

MODÉLISATION BIOÉCONOMIQUE DE LA PÊCHERIE DE BUCCIN (*BUCCINUM UNDATUM* L. : GASTROPODA) DU PORT DE GRANVILLE (MANCHE OUEST) Eléments de gestion de la ressource

Leonardo SANTARELLI * et Philippe GROS **

* Adresse actuelle : ICML-UNAM, Apartado Postal 70-305,
México D.F., Mexique.

** IFREMER, B.P. 337, 29273 Brest Cedex, France.

Abstract

TOWARDS AN OPTIMAL MANAGEMENT OF RESOURCES IN THE WHELK FISHERY OF GRANVILLE (WESTERN CHANNEL) : LESSONS FROM A BIOECONOMIC MODEL.

The totality of French landings (ca. 4000 metric tons per year, with a commercial value of F 17 millions in 1983) of whelk (*Buccinum undatum* L. : Gastropoda) is as whole assignable to the fisheries of the normand-breton Gulf, western Channel. The aim of this paper is to forecast economic rent of the potters of the harbour of Granville, as a function of the two main variates open to supervision : the size of the fishing fleet, and the number of whelk-pots per ship. In order to assess the biological and financial consequences of a prospective development, a deterministic model of the fleet-resource system is proposed. The response of the stock to fishing effort is given by the structural model of Ricker ; this biological model is coupled with a profit model of annual cost and return for a standard potter. Results of simulations emphasize the sharpness of the rent-dissipation problem under existing tendencies (increase in the number of fishermen and of individual fishing effort). Therefore, some recommendations are put forward to derive a fishery policy which would enable the system to be maintained near optimal bioeconomic conditions.

Résumé

Les pêcheries du golfe normand-breton (Manche occidentale) assurent la quasi-totalité de la production française de buccin (*Buccinum undatum* L.), soit environ 4 000 tonnes par an. L'objectif de cet article est de prévoir l'évolution de la rentabilité économique des caseyeurs du port de Granville, en fonction des modifications de l'effectif de la flottille et de l'effort de pêche individuel : ces deux variables sont en effet susceptibles d'être contrôlées par des mesures de gestion. Afin d'évaluer les répercussions biologiques et financières d'un éventuel aménagement, un modèle déterministe du système stock-flottille a été élaboré. La réponse du stock à la pression de pêche est fournie par le modèle structural de Ricker ; la production calculée (tonnages annuels) est introduite en retour comme variable d'entrée dans un modèle économique intégrant l'ensemble des postes comptables du caseyeur-type granvillais. Ce modèle bioéconomique de l'interaction ressource-pêcherie prévoit qu'à brève échéance l'exploitation du buccin deviendrait déficitaire si la tendance actuelle s'accroissait (*i.e.*, progression du nombre d'exploitants et de la puissance de pêche individuelle). Ce diagnostic est d'autant plus alarmant qu'il émane d'un outil prévisionnel requérant en particulier une hypothèse de stabilité du recrutement des buccins. En conséquence, l'étude identifie quelques contraintes pouvant maintenir la pêcherie au voisinage de l'optimum économique.

Introduction.

Le buccin (*Buccinum undatum* L.), appelé aussi bulot ou ran, est un gastéropode prosobranché très commun dans l'Atlantique nord. Il est exploité commercialement par les flottilles artisanales de plusieurs pays européens et du Canada. En France, premier producteur européen, la quasi-totalité de la production de buccin est assurée par la flottille bulotière du golfe normand-breton qui en 1983 a débarqué 4 311 tonnes, soit une valeur marchande de près de 17 millions de francs. Au plan pondéral, le buccin occupe ainsi la première place des captures réalisées dans le golfe normand-breton, devant la coquille Saint-Jacques (3 801 t), l'araignée de mer (3 690 t), la praire (2 872 t) et la seiche (2 034 t). En revanche, ces espèces l'emportent en valeur (46, 41, 34 et 18 millions de francs respectivement).

Chaque bulotier du golfe normand-breton embarque de 300 à 500 casiers en plastique, grésés en filières de 50 à 60 unités. L'appât est un mélange de poisson et de crabe. L'exploitation s'exerce sur 3 stocks à peu près indépendants du point de vue biologique, dont la situation géographique est indiquée à la figure 1 : le stock 1, exploité par les unités de la Station maritime de Blainville, et le stock 3 par trois bateaux du port de Saint-Malo. Le stock 2, qui fait l'objet de la présente étude, constitue la ressource des caseyeurs granvillais. A l'intérieur de ce dernier stock sont reconnues trois sous-unités de gestion, correspondant aux secteurs de pêche "Baie", "Sud-Chausey" et "Sauvages" (fig. 1).

Depuis 1977-1978, l'effectif de la flottille bulotière du port de Granville s'est fortement accru (5 bateaux en 1978 ; 25 bateaux en 1985). Cette évolution s'est accompagnée de développements technologiques (amélioration de l'appât, augmentation du nombre de casiers par bateau et de la puissance motrice) qui ont provoqué une progression de la puissance de pêche individuelle. Afin de fournir des éléments de décision pour la gestion de la ressource, un modèle bioéconomique de la pêcherie granvillaise a été élaboré. Le modèle fournit des prévisions des captures totales et de la rentabilité de l'activité en fonction de l'effort de pêche déployé. Cette analyse économique de la pêcherie introduit des critères de décision indispensables : en effet, les inconvénients de l'utilisation d'indices tels que le MSY (Maximum Sustainable Yield) ou de concepts mal définis tels que « conservation de l'espèce » ou « surexploitation » ont été reconnus depuis plusieurs années (GORDON, 1953 ; CLARK, 1976 ; LARKIN, 1977).

Méthodes.

La variable modélisée est le revenu annuel (exprimé en F 1983) du patron d'un navire fictif « moyen » du port de Granville. Il est à noter que dans la pêcherie bulotière granvillaise, le patron est en même temps l'armateur du bateau. La référence à un navire moyen est justifiée par l'homogénéité de la flottille (SANTARELLI-CHAURAND, 1985). Les caractéristiques techniques de cette unité sont les suivantes :

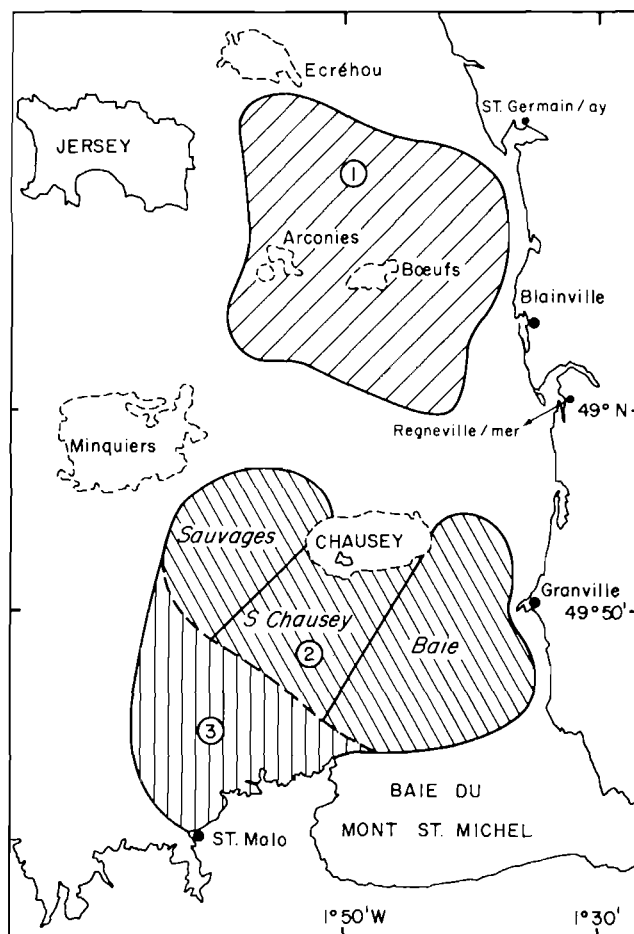
longueur : 8,5 m
jauge brute : 5,5 Tx
moteur : 100 Ch

nombre de marées par semaine : 5
nombre de mois de pêche par an : 10

Les prévisions de rentabilité de l'exploitation du bulot par les caseyeurs granvillais procèdent du couplage d'un modèle biologique (le modèle structural de Ricker) avec un modèle économique du compte d'exploitation du bateau moyen. L'architecture de ce modèle bioéconomique est décrite ci-après.

FIG. 1. — Zones de pêche au buccin dans le golfe normand-breton. Les stocks 1, 2 et 3 sont exploités respectivement par les flottilles de la station de Blainville, du port de Granville, et du port de Saint-Malo. "Sauvages", "Sud-Chausey" et "Baie" désignent trois sous-unités de gestion du stock 2.

Location of the fishing grounds of the whelk in the normand-breton gulf, western Channel. The stocks no. 1, 2, and 3 are harvested by the fisheries of Blainville, Granville and of Saint-Malo respectively. Three substocks are identified within the stock no. 2, which is the subject of the study : "Sauvages", "Sud-Chausey" and "Baie".



Le modèle structural de Ricker.

La classique formulation analytique de ce modèle ne sera pas rappelée ici (cf. LAUREC et LE GUEN, 1981). Il fournit, pour chacun des trois secteurs de pêche du stock 2 (fig. 1), les prévisions des captures annuelles à l'équilibre en fonction de l'effort total et du premier âge de capture. Comme il est peu vraisemblable que cet âge soit considérablement modifié dans les années à venir, sa valeur a été fixée à 1 an dans l'ensemble des calculs ; cela correspond aux conditions d'exploitation de 1983.

Quant à l'effort de pêche déployé en 1983 par la flottille granvillaise, il a été estimé par le nombre de casiers relevés annuellement : $NB \times CAS \times NS \times NJ = 1\,440\,000$ casiers

où : NB = nombre de bateaux = 18 NS = nombre de semaines de pêche dans l'année = 40
 CAS = nombre moyen de casiers relevés par bateau et par jour de pêche = 400 NJ = nombre de jours de pêche par semaine = 5

L'effort de pêche résultant d'une combinaison du nombre de bateaux (5 à 35) et du nombre de casiers relevés par bateau et par jour de pêche (50 à 500) est transformé en ME, multiplicateur de l'effort de pêche de 1983, en supposant NS et NJ constants :

$$ME = \frac{NB \times CAS \times 5 \times 40}{1\,440\,000}$$

La même valeur de ME est appliquée à chacun des 3 secteurs géographiques.

Les quatre autres variables d'entrée du modèle de Ricker sont, pour chaque secteur géographique, les suivants.

Le vecteur âge-poids.

Age (années)	BAIE		SAUVAGES		SUD-CHAUSEY	
	Hauteur (mm)	Poids frais (g)	Hauteur (mm)	Poids frais (g)	Hauteur (mm)	Poids frais (g)
1	21,1	1,03	18,5	0,69	17,9	0,62
2	31,6	3,53	31,3	3,43	32,2	3,74
3	40,9	7,76	42,0	8,41	43,5	9,36
4	49,0	13,5	50,9	15,1	52,4	16,5
5	56,1	20,3	58,3	22,9	59,3	24,1
6	62,4	28,1	64,5	31,1	64,8	31,6
7	68,0	36,6	69,7	39,4	69,0	38,2
8	72,8	45,0	74,0	47,3	72,4	44,3
9	77,1	53,7	77,5	54,5	75,0	49,3
10	80,8	61,9	80,5	61,2	77,1	53,7

TABL. 1. — Vecteurs âge, taille et poids du buccin *B. undatum* dans chacun des trois secteurs de pêche du stock 2.

Year-class, size and weight of the whelk B. undatum harvested on the three fishing grounds of the stock no. 2.

L'âge des buccins a été déterminé par examen de l'ornementation operculaire (SANTARELLI et GROS, 1985) de 2 180, 1 287 et 662 individus échantillonnés respectivement dans les secteurs Baie, Sud-Chausey et Sauvages. La taille moyenne de chaque classe d'âge étant ensuite estimée, la relation entre la hauteur de la coquille et le poids frais permet d'obtenir les composantes du vecteur âge-poids (tabl. 1) :

$$\text{Poids frais en grammes} = \frac{9,42 \times (\text{hauteur en mm})^{3,05}}{100\,000}$$

Les coefficients instantanés de mortalité naturelle par classe d'âge.

Leur estimation est particulièrement délicate dans le cas d'un stock exploité. Ainsi, dans le présent travail, comme dans beaucoup d'autres études de dynamique des populations, les estimations des coefficients de mortalité naturelle n'ont pu être obtenues. Néanmoins, compte tenu de la longévité de l'espèce (10 ans) et des résultats reportés dans la littérature pour d'autres gastéropodes (PHILLIPS et CAMPBELL, 1974 ; SPIGHT, 1975), il paraît réaliste de s'appuyer sur les 2 hypothèses suivantes : H1 où $M = 0,2$ pour toutes les classes d'âge ; H2 où $M = 0,3$ pour toutes les classes d'âge.

Les coefficients de mortalité par pêche de la classe d'âge j (j = 1,2 ..., 10 ans).

Les techniques usuelles d'analyse de pseudo-cohortes reposent sur une hypothèse forte, à savoir la constance de l'effort de pêche (cf. MESNIL, 1980). Cette condition n'étant notoirement pas vérifiée à Granville où l'effort progresse depuis 10 ans, la technique a été modifiée afin de ne requérir que l'hypothèse plus faible d'une capturabilité constante pour chaque classe d'âge (SANTARELLI-CHAURAND, 1985). Appliquée à la pseudo-cohorte constituée de l'ensemble des bulots tués par la pêche entre mars 1983 et février 1984, l'analyse fournit les estimations des coefficients $F_j;83$ de mortalité par pêche et par classe d'âge j, ainsi qu'une estimation de l'abondance de la classe 1 des recrues de 1983 (tabl. 2).

S'il est admis que la mortalité par pêche est proportionnelle à l'effort de pêche, il vient :
 $F_j;ME = ME \times F_j;83$

où $F_j;ME$ désigne la mortalité par pêche de la classe d'âge j, pour un effort exprimé relativement à celui de 1983 à l'aide du coefficient multiplicateur ME.

Recrutement (effectif de la classe d'âge 1).

Il est supposé constant. Les caractéristiques biologiques du buccin (espèce benthique à déplacements limités et sans phase larvaire planctonique) et l'absence de variations brutales dans les structures démographiques des captures confortent cette hypothèse de stabilité. Ainsi qu'il vient d'être dit, l'estimation de l'abondance des recrues est obtenue en même temps que les coefficients de mortalité par pêche (tabl. 2).

Recrutement (millions d'individus)	BAIE		SAUVAGES		SUD-CHAUSEY	
	M = 0,3 83,4	M = 0,2 59,9	M = 0,3 66,1	M = 0,2 43,0	M = 0,3 43,9	M = 0,2 28,9
Age (années)	COEFFICIENTS INSTANTANÉS DE MORTALITÉ PAR PÊCHE ($F_j;83$)					
1	0,027	0,035	0,026	0,039	0,045	0,066
2	0,124	0,152	0,085	0,115	0,065	0,087
3	0,465	0,541	0,238	0,305	0,170	0,213
4	0,879	1,003	0,406	0,499	0,470	0,556
5	0,989	1,120	0,621	0,736	0,864	0,998
6	1,452	1,632	1,022	1,167	0,973	1,102
7	1,464	1,645	1,792	2,001	1,698	1,862
8	1,955	2,182	1,944	2,153	2,500	2,000
9	2,000	2,182	2,661	2,650	2,500	2,000
10	2,000	2,182	2,661	2,449	—	—

TABL. 2. — Estimations des coefficients instantanés de mortalité par pêche et du recrutement en 1983, dans les trois secteurs de pêche du stock 2 et sous les hypothèses H1 ($M = 0,2$) et H2 ($M = 0,3$).

Estimates of instantaneous fishing mortality coefficients and of recruitment (abundance of the first year-class) in 1983. Separate estimates are given for the three fishing grounds of the stock no. 2, under the hypothesis : $M = .2$ and $M = .3$, where M is natural mortality coefficient.

Pour différentes valeurs du multiplicateur ME (qui correspondent à une gamme de combinaisons de l'effectif de la flottille et du nombre de casiers par bateau), et pour un premier âge de capture fixé à 1 an, le modèle de Ricker prévoit la production annuelle totale à l'équilibre (notée C) de l'ensemble du stock 2, par cumul des productions prévues dans chacun des trois secteurs de pêche. Etant donnée l'incertitude

sur la valeur de la mortalité naturelle, deux scénarios biologiques ont été envisagés pour calculer l'évolution de C en réponse à une variation de l'effort (fig. 2). L'essentiel des captures s'exerçant sur 3 à 4 classes d'âge (SANTARELLI-CHAURAND, 1985) le retour à l'équilibre après une modification de l'effort s'étale sur une période de transition de l'ordre de trois ans (LAUREC et LE GUEN, 1981).

Le modèle économique.

Tous les calculs sont en francs constants 1983. Le chiffre d'affaires brut annuel (à l'équilibre) du « bateau moyen » (CA/B) dans une pêcherie avec NB bateaux et CAS casiers par bateau est : $CA/B = (PM \times C)/NB$

où : PM = prix moyen (F/kg) et C = somme des captures des 3 secteurs, prévues par le modèle de Ricker (kg) pour la combinaison (NB, CAS)

et où la notion d'équilibre est définie relativement à la composante biologique du modèle : il a été indiqué précédemment que le modèle de Ricker fournit des prévisions des captures annuelles à l'équilibre, i.e. lorsque la ponction subie par le stock est compensée par le renouvellement de biomasse de celui-ci. C'est dans ce contexte qu'est calculé le chiffre d'affaires CA/B.

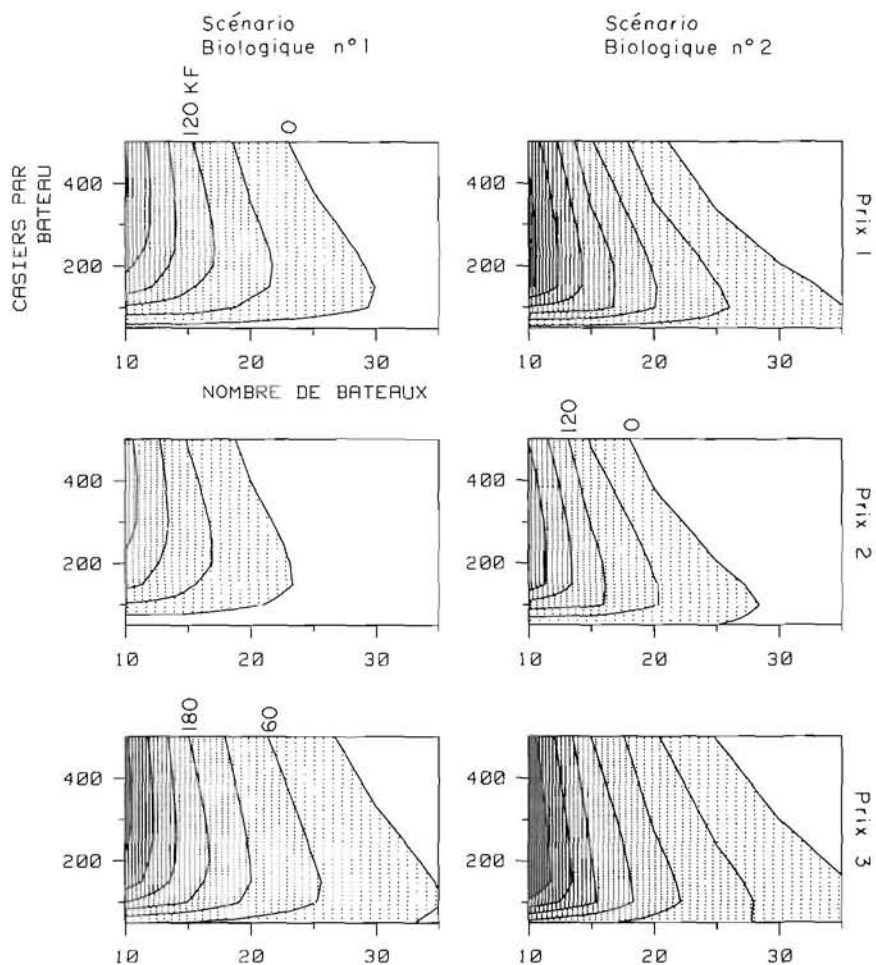
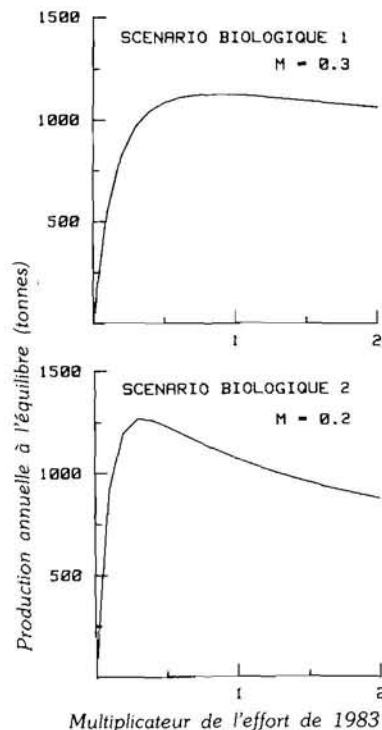


FIG. 2. — Prévisions du modèle de Ricker obtenues en cumulant les valeurs des captures totales à l'équilibre de chacun des 3 sous-stocks du stock 2 (cf. fig. 1), pour un premier âge de capture fixé à 1 an, et pour deux valeurs du coefficient instantané de mortalité naturelle M (cette production totale est introduite en variable d'entrée du modèle économique).

Total yield (at equilibrium) of the whole stock no. 2, obtained by summing up the predicted annual catches (metric tons per year) of the three sub-stocks (see fig. 1); the independent variate is the fishing effort (abscissa scale, 1 = effort of 1983), and the first age of harvest is fixed at one year. Two hypothetical values of the natural mortality coefficient M are considered : M = 2 or M = 3 (these results of the production model of Ricker are used as input variable in the economical model).

FIG. 3. — Revenus annuels (en KF 1983) à l'équilibre du patron-armateur en fonction de l'effectif de la flottille (abscisses) et du nombre de casiers par bateau (ordonnées) ; l'équidistance des isoplèthes est de 60 000 F.

Results of the bioeconomical model : predicted annual income (KF of 1983) of the ship owner (who is also the ship master) as a function of size of the fishing fleet (abscissa), and of the number of whelk-pots per ship (ordinates). Each response surface corresponds to a combination of values of M (.2 or .3) and of the mean selling price (see text) ; the equidistance between the isolines is 60 000 F.

Trois possibilités distinctes (notées respectivement prix 1, 2 et 3 à la figure 3) sont envisagées pour le prix moyen annuel au kg (en francs constants 1983).

- Prix constant élevé : 5 F/kg. Le prix moyen a culminé en 1982 (4,80 F/kg). Dans les conditions actuelles, il semble exclu que ce niveau puisse être de nouveau atteint.
- Prix constant bas : 4 F/kg. Ces prix furent pratiqués en 1979-1980 ; il n'est pas irréaliste d'envisager une situation où ces cours, voire des cours plus faibles, seraient pratiqués.
- Relation linéaire entre la production hebdomadaire moyenne de l'ensemble des 3 secteurs de la pêche granvillaise et le prix moyen au kg : $PM = 9,1 - 0,155 \times \text{production moyenne (tonnes)}$.

La production hebdomadaire moyenne (PMH) est calculée comme suit : $PMH = \text{production annuelle prévue par le modèle de Ricker/52 semaines}$. Cette droite passe par les points : 20 tonnes/semaine (1 040 tonnes/an) - 6 F/kg, et 40 tonnes/semaine (2 080 tonnes/an) - 2,90 F/kg et prévoit un chiffre d'affaires hebdomadaire maximum de 134 000 F, pour une PMH de 29 tonnes. Ceci est compatible avec l'évolution des prix au port de Granville en 1983 et 1984.

CA/B est ensuite distribué parmi les différents postes du compte d'exploitation du « bateau moyen » :

Chiffre d'affaires net (CN).

Il est supposé que le total des captures est vendu en criée. Ainsi : $CN = CA/B - TC$, où : TC = taxes retenues par la criée et l'organisation de producteurs (3,5 et 2 % des ventes en criée respectivement).

Frais annuels de production (FP) : $FP = G + A \times CAS$

- où :
- G = frais annuels de gazole,
 $= (250 \text{ F/marée}) \times (5 \text{ marées/semaine}) \times (40 \text{ semaines}) = 50\,000 \text{ F}$;
 - A = frais annuels d'appâts par casier,
 $= (0,625 \text{ F/marée}) \times (5 \text{ marées/semaine}) \times (40 \text{ semaines}) = 125 \text{ F}$;
 - CAS = nombre moyen de casiers par bateau.

Part brute armement (PBA).

$$PBA = CN - FP.$$

Part équipage (PE).

Dans la pêche du buccin, la part brute armement est divisée en deux parts égales : part équipage (PE) et part nette armement (PNA).

$$PE = PBA/2 = PNA.$$

Les rémunérations du patron et du matelot valent respectivement 2/3 et 1/3 de PE. Les charges sociales sont prélevées sur la part équipage. Ainsi, la rémunération du patron après charges sociales (Pat) est : $Pat = (2/3 PE) - 20\,000 \text{ F}$, et celle du matelot (Mat) : $Mat = (1/3 PE) - 17\,000 \text{ F}$.

Le minimum mensuel acceptable par un matelot est de l'ordre de 4 000 F, après charges sociales. En 1983, les revenus annuels de plusieurs matelots étaient inférieurs à cette quantité de telle sorte que quelques patrons ont proposé un minimum garanti. Cet aménagement est introduit dans les calculs :

$$\begin{aligned} Mat &= 1/3 PE - 17\,000 \text{ F} \\ Pat &= 2/3 PE - 20\,000 \text{ F} && \text{si : } 1/3 PBA/2 > 48\,000 \text{ F} \\ Mat &= 48\,000 \text{ F} \\ Pat &= PE - 48\,000 \text{ F} - 20\,000 \text{ F} - 17\,000 \text{ F} && \text{si : } 1/3 PBA/2 < 48\,000 \text{ F} \end{aligned}$$

Résultat net comptable (RNC).

$$RNC = PNA - CRC - FFA - AA$$

- où : CRC = coût annuel de remplacement des casiers ;
FFA = frais financiers moyens annuels ;
AA = amortissement moyen annuel du bateau.

Les postes à déduire de la part armement dans le résultat net comptable sont les suivants (CRC, FFA et AA).

- *Coût annuel de remplacement des casiers (CRC).*

$$CRC = Pr \times CAS \times CR, \text{ où : } Pr = \text{proportion de casiers à remplacer chaque année} = 0,15 ;$$

CAS = nombre moyen de casiers par bateau ;

CR = coût d'un casier (35 F) + coût par casier des matériels nécessaires au gréement de la filière = 105 F.

• *Frais financiers moyens annuels (FFA).*

Pour toutes les combinaisons (NB, CAS), les frais financiers annuels sont supposés constants et égaux aux frais financiers moyens de la flottille granvillaise en 1983.

En 1983, le bateau « type » de la pêcherie coûtait 600 000 F. Le financement communément adopté pour l'achat de ces bateaux est :

$$\begin{aligned} \text{CA} &= \text{capital versé par l'armateur au début de l'opération} \\ &= 0,25 \text{ VI} = 150\,000 \text{ F} \\ \text{S} &= \text{subvention} = 0,25 \text{ VI} = 150\,000 \text{ F} \\ \text{D} &= \text{dette à rembourser} = \text{VI} - \text{CA} - \text{S} = 300\,000 \text{ F} \\ \text{T} &= \text{durée du remboursement de la dette} = 6 \text{ ans} \\ \text{VI} &= \text{valeur initiale du bateau} = 600\,000 \text{ F en 1983} \end{aligned}$$

Ainsi, on considère qu'au cours de la période de remboursement il y a 6 paiements annuels égaux de D/6 francs (francs nominaux).

Le taux d'intérêt (TI) utilisé dans les calculs est le taux d'intérêt bonifié pour la pêche. Les intérêts payés à la fin de chacune des 6 années (I_t) sont calculés sur le reste de la dette (D_t) avant paiement de D/6 F correspondant à l'année t :

$$\begin{aligned} I_t &= \text{TI} \times D_t & D_t &= D - (D/6) \times (t-1) \\ \text{TI} &= 10,5 \% & t &= 1, 2, \dots, 6 \end{aligned}$$

Les intérêts en francs constants ont été corrigés en appliquant un taux d'inflation annuel de 10 % pendant les 6 ans de remboursement :

$$\begin{aligned} \text{IK}_t &= I_t / (1,10)^t ; \\ \text{IK}_t &= \text{intérêts payés, en francs constants, à la fin de l'année } t, \\ &= \text{frais de remboursement d'un bateau dans sa } t^{\text{e}} \text{ année de remboursement de la dette.} \end{aligned}$$

Les valeurs suivantes sont obtenues :

Année de remboursement	1	2	3	4	5	6
Intérêts en francs constants :	28 600	21 700	15 800	10 800	6 500	3 000

La moyenne des frais financiers annuels en 1983 (FFA) pour les 18 bateaux de la pêcherie granvillaise peut être estimée par :

$$\text{FFA} = (\text{FF}_1 + \dots + \text{FF}_{18}) / 18 = 8\,700 \text{ F}$$

où : b = 1, 2, ..., 18 : indice du bateau ;

FF_b = frais financiers du bateau b, calculés selon son âge en supposant qu'un bateau d'âge t est dans sa t^e année de remboursement. Si l'âge est supérieur à 6 ans : FF_b = 0.

• *Amortissement annuel moyen du bateau (AA).*

Il est estimé à partir de la moyenne annuelle (pendant une période de 6 ans après l'achat) de la perte de capital subie par l'armateur sur son investissement. Le capital total (CT, en francs constants) investi est égale à la somme du capital versé au moment de l'achat du bateau (CA) et des remboursements annuels du capital emprunté (PF_t, en francs constants) :

$$\text{CT} = \text{CA} + \text{PF}_1 + \dots + \text{PF}_6 = 367\,800 \text{ F.}$$

Comme indiqué antérieurement, un remboursement de D/6 francs se produit à la fin de chacune des 6 années de remboursement. La valeur en francs constants du paiement de l'année t (PF_t) est : PF_t = (D/6) / (1,10)^t.

Connaissant la valeur résiduelle en francs constants du bateau au bout de 6 ans (V₆ = 300 000 F), on peut estimer la perte A de capital subie par l'armateur :

$$\text{A} = \text{CT} - \text{V}_6 = 367\,800 \text{ F} - 300\,000 \text{ F} = 67\,800 \text{ F.}$$

Cette perte de capital A, qui établit un bilan à l'échéance de la dernière traite, pourrait être appelé « amortissement économique », par opposition à l'amortissement *sensu stricto*, dont la définition prendrait en compte le coût d'achat du navire plutôt que le capital investi par l'armateur.

L'amortissement annuel moyen utilisé pour toutes les combinaisons (NB, CAS) est donc :

AA = 67 800/6 = 11 300 F. Il faut souligner que ce chiffre est beaucoup plus faible que l'amortissement qui correspond à l'achat du bateau sans subventions et avec un taux d'intérêt plus élevé que celui accordé pour l'achat des unités artisanales.

Revenu annuel du patron armateur (RPA).

Etant donné que le patron est aussi l'armateur, ses revenus totaux annuels sont estimés par : RPA = RNC + Pat.

Les estimations qui viennent d'être présentées proviennent de diverses sources, dont l'inventaire est présenté au tableau 3.

Résultats et discussion.

La démarche proposée procède de plusieurs approximations.

- Les activités d'appoint des exploitants ne sont pas prises en compte. Dans le cas des bulotiers, ces activités étaient assez limitées en 1983, mais l'aggravation des problèmes économiques de la pêche provoque leur augmentation depuis 1984.
- Les résultats exposés sont relatifs à un bateau fictif moyen. Ils ne reflètent donc pas exactement l'état réel de chacune des unités de la flottille, mais l'homogénéité de celle-ci autorise néanmoins à considérer qu'ils décrivent une situation très proche de celle que connaît chaque caseyeur.
- L'influence des systèmes connexes à la pêche, en particulier le mareyage, n'a pas été étudiée.
- Les résultats présentés à la figure 3 correspondent à des scénarios assez restrictifs, mais les calculs pourraient être modifiés afin de tenir compte des tendances dans les coûts de production, de la structure de la flottille ou des modifications du calendrier de pêche (e.g. adoption d'un système de saison de fermeture de la pêche).

Le tableau 4 représente le compte d'exploitation (à l'équilibre) du « bateau moyen » prévu par le modèle pour la combinaison 15 bateaux - 400 casiers par bateau, sous les hypothèses $M = 0,2$ et prix de vente élevé (5 F/kg).

En explorant les autres combinaisons de l'effectif de la flottille et de l'effort déployé par chaque unité (fig. 3), il apparaît que les prévisions sont très sensibles aux hypothèses sur le prix de vente. Cependant, vu la situation actuelle, il semble exclu qu'à court terme ce prix puisse devenir supérieur à celui envisagé dans les calculs. Les prévisions qui correspondent à l'hypothèse « prix constant élevé » sont très proches de celles obtenues pour des prix variables en fonction de la production. Dans les conditions de 1983 (18 bateaux avec 400 casiers/bateau), les revenus annuels calculés sont de 80 000 F. L'augmentation de l'effectif de la flottille conduit rapidement à la dissipation de la rente individuelle : les revenus s'annulent à partir de 25 bateaux environ (fig. 3).

La dissipation des revenus est beaucoup plus marquée sous l'hypothèse d'un prix de vente de 4 F/kg. Au-delà de 19 exploitants, l'activité devient déficitaire alors que les bénéfices sont inférieurs à 120 000 F à partir de 13 bateaux. Cette évolution serait encore plus accentuée avec un prix inférieur à 4 F/kg.

Ce type de modélisation peut contribuer à identifier, d'un point de vue économique, les caractéristiques optimales des bateaux (CLARK et KIRKWOOD, 1979 ; HANNESSON, 1983). L'examen de la figure 3 montre qu'à un nombre donné correspond un optimum du nombre de casiers par bateau qui maximise les revenus (environ 200 casiers/bateau pour une flottille de 18 unités). Par analogie au modèle de Beverton et Holt de production à l'équilibre, on pourrait définir une courbe de pêche « eumétrique » correspondant à la ligne de crête de la surface qui décrit l'évolution du revenu annuel.

Paramètre	PM	C	TC	NB	G	A	Cas	Pr	CR	VI	V6	CA	S	TI
Source	1	1	2	3	3	3	3	3	3	3-4	3-4	3	3	3
	1 = Direction des Affaires maritimes. 2 = Crie de la Chambre de Commerce et de l'Industrie de Granville. 3 = Entretiens avec les professionnels. 4 = Institutions bancaires.													

TABL. 3. — Sources d'information utilisées dans l'étude du compte d'exploitation du caseyeur-type de la flottille bulotière du port de Granville.

Source of data used to compute the annual budget of the standard ship of the whelk's fishery of Granville.

Situations de transition.

Les situations de transition entre deux états d'équilibre seront illustrées par un exemple : la première combinaison d'hypothèses (scénario biologique n° 1, prix = 5 F/kg ; fig. 3) prévoit, à l'équilibre, une situation déficitaire pour le « bateau moyen » si la flottille est constituée de 24 bateaux avec 400 casiers chacun. En 1985, cet effectif a déjà été atteint, et les exploitants rencontrent de plus en plus de difficultés économiques. Lors de la phase de transition vers l'équilibre intervient le décalage entre deux phénomènes.

- La réponse biologique du stock : la progression du nombre d'exploitants provoque, dans un premier temps, une augmentation de la production totale. Après une période de transition de 3 à 4 ans, elle revient à un niveau inférieur à celui de 1983.
- La réponse économique de la pêcherie : à court terme, l'augmentation de la production entraîne une diminution immédiate du prix moyen de vente. Durant la phase de transition, la diminution des rendements vers l'équilibre biologique conduit à la situation déficitaire prévue par le modèle. Avant de l'atteindre, les pêcheurs choisiront entre les deux termes de l'alternative : 1) arrêt de la pêche au buccin (faillite ou reconversion vers d'autres espèces) ; 2) ou bien augmentation de l'effort de pêche individuel. La seconde option provoquerait une nouvelle augmentation de l'effort total exercé sur les stocks, tout en entraînant un accroissement des coûts de production.

CA/B	Chiffre d'affaires brut		374,5 KF	100 %
TC	Taxes de criée et organisation de producteurs		20,6 KF	5,5 %
CN	Chiffres d'affaires net : 374,5 — 20,6 = 353,9 KF			
FP	Frais de production :			
	Gazole		50 KF	13,4 %
	Appât		50 KF	13,4 %
PBA	Part brute armement : 353,9 — 100 = 253,9 KF			
PE	Partie équipage : 126,9 KF			
	Rémunérations :	Matelot	48,0 KF	12,8 %
		Patron	41,9 KF	11,2 %
	Charges sociales :	Matelot	17,0 KF	4,5 %
		Patron	20,0 KF	5,3 %
CRC	Remplacement des casiers		6,3 KF	1,7 %
FFA	Frais financiers		8,7 KF	2,3 %
AA	Amortissement du bateau		11,3 KF	3,0 %
RNC	Résultat net comptable : 126,9 — 26,3 = 100,6 KF			26,9 %
RPA	Revenus annuels du patron-armateur = 41,9 + 100,6 = 142,5 KF			

TABLE 4. — *Prévisions du compte d'exploitation du bulotier-type granvillais embarquant 400 casiers, l'effectif de la flottille étant de 15 unités (hypothèses : M = 0,2 ; captures à l'équilibre ; prix moyen de vente : 5 F/kg).*

Example of result of the bioeconomical model : expected budget of the standard ship of the whelk's fishery of Granville, for a fleet of 15 ships, each of them carrying 400 whelk-pots. The owner's income is computed under the following hypotheses : M = .2 ; yield at equilibrium ; mean selling price : 5 F/kg.

Conclusion.

La profession a déjà mis en place quelques mesures d'aménagement destinées à améliorer les conditions de commercialisation (criée, organisation de producteurs, quotas de vente). Mais, en l'absence de mesures nouvelles, la situation actuelle, déjà préoccupante, risque de se dégrader. Les seules mesures commerciales ne suffiront pas à éviter les risques de surexploitation biologique et économique. La gestion de la ressource nécessite des mesures plus restrictives permettant d'assurer le renouvellement du stock et d'en limiter l'accès.

L'exploitation des buccins immatures pourrait compromettre un recrutement qui jusqu'à aujourd'hui paraît relativement stable. L'adoption d'une taille minimale marchande, régularisant les pratiques actuelles, contribuerait à diminuer ce risque et éviterait le dérapage vers l'exploitation des bulots de petite taille. Cette mesure suppose une discipline des pêcheurs qui doivent impérativement rejeter les buccins « hors-taille » sur les zones de pêche, et impliquer une révision des méthodes de tri (tri manuel, voire tri mécanique en continu).

Une des méthodes classiquement utilisées pour limiter l'effort est l'instauration d'une période de fermeture de la pêche. Une telle mesure, qui pourrait encourager la diversification des activités des bulotiers, s'assortit de plusieurs contraintes. Il faut tout d'abord en évaluer l'impact sur les marchés actuels de buccin. Les résultats de cette étude montrent que cette mesure ne suffira pas à garantir la rentabilité de l'activité si dans le même temps l'effectif de la flottille continue d'augmenter et si l'effort individuel s'intensifie pendant la saison de pêche.

L'adoption d'un système d'entrée limitée (licences de pêche) engendre des problèmes politiques et sociaux, mais répond bien à la plupart des objectifs de gestion d'une pêcherie. Son efficacité dépend d'une série de mesures complémentaires, destinées à éviter l'augmentation de l'effort de pêche individuel, et suppose une réglementation très complète (CLARK, 1980). En effet, dans les pêcheries ayant adopté un système de licences limitant le nombre d'exploitants, les pêcheurs ont tendance à augmenter leur puissance de pêche individuelle (e.g. la pêcherie de *Panulirus longipes cygnus* en Australie ; MEANY, 1979). Les gestionnaires sont ainsi obligés de réglementer les caractéristiques des bateaux, le nombre et le type des engins de pêche, les quotas individuels et les temps de pêche, sans pour autant étouffer la compétitivité et les innovations susceptibles de permettre une réduction des coûts de production (GULLAND et ROBINSON, 1973).

BIBLIOGRAPHIE

- CLARK (C.W.), 1976. — Mathematical bioeconomics : the optimal management of renewable resources. — John Wiley & Sons Ed., New York, London, Sydney, Toronto : 352 p.
- 1980. — Towards a predictive model for the economic regulation of commercial fisheries. — *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **37** : 1111-1129.
- CLARK (C.W.) et KIRKWOOD (G.P.), 1979. — Bioeconomic model of the gulf of Carpentaria prawn fishery. — *J. Fish. Res. Board Can.*, **36** : 1304-1312.
- GORDON (H.S.), 1953. — An economic approach to the optimum utilization of fishery resources. — *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **37** : 1111-1129.
- GULLAND (J.A.) et ROBINSON (M.A.), 1973. — Economics of fishery management. — *J. Fish. Res. Board Can.*, **30** : 2042-2050.
- HANNESSON (R.), 1983. — Bioeconomic production function in fisheries : theoretical and empirical analysis. — *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **40** : 968-982.
- LARKIN (P.A.), 1977. — An epitaph for the concept of maximum sustainable yield. — *Trans. Am. Fish. Soc.*, **106** : 1-11.
- LAUREC (A.) et LE GUEN (J.-C.), 1981. — Dynamique des populations marines exploitées. Tome I : concepts et modèles. — *Rapp. Sci. Tech. CNEXO*, n° 45 : 118 p.
- MEANY (T.F.), 1979. — Limited entry in the Western Australian rock lobster and prawn fisheries : an economic evaluation. — *J. Fish. Res. Board Can.*, **36** : 789-798.
- MESNIL (B.), 1980. — Théorie et pratique de l'analyse de cohortes. — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **44** (2) : 119-155.
- PHILLIPS (B.F.) et CAMPBELL (N.A.), 1974. — Mortality and longevity in the whelk *Dicathais orbita* (Gmelin). — *Aust. J. mar. Freshwat. Res.*, **25** : 25-33.
- SANTARELLI-CHAURAND (L.), 1985. — Les pêcheries de buccin (*Buccinum undatum* L. : Gastropoda) du golfe normand-breton. Eléments de gestion de la ressource. — Thèse Doctorat, Univ. Aix-Marseille II : 194 p.
- SANTARELLI (L.) et GROS (Ph.), 1985. — Détermination de l'âge et de la croissance de *Buccinum undatum* L. (Gasteropoda : Prosobranchia) à l'aide des isotopes stables de la coquille et de l'ornementation operculaire. — *Oceanol. Acta*, **8** (2) : 221-229.
- SPIGHT (T.M.), 1975. — On a snail's chances of becoming one year old. — *Oikos*, **26** : 9-14.