

## CHAPITRE VII

# L'ÉCHANTILLONNAGE DES PEUPEMENTS DE POISSONS MARINS

par

J. DAGET et P. PETIT

L'étude de la composition et de la structure des peuplements de Poissons marins pose, en principe, des problèmes identiques à ceux qui ont été exposés concernant les eaux douces. Toutefois les difficultés d'échantillonnages inhérentes au milieu aquatique sont encore plus importantes et difficiles à vaincre du fait de l'étendue parfois considérable des biotopes océaniques et de l'effectif non moins considérable de certaines populations, notamment dans les milieux pélagiques.

### ÉVALUATIONS DIRECTES

#### *1<sup>o</sup> Dénombrements directs par plongeurs*

La plongée sous-marine, libre ou avec scaphandre autonome, est couramment utilisée pour l'étude *in situ* des peuplements marins. De jour et par beau temps, surtout dans les mers tropicales, la transparence est suffisante, jusqu'à plusieurs dizaines de mètres de profondeur, pour permettre l'observation visuelle dans de bonnes conditions. Les plongeurs explorent systématiquement une zone préalablement délimitée ou suivent des parcours tracés d'avance et notent au passage, sur des tablettes spéciales, tous les poissons qu'ils rencontrent.

Cette méthode présente l'avantage de ne perturber ni le biotope ni le peuplement étudié, mais les dénombrements effectués en plongée sont sujets à de nombreuses causes d'erreurs. Les plongeurs, outre l'entraînement physique nécessaire à ce genre de travail, doivent posséder une connaissance approfondie de la faune pour identifier rapidement et sans risque d'erreur les diverses espèces qu'ils rencontrent. Quant aux évaluations de taille, même fournies par un personnel très entraîné, elles sont toujours sujettes à caution et ne sont données qu'à titre indicatif. L'expérience a montré que beaucoup de poissons restent cachés et échappent ainsi à l'observation directe. Certaines espèces ont une activité strictement nocturne et ne sont jamais aperçues de jour : elles consti-

tuent parfois une partie non négligeable du peuplement. Enfin il est conseillé de faire passer plusieurs fois au même endroit soit le même plongeur, soit des plongeurs différents et de comparer les différents résultats obtenus. En fait, la méthode ne donne de bons résultats que pour les poissons d'une certaine taille, sédentaires dans un secteur donné.

Bardach (1959) a utilisé cette méthode pour étudier le peuplement d'un récif corallien des Bermudes. La surface à étudier, mesurant un peu moins de 2,2 ha, avait été divisée en quatre bandes par des câbles téléphoniques tendus préalablement à partir d'une embarcation. Deux plongeurs A et B partaient de deux coins opposés et parcouraient chacun la totalité des quatre bandes après s'être croisés au milieu de la surface étudiée. Chacun d'eux connaissait parfaitement la faune locale et était muni d'une tablette sur laquelle les diverses espèces étaient indiquées de sorte qu'il suffisait de marquer un signe en face de l'espèce correspondant à chaque individu rencontré. En quatre jours, où le beau temps a permis d'effectuer les observations en plongée dans les meilleures conditions, les deux observateurs A et B sont arrivés aux résultats consignés dans le tableau 1.

Tableau 1

	14-VI-1957		20-VI-1957		26-VI-1957		16-VII-1957	
	A	B	A	B	A	B	A	B
<i>Scarus spp.</i> . . . . .	9	9	13	15	23	23	29	35
<i>Sparisoma spp.</i> . . . . .	9	6	27	12	33	19	28	20
<i>Holacanthus spp.</i> . . . . .	—	—	14	15	14	14	18	19
<i>Acanthurus spp.</i> . . . . .	11	4	30	21	20	14	21	18
<i>Epinephelus guttatus.</i> . . . . .	—	—	—	1	2	2	1	1
<i>Mycteroperca sp.</i> . . . . .	—	—	—	1	—	1	—	1
<i>Cephalopholis fulvus.</i> . . . . .	—	—	2	—	—	5	1	1
<i>Haemulon sp.</i> . . . . .	3	3	1	2	4	2	5	5
<i>Lutjanus griseus.</i> . . . . .	3	—	—	1	—	—	—	—
<i>Halichoeres radiatus.</i> . . . . .	2	—	2	2	2	2	2	3
Divers . . . . .	—	—	9	7	5	4	3	3
Total. . . . .	37	22	98	77	103	86	108	106

Sur les 28 fois où la même espèce a été vue par les deux plongeurs, 11 fois A et B ont noté le même nombre d'individus, 11 fois A en a noté plus que B et 6 fois B en a noté plus que A. Enfin, 3 fois A et 6 fois B virent seul une espèce. On peut donc conclure que le dénombrement direct par plongeurs, même dans les meilleures conditions, ne donne que des résultats peu précis.

## 2° Empoisonnements

Cette méthode a été utilisée par Randall (1963) pour étudier le peuplement d'un récif artificiel composé de 800 blocs de béton percés de trous. L'ensemble avait été immergé le 6 avril 1960 près des Virgin Islands, par 9 mètres de fond,

et occupait une surface de 50 mètres carrés. Au bout de deux ans, le peuplement paraissant avoir atteint son état d'équilibre, le récif fut entouré d'une senne à mailles fines, de 2,5 m de haut et dont la ralingue inférieure était plombée. Tous les poissons furent tués à l'aide de 19 litres d'un produit commercial à base de roténone. Certains individus flottant à la surface et dérivant avec les courants furent emportés par des oiseaux avant que des nageurs aient pu les ramasser. Tous les autres furent identifiés, mesurés et pesés. Les résultats figurent au tableau 2. En tout 2 754 poissons appartenant à 55 espèces furent récoltés. Le poids total était de 87,290 kg soit 1,740 kg par mètre carré de récif. Cette densité de peuplement, très élevée par rapport à celles ordinairement rencontrées dans des milieux naturels, provenait vraisemblablement du fait que le récif, isolé sur des fonds plats en partie couverts d'hydrides, servait de refuge et d'abris à des poissons qui se nourrissaient aux alentours du récif lui-même.

La même technique d'empoisonnement fut également appliquée à des surfaces plus importantes de récifs naturels (Randall, 1963). La roténone agissant sur les organes de la respiration branchiale, les poissons se comportent comme s'ils mouraient asphyxiés par manque d'oxygène. La plupart sortaient spontanément de leur abri et, les récifs étudiés ayant été choisis en eau très peu profonde, les poissons morts à l'intérieur d'une cavité étaient rapidement entraînés au dehors par les mouvements de l'eau. Le ramassage put donc être effectué dans d'excellentes conditions. Un premier échantillonnage portant sur 600 mètres carrés fournit 1 352 individus appartenant à 103 espèces différentes et pesant en tout 96,05 kg. Un deuxième échantillonnage portant sur 297 mètres carrés fournit 1 454 individus appartenant à 93 espèces et pesant 46,87 kg. Les biomasses correspondantes sont pratiquement identiques, 160 grammes par mètre carré dans le premier cas et 158 grammes par mètre carré dans le second, avec la répartition suivante : 24,3 p. 100 d'herbivores, 15,8 p. 100 d'omnivores et 59,9 p. 100 de carnivores.

### 3° Mortalités naturelles massives

L'observation directe en plongée a montré que certains poissons tels que les Lutjanidés et les Scaridés s'enfuient dès que les effets de la roténone commencent à se faire sentir. Il est donc nécessaire d'encercler la zone empoisonnée par des filets allant de la surface au fond, afin de prévenir toute émigration. D'autre part la quantité de substance toxique à déverser étant proportionnelle au volume d'eau à empoisonner, la méthode n'est applicable qu'à des milieux d'étendue restreinte. Par contre, il existe des phénomènes naturels qui entraînent une mortalité massive des poissons sur de vastes étendues. C'est le cas de l'eau rouge, due à la prolifération de Péridiniens, notamment ceux du genre *Gonyaulax*; dans certains cas la mortalité atteindrait 95 p. 100 de l'ensemble du peuplement. Bien que de tels phénomènes soient imprévisibles et ne se produisent spontanément que dans certains milieux favorables, les écologistes pourraient éventuellement en profiter pour réaliser des échantillonnages portant sur le peuplement de vastes étendues marines.

Tableau 2

<i>Espèces</i>	<i>Effectifs</i>	<i>Tailles</i> (mm)	<i>Poids</i> (g)
<i>Haemulon plumieri</i> . . . . .	I 267	46-218	25 650
<i>Haemulon aurolineatum</i> . . . . .	577	46-150	7 380
<i>Myripristis jacobus</i> . . . . .	370	42-123	6 170
<i>Alphestes afer</i> . . . . .	65	155-203	10 170
<i>Holocentrus ascensionis</i> . . . . .	59	57-208	4 880
<i>Acanthurus caeruleus</i> . . . . .	49	35-157	I 470
<i>Pseudupeneus maculatus</i> . . . . .	33	88-165	I 300
<i>Acanthurus chirurgus</i> . . . . .	29	60-221	2 460
<i>Haemulon sciurus</i> . . . . .	27	125-210	4 040
<i>Sparisoma aurofrenatum</i> . . . . .	27	42-212	I 780
<i>Ocyurus chrysurus</i> . . . . .	25	61-185	740
<i>Halichoeres garnoti</i> . . . . .	20	27-68	050
<i>Petrometopon cruentatum</i> . . . . .	18	61-240	980
<i>Mulloidichthys martinicus</i> . . . . .	18	90-109	430
<i>Holocanthus ciliaris</i> . . . . .	17	40-66	130
<i>Thalassoma bifasciatum</i> . . . . .	16	31-82	050
<i>Pomacentrus variabilis</i> . . . . .	14	35-65	140
<i>Acanthurus bahianus</i> . . . . .	14	58-184	I 320
<i>Moringua sp.</i> . . . . .	10	192-349	050
<i>Gnatholepis</i> } 3 spp.	10	23-44	010
<i>Coryphopterus</i> } 3 spp.	10	23-44	010
<i>Halichoeres bivittatus</i> . . . . .	8	25-77	010
<i>Holocanthus tricolor</i> . . . . .	8	32-64	060
<i>Labrisoma</i> } 3 spp.	7	42-50	010
<i>Malacocentrus</i> } 3 spp.	7	42-50	010
<i>Epinepbelus striatus</i> . . . . .	7	212-360	5 130
<i>Serranus tigrinus</i> . . . . .	6	32-73	030
<i>Balistes vetula</i> . . . . .	6	215-330	4 880
<i>Chromis cyanea</i> . . . . .	5	18-34	—
<i>Cantbigasier rostrata</i> . . . . .	5	25-38	010
<i>Holocentrus coruscus</i> . . . . .	4	58-59	020
<i>Sparisoma viride</i> . . . . .	4	93-132	170
<i>Gymnothorax vicinus</i> . . . . .	4	593-822	2 010
<i>Parophidion</i> } 3 spp.	3	39-110	010
<i>Ogilbia</i> } 3 spp.	3	39-110	010
<i>Hypoplectrus puella</i> . . . . .	3	63-65	030
<i>Sparisoma rubripinne</i> . . . . .	3	256-306	2 150
<i>Sparisoma chrysopterygum</i> . . . . .	3	139-209	230
<i>Gymnothorax moringa</i> . . . . .	3	715-850	2 090
<i>Diodon holacanthus</i> . . . . .	3	135-150	600
<i>Halichoeres maculipinna</i> . . . . .	2	82-90	030
<i>Scorpaenodes caribbaeus</i> . . . . .	2	55-66	010
<i>Scarus croicensis</i> . . . . .	2	55-66	—
<i>Haemulon flavolineatum</i> . . . . .	I	82	010
<i>Holocentrus marianus</i> . . . . .	I	66	—
<i>Sparisoma radians</i> . . . . .	I	79	—
<i>Scarus taeniopterus</i> . . . . .	I	35	—
<i>Scorpaena plumieri</i> . . . . .	I	230	580
<i>Chaetodon capistratus</i> . . . . .	I	64	010
<i>Halichoeres radiatus</i> . . . . .	I	39	—
<i>Sphaeroides spengleri</i> . . . . .	I	60	010
<i>Kaupichthys atlantica</i> . . . . .	I	150	—
<i>Inermia vittata</i> . . . . .	I	77	—
	2 754		87 290

## ÉVALUATIONS INDIRECTES

Les peuplements marins présentent une trop grande diversité spécifique pour que les méthodes indirectes, notamment celles qui font appel à des marquages et à des recaptures, soient applicables à toutes les espèces présentes. Ces techniques sont utilisées pour l'évaluation de stocks monospécifiques et pour les recherches sur la dynamique des populations. A titre d'exemple, on citera les données de Ketchen (1953) relatives à une population de *Parophrys vetulus* activement pêchée à Hecate Strait, en Colombie britannique. 2 255 individus ayant été marqués et relâchés, on a compté, de deux jours en deux jours, le nombre  $c$  d'individus capturés par les pêcheurs et le nombre  $r$  d'individus marqués recapturés. Au cours de neuf jours de pêche, les résultats figurant au tableau 3 ont été obtenus. Les estimations de  $N$  ont été faites en appliquant la formule de Petersen modifiée  $N = m(c + l)/(r + l)$ .

Tableau 3

Pêche	$r$	$c$	$m$	$N$
1 . . . . .	19	81 000	2 255	9 100 000
2 . . . . .	19	46 400	2 236	5 200 000
3 . . . . .	27	67 900	2 217	5 400 000
4 . . . . .	41	132 100	2 190	6 900 000
5 . . . . .	74	173 600	2 149	5 000 000
6 . . . . .	45	102 500	2 075	4 600 000
7 . . . . .	50	118 800	2 030	4 700 000
8 . . . . .	60	146 300	1 980	4 700 000
9 . . . . .	47	127 600	1 920	5 100 000

L'ensemble de la population exploitée a été estimé à 4,7 millions d'individus. Le poids moyen de ceux-ci étant de 425 grammes, la biomasse du stock exploité était de l'ordre de 2 000 tonnes.

## LE CHALUTAGE

Les chaluts, dont il existe de nombreux types, sont des engins couramment utilisés pour la pêche en mer. Ils appartiennent à la catégorie des « arts traînants », c'est-à-dire des engins traînés sur des distances plus ou moins grandes et qui retiennent de façon cumulative les organismes présents dans le volume d'eau filtré. De nombreuses recherches ont été faites concernant l'emploi des chaluts comme moyen d'échantillonner les peuplements de poissons marins.

## 1° Généralités sur les échantillons obtenus par chalutage

Comme tous les engins de pêche, le chalut est sélectif, notamment en raison des phénomènes d'échappement et d'évitement. La constitution de l'engin, son gréement et son mode d'utilisation influent aussi sur la composition des

prises et les pêcheurs connaissent parfaitement le ou les types de chalut qui conviennent le mieux à la capture des espèces dominantes qu'ils recherchent sur tel ou tel fond et à telle ou telle profondeur.

Le maquereau est un poisson semi-pélagique; on le rencontre à une certaine distance du fond. Un chalut classique deviendra « chalut à maquereaux » par quelques modifications simples telles que : augmentation du nombre des flotteurs le long de la corde de dos, allègement du bourrelet, suppression de son diabolos, etc.

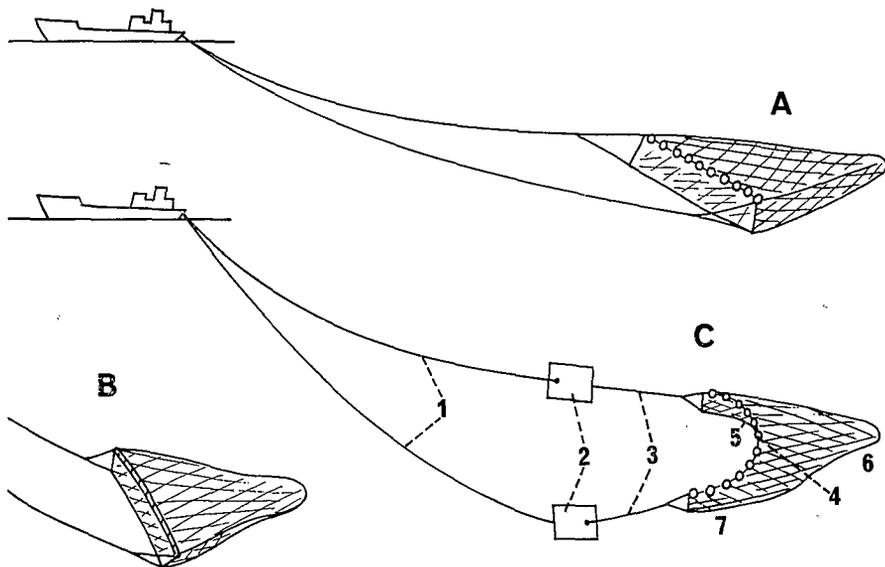


FIG. VII, 1. — Schémas de différents types de chaluts :

A, chalut pélagique; B, chalut à perche; C, chalut à panneaux Vigneron-Dahl. 1, funes; 2, panneaux; 3, bras; 4, corde de dos; 5, bourrelet de ventre; 6, cul du chalut; 7, aile.

Ainsi armé, le chalut n'adhère pratiquement plus au fond et a tendance à s'ouvrir vers le haut. Veut-on pêcher le hareng? On ajoutera un panneau accroché à la corde de dos qui tirera le chalut vers le haut. Si de plus on modifie la forme du chalut, ce dernier devient pélagique et peut être utilisé à la profondeur que l'on veut. En sens contraire, l'alourdissement du bourrelet et souvent l'adjonction d'une chaîne supplémentaire entre les têtes provoque une tendance du chalut à l'enfoncement, propice à la capture des poissons plats. Il en résulte que de faibles modifications apportées au gréement de l'engin peuvent avoir des répercussions importantes sur la composition des prises et pour que les échantillons soient comparables, il est nécessaire qu'ils soient tous obtenus par le même type de chalut travaillant selon des normes bien définies et rigoureusement constantes.

En respectant ces conditions, plusieurs auteurs ont étudié la variabilité des résultats fournis par des séries de traits expérimentaux standardisés. Ils ont montré que pour la plupart des espèces les écarts-types varient de façon approximativement proportionnelle à la moyenne des captures. Taylor (1953) l'a vérifié

notamment pour *Gadus aeglefinus* et *Gadus merlangus* en partant des résultats de 382 traits de chalut effectués durant les étés 1948-49-50 sur le Banc George, près des côtes du Massachusetts. Ces traits étaient répartis en six secteurs, G, H, J, M, N, O et en trois zones de profondeur : I, moins de 55 mètres (30 brasses), II, de 55 à 110 mètres (30 à 60 brasses) et III, plus de 110 mètres (60 brasses). Les valeurs observées et calculées relatives à *Gadus aeglefinus* figurent dans le tableau 4 et celles relatives à *Gadus merlangus* dans le tableau 5.

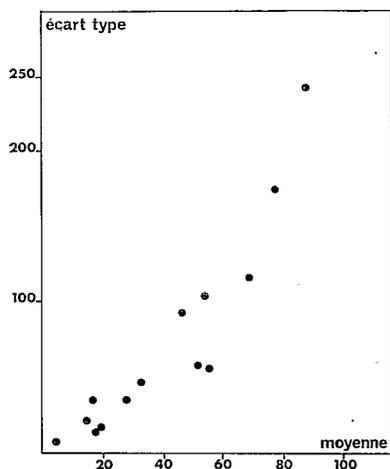


FIG. VII, 2.

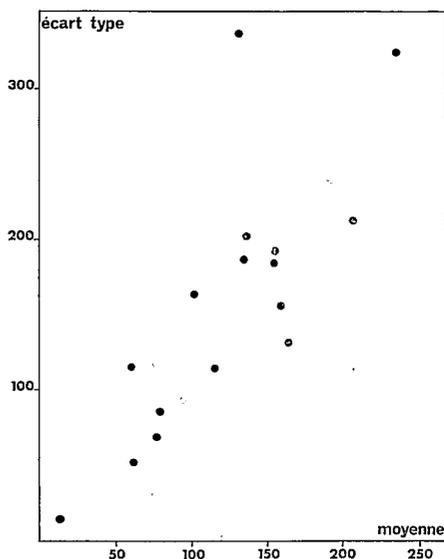


FIG. VII, 3.

FIG. VII, 2. — Relation entre la moyenne et l'écart-type pour les captures de *Gadus aeglefinus*.  
Les moyennes sont portées en abscisses et les écarts-type en ordonnées.

FIG. VII, 3. — Relation entre la moyenne et l'écart-type pour les captures de *Gadus merlangus*.  
Les moyennes sont portées en abscisses et les écarts-type en ordonnées.

Ces tableaux montrent que la variance  $\sigma_x^2$  augmente beaucoup plus vite que la moyenne, ce qui est caractéristique des distributions en agrégats. En effet si tous les individus étaient répartis au hasard, la position de chacun d'eux étant indépendante de celle des autres, les effectifs observés dans les différents traits seraient distribués selon une loi de Poisson et la variance serait égale à la moyenne. Taylor a d'ailleurs vérifié que les valeurs observées n'étaient pas en désaccord avec l'hypothèse d'une distribution binomiale négative pour laquelle on peut écrire  $\sigma^2 = m + m^2/k$ .

La variabilité des échantillons est généralement évaluée par un coefficient de variation, rapport entre l'écart-type et la moyenne,  $V = \sigma_x/\bar{x}$  ou  $V = 100 \sigma_x/\bar{x}$  en p. 100. Or, dans la plupart des cas et notamment lorsqu'on doit comparer entre eux plusieurs échantillons pour étudier l'influence de plusieurs facteurs, il est nécessaire de stabiliser les variances en effectuant un changement de variable.

Tableau 4

Secteur	Zone de profondeur	Nombre de traits	Moyenne des captures	Variance	Écart-type
G . . . . .	I	10	55,6	3 094	55,6
	II	8	19,3	255	16,0
	III	42	27,6	1 391	36,3
H . . . . .	I	14	77,2	31 216	176,7
	II	14	53,3	11 015	105,0
	III	29	14,3	415	20,4
J . . . . .	I	4	32,3	2 190	46,8
	II	24	230,3	123 956	352,1
	III	17	18,2	181	13,5
M . . . . .	I	18	46,3	8 720	93,4
	II	42	288,0	633 697	795,2
	III	11	4,1	39	6,2
N . . . . .	I	15	87,2	59 701	244,4
	II	39	68,5	13 717	117,1
	III	18	0,1	0	0,0
O . . . . .	I	23	51,1	3 532	59,4
	II	45	16,5	1 153	34,0
	III	9	0,1	0	0,0

Tableau 5

Secteur	Zone de profondeur	Nombre de traits	Moyenne des captures	Variance	Écart-type
G . . . . .	I	10	57,9	14 038	118,4
	II	8	135,0	36 288	190,4
	III	42	75,6	5 050	71,1
H . . . . .	I	14	235,5	108 481	328,4
	II	14	206,6	46 361	215,3
	III	29	153,9	35 267	187,8
J . . . . .	I	4	164,8	18 644	136,6
	II	24	129,8	115 563	339,9
	III	17	154,6	38 841	197,1
M . . . . .	I	18	60,8	3 012	54,9
	II	42	158,7	25 358	159,2
	III	11	376,3	256 151	506,2
N . . . . .	I	15	113,7	13 951	118,1
	II	39	100,0	27 781	166,7
	III	18	187,8	395 583	629,0
O . . . . .	I	23	134,9	42 828	207,0
	II	45	78,6	7 761	88,1
	III	9	13,4	294	17,1

Dans la pratique et plus précisément lorsque les variables ont une distribution du type binomial négatif, on utilise la transformation  $y = \log x$ . Bagenal (1955) a montré que la variance de la variable transformée était alors donnée par la formule  $\sigma_y^2 = \log_{10} e \log_{10} \left( 1 + \frac{\sigma_x^2}{\bar{x}^2} \right) = 0,43429 \log \left( 1 + \frac{\sigma_x^2}{\bar{x}^2} \right)$ . On en déduit que  $V = \frac{\sigma_x}{\bar{x}} = \sqrt{\text{antilog } \sigma_y^2 / 0,43429 - 1}$ . Par exemple, si pour une série d'échantillons la variance des logarithmes est  $\sigma_y^2 = 0,00781$ , on a  $1 + V^2 = \text{antilog } \frac{0,00781}{0,43429} = 1,0422$  d'où  $V = \sqrt{0,0422}$  et  $V = 0,205$  ou 20,5 p. 100.

Lorsque des espèces manquent dans certains traits (effectif 0), il faut effectuer la transformation  $y = \log (1 + x)$ , ce qui change la moyenne de  $\bar{x}$  en  $1 + \bar{x}$  mais laisse la variance inchangée. Dans des séries de deux traits de chalut, Bagenal (1958) a relevé les nombres de *Gadus callarias* capturés cinq jours de suite. Ces nombres variaient de 0 à 20. Pour éliminer l'influence des facteurs variables d'un jour à l'autre et ne retenir que les fluctuations propres à l'échantillonnage, les écarts doivent être calculés pour chaque série par rapport à la moyenne particulière de cette série. Comme il y a 10 écarts et 5 moyennes particulières, le nombre de degrés de liberté est 5 et la variance estimée  $\sigma^2$  est égale à la somme des carrés des écarts divisée par 5. Les résultats sont indiqués dans le tableau 6. On trouve pour la variance  $\sigma_y^2 = 0,384392/5 = 0,078878$ . Portant cette valeur dans la formule  $V = \sqrt{\text{antilog } (\sigma_y^2 / \log e) - 1}$ , il vient  $V = \sqrt{\text{antilog } 0,181419 - 1} = \sqrt{1,519} - 1 = 0,7104$  ou 71,04 p. 100.

En échantillonnant un peuplement, l'écologiste cherche à obtenir une estimation du stock, c'est-à-dire les effectifs des diverses espèces présentes dans une aire donnée. De telles estimations se font à partir des moyennes calculées sur une série de  $n$  échantillons et la précision en sera d'autant meilleure que la variance de ces estimations sera plus faible. Soit  $\bar{x}$  la moyenne de  $n$  valeurs observées,  $x_1, x_2, \dots, x_n$  et  $\sigma_x^2$  la variance correspondante. Si la surface échantillonnée par chacun des  $n$  traits de chalut est comprise  $S$  fois dans l'aire considérée, l'effectif total inconnu est égal  $\sum x_i = x_1 + x_2 + \dots + x_n$  et sa meilleure estimation à partir des  $n$  valeurs observées est :  $\hat{N} = \frac{S}{n} \sum x_n = S \bar{x}$ . La variance

Tableau 6

Effectifs observés x		$\log (1 + x)$		Moyennes particulières	Carrés des écarts
6	8	0,845	0,954	0,899	0,005940
20	3	1,322	0,602	0,962	0,259200
0	2	0,000	0,477	0,238	0,113764
1	2	0,301	0,477	0,389	0,015488
2	2	0,477	0,477	0,477	0,000000
					0,394392

de cette estimée  $\hat{N}$  est exprimée en fonction de la variance observée par  $\Sigma^2 = \frac{S(S-n)}{n} \sigma_x^2$ . La précision de l'estimation sera d'autant meilleure que le nombre de traits  $n$  sera plus élevé et que la variance  $\sigma_x^2$  sera plus faible.

Taylor (1953) a traité le problème lorsque la durée totale de chalutage reste fixe et que l'on augmente le nombre de traits. Envisageons seulement le cas où les  $n$  traits sont effectués les uns à la suite des autres, sans aucun temps mort entre deux traits successifs. Augmenter  $n$  revient à réduire la surface échantillonnée pour chaque trait de chalut. Soit  $nk'$ , ( $k' > 1$ ), le nombre de traits effectués; comme la densité de peuplement n'a pas changé, la nouvelle moyenne observée sera plus faible et aura pour valeur  $\bar{x}' = \bar{x}/k'$ . La surface échantillonnée par un trait de chalut sera comprise  $Sk'$  fois dans l'aire totale et la variance de l'estimée  $\hat{N}$  devient :

$$\Sigma'^2 = \frac{Sk' (Sk' - nk')}{nk'} \sigma_{x'}^2 = \frac{S(S-n)}{n} k' \sigma_x^2.$$

On en déduit que la variance de l'estimée a varié dans le rapport :

$$F = \frac{\Sigma'^2}{\Sigma^2} = k' \frac{\sigma_{x'}^2}{\sigma_x^2}.$$

Si les individus étaient dispersés au hasard, on aurait :  $\sigma_{x'}^2 = \bar{x}$  et  $\sigma_x^2 = \bar{x}/k'$  d'où  $F = 1$ . Quelle que soit la taille des échantillons, la variance de  $\hat{N}$  resterait identique. Par contre, si la dispersion est du type binomial négatif  $\sigma_{x'}^2 = \bar{x}' + b\bar{x}'^2$  et  $k'\sigma_x^2 = \bar{x} + b\bar{x}^2/k'$ . Puisque  $k'$  est supérieur à 1,  $k'\sigma_x^2$  est inférieur à  $\sigma_{x'}^2 = \bar{x} + b\bar{x}^2$ . Du fait de la distribution en agrégats, on a donc  $F > 1$  et la précision sur l'estimée  $\hat{N}$  sera d'autant meilleure que  $k'$  sera plus grand, c'est-à-dire que la taille des échantillons sera plus faible. Un tel résultat peut s'obtenir soit en réduisant la taille du chalut, soit en réduisant la durée des traits. En plus de l'avantage théorique de conduire à une meilleure estimation en effectuant davantage de traits dans le même temps, une diminution de la taille des échantillons permet de réduire le personnel nécessaire pour assurer la manœuvre du chalut, de simplifier les opérations de tri et de comptage, etc.

La taille du chalut, sur laquelle on peut théoriquement jouer, ne doit pas être trop réduite, sinon les phénomènes d'évitement introduiraient des erreurs tellement importantes que le gain sur la précision, dû à la diminution de taille des échantillons, serait illusoire. Quant à la durée des traits, elle ne peut être abaissée à moins d'une demi-heure, compte tenu du temps nécessaire pour descendre le chalut à la profondeur désirée, lui faire prendre sa position normale de pêche et enfin le remonter.

Certains auteurs admettent que les prises sont proportionnelles à la durée du trait et pour comparer les résultats les ramènent tous à la même unité d'effort par exemple le trait standard d'une heure. Cette pratique n'est pas à conseiller. Merriman et Warfel (1948) estiment pour leur part qu'un chalut capture toujours davantage de poissons en début de pêche. Les prises par unité de temps iraient

constamment en décroissant en raison du refoulement qui chasse les poissons en avant du chalut et de l'échappement à travers les mailles du dos, ces deux phénomènes prenant de plus en plus d'importance au fur et à mesure que la poche se remplit. Par contre, Jones (1956), étendant à toutes les espèces le comportement des plies tel qu'un film l'avait révélé, pense qu'il pourrait y avoir accumulation progressive des poissons devant le bourrelet du ventre et que le nombre de captures serait proportionnel à cette accumulation. Celle-ci étant d'autant plus grande que le trait est plus long, la seconde moitié d'un trait serait plus fructueuse que la première. La question est complexe et il est probable que tout dépend des espèces pêchées et de leur comportement particulier vis-à-vis du chalut.

Barnes et Bagenal (1951) ont comparé les résultats de 32 couples de traits d'une heure et d'une demi-heure. Ils ont trouvé que le rapport moyen des prises était de 1/1,96 et non de 1/2. Des expériences plus précises ont été menées par l'Explorer en 1954 (Jones, 1956), portant sur des traits d'une demi-heure, d'une heure, de deux heures et de trois heures. Une droite d'ajustement  $\log P = a + b \log T$  a été cherchée entre les valeurs des prises  $P$  et les durées des traits  $T$ . S'il y avait eu proportionnalité, la pente de la droite  $b$  aurait dû être égale à l'unité ou ne pas en différer significativement. Or  $b$  était égal à 0,7885 pour *Gadus aeglefinus* et 0,5919 pour *Gadus merlangus*. La première valeur différerait significativement de 1 au seuil de 0,05 mais pas la seconde en raison d'une variance très élevée.

Il semble donc que les rendements à l'unité de temps aient tendance à diminuer lorsque la durée des traits de chalut est prolongée. Cette diminution, d'importance variable selon les espèces, ne présente aucun inconvénient lorsqu'il s'agit de pêches à but industriel ou commercial, du moment que le chalut est plein quand on le remonte. Il n'en est pas de même pour les pêches expérimentales à but scientifique : les traits doivent alors être raccourcis et beaucoup d'auteurs estiment qu'une demi-heure représente la durée optimale.

## 2° Évitement

Les poissons qui perçoivent à temps l'approche du chalut peuvent l'éviter et certains même en ressortir si leur vitesse de nage est suffisamment grande par rapport à la vitesse de chalutage. L'étude théorique de l'évitement a été faite dans le cas relativement simple d'un engin à ouverture circulaire de rayon  $R$ , traîné à une vitesse uniforme  $U$ . Un organisme situé à une distance  $r_0$  de l'axe de chalutage réagit à l'approche de l'engin à partir d'une distance  $x_0$  et s'enfuit à une vitesse  $u$  dans une direction faisant l'angle  $\theta$  avec celle du chalutage. Dans ces conditions, la vitesse de fuite minimale qui permet à l'organisme d'éviter l'engin est donnée par la formule :  $u = \frac{U}{\left(\frac{x_0}{R - r_0}\right) \sin \theta + \cos \theta}$  (Barkley, 1964).

Le nombre de poissons qui réussiront à éviter la capture sera d'autant plus faible que, toutes choses égales par ailleurs, l'ouverture de l'engin et sa vitesse seront plus grandes. Or, dans le cas du chalutage ces deux paramètres

ne sont pas indépendants. Soient en effet  $U$  et  $S$  les vitesses du chalutier suivant qu'il traîne ou non un chalut donné, étant entendu qu'il s'agit des vitesses maximales autorisées par la puissance des moteurs. La différence  $S - U$  correspond à la résistance opposée par l'eau à l'avancement du chalut, c'est-à-dire à sa traînée. Celle-ci est directement proportionnelle au carré de la vitesse du chalutage; elle dépend également de la surface apparente du filet et de son maillage car pour des chaluts de même ouverture et déplacés à la même vitesse la traînée est d'autant plus importante que le maillage est plus serré. On est donc obligé de chercher la solution optimale en fonction des possibilités techniques dont l'étendue est en fait assez limitée.

La valeur maximale pour la vitesse  $S$  est imposée par la puissance des moteurs et autres caractéristiques du chalutier. Elle ne peut être accrue au delà d'une certaine limite. Elle est généralement de l'ordre de 8 à 10 nœuds, c'est-à-dire 410 à 515 centimètres par seconde. Pour réduire la traînée et accroître la vitesse de chalutage  $U$  jusqu'au voisinage de sa valeur maximale  $S$ , on pourrait augmenter la taille des mailles. Moins de poissons éviteraient l'engin, mais davantage s'échapperaient à travers le filet et le rendement serait finalement moins bon. Pratiquement, on adopte un compromis en faisant varier la taille des mailles sur la longueur du filet : larges à l'entrée, elles sont plus serrées vers le fond et c'est uniquement dans le cul du chalut que les mailles sont réduites aux dimensions qui correspondent à la taille minimale des poissons que l'on désire retenir. Cette valeur minimale est en principe fixée par la réglementation en vigueur et pour certaines pêches expérimentales on double le cul à mailles réglementaires par une seconde poche à mailles plus fines.

La vitesse de chalutage est habituellement comprise entre 2 et 5 nœuds. Avec une vitesse plus faible trop de poissons éviteraient l'engin et une vitesse plus élevée nécessiterait un accroissement de puissance du chalutier que l'augmentation de rendement ne justifierait pas. Une trop grande vitesse provoque d'ailleurs à l'avant du chalut et au niveau des panneaux une turbulence de l'eau qui rend moins facile la pénétration dans la poche surtout pour les gros poissons. Au delà de 3 nœuds, vitesse souvent considérée comme optimale, on note également un dérapage du bourrelet sur le fond qui permet aux poissons benthiques de passer sous le ventre du chalut.

En définitive, c'est l'ouverture du chalut que l'on cherche à augmenter au maximum. Dans le Vigner-Dahl, dont l'emploi s'est généralisé, la corde du dos et le bourrelet du ventre ne sont pas attachés directement aux panneaux mais y sont reliés par l'intermédiaire de bras. Les extrémités des bras sont fixées sur une face des panneaux et les funes sur l'autre face par des armatures métalliques disposées de façon que l'effort de traction soit reçu par le panneau dans une direction oblique. En raison de cette obliquité permanente, la pression que l'eau exerce pendant la marche sur la face des panneaux tournée vers le chalutier les éloigne au maximum l'un de l'autre. Ceci a pour effet d'ouvrir largement dans le sens horizontal les ailes de l'engin, tandis que les flotteurs fixés à la corde de dos et les plombs du bourrelet par leur action antagoniste font béer la bouche du filet dans le sens vertical.

Les caractéristiques du chalut, maillages, dimensions, vitesse de traction, choisies au mieux, l'évitement sera d'autant plus faible que la distance  $x_0$ , à laquelle les poissons perçoivent la présence ou l'approche de l'engin, sera elle-même plus réduite. Les réactions des diverses espèces peuvent être étudiées directement par l'observation ou la télévision sous-marines. On a ainsi constaté que sur fonds de vase, le nuage de boue soulevé par les panneaux et les bras fait fuir les poissons; ceux-ci se réfugient entre les panneaux et le chalut les capture alors plus facilement. Panneaux et bras émettent également des vibrations de diverses fréquences que les poissons perçoivent par leurs organes sensoriels du système latéral et rien ne prouve que la vue seule joue un rôle dans l'évitement. Les comparaisons entre pêches diurnes et nocturnes ont, selon les circonstances, donné des résultats diamétralement opposés.

Tableau 7

Espèces	Rapport des rendements jour/nuit				
	25-VIII-52	1-IX-52	27-IV-53	4-V-53	31-X-57
<i>Gadus callarias</i> . . . . .	2,67	∞	1,54	3,06	1,78
<i>Gadus aeglefinus</i> . . . . .	15,40*	5,56**	26,38*	32,83	21,46*
<i>Gadus merlangus</i> . . . . .	6,41	2,00**	5,32	16,97*	—
<i>Pleuronectes platessa</i> . . . . .	3,44	1,67	4,36	3,30*	0,85
<i>Glyptocephalus cynoglossus</i> . . . . .	1,07	1,43	2,96*	1,60	0,56
<i>Hippoglossoides platessoïdes</i> . . . . .	4,04**	3,03**	2,05	4,76*	2,47
<i>Squalus acanthias</i> . . . . .	68,80**	10,93	—	8,13*	—

\* différence significative.  
\*\* différence hautement significative.

Bagenal (1958), analysant 5 séries de 8 traits effectués les uns de jour et les autres de nuit, a trouvé que les rendements de jour étaient dans l'ensemble plusieurs fois supérieurs aux rendements de nuit. Pour 7 espèces considérées, les valeurs observées au cours de ces expériences figurent dans le tableau 7.

Bien que des différences de rendement significatives et même hautement significatives aient été enregistrées, il ne faut pas conclure sans réserve que, dans les conditions où ces expériences ont été faites et avec les types de chalut utilisés, l'évitement était plus important de nuit. Beaucoup de poissons ont en effet un comportement ou une activité différente de jour et de nuit et il peut en résulter d'importants changements dans le peuplement vulnérable au chalut et par conséquent dans l'échantillon récolté.

L'évitement est une cause d'erreur systématique dans l'échantillonnage dont l'importance reste difficile à apprécier. Une meilleure connaissance de la façon dont les poissons perçoivent l'approche du chalut et de leurs réactions devrait permettre d'améliorer les engins utilisés pour les pêches scientifiques.

Jusqu'à présent en effet, on s'est plus préoccupé, en matière de chaluts, d'augmenter le rendement pour un effort de pêche donné que d'obtenir des échantillons vraiment représentatifs des peuplements exploités.

### 3<sup>o</sup> Échappement

Tous les poissons qui ne peuvent éviter le chalut et dont le corps est trop gros pour passer à travers les mailles, sont retenus alors que les autres, plus petits, sont susceptibles de s'échapper et ont d'autant plus de chances d'y arriver que leur taille est plus faible. Il existe donc pour chaque espèce une relation entre le nombre d'individus de chaque longueur qui entrent dans le filet et le nombre de ceux qui y sont retenus. Comme c'est la grandeur réelle des mailles au cours de la pêche qui intervient, un soin particulier doit être apporté à leur évaluation. On utilise dans ce but une jauge, d'un modèle standard agréé par le Conseil permanent international pour l'Exploration de la mer, qui mesure

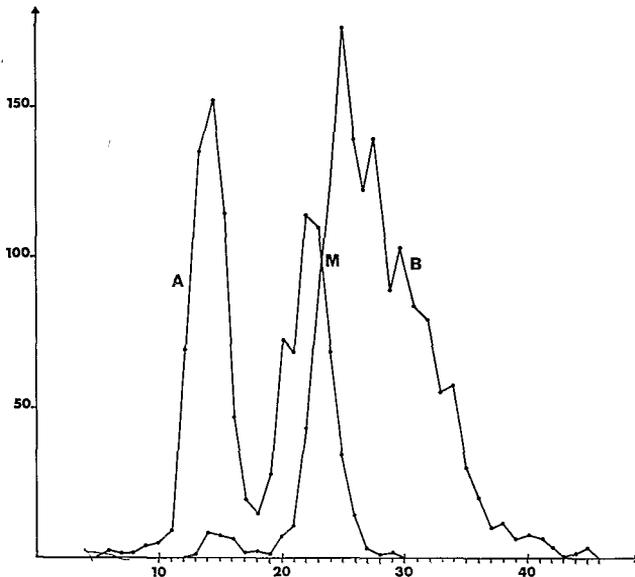


FIG. VII, 4. — *Distribution des longueurs de Solea vulgaris dans la poche externe (A) et dans la poche interne (B) pour une dimension moyenne des mailles de 73,7 mm. Les longueurs en cm sont portées en abscisses, les fréquences en ordonnées. Le point M correspond à une longueur  $L_{50}$  telle qu'il y ait autant d'individus de cette longueur retenus dans la poche interne qu'il y en a passant à travers les mailles.*

les mailles légèrement distendues sous une pression constante de 4 kilogrammes. En raison des irrégularités que présentent toujours les filets dans leur fabrication, il est nécessaire de mesurer un nombre assez important de mailles et de prendre la moyenne des valeurs lues sur la jauge.

Le nombre des poissons de chaque longueur entrant dans le filet peut être déterminé directement à partir de la composition en taille des prises effectuées au même endroit et en même temps à l'aide de filets à mailles plus fines. Souvent, pour simplifier les opérations de pêche, on admet, ce qui n'est pas rigoureusement exact, que la plupart des fuites ont lieu au niveau de la poche terminale que l'on

recouvre d'une enveloppe à mailles plus fines. Il faut veiller à ce que la poche externe soit suffisamment ample et laisse autour du cul suffisamment d'espace pour que les poissons puissent s'y engager facilement et pour éviter tout effet de masque. Dans ces conditions, on obtient un tri des poissons en deux catégories : les gros qui restent dans la poche interne, les seuls qui seraient capturés par le chalut en pêche normale, et les petits qui s'accumulent dans la poche externe. Tous les individus qui se trouvent dans la poche interne (P.I.) et dans la poche externe (P.E.) sont ensuite mesurés.

Dans le tableau 8 figurent les distributions de fréquences observées dans ces conditions pour *Solea vulgaris* au cours de trois séries de pêches en Mer du Nord. La première comportait 8 traits, la seconde 14 traits et la troisième 12 traits:

Tableau 8

Longueur en cm	Mailles de 67,4 mm			Mailles de 73,7 mm			Mailles de 86,5 mm		
	P.I.	P.E.	%	P.I.	P.E.	%	P.I.	P.E.	%
6	—	—	—	—	3	0	—	—	—
7	—	1	0	—	2	0	—	—	—
8	—	1	0	—	2	0	—	1	0
9	—	—	—	—	4	0	—	—	—
10	—	1	0	—	5	0	—	2	0
11	—	1	0	—	9	0	—	5	0
12	—	9	0	—	69	0	—	17	0
13	—	19	0	1	135	0,7	1	29	3,3
14	2	25	7,4	8	151	5,0	—	45	0
15	—	19	0	7	114	5,8	1	36	2,7
16	—	16	0	6	46	11,5	1	8	11,1
17	—	5	0	1	19	5,0	—	9	0
18	—	3	0	2	15	11,8	—	11	0
19	4	8	33,3	1	28	3,4	2	22	8,3
20	9	10	47,4	7	73	8,8	—	27	0
21	16	11	59,3	10	68	12,8	2	61	3,2
22	49	14	77,8	43	114	27,4	5	96	5,0
23	47	4	92,2	93	110	45,8	5	99	4,8
24	60	3	95,2	125	69	64,4	6	99	5,7
25	56	—	100,0	176	34	83,8	10	83	10,8
26	55	—	100,0	139	14	90,8	7	67	9,5
27	53	—	100,0	122	3	97,6	15	74	16,9
28	47	—	100,0	139	1	99,3	25	74	25,3
29	33	—	100,0	89	2	97,8	34	51	40,0
30	35	—	100,0	103	—	100,0	51	27	65,4
31	25	—	100,0	83	—	100,0	51	13	79,7
32	21	—	100,0	79	—	100,0	67	6	91,8
33	19	—	100,0	55	—	100,0	53	3	94,6
34	19	—	100,0	57	—	100,0	36	—	100,0
35	10	—	100,0	30	—	100,0	34	1	97,1
36	8	—	100,0	20	—	100,0	14	—	100,0
37	5	—	100,0	10	—	100,0	10	—	100,0
38	4	—	100,0	11	—	100,0	7	—	100,0
39	2	—	100,0	6	—	100,0	7	—	100,0
40	2	—	100,0	7	—	100,0	3	—	100,0
41	—	—	—	6	—	100,0	4	—	100,0
42	2	—	100,0	3	—	100,0	3	—	100,0
43	1	—	100,0	—	—	100,0	2	—	100,0
44	—	—	—	1	—	100,0	2	—	100,0
45	—	1	—	3	—	100,0	—	—	100,0

Les dimensions moyennes des mailles de la poche interne étaient respectivement de 67,4, 73,7 et 86,5 mm (Margetts, 1955). Si l'on construisait les polygones de fréquence correspondants, le point où les contours se coupent déterminerait pour chaque série de pêche une longueur  $L_{50}$  pour laquelle on trouve autant d'individus dans la poche interne que dans la poche externe. Une simple inspection du tableau 8 montre que cette longueur est de l'ordre de 20-21 centimètres pour les mailles de 67,4 mm, de l'ordre de 23-24 centimètres pour les mailles de 73,7 et de l'ordre de 29-30 centimètres pour les mailles de 86,5 mm.

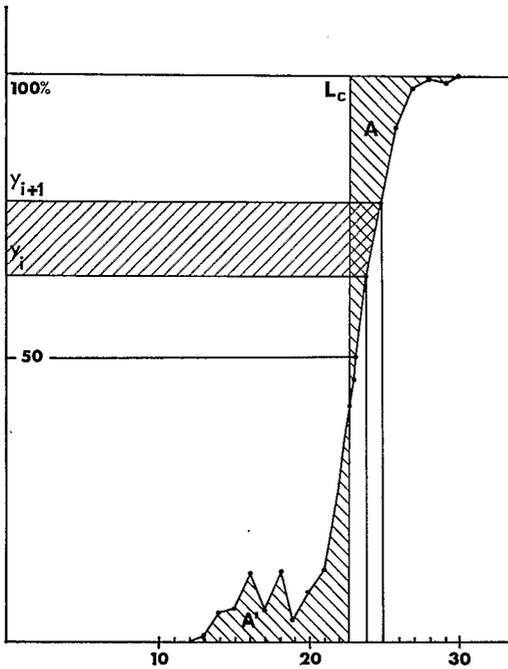


FIG. VII, 5. — Courbe de sélection correspondant aux données de la figure VII, 4. L'intervalle de sélection est de 12 à 30 cm. La longueur moyenne de sélection  $L_c$  est telle que les deux surfaces hachurées A et A' sont égales. On constate que  $L_c$  est légèrement inférieur à  $L_{50}$ .

Si l'on porte sur un graphique le pourcentage d'individus retenus dans la poche interne,  $y_i$ , en fonction de la longueur  $L_i$ , on obtient dans l'intervalle de sélection une courbe sigmoïde. Celle-ci permet de définir une longueur moyenne de sélection  $L_c$ , telle que les surfaces A et A' comprises entre la courbe, la droite  $L = L_c$  et les deux axes  $y = 0$ ,  $y = 1$ , soient égales. Si la courbe était parfaitement symétrique,  $L_{50}$  serait identique à  $L_c$ . En général ce n'est pas le cas. Pour calculer  $L_c$ , on considère la surface élémentaire comprise entre l'axe des  $y$ , la courbe et les deux parallèles à l'axe des longueurs correspondant aux points d'abscisses  $L_i$  et  $L_{i+1}$ . Cette surface est approximativement égale à celle du rectangle de hauteur  $(y_{i+1} - y_i)$  et de base  $(L_{i+1} + L_i)/2$ . L'aire totale située à gauche de la courbe est égale à  $1/2 \sum (L_{i+1} + L_i) (y_{i+1} - y_i)$  et aussi à  $L_c (1 - 0)$ .

En calculant  $L_c$  par la formule ainsi établie, on trouve à partir des données

du tableau 8 : 20,4, 22,8 et 28,7 mm. Pour  $L_{50}$  Margetts donne des valeurs un peu plus élevées : 20,7, 23,7 et 29,9 mm. On admet généralement que la longueur de sélection est proportionnelle à la grandeur des mailles et l'on définit un coefficient de passage spécifique  $C = \text{longueur de sélection} / \text{dimension de la maille}$ . La connaissance de cette constante permet de comparer les prises de chaluts à mailles différentes et aussi, ce qui est important pour la réglementation des pêches, d'évaluer la dimension optimale des mailles pour capturer des poissons d'une taille supérieure à un minimum imposé.

Pour les chaluts utilisés par Margetts et pour l'espèce *Solea vulgaris*, on obtient pour  $C$  les 3 valeurs  $20,7/6,74 = 3,07$ ,  $23,7/7,37 = 3,21$  et  $29,9/8,65 = 3,45$ . Les coefficients de passage spécifique ne sont comparables que pour des engins du même type. C'est ainsi que les chaluts en fil de chanvre laissent passer plus facilement les poissons à travers leurs mailles que les chaluts en gros fil de manille et l'échappement en est encore plus facile à travers les filets de nylon. Enfin, la morphologie des poissons affecte largement les possibilités de fuite. Pour diverses espèces communément pêchées au large de Pointe Noire (Congo), Baudin-Laurencin (1967) donne des valeurs de  $L_{50}$  variant de 9,5 à 18,3 cm et des valeurs de  $C$  variant de 2,6 à 4,7 pour des mailles de 38,9 mm (tabl. 9).

Tableau 9

Espèces	Nombre de traits	$L_{50}$	C
<i>Pteroscion peli</i> . . . . .	19	9,5	2,4
<i>Ilisha africana</i> . . . . .	10	10,0	2,6
<i>Pentanemus quinquarius</i> . . . . .	15	12,1	3,1
<i>Pseudotolithus senegalensis</i> . . . . .	19	14,0	3,6
<i>Pseudotolithus typus</i> . . . . .	11	15,2	3,9
<i>Dicologlossa cuneata</i> . . . . .	9	16,1	4,1
<i>Cynoglossus browni</i> . . . . .	3	17,4	4,5
<i>Cynoglossus canariensis</i> . . . . .	1	18,3	4,7

Ce sont les poissons plats (*Dicologlossa* et *Cynoglossus*) qui présentent la plus forte aptitude à l'échappement, les poissons à forme hydrodynamique (*Pseudotolithus*) viennent ensuite, ceux à forme plus ramassée (*Pteroscion*, *Ilisha*) ou pourvus de barbillons (*Pentanemus*) sont retenus plus facilement.

Les chaluts utilisés pour la pêche industrielle ou commerciale ne peuvent donc donner que des échantillons où manquent les espèces de faible taille et une proportion variable plus ou moins facile à évaluer de petits individus appartenant aux espèces qui dépassent la limite inférieure de l'intervalle de sélection. Ceci a peu d'importance lorsqu'on cherche à évaluer globalement la biomasse parce que la fraction du peuplement qui échappe à l'engin ne représente qu'une partie minime du poids total. Pour étudier la structure du peuplement, il est préférable d'utiliser des chaluts à mailles fines, de dimensions réduites, avec lesquels les gros poissons ont moins de chances d'être capturés. Les biomasses risquent d'être largement sous-estimées, mais cet inconvénient est compensé

par la certitude de mieux échantillonner les petits individus et les petites espèces. C'est ainsi que Richards (1963), pour étudier les poissons démersaux du Long Island Sound, a utilisé un chalut à crevettes modifié dont l'ouverture en pêche n'excédait pas 3,38 m et dont la poche terminale avait des mailles de 6,2 mm; 65 traits d'une demi-heure chacun ont fourni 3 949 poissons de 19 à 470 mm de long, appartenant à 37 espèces.

Le poids total ne dépassait pas 305 kilogrammes, ce qui représente un rendement très faible par rapport à l'effort de pêche déployé et correspond à une biomasse moyenne de 0,76 g/m<sup>2</sup>, valeur certainement inférieure à la réalité.

#### 4° Surface échantillonnée

Sauf pour les chaluts pélagiques dont les prises devraient être rapportées au volume d'eau filtré comme pour les filets à plancton, il convient d'évaluer au mieux la surface échantillonnée par chaque trait. Celle-ci est égale à la vitesse du bateau multipliée par la durée du trait et par la largeur utile de l'engin. Dans le cas des chaluts à perche on admet généralement que cette largeur utile en pêche représente 55 à 60 p. 100 de la largeur totale. Merriman et Warfel (1948) utilisant un chalut de 80 pieds d'ouverture totale et Richards (1963) utilisant un chalut de 20 pieds d'ouverture totale, ont pris comme largeur utile respectivement 45 et 11,3 pieds.

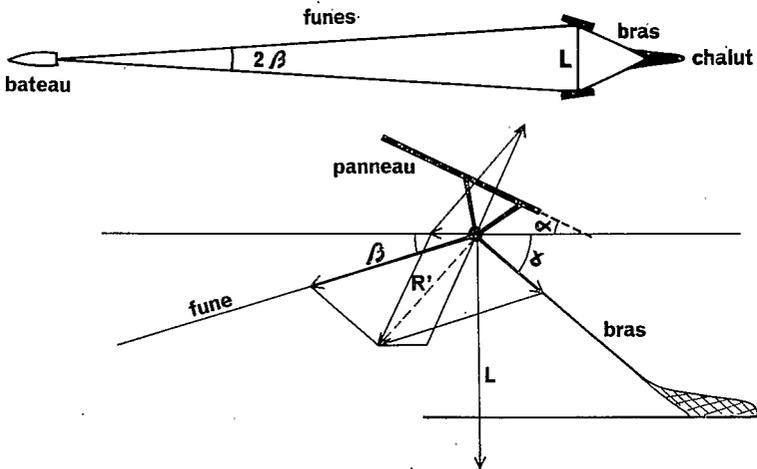


FIG. VII, 6. — Schémas montrant la façon de calculer la largeur utile  $L$  d'un chalut VIGNERON-DAHL. En haut, calcul en fonction de la longueur des funes  $f$ , par la formule  $L = f \sin \beta$ . En bas, calcul de  $L$  en fonction de la force de traction exercée sur les funes, de la traînée du chalut et de la résistance des panneaux.

Pour les chaluts Vigner-Dahl, les bras et les panneaux forment un obstacle qui rabat les poissons vers l'axe du chalut de sorte que la largeur utile est la distance  $L$  qui sépare les deux panneaux. Elle peut être évaluée rapidement par la relation  $L = 2 \cdot f \sin \beta$ ,  $f$  étant la longueur des funes et  $\beta$  le demi-angle des

funes. Cette méthode est peu précise car une erreur d'un demi-degré sur  $\beta$  provoque une variation de  $L$  de 1,4 à 1,6 m pour 100 mètres de fune. Or, la longueur des funes, que l'on peut mesurer sur le bateau par un compteur au moment de leur déroulement, est proportionnelle à la profondeur de chalutage et il en est souvent filé plusieurs centaines de mètres.

Une méthode plus précise fait intervenir la longueur des bras et les propriétés géométriques des panneaux, notamment leur surface  $S$ . Chaque panneau est initialement soumis à deux forces : la traction du bateau qui s'exerce dans la direction de la fune et dont l'intensité peut être mesurée par un dynamomètre de fune placé à bord; la traînée du filet qui s'exerce dans la direction du bras et dont l'intensité peut être mesurée par un dynamomètre enregistreur noyé. C'est la résultante  $R'$  de ces deux forces qui fait pivoter le panneau et le fait s'écarter de l'axe de pêche jusqu'à ce qu'il ait atteint sa position d'équilibre. A ce moment les 3 angles  $\alpha$ ,  $\beta$  et  $\gamma$ , que font respectivement le panneau, la fune et le bras avec l'axe de pêche, sont fixes et la force  $R'$  se décompose en une force parallèle à l'axe de pêche, qui provoque la translation de l'ensemble, et une force perpendiculaire au panneau qui s'oppose à la traînée  $R$  de ce dernier. Cette traînée est égale au produit du carré de la vitesse de translation par la surface apparente du panneau  $S \sin \alpha$  et par un coefficient caractéristique du panneau qui peut être déterminé expérimentalement.

#### 5° Valeur du chalut comme moyen d'échantillonnage

Le chalut est en définitive un moyen de pêche assez sélectif en raison des phénomènes d'évitement et d'échappement. En toute rigueur la composition et la structure de l'échantillon obtenu ne fournissent d'indications valables que pour la fraction du peuplement vulnérable au type de chalut utilisé et cette fraction peut différer notablement de l'ensemble du peuplement. En outre la surface échantillonnée au cours d'un trait est délicate à évaluer correctement, raison supplémentaire pour que les estimations de biomasses soient très approximatives.

Par contre, lorsqu'on utilise toujours le même chalut dans les mêmes conditions, les variations observées entre plusieurs traits peuvent être significatives et correspondre à des changements dans la composition ou la structure de la fraction du peuplement échantillonnée. Toute corrélation mise en évidence entre ces variations et les facteurs de l'environnement auront pour l'écologiste le même intérêt que si elle avait été décelée à partir d'échantillons représentatifs de l'ensemble du peuplement.

Kreutzer (1964) estime que les chaluts traditionnels ne prennent normalement qu'une partie n'excédant pas 60 p. 100 des poissons qui se trouvent dans le champ de l'engin. Les résultats sont bien meilleurs lorsqu'on fait agir un courant électrique continu pulsé près de l'ouverture du chalut, courant ayant pour effet d'attirer et d'étourdir tous les poissons se trouvant à proximité afin de les rassembler dans le filet. Des essais de pêche comparatifs ont montré que l'amélioration de l'efficacité de capture était de 100 à 500 p. 100 selon les espèces et les

conditions de pêche. Toutefois les chaluts électrifiés ont été jusqu'à présent très peu utilisés et si la technique en est prometteuse, elle demande encore à être mise au point.

### LES SENNES TOURNANTES ET COULISSANTES

Les sennes tournantes et coulissantes sont principalement destinées à encercler les bancs de poissons après que ceux-ci aient été repérés : elles servent donc surtout à la capture de populations mono-spécifiques et peu de recherches ont été faites concernant leur emploi pour échantillonner les peuplements. Ce sont pourtant des moyens de pêche relativement peu sélectifs lorsque les mailles sont fines et la hauteur de chute suffisante pour que le filet atteigne le fond. Seuls les poissons qui s'enfouissent plus ou moins dans le sable et la vase sont mal capturés, c'est-à-dire les espèces vulnérables aux chaluts spécialement grées pour les poissons de fond. Par contre, les sennes se prêtent mal aux évaluations de biomasses car le volume d'eau encerclé est encore plus difficile à estimer avec précision que la surface effectivement pêchée par un chalut.

Daget et Durand (1968) ont analysé des échantillonnages effectués à l'aide d'une petite senne tournante dans la baie de Cocody en Côte d'Ivoire, en vue de rechercher l'influence des variations de salinité sur la structure du peuplement de poissons. Les pêches pratiquées tout au long de l'année 1962 ont fourni 41 035 poissons appartenant à 42 espèces et l'étude a porté sur la comparaison des 12 échantillons obtenus en cumulant les prises mois par mois. Cette comparaison a été faite par l'intermédiaire des coefficients de corrélation des rangs de Kendall qui ne font pas intervenir directement les effectifs des espèces mais seulement leurs rangs de classement par fréquence relative. Toutes les valeurs

Tableau 10

Mois	Saturations			
Janvier. . . . .	0,66950	0,49812	0,35312	0,04208
Février. . . . .	0,68819	0,58480	0,09895	0,00225
Mars. . . . .	0,82192	0,33513	0,02344	—0,13171
Avril . . . . .	0,86033	0,20566	—0,26136	—0,18037
Mai . . . . .	0,81116	0,24553	—0,44180	0,10043
Juin. . . . .	0,85786	—0,23470	—0,09653	—0,17435
Juillet . . . . .	0,80609	—0,30395	0,07955	—0,42624
Août. . . . .	0,85257	—0,09107	0,07541	0,25219
Septembre . . . . .	0,82722	—0,14853	0,35506	0,15002
Octobre . . . . .	0,85489	—0,30773	0,24967	0,09112
Novembre . . . . .	0,81374	—0,35832	—0,01470	—0,04367
Décembre . . . . .	0,80894	—0,22990	—0,30017	0,33010
Valeurs propres. . . . .	7,83981	1,25877	0,69859	0,36979
% de la variance totale. . . . .	65,332	10,490	5,821	3,041

trouvées étaient supérieures à 0,38 alors que le seuil de signification pour un risque de 5 p. 100 est de 0,21. La matrice d'intercorrélation a été soumise à une analyse multifactorielle selon la méthode de Hotelling et les saturations dans les quatre premiers facteurs extraits, qui rendent compte de 85,64 p. 100 de la variance totale, sont indiquées dans le tableau 10.

Pour le premier facteur principal qui rend compte de 65,3 p. 100 de la variance totale, toutes les saturations sont positives et possèdent une valeur assez élevée. Ce facteur, dit général, est un facteur de similitude et les saturations

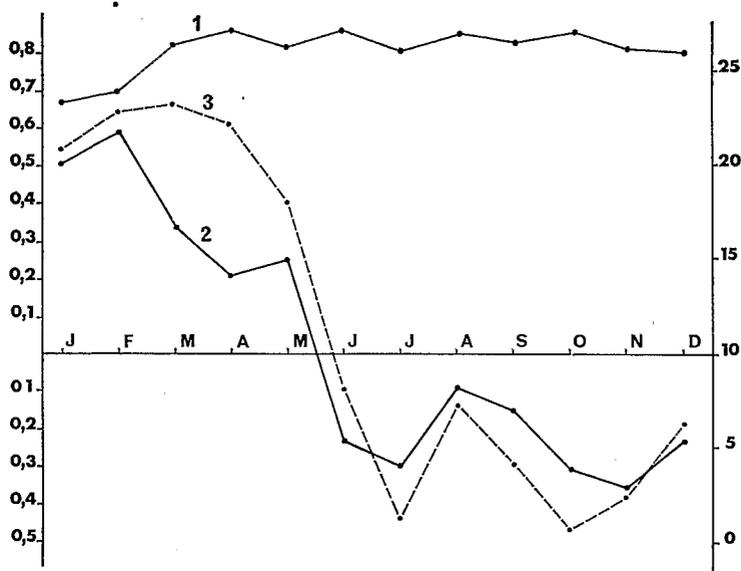


FIG. VII, 7. — Résultats de l'analyse factorielle d'échantillons mensuels prélevés dans le peuplement de la baie de Cocody. 1 et 2, variations des saturations (échelle des ordonnées à gauche) dans les deux premiers facteurs principaux; 3, variation de la salinité (échelle des ordonnées à droite, en gr de ClNa par litre).

indiquent que les 12 échantillons mensuels se ressemblent entre eux. Si l'on classe les saturations par ordre croissant et que l'on compare leur classement à celui des moyennes mensuelles de salinité de surface, on trouve un coefficient de corrélation des rangs de Spearman égal à  $+0,105$ , ce qui indique que le facteur général est pratiquement indépendant de la salinité. Par contre, pour le second facteur, dit bipolaire parce que les saturations sont les unes positives et les autres négatives, on trouve de la même façon, pour le coefficient de corrélation des rangs de Spearman avec la salinité, une valeur de  $+0,881$  hautement significative. Ceci veut dire que le premier facteur bipolaire, qui rend compte de 10,49 p. 100 de la variance totale, est étroitement lié à la salinité du milieu. Les facteurs suivants sont, comme le facteur général, pratiquement indépendants de la salinité.

Dans cet exemple, il est certain que l'échantillonnage n'avait pas porté sur la totalité des poissons existant dans la baie de Cocody, mais seulement

sur la fraction du peuplement habitant les eaux libres et susceptible d'être capturée par le filet tournant utilisé. Les espèces strictement benthiques ou fouisseuses comme *Caecula cephalopeltis*, celles inféodées aux herbiers ou à la mangrove comme *Periophthalmus papilio*, et celles de très petite taille comme *Laeviscutella dekimpei*, bien que présentes en baie de Cocody, n'avaient guère de chances d'être prises dans une senne tournante et de fait ne figuraient pas dans les relevés.

Il n'en demeure pas moins que les différences observées entre les divers échantillons correspondent à des changements dans l'abondance relative des espèces figurant dans les échantillons et dont chacune réagit de façon particulière aux variations saisonnières du facteur salinité. Pour ce genre de problèmes et dans des milieux peu profonds, comme les baies côtières, à fonds réguliers et plats, les sennes tournantes constituent sans doute le meilleur moyen d'échantillonner les peuplements marins.

### CONCLUSIONS

Alors que pour les peuplements de poissons d'eau douce on s'est efforcé d'élaborer et de mettre au point des techniques d'échantillonnage susceptibles de répondre aux exigences des écologistes, pour les peuplements marins le problème a été posé et étudié sous un angle différent. En raison des énormes volumes d'eau et des vastes étendues de fond à prospecter qui nécessitent des moyens puissants et coûteux, on s'est d'abord préoccupé d'utiliser au mieux les résultats de la pêche industrielle et commerciale. Bien que ceux-ci ne concernent jamais la totalité des peuplements naturels, mais seulement la partie vulnérable aux engins et méthodes mises en œuvre par les pêcheurs, ils apportent une somme d'information inestimable pour les écologistes à condition de connaître, dans chaque cas, la nature des erreurs systématiques introduites et leur incidence sur les résultats obtenus.

On s'est ensuite demandé dans quelle mesure les engins et méthodes de pêche les plus courants, notamment les chaluts et les sennes tournantes, conçus uniquement en vue du meilleur rendement pondéral en espèces marchandes, pouvaient être utilisés à des fins écologiques. En général, pour obtenir des échantillons aussi représentatifs que possible des peuplements à étudier et rigoureusement comparables entre eux, il est nécessaire d'opérer dans des conditions très différentes de celles recherchées par les pêcheurs. C'est ainsi que les prélèvements devront être effectués au hasard et non dans les zones supposées les plus productives, de taille limitée et non accrue au maximum, etc. Même dans les cas les plus favorables les estimations de biomasse absolue risquent d'être approximatives et pour arriver à une plus grande précision dans ce domaine, il sera sans doute nécessaire d'étudier et de mettre au point des techniques nouvelles.

## BIBLIOGRAPHIE

- BAGENAL (M.) (1955). — A note on the relations of certain parameters following a logarithmic transformation. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, **34**, 289-296. — BAGENAL (T. B.) (1958). — An analysis of the variability associated with the Vigneron-Dahl modification of the otter trawl by day and by night and a discussion of its action. *J. Cons. Int. Explor. Mer*, **24** (1), 62-79. — BARDACH (J. E.) (1959). — The summer standing crop of fish on a shallow Bermuda reef. *Limnol. Ocean.*, **4** (1), 77-85. — BARKLEY (R. A.) (1964). — The theoretical effectiveness of towed-net samplers as related to sampler size and to swimming speed of organisms. *J. Cons. Int. Explor. Mer*, **29** (2), 146-157. — BAUDIN-LAURENCIN (F.) (1967). — La sélectivité des chaluts et les variations nyctémérales des rendements dans la région de Pointe-Noire. *Cab. ORSTOM, Sér. Océanogr.*, **5** (1), 85-121. — DAGET (J.) et DURAND (J. R.) (1968). — Étude du peuplement de Poissons d'un milieu saumâtre tropical poikilohalin : la baie de Cocody en Côte d'Ivoire. *Cab. ORSTOM, Sér. Hydrobiol.*, **2** (2), 91-111. — GULLAND (J. A.) (1964). — Contributions to symposium 1963 on the measurement of abundance of fish stocks. *Rapp. Cons. Int. Explor. Mer*, **155**, 223 p. — JONES (R.) (1956). — A discussion of some limitations of the trawl as a sampling instrument. *Rapp. Cons. Int. Explor. Mer*, **140** (1), 44-47. — KETCHEN (K. S.) (1953). — The use of catch-effort and tagging data in estimating a flatfish population. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, **10**, 459-485. — KREUTZER (C. O.) (1964). — Utilizations of fish reactions to electricity in sea fishing. In : Kristjonsson (H.), *Modern fishing gear of the world*, London, **2**, 545-550. — MARGETTS (A. R.) (1955). — Selection of Soles by the mesh of trawls. *J. Cons. Int. Explor. Mer*, **20** (3), 276-289. — ODUM (H. T.) et ODUM (E. P.) (1955). — Trophic structure and productivity of a windward coral reef community on Eniwetok Atoll. *Ecol. Monogr.*, **25**, 291-320. — PARRISH (B. B.) (1951). — Fishing capacities of Lowestoft and Aberdeen trawls when used on Flatfish grounds. *J. Cons. Int. Explor. Mer*, **17** (2), 156-171. — RANDALL (R. E.) (1963). — An analysis of the fish populations of artificial and natural reefs in the Virgin Islands. *Carib. J. Sci.*, **3** (1), 1-16. — TAYLOR (C. C.) (1953). — Nature of variability in trawl catches. *U.S. Dept. Int., Fish and Wildl. Serv., Fish. Bull.*, **54** (83), 145-166.

Publication  
sous les auspices  
du Comité Français  
du Programme Biologique  
International

---

---

EXTRAIT

L'ÉCHANTILLONNAGE  
DES PEUPELEMENTS  
DE POISSONS MARINS

par

J. DAGET et P. PETIT

Extrait de « Échantillonnage en milieu aquatique »,  
sous la direction de M. LAMOTTE et collaborateurs  
1971, MASSON et C<sup>ie</sup>, éditeurs.

9 NOV. 1971

O. R. S. T. O. M.

Collection de Référence

n° 5060