationnels que les outils inadaptés que nous devons souvent gérer aujourd'hui. Quand pourrions-nous capturer les poissons d'une espèce, d'une taille ou d'un poids donné en protégeant tous les autres? Toute technique apportant une réponse même partielle à cette question aidera à l'amélioration de la gestion rationnelle. Quand, réellement, le poisson n'aura plus aucune chance d'échapper à la capture, dès lors que l'homme en aura décidé à bon escient, il sera peut-être plus facile de faire admettre la rigueur dans l'application des réglementations. Il est en tout cas indispensable de bien mesurer l'impact des différents engins de pêche, ce qui nécessite des statistiques biologiques et technologiques beaucoup plus fines que celles dont nous disposons aujourd'hui. Une gestion basée sur de mauvaises statistiques peut aboutir à une condamnation abusive de la « dynamique des populations », peut-être même par ceux qui sont responsables de l'échec.

On espère beaucoup aujourd'hui sur l'apport explicatif des paramètres du milieu dans les nouveaux modèles en gestation. On pense ainsi en milieu tropical améliorer les prévisions du recrutement des stocks pélagiques particulièrement avec les données nouvelles de l'hydroclimatologie. Ailleurs, ce sont les données socio-économiques qui devraient améliorer la gestion.

Quelle que soit l'approche utilisée, la pêche reste le paramètre le plus important en dynamique des populations, soit parce qu'il reste le meilleur paramètre explicatif des variations de rendements, soit parce qu'il est toujours soumis à ces variations qui se traduisent plus ou moins bien au niveau des prises par unité d'effort. La dynamique des populations évolue forcément avec les possibilités de saisie des paramètres servant à la prévision. Les paramètres du milieu furent jadis inaccessibles aux scientifiques. La technologie moderne a changé radicalement cette situation.

Par contre, les efforts de pêche, les captures, les échantillons biologiques deviennent de plus en plus difficiles à obtenir dans de nombreuses organisations chargées de gestion. Le système des quotas qui n'est pas le mieux adapté pour résister aux pressions socio-politiques peut désorganiser complètement certains circuits de récolte de l'information. Les biologistes, qui chaque année ont à recoller les morceaux de l'année précédente, donnent parfois à l'extérieur l'image d'une perpétuelle errance dans leurs recommandations, ou au contraire, se figent dans une attitude intransigeante.

L'effort de réflexion sur les problèmes de la gestion a été entamé dans certains groupes de travail au niveau international. Cet effort devra s'intensifier et être commun aux halieutes, aux économistes, aux professionnels et administratifs, bref à tous ceux qui souhaitent que la pêche ne soit pas une simple survivance du passé mais ait une survie adaptative indispensable longtemps, très longtemps encore, à l'exploitation protéinique de la mer. Nous ne disposons aujourd'hui d'aucune

solution de rechange valable. L'aquaculture est pour demain un complément intéressant, elle peut devenir pour la pêche ce que l'horticulture est à l'agriculture (POSTEL, *comm. pers.*). Mais elle n'est pas la solution miracle de remplacement décrite par certains. Là où les réussites sont significatives, il s'est le plus souvent agi d'une symbiose entre aquaculture et pêche.

Ainsi, le captage des naissains, à la frontière de l'aquaculture et de la pêche, a permis des repeuplements en coquilles Saint-Jacques exploitées par la pêche et la pêche a fourni des aliments à l'aquaculture par transformation des espèces sans intérêt commercial en chair noble (truites, crevettes, etc.). Le Japon a produit dans des conditions de symbiose pêche-aquaculture, 1 000 000 t de produits marins qui s'ajoutent aux 11 000 000 t obtenus par la pêche classique que les Japonais n'entendent apparemment pas négliger, ni aujourd'hui, ni demain.

Manuscrit accepté le 4 mai 1983.

BIBLIOGRAPHIE

- ADAM (P.), 1981. — L'économie des pêches maritimes et le nouveau régime des zones de pêche de 200 milles. — *Rev. économ.* Presses de la Fondation nationale des Sciences politiques, **32** (6) : 1166-1187.
- AKENHEAD (S.A.), CARSCADEN (J.), LEAR (H.), LILLY (G.E.) et WELLS (R.), 1979. — The Cod Capelin Interaction off Northeast Newfoundland and Labrador. — Symposium sur l'aménagement des pêcheries multispécifiques, St-Jean-de-Terre-Neuve, 26-29 novembre 1979, 50 p.
- ALONCLE (H.), HAMRE (J.), RODRIGUEZ-RODA (J.) et TIEWS (K.), 1974. — Fifth report of the Bluefin Tuna Working Group. Observations on the size composition of bluefin tuna catches from 1970 to 1972. — *ICES, Coop. Res. Rep.*, n° 40 : 1-52.
- ANDERSEN (K.P.) et URSIN (E.), 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.
- ANDERSEN (L.D.) et PACIORKOWSKI (A.L.), 1978. — A review of the Northwest Atlantic Mackerel fishery. — *ICES, Symposium on the biological basis of pelagic fisheries management*, n° 11, 63 p.
- ANDERSON (L.G.), 1977. — The economics of fisheries management. — Baltimore : *The John Hopkins University Press*, 214 p.
- ANDREWARTA (H.G.) et BIRCH (L.G.), 1954. — The distribution and abundance of animals. — Chicago : University Chicago Press, 732 p.
- ANONYME, 1907. — La destruction des fonds de la mer. Pétition de la Chambre Syndicale des armateurs et pêcheurs de Port en Bessin à Monsieur le Ministre de la Marine (session de juillet 1906, Bayeux). — *Annuaire des cinq départements de la Normandie 74^e année*. — Caen : H. Delesques Edit., 327-337.
- ANONYME, 1979 a. — Species interactions. — *Rapport de réunion* (Campbell J.S. rapp.), groupe de travail sur l'aménagement des pêcheries multispécifiques, St-Jean-de-Terre-Neuve, 26-29 novembre 1979, 4 p.
- 1979 b. — Applications to fisheries. Case Studies. — *Rapport de réunion* (Wells, R. rapp.), *ibid.*, 5 p.
- 1979 c. — Fisheries Systems Research by Fisheries and Oceans, Canada. — *Rapport de réunion* (Sandemann E.J., rapp.), *ibid.*, 7 p.
- ANONYME, 1981. — Draft manual for the stomach sampling project. Stomach sampling meeting, Ijmuiden 13-15 January 81. — *Neth. Inst. Fish. Investig.* : 9, 5 appendices.
- ARNTZ (W.E.), 1978. — The « upper part » of the benthic food web : the role of macrobenthos in the western Baltic. — *Rapp. et P.V., CIEM*, **173** : 85-100.
- ARNTZ (W.E.) et BRUNSWIG (D.), 1975. — Studies on structure and dynamics of macrobenthos in the western Baltic carried out by the joint research programme « Interaction sea-sea-bottom ». — 10th European Symposium on marine Biology, Ostende, Belgium Sept. 17-23, **2** : 17-42.
- BAGENAL (T.B.), 1970. — A short review of fish fecundity. — *In* : The biological basis of Freshwater Fish Production/by Gerkins (S.D.) ed. — Oxford : Blackwell.
- BAHR (K.), 1952. — Untersuchungen über den Roten Thun (*Thunnus thynnus*, L.) in der Nordsee. — *Ber Dtsch. Wiss. Komm. Meeresforsch.*, **13** (1) : 64-78.
- BAJKOV (A.D.), 1935. — How to estimate the daily food consumption of fish under natural conditions. — *Trans. amer. Fish. Soc.*, **65** : 288-289.

- BAKUN (A.) et PARRISH (R.H.), 1980. — Environmental inputs to fishery population models for eastern boundary current regions. — *IOC Workshop Report*, n° 28 : 67-104.
- BARBER (R.T.) et RYTHER (J.H.), 1969. — Organic chelators : factors affecting primary production in the Cromwell Current Upwelling. — *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, **3** : 191-199.
- BARD (F.X.), 1981. — Le thon germon (*Thunnus alalunga*, Bonnaterre 1788) de l'Océan Atlantique. De la dynamique des populations à la stratégie démographique. — Thèse de Doctorat d'Etat, Université Pierre et Marie Curie, Paris : 337 p. multigr.
- BARKLEY (R.A.), NEILL (W.H.) et GOODING (R.M.), 1978. — Skipjack tuna (*K. pelamis*), habitat based on temperature and oxygen requirements. — *Fish. Bull.*, **76** (3) : 653-662.
- BARRO (M.), 1976. — Contribution à l'étude de la biologie et de la dynamique des Populations de *Brachydeuterus auritus*, Val. 1831 (Téléostéen, Pomadasidae) au large de la Côte d'Ivoire. — Thèse d'Université, Paris VI : 159 p.
- BEDDINGTON (J.R.), 1980. — Harvesting strategies for North Sea Herring and the effect of random variations in recruitment. - Rapport présenté au Comité scientifique et technique des Pêches de la CEE, Bruxelles, décembre 1980.
- BENNET (E.B.), 1966. — Influence of the Azores high on sea level pressure and wind, and on precipitation, in the Eastern Tropical Pacific Ocean. — *IATTC Bull.*, **12** (1) : 1-23.
- BERRIT (G.R.), 1958. — Les saisons marines à Pointe-Noire. — *Bull. CCOEC*, **10** (6) : 335-360.
- 1961. — Contribution à la connaissance des variations saisonnières dans le golfe de Guinée. — *Ibid*, **13** (10) : 715-727.
- 1962 a. — Contribution à la connaissance des variations saisonnières dans le golfe de Guinée. — *Ibid*, **14** (9) : 633-643.
- 1962 b. — Contribution à la connaissance des variations saisonnières dans le golfe de Guinée. — *Ibid*, **14** (10) : 719-729.
- BERRIT (G.R.) et DONGLY (J.R.), 1964. — La petite saison chaude dans la région orientale du golfe de Guinée. — *Bull. CCOEC*, **16** (8) : 657-672.
- BEVERTON (R.J.H.) et HOLT (S.J.), 1957. — On the dynamics of exploited fish populations. — *Fishery Invest.*, London, Ser. 2, **19** : 1-533.
- BINET (D.), 1976. — Biovolumes et poids sec zooplanctoniques en relation avec le milieu pélagique au-dessus du plateau ivoirien. — *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, **14** (4) : 301-326.
- 1978. — Zooplancton néritique ivoirien. Aperçu écologique. — *J. Res. Oceanogr.*, **8** (3) : 13-19.
- BINET (D.), DANDONNEAU (Y.), DONGLY (J.R.), de GEOFFROY (B.) et HENIN (C.), 1979. — Relations entre divers paramètres pouvant être recueillis en routine par un navire marchand. — *Mét-Mar*, n° 104, 3^e trimestre 1979, 5 p.
- BINET (D.) et SUISSÉ DE SAINTE CLAIRE (E.), 1975. — Contribution à l'étude du copépode planctonique *Calanoïdes carinatus* : répartition et cycle biologique du large de la Côte d'Ivoire. — *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, **13** (1) : 15-30.
- BJERKNES (J.), 1969. — Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific. — *Mon. Weath. Rev.*, **97** (3) : 163-172.
- 1972. — Large scale atmospheric response to the 1964-1965 Pacific Equatorial warming. — *J. Phys. Oceanogr.*, **2** : 212-217.
- BLANC (F.), CHARDY (P.), LAUREC (A.) et REYSS (J.P.), 1976. — Choix des métriques qualitatives en analyse d'inertie. Implications en écologie marine benthique. — *Mar. Biol.* **35** (1) : 49-68.
- BLEGVAD (H.), 1917. — On the food of fish in the Danish water within the Skaw. — *Rep. Danish. Biol. Sta.*, **24** : 17-72.
- BORDEAU (B.), 1980. — Phénomènes acoustiques appliqués à la pêche des téléostéens marins et continentaux. — Rapport stage DEA, Laboratoire de Géophysique appliquée, Paris VI, 98 p.
- BOYSEN-JENSEN (P.), 1919. — Valuation of the Limfjord-I. Studies on the fish food in the Limfjord, 1909-1917. — *Rep. Dan. Biol. Stn* **26** : 1-44.
- BROWN (H.), 1978. — The human future revisited. — New-York : W.W. Norton & Co.
- CARLSON (E.W.), 1975. — The measurement of relative fishing power using cross-section productions functions. *Rapp. et P.V. CIEM*, **168** : 84-198.
- CAVERIVIÈRE (A.), 1979. — Estimations des potentiels de pêche des stocks demersaux ivoiriens par les modèles globaux. Effets de la prolifération du baliste (*Balistes capriscus*). — *Doc. sci. CRO*, Abidjan, **10** (2) : 95-164.
- CAVERIVIÈRE (A.), CONAND (F.) et SUISSÉ DE SAINTE-CLAIRE (E.), 1976. — Distribution et abondance des larves de thonidés dans l'Atlantique tropico-oriental. Etudes des données de 1963 à 1974. — *Doc. sci. CRO*, Abidjan, **7** (2) : 49-70.
- CAVERIVIÈRE (A.), GERLOTTO (F.) et STEQUERT (B.), 1980. — *Balistes carolinensis*, nouveau stock africain. — *La Pêche Maritime*, août 1980 : 3-7.
- CAVERIVIÈRE (A.) et SUISSÉ DE SAINTE-CLAIRE (E.), 1980. — Recherches des larves de thonidés dans l'Atlantique Tropical Oriental. Campagnes effectuées en 1976-1977 par le N/O Capricorne. — *Doc. sci. CRO*, Abidjan, **11** (1).

- CHARDY (P.) et LE GUEN (J.C.), 1971. — Essais d'analyse multivariable d'une série de chalutages au Congo. — *Cah. ORSTOM, sér. océanogr.*, **9** (1) : 97-106.
- CHEVALIER (R.), MESNIL (B.), 1981. — Considérations sur les indices de mortalité par pêche. — CIEM 1981/G n° 86, 7 p.
- CITEAU (J.), BERRIT (G.R.) et VERCESI (L.), 1980. — The upwelling season in the Gulf of Guinea as observed by Meteosat. — Communication Atlantic Panel Workshop, Paris, 11-13 juin 1980, 8 p.
- CITEAU (J.) et NOEL (J.), 1979. — Quelques notes sur : — l'étude des températures de la mer au voisinage de Mauritanie et du Sénégal ; — l'analyse numérique d'une photographie aérienne de diffusion de colorant. — Coastal and marine applications of Remote Sensing, the sixth annual conference of the Remote Sensing Society, 18-19th december 1979 Dundee, 19 p.
- CLARK (W.C.), 1980. — Witches, floods and wonder drugs: historical perspectives on risk management. — *In*: Societal Risk Assessment: how Safe is Safe enough ?/by Schwing (R.C.) et Albers (W.A.) ed. — New York: Plenum Press, 287-318.
- CLARK (W.C.), JONES (D.D.), et HOLLING (C.S.), 1979. — Lessons for ecological policy design: a case study of ecosystem management. — *Ecol. Model.*, **7**: 1-53.
- CLARK (F.N.) et MARR (J.C.), s.d. — Population dynamics of the Pacific sardine. — *Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest. Progr. Rep.*: 11-48.
- COHEN (E.B.), GROSSLEIN (M.D.), SISENWINNE (M.P.) et STEINLE (F.), 1979. — An energy budget of Georges Bank. — Groupe de Travail sur l'aménagement des pêcheries multispécifiques, St-Jean-de-Terre-Neuve, 26-29 novembre. **79**: 30 p.
- CROSNIER (A.), 1965. — Les crevettes pénéides du Plateau continental malgache. — *Cah. ORSTOM, sér. océanogr.*, suppl., **4** (1) : 144 p.
- CROSNIER (A.) et BERRIT (G.R.), 1966. — Fonds de pêche le long de la côte des Républiques du Dahomey et du Togo. — *Doc. sci. Centre ORSTOM, Pointe-Noire*: 1-94.
- CUSHING (D.H.), 1969. — Upwelling and fish production. — *FAO Fish techn. Pap.*, n° 84 : 40 p.
— 1971 a. — A comparison of production in temperate seas and the upwelling areas. — *Trans. roy. Soc. South Africa*, **40** (1) : 17-33.
— 1971 b. — The dependence of recruitment on parent stock in different groups of fishes. *J. Cons.*, CIEM, **33**: 340-362.
- CUSHING (D.H.) et DICKSON (R.R.), 1976. — The biological response in the sea to climatic changes. — *Advances in marine Biology*, **14**: 1-122.
- DAAN (N.), 1973. — A quantitative analysis of the food intake of North Sea Cod, *Gadus morhua*. — *Neth. J. Sea Res.*, **6**: 479-517.
1975. — Consumption and production in the North Sea Cod, *Gadus morhua*, an assessment of the ecological status of the stock. — *Neth. J. Sea Res.*, **9**: 24-55.
- DANDONNEAU (Y.), 1979. — Concentrations en chlorophylle dans le Pacifique Tropical Sud-Ouest: comparaison avec d'autres aires océaniques tropicales. — *Oceanologica Acta*, **2** (2) : 133-142.
— 1980. — Time and space variations of surface chlorophyll in the Pacific Ocean: first results. — The Kuroshio, Proceedings of the fourth CSK symposium, UNESCO, IOC Tokyo, 1979: 678-696.
- DESSIER (A.), 1981. — Use of merchant ships for collecting zooplankton. — *Trop. Ocean Atmosph. Newsl.*, n° 7 : 2.
- DESSIER (A.) et LAUREC (A.), 1978. — Le cycle annuel du zooplankton à Pointe-Noire (R.P. Congo). Description mathématique. *Oceanologica Acta*, **1** (3) : 285-304.
- DIA (A.E.K.), 1972. — Etude de la nutrition de certains poissons clupéidés (Téléostéens) de Côte d'Ivoire. — *Projet de développement pêche côtière PNUD/FAO, Ministère Production Animale R/S*, 11/72 : 33 p.
- DICKIE (L.M.), 1979. — Perspectives on fisheries biology and implications for management. — *J. Fish. Res. Bd Canada* **36** (7) : 838-844.
- DICKIE (L.M.) et KERR (S.R.), 1979. — Alternative approaches to fisheries management. — Groupe de Travail sur l'aménagement des pêcheries multispécifiques, Saint-Jean-de-Terre-Neuve, 26-29 novembre 1979 : 21 p.
- DOMAIN (F.), 1972. — Poissons démersaux du plateau continental sénégalien. Application de l'analyse en composantes principales à l'étude d'une série de chalutages. — *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, **10** (2) : 111-123.
— 1980. — Contribution à la connaissance de l'écologie des poissons démersaux du plateau continental sénégal-mauritanien. Les ressources démersales dans le contexte général du Golfe de Guinée. — Thèse Doctorat d'Etat, Université Pierre et Marie Curie, Paris VI.
- DONGLY (J.R.), 1978 a. — The navifacial salinity in the Tropical South West Pacific Ocean. — *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, **16**: 107-136.
— 1978 b. — Surface salinity fluctuations between 1956 and 1973 in the Western Pacific Ocean. — *J. Phys. Oceanogr.*, **8**: 1132-1134.
— 1978 c. — Hydroclimatic anomalies in the South Pacific. — *Oceanologica Acta*, **1**: 25-30.
- DONGLY (J.R.) et HENIN (C.), 1974. — Salinités de surface caractéristiques du courant équatorial et du contre-courant équatorial nord à 150-160° E. — *La Mer, Bull. soc. franco-jap. Océanogr.*, **12** (2) : 14-19.
— 1976. — Anomalous navifacial salinities in the Tropical Pacific Ocean. — *J. Mar. Res.*, **34**: 355-364.

- 1977. Navifacial conditions in the North-West Pacific. — *J. Ocean. Soc. Japan*, **33** (4) : 183-189.
- 1980 a. Surface conditions in the eastern equatorial Pacific related to the intertidal convergence zone of the winds. — *Deep Sea. Res.* **27** A : 693-714.
- 1980 b. Climatic teleconnections in the Western South Pacific with El Nino Phenomenon. — *J. Phys. Oceanogr.*, **10** (12) : 1952-1958.
- 1981. — Two types of hydroclimatic conditions in the South Western Pacific. — *Oceanologica Acta*, **4** (1) : 57-62.
- DONGUY (J.R.), HENIN (C.), DANDONNEAU (Y.) et BINET (D.), 1979. — Etude hydroclimatique du Pacifique Tropical. — ORSTOM, Centre de Nouméa, 5 p., 6 fig., sept. 79.
- DONGUY (J.R.), HENIN (C.) et ROUGIERIE (F.), 1974. — Les principaux aspects de la dessalure des eaux superficielles du Pacifique Tropical sud-ouest. — *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, **12** (3) : 179-185.
- DONGUY (J.R.), BOUR (W.), GALENON (P.) et GUEREDRAT (J.A.), 1978. — Les conditions océanographiques et la pêche de la bonite (*Katsuwonus pelamis*) dans le Pacifique Occidental. — *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, **16** (3-4) : 309-318.
- DOUBLEDAY (W.G.) et BEACHAM (T.), 1979. — Southern Gulf of St Lawrence Cod. A review of Multispecies Models and Management Advises. — Groupe de Travail sur l'aménagement des pêcheries multispécifiques, St-Jean-de-Terre-Neuve, 26-29 nov. 1979 : 31 p.
- DU BUIR (M.H.), 1974. — Contribution à l'étude des populations de raies du nord-est Atlantique des Faeroë au Portugal. — Thèse Doctorat d'Etat, Paris VI : 171 p.
- DUFOUR (P.), GREMOUX (J.L.) et SLEPOUKHA (M.), 1981. — Contrôle nutritif de la biomasse du seston dans une lagune tropicale de Côte d'Ivoire. I — Etude méthodologique et premiers résultats. — *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, **51** : 247-267.
- DUFOUR (P.), LEMASSON (L.) et CREMOUX (J.L.), 1981. — Contrôle nutritif de la biomasse du seston dans une lagune tropicale de Côte d'Ivoire. II - Variations géographiques et saisonnières. — *J. exp. mar. Biol. Ecol.* **51** : 269-284.
- DUFOUR (Ph.) et SLEPOUKHA (M.), 1975. — L'oxygène dissous en lagune Ebrié : influence de l'hydroclimat et des pollutions. — *Doc. sci. CRO*, Abidjan, **6** (2) : 1-18.
- DURAND (J.R.), 1967. — Etude des poissons benthiques du plateau continental congolais. Troisième partie : répartition de l'abondance et variations saisonnières. — *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, **5** (2) : 3-68.
- 1979-1980. — Evolution des captures totales (1962-1977) et devenir des pêcheries de la région du lac Tchad. — *Cah. ORSTOM, sér. Hydrobiol.*, **13** (1-2) : 93-111.
- DURAND (J.R.), AMONKOTHIAS (J.B.), ECOLUTIN (J.M.), GERLOTTO (F.), HIE DARE (J.P.) et LAE (R.), 1978. — Statistiques de pêche en Lagune Ebrié. Années 1976-1977. — *Doc. sci. CRO*, Abidjan, **9**.
- DURAND (J.R.) avec la collaboration de LE GUEN (J.C.), POINSARD (F.) et TROADEC (J.P.), 1965. — Etude préliminaire de la répartition et de l'abondance des poissons benthiques du plateau continental congolais. — *Doc. S.R., Centre ORSTOM*, Pointe-Noire, n° 285 : 120 p.
- ELLIOT (J.M.), 1972. — Rates of gastric evacuation in brown trout *Salmo trutta* L. — *Freshwat. Biol.*, **2** : 1-18.
- FAGER (E.W.) et LONGHURST (A.R.), 1968. — Recurrent group analysis of species assemblages of demersal fish in the Gulf of Guinea. — *J. Fish. Res. Bd Canada*, **25** (7) : 1405-1421.
- FAVORITE (F.) et LAE VASTU (T.), 1979. — A study of the ocean migrations of sockeye salmon and estimation of the carrying capacity of the North Pacific Ocean using a dynamical numerical salmon ecosystem model (NOPASA). — Groupe de travail sur l'Aménagement des Pêcheries multispécifiques, Saint-Jean-de-Terre-Neuve, 26-29 nov. 1979 : 47 p.
- FISCUS (C.H.), 1978. — Marine mammal-salmonid interactions : a review. — NWAFC/MS Report.
- FONTANA (A.), 1979. — Etude du stock démersal côtier congolais. Biologie et dynamique des principales espèces exploitées. Propositions d'aménagement de la pêche. — Thèse Doctorat d'Etat, Université Pierre et Marie Curie, Paris VI : 300 p.
- FONTANA (A.) et CHARDY (A.), 1971. — Note préliminaire sur les variations dans l'importance des pontes de *S. aurita* dans la région de Pointe-Noire en fonction de certains facteurs hydrologiques et climatiques. — *Doc. sci. Centre ORSTOM*, Pointe-Noire, n° 16 N.S. : 7 p.
- FONTENEAU (A.), 1970. — La pêche au chalut sur le plateau continental ivoirien : équilibre maximal des captures. — *Doc. sci. CRO*, Abidjan, **1** (1) : 31-35.
- 1981. — Dynamique des populations d'Albacore (*Thunnus albacares*, Bonnaterre 1788) de l'Océan Atlantique. — Thèse Doctorat d'Etat, Université Paris VI, 1981 : 178 p.
- FORSBERG (E.D.), 1963. — Some relationships of meteorological, hydrographic and biological variables in the Gulf of Panama. — *IATTC Bull.*, **7** (1) : 109 p.
- 1969. — On the climatology, oceanography and fisheries of the Panama Bight. — *Ibid*, **14** (2) : 49-385.
- FORSBERG (E.D.) et JOSEPH (J.), 1964. — Biological production in the Eastern Pacific Ocean. — *IATTC Bull.*, **8** (9) : 479-527.
- FORTUNATOVA (K.R.), 1940. — On methods for quantitative study of the dynamics of feeding of marine predacious fishes. — *Dolk. Acad. Nauk. SSSR*, **29** : 244-248.

- FRY (F.E.J.) et WATT (K.E.F.), 1957. — Yields of year classes of the smallmouth bass hatched in the decade of 1940 in Manitoulin Island waters. — *Trans. am. Fish. Soc.*, **85** : 135-143.
- GARCIA (S.), 1976. — Biologie et dynamique des populations de crevettes roses (*Penaeus duorarum notialis*, Perez Farfante, 1967) en Côte d'Ivoire. — Thèse de Doctorat d'Etat, Université d'Aix-Marseille : 237 p.
- GARCIA (S.), BOELY (T.) et DOMAIN (F.), 1979. — Priorités en matière de recherche et d'aménagement. — *FAO Doc. techn. Pêches*, n° 186 (1) : 149-167.
- GARCIA (S.), FONTENEAU (A.) et PETIT (P.), 1973. — Biologie des *Penaeus duorarum* en Côte d'Ivoire. III — Etude des variations quotidiennes des rendements et de leur relation avec l'hydroclimat. Essai de généralisation au golfe de Guinée. — *Doc. Sci. CRO*, Abidjan, **4** (2) : 71-104.
- GAUSE (G.F.), 1934. — The struggle for existence. — New York : Hafner.
- GERLOTTO (F.), HEM (S.) et BRIET (R.), 1976. — Statistiques de pêche en lagunes Ebrié. Année 1975. — *CRO*, Abidjan, sér. *Archives*, **2** (1), déc. 76.
- 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 : 8 p.
- GHEHO (Y.) et LE GUEN (J.C.), 1968. — Détermination de l'âge et croissance de *Sardinella eba* (Val.) dans la région de Pointe-Noire. — *Cah. ORSTOM*, sér. *Océanogr.*, **6** (2) : 69-82.
- GHEHO (Y.) et POINSARD (F.), 1968. — Observations sur les jeunes sardinelles de la Baie de Pointe-Noire (Congo). — *Cah. ORSTOM*, sér. *Océanogr.*, **6** (2) : 53-67.
- GLEMAREC (M.), 1979. — Problèmes d'écologie dynamique et de succession en Baie de Concarneau. — *Vie et Milieu*, **28-29** AB (1) : 1-20.
- GOHIN (F.) et LAUREC (A.), 1981 a. — Note sur le calcul analytique de l'impact d'un changement de maillage. — *CIEM*, C.M. 1981/G : 34, 15 p.
- GORDON (M.S.), 1953. — An economic approach to the optimum utilization of fishery resources. — *J. Fish. Res. Board. Canada*, **30** : 2040-2050.
- GRAS (R.) et SAINT JEAN (L.), 1978. — Durée et caractéristiques du développement juvénile de quelques cladocères du lac Tchad. — *Cah. ORSTOM*, sér. *Hydrobiol.*, **12** (2) : 119-136.
- GROOT (S.J. de), 1971. — On the inter-relationships between morphology of the alimentary tract, food and feeding behaviour in flatfishes. — *Neth. J. Sea Res.* **5** (2) : 121-196.
- GROSSLEIN (M.D.), LANGTON (R.W.) et SISSEWINE (M.S.), 1978. — Recent fluctuations in Pelagic Fish Stocks of the Northwest Atlantic, Georges Bank Region, in relation to species interactions. — ICES, Symposium on the Biological Basis of Pelagic Fish Stock Management, Contr. 25.
- GULLAND (J.A.), 1979. — Fisheries Mathematics (review of J.H. Steele ed.). — *J. Cons.*, *CIEM*, **38** : 347-348.
- GUILLERM (J.M.), 1981. — Contribution à l'océanographie physique du Golfe de Guinée : hydrologie et circulation saisonnières sur une radiale au large de Pointe-Noire (Congo). — Thèse d'Université, UBO, Brest, février 1981 : 203 p.
- HAMRE (J.), LOZANO (F.), RODRIGUEZ-RODA (J.) et TIEWS (K.), 1966. — Second report of the Bluefin Tuna Working Group. On the development of the Bluefin Tuna fisheries from 1950 to 1964 and further observations on size composition of Bluefin Tuna catches. — *Stat. News Letters*, *CIEM*, n° 26 : 1-34.
- 1968. — Third report from the Bluefin Tuna Working Group. Observations on the size composition of Bluefin Tuna catches from 1965-1966. — *Ibid*, n° 38 : 1-27.
- HAMRE (J.), MAURIN (C.), RODRIGUEZ-RODA (J.) et TIEWS (K.), 1971. — Fourth report of the Bluefin Tuna Working Group. Observations on the size composition of Bluefin Tuna catches from 1967-1969. — *Coop. Res. Rep.*, ser. A, *CIEM*, n° 23 : 1-49.
- HAMRE (J.) et TIEWS (K.), 1964. — Report from the Bluefin Tuna Working Group. On the size composition of Bluefin Tuna catches from 1956-1962. — *Sta. News Letters*, *CIEM*, n° 20 : 1-43.
- HANSEN (H.) et NANSSEN, 1909. — The Norwegian Sea. — *Rep. Norveg. Fish. Invest.*, **2** (1).
- HEAL (G.), 1976. — The relationship between price and extraction cost a resource with a backstop technology. — *The Bell. J. Econ.*, **7** (2) : 371-378.
- HEATWOLE (H.) et LEVINS (R.), 1973. — Biogeography of the Puerto Rican Bank : species turnover on a small cay, Cayo Ahogade. — *Ecology*, **54** (5) : 1042-1055.
- HELGASON (T.) et GISLASON (H.), 1979. — V.P.A. analysis with species interaction due to predation. — *CIEM*, C.M. 1979/G, 52 p.
- HENIN (C.) et DONGLY (J.R.), 1979. — Sea surface salinity and temperature anomalies between Japan and New Caledonia (1969-1978). — *Proc. 4th CSK Symposium* : 321-331.
- 1980. — Heat content changes within the mixed layer of the Equatorial Pacific Ocean. — *J. mar. Res.*, **38** (4) : 767-779.
- HERBLAND (A.) et VOITURIEZ (B.), 1977. — Production primaire, nitrate et nitrite dans l'Atlantique tropical. (1) Distribution de nitrate et production primaire. — *Cah. ORSTOM*, sér. *Océanogr.*, **15** : 47-55.
- HERBLAND (A.) et VOITURIEZ (B.), 1979. — Hydrological structure analysis for estimating the primary production in the tropical atlantic ocean. — *J. Mar. Res.*, **37** : 87-101.
- HILBORN (R.) et LEDBETTER (M.), 1979. — Analysis of the British Columbia salmon purse-seine fleet : dynamics of movement. — *J. Fish. Res. Bd Canada*, **36** : 384-391.

- HILL (H.W.) et LEE (A.J.), 1957. — The effect of wind on water transport in the region of the Bear Island fishery. — *Proc. roy. Soc., U.K.*, **148** B : 104-116.
- HISARD (Ph.) et MERLE (J.), 1980. — On set of summer surface cooling in the Gulf of Guinea during GATE. — *Deep Sea Res., supp. 2*, **26** : 325-342.
- HISARD (Ph.) et PITON (B.), 1981. — Interannual variability in the Eastern Tropical Atlantic during the last decades. — Paper presented to Symposium, SCOR, WG 47, Venise.
- HOLLING (C.S.), 1973. — Resilience and stability of ecological systems. — *Ann. Rev. Ecol.* **4** : 1-23.
— 1978. — Myths of ecological stability: resilience and the problem of failure. — *In: Studies on crisis management/by Smart (C.F.) et Stanbury (W.T.) ed.* — Montreal: Institute for Research on public Policy, 97-109 (*J. Bus. Adm.*, **9** (2) : 97-109).
— 1980. — Resilience in the unforgiving society. — Institute of Resource Ecology, University British Columbia : 8 p.
- HOLLING (C.S.), HUANG (C.C.) et VERTINSKY (I.), 1978. — Technological change and resource flow alignments: an investigation of systems growth under alternative funding/feedback. — *In: Progress in Cybernetics and Systems Research/by Trappl (R.) ed.* — Washington: Hemisphere Publishers Corporation, **5**, 117-129.
- HUBBS (C.), 1922. — Variation in the number of vertebrae and other meristic characters of fishes correlated with the temperature of the water during development. — *American Naturalist*, **56**.
- HUNTSMAN (S.A.) et BARBER (R.T.), 1977. — Primary production off northwest Africa: the relationship to wind and nutrient conditions. — *Deep Sea Res.*, **24** : 25-33.
- HUPPERT (D.D.), 1979. — Implications of multi purpose fleets on mixed stocks for control policies. — *J. Fish. Res. Bd Canada*, **36** : 845-854.
- IATTC, 1979. — Skipjack and the mixing index. — *IATTC Bimonthly Report*, nov.-déc. 79 : 10-13.
- INTES (A.), 1980. — Les annélides polychètes du Golfe de Guinée central. Systématique, écologie, zoogéographie. — Thèse de Doctorat d'Etat Université de Bretagne Occidentale, Brest, avril 1980; 264 p.
- INTES (A.) et LE LOUEFF (P.), 1976. — Le régime alimentaire de *Dentex angolensis*, Poll et Maul, 1953 (Sparidae). — *Doc. sci. CRO*, Abidjan, **7** (1) : 91-99.
- IVLEV (V.S.), 1939. — The energy balance of the growing larva of *Silurus glanis*. — *Dolk Acad. Nauk. SSSR*, **25** : 87-89.
— 1961. — Experimental ecology of the feeding of fishes. — New Haven: Yale University Press, 302 p.
- IZHEVSKII (G.K.), 1964. — Forecasting of Oceanological conditions and the reproduction of commercial fish. — Translated by Israel Program for Scientific Translation, Jerusalem 1966 from VNIRO; 95 p.
- JARRIGE (F.), BOURRET (Ph.) et GUILLERM (J.M.), 1979. — Observation d'une zone de frontière thermique dans le sud-ouest du Pacifique. — *Rapp. sci. techn., Océanogr., ORSTOM*, Nouméa, n° 5 : 11 p.
- JONES (R.), 1978. — Estimates of the food consumption of haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) and cod (*Gadus morhua*). — *J. Cons., CIEM* **38** : 18-27.
— 1979. — Species interactions in the North Sea. — Groupe de Travail sur l'aménagement des pêcheries multispécifiques, St-Jean-de-Terre-Neuve, 26-29 nov. 1979 : 13 p., 3 annexes.
- JOSEPH (J.) et GREEMOUGH (J.W.), 1979. — International Management of Tuna, Porpoise and Billfish. Biological, legal and Political Aspects. — Seattle and London: University of Washington Press, 253 p.
- KARPEVITCH (A.F.), 1958. — The present and the future of the Sea of Azov. — *Priroda* (1).
- KERR (S.R.), 1974. — Theory of size distribution in ecological communities. — *J. Fish. Res. Bd Canada*, **31** : 1859-1862.
— 1977. — Structure and transformation of fish production systems. — *Ibid*, **34** : 1989-1993.
- KITCHELL (J.F.), WINDELL (J.T.), 1968. — Rates of gastric digestion in pumpkinseed sunfish, *Lepomis gibosus*. — *Trans. amer. Fish. Soc.*, **97** : 489-492.
- LAEVASTU (T.) et FAVORITE (F.), 1978. — Numerical evaluation of marine ecosystem. Part I: Deterministic Buec Biomass Model (BBM). Part II: Dynamical Numerical Marine Ecosystem Model (Dynumes III) for evaluation of fishery resources. — Northwest Fisheries Center, Seattle, Wash.
- LAEVASTU (T.), FAVORITE (F.) et LARKINS (A.), 1979. — Resource assessment and evaluation of the dynamics of the Fisheries Resources in the Pacific with numerical ecosystem models. — Groupe de Travail sur l'aménagement des pêcheries multispécifiques, St-Jean-de-Terre-Neuve, 26-29 nov. 1979; 35 p.
- LARKIN (P.A.), 1979. — Maybe you can't get there from here: history of research in relation to management of Pacific Salmon. — *J. Fish. Res. Bd Canada*, **36** (1) : 98-106.
- LASKER (R.), 1962. — Efficiency and rate of yolk utilization by developing embryos and larvae of the Pacific sardine *Sardinops caerulea* (Girard). — *J. Fish. Res. Bd Canada*, **19** : 867-875.
— 1964. — An experimental study of the effect of temperature on the incubation time, développement and growth of Pacific sardine embryos and larvae. — *Copeia*, n° 2 : 399-405.
— 1975. — Field criteria for survival of anchovy larvae: the relation between inshore chlorophyll maximum layers and successful first feeding. — *Fishery Bull.*, **73** : 453-462.
- LASKER (R.), FEDER (H.M.), THEILACKER (G.H.) et MAY (R.C.), 1970. — Feeding, growth and survival of *Engraulis mordax* larvae reared in the laboratory. — *Mar. Biol.*, **5** : 345-353.

- LASKER (R.) et SMITH (P.E.), 1977. — Estimation of the effects of environmental variations of the eggs and larvae of the northern anchovy. — *Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest. Rep.*, 19 : 128-137.
- LASKER (R.) et THEILACKER (G.H.), 1962. — Oxygen consumption and osmoregulation by single Pacific sardine eggs and larvae (*Sardinops caerulea* Girard). — *J. Cons.*, CIEM, 27 (1).
- LASKER (R.) et ZWEIFEL (J.R.), 1978. — Growth and survival of first-feeding northern anchovy larvae (*Engraulis mordax*) in patches containing different proportions of large and small prey. — *In*: Spatial Pattern in Plankton Communities/Steele (J.H.) ed. — 329-354.
- LAUREC (A.), FONTENEAU (A.), CHAMPAGNAT (C.), 1980. — A study of the stability of some stocks described by self generating stochastic models. — *Rapp. et P.V.*, CIEM, 177 : 423-438.
- LAUREC (A.) et LE GUEN (J.C.), 1977-1978. — Capture par unité d'effort (c.p.u.e.) des senneurs et abondance ; impact des structures fines. — *Rec. Doc. sci.*, CICTA, Madrid, 7 (1) : 30-54.
- 1980-1982. — Dynamique des populations marines exploitées. Tome I : Concepts et modèles. — Séminaire Dynamique Populations, GSG/COB, Brest, 8-26 septembre 1980 : 180 p. (sous presse), CNEXO ed.
- LAUREC (A.) et MAUCORPS (A.), 1981. — Complément sur l'utilisation de modèles stochastiques. — Groupe de Travail d'évaluation des stocks de harengs au sud de 62° N. 27/4 au 5/5/1981, CIEM, Copenhague : 16 p.
- 1981. — Note sur l'utilisation des règles de décision en gestion des stocks. — CIEM, C.M. 1981 H 37 : 19 p.
- LAUZANNE (L.), 1978 a. — Etude quantitative de l'alimentation de *Sarotherodon galilaeus* (Pisces, Cichlidae) du lac Tchad. — *Cah. ORSTOM, sér. Hydrobiol.*, 12 (1) : 71-82.
- 1978 b. — Equivalents caloriques de quelques poissons et de leur nourriture. — *Ibid.*, 12 (1) : 89-92.
- LAUZANNE (L.), ILTIS (A.), 1975. — La sélection de la nourriture chez *Tilapia galilea* (Pisces, Cichlidae) du lac Tchad. — *Cah. ORSTOM, sér. Hydrobiol.*, 9 (3) : 193-199.
- LAVALLE de (J.A.) et GARCIA (G.P.), 1912. — De una hipotesis sobre la grande mortalidad de la aves producteras de guana y su emigracion de las islas. — *Mem. Comp. Adm. Guano*, Lima, n° 3.
- LEBEDEV (N.V.), 1967. — Elementary populations of fish. — Traduit du russe par Israel Program for Scientific Translation, Jerusalem, 1969, 224 p.
- LE BORGNE (R.), 1981. — Relationships between the hydrological structure, chlorophyl and zooplankton biomasses in the Gulf of Guinea. — *J. Plankt. Res.*, sous presse.
- LE BORGNE (R.) et BINET (D.), 1979. — Dix ans de mesures de biomasses de zooplankton à la station côtière d'Abidjan : 1969-1979. — *Doc. sci. CRO*, Abidjan, 10 (2) : 165-176.
- LE GUEN (J.C.), 1968. — Etude d'un stocks d'albacores (*Thunnus albacares*) exploité par les palangriers japonais dans l'Atlantique Tropical américain de 1956 à 1963. — *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 6 (3-4) : 27-30.
- 1971. — Dynamique des populations de *Pseudolithus (fonticulus) elongatus* (Bowd, 1825), Poissons sciaenidae. — *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 9 (1) : 3-84.
- 1972. — Stocks, échantillonnage, effort de pêche, puissance de pêche. — Cours de Dynamique des Populations, DEA d'Océanographie biologique, Université de Bretagne occidentale. — *Doc. Centre ORSTOM, Pointe-Noire, N.S.*, n° 22 : 55 p., multigr.
- LE GUEN (J.C.), BAUDIN-LAURENCIN (F.) et CHAMPAGNAT (C.), 1969. — Croissance de l'albacore (*Thunnus albacares*) dans les régions de Pointe-Noire et Dakar. — *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 7 (1) : 19-40.
- LE GUEN (J.C.) et CHAMPAGNAT (C.), 1968. — Croissance des albacores (*Thunnus albacares*) dans les régions de Pointe-Noire et Dakar. — *Doc. Centre ORSTOM, Pointe-Noire*, n° 431 : 24 p.
- LE GUEN (J.C.) et CROSMER (A.), 1968. — Contribution à l'étude du rythme quotidien d'activité de la crevette *Penaeus duorarum* Burkenroad (Crustacea Decapoda Natantia). — *Bull. Mus. nat. Hist. nat.*, 40 (2) : 342-350.
- LE GUEN (J.C.) et FONTANA (A.), 1971. — Diagrammes de rendement pour plusieurs espèces pêchées simultanément dans un chalut. — *Doc. Centre ORSTOM, Pointe-Noire, N.S.*, n° 14 : 7 p.
- LE GUEN (J.C.) et ISSANGA (M.), 1971. — Etude et mise en valeur des ressources en poissons pélagiques UNDP/SF/217/CON(B), rapport de mer. — *Doc. Centre ORSTOM, Pointe-Noire*, n° 520 : 19 p.
- LE GUEN (J.C.) et PIANET (R.), 1975. — Equation de production. Adaptation du modèle de Ricker à un stock de poissons exploités par différents engins. — *Doc. sci. CRO*, Abidjan, 6 (1) : 67-70.
- LE GUEN (J.C.), POINSARD (F.) et GAYDE (J.), 1968. — La campagne thonière 1967 à Pointe-Noire (Congo). — *Doc. Centre ORSTOM, Pointe-Noire*, n° 428 : 25 p.
- LE GUEN (J.C.), POINSARD (F.) et TROADEC (J.P.), 1965 a. — La pêche de l'albacore (*Neothunnus albacares* Bonnatte) dans la zone orientale de l'Atlantique oriental. — *Doc. Centre ORSTOM, Pointe-Noire*, n° 263 : 27 p. multigr.
- 1965 b. — The yellowfin tuna fishery in the eastern tropical Atlantic. — *Comm. Fish. Rev.*, 27 (8) : 7-18.
- LE GUEN (J.C.) et WISE (J.P.), 1967. — Méthode nouvelle d'application du modèle de SCHAEFFER aux populations exploitées d'albacores (*Thunnus albacares*) dans l'Atlantique. — *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 5 : 79-93.
- LE LOEUFF (P.) et INTES (A.), 1968. — La faune benthique du plateau continental de Côte d'Ivoire. Récoltes au chalut : abondance, répartition, variations saisonnières. — *Doc. sci. prov. CRO*, Abidjan, 25 : 78 p.
- 1969. — Premières observations sur la faune benthique du plateau continental de Côte d'Ivoire. — *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 7 (4) : 61-66.
- 1973. — Note sur le régime alimentaire de quelques poissons démersaux de Côte d'Ivoire. — *Doc. sci. CRO*, Abidjan, 4 (2) : 17-44.

- 1974. — Les thalassinidea (*Crustacea decapoda*) du golfe de Guinée. Systématique, écologie. — *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, **12** (1) : 17-69.
- LEMASSON (L.) et PAGES (J.), 1981. — Excretion of dissolved organic phosphorus in Tropical Brackish Waters. — *Estuar. Coast. Shelf. Sci.*, **12** : 511-523.
- LEMASSON (L.), PAGES (J.) et CREMOUX (J.L.), 1980. — Inorganic Phosphate Uptake in a Brackish Tropical Lagoon. — *Estuar. Coast. mar. Sci.*, **11** : 547-561.
- LEMASSON (L.) et PITON (B.), 1968. — Anomalia dinamica de la superficia del mar a lo largo del Ecuador en el Oceano Pacifico, Armada Argentina. — *Bol. Serv. Hidro. Naval*, **6** (3) : 296-303.
- LE RESTE (L.), 1973. — Etude du recrutement de la crevette *Penaeus indicus* H. Milne Edwards dans la région de Nosy-Bé (côte NO de Madagascar). — *Bull. Madagascar*, **320**, 15 p.
- LETT (P.F.), 1978. — A comparative study of the recruitment mechanisms of cod mackerel, their interaction, and its implications for dual stock management. — Ph. D. Thesis, Dalhousie Univ., déc. 1978.
- LEVINS (R.) et HEATWOLE (H.), 1973. — Biogeography of the Puerto Rican Bank: introduction of species onto Palominos Island. — *Ecology*, **54** (5) : 1056-1064.
- LJUNGMAN (A.), 1882. — Contribution towards solving the question of the secular periodicity of the great herring fisheries. — *U.S. Commission on Fish and Fisheries*, **7** (7) : 497-503.
- LONGHURST (A.R.), 1959. — Prediction of selection factors in a tropical trawl fishery. — *Nature, London*, **184** : 1170-1175.
- 1960. — A summary survey of the food of West African demersal fish. — *Bull. IFAN*, **22** A (1) : 276-282.
- 1969. — Species assemblages of tropical demersal fish. — *FAO Fish. Rep.*, 151 : 71 p.
- LOTKA (A.J.), 1939. — Théorie analytique des associations biologiques. II. Analyse démographique avec application particulière à l'espèce humaine. — *Actual. sci. industr.*, **780** : 1-149.
- LOUCKS (R.H.) et SUTCLIFFE (W.), 1978. — A simple fish population model including environmental influence for two western Atlantic shelf stocks. — *J. Fish. Res. Bd Canada*, **35** (3) : 279-295.
- LUHMANN (M.), 1959. — Die Deutsche Thunfischerei und ihre Fänge in den Jahren, 1956-1958. — *Arch. Fish. Wiss.*, **10** (1/2) : 68-99.
- MACER (C.T.), 1967. — The food web in Red Wharf Bay (North Wales) with particular reference to young plaice (*Pleuronectes platessa*). — *Helgol. Wiss. Meeresunters.*, **15** : 560-573.
- MANN (K.H.), 1964. — The pattern of energy flow in the fish and invertebrates fauna of the river Thames. — *Verhandl. Intern. Verein. Limnol.*, **15** : 485-495.
- 1972 a. — Ecological energetics of the seaweed zone in a marine bay on the Atlantic coast of Canada. I — Zonation and biomass of seaweeds. — *Mar. Biol.*, **12** : 1-10.
- 1972 b. — Ecological energetics of the seaweed zone in a marine bay on the Atlantic coast of Canada. II — Productivity of the seaweeds. — *Ibid.*, **14** : 199-209.
- MARCILLE (J.), 1978. — Dynamique des populations de crevettes pénéides exploitées à Madagascar. — *Trav. Doc. ORSTOM*, n° 92 : 197 p.
- MENESGUEN (A.), 1980. — La macrofaune benthique de la baie de Concarneau; peuplements, dynamique des populations, prédation exercée par les poissons. — Thèse de 3^e cycle, juin 1980, UBO, Brest : 127 p.
- MERLE (J.), 1978. — Atlas hydrologique saisonnier de l'océan Atlantique Intertropical. — *Trav. Doc. ORSTOM*, n° 82 : 184 p.
- MERLE (J.), FIEUX (M.) et HISARD (Ph.), 1980. — Annual signal and interannual anomalies of sea surface temperature in the Eastern equatorial Atlantic Ocean. — *Deep. Sea Res.*, supp. II, **26** : 77-102.
- MILLER (D.S.) et CARSCADEN (J.E.), 1979. — Biological characteristics and biomass estimates of capelin in ICNAF, Div. 2 J + 3 K using a sequential capelin abundance model. — *ICNAF Res. Doc.* 79/32, Sci. n° 5358.
- MILLER (F.R.) et LAURS (R.M.), 1975. — The El Nino of 1972-1973 in the Eastern Tropical Pacific Ocean. — *IATTC Bull.*, **16** (5) : 403-448.
- MINET (J.P.) et PERODOU (J.R.), 1978. — Predation of cod (*Gadus morhua*) on capelin (*Mallotus villosus*) off eastern Newfoundland and in the Gulf of St Lawrence. — *ICNAF Res. Bull.*, **13** : 11-20.
- MITCHELL (C.L.), 1979. — The bioeconomics of multi-species exploitation in Fisheries, management implications. — Groupe de Travail sur l'aménagement des pêcheries multispécifiques, St-Jean-de-Terre-Neuve, 26-29 nov. 1979, 19 p.
- MOREAU (J.), 1979. — Biologie et évolution des peuplements de Cichlidés (Pisces) introduits dans les lacs malgaches d'altitude. — Thèse Doctorat d'Etat, INP Toulouse **38** : 345 p.
- 1979-1980. — Le lac Alaotra à Madagascar: cinquante ans d'aménagement des pêches. — *Cah. ORSTOM, sér. Hydrobiol.*, **13** (3-4) : 171-179.
- NELSON (W.R.), INGHAM (M.C.) et SCHAAP (W.E.), 1977. — Larval transport and year class strength of Atlantic menhaden, *Brevoortia tyrannus*. — *Fish. Bull.*, **75** (1) : 23-42.
- NIKOLSKY (G.V.), 1963. — The ecology of fishes (translated by Birkett L.). — London and New York : Academic Press, 352 p.
- ORSTOM, 1980. — Proceedings of the regional workshop of the oceanography of the South West Pacific (ORSTOM France — CSIRO Australia DSIR and FRD New-Zealand). — ORSTOM, Nouméa (Nouvelle-Calédonie). 22-26 août 1977 : 86 p.

- OWEN (R.W.), 1980. — Patterning of flow and organisms in the larval anchovy environment. — *IOC Workshop Rep.*, n° 28 : 167-200.
- PAGES (J.), LEMASSON (L.) et DUFOUR (Ph.), 1981. — Primary production measurement in a brackish tropical lagoon, effect of light, as studied at some stations by the ^{14}C method. — *Rev. Hydrobiol. trop. Orstom*, **14** (1) : 3-15.
- PALOHEIMO (J.E.) et DICKIE (L.M.), 1965. — Food and growth of fishes. I — A growth curve derived from experimental data. — *J. Fish. Res. Bd Canada*, **22** : 521-542.
- PALOHEIMO (J.E.) et REGIER (H.A.), 1979. — Ecological approaches with multi-species resources in multiple use situations in multi-stressed freshwater ecosystems. — Groupe de travail sur l'aménagement des pêcheries multispécifiques, St-Jean-de-Terre-Neuve, 26-29 nov. 1979 : 14 p.
- PARKER (R.R.) et LARKIN (P.A.), 1959. — A concept of growth in fishes. — *J. Fish. Res. Bd Canada*, **16** : 721-745.
- PAULIK (G.I.) et BAYLIFF (W.F.), 1967. — A generalized computer program for the Ricker model of equilibrium yield per recruitment. — *J. Fish. Res. Bd Canada*, **24** (2) : 249-259.
- PAULY (D.), 1979. — Theory and management of Tropical Multispecies Stocks. A review with emphasis on the Southeast Asian Demersal Fisheries. — *ICLARM Stud. Rev.*, n° 1 : 35 p.
- PETTERSON (O.), 1921-1922. — Kosmiska orsaker till rövelserna uti hafuets och atmosfärens mellauskikt. — *Svenska Hydrogr.-biolog. Kommis. fyrskepp sunder sökning*, 7 : 23 p.
- PHILLIPART (J.C.), 1975. — Dynamique des populations de poissons d'eau douce non exploitées. — In : Problème d'Ecologie/par Lamotte (M.) et Bourlière (F.) éd. — Paris : Masson, 292-394.
- PIELOU (E.C.), 1977. — Mathematical ecology. — London : John Wiley and sons, 384 p.
- PITON (B.), POINTEAU (J.H.) et WAUTHY (B.), 1979. — Données hydroclimatiques à Pointe-Noire Congo) 1953-1979. — *Doc. Centre ORSTOM, Pointe-Noire, N.S.*, n° 53 : 60 p.
- PLATT (T.) et DENMAN (K.L.), 1977. — Organization in the pelagic ecosystem. — *Helgol. Wiss. Meeresunters.*, **30** : 575-581.
- 1978. — The structure of pelagic marine ecosystems. — *Rapp. P.V., CIEM*, **173** : 60-65.
- POINSARD (F.) et LE GUEN (J.C.), 1966. — La pêche de l'albacore (*Thunnus albacares*) dans le sud du golfe de Guinée. Résultats de la campagne 1965. — *Doc. Centre ORSTOM, Pointe-Noire*, n° 331 : 20 p., multigr.
- 1966. — La pêche de l'albacore dans le sud de Guinée. — *La Pêche Maritime*, n° 1065 : 906-911.
- 1970. — Note sur les variations quotidiennes de vulnérabilité au chalutage de trois espèces de poissons du genre *Pseudolithus* du Plateau Continental congolais. — *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, **8** (2) : 57-64.
- POPE (J.G.), 1975 a. — A note on the mixed species problem. — *ICNAF Res. Doc.*, 75/IX/119.
- 1975 b. — The effect of biological interactions on the theory of mixed fisheries. — *ICNAF Res. Doc.*, 75/IX/127.
- 1976. — The effect of biological interactions on the theory of mixed fisheries. — *ICNAF Select. Pap.*, **1** : 157-165.
- 1978. — Evaluation des stocks plurispécifiques. — Séminaire ACDI/FAO/COPACE sur Ressources halieutiques, Casablanca (Maroc) 6-24/3/1978.
- 1979. — A modified cohort analysis in which constant natural mortality is replaced by estimates of predation levels. — *CIEM C.M.* 1979/H : 16 p.
- POSTEL (E.), 1965. — Les thoniers congélateurs français dans l'Atlantique africain. — *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, **3** (2) : 19-62.
- PRINGLE (J.D.), SHARP (G.J.) et CADDY (J.F.), 1979. — A review of the interaction between carnivores, herbivores and benthic macro algae in the northwest Atlantic and the implications on fisheries management. — Groupe de Travail sur l'aménagement des pêcheries multispécifiques, St-Jean-de-Terre-Neuve, 26-29 nov. 1979 : 31 p.
- QUINIQU (L.), 1978. — Les poissons démersaux de la baie de Douarnenez. Alimentation et écologie. — Thèse 3^e cycle, UBO, Brest : 222 p.
- REPELIN (R.), 1978. — Les amphipodes pélagiques du Pacifique Occidental et central. — *Trav. Doc. ORSTOM*, n° 86 : 381 p.
- RICKER (W.E.), 1958. — Handbook of computation for biological statistics of fish population. — *Bull. Fish. Res. Bd Canada*, **119** : 300 p.
- 1975. — Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. — *Ibid*, **191** : 382 p.
- RIJAVEC (L.), 1973. — Biology and dynamics of *Pagellus coupei* (Dieuz, 1960), *Pagrus ehrenbergi* (Val. 1830) and *Dentex carariensis* (Poll. 1954) in Ghana Waters. — *Doc. sci. CRO*, Abidjan, **4** (3) : 49-97.
- ROBERT (P.), 1977. — Dictionnaire alphabétique et analogique de la langue française. Directeurs de rédaction : Rey (A.) et Rey-Debone (J.). — Paris : Société du Nouveau Littérature, 2173 p.
- ROSEN (R.), 1969. — Hierarchical organization in automata theoretic models of biological systems. — In : Hierarchical structures/by White (L.L.), Wilson (A.G.) et Wilson (D.), ed. — New York : American Elsevier Publ. Co. Inc.
- 1972. — On the relation between structural and functional descriptions of biological systems. — *Int. J. Neurosci.*, **3** : 107-112.
- ROTSCHI (H.) et WAUTHY (B.), 1973. — Hydrologie et dynamique dans le Pacifique Occidental Tropical en relation avec les mécanismes de fertilisation. — *Bull. Mus. nat. Hist. nat.*, 3^e sér., n° 147 : 65-81.

- RYDER (R.A.), KERR (S.R.), LOFTUS (K.H.) et REGIER (H.A.), 1974. — The morphoedaphic index, a fish yield estimator-review and evaluation. — *J. Fish. Res. Bd Canada*, **31**: 663-688.
- SAMBA (G.), 1974. — Contribution à l'étude de la biologie et de la dynamique d'un Polynemidae ouest-africain, *Galeoides decadactylus*. — Thèse 3^e cycle, Université de Bordeaux I, n° 1141, 114 p.
- SAVILLE (A.), 1959. — The planktonic stages of the haddock in Scottish waters. — *Mar. Res.*, **3**.
- SCHAEFER (M.B.), 1954. — Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries. — *IATTC Bull.*, **1** (2): 27-56.
- 1957. — A study of the dynamics of the fishery for yellowfin tuna in the eastern tropical Pacific Ocean. — *Ibid.*, **2**: 247-268.
- 1970. — Men, birds and anchovies in the Peru Current. — *Trans. amer. Fish. Soc.*, **99**: 461-467.
- SELIVERSTOV (A.S.) et SEREBROV (L.I.), 1979. — Status of capelin stocks in Divisions 2 J et 3 K in 1978. — *ICNAF Res. Doc.*, 79/30, sér. n° 5356.
- SETTE (D.E.), 1957. — Nourishment of Central Pacific stocks of tuna by the equatorial circulation system. — *Proc. 8th. Pacific Sci. Congress* 1953.
- SHARP (G.D.), 1978. — Behavioural and physiological properties of tuna and their effects on vulnerability to fishing gear. — *In: The Physiological Ecology of Tunas/by Sharp (G.D.) et DIZON (A.E.)*, ed. — New York, San Francisco and London: Academic Press, 397-450.
- 1980. — Colonization: modes of opportunism in the Ocean. — *IOC Workshop Rep.*, n° 28: 143-166.
- 1980. — Report of the workshop on effects of environmental variations of larval pelagic fishes. — *Ibid.*, n° 28: 15-65.
- SHELDON (R.W.), SUTCLIFFE (W.H.) et PARANJAPE (M.A.), 1977. — Structure of pelagic food chain and relationship between plankton and fish production. — *J. Fish. Res. Bd Canada*, **34**: 2344-2353.
- SILVERT (W.), 1979. — Top-down modelling of multispecies fisheries. — Groupe de Travail sur l'aménagement des pêcheries multispécifiques, St-Jean-de-Terre-Neuve, 26-29 nov. 1979: 10 p.
- 1980. — Principles of ecosystems modelling. — *In: Analysis of marine Ecosystems/by Longhurst (A.R.)* ed. — New York, San Francisco and London: Academic Press.
- SILVERT (W.) et DICKIE (L.M.), 1978. — The interpretation of catch statistics in multispecies fisheries. *In: Report of Fisheries Management Project.* — Halifax: Institute for Environmental Studies, Dalhousie Univ., 1-35.
- 1981. — Multispecies interactions between fish and fishermen. — *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.*: 26 p. (sous presse).
- SILVERT (W.) et PLATT (T.), 1978 a. — Energy flux in the pelagic ecosystem: a time dependant equation. — *Limnol. Oceanogr.*, **23**: 813-816.
- 1978 b. — Dynamic energy flow model of the particle size distribution in pelagic ecosystems. — Proc. Conf. on Structure of zooplankton Communities, Dartmouth College, August 1978 (sous presse), *in: W.C. Kerfoot (Ed.)*.
- SILVERT (W.) et SMITH (W.), 1977. — Optimal exploitation of multispecies community. — *Math. Bios.*, **33**: 121-134.
- SISSENWINE (M.P.), BROWN (B.E.), PALMER (J.E.), ESSIG (R.J.) et SMITH (W.), 1979. — An empirical examination on population interactions for the fishery resources off the northeastern U.S.A. — Groupe de Travail sur l'aménagement des pêcheries multispécifiques, St-Jean-de-Terre-Neuve, 26-29 nov. 1979: 18 p.
- SMITH (P.E.) et LASKER (R.), 1978. — Position of larval fish in an ecosystem. — *Rapp. P.V.*, CIEM, **173**: 77-84.
- SOLOW (R.M.) et WAN (F.Y.), 1976. — Extraction costs in the theory of exhaustible resources. — *The Bell J. Econ.*, **7** (2): 359-370.
- SORBE (J.C.), 1972. — Ecologie et éthologie alimentaire de l'ichtyofaune chalutable du plateau continental sud-Gascogne. — Thèse 3^e cycle, University Aix-Marseille: 125 p.
- SPARRE (P.), 1980. — A coal function of fisheries. — CIEM C.M./1980/G: 40 p.
- STRATY (R.R.), 1974. — Ecology and behaviour of juvenile stockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) in Bristol Bay and the eastern Bering Sea. — *Occas. Publ. Inst. Mar. Sci. Univ. Alaska*, Fairbanks, n° 2: 285-319.
- SUDA (A.), 1966. — Catch variations in the North Pacific albacore. Considerations on the sustainable yield. — *Rep. Nankai Reg. Fish. Res. Lab.*, 24: 103-113.
- SUTCLIFFE (W.H.), 1972. — Some relations of land drainage, nutrients, particulate material and fish catch in two eastern Canadian bays. — *J. Fish. Res. Bd Canada*, **29**: 357-362.
- 1973. — Correlations between seasonal rivers discharge and local landings of American lobster (*Homarus americanus*) and Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) in the Gulf of St Lawrence. — *Ibid.*, **30**: 856-859.
- SUTCLIFFE (W.H.), DRINKWATER (K.) et MUIR (B.S.), 1977. — Correlations of fish catch and environmental factors in the Gulf of Maine. — *J. Fish. Res. Bd Canada*, **34**: 19-30.
- TANING (A.V.), 1944. — Experiments on meristic and other characters in fishes. — *Medd. Kom. Havundersog., Kbh. Fiskeri*, **2** (3).
- THEILACKER (G.) et DORSEY (K.), 1980. — Larval fish diversity, a summary of laboratory and field research. — *IOC Workshop Rep.*, n° 28, 105-144.
- THEREZIEN (Y.), 1960. — L'introduction de poissons d'eau douce à Madagascar. — *Bull. fr. Pisc.*, 199: 45-51.
- 1963. — Etude en vue du développement de la pêche au lac Alaotra. — *Doc. mult. CTFT*, Tananarive, 134 p.

- TIEWS (K.), 1964. — Der Thunbestand (*Thunnus thynnus* L.) in der Nordsee, seine Wanderungen, seine transatlantischen Beziehungen und seine Nutzung durch die deutsche Fischerei. *Arch. Fish. Wiss.*, **14** (3) : 105-148.
- 1975. — On the disappearance of bluefin tuna in the North Sea and its ecological implications on North Sea fish stocks. — Symposium on the Changes in the North Sea Fish Stocks and their causes, Aarhus 9-12 juillet 1975 : 24 p.
- TROADEC (J.P.), 1968. — Le régime alimentaire de deux espèces de Sciaenidae ouest-africaines. — *Doc. sci. CRO*, Abidjan, **2** (3) : 1-125.
- 1971. — Biologie et dynamique d'un Sciaenidae ouest-africain *Pseudolithus senegalensis* (V.). — *Ibid.*, C.R. **2** (3), déc. 71.
- TROADEC (J.P.), CLARK (W.G.) et GULLAND (J.A.), 1980. — A review of some pelagic fish stocks in other areas. — *Rapp. P.V. CIEM*, **177** : 252-277
- TYLER (A.V.), 1970. — Rate of gastric emptying in young cod. — *J. Fish. Res. Bd Canada*, **27** : 1177-1189.
- 1972. — Food resource division among northern, marine, demersal fishes. — *Ibid*, **29** (7) : 997-1003.
- TYLER (A.V.), BEALS (E.L.), GABRIEL (W.L.) et OVERHOLTZ (W.I.), 1979. — An alternative assemblage management approach in a mixed ground fish fishery. — Groupe de Travail sur l'aménagement des pêcheries multispécifiques, St-Jean-de-Terre-Neuve, 26-29 nov. 1979 : 9 p.
- URSIN (E.), 1979. — On Multispecies Fish Stock and Yield Assessment in ICES. — Groupe de Travail sur l'aménagement des pêcheries multispécifiques, St-Jean-de-Terre-Neuve, 26-29 nov. 1979, 27 p.
- 1980. — Some consequences of increasing the cod stock in the North Sea. — *Danish Inst. Fish. Mar. Res.*, février 1980 : 11 p.
- VERDEAUX (F.), 1979. — La pêche lagunaire en Côte d'Ivoire. Contexte sociologique et formes d'exploitation du milieu naturel. — Séminaire UNESCO sur les Ecosystèmes côtiers, Dakar, juin 1979.
- VOITURIEZ (B.), 1980. — Equatorial upwelling in the eastern Atlantic: problems and paradoxes. — *In* : Coastal Upwelling Research, 1980 Richards (F.A.), ed.
- VOITURIEZ (B.) et HERBLAND (H.), 1978. — Comparaison des systèmes productifs, de l'Atlantique Tropical Est : dômes thermiques, upwellings côtiers, upwelling équatorial. — Symposium on the Canary Current and Living Resources n° 43 (in press).
- VOITURIEZ (B.), HERBLAND (A.) et LE BORGNE (R.), 1981. — L'upwelling équatorial de l'Atlantique est pendant l'expérience météorologique mondiale (sous presse).
- WALSH (J.J.), 1976. — Herbivory as a factor in patterns of nutrient utilization in the sea. — *Limnol. Oceanogr.*, **21** : 1-13.
- WARREN (C.E.), DAVIS (G.E.), 1967. — Laboratory studies on the feeding bioenergetics and growth of fish. — *In* : the biological Basis of Freshwater Fish Production/by Gerkins (S.D.) ed. — Oxford and Edinburgh: Blacwell scientific Publications, 175-214.
- WAUTHY (B.), 1977. — Révision de la classification des eaux de surface du golfe de Guinée (Berrit, 61). *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, **15** (3) : 279-295.
- WEBER (J.), 1982. — Pour une approche globale des problèmes de pêche. L'exemple de la filière du poisson au Sénégal. — Réunion Experts FAO sur la Technologie du Poisson en Afrique, Casablanca (Maroc), 7-11 juin 1982.
- WINBERG (G.G.), 1956. — Rate of metabolism and food requirements of fishes. — *Fish. Res. Bd Canada, Trans. ser.*, 194 (1960) : 253 p.
- WISE (J.P.) et LE GUEN (J.C.), 1966. — The Japanese Atlantic longline fishery 1956-1963. — *TABL Bur. Comm. Fish. Miami, Contr.* n° 35 : 37 p.
- WOOSTER (W.S.) et REID (J.L.), 1963. — Eastern Boundary Currents. — *In* : The Sea/by Hill (M.N.) ed. — New York and London : Interscience Publishers, **2** (III) Currents, 253-280.
- WUNDER (W.), 1936. — Physiologie der Süßwasserfische Mitteleuropas. — Stuttgart.
- WYRTKI (K.), 1973. — Teleconnections in the Equatorial Pacific Ocean. — *Science*, **180** : 66-68.

ANNEXES

Contenus stomacaux dans l'Atlantique tropical
Tableaux 1 à 3 d'après INTES (1981), CAVERIVIÈRE (1981)

Contenus stomacaux dans quelques zones CIEM
Tableaux 4 à 6, d'après DU BUIT (1981)

TABLE 1. — Importance de diverses proies dans l'alimentation des poissons sur la côte ouest africaine (d'après INTES, 1981).

Espèces	Plancton	Poissons	Epifaune vagile	Epifaune sédentaire	Endofaune
<i>Brachydeuterus auritus</i>	■	■	■		
<i>Balistes capriscus</i>	■		■		
<i>Dentex canariensis</i>			■		
<i>Dentex macrophtalmus</i>			■		
<i>Dentex angolensis</i>			■		
<i>Vomer setapinnis</i>			■		
<i>Chloroscombrus chrysurus</i>					
<i>Trichiurus lepturus</i>		■			
<i>Ilisha africana</i>					
<i>Pseudolithus senegalensis</i>			■		
<i>Pseudolithus typus</i>			■		
<i>Pteroscion peli</i>			■		
<i>Syacium micrurum</i>			■		
<i>Cephalacanthus volitans</i>			■		
<i>Pseudopeneus prayensis</i>			■	■	■
<i>Gaeloides decadactylus</i>				■	
<i>Pagellus coupei</i>			■	■	■
<i>Pagrus ehrenbergi</i>			■	■	
<i>Arius spp.</i>			■		
<i>Raja miraletus</i>			■		
<i>Epinephelus aeneus</i>		■	■		
<i>Diagramma sp.</i>			■		
<i>Merluccius polli</i>		■			
<i>Zeus faber</i>		■			
<i>Pentanemus quinquarius</i>			■		
<i>Trigla lineata</i>				■	
<i>Cynoglossus spp.</i>				■	
<i>Fistularia villosa</i>		■			

TABLE 2. — Présence des proies dans les espèces de la communauté des Sciaenidae de l'Atlantique intertropicale (d'après CAVERNIÈRE, 1981).

Espèces	Estomacs		Poissons	Céphalopodes	Petits crustacés	Crevettes	Crabes Pagures	Stomatopodes Thalassinidés	Ensembles crustacés	Mollusques	Ophiures	Polychètes Echiuriens	Auteurs
	N	N'											
<i>Dasyatis margarita</i>	150	74			●	△	△		●	○		■	Longhurst (1960)
<i>Ilisha africana</i>	8 284	7 54	● △		●	△ △			△ ●				Le Lœuff et Intes (1973) Longhurst (1960)
<i>Pentanemus quinquarius</i>	23 154	23 39	■ △		● ●	● ●	△ ○		● ●			○	Le Lœuff et Intes (1973) Longhurst (1960)
<i>Galcoides decadactylus</i>	950 20 630	175 20 192	■ △ △		● ● ●	● ● ●	● ● ●	△ ■ ○	● ● ●	△ △ ○	○ △ ○	△ △ △	Samba (1974) Le Lœuff et Intes (1973) Longhurst (1960)
<i>Pomadasy jubelini</i>	349	70	■			■	△		●	■	△	●	Longhurst (1960)
<i>Brachydenterus auritus</i>	2316 386	1633 77	○ ■	○	● ●	△ ○			● ●	○ △	○	○ ■	Barro (1976) Longhurst (1960)
<i>Pterosion peli</i>	47 248	32 39	△	○	● ●	● ○	○		● ●	△			Le Lœuff et Intes (1973) Longhurst (1960)
<i>Pseudotolithus senegalensis</i>	3437	2814	△	○	■	●	○	○	●	○			Troadee (1968, 1971)
<i>Pseudotolithus typus</i>	1864	1645	△	○	△	●			●	○			Troadee (1968, 1971)
<i>Pseudotolithus elongatus</i>	?	30	△		●	△	○	○	●	○			Le Guen (1971)
<i>Chloroscombrus chrysurus</i>	19	18	●		●	△			●				Le Lœuff et Intes (1973)
<i>Vomer setapinnis</i>	5	3	●		●				●				Le Lœuff et Intes (1973)
<i>Cynoglossus browni</i> <i>Cynoglossus goreensis</i>	14 151	14 62			● ○	● △	● ^	■	● ■	● ○		● ●	Le Lœuff et Intes (1973) Longhurst (1960)

● taux de présence élevé
△ peu élevé

■ assez élevé
○ faible

N = estomacs examinés
N' = estomacs non vidés

Tabl. 3. — Présence des proies dans les estomacs des espèces de la communauté des Sparidae (infra-thermocline) dans l'Atlantique intertropical (d'après Caeveriere, 1981).

Espèces	Estomacs		Poissons	Céphalopodes	Petits crustacés	Crevettes	Crabes Pagures	Stomatopodes Thalassinides	Ensembles crustacés	Mollusques	Ophiures	Polychètes Echiuriens	Auteurs
	N	N'											
<i>Fistularia villosa</i>	8	7	●										Le Lœuff et Intes (1973)
<i>Priacanthus arenatus</i>	2	2	●	■	●	■			●				Le Lœuff et Intes (1973)
<i>Pentheroscion mbizi</i>	77	3	●	■									Longhurst (1960)
<i>Pseudopenaeus progenesis</i>	22 36	22 21	● ■		■ ●	● ●	● ●	■ ■	● ●	○ ●		■ △	Le Lœuff et Intes (1973) Longhurst (1960)
<i>Pagrus chrenbergi</i>	4268 1148	134 373	● ●	■ △	△	△	■	○	● ●	■ △	△	○ ■	Riavec (1973) Longhurst (1960)
<i>Dentex canariensis</i>	4202 33	129 20	●	■	●	●			△ ●	△		○ ■	Riavec (1973) Longhurst (1960)
<i>Dentex angolensis</i>	?	386				●		△	●	△		△	Intes et Le Lœuff (1976)
<i>Pagellus couplei</i>	4754 33 291	164 24 105	● ■ ■	■	■ ■ ■	■ ■ △	○ △	△	■ ● ●	△ ○ ○	△ ●	△ ● ●	Riavec (1973) Le Lœuff et Intes (1973) Longhurst (1960)
<i>Uranoscopus sp.</i>	27	8	●			△			△				Longhurst (1960)
<i>Trigla lineata</i>	3	3	■		●	●	■		●				Le Lœuff et Intes (1973)
<i>Lepidotrigla cadmani</i>	166	16	●		■	△	△		■			■	Longhurst (1960)
<i>Cephalacentrus voltians</i>	7 51	7 39	△ ●		● ●	● △	● ●	△	● ●	■	△	△	Le Lœuff et Intes (1973) Longhurst (1960)

● taux de présence élevé
 △ peu élevé
 ■ assez élevé
 ○ faible
 N = estomacs examinés
 N' = estomacs non vidés

TABLE 4. — Analyse de contenus stomacaux de trois espèces de prédateurs dans le sud de la mer Celtique (7 H 2 zone CIEM (août 1975), fréquence de présence et % en poids, (Du Burr, 1981).

	Merlu	Eglefin	Cardine		Merlu	Eglefin	Cardine
	% présence				% en poids		
N. estomacs	49	64	183		49	64	183
Coelentérés	0	3	0				
Cephalopodes	0	3	1.5				
Dentales	0	0	1.5				
Autres Mollusques	2	0	0	0	56.5	31	
Polychètes	0	11	0.5				
Ophiures + crinoïdes	4	56	0				
Oursins	0	1	0				
Amphipodes + isopodes	0	48	3.8				
Euphausiacés + mysidacés ...	2	0	6				
Crustacés natantia	0	4	16	0.7	43.5	34.5	
Crustacés reptantia	2	88	79				
Autres crustacés	0	8	10				
<i>G. argenteus</i> 2		0	7.5				
<i>Trisopterus</i> sp. 0		0	2.7	99.3	0	34.5	
<i>M. poutassou</i> 94		0	2				
Autres poissons 0		0	13				

TABLE 5. — Analyse des contenus stomacaux de six espèces de prédateurs dans la zone nord-est de la mer Celtique (novembre-décembre 1977 et 1978), (7G3 - G2 - F1 - zone CIEM) fréquence de présence et % en poids, (Du Buit, 1981).

	Merlu	Eglefin	Lieu jaune	Merlan	Morue	Cardine	Merlu	Eglefin	Lieu jaune	Merlan	Morue	Cardine
	% présence						% en poids					
N. estomacs	45	40	67	177	88	56	45	40	67	177	88	56
Céphalopodes	6,6	0	7,4	5,6	2,2	3,5						
Bivalves	0	37	0	0	0	0	5,9	15,9	2,4	0,7	0	8,6
Gastéropodes	0	5	0	0	0	0						
Polychètes	0	22	0	0	13,6	0						
Ophiures + crinoïdes	0	65	0	0	0	0		36,5			5,5	0
Oursins	0	7	0	0	0	0						
Amphipodes + isopodes	0	37	0	0	0	0						
Euphausiacés + mysidacés	0	0	0	10,7	0	0						
Crustacés natantia	13	7	7,4	13,5	38	34	2,2	31,7	1,8	0,7	24	5
Crustacés reptantia	0	31	1,5	0	50	1,7						
Autres crustacés	0	0	0	0,7	0	0						
Argentine	6,6	0	0	0,5	1,1	3,5						
Sprat	31,1	0	13,4	25,4	5	10,7						
Trisopterus	51,1	2,5	59,7	35	28,4	37,5						
Callionymus	0,9	0	0	0,5	4,5	1,7	91,9	15,9	95,8	98,6	70,5	86,4
Sc. scombrus	8,9	0	0	0,5	1,1	0						
T. trachurus	2,2	0	35,8	0,5	0	0						
Autres poissons	0	2,5	9	18,6	10,2	8,9						

Tabl. 6. — *Iles Féroé - printemps, zones 5 B 1₃ et 5 B 1₄; été zone 5 B 2 (Du Buit, 1981) Lieu noir : L.N.*

	% Présence				% Poids			
	Printemps			Eté	Printemps			Eté
	Morue	L.N.	Eglesfin	Morue	Morue	L.N.	Eglesfin	Morue
Nbre d'individus	178	348	315	105				
CHAETOGNATES		0,85						
ANNELIDES								
POLYCHETES	0,6		23,6				10	
ECHINODERMES	1,7		44,3	2	1		15	
Oursins			11,8					
Ophiures	1,1		28,3	1				
Holothuries			2,5					
Crinoïdes			0,3					
MOLLUSQUES	6,7	1,1	24,8	1	5		10	
Céphalopodes	1,7	0,6	0,3	1				
Gastéropodes	2,8		4,1					
Bivalves dentales	2,2	0,2	18,8					
CRUSTACES	81,5	84	98,7	51,4	14	57	22	25
Amphipodes + isopodes	1,1	4,6	23,9					
Euphausiacées	21,9	79	31,2	0,9				
Natantia	15,2		8	0,9				
Munida + Galathée	21,9	17,2	46,7					
Autres reptantia	18	10,8	2,8	10,5				
POISSONS	80,9	36,7	28,6	80	80	41	43	75
Argentine	2,2	0,9	0,9					
<i>Tris. esmarki</i>	44,9	23,5	12,4	57				
<i>M. poutassou</i>	1,1	1,1		67,6				
<i>Ammodytes</i>	19,1	3,7	7,3					