Rapports économiques et juridiques
de l'IFREMER N° 4 - 1987

LES MODÈLES BIO-ÉCONOMIQUES D'EXPLOITATION DES PÊCHERIES

DÉMARCHES ET ENSEIGNEMENTS

Éric MEURIOT

Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer

IFREMER

Rapports économiques et juridiques
de l'IFREMER N° 4 - 1987

LES MODÈLES BIO-ÉCONOMIQUES D'EXPLOITATION DES PÊCHERIES

DÉMARCHES ET ENSEIGNEMENTS

Éric MEURIOT

Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer

IFREMER

Le rapport

LES MODÈLES BIO-ÉCONOMIQUES D'EXPLOITATION DES PÊCHERIES DÉMARCHES ET ENSEIGNEMENTS

a été réalisé à

L'INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE POUR L'EXPLOITATION DE LA MER

par

ERIC MEURIOT

Direction des ressources vivantes
Département "Stratégies de développement et d'aménagement"

La publication fournit une présentation de la démarche suivie dans l'élaboration de modèles "bio-économiques" associant l'analyse biologique de la dynamique des stocks à celle, économique, d'utilisation des ressources à disponibilité limitée. Elle se limite aux modèles qui portent sur le comportement du producteur et dont la solution peut être dérivée de manière analytique. La présentation suit un ordre croissant de complexité qui correspond aussi à leur développement chronologique dans la littérature anglo-saxonne : (i) modèles statiques et déterministes, (ii) modèles dynamiques et déterministes, (iii) modèles stochastiques et statiques.

This publication provides a presentation of the steps followed in the construction of "bio-economic" models of fisheries. The topic is limited to the theorical models which deal with the producer's behavior and for which an analytical solution can be derived. The following types of models are analysed : (i) static and deterministic, (ii) dynamic and deterministic, (iii) static and stochastic.

Service de la Documentation
et des Publications (SDP)

IFREMER - CENTRE DE BREST
BP 337 - 29273 BREST CEDEX

ISSN 0761-3938

SOMMAIRE

LISTE DES ENCADRÉS

LISTE DES FIGURES

(Les figures 2 à 9 et 12 à 15 ont été dessinées par Mr GIBOIRE, IFREMER-Nantes).

CHAPITRE 1

INTRODUCTION

Les analyses économiques relatives à l'exploitation des ressources renouvelables se sont multipliées au cours des trois dernières décennies. La plupart d'entre elles ont en commun de reposer sur une même théorie économique: la théorie néo-classique. Les analyses économiques relatives à l'exploitation des ressources halieutiques s'insèrent dans cette tendance générale.

L'objet de cette publication est de présenter la démarche généralement suivie dans l'élaboration de modèles "bio-économiques" associant l'analyse biologique de la dynamique des populations à celle, économique, d'utilisation de ressources naturelles à disponibilité limitée. Elle s'adresse principalement aux étudiants de 3ème cycle et aux chercheurs spécialisés dans les problèmes de gestion de l'exploitation des ressources halieutiques.

Les hypothèses et domaines de validité des modèles de dynamique de populations font l'objet d'un consensus relativement large parmi les biologistes halieutes. Les tests empiriques permettent de sélectionner les modèles les plus aptes à représenter la dynamique des stocks de poissons. Une telle unanimité n'apparaît pas en économie.

A partir de postulats spécifiques de comportement de la firme et du consommateur, la théorie néo-classique aboutit à un système "controversé" de détermination de la valeur et des prix. D'autres théories économiques, par exemple celle néo-ricardienne ou celle marxiste, fournissent des analyses radicalement différentes du fondement de la valeur et de la formation des prix. L'économie comprend actuellement plusieurs "paradigmes" concurrents et contradictoires. Les concepts d'"agent économique", de "valeur", de "profit", de "rente" ou d'"équilibre" recouvrent des significations non homogènes selon les approches suivies. La définition même du champ de l'économie ne fait pas l'unanimité parmi les économistes (encadré n°1).

ENCADRÉ N° 1 - QUELQUES DÉFINITIONS DE L'ÉCONOMIE

Il est difficile de proposer une définition de l'économie qui soit universellement acceptée. Les définitions données ci-dessous donnent l'exemple de deux courants largement différents, l'un néo-classique, l'autre marxiste.

APPROCHE NÉO-CLASSIQUE

* *"L'économie s'intéresse à la fois aux décisions d'allocation des ressources prises par les individus, les ménages, les industries et les autres agents économiques et à la gestion plus large de l'allocation des ressources par la société dans son ensemble" (Gould et Ferguson, 1982).*

* *"L'économie est la science qui étudie comment des ressources rares sont employées pour la satisfaction des besoins des hommes vivant en société ; elle s'intéresse d'une part aux opérations essentielles que sont la production, la distribution et la consommation des biens, d'autre part aux institutions et aux activités ayant pour objet de faciliter ces opérations" (Malinvaud, 1982).*

APPROCHE MARXISTE

* *"L'économie est la science du développement historique des structures de la production".*

* *"L'économie est la science qui étudie les rapports sociaux des individus dans la production, la structure sociale de la production" (cité dans Amami, 1981).*

La différence de champ assignée à l'analyse économique dans les deux premières et les deux dernières définitions peut être précisée :

"Les définitions de la science économique que donnent les économistes neutres - science des prix, science du bien-être matériel, science des choix, science de l'échange onéreux, etc. - concernent toutes effectivement les rapports de l'homme et de la richesse. Elles donnent ainsi l'illusion d'atteindre à la plus haute généralité scientifique, puisque le problème des rapports entre l'individu et la richesse semble situé en dehors des contingences de l'organisation sociale de l'histoire. Elles masquent en fait la réalité ; l'objet de l'économie n'est pas le seul problème des rapports entre l'individu et la richesse, c'est aussi et surtout celui des rapports que les hommes nouent entre eux dans la recherche des moyens propres à satisfaire leurs besoins et de l'évaluation de ces rapports" (Bartoli, 1957 cité dans Amami, 1981).

La présentation des modèles bio-économiques faite dans cette publication n'aborde pas la question de la pertinence méthodologique de l'approche néo-classique comparée à celle des théories alternatives. Elle reprend les démarches, concepts et hypothèses de base de l'approche néo-classique. Un rappel des notions de base est effectué sous la forme d'encadrés. Des exposés plus complets et détaillés de cette approche peuvent être trouvés dans les ouvrages de microéconomie comme ceux de Malinvaud (1982), Gould et Ferguson (1982) ou Silberberg (1978).

Les fondements biologiques des modèles bio-économiques ne sont pas discutés. Le lecteur peu familiarisé avec ces modèles peut se reporter à Pope (1978). Des exposés plus complets sur ce sujet peuvent être trouvés dans Laurec et Le Guen (1981). Le recours fréquent aux modèles globaux de production comme celui de Graham-Schaefer résulte essentiellement de la simplicité de la formalisation mathématique de ces modèles qui permet de dériver facilement des solutions analytiques.

La présentation des modèles bio-économiques suit un ordre croissant de complexité qui correspond aussi à leur développement chronologique :

- modèles statiques et déterministes,
- modèles dynamiques et déterministes,
- modèles statiques et stochastiques.

Un modèle de base de comportement de la firme est d'abord présenté. L'agrégation de l'ensemble des firmes est ensuite effectuée. Chaque modèle de base fait l'objet d'une présentation détaillée. Les développements de ces modèles de base correspondant à l'abandon d'une ou plusieurs hypothèses simplificatrices ne sont qu'évoqués ou présentés de manière uniquement graphique. Le lecteur intéressé par les démonstrations mathématiques pourra se reporter aux références bibliographiques.

Les principaux ouvrages consacrés à ces modèles sont ceux de Clark (1976, 1985 a), Anderson (1977), Cunningham et al. (1985). Un exposé détaillé de certains modèles bio-économiques relatifs aux ressources renouvelables peut être trouvé également dans Congar (1977) et Junqueira Lopes (1985). Cette publication se limite aux modèles qui portent sur le comportement du producteur et dont la solution peut être dérivée de manière analytique. Les modèles stochastiques et dynamiques ne sont ainsi pas étudiés bien qu'ils donnent lieu à un nombre croissant de publications [cf. Andersen et Sutinen (1984) et Clark (1985 a)].

Une très large part des efforts de recherche théorique dans les pays anglo-saxons est consacrée aux modèles bio-économiques. Cette publication aura atteint son objectif si la présentation de la démarche suivie par les économistes anglo-saxons facilite la compréhension de leurs travaux. Ces derniers constituent la branche actuellement la plus importante des analyses économiques relatives au secteur de la pêche. L'"économie des pêches" ne se réduit cependant pas à ces modèles bio-économiques.

CHAPITRE 2

DÉMARCHES ET CONCEPTS DE BASE DE L'ANALYSE NÉO-CLASSIQUE

2.1. - Démarches "positives" et normatives"

L'approche néo-classique effectue une distinction entre l'économie positive et l'économie normative. La première vise à produire des théories dont les conclusions sont réfutables par vérification empirique ; l'objectif est non seulement d'expliquer certains faits économiques, mais aussi de les prédire. La seconde cherche à déterminer des critères d'"optimalité" ou de "rationalité", dérivés de modèles purement logiques dont les conclusions ne peuvent être confrontées à la réalité. Une troisième orientation, souvent liée à la précédente, que peut prendre l'analyse économique, correspond à la formulation de systèmes de règles permettant d'atteindre des objectifs fixés de manière exogène, au niveau politique par exemple.

L'analyse économique peut déboucher sur des propositions de politique économique ou à la justification de choix effectués dans ce domaine. La distinction entre propositions positives ou normatives et la précision des conditions de validité des propositions positives sont nécessaires. Cette position demeure fréquemment ignorée en pratique ; lorsque sont formulées des recommandations visant à aboutir à une gestion "rationnelle" ou "optimale" des ressources, le critère de rationalité ou d'optimalité comporte nécessairement un jugement de valeur et ne repose pas sur des critères scientifiques "objectifs", c'est-à-dire sur des propositions réfutables.

En raison de l'inspiration directement néo-classique des modèles développés en économie des pêches, il est utile de rappeler les grandes lignes des deux démarches qui conduisent, l'une, à des propositions positives réfutables, l'autre, à des normes d'action. Cela amène à préciser le sens que prennent, pour les auteurs néo-classiques, différents concepts tels que l'"efficience", les "externalités", la "rente" ou le "coût d'opportunité".

ENCADRÉ N° 2 - AGENTS ÉCONOMIQUES, RESSOURCES, BIENS.

Les agents économiques sont les individus, groupes d'individus ou organismes qui constituent les unités élémentaires de décision. Selon les auteurs, deux ou trois catégories d'agents économiques sont distinguées en microéconomie :

- les producteurs (ou entreprises, firmes) et les consommateurs (ou ménages) (Malinvaud, 1982) ;

- les entrepreneurs, les consommateurs et les détenteurs de ressources (Gould et Ferguson, 1982).

La collectivité et les individus disposent a priori de divers biens appelés "ressources initiales" qui seront utilisés dans le processus de production afin de produire des biens utilisés par les consommateurs. Les ressources initiales comprennent aussi bien les moyens en travail et en capitaux que les ressources naturelles disponibles. Les biens consommés peuvents être des biens matériels ou des services.

Le caractère limité des ressources initiales ou des revenus dérivés de ces ressources constitue une contrainte pour la production ou la consommation.

2.1.1. - La démarche "positive"

Dans cette orientation, l'objet de la théorie est de prédire comment des changements observables des opportunités et contraintes qui caractérisent l'environnement des unités de décision (consommateurs, producteurs) modifient le comportement de ces dernières (encadré n°2).

Le principe de base est que le comportement de chaque unité est essentiellement caractérisé par des décisions individuelles qui sont une conséquence directe de la rareté des biens et services. Ces décisions sont déterminées par l'interaction des préférences et des opportunités ou contraintes: pour des préférences données, l'ensemble des opportunités ou contraintes définies par les prix, revenus, règlementations, droits de propriété, technologie, etc., détermine le choix.

Dans cette optique la théorie néo-classique n'a pas pour objet de prévoir les choix faits à l'origine par les unités de décision, c'est-à-dire d'expliquer comment sont établies initialement les préférences. Elle vise à prévoir comment les choix varient lorsque les opportunités ou contraintes sont modifiées. L'analyse repose sur deux séries de postulats :

- chaque consommateur maximise une fonction d'utilité dans les limites de sa contrainte de budget. La fonction d'utilité classe, les uns par rapport aux autres, les différents vecteurs de consommation possibles ; elle reflète les préférences du consommateur mais n'explique pas comment celles-ci se forment ;

- chaque entreprise cherche à maximiser ses profits dans les limites qu'imposent la demande et les conditions de coût ou, de manière équivalente, les conditions de production.

La contrainte de budget est déterminée par le prix d'achat des biens et par le revenu. Ce dernier dépend des quantités et du prix d'utilisation des ressources dont l'individu dispose. Enfin, la répartition initiale des ressources est donnée et l'état des connaissances techniques limite les possibilités de transformation de ces ressources en biens.

Les fonctions d'utilité et de production sont supposées avoir des propriétés mathématiques telles qu'il existe une solution intérieure aux problèmes d'optimisation sous contrainte. Par exemple, la fonction d'utilité est supposée être croissante, continue, quasi-concave, avec une dérivée seconde définie en tout point. Certaines de ces restrictions sont indispensables, d'autres constituent plutôt des

ENCADRÉ N° 3 - FONCTION DE PRODUCTION

Une fonction de production est un tableau ou une équation mathématique qui indique la quantité maximum qui peut être produite à partir de différentes combinaisons de facteurs de production (inputs), l'état technologique étant donné. Dans le cas simplifié de deux facteurs de production, le travail (T) et le capital (K), la fonction de production peut s'écrire :

$X = f(T,K)$

Dans le cas de deux facteurs de production, la courbe qui représente les combinaisons possibles de facteurs permettant un même niveau de production maximum s'appelle un isoquant.

Un exemple en est donné sur la figure 1 :

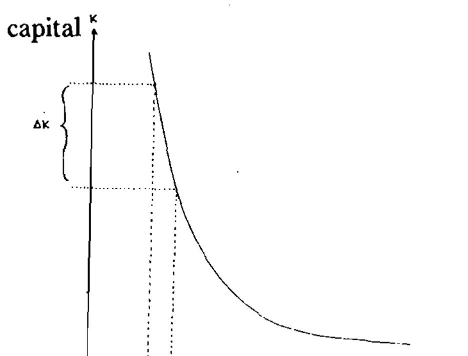


Figure 1 : Isoquant

La pente de l'isoquant représente le taux marginal de substitution technique entre deux facteurs ; elle mesure l'augmentation d'un facteur nécessaire pour maintenir le même niveau de production avec une unité en moins d'un autre facteur.

facilités techniques (Malinvaud, 1982 ; Silberberg, 1978). Les premières sont justifiées, soit par le fait qu'elles recouvrent des situations proches de la réalité, soit par choix méthodologique : la validité de la théorie ne dépend pas du réalisme des postulats ou hypothèses mais de sa portée prédictive (Boland, 1979).

Dans ce cadre général, l'identification des variables et paramètres qui composent les fonctions d'utilité et de profit permet de dériver et de tester les implications des postulats et hypothèses utilisés. Les constructions théoriques reposant sur l'approche de la statique comparative ne font rien d'autre que de déterminer mathématiquement le sens de variation d'une variable de décision lorsque la valeur d'un des paramètres du système est modifiée, ceci en supposant que chaque centre de décision a un comportement d'optimisation.

La fonction de demande du consommateur est ainsi dérivée des conditions de premier ordre (conditions nécessaires) associées à un programme de maximisation d'une utilité sous une contrainte de budget : de ces conditions de premier ordre, que l'on suppose toujours satisfaites en raison du postulat de comportement du consommateur, il est possible d'établir une relation fonctionnelle entre les variables de décision et les paramètres. De même, la demande de facteurs de production d'une firme représentative est établie à partir des conditions de premier ordre d'un programme de minimisation des coûts, sous contrainte d'obtention d'un niveau donné de production.

La théorie aboutit par exemple aux propositions suivantes : une hausse du prix d'un produit entraîne une diminution de la demande de ce produit ; une hausse du prix d'un facteur de production amène une baisse de l'utilisation de ce facteur. La vérification empirique permet d'affirmer, non pas que les postulats de départ sont vrais, mais que le niveau d'abstraction qu'ils impliquent suffit pour établir des prévisions.

2.1.2. - La démarche "normative"

L'économie du "bien-être", appelée aussi économie du "rendement social", et les propositions normatives qui lui sont associées reposent essentiellement sur la possibilité de déterminer mathématiquement les conditions nécessaires pour que, dans une économie purement abstraite, il ne soit plus possible d'améliorer la situation d'un agent économique sans détériorer celle d'au moins un autre agent. L'allocation des ressources et des biens dans l'économie est alors dite "efficiente" ou "optimale" au sens de Pareto. Pour atteindre un tel optimum, une triple série de conditions doit être satisfaite:

ENCADRÉ N° 4 - FONCTION DE COÛT, COÛT MOYEN, COÛT MARGINAL

Une fonction de coût spécifie le coût total nécessaire pour produire un niveau donné de production. Sa formulation suppose au préalable un postulat quant au comportement du producteur ainsi qu'une définition des contraintes de production (fonction de production, disponibilités des facteurs de production,...).

Dans la théorie néo-classique, la fonction de coût représente le niveau minimum de coût correspondant à chaque niveau de production. Elle peut être dérivée à partir d'un programme de minimisation du coût pour tout niveau de production Xo donné :

$$Min\ C = Wt*T + Wk*K$$
$$f(T,K) = Xo$$
$$0 \leq T,K$$

où Wt et Wk représentent les prix unitaires des facteurs de production.

Le coût moyen est le coût minimum par unité produite. Le coût marginal est l'accroissement minimum du coût total qui résulte d'un accroissement d'une unité de production. Le coût marginal ne correspond donc pas au coût de la "dernière" unité produite. Le coût de la dernière unité produite est le même que celui de toute autre unité produite, c'est-à-dire le coût moyen.

ENCADRÉ N° 5 - COÛT D'OPPORTUNITÉ (COÛT SOCIAL), COÛT PRIVÉ

L'utilisation de facteurs de production pour la fabrication d'un bien enlève l'opportunité de produire d'autres biens. Le coût d'opportunité relatif à la production d'une unité d'un bien X1 est égal à la quantité d'un bien X2 auquel il faut renoncer afin que soient dégagées suffisamment de ressources pour produire X1 plutôt que X2. Ce coût d'opportunité est évalué au niveau de la collectivité et est aussi appelé coût social.

Le coût privé correspond à la valeur des ressources utilisées par un entrepreneur pour la production. Le coût privé comprend à la fois un coût explicite des ressources achetées et un coût implicite qui représente les revenus que l'entrepreneur aurait pu obtenir avec les ressources s'il les avait utilisées dans un autre secteur d'activité. Par exemple, un entrepreneur investit du temps et de l'argent dans son entreprise et ces ressources auraient pu être utilisées ailleurs. Le profit économique peut être conçu comme le profit comptable, qui prend en compte les coûts explicites, duquel est déduit ce qui aurait pu être gagné dans le cas du meilleur usage alternatif du temps et de l'argent de l'entrepreneur.

(i) les taux marginaux de substitution entre les biens, c'est-à-dire le nombre d'unités d'un bien X1 qui doit être abandonné par unité d'un bien X2 pour conserver la même utilité, sont identiques pour tous les consommateurs ;

(ii) le taux marginal de substitution technique entre les facteurs, c'est-à-dire l'augmentation d'un facteur Y1 par unité en moins d'un facteur Y2 nécessaire pour maintenir la production constante, est le même pour tous les producteurs (encadré n° 3) ;

(iii) le taux marginal de substitution dans la consommation est égal au taux marginal de transformation dans la production, c'est-à-dire le nombre d'unités en moins d'un bien X1 nécessaire pour augmenter d'une unité la production de X2.

Sous certaines hypothèses, le comportement d'une multitude d'unités de décision, chacune poursuivant son propre objectif et ne transmettant les informations relatives à ses préférences ou à sa fonction de production que par le système des prix du marché, permet d'aboutir à une allocation des ressources efficiente au sens de Pareto. Les échanges des produits et facteurs sur le marché peuvent en effet, dans un certain schéma abstrait, entraîner une situation d'équilibre où plus aucun arbitrage ou réallocation des ressources et biens ne peut être profitable à un individu sans être défavorable à un autre. Pour toute répartition des ressources existant à l'origine entre les divers agents économiques, il peut exister un équilibre unique correspondant à une allocation "optimale" des ressources et biens où tous les gains possibles de l'échange sont obtenus.

A l'optimum, le rapport des prix de deux biens X1 et X2 doit être égal au taux marginal de substitution, qui est aussi le rapport des utilités marginales, et au taux marginal de transformation dans la production de ces biens. De plus, le rapport des prix des facteurs Y1 et Y2 doit être égal au taux marginal de substitution technique entre les facteurs, qui est aussi le rapport des productivités marginales des facteurs. Lorsque ces conditions sont réunies, les prix des biens et des facteurs de production reflètent le coût d'opportunité, appelé aussi "coût social", de production de ces biens ou d'utilisation de ces facteurs (encadrés n° 4, 5).

La notion de substitution et d'arbitrage est ici l'essence même du concept de valeur ; ce n'est que par ce que les gens sont prêts à abandonner dans le but d'obtenir plus d'un autre bien que la valeur peut être mesurée de manière significative. De la même manière, le coût d'un bien se ramène à la quantité d'un autre bien que l'on aurait pu produire à la place du premier, d'où le terme "coût d'opportunité".

ENCADRÉ N° 6 - EXTERNALITÉ TECHNOLOGIQUE

Une entreprise a un effet externe sur les conditions de production d'autres entreprises si ses décisions de production modifient la fonction de production des autres entreprises. Ces dernières ne peuvent alors plus maîtriser leur niveau de production à partir seulement de leurs choix d'utilisation des facteurs de production. Dans le cas d'un bien X produit par les entreprises A et B, à partir des facteurs de production T et K, la fonction de production de l'entreprise A aura la forme suivante en présence d'une externalité :

$$Xa = f(Ta,Ka,Xb)$$

La forme "classique" en l'absence d'externalité est donnée par :

$$Xa = f(Ta, Ka)$$

où Ta et Ka sont les variables de décisions de l'entreprise A.

Il est utile de distinguer les externalités technologiques des interactions entre entreprises qui s'établissent à travers les mécanismes de marché, par exemple en raison d'une concurrence pour l'acquisition des facteurs de production ou pour la vente des produits. Dans ce dernier cas, les prix des facteurs de production ou des produits sur le marché sont connus de toutes les entreprises qui peuvent ajuster leurs décisions en fonction des variations de prix.

ENCADRÉ N° 7 - RENDEMENTS D'ÉCHELLE CROISSANTS

Des rendements d'échelle croissants correspondent à un processus de production particulier : l'augmentation du niveau de production croît de manière plus que proportionnelle à l'augmentation de tous les facteurs de production. Autrement dit, si le prix des facteurs de production reste constant, le coût moyen minimum de production diminue en accroissant l'échelle de la production.

* Les conditions nécessaires pour qu'une économie de marché puisse atteindre un optimum de Pareto sont les suivantes:

(i) Concurrence parfaite

"La concurrence parfaite est un modèle économique d'un marché possédant les caractéristiques suivantes : chaque agent agit comme si les prix étaient des données, le produit est homogène, les ressources sont parfaitement mobiles, ce qui signifie notamment la libre entrée et sortie des entreprises, et tous les agents économiques du marché disposent d'une connaissance complète et parfaite".

Plusieurs précisions peuvent être apportées à cette définition de Gould et Ferguson (1982, p. 247).

Tout d'abord, chaque agent prend ses décisions sans considérer celles que pourraient prendre les autres agents. Les coûts de transaction et d'information sont nuls.

L'information parfaite de chaque agent est limitée aux prix du marché ainsi qu'aux alternatives d'utilisation des ressources ; ceci permet d'établir une différence avec les besoins en information d'un planificateur central qui, en l'absence de procédure décentralisée d'allocation doit connaître toutes les préférences et fonctions de production (Hayek, 1945).

Enfin, pour que les ressources puissent être réallouées par chaque agent individuel à leur meilleure alternative possible, il est nécessaire qu'existent des droits de propriété ou d'usage exclusifs et volontairement transférables.

(ii) Absence d' "imperfections" du marché

Même dans le cadre abstrait de la concurrence parfaite, des conditions particulières peuvent empêcher une économie de marché d'atteindre un optimum de Pareto en raison même du caractère individuel des décisions des agents.

Il en est ainsi avec les externalités technologiques, c'est-à-dire lorsque les décisions de consommation ou de production d'un agent affectent les fonctions d'utilité ou de production d'autres agents sans que ces répercussions soient prises en compte par le mécanisme de marché (encadré n°6).

Il en est de même avec les biens publics, c'est-à-dire les biens qui ont la propriété d'être utilisés simultanément par tous les consommateurs sans qu'il y ait appropriation individuelle.

Enfin, dans le cas de rendements d'échelle croissants (encadré n°7), le critère d'optimalité parétienne conduirait l'entreprise à produire à un niveau de

ENCADRÉ N° 8 - LOI DES RENDEMENTS DÉCROISSANTS

La loi des rendements décroissants est relative au rendement marginal de chaque facteur de production : la production supplémentaire due à l'accroissement d'un seul facteur de production, les autres restant constants, augmente de manière moins que proportionnelle. Le rendement marginal du facteur est décroissant. La décroissance des rendements marginaux et la constance des rendements d'échelle ne sont pas contradictoires.

ENCADRÉ N° 9 - CRITÈRES DE COMPENSATION: CRITÈRE DE KALDOR

La théorie du "bien-être" vise en partie à déterminer si un changement d'allocation des ressources est socialement désirable. Le critère parétien indique que, pour toute répartition initiale des ressources entre les agents économiques, un changement d'affectation des ressources pour la production est préférable s'il permet à un agent d'accroître son utilité sans que celle d'au moins un autre soit diminuée. Des auteurs ont proposé d'autres critères qui incorporent des possibilités de compensation. Par exemple le critère de Kaldor : si ceux qui bénéficient d'un changement peuvent compenser ceux qui y perdent, alors le changement est considéré comme préférable à la situation initiale .

production entraînant une perte pour elle : avec le seul jeu du marché, lorsque l'entreprise ne considère dans sa décision de production que son propre profit, le niveau de production est en principe inférieur au niveau optimal.

Dans ces trois cas, les imperfections du marché entrainent une divergence entre les coûts privés et ceux, appelés "coûts sociaux", correspondant aux conditions d'obtention d'un optimum parétien. L'économie des ressources naturelles étudie des exemples importants de telles imperfections, dès lors que les producteurs exploitent une ressource non appropriée. Dans le cas particulier de l'économie des pêches, il existe une interdépendance technologique entre les unités de production, à travers les stocks de poissons qu'elles exploitent en commun (section 3.1.2.). En matière d'environnement, la qualité de l'air, par exemple, constitue un bien public.

* La théorie du bien-être repose sur une construction logique abstraite et atemporelle, sans rapport nécessaire avec la réalité. Le point essentiel, sur le plan de la méthodologie, est qu'on ne peut en dériver aucune proposition réfutable. De cette construction abstraite, de nombreux économistes néo-classiques vont déduire, d'une part, une norme et ,d'autre part, des préceptes de politique économique.

La norme est qu'il ne faut choisir une allocation des ressources et des biens que parmi celles qui sont efficientes au sens de Pareto ; ce critère d'optimalité est parfois modifié pour incorporer un critère de compensation (encadré n°9). Ce critère d'optimalité est celui prescrit dans la quasi-totalité des modèles bio-économiques avec la recherche de la maximisation de la rente, actualisée ou non, appelée aussi "surplus social". La rente représente l'excédent des revenus sur les coûts de production, lorsque ces derniers sont calculés sur la base de leur coût d'opportunité. La rente représente donc l'excédent des revenus sur les paiements nécessaires pour maintenir ou attirer les facteurs dans un secteur de production donné (encadré n°10).

Les préceptes concernent les mesures de politique économique à adopter. Celles-ci sont destinées à rapprocher les conditions économiques réelles de celles de la construction logique abstraite. Ainsi, les industries où les coûts marginaux sont continuellement décroissants doivent être règlementées. Les externalités négatives doivent faire l'objet d'une taxation ou d'une transaction sur un marché à créer ou d'un quota de production.

Ces normes et préceptes découlent de constructions logiques mais impliquent de fait des jugements de valeur quant à la répartition initiale des ressources.

ENCADRÉ N° 10 - RENTE

Dans l'approche néo-classique, le concept de rente peut être associé à tout facteur de production dont l'offre ou la disponibilité est strictement limitée (offre inélastique). La rente économique est définie de deux manières :

- le supplément de valeur dérivé de l'utilisation d'un facteur de production par rapport à son meilleur usage alternatif (coût d'opportunité) ;

- l'excès de revenu perçu par rapport au montant requis pour maintenir le facteur de production dans son utilisation présente.

Ces deux définitions sont équivalentes dans le cas d'une offre de facteurs de production parfaitement inélastique et d'une mobilité parfaite des facteurs d'un secteur d'activité à un autre.

Une distinction est faite entre la rente et la quasi-rente : dans le premier cas, la limitation ou manque de disponibilité du facteur de production est permanente ; dans le deuxième cas, la limitation est effective dans le court terme mais non dans le long terme.

La rente peut être partagée entre les détenteurs des facteurs de production dont l'offre est inélastique (location ou vente), ceux qui utilisent ces facteurs (profit économique) et l'Etat (taxe ou redevance). L'appropriation de la rente est étroitement liée à la définition du mode de propriété ou des conditions d'accès au facteur de production.

Le concept de rente est un de ceux les plus discutés dans la littérature économique (Guigou, 1982). Une intéressante discussion de l'évolution de ce concept et de son application aux ressources halieutiques peut être trouvée dans Reveret (1985).

2.2. - Démarche suivie pour les modèles bio-économiques

2.2.1. - Contexte des pêches

La phase primaire de production dans l'industrie de la pêche a été quasiment ignorée par les économistes jusqu'au début des années cinquante. Selon l'opinion prévalant à cette époque, l'objectif de la gestion des stocks de poissons était de permettre l'obtention du maximum de captures renouvelables et reposait sur un critère strictement biologique. Cela correspondait alors à une version moderne de l'objectif de préservation (conservation) des ressources naturelles : le stock de poissons constitue un "capital" inviolable dont l'industrie de la pêche ne peut utiliser que les intérêts, sans toucher au capital. Il est donc "rationnel" ou "optimal" de maintenir le capital naturel à un niveau tel que les intérêts, mesurés en quantités physiques (poids des captures), soient les plus élevés. Il est à remarquer que l'analogie entre le stock de poissons et le capital est quelque peu erronée dans la mesure où, pour toucher les "intérêts", le stock de poissons doit au préalable être réduit: un stock vierge ne produit aucun "intérêt".

Au début des années cinquante, des biologistes comme Burkenroad ou Beverton ont souligné les limites d'une telle approche où le pêcheur n'est considéré que comme un élément exogène, un prédateur, ayant par ses captures un impact sur les stocks.

La phrase désormais classique de Burkenroad (1952, p. 300) indique l'orientation que ces biologistes souhaitaient voir prendre en matière de gestion des ressources halieutiques :

"la gestion des pêcheries est effectuée pour le bénéfice de l'homme, non du poisson ; en conséquence, l'impact des mesures de gestion sur les stocks de poissons ne peut être considéré comme bénéfique en soi".

Pour Beverton (1953, p. 66-67), "sur un plan strictement économique, et en supposant que l'industrie de la pêche peut être considérée comme une entité économique autonome, l'intensité de pêche qui permet d'atteindre un bon équilibre entre les bénéfices pour l'industrie et pour le consommateur est sans doute celle correspondant au profit maximum [...]. Il y aura toutefois d'autres facteurs, sociaux ou politiques, qui peuvent rendre souhaitable une intensité de pêche plus élevée [...]. A un certain niveau d'intensité de pêche il y aura néanmoins le meilleur compromis entre tous ces facteurs, et nous proposons d'appeler ce niveau 'intensité de pêche optimale'".

ENCADRÉ N° 11 - ACCÈS LIBRE, RESSOURCES COMMUNES

Les expressions "accès libre" et "propriété commune" sont fréquemment prises dans un sens synonyme. Ces deux expressions recouvrent en fait des systèmes institutionnels différents.

De manière stricte, l'accès libre signifie que tout pêcheur peut avoir accès aux stocks. La propriété commune fait référence à un système institutionnel dans lequel les membres d'un groupe ont un droit égal d'accès aux ressources, à l'exclusion des membres d'autres groupes. Les institutions informelles fondées sur des coutumes, des tabous, etc.., peuvent conférer les mêmes résultats qu'un système institutionnel formel en matière d'égalité des droits d'usage pour les membres d'un groupe et d'exclusion des personnes non membres de ce groupe (Ciriacy-Wantrup, 1975).

De manière large, on peut considérer que lorsqu'un groupe n'est pas en mesure de limiter strictement le nombre de ses membres ayant accès aux ressources ou le prélèvement total opéré sur les ressources, la situation correspond à celle d'un "accès libre".

Ce changement d'orientation souhaité en matière de gestion des pêcheries sera repris et formalisé par les économistes néo-classiques à la suite de Gordon (1953) et Scott (1955). Le pêcheur est considéré comme un agent intégré dans un système écologique et économique ("bionomique"). Il s'agit de chercher les règles qui relient son comportement aux autres éléments du système. Les analyses se fondent généralement sur une double caractéristique des pêches, l'une biologique, l'autre institutionnelle.

La première, biologique, relève de la dynamique des populations: le taux de croissance d'un stock est fonction de sa taille et de sa structure; celles-ci sont en partie déterminées par l'importance et la forme de l'effort de pêche à travers les prélévements que celui-ci effectue sur le stock. Les paramètres biologiques étant donnés de manière exogène, le total des captures renouvelables est déterminé par l'effort total.

Il existe ainsi une interdépendance entre les fonctions de production de chaque firme que l'on suppose, par simplicité, correspondre à un bateau. En particulier, aucune firme n'a un contrôle direct sur son niveau de production. Chaque firme peut choisir le montant de son investissement, le métier pratiqué et le nombre de jours de pêche, mais c'est l'interaction entre le niveau total d'effort de l'ensemble des navires exploitant un stock et la taille de ce stock qui déterminera la production moyenne de chaque firme. Selon les stocks, cette interdépendance est plus ou moins marquée, prend place dans un délai de temps plus ou moins rapproché, est très importante ou faible par rapport aux effets des variations naturelles du recrutement (juvéniles entrant dans le stock exploitable), de la mortalité naturelle ou de la croissance des individus.

La deuxième caractéristique attribuée à la pêche est l'absence fréquente de mécanismes institutionnels (coutumes, réglementations, marché) contrôlant et limitant l'accès aux ressources. Les firmes ne peuvent ainsi pas prendre en compte, dans leur choix d'investissement et d'effort de pêche, l'interdépendance qui existe entre elles par l'intermédiaire du stock de poissons.

La notion d'accès libre ne signifie pas que toute personne a la faculté d'exploiter la ressource, mais correspond à l'absence de possibilité de limiter l'effort de pêche sur une pêcherie, c'est-à-dire l'absence d'attribution de droits d'usage exclusifs ou de droits de propriété (encadré n°11).

2.2.2. - Présentation des modèles

La démarche suivie dans l'élaboration des modèles bio-économiques se décompose en pratique en quatre phases.

Phase 1 : un postulat sur le comportement du producteur, une règle d'utilisation "optimale" des ressources, ainsi qu'un ensemble d'hypothèses simplificatrices sont formulés.

Phase 2 : le mode d'utilisation des ressources dans une économie de marché, où l'accès aux ressources est supposé libre, est analysé.

Phase 3 : le mode d'utilisation des ressources correspondant à une exploitation "optimale" est déterminé.

Phase 4 : s'il existe une divergence entre le mode d'exploitation des ressources en situation d'accès libre et celui présenté comme "optimal", les divers instruments de politique économique pouvant être utilisés pour corriger les "imperfections" du marché sont examinés ; ceci dans le cadre abstrait du modèle utilisé.

Il s'agit d'une démarche essentiellement normative. A partir d'une construction logique abstraite sont déterminés:

(i) l'allocation des ressources aboutissant à une exploitation qui correspond à une norme d'optimalité choisie ;

(ii) les préceptes de politique économique permettant d'atteindre l'allocation optimale des ressources.

CHAPITRE 3

MODÈLES STATIQUES ET DÉTERMINISTES

Le modèle statique de Gordon (1953, 1954) a servi de point de départ à l'analyse théorique de l'économie des pêches. Le principal résultat du modèle est de montrer comment, dans le cadre des postulats et hypothèses formulés, le régime d'accès libre à une pêcherie entraîne une surcapacité des moyens de production par rapport à la situation "optimale" et débouche ainsi sur une absence de rente.

3.1. - Modèle de base: stock et métier uniques

3.1.1. - Postulat et hypothèses (Phase 1)

Hypothèses simplificatrices

* une seule espèce est exploitée ; cette hypothèse permet d'éviter les complications dues aux interactions technologiques ou biologiques existant dans le cas d'une exploitation de stocks plurispécifiques;
* concurrence parfaite;
* prix des captures et prix des facteurs constants;
* métier et diagramme d'exploitation uniques;
* coefficient de capturabilité unique et constant (absence de saisonnalité, de saturation de l'engin de pêche, d'encombrement sur les lieux de pêche, distribution uniforme de la population de poissons...).

Postulat de comportement du producteur

* maximisation de la rente individuelle ; les variables de décision sont de deux sortes : décision d'entrer ou de sortir de la pêcherie et, dans le premier cas, choix de l'effort de pêche.

Norme d'utilisation optimale des ressources

* maximisation de la rente renouvelable totale.

ENCADRÉ N° 12 - FONCTION COBB-DOUGLAS

La fonction de production de Cobb-Douglas s'écrit:

$y = f(K,T) = A\ K^{\alpha}\ T^{B}$
où K représente le capital
T représente le travail
A, α, B sont trois coefficents positifs.

Cette fonction de production présente deux particularités:

(i) elle est homogène et de degré $\alpha + B$
- *avec $\alpha + \beta > 1$, les rendements d'échelle sont croissants*
- *avec $\alpha + \beta = 1$, les rendements d'échelle sont constants*
- *avec $\alpha + \beta < 1$, les rendements d'échelle sont décroissants*

(ii) l'élasticité de subsitution est égale à 1:

$$S = \frac{B * \frac{Y}{T} * \alpha * \frac{Y}{K}}{\frac{Y * B * \alpha * Y}{K * T}} = 1$$

Cette fonction constitue un cas particulier de la fonction de production C.E.S., laquelle n'implique pas d'élasticité de substitution égale à 1 (Silberberg, 1978).

3.1.2 - Exploitation en situation d'accès libre (Phase 2)

Pour tout instant t, les captures Yj de chacun des n bateaux dans la pêcherie sont proportionnelles à l'intensité de pêche Ej exercé par chaque bateau j et à la biomasse instantanée du stock, dénotée B:

(1) $Yj(t) = q*Ej(t)*B(t)$

où q est un coefficient de capturabilité; il représente "la probabilité d'être capturé par une unité d'effort pour un poisson pris au hasard dans un ensemble" (Laurec et Le Guen, 1981). Par simplification, il n'est pas fait de distinction dans la notation entre l'intensité de pêche et l'effort de pêche. Pour une définition précise de ces deux notions, le lecteur peut se reporter à Laurec et Le Guen, 1981. La capture par unité d'effort, dénotée CPUE, est égale à $q*B(t)$.

*L'effort de pêche Ej est traité comme une variable unidimensionnelle qui englobe en fait une combinaison de facteurs (bateau, technologie, engins de pêche, équipage,...), un ensemble d'opérations s'effectuant dans le temps et un savoir-faire.

Une formulation de la fonction de production plus conforme à l'analyse néo-classique, c'est-à-dire distinguant le travail, le capital et l'influence du progrès technique, peut être établie à partir d'une fonction de type Cobb-Douglas (voir encadré n° 12). Une telle formulation est utilisée par Agnello et Anderson, 1979 et par Hannesson, 1983. Elle est nécessaire pour analyser les substitutions entre facteurs de production.

*La relation (1) est valable pour chaque instant t. (Pour alléger la notation, l'indication de l'instant t ne sera faite que lorsqu'elle paraîtra nécessaire). Si l'on raisonnait en période de temps finie, la relation (1) devrait être transformée en considérant la biomasse moyenne au lieu de la biomasse instantanée. La biomasse moyenne est en partie fonction de l'effort de pêche total, c'est-à-dire:

$\overline{B} = B(n*Ej,\alpha)$, où α désigne l'ensemble des autres variables pouvant intervenir.

La relation entre l'effort total et la biomasse peut prendre des formes diverses selon le modèle biologique de dynamique des populations utilisé.

*Aux hypothèses formulées dans la Phase 1 s'ajoutent celles relatives aux modèles biologiques. Celles-ci sont exposées en détail dans Laurec et Le Guen (1981).

La variation de la biomasse, désignée par dB/dt ou $\dot{B}$, est égale à la différence entre la croissance naturelle nette g(B) et les captures totales Y (avec Y = n*Yj) :

(2) $\dot{B} = g(B) - q*n*Ej*B = g(B) - n*Yj = g(B) - Y$

Le stock est en équilibre lorsque la croissance naturelle de la biomasse compense juste les prélèvements dus à l'effort de pêche, c'est-à-dire lorsque $\dot{B} = 0$.

*Cet équilibre biologique est dynamique dans le sens où il y a toujours, d'une part, des naissances et des gains de poids individuels et, d'autre part, des décès naturels ou par capture. Cependant, dans cette section, l'analyse bio-économique qui repose sur ce type de relation est dite "statique" dans la mesure où l'on n'attribue pas une pondération particulière à la valeur des captures effectuées à des périodes différentes. Ce point sera repris au chapitre 4.

*La croissance naturelle nette de la biomasse est ici fonction de la taille même du stock ; avec un modèle analytique, il faudrait tenir compte de la structure du stock par classe d'âge. La relation fonctionnelle est telle que $g(0)=0$, $g(B)>0$ et $g''(B) < 0$. Cette dernière condition implique que la capture par unité d'effort diminue continuellement à mesure que l'effort total augmente (voir encadré n° 14). Elle entraîne une décroissance des rendements marginaux, c'est-à-dire de la productivité marginale. Dans les modèles biologiques, les captures passent généralement par un maximum de production renouvelable appelé MSY (Maximum Sustainable Yield) ; la relation fonctionnelle caractérisant la croissance naturelle nette est telle que :

(2') $g'(B) \underset{<}{\overset{>}{=}} 0 \text{ si } B \underset{>}{\overset{<}{=}} B(MSY)$

Chaque producteur est supposé prendre l'état du stock, ou plus exactement la capture par unité d'effort (CPUE) qu'il connaît, comme donné et fixe. De la même manière, mais c'est une hypothèse secondaire, il considère aussi le prix au débarquement comme connu. La rente individuelle de chaque producteur j est égale à la différence entre la valeur de ses captures et le coût de l'effort de pêche nécessaire pour les obtenir :

(3) $\pi j = p*Yj-C(Ej) = p*q*Ej*B - C(Ej)$
$= p*CPUE*Ej - C(Ej)$

La fonction de coût de l'effort de pêche C(Ej) inclue le coût d'opportunité du travail et du capital. Cette formulation permet une distinction entre le profit et la rente individuelle. Le coût d'opportunité du capital inclue en effet le profit "normal" du producteur, c'est-à-dire le revenu net que celui-ci obtiendrait s'il mobilisait son capital dans une autre activité.

*Une forme théorique des fonctions de coût moyen et de coût marginal de l'effort produit par chaque bateau est présentée dans l'encadré n° 15 : dans une première phase, alors que le niveau d'effort (nombre de jours de pêche, par exemple) augmente, son coût moyen [C(Ej)/Ej] diminue (par exemple en raison de l'étalement des coûts fixes); au-delà d'un certain niveau d'effort, une augmentation de celui-ci entraîne une élévation de son coût moyen que l'on peut attribuer, par exemple, au rendement décroissant des facteurs variables.

Chaque producteur choisit le niveau d'effort (Ej) qui lui permet de maximiser sa rente individuelle πj, c'est-à-dire l'excédent de revenu par rapport au coût d'opportunité du travail et du capital. Comme, par hypothèse, l'impact sur le stock de l'effort de pêche d'un seul bateau est voisin de zéro ($\delta B/\delta Ej \approx O$), la condition nécessaire pour que πj ait un maximum est donnée par :

(4) $C'(Ej) = p*q*B = p*CPUE$

Le comportement théorique du producteur est tel que la coût marginal de l'effort [C'(Ej)] est égal au revenu marginal <u>de</u> cet effort. Si le revenu marginal était inférieur au coût moyen minimum, dénoté $\overline{Cj}$, le producteur subirait une perte; le postulat de maximisation de la rente individuelle et l'hypothèse de mobilité des facteurs entraînent donc les conditions suivantes pour le maintien de l'effort ou la sortie d'une pêcherie :

(5a) $Ej > 0$ tel que $C'(Ej) = p*q*B$ si $p*q*B > \overline{Cj}$

(5b) $Ej = 0$ si $p*q*B < \overline{Cj}$

De la même manière, la perspective d'une rente positive entraîne automatiquement une entrée dans la pêcherie puisque les coûts d'opportunité du capital et du travail sont inclus dans le coût de l'effort de pêche. Au niveau de la pêcherie, la CPUE et donc le revenu par unité d'effort ne sont pas constants à mesure que le nombre de bateaux augmente : la perspective d'obtention d'une rente attire des bateaux additionnels dans la pêcherie, mais il en résulte nécessairement une baisse des CPUE et des revenus de chacun des bateaux.

Le libre accès à la pêcherie et la concurrence entre les unités de pêche entraînent une double conséquence :

- chaque bateau fournit un niveau d'effort de pêche correspondant au minimum de sa courbe de coût moyen ;
- le nombre de bateaux dans la pêcherie est tel que la rente obtenue par chaque bateau est nulle ; l'exploitation de la pêcherie ne génère aucune rente globale (encadré n° 15).

Avec un régime d'accès libre, la pêcherie se stabilise à un niveau où le stock se trouve en situation d'équilibre, où le nombre de bateaux reste constant, puisque le revenu net de chacun couvre juste le coût d'opportunité de travail et du capital, et où chaque firme alloue de manière efficiente ses moyens de production en égalisant le coût marginal de l'effort de pêche au revenu marginal qu'entraine cet effort. Cet équilibre "bio-économique" est ainsi caractérisé par les relations suivantes :

(6a) $\dot{B} = 0 : g(B) = Y$

(6b) $\dot{n}j = 0 : \overline{C}j = p^*q^*B$

(6c) $C'(Ej) = p^*q^*B$

Le terme "équilibre" est utilisé ici à la fois pour indiquer que la condition d'équilibre du stock est satisfaite et qu'il n'existe plus de possibilité d'arbitrages individuels permettant à chaque firme d'augmenter sa rente. La stabilité de l'équilibre dépend de la forme des fonctions de prix, de coût et de dynamique de la ressource exploitée. Avec un modèle de Schaefer, des coûts de l'effort et des prix unitaires constants, l'équilibre est stationnaire. Clark (1976) montre, à l'aide d'un modèle logistique, comment le système peut converger vers une disparition complète de la ressource : cas de dépensation critique. La section 3.2.2. illustre, dans le cas de prix non constants, la possibilité d'avoir plusieurs points d'équilibre, certains étant stables, d'autres non.

Le modèle abstrait qui permet de définir les conditions et niveaux d'équilibre dans la pêcherie n'est pas utilisé ici pour déboucher sur un test de validité du postulat de maximisation du profit. Cette démarche "positive" serait techniquement réalisable, par exemple en distinguant le capital et le travail qui composent l'effort de pêche et en examinant le changement de valeur des variables de décision lorsque la valeur d'un paramètre du système, comme le coût du capital, est modifiée.

ENCADRÉ N°13 - MAXIMISATION D'UNE FONCTION SOUS CONTRAINTE - MÉTHODE DE LAGRANGE

Un programme de maximisation d'une fonction f(x1,...,xn) sous contrainte d'une fonction g(x1,...,xn) peut s'écrire de manière générale sous la forme suivante :

maximiser : $f(x1,...,xn) = y$

sous la contrainte : $g(x1,...,xn) = 0$

où les fonctions f et g sont supposées être deux fois différentiables.

La solution de ce programme peut être obtenue en construisant une nouvelle fonction L, appelée lagrangien :

$$L = f(x1,...,xn) + \mu * g(x1,...,xn)$$

La nouvelle variable μ *est une variable additionnelle appelée multiplicateur de Lagrange. Elle mesure le changement de valeur de la fonction objectif lorsque la contrainte est relaxée d'une unité.*

Les conditions nécessaires de 1er ordre pour un extremum sont obtenues en prenant les dérivées de la fonction L par rapport à chacune des variables et en rendant ces dérivées égales à 0. On obtient un système de xn + 1 équations à xn + 1 inconnues :

$$\delta L/\delta x1 = \delta f(x1,..xn)/\delta x1 + \mu * \delta g(x1,..xn)/\delta x1 = 0$$

$$\delta L/\delta xn = \delta f(x1,..xn)/\delta xn + \mu * \delta g(x1,..xn)/\delta xn = 0$$

$$\delta L/\delta \mu = g(x1,..,xn) = 0$$

Les conditions suffisantes de 2ème ordre sont obtenues à partir de la matrice "hessienne bordée" composée par les dérivées secondes du lagrangien. Pour une fonction f à deux variables, ces conditions correspondent à des propriétés géométriques de convexité par rapport à l'origine. Une présentation détaillée des conditions de 2ème ordre peut être trouvées dans Malinvaud (1982).

3.1.3 - Exploitation "optimale" des ressources (Phase 3)

La norme d'utilisation "optimale" des ressources généralement proposée par les auteurs néo-classiques est celle de la maximisation de la rente renouvelable totale, c'est-à-dire de l'excédent des revenus totaux sur le coût d'opportunité de l'effort total de pêche.

Selon les auteurs, la maximimisation de la rente économique est présentée tantôt comme un "optimum" économique, tantôt comme un point de référence. Il est possible de faire une analogie avec le concept de MSY qui a été longtemps un objectif de gestion des stocks et qui demeure un critère permettant de caractériser le niveau d'exploitation d'un stock.

Le programme d'optimisation correspondant à la rente économique renouvelable maximum est donné par :

(7a) $\text{Max}\ \pi(n,Ej,B) = \sum_{j=1}^{j=n} \pi j$

(7b) sous la contrainte : $\dot{B} = g(B) - q*n*Ej*B = 0$

Le lagrangien associé à ce programme s'écrit (encadré n° 13) :

(7c) $L(n,Ej,B) = p*q*n*Ej*B - n*C(Ej) + \mu*[g(B) - q*n*Ej*B]$

Les conditions de premier ordre pour un maximum permettent de dériver le nombre optimal de bateaux et l'effort de pêche de chacun :

(8a) $\delta L/\delta Ej = 0$; d'où, en divisant chaque terme par n:
$C'(Ej) = p*q*B - \mu*q*B$

(8b) $\delta L/\delta n = 0$; d'où, en divisant chaque terme par Ej:
$C(Ej)/Ej = p*q*B - \mu*q*B$

(8c) $\delta L/\delta B = 0$ soit : $p*q*n*Ej + \mu*[g'(B) - q*n*Ej] = 0$

(8d) $\delta L/\delta \mu = 0$ soit : $g(B) = q*n*Ej*B$

On déduit directement de 8a et 8b l'égalité, à l'optimum, du coût marginal et du coût moyen de l'effort de pêche. Il existe une différence essentielle avec le cas de libre accès puisque le coût moyen ne correspond plus au revenu moyen. En effet, on peut réécrire la relation 8b de la manière suivante :

(9) $\overline{Cj} = Cj/Ej = (p - \mu)*CPUE$

La variable μ est le prix implicite de la ressource naturelle: elle représente la valeur, à l'équilibre, d'une unité supplémentaire de biomasse.

*Si le stock ne constituait pas une ressource limitée, la valeur de μ serait nulle et le mode d'utilisation optimale des ressources correspondrait au mode d'exploitation en situation d'accès libre. En raison du caractère limité de la ressource, il est tenu compte non seulement du revenu qu'engendre directement chaque unité d'effort, ainsi que du coût de cet effort, mais aussi du coût d'opportunité des captures, c'est-à-dire la perte que chaque unité supplémentaire d'effort fait subir à chaque bateau du fait de la baisse des CPUE. La variable μ représente la rente unitaire que l'on pourrait obtenir de la biomasse si l'effort correspondant à une unité supplémentaire de capture n'était pas exercé. Ainsi, le coût "privé" par unité d'effort est $\overline{Cj}$, mais le coût "social" est $(\overline{Cj} + \mu*CPUE)$.

La valeur implicite μ de chaque unité de biomasse est fonction du prix au débarquement, du coût moyen de l'effort de pêche et des captures par unité d'effort, c'est-à-dire du niveau de la biomasse. On peut en effet transformer (9) pour obtenir :

(10) $$\mu = p - \frac{\overline{Cj}}{q*B}$$

On peut également calculer μ à partir des relations 8c et 8d:

(11) $$\mu = \frac{-p * \frac{g(B)}{B}}{g'(B) - \frac{g(B)}{B}}$$

On déduit alors des relations (9) et (11):

(12) $$\overline{Cj} = \frac{p*q*B*g'(B)}{g'(B)-\frac{g(B)}{B}}$$

L'effort de chaque bateau étant fixé au minimum de la courbe de coût moyen, les relations 7b et 12 permettent de calculer le nombre optimal de bateaux ainsi que l'importance de la biomasse à l'optimum.

On peut aussi déduire des relations 12 et 2' que le niveau optimal de la biomasse est supérieur au niveau correspondant au MSY : comme $g(B)/B > g'(B)$ et que le coût moyen est positif, $g'(B)$ doit être négatif.

Puisque $\mu > 0$, on déduit des relations 6b et 9 que la biomasse à l'optimum est supérieure à celle résultant d'un libre accès à la pêcherie. On détermine ainsi que l'effort total de pêche en situation d'accès libre est supérieur à celui nécessaire pour une solution optimale ; de ceci sont déduites a contrario les notions de "surinvestissement" en capital et en travail dans le secteur de la pêche ainsi que de "surexploitation" économique du stock en régime d'accès libre à la pêcherie (encadré n° 15).

3.1.4 - Instruments d'ajustement (Phase 4)

D'après le modèle de base, il existe en régime d'accès libre une surcapacité théorique de travail et de capital entraînant une exploitation de la ressource naturelle trop intensive se traduisant par une dissipation totale de la rente. Cette "surcapacité" est déterminée à partir d'un postulat de maximation du profit et en fonction d'une norme d'optimalité spécifique. Une partie importante de la littérature relative aux méthodes d'aménagement des pêches repose sur la démarche normative qui consiste à déterminer les mesures à prendre pour amener le comportement théorique du producteur à se conformer à ce que à ce que devrait être la solution optimale.

Scott (1979) indique l'évolution de la théorie sur la régulation de l'exploitation des ressources. Crutchfield (1979) évalue les implications économiques et sociales des différentes mesures envisageables théoriquement pour contrôler l'effort de pêche. Seules sont reprises ici les analyses dérivées directement des modèles bio-économiques sans en examiner leurs possibilités pratiques d'application ni leurs conséquences réelles.

Trois principaux types de mesures non exclusives peuvent être envisagés :
- quotas individuels de capture ;
- licences de pêche ;
- redevances sur les captures ou sur l'effort de pêche.

*Quotas individuels

Un quota global de capture pourrait être fixé pour stabiliser la biomasse à son niveau optimal B°. En l'absence d'allocation individuelle de ce quota à chaque bateau, l'existence d'une rente potentielle entraîne une augmentation du nombre de bateaux dans la pêcherie raccourcissant le nombre de jours de pêche de chacun et diminuant les captures par bateau : le coût de production augmente donc et la rente totale devient nulle [ceci est formalisé dans Clark, 1985 b]. Un quota individuel égal à $g(B°)/n°$ est nécessaire pour éviter un surinvestissement dans la pêcherie.

*Licences

Comme l'équation (2) donne une relation directe entre les captures et l'effort, la solution optimale peut être obtenue en limitant le nombre de bateaux à n° ; il est par contre nécessaire de fixer alors les caractéristiques des bateaux et des engins de pêche pour éviter une augmentation de la capacité de capture de chacun en vue de s'approprier une part supplémentaire de la rente. Une combinaison de quotas individuels et de licences de pêche est possible.

*Redevances

Une redevance sur les captures égale à μ ou sur l'effort égale à $\mu^* q^* B°$ permet d'égaliser les conditions de premier ordre du programme correspondant à l'accès libre (relation 6b) et de celui associé à la norme d'utilisation optimale (relation 9). La redevance revient à rendre le coût privé de chaque entreprise égal au coût social, c'est-à-dire au coût qui prend en compte la valeur de la ressource naturelle. La biomasse est alors égale à la biomasse optimale B°, et le nombre de bateaux est réduit à n°. En raison de l'absence de variation du prix au débarquement, une taxe sur les captures est équivalente à une taxe sur le revenu. Un système de redevances, combiné ou non à un système de licences ou de quota, permet donc en théorie d'atteindre l'optimum tout en transférant la rente ainsi générée du secteur de production à l'Etat.

Si seul le critère d'efficience est pris en compte, les différentes alternatives envisagées ci-dessus sont théoriquement équivalentes. Cette équivalence est due à l'hypothèse d'information parfaite ; celle-ci sera modifiée dans le chapitre 5.

ENCADRÉ N° 14 - UN EXEMPLE : LE MODÈLE DE SCHAEFER

La variation nette de la biomasse est supposée pouvoir être représentée sous la forme d'une parabole :

$$(1.14) \quad \frac{dB}{dt} = \dot{B} = v(B)*B = v*(1 - \frac{B}{K})*B$$

où v est le taux de croissance instantanée de la biomasse et K représente un niveau de saturation du stock au-delà duquel la croissance est nulle (figure 2a).

En situation d'équilibre, les captures compatibles avec un renouvellement permanent de la biomasse sont telles que :

$$(2.14) \quad Y = q*n*Ej*B = v*(1 - \frac{B}{K})*B$$

une solution non nulle à cette équation est:

$$(3.14) \quad B = K*(1 - \frac{q}{v}*n*Ej)$$

La relation entre le total des captures renouvelables et l'effort de pêche appliqué sur le stock est ainsi établie à partir de (2.14) et (3.14) :

$$(4.14) \quad Y = q*n*Ej*B = q*n*Ej*K*(1 - \frac{q}{v}*n*Ej)$$

$$= q*n*Ej*K - \frac{q^2}{v}*K*n^2*Ej^2$$

Cette relation est représentée sur la figure 2: lorsque l'effort de pêche total augmente dans la pêcherie, la taille du stock diminue [relation (3.14), figure 2a]. Tant que le stock reste supérieur au niveau correspondant au MSY, les captures totales augmentent (figure 2b); au-delà, une augmentation de l'effort de pêche entraine une diminution des captures totales. La capture par unité d'effort (CPUE) baisse continuellement à mesure que l'intensité de pêche augmente (figure 2c).

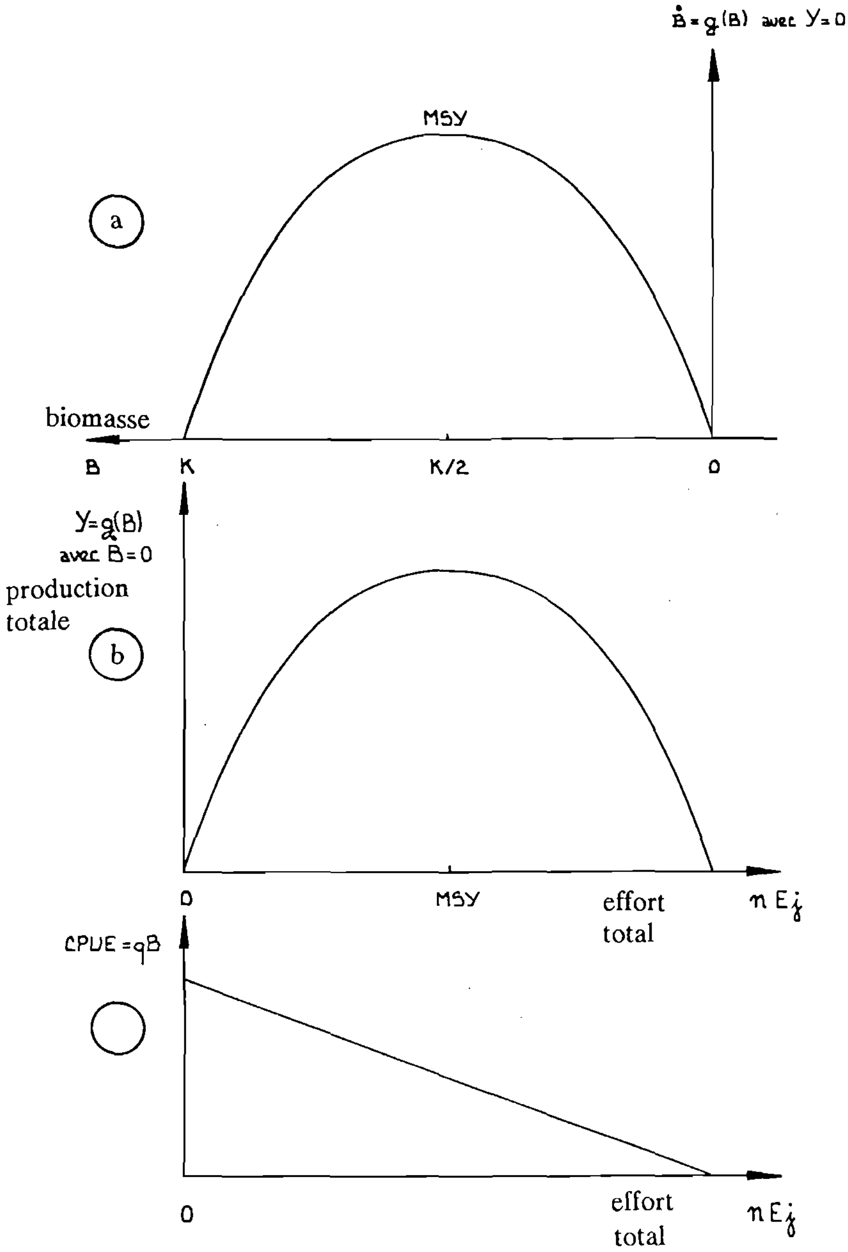


Figure 2 : Modèle de Schaefer

ENCADRÉ N° 15 - PROCESSUS DE DISSIPATION DE LA RENTE
(modèle statique et déterministe)

Le processus de dissipation de la rente illustré par les figures 3a, 3b et 3c est décrit en détail dans ANDERSON (1976).

La figure (3a) représente le coût moyen [C(Ej)/Ej] et le coût marginal [C'(Ej)] de l'effort de pêche de chaque bateau.

La sommation verticale des coût marginaux de l'effort de pêche de l'ensemble des bateaux est indiquée sur la figure 3b par les courbes en pointillé : en l'absence d'externalité au niveau de la production d'effort, chacune de ces courbes peut être interprétée comme étant la courbe d'offre d'effort de pêche d'un nombre donné de bateaux (n1 ou n2 dans la figure 3b). Les droites en trait plein sur la figure 3b représentent le revenu moyen et le revenu marginal de l'effort total de pêche ; elles peuvent être dérivées de la courbe de revenu total sur la figure 3c qui est obtenue à partir d'un modèle de SCHAEFER liant les captures totales à l'effort de pêche total. L'utilisation d'un autre modèle biologique impliquerait des courbes au lieu de droites pour indiquer le revenu moyen et le revenu marginal de l'effort de pêche.

Pour tout niveau de revenu moyen, chaque bateau peut augmenter ses profits ou diminuer ses pertes en opérant avec un niveau d'effort tel que la courbe de coût moyen de l'effort de pêche sur la figure 3a est à son minimum ; ce minimum correspond nécessairement à l'intersection I avec la courbe de coût marginal.

Supposons que n1 bateaux exploitent la pêcherie. Le niveau d'effort total de ces bateaux est alors représenté sur la figure 3b par le point B, c'est-à-dire le point d'intersection entre la courbe d'offre d'effort de pêche de la flottille et celle de revenu moyen. Pour ce niveau d'effort, le revenu moyen correspond au segment OD". Pour chaque bateau, le bénéfice net est positif puisque le revenu moyen est supérieur au coût moyen. La rente étant positive, d'autres bateaux entrent dans la pêcherie ; ceci jusqu'au moment où il y a n2 bateaux, c'est-à-dire où, pour chaque bateau le revenu moyen de l'effort est égal au coût moyen minimum de cet effort (point H). Sur la figure 3c, il y a alors égalisation du revenu total et du coût total de l'effort représenté par la droite : la rente dans la pêcherie est nulle.

La rente maximum est obtenue lorsque, au niveau de la flottille, le coût marginal de l'effort de pêche est égal au revenu marginal de cet effort. La différence entre le revenu total et le coût total est alors maximum. Le point A' sur la figure 3b *indique l'intersection de la courbe de coût marginal et la droite de revenu marginal lorsque chaque bateau opère au minimum de sa courbe de coût moyen. Avec un nombre n° de bateaux, le segment AA' représente la rente maximum par unité d'effort, la surface AA'DD' étant la rente totale. Celle-ci est représentée sur la figure 3c par le segment AA'.*

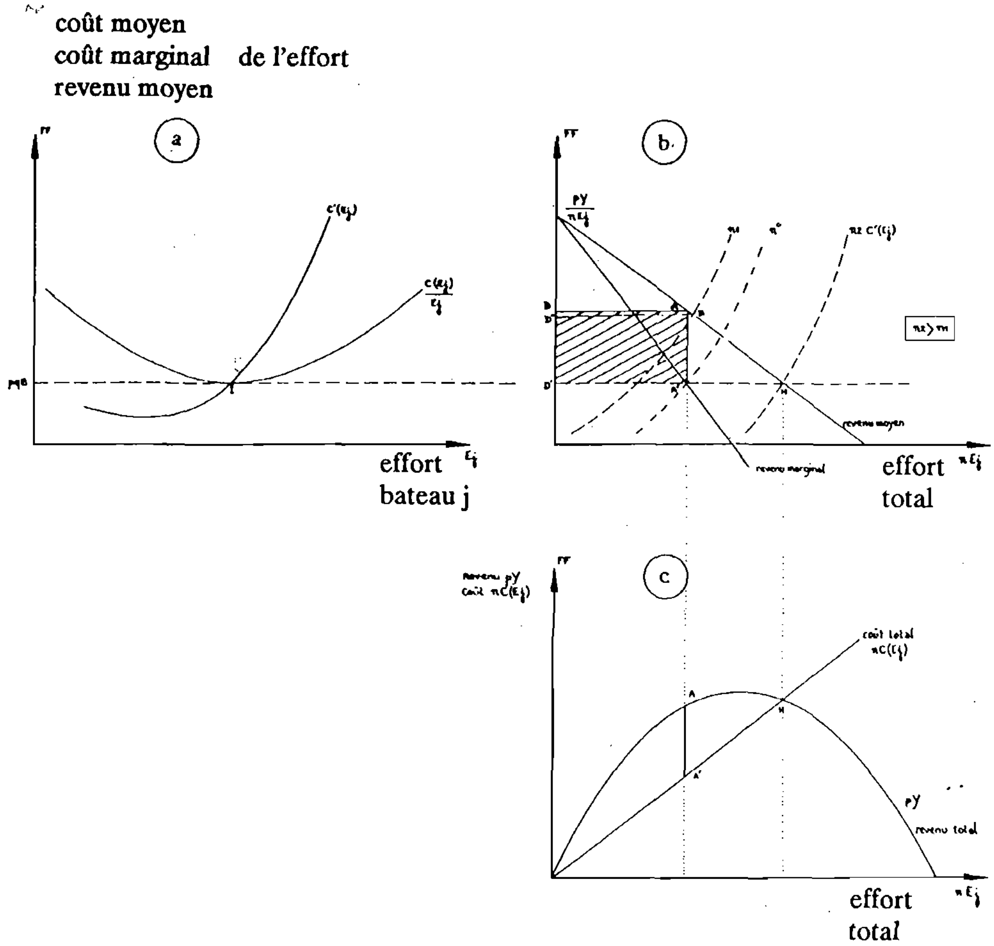


Figure 3 : Dissipation de la rente et "optimum" statique

3.2 - Développements du modèle de base

Le modèle de base présenté dans les sections précédentes peut être modifié en transformant les hypothèses simplificatrices de manière à les rendre conformes à certaines situations envisageables dans la réalité : importance des captures renouvelables dépendant de l'âge à la première capture, prix au débarquement variables, absence d'atomicité du marché au niveau de la première mise en vente, stocks plurispécifiques et flottilles polyvalentes. Les implications de ces diverses situations sont examinées succinctement dans cette section ; d'autres cas, comme l'irréversibilité de l'investissement, seront examinés dans le chapitre suivant. Dans cette section, le postulat de comportement du producteur, à savoir la maximisation de la rente individuelle, est maintenu.

3.2.1 - Modifications de la base biologique du modèle : le cas d'un changement de maillage

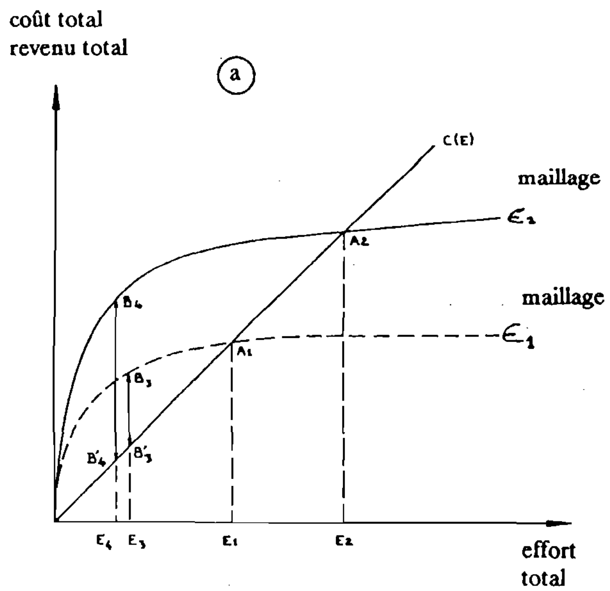
Les modèles bio-économiques utilisés dans la littérature pour comparer de manière analytique l'exploitation optimale d'un stock et celle résultant d'une situation d'accès libre à la pêcherie reposent fréquemment sur un modèle biologique très simple qui peut ne pas être représentatif de la réalité. Le modèle bio-économique de base peut être modifié pour tenir compte des caractéristiques biologiques spécifiques à chaque stock. En fonction, de leurs caractéristiques biologiques, il peut être intéressant d'étudier les effets économiques de modifications qualitatives de l'exploitation des stocks.

Cette section examine les implications potentielles d'un changement de maillage. L'analyse peut reposer sur un modèle biologique de type Beverton-Holt (Laurec et Le Guen, 1981). Ce type de modèle, qui tient compte de la structure du stock par classe d'âge, permet d'évaluer les changements quantitatifs intervenus dans la pêcherie, comme une modification du nombre de bateaux. Il permet également d'appréhender les effets de mesures qualitatives, comme le recul de l'âge d'entrée du poisson dans la phase exploitable du stock. Par exemple, une augmentation de la taille du maillage d'un chalut a pour conséquence de laisser passer plus de jeunes (donc petits) poissons à travers les mailles ; ceux-ci pourront être capturés à un âge plus élevé, lorsque leur taille sera plus grande, sauf s'ils meurent entre temps de mort naturelle.

L'activité de pêche est alors caractérisée par deux variables : l'intensité de pêche (mortalité par pêche), que l'on suppose ici strictement proportionnelle à l'effort de pêche, et la sélectivité des engins de pêche. Dans le cas de la pêche au chalut, la sélectivité dépend surtout du maillage; pour d'autres métiers comme la palangre, la sélectivité peut être liée à la taille de l'hameçon.

Les figures 4a et 4b représentent des cas où la production à l'équilibre dépend non seulement de l'effort de pêche mais aussi de la taille du maillage. Le prix du poisson étant supposé constant, la forme de la courbe de revenu est identique à celle de la courbe de production. Sur les deux figures 4a et 4b, la taille du maillage $\epsilon 2$ est supérieure à celle du maillage $\epsilon 1$; donc, une plus grande proportion de petits poissons échappe à la capture avec le maillage $\epsilon 2$. On suppose que le maillage $\epsilon 1$ correspond à la situation prévalant initiallement dans la pêcherie. La figure 4a illustre le cas où un plus grand maillage entraîne une augmentation des captures et du revenu quel que soit le niveau d'effort total E dans la pêcherie; dans la figure 4b, la situation est différente : l'amélioration des captures et du revenu à la suite d'une augmentation du maillage n'est pas systématique: elle dépend du niveau d'effort total.

Dans les modèles néo-classiques, l'intérêt d'un changement de maillage ne se mesure pas par le changement de revenu total mais par la rente totale générée dans la pêcherie. Le coût total (y compris le coût d'opportunité du capital et du travail) est fonction de l'effort total dans la pêcherie; sur les figures 4a et 4b, il est représenté par les droites C(E): plus l'effort total s'élève, plus le coût total augmente. La rente est égale à la différence entre le revenu total et le coût total. Par exemple, sur la figure 4a, un niveau d'effort total E3 accompagné d'un maillage $\epsilon 1$ permet une rente totale représentée par le segment B3 B'3 (B3 correspond au revenu total et B'3 au coût total).



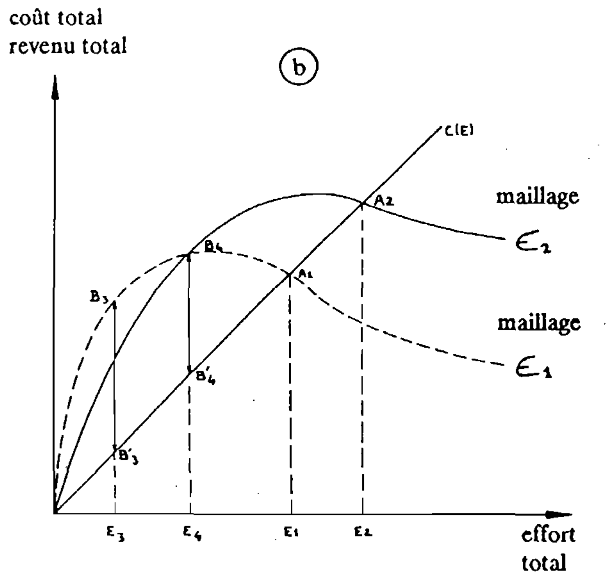


Figure 4 : Accès libre et optimum "statique" avec un changement de maillage

En situation d'accès libre, la pêcherie se stabilise en théorie à un niveau A1 où la rente est nulle et où la taille du maillage est minimum ($\epsilon 1$). Sur la figure 4a, avec un niveau d'effort initial E1, il est possible d'obtenir un revenu net positif en passant du maillage $\epsilon 1$ au maillage $\epsilon 2$, de dimension plus grande. Cependant, avec une réglementation imposant le maillage $\epsilon 2$ sans limiter l'accès à la pêcherie, l'existence initiale d'une rente entraînerait une augmentation de l'effort total de E1 à E2, c'est-à-dire jusqu'à ce que la nouvelle rente totale soit nulle. La nouvelle position d'équilibre serait A2 , à l'intersection de la courbe de revenu total (maillage $\epsilon 2$) et de coût total. Il est nécessaire, pour accroître les bénéfices nets dans la pêcherie, de contrôler la sélectivité des engins tout en limitant l'effort de pêche.

On peut remarquer, en comparant les figures 4a et 4b, qu'une augmentation de la taille du maillage, accompagnée d'une limitation appropriée de l'effort de pêche, ne conduit pas nécessairement à une augmentation de la rente économique. Dans le cas représenté par la figure 4b, le maillage $\epsilon 2$ permet une rente économique maximum égale à B4 B'4 inférieure à celle obtenue avec le maillage $\epsilon 1$ et indiquée par le segment B3 B'3. Dans les cas où la mortalité naturelle est très élevée et l'effort de pêche peu important, il peut être plus avantageux d'abaisser l'âge d'entrée du poisson dans la phase exploitable et d'intensifier la pêche sur les classes d'âge relativement jeunes plutôt que de laisser le poisson mourir de cause naturelle.

Ce type d'analyse illustre l'intérêt d'évaluer le meilleur compromis entre laisser grandir une proportion plus ou moins importante de poissons ou les capturer avant qu'ils ne meurent de mort naturelle. Cet arbitrage doit en plus tenir compte de la relation existant entre la taille moyenne du poisson et son prix ; ceci est discuté notamment dans Beverton (1953) et Gates (1974).

3.2.2 - Prix au débarquement fonction des quantités : l'équilibre de marché

L'hypothèse de fixité des prix au débarquement utilisée dans le modèle de base est irréaliste dans la majorité des cas. Son intérêt est de montrer que la rente potentielle ne provient pas d'une quelconque situation de monopole qui permet de jouer sur les quantités et sur les prix pour générer un profit au détriment des consommateurs.

ENCADRÉ N° 16 - LE SURPLUS DU CONSOMMATEUR

Le concept de surplus du consommateur, introduit à l'origine par Dupuit en 1844 et repris ensuite par Marshall et puis Hicks (1943), est utilisé pour tenter de mesurer, en termes monétaires, les gains ou pertes que les consommateurs d'un produit obtiennent ou subissent lorsque le prix de ce bien est modifié. Si l'on considère une fonction de demande comme celle représentée par la figure 5, le passage d'un prix p1 à un prix p2, dû par exemple à une modification des conditions d'offre, correspond à une augmentation de la quantité échangée de q1 à q2 ; on peut a priori penser que ceux qui consommaient le produit lorsque le prix était p1 bénéficient de la baisse des prix au niveau p2 puisqu'ils paient moins pour une consommation identique. En raison de l'unicité du prix sur le marché, les consommateurs dérivent en surplus d'utilité du fait qu'ils obtiennent le produit à un prix inférieur à celui qu'ils seraient prêts à payer.

La mesure du surplus que le consommateur tire de l'échange ne fait pas l'unanimité parmi les économistes [se reporter pour ce sujet à Little (1960), Curry et al. (1971), Silberberg (1972), Willig (1976)]. Il n'existe pas de mesure unique, en unité monétaire, d'un changement d'utilité. La surface comprise sous la fonction de demande et au dessus du prix du marché est généralement utilisée en économie appliquée. Ainsi, lorsque le prix est p2, le surplus du consommateur est mesuré de manière approximative par la surface A C C' ; la variation du surplus du consommateur lors d'une baisse de prix de p1 à p2 est alors mesurée par la surface B B'C C'.

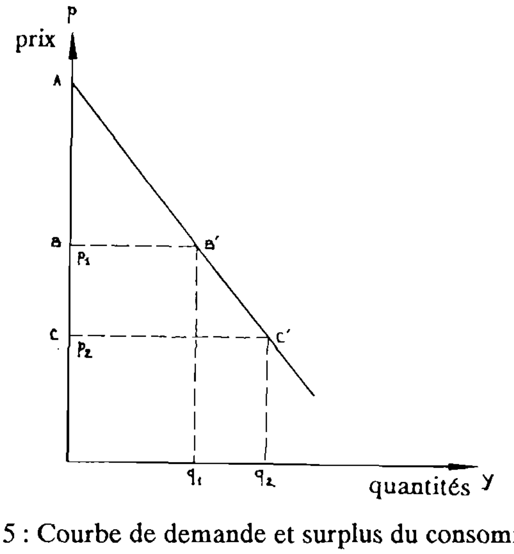


Figure 5 : Courbe de demande et surplus du consommateur

Les facteurs intervenant dans la détermination des prix sont nombreux : quantités débarquées et importées, fraîcheur, présentation, taille, prix des produits substituts, saison, revenu disponible par habitant, population, habitudes alimentaires, etc... . Pour simplifier l'analyse, seules les conséquences d'une variabilité des prix en fonction des quantités débarquées sont examinées ici. La section précédente mentionnait les cas d'une relation prix-taille ; il sera question au chapitre suivant d'une variation des prix dans le temps due, par exemple, à une augmentation de la population et du revenu national.

En l'absence de prix constants, la norme d'utilisation optimale des ressources donnée précédemment (équation 7a) est modifiée. Cette dernière ne considère en effet que le seul bénéfice net du producteur. Avec un prix fonction des quantités, une telle norme conduirait à une situation équivalente à celle résultant d'une position de monopole non discriminant : pour maximiser son profit le producteur réduit sa production non seulement en raison de la relation existant entre l'intensité de pêche et le coût des captures, mais aussi pour élever le prix à un niveau correspondant à l'égalité entre le revenu marginal et le coût marginal. Or cette élévation du prix, si elle accroît le surplus du producteur, diminue par contre le surplus du consommateur (encadré n° 16).

Avec des prix variables, la norme d'utilisation optimale des ressources est transformée: elle correspond à la somme des surplus du consommateur et du producteur. Cette somme est appelée "surplus social". L'équation (7a) devient:

$$(13) \quad S = \underbrace{\int_0^Y p(y)*dy - p(Y)*Y}_{\text{surplus du consommateur}} + \underbrace{p(Y)*Y - C(Y)}_{\text{surplus du producteur}}$$

c'est-à-dire :

$$(14) \quad S = \int_0^Y p(y)*dy - C(Y)$$

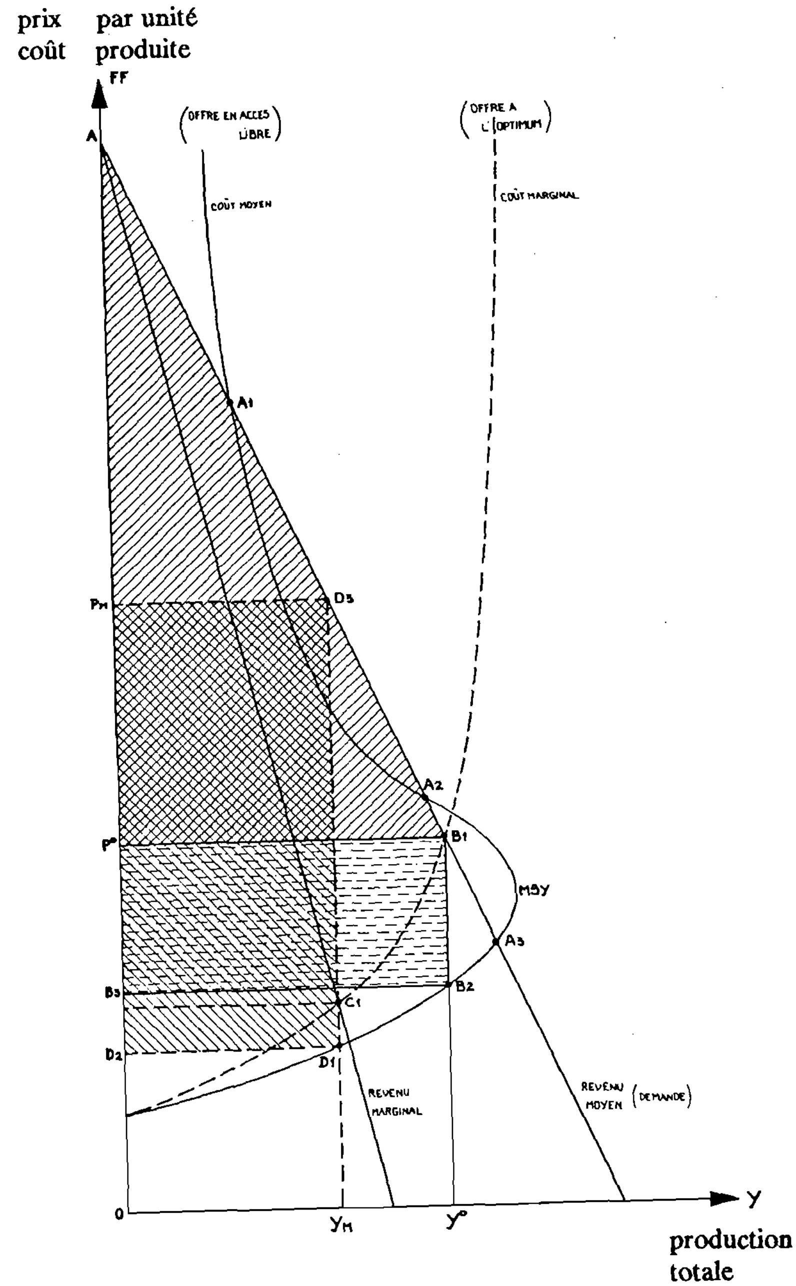


Figure 6 : Offre et demande de poisson

Comme dans le modèle de base, l'optimum revient à choisir un niveau d'effort minimum tel que le coût marginal de la production de l'ensemble des bateaux est égal au prix au débarquement.

La figure 6 représente les courbes d'offre et de demande de poisson.

- La courbe d'offre de poisson en situation d'accès libre est la même que celle de coût moyen de production. Chaque producteur cherche à augmenter sa production tant que le prix obtenu sur le marché par unité produite est supérieur ou égal au coût par unité produite. Dans un premier temps, tant que le stock est exploité à un niveau en-deça du maximum de production renouvelable (MSY), une élévation des prix par unité produite permet une augmentation de l'offre. Lorsque le stock est exploité déjà de manière intense, au-delà du niveau permettant le maximum de production renouvelable, une élévation supplémentaire des prix entraîne de manière paradoxale une baisse de l'offre: l'effort de pêche augmente mais cette intensification de l'effort réduit encore la taille du stock et les captures totales baissent. D'où la forme particulière de la courbe d'offre dans le secteur de la pêche illustrée dans la figure 6.

- La fonction de demande de poisson, représentée par une droite dans la figure 6, est "classique": lorsque le prix unitaire est élevé, la quantité demandée est importante. La fonction de demande correspond au revenu moyen (c'est-à-dire par unité produite) des producteurs.

En situation d'accès libre, l'équilibre de la pêcherie s'établit à l'intersection de la courbe d'offre et celle de demande. Dans le cas particulier représenté par la figure 6, il existe trois positions potentielles d'équilibre: A1, A2 et A3. Le point A2 correspond à un équilibre instable dans la mesure où une légère variation du prix ou du coût entraîne la pêcherie vers un équilibre différent: A1 ou A3, selon que le déséquilibre initial se traduit par un profit ou une perte.

L'optimum, c'est-à-dire la maximisation des surplus des consommateurs et des producteurs, est atteint avec le niveau de production Y°: le coût marginal de la production est égal au prix au débarquement (point B1). Le coût moyen est alors indiqué par le point B2. Le surplus des producteurs par unité produite est donc

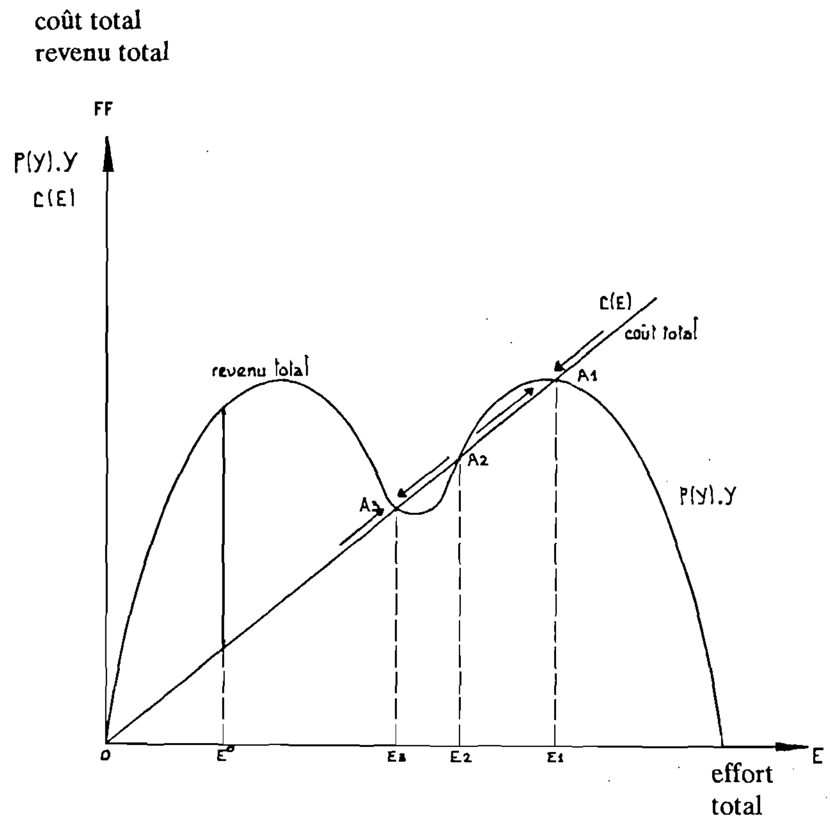


Figure 7 : Accès libre et "optimum" statique avec des prix fonction des quantités

représentée par le segment B1 B2 ou, de manière équivalente, P° B3; le surplus total des producteurs est égal à la surface du rectangle B1 B2 B3 P°. Le surplus des consommateurs est évalué par le triangle A B1 P°. Le surplus total est représenté par la surface A B1 B2 B3.

La possibilité de positions d'équilibre multiples en situation d'accès libre et de prix fonction des quantités débarquées est illustrée de manière différente par la figure 7. Dans cette figure, on suppose que les prix s'effondrent lorsque les quantités produites sont très élevées. Cela pourrait par exemple être le cas de la sardine en France qui trouve peu de débouchés au-delà d'un certain niveau de production.

La courbe de revenu total est obtenue en multipliant la production totale par le prix moyen. Le minimum partiel de la courbe de revenu, situé entre les deux maxima, correspond par exemple au maximum de production renouvelable: à un tel niveau de production, la quantité débarquée est telle que la baisse du prix unitaire diminue le revenu total.

La droite de coût total a une triple intersection avec la courbe de revenu total (A1, A2, A3), chacune constituant une situation possible d'équilibre dans le cas d'un accès libre à la pêcherie.

Le point A2 correspond à un équilibre instable dans la mesure où une légère variation des prix ou des coûts entraîne un déplacement de l'effort vers E1 ou vers E3. Si l'on prend comme situation de référence le point A2 et le niveau d'effort total E2 qui lui correspond :

- une faible diminution de l'effort total par rapport à E2 entraîne une augmentation de la production totale mais également une baisse du revenu total consécutive à la chute des prix unitaires. Les entreprises de pêche subissent alors une perte, ce qui suscite une sortie de certains bateaux de la pêcherie. La pêcherie se stabilise alors autour du point A3, avec un effort total E3 : les revenus égaux aux coûts totaux ;

- un léger accroissement de l'effort total entraîne une baisse de la production et une hausse des revenus totaux. L'existence d'une rente débouche, en situation d'accès libre, à une augmentation de l'effort total, jusqu'au niveau E1.

D'un point de vue théorique, les implications d'une courbe de revenu total similaire à celle de la figure 7 sont importantes: si l'on suppose que la situation d'équilibre correspond au départ au point A1, avec un effort total E1, des mesures visant à diminuer l'effort de pêche autour du MSY entraîneront des pertes. Cet exemple peu réaliste fournit une illustration théorique de l'inadéquation de mesure d'aménagement basées sur le seul concept de MSY.

* Un monopole aboutit en théorie à une situation où le coût marginal de la production de l'ensemble des bateaux est égal au revenu marginal et non au prix. Dans l'exemple de la figure 6, le niveau de production correspondant à une situation de monopole permet d'accroître le surplus des producteurs (surface D1 D2 Pm D3) mais diminue celui des consommateurs (surface A D3 Pm). Le surplus total est diminué. Dans ce cas, une structure monopolistique de l'industrie conduirait à une sous-production (production Ym) et à un prix (Pm) trop élevé par rapport à la situation optimale. En raison de la forme particulière de la courbe théorique d'offre dans le secteur de la pêche, il est aussi possible qu'une structure de monopole induise une surproduction et des prix trop bas par rapport à la solution optimale ; ceci dépend de la position relative des courbes de coût et de demande.

* Une situation différente est celle d'un monopsone qui contrôle totalement le prix au débarquement. Rotschild et al. (1978) examinent les implications de ce cas extrême d'un acheteur unique. Une réduction du pouvoir de monopsone n'implique pas nécessairement une amélioration de la situation globale dans la pêcherie : en l'absence de mesures directes ou indirectes limitant l'accès à la pêcherie, l'élévation du prix au débarquement peut entraîner une diminution du surplus du consommateur, sans affecter le surplus du pêcheur qui reste nul en raison du processus de dissipation de la rente. Elle réduirait par contre le surplus des entreprises de distribution ou de transformation ; le surplus total peut ainsi se trouver diminué.

3.2.3 - Stocks plurispécifiques

Dans une pêcherie à stocks plurispécifiques, chaque unité d'effort peut affecter les différentes populations d'une double manière :

- par l'existence d'interdépendances techniques, sous la forme de prises accessoires ;
- par les interdépendances biologiques, par exemple sous la forme de compétition entre les espèces pour la nourriture et l'espace ou de relations de prédation.

Anderson (1975 b) montre que ces deux formes d'interdépendances entre espèces sont relativement similaires pour l'analyse économique: il s'agit dans les deux cas de maximiser la rente globale, c'est-à-dire celle liée à l'exploitation de l'ensemble des espèces concernées. Ces deux formes d'interdépendances sont cependant bien distinctes: dans le premier cas, en raison de l'absence de choix de sélectivité, seul le niveau d'effort total peut être contrôlé; dans le deuxième cas, les résultats obtenus dépendent à la fois de la quantité total d'effort et de l'allocation de cet effort entre les différents stocks.

Dans le cas d'une interdépendance biologique, l'optimum économique est atteint lorsque l'effort dans chaque pêcherie est tel que la valeur totale d'une augmentation des captures dans les deux pêcheries est égale à l'accroissement du coût de l'effort nécessaire pour obtenir ces captures.

Par rapport à la combinaison d'effort qui maximise séparemment la rente économique dans chacune des pêcheries, la combinaison d'effort dans les deux pêcheries qui permet de maximiser la rente globale peut correspondre à un effort accru dans chacune des pêcheries, accru dans une des pêcherie et diminué dans une autre, ou diminué dans les deux pêcheries. Cela dépend de la forme des interdépendances biologiques. Pour ces interdépendances, comme pour celles technologiques, la combinaison optimale d'effort peut entraîner pour l'un des stocks une intensité de pêche au-delà de celle correspondant au MSY ; la disparition d'une des espèces peut être optimale alors que, dans le cas d'un stock monospécifique, cette condition n'est jamais rencontrée pour un optimum statique.

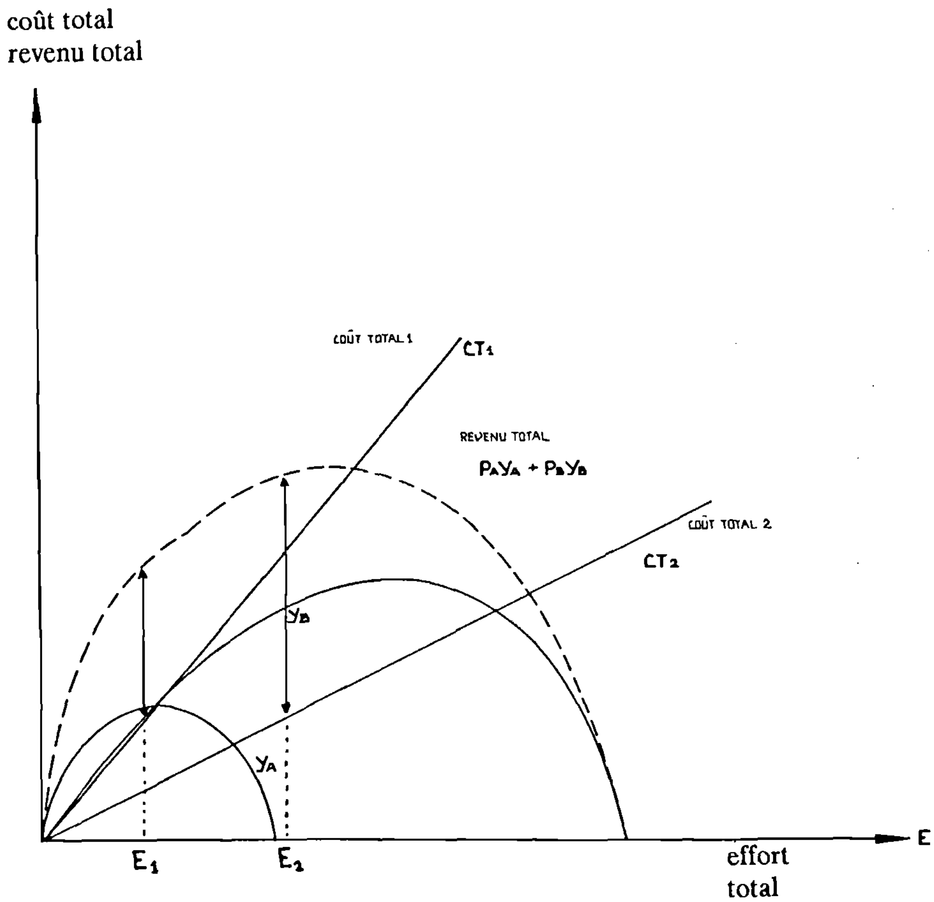


Figure 8 : Exploitation simultanée de deux stocks (stock A et stock B)

La figure 8 donne un exemple simplifié de deux espèces A et B exploitées par une même unité de pêche. Les courbes en traits pleins représentent les captures des espèces A et B en fonction d'un effort total E. L'interdépendance technique entre les stocks A et B se traduit par le fait que chaque unité d'effort s'applique simultanément sur les stocks A et B.

Pour chaque niveau d'effort total, la courbe de revenu total est obtenue par la sommation des quantités capturées correspondantes au niveau d'effort et pondérées par les prix (courbe en pointillée). Avec un coût total de l'effort de pêche représenté par la droite CT1, la rente économique maximum est obtenue à un niveau d'effort tel que le stock A est exploité en deçà du niveau correspondant au MSY (effort total E1) ; avec une baisse du coût de l'effort de pêche, représentée par la droite CT2, la maximisation de la rente totale induit une disparition du stock A (effort total E2).

Une conclusion générale pour les stocks plurispécifiques est que les objectifs de gestion par espèce doivent être abandonnés au profit d'objectifs par groupe d'espèces dès lors que les interdépendances techniques ou biologiques sont fortes.

3.2.4 - Flottilles polyvalentes

La conclusion précédente peut être reprise et légèrement transformée pour correspondre au cas des flottilles polyvalentes. L'objectif de rente économique maximum implique que soient considérés simultanément :

- le calendrier de pêche des navires sur toute l'année ;

- l'ensemble des espèces exploitées.

Anderson (1979) donne une représentation graphique, reprise figure 9, de l'exploitation de deux stocks séparés B1 et B2 par une flottille polyvalente. Le coefficient de capturabilité qui correspond à chaque stock est le même pour tous les bateaux. Sur la figure 9, les axes représentent le nombre t de jours de pêche consacrés à l'espèce B1 (t1 sur l'axe horizontal) et à l'espèce B2 (t2 sur l'axe vertical) ; le nombre total de jours de pêche est fonction du nombre de bateaux (N). Les ellipses correspondent chacune à un niveau constant de rente (courbes d'isorente).

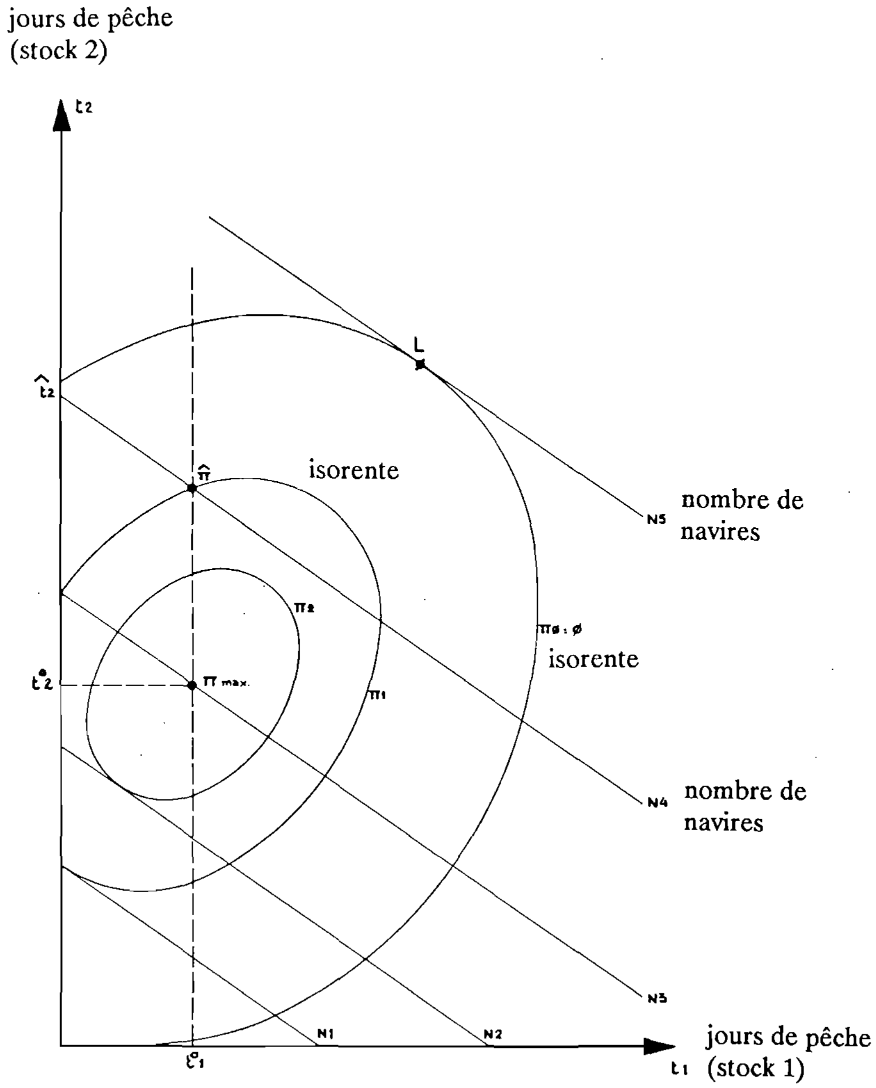


Figure 9 : Exploitation de deux stocks par une flottille polyvalente

Au niveau de rente maximum, l'ellipse se réduit à un seul point, π max, représentant la rente globale maximum. Ce point est atteint lorsque le nombre de bateaux est égal à N3, chacun opérant à pleine capacité et distribuant son temps de pêche d'une manière proportionnelle à t2°/t1°.

L'équilibre en situation d'accès libre aux deux pêcheries est indiqué par le point de tangence L entre la courbe d'isorente nulle et la droite N5 (avec N5 > N3). Dans l'hypothèse où un système de licences de pêche est instauré uniquement pour l'espèce 1, avec une limite du nombre de jours de pêche t1° pour les N3 bateaux autorisés, il est possible à un nombre N4 - N3 de bateaux supplémentaires d'entrer exclusivement dans la pêcherie 2 sans subir de perte ; la rente totale est ramenée à un niveau $\hat{\pi}$ positif mais inférieur à π max.

L'analyse économique de l'activité des flottilles polyvalentes aboutit à une double conclusion analogue à celle du cas de base correspondant à un seul stock :

(i) La situation d'accès libre aboutit à un nombre de bateaux trop élevé.

(ii) L'exploitation de plusieurs stocks par une flottille polyvalente peut dégager une rente économique maximum à la condition que le nombre de bateaux soit limité à son niveau optimal et que la distribution optimale de l'effort de chaque bateau soit également spécifiée.

De manière générale, la mise en place d'un système de licences pour l'exploitation d'un seul stock afin de limiter l'accès des bateaux de pêche polyvalents ne suffit pas, sauf exception, pour obtenir une rente économique maximum. Il est nécessaire de mettre en place un système global de licences de pêche concernant l'ensemble des stocks. Ce système peut être accompagné de mesures complémentaires pour certaines espèces (quotas, fermetures de zone ou de saison de pêche) afin d'éviter un report d'effort de pêche excessif sur l'un ou plusieurs des stocks exploités.

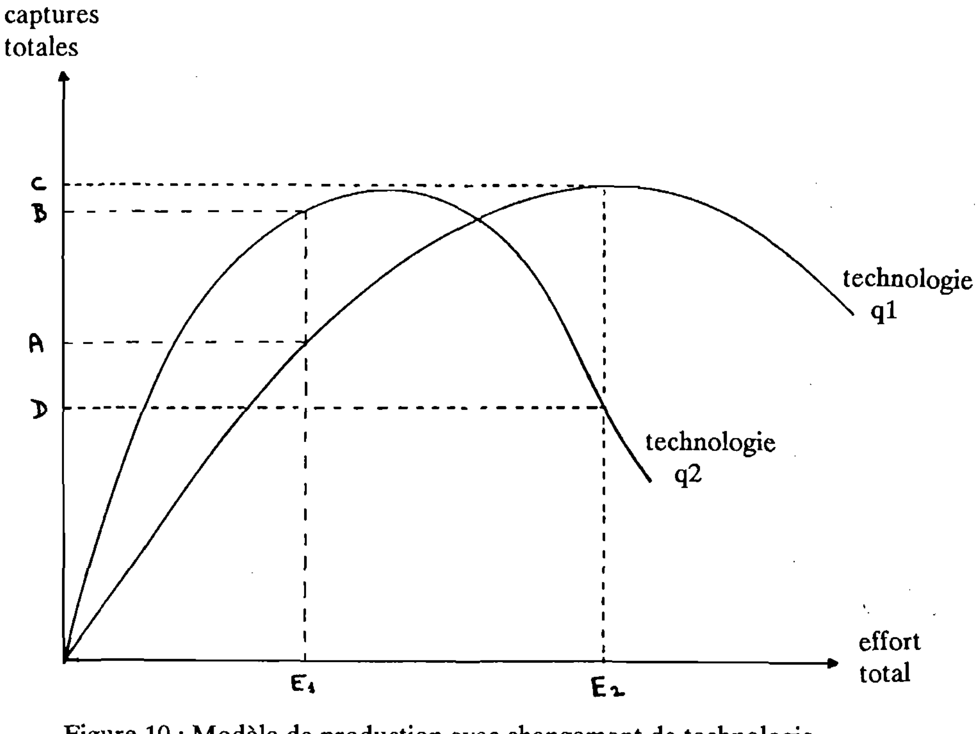


Figure 10 : Modèle de production avec changement de technologie

3.2.5. - Changements technologiques

Un exemple d'analyse des effets à long terme des changements technologiques dans la pêche est fourni dans Cunningham et al. (1985). Une formalisation différente peut être trouvée également dans Varech (1978). Les gains en efficacité de pêche obtenus par une même combinaison de capital et de travail Ej peuvent être représentés dans les modèles par des modifications de la valeur du coefficient de capturabilité q. Pour un même effort nominal Ej, si la capturabilité est plus élevée, l'intensité de pêche augmente.

L'effet sur les captures d'une augmentation de l'efficacité de l'effort de pêche dépend de l'intensité de pêche déjà appliquée sur le stock de poissons, c'est-à-dire du niveau total d'effort nominal (n * Ej). Cela est illustré par la figure 10. Sur cette figure sont représentées deux courbes de captures renouvelables. A chacune correspond un coefficient de capturabilité différent, avec q1 < q2. Si le niveau initial d'effort nominal est E1 et est maintenu, un changement technologique (passage de q1 à q2) permet d'augmenter les captures de A à B. En revanche, si le niveau initial d'effort est E2 et est maintenu, le changement technologique aboutit à une chute des captures totales, de C à D. Cet effet d'un changement technologique sur la production est paradoxal. Il résulte de l'interdépendance existant entre les entreprises à travers les stocks de poissons qu'elles exploitent conjointement.

Le coût de production dépend ainsi de la technologie utilisée et du niveau d'effort nominal. La situation d'équilibre sur le marché en situation d'accès libre sera également fonction du niveau de la demande.

La figure 11 représente deux courbes d'offre de poissons C(q1) et C(q2) correspondant chacune à un coefficient de capturabilité différent, avec q1 < q2. La situation initiale dans la pêcherie est supposée être caractérisée par une production Y1 correspondant à un effort E1, et par un prix de marché P1. L'impact d'un changement de technologie [passage de C(q1) à C(q2)] va dépendre de la demande. Deux cas se présentent :

(i) la demande est élastique (courbe de demande D): le coût de production de chaque firme diminue grâce au changement technologique, du moins tant que l'effort total reste en-deça d'un niveau correspondant au maximum de production renouvelable ; l'existence initiale d'une rente entraîne un accroissement de l'effort total qui se traduit, dans l'exemple considéré, par un accroissement des captures et

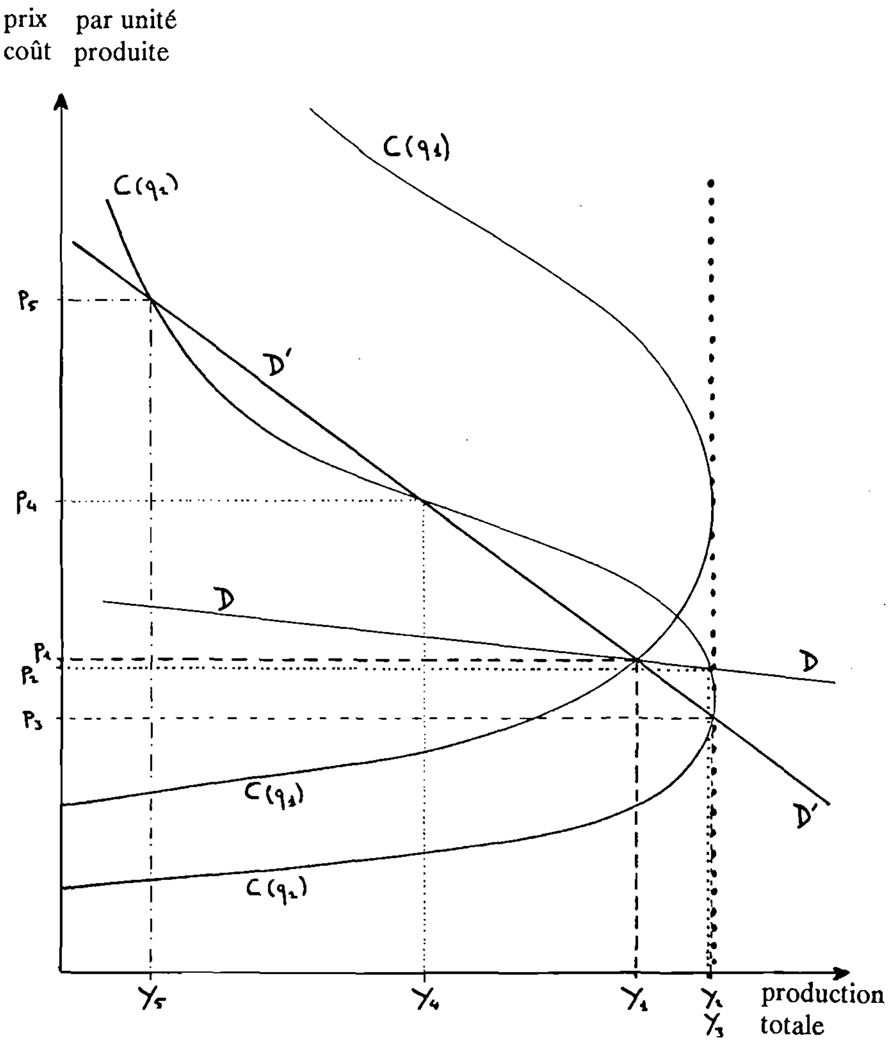


Figure 11 : Offre et demande de poisson avec changement de technologie

une baisse des prix sur le marché; l'équilibre d'accès libre est atteint avec une production Y2 et un prix P2;

(ii) la demande est plutôt inélastique (courbe de demande D'): il existe trois possibilités d'équilibre en situation d'accès libre:

- (Y3, P3) qui correspond à une baisse du coût de production, à une augmentation de la production et à une diminution des prix;
- (Y4, P4)
- (Y5, P5)

qui correspondent à une hausse du coût de production, une diminution de la production et une augmentation des prix.

Ce type de modèle bio-économique permet d'expliquer pourquoi les changements technologiques ne débouchent pas nécessairement sur une amélioration durable des rémunérations dans la pêche. Ils peuvent entraîner une augmentation de la production renouvelable dans une pêcherie tant que le stock est biologiquement sous-exploité. Si le nombre de bateaux n'est pas suffisamment diminué, une poursuite du changement technologique peut aboutir à une chute de la production puisque l'intensité de pêche augmente. Dans tous les cas, en régime d'accès libre, la tendance est d'aller d'une situation initiale où le changement technologique peut permettre des profits à court terme à une situation finale où les profits sont nuls. En revanche, les niveaux d'emplois, de production, de prix et de surplus du consommateur diffèrent.

ENCADRÉ N°17 - REPRÉSENTATIONS GRAPHIQUES : ACCÈS LIBRE ET "OPTIMUM" STATIQUE

La représentation graphique utilisée pour illustrer, à partir du modèle de base, la différence entre l'exploitation optimale d'un stock et l'exploitation en situation d'accès libre diffère selon les auteurs. Ces différences résultent de la forme mathématique de la fonction objectif. Celle-ci peut être spécifiée de trois manières équivalentes

(a) $\pi = p*Y(E) - C(E)$

(b) $\pi = p*Y - C(B,Y)$

(c) $\pi = p*g(B) - C(B)$

*où E désigne l'effort total n*Ej*

L'équation (a) exprime la relation entre l'effort total, son coût, et le revenu engendré par cet effort, le stock étant en situation d'équilibre.

La représentation graphique de cette relation est celle déjà donnée par les figures 3b et 3c de l'encadré n°15. La rente maximum est obtenue lorsque le coût marginal de l'effort de pêche est égal au revenu marginal de cet effort ; la différence entre le revenu total et le coût total est alors maximum. Le point A' sur la figure 3b indique l'intersection entre la courbe de coût marginal et le revenu marginal de l'effort lorsque chaque bateau opère au minimum de sa courbe de coût moyen ; avec un nombre n° de bateaux, le segment AA' représente la rente maximum par unité d'effort, la surface AA'DD' étant la rente totale. Celle-ci est représentée sur la figure 3c, par le segment AA'. Cette représentation graphique permet d'examiner notamment les implications de variations du coût de l'effort de pêche.

L'équation (b) exprime la relation entre la production totale, son coût et le revenu total lorsque le stock est en situation d'équilibre. Le coût d'une unité de production dépend du niveau de la biomasse et de l'importance du prélèvement total. L'équivalence avec l'équation (a) se déduit du postulat de comportement du producteur: de la relation exprimant le coût par unité d'effort, connaissant la capture que cette unité d'effort permet, on obtient le coût de cette capture. Avec un coût de l'effort total de pêche strictement linéaire, le coût des captures sera représenté par une fonction non linéaire puisque la CPUE diminue à mesure que l'effort augmente. La relation entre le coût des captures et le coût constant de l'effort de pêche peut s'écrire :

(1.17) $C(B) = \overline{C(Ej)}/q*B$

La figure 12a donne une représentation graphique de la relation (b) conforme à celles utilisées habituellement pour illustrer l'équilibre entre l'offre et la demande sur le marché pour un produit donné. La courbe d'offre de l'industrie en situation d'accès libre est donnée par la courbe de coût moyen des captures ; l'équilibre est atteint à l'intersection entre cette courbe d'offre et la courbe de demande (représentée sur la figure 12a par une droite horizontale en raison de l'hypothèse simplificatrice de prix constant).

L'intersection H correspond à une rente nulle ainsi qu'à un niveau d'exploitation du stock supérieur à celui nécessaire pour obtenir le MSY. Ce résultat dépend de la position de la droite représentant le prix: avec un prix situé par exemple au niveau P1, l'équilibre serait atteint au point J qui correspond sur la figure 12b à un niveau d'exploitation du stock inférieur à celui requis pour le MSY.

L'optimum de production est déterminé par l'intersection au point A de la courbe de coût marginal et du prix P. La rente par unité produite est alors égale à la différence entre le prix et le coût moyen représenté par le segment AA'. La rente totale est donnée par la surface AA'DD'.

Cette représentation graphique est pratique pour examiner les implications de variations de la demande (voir section 3.2.2) ; elle se trouve notamment dans Copes (1970), Bell (1972), Gates (1974), Clark (1976). L'inclinaison en arrière de la courbe d'offre illustre graphiquement une particularité du secteur de la pêche, à savoir l'existence d'interactions négatives entre les décisions de production de chacune des firmes. La représentation graphique "classique" de l'offre dans un secteur est celle donnée par la partie inférieure de la courbe d'offre figure 12a avant l'inclinaison en arrière ; en théorie, une telle forme ascendante suppose qu'à mesure que la production augmente, le prix des inputs utilisés pour cette production s'élève ou la qualité des inputs diminue.

L'équation (c) donne la relation entre les coûts et revenus correspondant à chaque niveau d'équilibre de la biomasse B. La représentation graphique donnée par la figure 13 traduit le modèle biologique de la figure 12b en une forme économique analogue à celle de la figure 3c. Cette formulation est utilisée par exemple par Sutinen (1981) et Hannesson (1984).

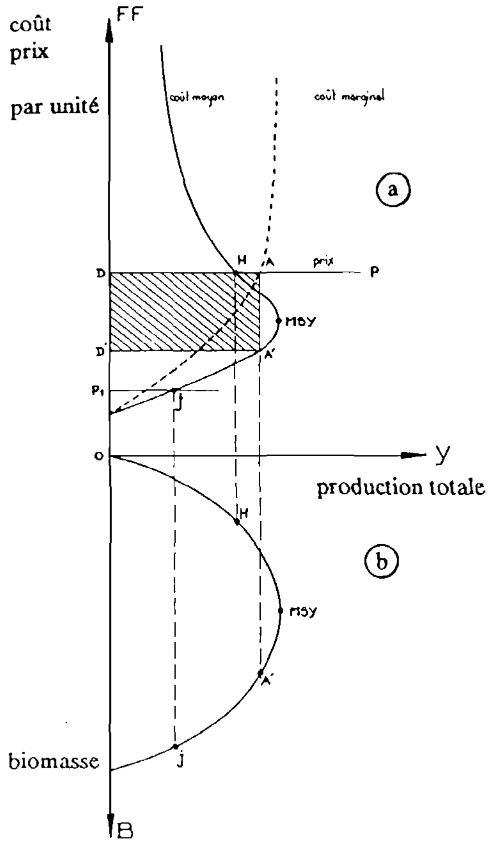


Figure 12 : Coût moyen et coût marginal de production

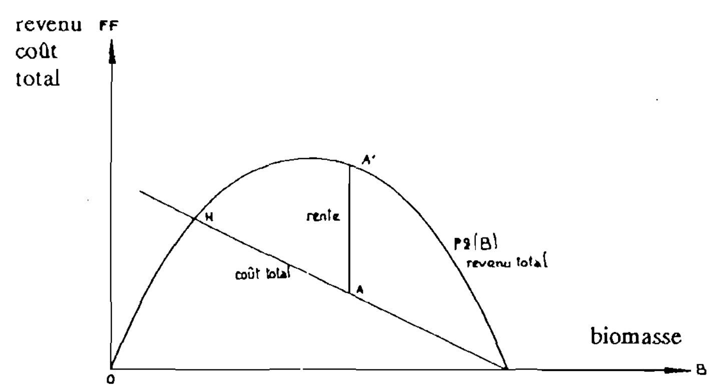


Figure 13 : Exemple de présentation graphique : accès libre et "optimum" statique

CHAPITRE 4

MODÈLES DYNAMIQUES ET DÉTERMINISTES

La notion de dynamique reste ici restreinte dans la mesure où seules sont envisagées des situations où les stocks et les flottilles sont en situation d'équilibre. Les périodes de transition entre différents équilibres sortent du champ de l'analyse.

Une limite des modèles statiques présentés dans le chapitre précédent réside dans l'absence de distinction entre la valeur de la rente obtenue à des périodes différentes. Attribuer la même importance à une même somme d'argent disponible dans 1 an ou disponible dans 100 ans revient à méconnaître un élément important des mécanismes économiques, à savoir le rôle joué par les taux d'intérêt ou les taux d'actualisation. C'est à cette limite que répondent en particulier les modèles dynamiques.

Comme pour les modèles statiques, la démarche suivie reste essentiellement normative: du modèle dynamique, on ne dérive aucun test de validité du postulat de maximisation du profit. En revanche, de nouvelles conditions d'optimalité sont établies.

4.1. - Modèle de base: stock et métier uniques

4.1.1. - Postulat et hypothèses (Phase 1)

Les hypothèses simplificatrices utilisées pour l'analyse des modèles statiques en section 3.1 ainsi que le postulat de maximisation de la rente individuelle par le producteur sont repris ici.

La différence essentielle introduite dans les modèles dynamiques vient de l'emploi d'un taux d'actualisation qui pondère la valeur de la rente économique obtenue à des périodes différentes. Plus le taux d'actualisation est élevé, plus le poids donné à la valeur de la rente économique dans une période éloignée est faible, et donc plus la valeur de la ressource disponible à la fin de cette période éloignée diminue. Cela peut être de nature à modifier la stratégie d'exploitation d'un stock au cours du temps.

La ressource biologique est considérée comme un capital. On diminue le volume de ce capital dans la période initiale to si la valeur nette du prélèvement supplémentaire opéré sur le stock est placée, par exemple sur le marché des capitaux, et procure un rendement supérieur à la valeur actualisée de la rente future potentielle correspondant à l'absence de ce prélèvement en to. Inversement, on augmente l'importance initiale du capital naturel si la perte actuelle due à un moindre prélèvement en to est inférieure à la valeur actualisée du surcroît de rente rendu ainsi possible dans une période future. Ce raisonnement constitue une application aux ressources naturelles renouvelables de l'analyse de Hotteling (1931) et Solow (1974) relative aux ressources non renouvelables. Le coût d'opportunité du capital naturel devient ici fonction du taux d'actualisation.

La norme d'utilisation optimale est transformée dans l'analyse dynamique. Scott (1955) et d'autres auteurs à sa suite, comme Clark (1976), proposent l'objectif de maximisation de la valeur actualisée de la somme des rentes totales des périodes actuelle et futures. Pour certains auteurs néo-classiques, la discussion du caractère optimum de cette norme porte essentiellement sur la nature du taux d'actualisation retenu ; une revue de la littérature relative à la détermination d'un taux d'actualisation optimal ou suboptimal peut être trouvée dans Tirole (1981).

4.1.2. - Exploitation des ressources: accés libre (Phase 2)

L'analyse de l'exploitation de la ressource en situation de libre accès à la pêcherie est identique à celle découlant du modèle statique. Chaque pêcheur, pris individuellement, n'a pas intérêt à limiter son prélévement sur la ressource dans une période initiale afin d'en profiter dans des périodes ultérieures: l'existence d'une rente dans les périodes initiales entrainerait l'arrivée de bateaux supplémentaires qui préléveraient sur le stock ce qui avait été "épargné" en vue des périodes ultérieures.

4.1.3. - Exploitation "optimale" des ressources (Phase 3)

Les conditions nécessaires pour une exploitation optimale des ressources sont modifiées par l'existence d'un taux d'actualisation. Clark (1976) propose ainsi le programme suivant :

$$(15a) \quad \text{Max } R(B,n,Ej,t) = \int_{t=o}^{\infty} \sum_{j=1}^{j=n} \pi j(B,n,Ej,t)*e^{-it}\, dt$$

Sous les contraintes

$$(15b) \quad \dot{B} = g(B) - q*n*Ej*B$$

$$(15c) \quad B(0) = Bo$$

où i est le taux d'actualisation, et Bo représente l'importance de la biomasse à la période d'origine (to).

Ce programme peut être étudié en suivant l'approche du contrôle optimal ("Principe du Maximum"). Ce système dynamique comporte deux types de variables :

- une variable d'état, B(t), qui caractérise l'état du système à chaque instant t ;

- deux variables de contrôle (appelées aussi variables de commande), n et Ej, qui permettent de contrôler l'évolution du système au cours du temps.

> *Dans un tel système, le taux de variation de la variable d'état dépend de sa situation présente, des variables de contrôle et du temps. Les conditions initiales étant données [ici B(0)=Bo], le problème général du contrôle est celui de choisir un cheminement temporel pour les valeurs des variables de contrôle [n(t) et Ej(t)] qui détermine une évolution de la variable d'état B(t) permettant d'optimiser la fonction objectif tout en respectant les contraintes dynamiques [ici, la fonction de dynamique de la ressource exploitée].
>
> Ce problème du choix de l'évolution temporelle de toutes les valeurs des variables de contrôle peut être décomposé en une suite d'optimisations, chacune correspondant à un instant t. Cela nécessite de recourir à une variable adjointe $\mu(t)$ qui sert à évaluer l'arbitrage à effectuer entre les bénéfices à un moment particulier du temps et ceux qui pourront être obtenus dans le futur. La valeur prise par les variables de contrôle a un double effet : un effet direct

sur les résultats actuels, c'est-à-dire $\pi(t)$, et un effet indirect sur les résultats futurs, ceci par l'intermédiaire du changement de la valeur adjointe. A l'optimum, la valeur de la variable adjointe $\mu(t)$ doit être égale au changement de valeur, pour toutes les périodes de temps futures, de la fonction objectif $\pi(t)$ engendré par une variation marginale de la variable d'état. La variable adjointe constitue une valeur fictive du capital naturel ; les termes "valeur fictive" ou "valeur implicite" sont employés pour indiquer que la valeur du capital ne réside pas dans sa vente directe mais dans sa productivité future.

L'approche du contrôle optimal conduit à définir la fonction suivante, appelée Hamiltonien :

(16) $H = H(B,n,Ej,\mu,t)$

$$H = \sum_{j=i}^{j=n} e^{-it} *\pi j(B,n,Ej,t) + \mu*[g(B)-q*n*Ej*B]$$

La fonction H représente le taux d'accroissement de la valeur totale du capital, celui-ci étant composé de l'addition des dividendes perçus (rente de la période) et de la valeur implicite du capital naturel.

Cette fonction est à maximiser à chaque instant t en choisissant les valeurs adéquates des variables de contrôle. Il est à remarquer qu'il ne s'agit pas de calculer la valeur actualisée R du flux temporel de bénéfices nets, mais de déterminer la valeur optimale des variables de contrôle qui permet de maximiser cette valeur actualisée R.

Si l'on pose : $\tilde{H} = H*e^{it}$, les conditions nécessaires pour obtenir une solution intérieure sont les suivantes (encadré n° 18):

(17a) $\delta\tilde{H}/\delta n = 0 : \overline{Cj} = (p-\tilde{\mu})*q*B$ ou $\tilde{\mu} = p - \dfrac{\overline{Cj}}{q*B}$

(17b) $\delta\tilde{H}/\delta Ej = 0 : C'(Ej) = (p-\tilde{\mu})*q*B$

(17c) $\delta\tilde{H}/\delta B = i*\tilde{\mu} - \dot{\tilde{\mu}}$

La définition d'une situation d'équilibre donnée à la section 3.1 est complètée maintenant par la condition de nullité du taux de variation de la variable adjointe $\tilde{\mu}$ au cours du temps. On aboutit à une triple condition :

(18a) $\dot{n} = 0$

(18b) $\dot{B} = 0$

(18c) $\dot{\tilde{\mu}} = 0$

Des relations (17b), (17c), (18b) et (18c) il découle :

(19a)
$$i = g'(B) + \frac{\overline{Cj} * g(B)}{q * B^2 * \left(p - \frac{\overline{Cj}}{q * B}\right)}$$

L'expression (19a) peut aussi se mettre sous la forme suivante :

(19b)
$$\overline{Cj} = \frac{p * q * B * [g'(B) - i]}{g'(B) - i - \frac{g(B)}{B}}$$

La relation (17b) indique que tous les bateaux exploitent la ressource à un niveau tel que le coût marginal de l'effort de pêche est égal au revenu marginal de cet effort après paiement du prix implicite de la ressource prélevée. Comme dans le cas statique de maximisation de la rente économique, la norme d'utilisation optimale de la ressource implique que chaque bateau n'exploite pas les ressources seulement en fonction de ses coûts et revenus directs mais aussi en fonction des coûts actuels et futurs imposés à l'ensemble des bateaux par son prélèvement sur la ressource commune. Ces coûts sont mesurés par la variable adjointe $\tilde{\mu}$.

Des relations (17a) et (17b) on déduit que les bateaux opèrent avec un niveau d'effort tel que le coût moyen de cet effort est minimum. Ce résultat correspond à celui dérivé dans le modèle statique.

La valeur prise par le taux d'actualisation est essentielle pour caractériser la solution optimale:

- dans le cas où le taux d'actualisation est nul, la relation (19b) est équivalente à la relation (12) : l'optimum dynamique et l'optimum statique sont identiques ; ce résultat est normal puisqu'il n'existe plus de pondération pour distinguer la rente économique obtenue à des périodes différentes;

- dans le cas où le taux d'actualisation tend vers l'infini, on déduit de la relation (19a) qu'il est nécessaire que $(p - \overline{C}/q^*B)$ tende vers zéro ; on trouve alors, à la limite, le résultat obtenu en situation d'accès libre. Dans ce cas, la valeur implicite de la ressource est nulle.

L'optimum dynamique se situe entre la situation d'accès libre et l'optimum statique renouvelable. On obtient les relations suivantes dès lors que le taux d'actualisation est strictement positif et fini :

	Optimum statique		Optimum dynamique		Accés libre
(20a)	N	<	N°	<	Nal
(20b)	B	>	B°	>	Bal
(20c)	μ	>	$\tilde{\mu}^{\circ}$	>	0

Une exploitation du stock avec une intensité de pêche au-delà du niveau correspondant au MSY peut être optimale : si le taux d'actualisation i est élevé, il peut être nécessaire que g'(B) soit positif, avec donc B < MSY, pour que la relation (19a) soit satisfaite.

4.1.4 - Instruments d'ajustement (Phase 4)

Les instruments d'ajustement permettant d'atteindre le niveau d'effort de pêche optimal sont analogues à ceux indiqués dans le cas statique (cf. section 3.1.4). La différence réside dans le fait que le nombre optimal de navires, le niveau optimal de biomasse et l'importance des captures ne sont plus les mêmes. En conséquence, les licences, les quotas individuels de capture ou les redevances ne sont pas fixés au même niveau que dans le cas statique.

ENCADRÉ N° 18 - TROIS FORMULATIONS DE L'HAMILTONIEN

La détermination de la valeur optimale des variables de contrôle ne dépend pas de la formule d'actualisation e^{-it}. On peut trouver selon les auteurs trois formulations équivalentes de l'Hamiltonien (Opaluch, 1981).

Suivant la formulation utilisée, les conditions nécessaires pour obtenir une solution inférieure diffèrent:

$$A : H = \pi(B,u) * e^{-it} + \mu * f(B,u,t)$$

$$B : \tilde{H} = H * e^{-it} = \pi(B,u) + \mu * e^{it} * f(B,u,t) = \pi(B,u) + \tilde{\mu} * f(B,u,t)$$

$$C : H^{\circ} = \pi(B,u) * e^{-it} + \frac{d(\mu * B)}{dt}$$

$$= \pi(B,u) * e^{-it} + \dot{\mu} * B + \mu * f(B,u,t)$$

où B représente une variable d'état
u représente une variable de contrôle
μ représente une variable adjointe

La relation A est appelée "valeur actualisée de l'Hamiltonien"; elle est utilisée par exemple par Quirk et Smith (1970) ou Clark (1976). La relation B donne la "valeur courante de l'Hamiltonien"; on la retrouve par exemple dans Peterson et Fisher (1977), Clark (1980) ou Fisher (1981). La relation C est appelée "Hamiltonien transformé", suivant en cela Dorfman (1969).

Suivant la formulation utilisée, les conditions nécessaires pour obtenir une solution inférieure diffèrent :

$$A': \begin{cases} \dfrac{\delta H}{\delta u} = 0 : \dfrac{\delta \pi}{\delta u} * e^{-it} = - \mu * \dfrac{\delta f}{\delta u} \\[2ex] \dfrac{\delta H}{\delta B} = - \dot{\mu} : \dfrac{\delta \pi}{\delta B} * e^{-it} + \mu * \dfrac{\delta f}{\delta B} = - \dot{\mu} \end{cases}$$

$$B': \begin{cases} \dfrac{\delta \tilde{H}}{\delta u} = 0 : \dfrac{\delta \pi}{\delta u} = - \tilde{\mu} * \dfrac{\delta f}{\delta u} \\[2ex] \dfrac{\delta \tilde{H}}{\delta B} = - \dot{\tilde{\mu}} : \dfrac{\delta \pi}{\delta B} + i * \tilde{\mu} = - \dot{\tilde{\mu}} \end{cases}$$

$$C': \begin{cases} \dfrac{\delta H^{\circ}}{\delta u} = 0 : \dfrac{\delta \pi}{\delta u} = e^{-it} = - \mu * \dfrac{\delta f}{\delta u} \\[2ex] \dfrac{\delta H^{\circ}}{\delta B} = 0 : \dfrac{\delta \pi}{\delta B} * e^{-it} + \mu * \dfrac{\delta f}{\delta B} = - \mu \end{cases}$$

4.2 - Extensions du modèle de base

4.2.1 - Augmentation continue des prix

Clark (1976) étudie les implications d'un déplacement de la courbe de demande au cours du temps. Ce déplacement résulte par exemple d'une augmentation de la population et du revenu disponible par habitant.

Une condition nécessaire pour maximiser la valeur actualisée du flux de revenus nets (ceux-ci étant formulés à partir de l'équation b de l'encadré 17) est donnée par :

$$(20) \qquad i - \frac{\dot{p}}{p - C(B)} = g'(B) - \frac{C'(B)^{*}g(B)}{p - C(B)}$$

où C'(B) est le coût marginal des captures.

Avec $\dot{p} = 0$ et la relation 1.17 (encadré 17), on retrouve l'équation (19a).

Une modification des prix au cours du temps a pour effet de changer la valeur du stock B indépendamment de sa croissance naturelle. Le premier terme de l'équation (20) implique qu'une augmentation des prix dans le temps a le même effet qu'une diminution du taux d'actualisation puisque, pour une activité rentable, p est supérieur à C(B). Une hausse continue des prix rend en théorie préférable une intensité de pêche moindre puisqu'il est plus avantageux d'avoir un stock renouvelable plus important dans une période éloignée en raison de l'accroissement de la valeur actualisée des captures.

La comparaison de la situation d'accès libre et celle d'utilisation optimale des ressources révèle une double différence :

- dans une pêcherie où l'accès est laissé libre, l'intensité de pêche est supérieure à celle requise pour une exploitation optimale ; ce résultat était déjà donné par le modèle de base ;

- en l'absence de restriction à l'accès à la pêcherie, une augmentation des prix dans le temps entraîne un accroissement continu du nombre de bateaux (sinon une rente positive apparaît) et donc une diminution de la taille du stock ; l'intensité de pêche tend à s'accroître alors qu'elle reste constante en situation d'exploitation optimale.

4.2.2 - Absence de mobilité parfaite des facteurs de production

L'hypothèse de mobilité parfaite des facteurs de production ne reflète que très rarement des situations réelles. Il en résulte une difficulté pour déterminer, à partir du modèle de base, l'équilibre bio-économique vers lequel la pêcherie tend à se stabiliser. La définition d'une stratégie optimale d'exploitation du stock est modifiée dans le cas de l'abandon de cette hypothèse de parfaite mobilité des facteurs.

Pour le travail, les alternatives d'emploi peuvent dans certains cas être très réduites, voire inexistantes. Le coût d'opportunité du travail est alors proche de zéro. Le coût de *l'effort de pêche utilisé dans l'évaluation des fonctions-objectif inclue* alors principalement le coût d'opportunité du capital et les consommations intermédiaires. La norme de maximisation des revenus nets se rapproche de celle de la maximisation de la valeur ajoutée nette. Avec une telle modification, l'intensité de pêche en régime d'accès libre peut se révéler être inférieure à celle correspondant à l'optimum économique : une subvention du secteur de la pêche peut être nécessaire pour atteindre une exploitation "optimale" en permettant un niveau de rénumération minimum.

Dans le cas d'un capital monétaire, il existe une alternative d'utilisation avec les placements financiers. Par contre, une fois investi dans un bateau ou des engins de pêche, le capital n'a plus une mobilité parfaite.

Clark et al. (1979) examinent les conséquencess de l'existence de contraintes pesant sur la possibilité de désinvestissement du capital mobilisé dans une pêcherie. Trois hypothèses sont envisagées :

- irréversibilité totale de l'investissement,
- absence de possibilité de revente accompagnée d'un taux positif de

dépréciation du capital,

- possibilité de revente à un prix inférieur au coût de remplacement.

Le modèle de base est complété par l'introduction d'une deuxième variable d'état, K, représentant le capital investi et mobilisé dans la pêcherie ; les variations de capital sont données par l'équation suivante :

$$(21) \quad \dot{K} = I - \tau * K$$

où I, la variable de contrôle, représente l'investissement à l'instant t et τ est un taux constant de dépréciation.

Le cas correspondant à une valeur de revente nulle et à un taux positif de dépréciation du capital est illustré par la figure 14. Les flèches indiquent les trajectoires dans le temps d'un système dynamique contrôlé de manière optimale et combinant le capital et la biomasse.

* Le plan est divisé en trois régions auxquelles correspondent trois classes de politique optimale :

- région R1: $E = I = 0$ (arrêt de toute pêche)
- région R2: $E = Emax = K$, $I = 0$ (absence d'investissement)
- région R3: $I = +\infty$ (investissement maximum)

* La biomasse optimale correspondant au cas de mobilité parfaite du capital est dénotée B°. La biomasse optimale provisoire associée au cas où le coût d'opportunité du capital investi est nul est représentée par $\breve{B}$; seuls les coûts variables sont alors considérés.

* Les courbes $\sigma 1$ et $\sigma 2$ indiquent les moments de procéder à un changement de stratégie lorsque l'une des trajectoires les atteints. Ces courbes sont déterminées par les équations suivantes :

$$(22) \quad \sigma 1 = \delta V(K,B)/\delta B = p - \frac{\bar{C}}{q*B}$$

$$(23) \quad \sigma 2 = \delta V(K,B)/\delta B = A$$

où la fonction V représente la valeur actualisée des bénéfices nets associés aux valeurs B et K des variables d'état et A désigne le coût d'achat d'un bateau.

En raison du taux de dépréciation positif, toutes les trajectoires extérieures à la région R3 se déplacent dans le temps vers le bas du diagramme ; ceci permet au système de tendre progressivement vers une solution optimale unique (B°, K°). La

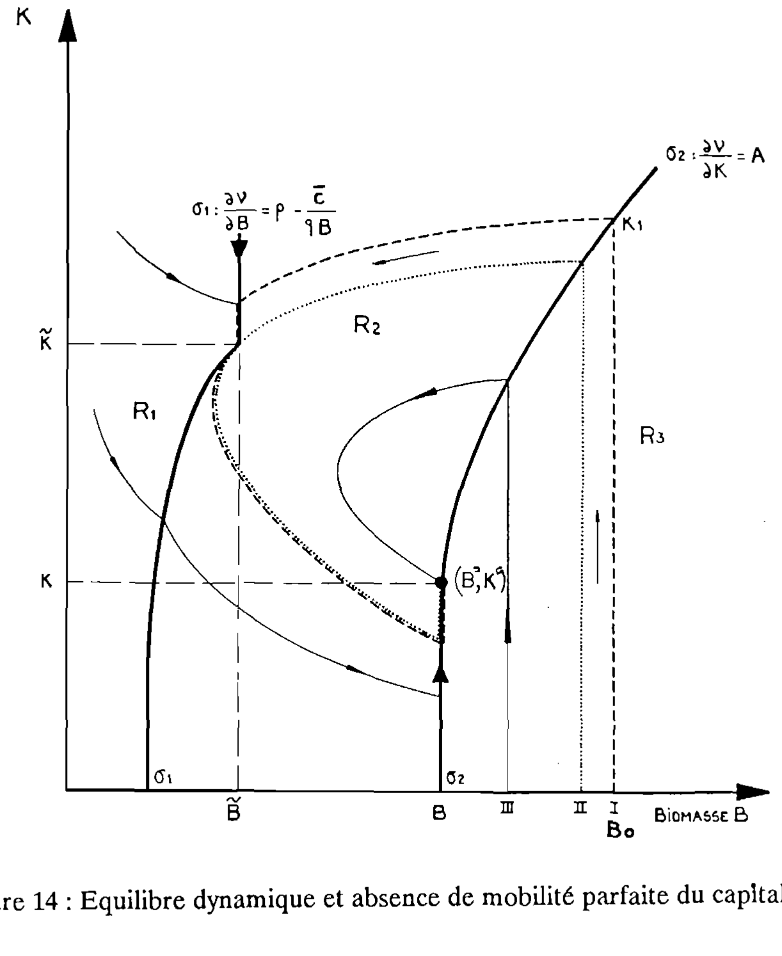


Figure 14 : Equilibre dynamique et absence de mobilité parfaite du capital

description d'une stratégie optimale d'investissement et de capture à partir d'une position initiale du système caractérisée par un couple de variables d'état (Bo et Ko) est la suivante :

> Supposons que le point de départ se situe dans la région R3 avec Bo > B° et Ko = 0. Dans cette région R3, la biomasse exploitable est importante; ceci permet d'obtenir des captures par bateau et des profits élevés. La stratégie est d'investir ($I = +\infty$) de manière à accroître le capital K jusqu'au niveau K1 (intersection avec la courbe $\sigma 2$) où un changement de stratégie doit être opéré. La stratégie optimale est alors de ne plus investir et de laisser le capital se déprécier. Cela entraîne une réduction progressive de l'effort. Dans un premier temps, en raison de l'accroissement initial du nombre de bateaux, la biomasse est réduite. Puis, avec la réduction progressive de l'effort de pêche, la biomasse augmente mais reste à un niveau inférieur à la biomasse de départ. Dans le cas où la trajectoire atteint la courbe $\sigma 1$, comme le fait par exemple la trajectoire I, il est optimal de stopper temporairement toute pêche jusqu'au moment où l'on retrouve une trajectoire rentrant dans la région R2.

Un tel diagramme suppose que l'on soit en mesure d'évaluer les situations de transition. Il permet d'examiner le problème du rétablissement d'un stock surexploité. Dans le cas d'une mobilité parfaite du capital tout comme dans le cas d'une mobilité restreinte à la seule dépréciation du capital, le système débouche sur une même solution optimale. La différence majeure est que la stratégie optimale de restauration d'un stock surexploité aboutit, avec l'hypothèse de mobilité parfaite, à une sortie de tous les bateaux de la pêcherie dès lors que la biomasse est inférieure à la biomasse optimale. Avec une mobilité restreinte du capital, la stratégie optimale ne comporte aucun arrêt total de la pêcherie, sauf de manière très temporaire (exemple de la trajectoire I). Un arrêt total et prolongé d'une exploitation jusqu'à ce que la biomasse retrouve son niveau optimal B° ne constitue une stratégie appropriée que dans la mesure où existent des activités de pêche alternatives pour les bateaux.

La question du rétablissement optimal d'un stock surexploité dans le cas où deux espèces sont liées par une relation prédateur-proie est examinée par Wilen et Brown (1986).

CHAPITRE 5

MODÈLES STATIQUES ET STOCHASTIQUES

Les sources de variabilité et d'incertitude dans la pêche sont multiples. Pour les modèles bio-économiques une des principales incertitudes concerne la valeur exacte des paramètres utilisés pour retracer la dynamique des populations. En particulier le recrutement peut être extrêmement variable, souvent plus lié aux conditions de l'environnement physique et biologique que déterminé par l'importance du stock parental (donc, indirectement, de l'effort de pêche). De la même manière, la mortalité naturelle est variable, que ce soit en raison des maladies ou de la prédation entre espèces. L'incertitude quant à l'abondance future des stocks est accentuée par celle relative à son accessibilité ou disponibilité. Les variations des taux de captures s'ajoutent à celles affectant les entreprises de pêche et de transformation des produits débarqués: performance des équipements, changements technologiques, efficacité des équipages, qualité du poisson, prix des produits et des consommations intermédiaires, décisions réglementaires ou, de manière plus générale, politiques des pêches.

5.1 - Modèle de base: stock et métier uniques; prix au débarquement aléatoire

5.1.1 - Postulat et hypothèses (Phase 1)

Hypothèses simplificatrices

Les hypothèses du modèle de base statique présentées dans la section 3.1.1 sont reprises à l'exception de celle de concurrence parfaite. Cette dernière est modifiée dans une de ses composantes : le prix au débarquement n'est plus connu avec certitude mais fluctue de manière stochastique, indépendamment des quantités débarquées. Le prix, p, devient ici une variable aléatoire.

Comportement du producteur

Chaque producteur j est supposé assigner à la variable aléatoire p une densité de probabilité fj(p) avec une espérance mathématique $\epsilon(p) = \overline{p}$ et une variance σp^2. La décision d'allocation de l'effort de pêche est prise avant que le prix soit connu.

Un double postulat de comportement du producteur est utilisé :

- chaque producteur a une fonction de satisfaction (utilité) concave, continue et différentiable de telle manière que :

(24a) $S'j(\pi j) > 0$

(24b) $S''j(\pi j) < 0$

- chaque producteur se comporte de manière à maximiser l'espérance mathématique de l'utilité du profit et de la rente individuelle :

(25) $\text{Max}\ \epsilon[Sj(\pi j)]$

Ce postulat correspond à une adaptation au cas du producteur de l'approche néo-classique du comportement du consommateur (encadré n° 19).

Une différence d'appréciation du risque et d'aversion vis-à-vis de ce risque constitue une cause d'existence d'une quasi-rente pour les producteurs ; cette cause s'ajoute aux imperfections de la concurrence et aux déséquilibres qu'entraînent les innovations.

Le modèle de base présenté dans ce chapitre correspond à l'approche la plus simple de prise en compte de l'incertitude dans un modèle: on remplace directement certaines variables ou paramètres du modèle déterministe par des variables ayant une distribution de probabilité. Dans le cas du modèle de base présenté ici, le prix au débarquement est une variable aléatoire dont la distribution de probabilité est connue. Des formes plus complexes de prise en compte du risque et de l'incertitude ont également été utilisées pour l'analyse économique de l'exploitation des pêcheries. Le lecteur intéressé par ces modèles pourra se reporter à Clark (1985 a).

Norme d'utilisation optimale des ressources

La norme d'utilisation optimale des ressources proposée par Andersen (1982 b) est la maximisation de l'espérance mathématique de la rente. La prime de risque (encadré n° 19) de chaque producteur est considérée comme un coût pour la société.

5.1.2 - Exploitation des ressources: accés libre (Phase 2)

Chaque producteur est supposé se comporter de manière à maximiser l'espérance mathématique de son utilité :

(26) $\text{Max } \epsilon[\, Uj(p{*}q{*}Ej{*}B - Cj(Ej))\,]$

où p est une variable aléatoire.

Les conditions nécessaires et suffisantes pour obtenir un maximum sont données respectivement par :

(27) $\epsilon[\, U'j(\pi j) * (p{*}q{*}B - C'j(Ej))\,] = 0$

(28) $\epsilon[U''j(\pi j) * (p{*}q{*}B-C'j(Ej))^2 - U'j(\pi j){*}C''j(Ej)] < 0$

Ces conditions sont dérivées dans l'encadré n° 20. Elles entrainent la relation suivante :

(29) $C'(Ej) \leq \bar{p}{*}q{*}B$

Le postulat de comportement du producteur implique que le niveau d'effort de chaque firme est caractérisé par un coût marginal de l'effort inférieur à l'espérance mathématique de son revenu marginal : pour un état donné de la biomasse, l'effort de pêche d'un bateau devient ici inférieur à celui qui résulte de la situation d'information parfaite sur les prix.

La prime de risque τj est égale à la différence entre les deux composantes de l'inéquation (29). Les conditions d'entrée et de sortie de la pêcherie deviennent donc :

(29a) $\hat{n} < 0$ si $\overline{p}*q*B < \overline{Cj} + \tau j$

(29b) $\hat{n} > 0$ si $\overline{p}*q*B > \overline{Cj} + \tau j$

Pour qu'un bateau exploite la pêcherie, l'espérance mathématique du prix doit être supérieure au prix "équivalent certain" qui assure juste la rentabilité (paiement du coût d'oppotunité du capital inclus). On déduit de ce modèle que, lorsque le prix est incertain, l'exploitation d'un stock en situation d'accès libre à la pêcherie s'effectue avec un nombre de bateaux inférieur à celui qui prévaudrait si les prix étaient connus à l'avance.

La comparaison de l'importance des captures totales entre le cas d'incertitude sur les prix et celui du modèle de base dépend de la position respective des biomasses par rapport à celle procurant le MSY. Dans la mesure où le degré d'aversion pour le risque est une fonction positive de la variance des prix, une plus grande fluctuation du prix au débarquement, la moyenne des prix étant constante, entraîne une réduction du nombre de bateaux. Il s'ensuit un accroissement de la biomasse et une hausse de l'espérance mathématique du profit.

5.1.3 - Exploitation "optimale" des ressources (Phase 3)

Le programme associé à la maximisation de la rente, lorsque la prime de risque individuel est considérée comme constituant un coût pour la société, prend la forme suivante:

(30a) $\text{Max } n * \epsilon[p*q*Ej*B - C(Ej) - \tau j(\sigma^2 p)*Ej]$

sous la contrainte

(30b) $g(B) = q*n*Ej*B$

Les conditions nécessaires pour un maximum deviennent :

(31a) $(\overline{p} - \mu)*q*B = C'(Ej) + \tau j$

(31b) $(\overline{p} - \mu)*q*B = \overline{Cj} + \tau j$

$$(31c)\qquad \mu = \frac{\bar{p}^*q^*n^*Ej}{q^*n^*Ej - g'(B)}$$

$$(31d)\qquad Ej^*\tau j' = 0$$

A l'exception de la relation (31d), les conditions nécessaires sont analogues à celles dérivées à la section 3.1. . La condition (31d) ne peut être satisfaite que lorsque $\sigma^2 p$ est nul. La recherche d'un optimum implique un système de contrat garantissant un prix fixe ; dans un tel cas, la prime de risque est nulle. Les autres conditions nécessaires deviennent alors identiques à celles dérivées dans le cas d'une information parfaite sur les prix. En particulier la relation (12) devient ici :

$$(31e)\qquad \bar{\bar{C}}j = \frac{\bar{p}^*q^*B^*g'(B)}{g'(B) - \frac{g(B)}{B}}$$

L'intérêt du modèle vient de la comparaison entre la solution optimale et celle correspondant à la situation d'accès libre. La solution optimale est telle que :

$$(32)\qquad \bar{p}^*q^*B° = \bar{C}j + \mu^*q^*B°$$

en comparaison, la solution d'accès libre est :

$$(33)\qquad \bar{p}^*q^*B = \bar{C}j + \tau j$$

Il résulte des relations (32) et (33) que si la prime de risque (τj) est supérieure à la valeur implicite de la capture par unité d'effort ($\mu^*q^*B°$), la biomasse en situation d'accès libre est supérieure à la biomasse optimale. L'effort de pêche global est insuffisant et entraîne une sous-exploitation économique du stock. Ce cas théorique correspond à une fluctuation importante du prix ou à un degré élevé d'aversion vis-à-vis de ce risque, ou à une combinaison des deux.

5.1.4 - Instruments d'ajustement (Phase 4)

Une solution optimale peut être atteinte en déterminant le prix fixe p° à un niveau tel que :

$$(34) \quad p^{\circ} = \overline{p} - \mu = \overline{Cj}/q^{*}B^{\circ}$$

De même, un système de redevances variables sur les captures r aboutirait à cette solution optimale dans la mesure où :

$$(35) \quad r^{\circ} = p - p^{\circ}$$

En effet, l'espérance mathématique de la redevance serait alors :

$$(36) \qquad \epsilon(r^{\circ}) = \overline{r}^{\circ} = \overline{p} - \overline{Cj}/q^{*}B = \mu$$

Dans la mesure où seule une redevance fixe sur les captures peut être utilisée, celle-ci étant calculée sur la base de l'espérance mathématique du prix, $\overline{p}$, les coûts implicites associés au risque ne peuvent être éliminés.

Des relations 31a, 31b et 31c sont déduites les conditions d'équilibre pour une pêcherie régulée de manière suboptimale par une redevance constante sur les captures (donc avec $\overline{r} = \mu$):

$$(37) \quad (\overline{p} - \overline{r})^{*}q^{*}B = \overline{Cj} + \tau j$$

$$(38) \qquad \frac{\overline{p} - q^{*}B^{*}g'(B)}{g'(B) - \frac{g(B)}{B}} = \overline{Cj} + \tau j$$

Les relations 37 et 38 sont à comparer respectivement aux équations 34 et 31e. Par rapport à la solution optimale, on déduit de ces relations que la biomasse sera plus grande et l'effort total de pêche plus faible dans la pêcherie si elle est régulée par une redevance constante sur les captures. L'espérance mathématique du profit de chaque bateau est égale au coût implicite du risque, à savoir $\tau j^{*}Ej$. Les captures étant inférieures à celles correspondant à la situation optimale, le revenu tiré des redevances est plus faible que dans le cas d'un système de redevances variables. Enfin, la prime de risque s'accroît lorsque la variance des prix augmente, et plus cette dernière est importante, plus la divergence avec la solution optimale s'amplifie.

Une redevance constante $\bar{s}$ fondée sur le revenu aura des conséquences différentes d'une redevance constante sur les captures puisque l'espérance mathématique et la variance du prix net perçu par le producteur diminuent ; elles deviennent respectivement égales à $\bar{p}^*(1 - \bar{s})$ et $\sigma^2 p^*(1 - \bar{s})^2$. Comme la variable de risque τj est fonction de la variance du prix, une redevance sur le revenu diminue le coût implicite du risque. La biomasse d'équilibre est alors supérieure à celle optimale, mais inférieure à celle résultant d'une redevance sur les captures ; ainsi le nombre de bateaux est inférieur au nombre optimal, mais supérieur à celui découlant d'une régulation de la pêcherie avec une taxe sur les captures. Enfin, plus la valeur implicite de la ressource (μ) est élevée, plus la redevance sur le revenu total diminue la variance du prix net perçu par le pêcheur ; donc, plus le nombre de bateaux et la taille de la biomasse se rapprochent de l'optimum. Un système de redevances sur le revenu est ainsi supposé être plus efficient qu'un système de redevances sur les captures. De plus, il est possible de montrer qu'un système de quotas individuels, transférables ou non, est équivalent à un système de redevances constantes sur le revenu. Ces différentes méthodes de régulation de la pêche étaient par contre toutes équivalentes en situation de prix fixe et certain (section 3.1).

5.2 - Extensions du modèle de base

La littérature traitant de l'incorporation de l'incertitude dans les modèles bio-économiques est récente. Andersen et Sutinen (1984) ont effectué un examen de près d'une cinquantaine d'articles consacrés à ce sujet ; six seulement ont été publiés avant 1975. Les modèles présentés sont variés. La plupart reposent sur le postulat d'un centre unique de décision contrôlant totalement l'ensemble des choix d'investissement et d'allocation de l'effort dans une pêcherie (Charles, 1983; Charles et Munro, 1985; Duddley et Waugh, 1980; Smith, 1980; Sutinen, 1981; Lewis, 1982; Spulber, 1982; Clark, 1985 a). De tels modèles ne permettent pas d'analyser les réponses des firmes aux fluctuations des prix ou de l'abondance des stocks. Ils peuvent difficilement fournir des enseignements quant à l'impact de différents modes de régulation sur le comportement des pêcheurs en cas d'incertitudes relatives aux prix, coût ou CPUE.

Les études portant sur les réponses des firmes aux fluctuations aléatoires des prix ou de l'abondance des stocks sont moins nombreuses (Andersen, 1982 a et 1982 b; Bockstael et Opaluch, 1983; Wilen, 1985; Clark, 1985 b). Les résultats qualitatifs auxquels aboutissent ces modèles sont différents de ceux obtenus dans le cas déterministe. A titre d'exemple :

- Un quota non transférable par navire (ou pêcheur) empêche l'éventualité de captures annuelles très importantes; il réduit ainsi l'espérance mathématique des captures par navire à une valeur inférieure au quota fixé; plus la variabilité des captures est forte, plus la réduction sera forte, à moins d'autoriser un transfert de quotas entre navires ou d'une année à l'autre (Clark, 1985 b).
- Les pêcheurs répondent aux incitations économiques (meilleurs prix ou CPUE dans une pêcherie par rapport à une autre) mais, en raison des risques, un changement important dans l'espérance mathématique les bénéfices est nécessaire pour modifier substantiellement la probabilité d'un changement de pêcherie; cela entraîne des implications pratiques pour induire une réallocation de l'effort de pêche d'une pêcherie à une autre, par exemple, subventions pour l'acquisition des nouveaux engins de pêche (Bockstael et Opaluch, 1983).

Il peut être fait mention, pour mémoire, des travaux entrepris pour tenir compte de l'"effet irréversibilité". Cet "effet irréversibilité" est dû à Henry (1974) ; il peut s'appliquer aux décisions économiques lorsque les modalités de choix initiaux présentent des degrés variables d'irréversabilité, lorsqu'il y a incertitude sur les avantages et inconvénients respectifs des choix, ou lorsque l'incertitude peut être réduite après le moment où le choix initial doit être effectué. Richard (1982) propose ainsi de compléter le critère de valeur actualisée par un "effet irréversibilité". Parmi chacune des décisions initiales comportant des degrés divers d'irréversabilité, le critère proposé permet de considérer la suite des décisions qui maximise, sur la durée de la décision la plus irréversible, la valeur actualisée de cette suite, en tenant compte des gains d'informations obtenus au cours du temps. Richard note qu'"en pratique l'"effet irréversibilité" conduit à pénaliser d'autant plus les solutions irréversibles que la différence d'irréversibilité s'accompagne d'un gain d'information rapide et d'une incertitude initiale élevée. Cette préférence pour les solutions flexibles favorise les investissements à durée de vie réduite et à délai de récupération rapide [...]. Plus l'environnement est dynamique (progrès technique et évolution de la demande rapides, structure de prix mouvante), plus l'avantage de la liquidité s'accroît". Malgré la difficulté d'obtenir une solution optimale par traitement analytique, l'incorporation de l'"effet irréversibilité" permet a priori d'atténuer, dans le cadre de la théorie néo-classique, les résultats dérivés des modèles bio-économiques aboutissant à une extinction "optimale" d'une population animale.

ENCADRÉ N° 19 - AVERSION POUR LE RISQUE ET PRIME DE RISQUE

La fonction de satisfaction de chaque producteur j est supposée linéaire par rapport aux probabilités :

$$(1.19) \quad Sj(\pi j) = \int_{0}^{\infty} Uj[\pi j(p)] * f(p) * dp$$

$$(2.19) \quad Sj(\pi j) = \epsilon[Uj[\pi j(p)]]$$

où Sj est l'utilité globale définie comme l'espérance mathématique de la valeur prise par l'utilité élémentaire Uj.

Cette forme de la fonction de satisfaction peut être déduite de certains axiomes restrictifs sur le comportement d'un individu [Malinvaud (1982)] ; elle est fréquemment utilisée en raison de l'interprétation qui peut être faite de la concavité de la fonction S et des fonctions d'utilité: cette concavité reflète l'aversion du producteur vis-à-vis du risque [Sandmo (1971), Anderson et al. (1977)]. Cette notion d'aversion vis-à-vis du risque peut être expliquée à partir de la différence existant entre une perspective quelconque de prix p [donc indirectement de profit $\pi(p)$] et une perspective certaine $\bar{p}$, la relation entre ces deux prix étant :

$$(3.19) \quad \bar{p} = \epsilon(p), \text{ c'est-à-dire:}$$

$$(4.19) \quad \bar{\pi} = \bar{\pi} j(p) = \epsilon[\pi j(p)]$$

L'aversion vis-à-vis du risque est la propriété selon laquelle le producteur trouve toujours la perspective certaine $\bar{\pi}(\bar{p})$ supérieure ou équivalente à la perspective aléatoire $\pi(p)$ correspondante :

$$(5.19) \quad U[\epsilon(\pi)] \geq \epsilon[U(\pi)] \text{ c'est-à-dire:}$$
$$(6.19) \quad U[\bar{\pi}] \geq \epsilon[U(\pi)]$$

[Pour alléger la notation, l'indice j est omis]

Cela est illustré par la figure 15. On suppose que le prix p prend la valeur p1 avec une probabilité α et la valeur p2 avec la probabilité $(1 - \alpha)$, $\bar{p}$ étant l'espérance mathématique du prix. L'espérance mathématique de l'utilité, indiquée par S(p) est, *par définition, une combinaison linéaire de U(p1) et U(p2) ; graphiquement S(p) peut être obtenue à partir du segment de droite AB (combinaison linéaire des points A et B). L'utilité de l'évènement certain* $\bar{p}$ *est indiquée par* $U(\bar{p})$ *; elle est nécessairement supérieure à* $S(\hat{p})$ *en raison de la concavité de la fonction d'utilité. La notion de prime de risque est liée au fait que le profit certain* $\bar{\pi}(\bar{p})$ *est préféré au profit incertain* $\pi(p)$ *: la prime de risque,* τ*, est le nombre qui permet de rendre équivalente une perspective certaine* $\bar{\pi}(\bar{p})$ *et une perspective aléatoire* $\pi(p)$ *:*

(7.19) $U[(1 - \tau)*\bar{\pi}(\bar{p})] = \epsilon[U(\pi(p))])$

Sur la figure 16, la prime de risque correspond à la différence $\bar{p} - \hat{p}$ *puisque:*

(8.19) $U[\pi(\hat{p})] = \epsilon[U(\pi(p))]$

cette prime de risque τ *correspond à ce que le producteur serait prêt à payer afin d'avoir un prix certain* $\hat{p}$ *plutôt qu'un prix incertain p dont l'espérance mathématique est* $\bar{p}$*.*

Cela conduit à une mesure du degré d'aversion vis-à-vis du risque. En effet, $\epsilon[U(\pi(p))]$ *peut être approché par un développement de Taylor limité au degré 2, en posant :* $\pi(p) = \bar{\pi}(\bar{p}) + \beta$*, avec* $\epsilon(\beta) = 0$*, on obtient:*

(9.19) $\epsilon[U(\pi(p))]) \approx U[\bar{\pi}(\bar{p})] + \frac{1}{2} U''[\bar{\pi}(\bar{p})]\sigma^2$

où U'' est la dérivée seconde de U, et σ^2 *la variance de* β*.*

De la même manière, comme τ *est petit lorsque* β *l'est, un développement limité du terme de gauche de la relation (7.19) donne :*

(10.19) $U[(1 - \tau)*\bar{\pi}(\bar{p})] \approx U[\bar{\pi}(\bar{p})] - \tau*\bar{\pi}*U'$

où U' est la dérivée première de U.

Des relations 9.19 et 10.19, une valeur approchée du taux τ *peut être déduite :*

(11.19) $\tau \approx - \frac{U''*\bar{\pi}}{2*U'} * \frac{\sigma^2}{\pi^2}$

où -U''/U' mesure le degré absolu d'aversion, et $- \frac{U''*\pi}{U'}$ *est le degré relatif d'aversion.*

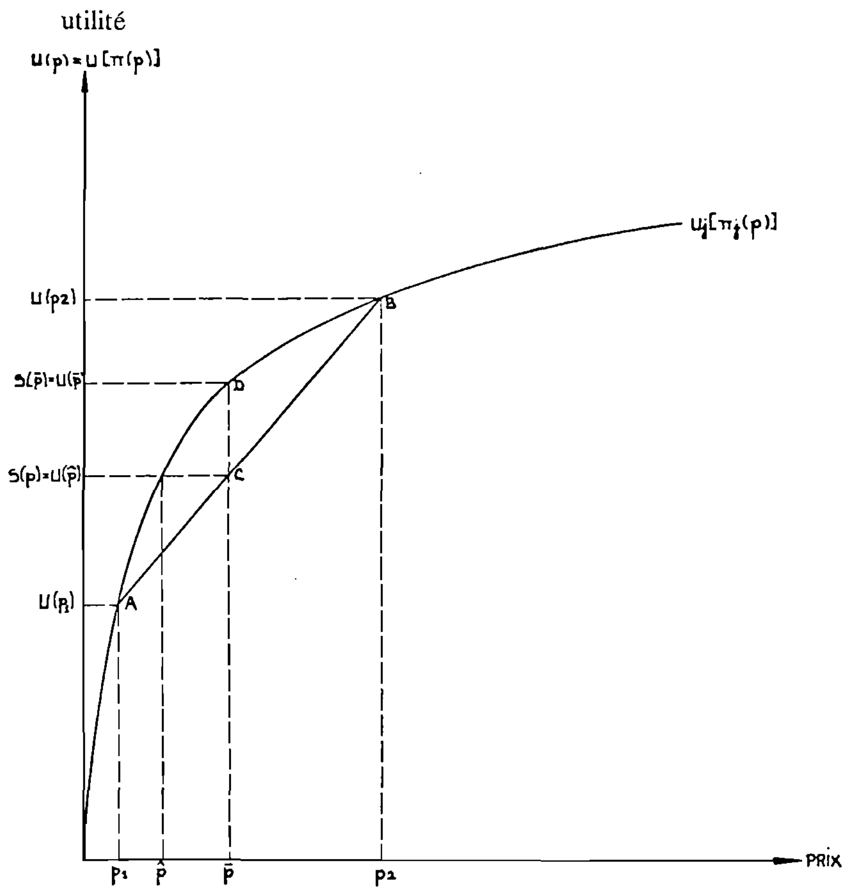


Figure 15 : Fonction d'utilité et aversion pour le risque

ENCADRÉ N° 20 - MODÈLE STATIQUE ET STOCHASTIQUE: CONDITIONS NÉCESSAIRES ET SUFFISANTES POUR UN MAXIMUM EN SITUATION D'ACCÈS LIBRE

La relation 26 peut s'écrire sous la forme (cf. Sandmo, 1971):

(1.20) $\epsilon[U'j(\pi j)*p*q*B] = \epsilon[U'j(\pi)*C'j(Ej)]$

soit, en soustrayant $\epsilon[U'j(\pi j)*\bar{p}*q*B]$ *de chaque côté :*

(2.20) $\epsilon[U'j(\pi j)*(p-\bar{p})*q*B] = \epsilon[U'j(\pi j)*(C'j(Ej)-\bar{p}*q*B)]$

Comme l'espérance du profit est égale à :

(3.20) $\epsilon(\pi j) = \bar{p}*q*Ej*B - Cj(Ej)$

on peut aussi écrire :

(4.20) $\pi j = \epsilon(\pi j) + (p - \bar{p})*q*Ej*B$, *ce qui entraîne :*

(5.20) $U'j(\pi j) \leq U'j[\epsilon(\pi j)]$ *lorsque* $p > \bar{p}$;

on en déduit:

(6.20) $U'j(\pi j)*(p - \bar{p})*q*B \leq U'j[\epsilon(\pi j)]*(p - \bar{p})*q*B$

$U'[\epsilon(\pi j)]$ *étant une constante, l'expression 6.20 peut être transformée en :*

(7.20) $\epsilon[U'j(\pi j)*(p-\bar{p})*q*B] \leq U'j[\epsilon(\pi j)]*\epsilon[(p - \bar{p})*q*B]$

Par définition, l'expression de droite dans la relation (7.20) est nulle ; avec l'expression (2.20) on dérive l'équation suivante :

(8.20) $\epsilon[U'j(\pi j)]*[C'(Ej) - \bar{p}*q*B] \leq 0$

L'utilité marginale du profit étant positive, il en résulte :

(9.20) $C'(Ej) \leq \bar{p}*q*B$

CONCLUSION

L'examen des modèles bio-économiques d'inspiration néo-classique débouche sur la question de leur validité et de leur portée.

La question de la validité des modèles peut être abordée de manière différente selon qu'il s'agit de l'analyse de la situation d'accès libre aux stocks ou de la définition d'un mode optimal d'exploitation des stocks.

Les modèles analysent la situation d'accès libre à partir d'un postulat habituel de comportement du producteur: la maximisation du profit et de la rente individuelle. La formalisation utilisée peut éventuellement déboucher sur des tests d'hypothèses qui caractérisent la démarche "positive". Cet aspect est cependant très peu développé, voire inexistant, dans les modèles passés en revue: le postulat de comportement du producteur est considéré comme admis. L'objet de l'analyse est de décrire le processus de dissipation de la rente en l'absence de mécanisme spécifique d'allocation des ressources naturelles ou de limitation de l'accès aux pêcheries. L'analyse est confirmée, non pas par des tests d'hypothèses, mais par l'exemple donné par de nombreuses pêcheries pour lesquelles l'existence d'une rente élevée a entraîné une intensification de l'effort de pêche, laquelle a débouché sur une raréfaction de la ressource naturelle, une baisse des captures par unité d'effort et, finalement, une absence de rente. Cela ne permet pas d'établir que le postulat de départ est vérifié, mais que l'analyse abstraite, fondée sur ce postulat et les hypothèses simplificatrices, suffit pour expliquer certains phénomènes économiques.

Les modèles bio-économiques passés en revue mettent surtout l'accent sur la définition d'un mode optimal d'exploitation des ressources et sur les disparités avec la situation d'accès libre. La démarche est alors "normative". Le caractère "optimal" des niveaux d'exploitation des ressources déterminés par le modèle ne peut être soumis à une vérification empirique. Ces niveaux d'exploitation sont déduits d'une construction logique qui dépend uniquement de la norme d'optimalité choisie ainsi que des hypothèses simplificatrices utilisées. Ils sont tributaires d'un jugement de valeur (la norme). En revanche, le sens de variation des revenus nets qui résulte de l'application de mesures d'aménagement comme les quotas individuels, les licences ou les redevances peut être observé et comparé aux résultats des modèles.

L'intérêt majeur des travaux théoriques de modélisation bio-économique des pêcheries réside, à notre sens, dans les analyses:

(i) du processus de dissipation de la rente dans les pêcheries;

(ii) des moyens potentiels de régulation de l'utilisation des ressources naturelles lorsque l'accès à celles-ci est originellement libre;

(iii) de l'application de la théorie du capital au cas d'une ressource naturelle renouvelable.

Les modèles théoriques fournissent un outil d'analyse qui permet d'appréhender de manière qualitative certains aspects de la dynamique du secteur de la pêche lorsque celui-ci répond à une triple caractéristique :

1/ des décisions prises au niveau de chaque unité de production,

2/ une multiplicité d'unités de production et,

3/ une absence de mécanisme de limitation de l'accès aux ressources.

Même dans ce cadre spécifique, leur portée comme instrument d'aide à la décision est très limitée en raison de la représentation simpliste du comportement des unités de production : en pratique, les décisions d'investissement et de choix d'allocation de l'effort de pêche ne sont pas seulement liées au niveau de profit et de rente passés ou anticipés mais aussi à d'autres facteurs économiques et sociologiques non pris en compte dans les modèles.

Les modèles théoriques passés en revue constituent ainsi un outil d'analyse, dont il convient de rappeler les limites dues à la simplicité du postulat de base ou des hypothèses utilisées, et non un outil d'aide directe à la décision. Une meilleure connaissance de la dynamique du secteur de la pêche passe par une extension du champ de l'analyse bio-économique, notamment pour l'étude des décisions d'investissement et de choix d'allocation de l'effort de pêche (Hilborn, 1985 ; Tettey et al., 1986).

BIBLIOGRAPHIE

ADAM P., 1968.
- "Aspects économiques de la surpêche", Revue Economique, 1, p. 130-169.

ADAM P., 1981.
- "L'économie des pêches maritimes et le nouveau régime des zones de pêches de 200 milles", Revue Economique, 6, p. 1166-1187.

AGNELLO R.J., DONNELLEY L.P., 1975.
- "The interaction of economic, biological and legal forces in the middle Atlantic oyster industry", Fishery Bulletin, 73, p. 256-261.

AGNELLO R.J., ANDERSON L.G., 1979.
- "Production function estimation for multiple product fisheries", presented at the Eastern Economics Association meeting, Boston, Mass., May, 27 p.

AMAMI M., 1981.
- "Microéconomie: théories, critiques et exercices pratiques", Gaëtan Morin édit., 415 p.

ANDERSEN P., 1982 a.
- "The exploitation of fish resources under stock uncertainty", Institute of Economics, University of Aarhus, mimeo 1982-5, 30 p.

ANDERSEN P., 1982 b.
- "Commercial fisheries under price uncertainty", Journal of Environmental Economics and Management, 9, p. 11-28.

ANDERSEN P., SUTINEN J., 1984.
- "Stochastic bioeconomics: a review of basic methods and results", Marine Resource Economics, 1, p. 117-136.

ANDERSON L.G., 1973.
- "Optimum economic yield of a fishery given a variable price of output", Journal of the Fisheries Board of Canada, 30, p. 509-518.

ANDERSON L.G., 1975 a.
- "Optimum economic yield of an internationally utilized common property resource", Fishery Bulletin, 73, p. 51-66.

ANDERSON L.G., 1975 b.
- "Analysis of open-access commercial exploitation and maximum economic yield in biologically and technologically interdependent fisheries", Journal of the Fisheries Board of Canada, 32, p. 1825-1842.

ANDERSON L.G., 1976.
- "The relationship between firm and industry in common property fisheries", Land Economics, 52, p. 179-191.

ANDERSON L.G., 1977.
- "The economics of fisheries management", The Johns Hopkins University Press, 214 p. (nouvelle édition revue et augmentée en 1986).
ANDERSON L.G., 1979.
- "The economics of multipurpose fleet behavior", Paper presented at Conference on the Economics of Renewable Resource Management, Brown University, 19-20 October.
ANDERSON J.R., DILLON J.L., HARDAKER J.B., 1977.
- "Agricultural decision analysis", The Iowa State University Press, 344 p.
BAUMOL W.J., 1962.
- "On taxation and the control of externalities", American Economic Review, 62, p. 307-322.
BAUMOL W.J., 1968.
- "On the social rate of discount", American Economic Review, 58, p. 788-802.
BELL F.W., 1968.
- "The pope and the price of fish", American Economic review, 58, p. 1346-1350.
BELL F.W., 1972.
- "Technological externalities and common property resources: an empirical study of the U.S. lobster fishery", Journal of Political Economy, 80, p. 148-153.
BELL F.W., KINOSHITA R., 1973.
- "Productivity gains in U.S. fisheries", Fishery Bulletin, 71, p. 911-919.
BEVERTON R.J., 1953.
- "Some observations on the principle of fishery regulation", Journal du CIEM, Copenhagen, 19, p. 56-58.
BLAUG M., 1982.
- "La méthodologie économique", Economica, 263 p.
BOCKSTAEL N.E., OPALUCH J.J., 1983.
- "Discrete modelling of supply response under uncertainty: the case of the fishery", Journal of Environmental Economics and Management, 3, p. 125-137.
BOISSIEU C., 1977.
- "Efficience et équité dans l'économie du bien-être", Economie et Société, 11, p. 815-936.
BOLAND L.A., 1979.
- "A critique on Friedman's critics", Journal of Economic Litterature, 17, p. 503-522.

BOOTH D.E., 1972.
- "A model for optimal salmon management", Fishery Bulletin, 70, p. 497-506.
BRADLEY, 1970.
- "Some seasonal models of the fishing industry", in Economics of Fisheries Management: a symposium, ed. by A.D. Scott.
BROMLEY D.W., BISHOP R.C., 1976.
- "From Economic theory to fisheries policy: conceptual problems and management prescriptions", Symposium on Economic Aspects of Fisheries Management with Extented Juridiction, University of Delaware, New-York, April 29-30, 26 p.
BROWN G. Jr, 1974.
- "An optimal program for managing common property resources with congestion externalities", Journal of Political Economy, January-February, p. 163-173.
BROWN B.E., BRENNAN J.A., PALMER J.E., 1979.
- "Linear programming simulation of the effects of by-catch on the management of mixed species fisheries off the Northeastern coast of the United States", Fishery Bulletin, 76, p. 851-860.
BUCHANAN J., STUBBLEDINE W.L., 1962.
- "Externality", Economica, 29, p. 371-384
BURKENROAD M.D, 1952.
- "Fishery management as political economy", Journal du CIEM, Copenhagen, 18, Janvier, p. 300-310.
CHARLES A., 1983.
- "Optimal fisheries investment under uncertainty", Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 40, p. 2080-2091.
CHARLES A.T., MUNRO G.R., 1985.
- "Irreversible investment and optimal fisheries management: a stochastic analysis", Marine Resource Economics, 1, p. 247-264.
CHAUDHURI K., 1986
- "A bioeconomic model of harvesting a multispecies fishery", Ecological Modelling, 32, p. 267-279.
CHRISTY F.T. Jr, 1969.
- "Fisheries goals and the rights of property", Transactions of the American Fisheries Society, 98, p. 369-378.
CIRIACY-WANTRUP S.V., BISHOP R.C., 1975.
- "Common property as a concept in natural resource policy", Natural Resources Journal, 15, p. 714-717.
CLARK C.W., 1976.
- Mathematical Bioeconomics, John Wiley and Sons, 352 p.

CLARK C.W., 1980.
- "Towards a predictive model for the economic regulation of commercial fisheries", Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science, 37, p. 1111-1129.

CLARK C.W., 1985 a.
- "Bioeconomic modelling and fishery management", John Wiley and Sons, 291 p.

CLARK C.W., 1985 b.
- "The effect of fishermen's quotas on expected catch rates", Marine Resource Economics, 1, p. 419-427.

CLARK C.W., CLARCK F., MUNRO G.R., 1979.
- "The optimal management of renewable resource stocks: problems of irreversible investment", Econometrica, 47, p. 25-49.

CLARK C.W., EDWARDS G., FRIEDLAENDER M., 1973.
- "Beverton-Holt model of a commercial fishery: optimal dynamics", Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 30, p. 1629-1640.

CLARK C.W., MUNRO G.R., 1980.
- "Fisheries and the processing sector: some implications for management policy", Bell Journal, 11, p. 603-616.

CONGAR R., 1977.
- "Contribution à l'étude de la valeur économique de la mer", Thèse pour le Doctorat d'Etat ès Sciences Economiques, Université de Rennes, 525 p.

COPES P., 1970.
- "The backward-bending supply curve of the fishing industry", Scottish Journal of Political Economy, 17, p. 69-77.

CRUTCHFIELD J.A., 1973.
- "Economic and political objectives in fishery management", Transactions of the American Fisheries Society, 102, p. 481-491.

CRUTCHFIELD J.A., 1979.
- "Economic implications of the main policy alternatives for controlling fishing effort", Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 36, p. 720-744.

CUNNINGHAM S., DUNN M.R., WHITMARSH D., 1985.
- "Fisheries economics: an introduction", Mansell Publishing Limited, 372 p.

CURRY J.A., MURPHY J.A., SCHMITZ A., 1971.
- "The concept of economic surplus and its use in economic analysis", The Economic Journal, 81, p. 741-799.

DASGUPTA P.S., HEAL G.M., 1979.
- "Economic Theory and Exhaustible Resources", Cambridge University Press, 498 p.

DAVIS O.A., WHINSTON A., 1962.
- "Externalities, welfare and the theory of games", Journal of Political Economy, 70, June, p. 241-262.
DICKIE L.M., 1979.
- "Perspectives on fisheries biology and implications for management", J. Fish Res. Board Can., 36, p. 838-844.
DORFMAN R., 1969.
- "An economic interpretation of optimal control theory", American Economic Review, 59, p. 817-831.
DUDLEY N., WAUGH G., 1980.
- "Exploitation of a single cohort fishery under risk: a simulation-optimization approach", Journal of Environmental Economics and Management, 7, p. 234-255.
FISHER A.C., 1981.
- "Resource and environmental economics", Cambridge University Press, 284 p.
GATES J.M., 1974.
- "Demand price, fish size and the price of fish", Canadian Journal of Agricultural Economics, 22, p. 1-12.
GATES J.M., NORTON V.J., 1974.
- "The benefits of fisheries regulation: a case study of the New England yellowtail flounder fishery", University of Rhode Island, Marine Technical Report n °21, 35 p.
GLEIT A., 1978.
- "Optimal harvesting in continuous time with stochastic growth", Mathematical Bioscience, 21, p. 111-123.
GORDON H.S., 1953.
- "An economic approach to the optimum utilization of fisheries resources", Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 10, p. 442-457.
GORDON H.S., 1954.
- "The economic theory of a common property resource", Journal of Political Economy, 62, p. 124-142.
GOULD J.R., 1972.
- "Extinction of a fishery by commercial exploitation: a note", Journal of Political Economy, 80, p. 1031-1038.
GOULD J.P., FERGUSON E., 1982.
- "Théorie Microéconomique", Economica, 590 p.
GUIGOU J-L., 1982,
- "La rente foncière : les théories et leur évolution depuis 1650", Economica, 954 p.

GREFFE X., 1978.
- "Les ambiguïtés du concept d'externalité", Mondes en Développement, 23.
GREJBINE T., 1976.
- "Critique de la théorie de l'actualisation en France", Revue d'Economie Politique, 3, p. 463-477.
GULLAND J.A., ROBINSON M.A., 1973.
- "Economics of fishery management", Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 30, p. 2042-2050.
HAHN F., 1982.
- "Reflections on the invisible hand", traduit dans Problèmes Economiques, 1797, Novembre, p. 16-22.
HANNESSON R., 1975.
- "Fishery dynamics: a North Atlantic cod fishery", Canadian Journal of Economics, 8, p. 151-173.
HANNESSON R., 1983.
- "Bioeconomic production function in fisheries: theoritical and empirical analysis", Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 40, p. 968-982.
HANNESSON R., 1984.
- "Optimisation de la capacité de prise en cas de variation des contingents accordés", in Expérience de la Gestion des Zones de Pêche Nationales, OCDE, p. 10-32.
HARRIS C.C., NORTON V.J., 1978.
- "The role of economic models in evaluating commercial fishery resources", American Journal of Agricultural Economics, 60, p. 1013-1019.
HAYEK F.A., 1945.
- "The use of knowledge in society", The American Economic Review, 35, p. 519-530.
HENRI C., 1974.
- "Investment decisions under uncertainty: the 'irreversibility effect'", American Economic Review, 64, p. 1006-1012.
HERFINDAHL O.C., KNEESE A.V., 1974.
- "Economic theory of natural resources", Columbus: Charles E. Merrill Publishing, 405 p.
HICKS J.R., 1943.
- "The four consumers surplusses", Review of Economics studies, 11, p. 31-41.
HILBORN R., 1985
- "Fleet dynamics and individual variation : why some people catch more than others", Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science, vol. 42, pp. 2-13.

HOTTELLING H., 1931.
- "The economics of exhaustible resources", Journal of Political Economy, 39, pp. 137-175.
HOWE C.W., 1979.
- "Natural Resource Economics", John Wiley and Sons, 346 p.
HUPPERT D., 1979.
- "Implications of multipurpose fleets and mixed stocks management for control policies", Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 36, p. 845-854.
JESSUA C., 1968.
- "Coûts sociaux et coûts privés", Presses Universitaires de France, 304 p.
JUNQUEIRA LOPES R.M., 1985.
- "L'économie des ressources renouvelables", Economica, 145 p.
KOENIG E.F., 1984.
- "Fisheries regulation under uncertainty: a dynamic analysis", Marine Resource Economics, 1, pp. 193-208.
LAFFONT J.J., LAROQUE G., 1972.
- "Effets externes et théories de l'équilibre général", Cahiers du Séminaire d'Econométrie, CNRS, 14, p. 13-25.
LARKIN P.A., 1977.
- "An epitaph for the concept of maximum sustained yield", Transactions of the American Fisheries Society, 106, January, p. 1-11.
LARMOUR P., 1979.
- "The concept of rent in 19th century economic thought", Resources paper n° 36, University of British Columbia, May, 45 p.
LAUREC A., LE GUEN J.C., 1981.
- "Dynamique des populations marines exploitées: concepts et modèles", Rapports scientifiques et techniques n° 45, CNEXO, 118 p.
LELAND H.E., 1972.
- "Theory of the firm facing uncertain demand", American Economic Review, 62, p. 278-291.
LEVY-GARBOUA V. 1975.
- "L'analyse de surplus appliquée", Revue Economique, 6, p. 987-1003.
LEWIS T.C., 1982.
- "Stochastic modeling of ocean fisheries resource management", University of Washington Press, 109 p.
LITTLE J.M.D., 1960.
- "A critique of welfare economics", Oxford University Press.
LUDWIG D., HILBORN R., 1983.
- "Adaptive probing strategies for age-structured fish stocks", Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 40, p. 559-569.

MAHE L.P., 1975.
- "Une note sur la théorie des ressources naturelles libres", Revue d'Economie Politique, 5, p. 767-791.
MALINVAUD E., 1982.
- Leçons de théorie microéconomique, Dunod, 4ème édition, 385 p.
MC CONNEL K.E., SUTINEN J.G., 1979.
- "Bioeconomic models of marine recreational fishing", Journal of Environmental Economics and Management, 6, p. 127-139.
MIRMAN, L.J., SPULBER D.F. (editors), 1982.
- "Essays in the economics of renewable resources", North-Holland, 287 p.
MISHAN E.J., 1971.
- "The postwar literature on externalities: an interpretative essay", Journal of Economic Literature, 9, p. 1-28.
MOLONEY D.G., PEARSE P.H., 1979.
- "Quantitative rights as an instrument for regulating commercial fishing", Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 36, p. 859-876.
MUNRO G.R., 1979.
- "The optimal management of transboundary renewable resource", Resources Paper n° 18, University of British Columbia, March, 35 p.
NEWBY H., 1982.
- "Rural sociology and its relevance to the agricultural economist: a review", Journal of Agricultural Economics, 33, May, p. 125-165.
OPALUCH J., 1981
- "A heuristic discussion of optimal control: the first order conditions and methods of solution", Staff Paper n° 81-03, Department of Resource Economics, University of Rhode Island, 18 p.
PERROUX F., 1980.
- "L'économie d'intention scientifique et l'inspiration thermodynamique", chronique SEDEIS, p. 42-53.
PETERSON F.M., FISHER A.C., 1977.
- "The exploitation of extractive resources: a survey", The Economic Journal, 87, p. 681-721.
POPE J.A., 1978.
- "Caractéristiques biologiques d'un stock de poissons exploité", Stage ACDI/FAO/COPACE sur la Planification du Développement et l'Aménagement des Pêches, Lomé, Togo, 6-17 février, p. 258-294.
PLOURDE C., BODELL R., 1984.
- "Uncertainty in fisheries economics: the role of the discount rate", Marine Resource Economics, 1, p. 155-170.

QUIRK J.P., SMITH V.L., 1970.
- "Dynamic models of fishing", in Economics of Fisheries Management: a Symposium edited by A.D. Scott, University of British Columbia, p. 3-32
REVERET J.P., 1985.
- "La gestion des pêcheries de poisson de fond de l'Atlantique du nord-ouest de 1949 à 1984: une perspective bio-économique", Thèse de Doctorat en Sciences Economiques, Université de Clermond-Ferrand I, 408 p.
RICHARD A., 1982.
- "Eléménts de synthèse entre valeur actualisée et délai de récupération: l'effet 'irréversibilité'", Revue d'Economie Politique, 1, p. 1-15.
ROSIER B., 1970.
- "Signification du principe d'efficience dans l'analyse théorique de la croissance économique", Revue Economique, p. 597-634.
ROTHSCHILD B.J., 1972.
- "An exposition on the definition of fishing effort", Fishery Bulletin, 70, p. 671-679.
ROTHSCHILD B.J., GATES J.M., CARLSON A.M., 1978.
- "Management of marine recreational fisheries", in Marine recreational Fisheries, International Game Fish Institute, Fort Landerdale, Florida, p. 149-172.
SANDMO A., 1971.
- "On the theory of the competitive firm under price uncertainty", American Economic Review, 61, p. 65-73.
SCHAEFER M.B., 1954.
- "Some aspects of the dynamics of populations important to the management of commercial marine fisheries", Inter-American Tropical Tuna Commission, Bulletin, 1, p. 25-26.
SCHAEFER M.B., 1957.
- "Some considerations of population dynamics and economics in relation to the management of the commercial marine fisheries", Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 14, p. 669-681.
SCHWARTZMAN G.L., GETZ W.M., FRANCIS R.C., HAAR R.T., ROSE K., 1983.
- "A management analysis of the Pacific Whiting fishery using an age-structured stochastic recruitment model", Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science, 40, p. 524-539.
SCITOVSKY T., 1954.
- "Two concepts of external economics", Journal of Political Economy, 62, p. 143-151.

SCOTT A.D., 1955.
- "The fishery: the objectives of sole ownership", Journal of Political Economy, 63, p. 116-124.
SCOTT A.D., 1979.
- "Development of economic theory of natural resource regulation", Journal of Fisheries Research Board of Canada, 36, p. 725-741.
SILBERBERG E., 1972.
- "Duality and the many consumer's surpluses", American Economic Review, 62, p. 942-952.
SILBERBERG E., 1978.
- "The structure of economics: a mathematical analysis", McGraw-Hill, 534 p.
SILVERT W., 1978.
- "The price of knowledge: fisheries management as a research tool", Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 35, p. 208-212.
SILVERT W., 1982.
- "Optimal utilization of a variable fish supply", Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science, 39, p. 462-468.
SISSENWINE M.P., 1978.
- "Is MSY an adequate foundation for optimum yield", Fisheries, 3, p. 22-24, 37-42.
SMITH V.L., 1969.
- "On models of commercial fishing", Journal of Political Economy, 77, p. 181-198.
SMITH J., 1980.
- "Replenishable resource management under uncertainty a re-examinition of the U.S. Northern fishery", Journal of Environmental Economics and Management, 7, p. 209-219.
SOBEL M.J., 1979.
- "A stochastic game of a regional fishery", Conference on the Economics of Renewable Resource Management, Brown University, October 1979.
SOLOW R.W., 1974.
- "The economics of resources or the resources of economics", American Economic Review, Papers and Proceedings, 64, p. 1-15.
SOUTHEY C., 1972.
- "Policy prescriptions in bionomic models: the case of the fishery", Journal of Political Economy, 80, p. 769-775.
SPULBER D.F., 1982.
- "Adaptative harvesting of a renewable resource and stable equilibrium", in Essays in the Economics of Renewable Resources, edited by L.J. and D.F. Spulber, North-Holland, p. 117-139.

SPULBER D.F., 1985.
- "The multicohort fishery under uncertainty", Marine Resource Economics, 1, p. 265-282.
STRAND I., 1974.
- "Optimal intertemporal production and investment in a multi-species fishery: an operational statement with application", Unpublished Ph.D Thesis, University of Rhode Island, 132 p.
SUTINEN J., 1979.
- "Fishermen's remuneration systems and implications for development", Scottish Journal of Political Economy, 26, p. 147-162.
SUTINEN J.G., 1981.
- "Optimal extraction of a renewable resource under uncertainty: the case of stock collapse in the fishery", Staff paper series 81-11, Department of Resource Economics, University of Rhode Island, 22 p.
TAYLOR T.G., PROCHASKA F.J., 1985.
- "Fishing power functions in aggregate bioeconomic models", Marine Resource Economics, 1, p. 87-107.
TETTEY E.O., GRIFFIN W.L., PENSON J.B., STOLL J.R., 1986
- "Implications of tray policy on investment in a common-property resource", North America Journal of Fisheries Management, n° 6, p. 100-104.
TILLMAN M.F., STADELMAN D., 1976.
- "Development and example application of a simulation model of the northern anchovey fishery", Fishery Bulletin, 74, p. 118-130.
TIROLE J., 1981.
- "Taux d'actualisation et optimum second", Revue Economique, 5, septembre, p. 829-869.
VARECH, 1978.
- "L'avenir des pêches françaises: réflexions sur une nécessaire mutation", CAAM, Décembre, 146 p.
WALKER K.D., RETTIG R.B. HILBORN R., 1983.
- "Analysis of multiple objectives in Oregon coho salmon policy", Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science", 40, p. 580-587.
WALLISER B., 1977.
- "Analyse comparative des deux 'surplus'", Revue Economique, 2, p. 252-261.
WALTER G.G., 1978.
- "A surplus yield model incorporating recruitment and applied to a stock of Atlantic mackerel", Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 35, p. 229-234.

WAUGH G., 1984.
- "Fisheries management: theoritical developments and contemporaty applications", Westview Press, 247 p.
WILEN J.E., 1979.
- Fisherman behavior and the design of efficient fisheries regulation programs", Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 36, p. 855-858.
WILEN J.E., 1985.
- "Towards a theory of the regulated fishery", Marine Resource Economics, 1, p. 369-388.
WILEN J.E., BROWN G. Jr., 1986.
- "Optimal recovery path for perturbations of trophic level bioeconomic systems", Journal of Environmental Economics and Management, 13, p. 225-234
WILLIG R.D., 1976.
- "Consumers surplus without apology", American Economic Review, 66, p. 589-597.

Achevé d'imprimer sur les presses de Cloître imprimeurs,
à Saint-Thonan, en octobre 1987.

Dépôt légal 4ᵉ trimestre 1987.