



Publications du
CENTRE NATIONAL POUR L'EXPLOITATION DES OCEANS
(C N E X O)

Série: Rapports scientifiques et techniques

N° 01 et 02 - 1971

**1) MICRONECTON EN MEDITERRANEE OCCIDENTALE
ET PROCHE ATLANTIQUE :
DONNEES QUANTITATIVES ET COMPARAISONS**

**2) LES EAUX MEDITERRANEENNES EN ATLANTIQUE NORD-EST
ET LA MIGRATION ESTIVALE DES JEUNES GERMONS
(Thunnus alalunga) CORRELATIONS APPARENTES**

par

Jean-Yves LE GALL, Michel L'HERROUX



C N E X O

Rapport Scientifique et Technique n° 1

**MICRONECTON EN MEDITERRANEE OCCIDENTALE ET PROCHE ATLANTIQUE
DONNEES QUANTITATIVES ET COMPARAISONS**

Rapport Scientifique et Technique n° 2

**LES EAUX MEDITERRANEENNES EN ATLANTIQUE NORD-EST
ET LA MIGRATION ESTIVALE DES JEUNES GERMONS (THUNNUS ALALUNGA) :**

par

Jean-Yves LE GALL, Michel L'HERROUX

Centre Océanologique de Bretagne

B.P. 337 - 29N, Brest

MICRONECTON EN MEDITERRANEE OCCIDENTALE ET PROCHE ATLANTIQUE
DONNEES QUANTITATIVES ET COMPARAISONS

par

Jean-Yves LE GALL et Michel L'HERROUX

Centre Océanologique de Bretagne - B. P. 337 - 29N. BREST

MICRONECTON EN MEDITERRANEE OCCIDENTALE ET PROCHE ATLANTIQUE :
DONNEES QUANTITATIVES ET COMPARAISONS ⁽¹⁾

par

Jean-Yves LE GALL et Michel L'HERROUX

Centre Océanologique de Bretagne - B. P. 337 - 29N. BREST

RESUME

Les auteurs étudient et comparent les biovolumes de 69 prélèvements effectués au chalut Isaacs-Kidd pendant la campagne Polymède du N. O. "Jean Charcot" (mai et juin 1970) en Méditerranée occidentale et dans les parages du Cap Finistère.

Sur ces bases quantitatives, le long du méridien 5° Est, s'individualisent en Méditerranée occidentale deux bassins :

- l'un au Nord de l'arc insulaire des Baléares,
- l'autre au Sud de ce même arc.

La comparaison de ces bassins montre une "richesse" plus grande de la zone Nord. Ceci est particulièrement remarquable pour les Euphausiacés (rapport de 1 à 30). On ne décèle donc pas à cette époque et à ce niveau trophique, d'influence nette du courant atlantique nord-africain.

Une série semblable de prélèvements au large du Cap Finistère a permis la comparaison de cette région de l'Atlantique avec les bassins méditerranéens. Il apparaît alors que les diverses unités taxonomiques ont un étagement bathymétrique plus net en Atlantique. Par ailleurs les différents biovolumes recueillis dans les deux mers sont toujours restés du même ordre.

1 - Résultats scientifiques de la Campagne du N. O. "Jean Charcot" en Méditerranée occidentale et proche Atlantique, mai-juin-juillet 1970, publication n° 2.

ABSTRACT

The authors study and compare the biovolumes of 69 samples taken with the Isaacs-Kidd midwater trawl during the Polymède expedition on the N. O. "Jean Charcot" (May and June, 1970) in the western Mediterranean and in the vicinity of Cap Finisterre.

According to these quantitative results, the Mediterranean along the 5° East meridian, is divided into 2 basins :

- one to the north of the arc of the Balearic Island,
- the other south of this same arc.

A comparison of these basins reveals the northern zone to be the more "rich". This result is particularly evident among the Euphausiids (30 : 1 ratio). At this time we have not found any clear evidence of influence of the North African Atlantic current on this trophic level.

A similar series of samples from the Cap Finisterre area permitted a comparison of this region of the Atlantic with the Mediterranean basins.

It appears that the habitats of the different taxonomic groups are more clearly stratified in the Atlantic. However, the volume of biomass determined from sampling in the two seas was always found to be of the same magnitude.

Au cours de la mission Polymède du N. O. "Jean Charcot" en Méditerranée occidentale et proche-Atlantique (mai, juin et juillet 1970), 69 traicts de chalut pélagique Isaacs-Kidd ont été réalisés (figures 1 et 2). Le but de cette note est de présenter les premiers résultats quantitatifs issus de cette série de prélèvements ⁽¹⁾. Cette étude du micronecton en Méditerranée et dans l'Atlantique Nord-Est (étude commencée lors de la Campagne Noratlante), a un double objectif. Le premier vise à mieux connaître l'environnement trophique des populations de thons de cette zone (et notamment du germon dans le Golfe de Gascogne). Le second consiste à évaluer le stock de crevettes des zones épipélagique et infrapélagique. La centaine de traicts de chalut pélagique Isaacs-Kidd dont nous disposons actuellement dans la région constitue la base des premières investigations sur les potentialités de ce stock.

- Engins de capture, mode et technique de pêche

- Chalut

Le chalut pélagique Isaacs-Kidd 3m (IKMT) est du modèle classique non-fermant, avec un panneau dépresseur renforcé. Le filet proprement dit est constitué de deux nappes : la nappe externe, possédant une maille de 2,5 cm noeud à noeud, est doublée d'une nappe interne plus fine à mailles carrées, sans noeud, de 5 mm de côté. La maille est uniforme de la gueule au collecteur. Le cul de l'IKMT a été remplacé par un collecteur original (figure 3). Il fera l'objet d'une publication descriptive. Ce collecteur est constitué par une tuyère métallique prolongée d'un sac filtrant en nylon à maille carrée de 5 mm noeud à noeud ; son efficacité est discutée plus loin.

- Engins auxiliaires

Le "positionnement" en profondeur du chalut a été obtenu grâce à un télémètre acoustique de marque "Benthos". Ce dernier donne simultanément, en continu et en temps réel, la profondeur et la température in situ. L'usage de ce télémètre acoustique nous a permis de faire

(1) L'exploitation complète de ce matériel se poursuit actuellement au Centre Océanologique de Bretagne (C. O. B.) selon deux objectifs. Le premier est la répartition géographique, bathymétrique, les migrations nycthémerales, etc... des espèces et des groupes taxonomiques. Le second conduira à l'appréciation des valeurs énergétiques des composants micronectoniques.

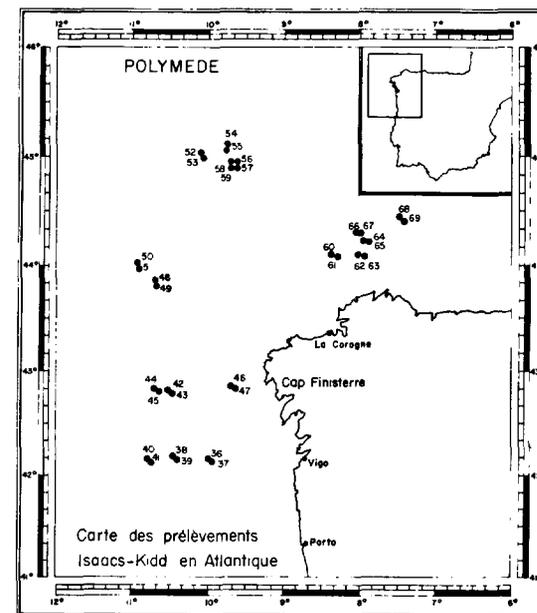
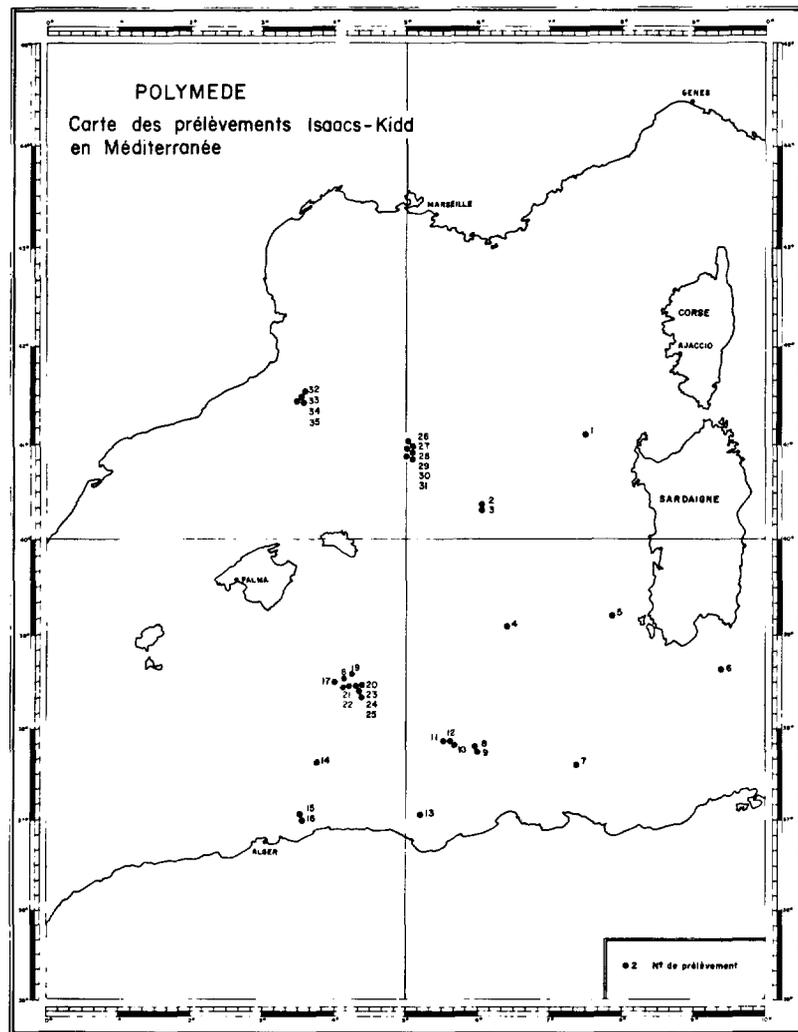


Fig. 1 Chalutages en Atlantique

Fig. 2 Chalutages en Méditerranée

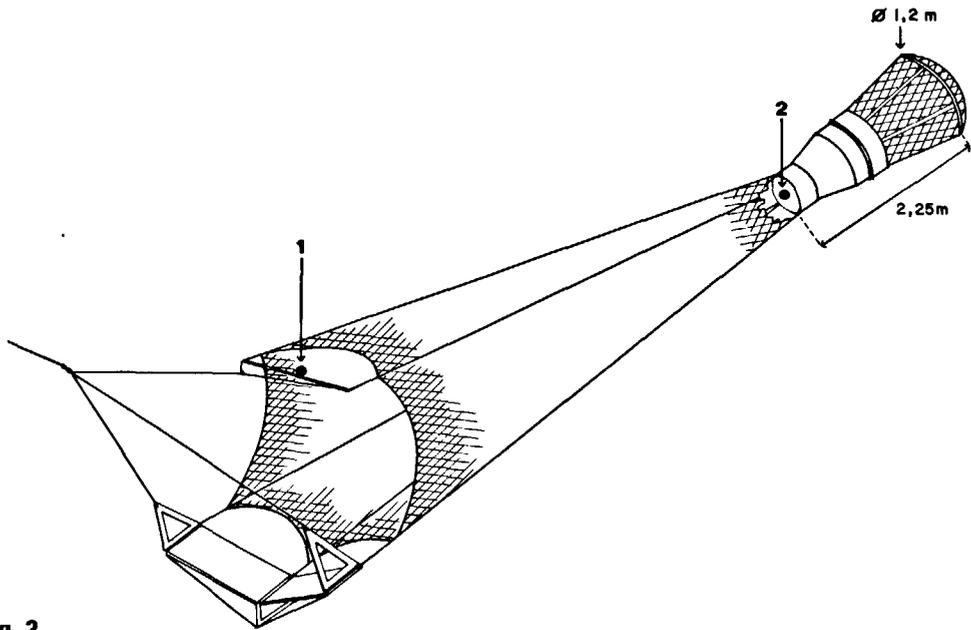


Fig. 3

COLLECTEUR UTILISE ET EMPLACEMENT DES FLOWMETERS

1 : BARRE

2 : COLLECTEUR

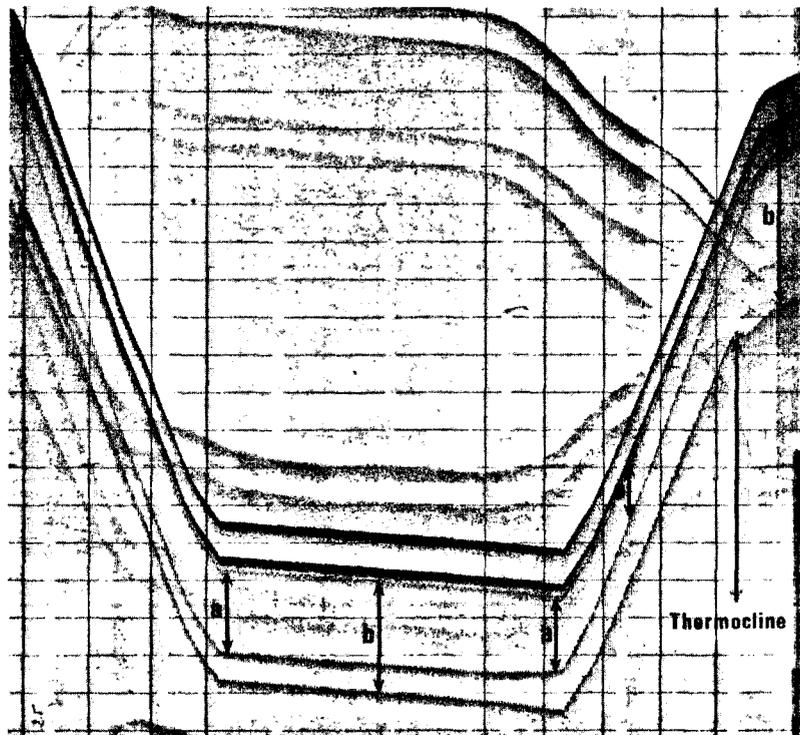


Fig. 4

Exemple d'enregistrement télémétrique

a) Proportionnel à la profondeur

b) Proportionnel à la température

quelques observations sur le comportement du chalut en fonction de la longueur de fune filée, de la vitesse du navire, du temps de stabilisation. Un exemple d'enregistrement est donné figure 4.

- Mode et technique de pêche

L'inventaire faunistique des organismes constituant le micronecton dans la zone de 0 à 700 m, (zone dans laquelle nous avons restreint nos investigations au cours de cette mission) est à peu près réalisé. De ce fait, il présente pour nous un intérêt secondaire.

Ainsi nous nous sommes attachés à connaître la répartition du micronecton et plus particulièrement l'incidence de ses migrations nyctémérales sur la biomasse disponible, à chaque niveau bathymétrique, pour les prédateurs du niveau trophique supérieur.

A tous les niveaux, un traict de chalut horizontal de 30 minutes à 4 noeuds a été retenu comme base d'investigation, avec pendant la remontée une vitesse réduite à 3 noeuds.

La qualité de l'équipement de pont du N. O. "Jean Charcot" (treuil, funes, poulie compteuse, télémètre acoustique) nous a permis de "positionner" le chalut à la profondeur désirée en un temps extrêmement bref, minimisant ainsi la contamination des prélèvements lors du passage du filet dans les horizons supérieurs à la profondeur de pêche.

De plus, après quelques essais nous avons réalisé des traicts avec deux filets semblables mais ayant des profondeurs de pêche différentes (figure 5). Nous avons pu à cette occasion tester la résistance des IKMT en effectuant des traicts en vitesse croissante. Les chaluts ont travaillé correctement jusqu'à 7 noeuds, mais au-delà de 4 noeuds, l'acquisition pondérale supplémentaire ne justifie plus l'état défectueux du matériel récolté (Poissons et Crustacés).

CRITIQUE DE LA METHODOLOGIE

L'aspect quantitatif de ces investigations nous intéressant au premier chef, il était nécessaire d'analyser, à l'aide des résultats disponibles dans la littérature récente, les caractères de l'IKMT comme engin de pêche du micronecton et de définir préalablement notre conception du micronecton.

a) Terminologie

Les recommandations du Groupe de Travail 4 (Micronecton) de la Session SCOR-UNESCO-Zooplankton Sampling (1968), montrent que les études globales sur ce matériel sont encore trop fragmentaires pour arrêter une définition du micronecton. Depuis MARSHALL (1954) jusqu'aux auteurs récents VOSS (1966), BLACKBURN (1968), LEGAND (1969), GRANDPERRIN et MICHEL (1969-1970) la notion même de micronecton varie selon les auteurs. Passant de la

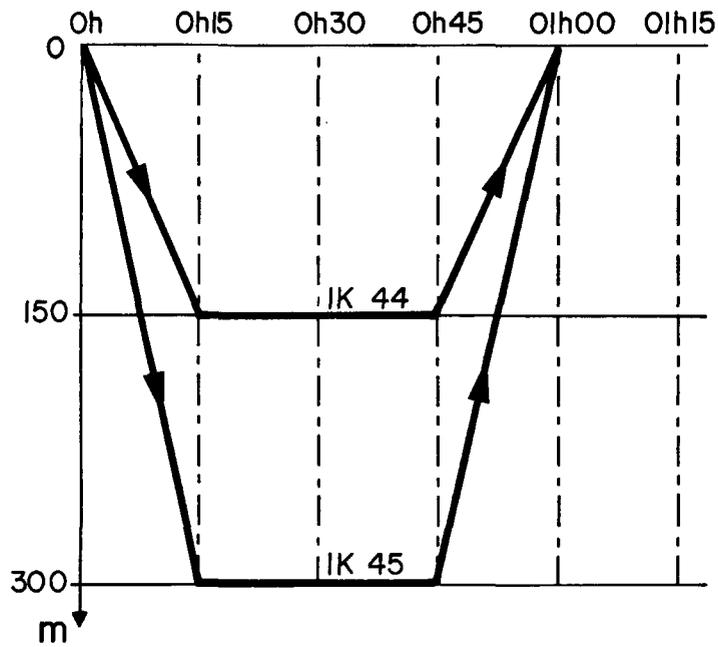
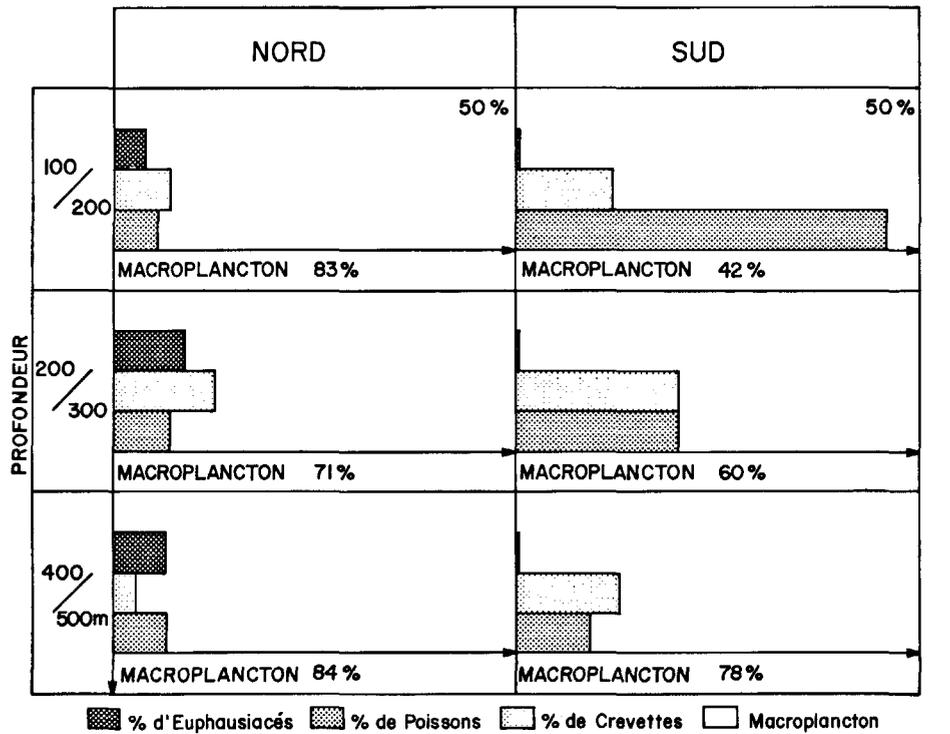


Fig.5 Travail avec 2 chaluts



COMPARAISON DES BIOVOLUMES RECUEILLIS DANS LE BASSIN NORD ET LE BASSIN SUD

Fig. 6

définition globale d'ensemble de nageurs actifs (Poissons, Crustacés, Céphalopodes) mesurant de 1 à 10 cm (BLACKBURN et SCOR-UNESCO), ce groupe a été plus finement démarqué par rapport au macroplancton par LEGAND (1969).

Provisoirement nous avons réparti nos pêches en deux catégories :

- Première catégorie : organisme gélatineux (Méduses, Salpes, Doliolés, etc...) et plancton de taille supérieure à 1 cm (soit mégaloplancton). Cette fraction est souvent nommée "Gélatine" dans la suite du texte. Nous avons cependant mesuré avec ces derniers une petite fraction d'animaux (essentiellement Isopodes et Amphipodes) qui pourraient en être séparés grâce à leur musculature développée et leur grande consistance.

- Deuxième catégorie : Micronecton.

A l'intérieur de ce groupe nous avons isolé et mesuré séparément les sous-groupes suivants : Euphausiacés, Mysidacés, Crustacés Décapodes (Crabes et Crevettes), Céphalopodes, Poissons et larves de poissons. Trois prélèvements sur 69 contiennent une fraction notable de Mysidacés (Lophogastridae, Gnathophausia). C'est pourquoi nous avons délibérément ignoré ce groupe en dépit de son importance pondérale dans le micronecton de l'Atlantique Nord en général (comme les prélèvements de la mission Noratlante nous l'ont révélé).

b) Méthodologie

Suite à l'excellente critique de MICHEL et GRANDPERRIN (1970) sur la sélectivité de l'IKMT, (à mailles de 4 mm) il apparaît que : "pour les organismes ayant un diamètre thoracique supérieur à 2,5 - 3,0 mm, il n'y a pas d'échappement à travers la maille de 4 mm. Il semble également que la comparaison entre traicts est possible pour une partie du spectre de tailles à condition de tenir compte des sous-estimations éventuelles dues à des différences de durées de traict ou à des variations de distributions verticales". Compte tenu du fait que nos IKMT sont grésés en mailles carrées de 5 mm, de façon uniforme de la gueule au collecteur, il nous paraît justifié de comparer les biovolumes récoltés, soit analytiquement par groupes taxonomiques, soit en faisant apparaître arbitrairement les regroupements suivants :

Mégaloplancton gélatineux	
Macroplancton s. s.	Macroplancton s. l.
Euphausiacés	
Crustacés Décapodes	
Céphalopodes	Micronecton
Poissons	

Le mode et le temps de conservation jouant un rôle extrêmement important sur les volumes et biomasses du macroplancton et du micronecton (AHLSTROM et THRAILKILL, 1961), nous avons retenu les observations de GRANDPERRIN et CABOCHE (1969) et réalisé les mesures de biovolumes après deux à trois mois de conservation dans une solution de formol neutralisé à 10 ‰. Les observations concordent pour montrer que, quelle que soit la composition faunistique du prélèvement, l'équilibre est atteint au terme de ces deux mois.

ESTIMATION DE LA RICHESSE DES POPULATIONS

L'utilisation du chalut IKMT pour déterminer la biomasse d'un groupe faunistique n'est actuellement pas envisageable, par la nature de l'engin et les possibilités d'évitement des organismes. C'est pourquoi dans le développement de ce travail ne sont considérées que des comparaisons entre traicts de chalut IKMT (sur la base du traict standard d'un palier de 30 mn à 4 noeuds). Ainsi nous déterminons des richesses relatives.

Pour pouvoir comparer les résultats des prélèvements au chalut avec ceux obtenus, également sur le micronecton de la même zone, mais par l'emploi de l'échantillonneur rapide " Haï ", il nous a paru nécessaire, d'une part de définir le comportement filtrant du filet IKMT gréé avec le collecteur évoqué ci-dessus, et d'autre part, d'estimer le volume d'eau filtré à chaque traict.

ESTIMATION DE LA FILTRATION

Pour cela nous avons équipé chaque chalut de deux compteurs de flux (T. S. K. Flowmeters), l'un sur la barre transversale supérieure de l'attelage (donc en dehors et en avant du filet), l'autre à l'intérieur de la tuyère métallique du collecteur (figure 3).

Les relevés de ces compteurs de flux en tours d'hélice sont portés dans le tableau suivant :

N° IKMT	Profondeur palier m	Valeur compteur de flux		Rapport collecteur Cadre
		Collecteur	Cadre	
26	450	57 210	74 250	0,77
27	700	40 700	64 200	0,63
31	150	27 450	39 020	0,70
33	300	32 130	40 570	0,79
35	150	34 080	42 380	0,80
36	300	21 470	35 020	0,61
38	300	23 710	31 070	0,76
39	150	21 510	31 420	0,68
40	150	26 960	34 330	0,78
41	300	38 000	42 700	0,88
42	700	51 880	69 460	0,74
59	450	42 850	52 710	0,81
61	150	26 480	28 920	0,91

Moyenne rapport : $\bar{R} = 0,74$

Ecart type du Rapport : $S(R) = 0,09$

Ecart standard de la moyenne :

$$S(R_m) = \frac{S}{\sqrt{n-1}} = \frac{0,09}{3,46} = 0,02$$

$t = 2,16$

Intervalle de confiance de la moyenne à 95 % : $\bar{R} = 0,74 = (2,16 \times 0,02)$ soit 0,70 et 0,78

Intervalle de confiance à 95 % : $\bar{R} \pm 2SR = 0,74 \pm 18$ soit 0,56 à 0,98

Ce tableau montre que la dispersion du rapport compteur de flux du cadre sur compteur de flux du collecteur n'est pas élevée (12 %). Ainsi l'on peut admettre que l'ensemble du chalut travaille avec une bonne régularité quelle que soit la profondeur du palier de pêche et ceci rend les comparaisons ultérieures justifiées. D'autre part la valeur $\bar{R} = 0,74$ (écart type 0,09, dispersion 12 %) du rapport moyen est satisfaisante. Ce rapport traduisant dans une certaine mesure la filtration du collecteur, il apparaît que ce dernier est bien adapté au chalut IKMT. Dans ces conditions les turbulences et refoulements au niveau de l'entrée doivent être faibles et donc, tous les organismes captés par le filet et non susceptibles d'échappement à travers la maille de 5 mm, se retrouvent dans ce collecteur.

Toutefois, la valeur de ce rapport est sous-estimée pour les raisons suivantes :

- le "compteur-collecteur" (numérateur) par sa position dans la tuyère donne un relevé souvent plus faible que ce qu'il devrait être car il arrive que des organismes gélatineux entravent la rotation de son hélice,
- le relevé "compteur-cadre" (dénominateur) excède la valeur qui serait lue s'il était possible d'éviter, par une immersion instantanée, que l'hélice ne tourne dans l'air.

Cette seconde remarque implique que la valeur donnée ci-dessous de 25 000 m³ d'eau filtrée par traict est surestimée.

ESTIMATION DU VOLUME FILTRE

En comparant les données moyennes des compteurs de flux pour les profondeurs de 150 et 300 m nous avons pu éliminer le nombre de tours dûs à la descente et à la remontée. La valeur moyenne de l'indication du compteur à l'entrée du filet est de 26 000 tours environ. La section de la gueule du filet en extension est de 6,5 m². Dans ces conditions le volume d'eau filtré pour chaque palier de 30 mn est de 25 000 m³. Ainsi les valeurs de biovolumes citées dans la suite du texte se rapportent pour chaque traict à la filtration de ce volume d'eau.

Nous n'avons pas considéré les captures faites avant et après la mise en palier faute de pouvoir quantifier ces prises. Cependant, compte tenu des conditions de pêche durant ces trajets nous pensons pouvoir, dans la majorité des cas, négliger ces valeurs par rapport à la biomasse récoltée en trajet horizontal.

COMPARAISON IKMT - TUBE HAI

En considérant la zone Nord-Baléares nous avons rapporté, pour les traicts effectués jusqu'à 300 m, les biovolumes à 1 000 m³. Ces valeurs ont été comparées à celles obtenues en même temps dans la zone par l'échantillonneur rapide Hai. C'est ce qui figure sur le tableau suivant :

Comparaison Tube HAI , IKMT

IKMT : Prélèvement de nuit 0-300 m V = 4 noeuds

n° IK	Volumes en cm ³		
	Poissons	Crevettes	Euphausiacés
28	85	90	45
31	35	50	25
35	6	20	15
29	150	65	190
30	18	51	45
33	23	90	8
	317	366	328

$\Sigma V = 1\ 011$
 $\bar{V} = 168\text{ cm}^3 / 25\ 000\text{ m}^3$
 soit
 $6,5\text{ cm}^3 / 1\ 000\text{ m}^3$

Tube HAI : 0-200 m V = 6 noeuds

n° TH	Volume total Micronecton
	Euphausiacés, Hypériens, Poissons, Crevettes
48	4,6
49	3,3
58	10,0
59	8,3
60	9,5
61	15,3

$\bar{V} = 8,50 / 1\ 000\text{ m}^3$

Ainsi nous obtenons des biovolumes de $6,5 \text{ cm}^3$ pour $1\ 000 \text{ m}^3$ d'eau lors des prélèvements à l'IKMT, et de $8,5 \text{ cm}^3$ pour $1\ 000 \text{ m}^3$ d'eau lors des prélèvements au tube Haï.

Nous répétons ne pas considérer ces valeurs comme représentatives des biovolumes effectivement disponibles dans les couches prospectées, mais croyons à leur validité comme éléments de comparaison. Ainsi, outre les sources d'erreurs déjà mentionnées à propos des indications des compteurs de flux, il ne faut pas perdre de vue les faits suivants :

- BANSE et SEMON (1963) ont montré que pour le chalut IKMT la section effective de travail (section de filtration) est très largement inférieure à la section géométrique d'entrée du chalut. Les chiffres donnés par ces auteurs pour un IKMT à maille dégressive de 7,6 cm, 1,27 cm et 0,32 cm sont les suivants : section d'entrée $2,94 \text{ m}^2$ et section effective de travail de $1,18 \text{ m}^2$ (ce qui correspond à la section de la partie moyenne à maille de 1,27 cm).
- Les vitesses de traicts étaient différentes (4 noeuds pour l'IKMT, 6 noeuds pour le Haï), or il y a diminution de l'échappement au-delà de 3 noeuds.
- Les mailles sont très différentes et passent de 200μ (Haï) à 5 mm noeud à noeud (IKMT).
- Le tube Haï procédait par paliers successifs entre 0 et 200 m alors que l'IKMT effectuait un palier unique à 150 m ou 300 m.
- Les hypériens sont pris en considération pour les biovolumes récoltés au tube Haï mais non pour ceux de l'IKMT.

Compte-tenu de ces différentes sources d'erreurs favorisant le tube Haï, les valeurs respectives de biovolumes de $6,5 \text{ cm}^3/1\ 000 \text{ m}^3$ (IKMT) et $8,5 \text{ cm}^3/1\ 000 \text{ m}^3$ (Haï) restent très comparables.

Il apparaît donc que le tube Haï soit un engin prospectif satisfaisant. De ce fait, les valeurs qu'il a relevées sur les richesses relatives du micronecton dans les zones : Bassin Nord, Bassin Sud, Golfe de Gênes, Mer d'Alboran, nous permettront d'orienter les investigations futures de ces régions à l'IKMT.

REPARTITION DU MICRONECTON EN MEDITERRANEE OCCIDENTALE, COMPARAISON NORD-SUD

Nous avons regroupé en deux ensembles, Nord et Sud, la majorité des prélèvements selon leur localisation par rapport à l'arc insulaire des Baléares. Cette différenciation est matérialisée par le 40ème parallèle Nord et l'axe Nord-Sud retenu correspond au 5ème méridien Est. Afin d'établir des comparaisons valables entre le bassin Nord et le bassin Sud, il était nécessaire de retenir des traicts de chalut réalisés à des heures comparables. L'apogée des migrations

TABLEAU II

Comparaison bassin Nord : bassin Sud Méditerranée occidentale

Profondeur	Zones	N° IKMT	Euphausiacés				Crevettes				Poissons				Macroplancton			
			Vol. cc	Vol. moyen cc	Rap- port N-S	Rapport moyen N-S	Vol. cc	Vol. moyen cc	Rap- port N-S	Rapport moyen N-S	Vol. cc	Vol. moyen cc	Rap- port N-S	Rapport moyen N-S	Vol. cc	Vol. moyen cc	Rap- port N-S	Rapport moyen N-S
100-200	N	28	45			90				85				860				
		31	25	28		51	53			35	42			814	632			
		35	15			20		1,6		6		0,3		222		4,86		
	S	20	2	2		35	35			140	140			130	130			
200-300	N	29	190			65				150				850				
		30	45	65		51	91			18	48			607	518			
		33	8			90				23			600					
		2	15			158				2			18					
					65			1,4				0,8				2,72		
	S	18	2			70				60			80					
		19	0,5	1		45	65			70	61		110	190				
		15	0,5		32	80			1	55		0,55	380			2,8		
400-500	N	3	95			3				60				729				
		26	10	33		6	12			19	35			658	434			
		32	27			30				35			102					
		34	0,5			10				25			250					
					16			0,15				0,6				0,84		
	S	8	4			110				150			250					
		13	0,5			90				65			650					
		9	0,5			75				40	60		250	516				
		17	2	2		120	80			70			1700					
		10	0,5			110				85			145					
		11	7			50				65			270					
		12	0,5			5				50			350					

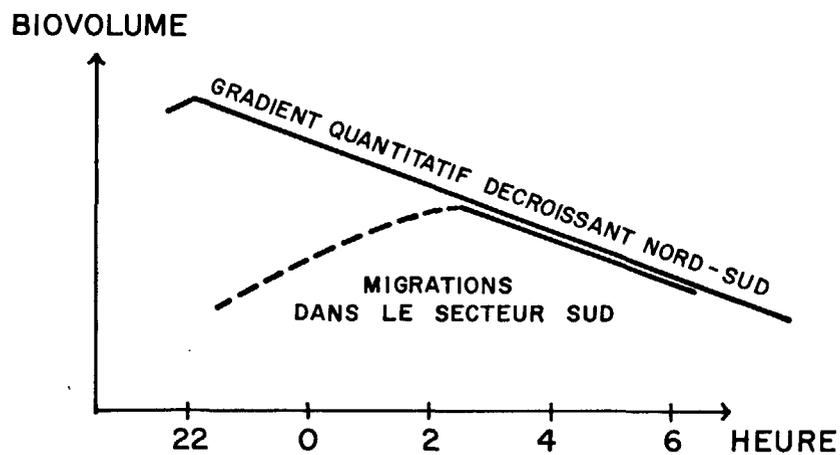
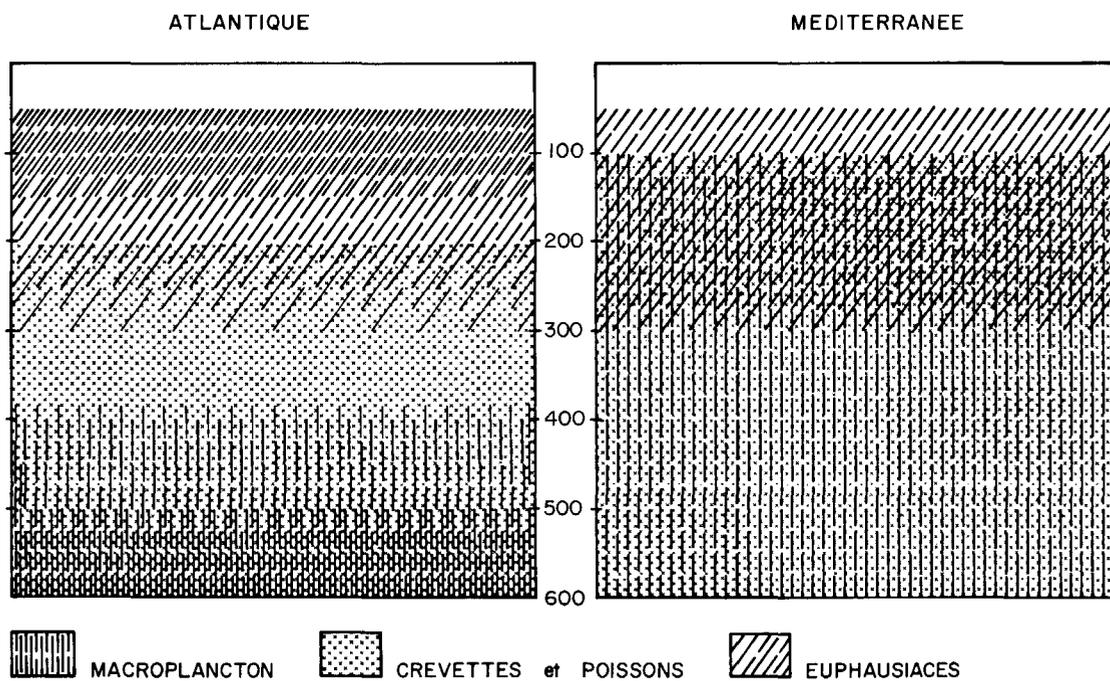


Fig. 9



SCHEMAS DE LA REPARTITION DES GRANDES UNITES TAXONOMIQUES

Fig. 7

nycthémerales se plaçant vers 0 h , nous avons équilibré, en nombre, les prélèvements Nord et Sud par rapport à cet axe parabolique ascendant. La répartition en ensemble Nord et Sud s'établit comme indiqué dans le tableau suivant :

Répartition des prélèvements en Méditerranée Nord et Sud

Heure Prof.	Ensemble Sud		IKMT n° 8 à 25 (S)					
	Ensemble Nord		IKMT n° 26 à 35 (N)					
	18 h	20 h	22 h	24 h	02 h	04 h	06 h	08 h
100					35N			
200		28N	31N			20S	22S	24S
200		29N	30N	33N	18S-2N	15S-16S		
300								
400	26N		32N 13S-9S	34N	17S-10S	11S		12S
500		8S						3N

Les résultats bruts de cette comparaison Nord-Sud sont regroupés dans le tableau II et représentés graphiquement sur la planche II et la figure 6. Nous nous sommes contraints à raisonner uniquement sur la composition faunistique des prélèvements répartis en 4 groupes (Poissons, Crevettes, Euphausiacés et macroplancton) et sur l'abondance de ces derniers entre eux. Sur ces bases, la comparaison des bassins centraux Nord et Sud met en évidence de grandes variations dans la distribution quantitative de chacun des groupes retenus.

- Euphausiacés : C'est l'unité taxonomique qui présente les plus grandes différences Nord-Sud. Quelle que soit la profondeur considérée entre 0-500 m, le rapport est très important et donne de 15 à 65 fois plus d'Euphausiacés dans le bassin Nord que dans le bassin Sud. Ces données confirment les résultats de A. THIRIOT obtenus dans cette même zone Nord-Baléares, à l'aide d'un échantillonneur rapide (tube Haï). Il obtient 22 fois plus de micronecton (lequel est pour l'échantillonneur Haï essentiellement constitué d'Euphausiacés) dans le bassin Nord que dans le Sud. Concrètement, cela signifie qu'il y a, sur l'axe 5° Est, en moyenne 30 fois plus d'Euphausiacés au Nord qu'au Sud de l'arc insulaire des Baléares.

- Crevettes : En considérant les prélèvements de 0 à 500 m le rapport Nord-Sud est cette fois équilibré (soit 1). Toutefois, il passe à 1,5 si l'on ne considère que l'horizon 0-300 m. A cette remarque près les Crevettes représentent donc au Nord et au Sud le même biovolume.

- Macroplancton : Le rapport Nord-Sud varie de 0,84 à 4,86 avec une moyenne de 2,80 en faveur du bassin Nord. Cet avantage s'accroît si l'on ne considère que la couche 0-300 m (moyenne de 3,80).

- Poissons : Ici, quelle que soit la profondeur le rapport est inverse et devient 0,5. Les poissons forment le seul groupe montrant entre 0 et 500 m une abondance relative plus grande au Sud qu'au Nord.

De ces données, il apparaît que sur ce niveau trophique et à cette époque de l'année (Mai) il n'y a pas d'influence nette du courant atlantique nord-africain.

COMPARAISON ATLANTIQUE-MEDITERRANEE

- Aspect qualitatif : Différence dans la composition faunistique

Le raisonnement et les figures suivantes sont basés sur la simple observation des planches I (A, B, C, D). Ces planches donnent la répartition quantitative des Euphausiacés et du macroplancton en fonction de l'heure et de la profondeur de prélèvement, en Méditerranée et en Atlantique.

La figure 7 ci-jointe résume et schématise les planches I (A, B, C, D) et conduit à la figure 8.

- Macroplancton

- En Méditerranée les biovolumes des prises de macroplancton sont presque tous très voisins quelle que soit la profondeur de prélèvement. Ainsi le macroplancton global semble quantitativement réparti uniformément de 100 à 700 m (profondeur maximum d'investigation).

- En Atlantique au contraire, seuls les prélèvements dont les paliers atteignent ou dépassent 450 m de profondeur présentent une fraction importante de macroplancton. De plus cette fraction croît avec la profondeur à partir de 450 m.

- Euphausiacés

- En Méditerranée, comme le montre plus en détail l'analyse précise des prélèvements méditerranéens, ceux qui contiennent une fraction non négligeable d'Euphausiacés sont situés au Nord des Baléares. Ces derniers prélèvements montrent que la grosse majorité de ce matériel est cantonnée à la couche 0-300 m. La distribution spécifique a été étudiée en détail par de nombreux auteurs depuis RUUD (cf. MAUCHLINE, 1969).

Dans cette tranche 0-300 m des prélèvements plus nombreux et plus régulièrement espacés ont révélé de très fortes concentrations entre 22 h et 04 h pour l'horizon 0-150 m. De telles conditions arrivent à fausser les résultats de traicts plus en profondeur lors du passage du chalut dans un tel essaim.

Macroplancton et Euphausiacés ne présentent pas de migration d'envergure, mais possèdent en commun le fait d'offrir des concentrations, parfois spectaculaires, à un niveau bathymétrique préférentiel.

A partir de ces remarques que schématise la figure 7, nous avons construit la figure 8 où nous comparons, sur la base de ce seul matériel (Macroplancton - Euphausiacés), l'ensemble des prélèvements méditerranéens et l'ensemble des prélèvements atlantiques. La figure 8 mène aux deux conclusions suivantes :

a) Sans tenir compte des critères géographiques ou de l'appartenance des prélèvements à l'un ou l'autre des ensembles atlantiques ou méditerranéens il apparaît en biovolume une proportion inverse entre le pourcentage des Euphausiacés et le pourcentage du macroplancton.

Cet argument nous fait ranger les Euphausiacés dans le groupe micronecton au lieu de les classer comme il est fait parfois dans le macroplancton (mégaloplancton s. s).

b) Si l'on considère cette fois l'origine géographique des prélèvements on s'aperçoit que tous les prélèvements se regroupent aisément en deux ensembles : l'un Atlantique, dominant à droite de la figure 8, l'autre méditerranéen, à gauche de cette figure. L'ensemble Atlantique (à droite) se caractérise par une dominance du micronecton par rapport au macroplancton, alors que l'ensemble méditerranéen à gauche montre une dominance volumétrique du macroplancton.

Quelques prélèvements atlantiques (IKMT n° 58, 59, 56, 57, 68, 69, 64, 65, 62, 63, 54, 55, 42, 43) paraissent très proches des prélèvements méditerranéens. Cette affinité apparente se traduit par leur déplacement sur la gauche de la figure 8. Cette discordance graphique s'explique très aisément si l'on remarque que tous les prélèvements incriminés ont été réalisés dans la couche d'eau profonde qui en Atlantique (dans la région étudiée) est la seule riche en macroplancton (450 m - 600 m - 700 m, Cf. Planches I. A). Cette convergence de structure faunistique entre les prélèvements méditerranéens en général et les prélèvements atlantiques profonds au large du Cap Finistère (450 à 700 m) peut être expliquée par la présence dans cette zone de la veine d'eau méditerranéenne à partir de 500 m. C'est la raison pour laquelle nous avons réalisé cette série de prélèvements IKMT à cet endroit. Simultanément la structure hydrologique de la région était étudiée à l'aide d'une bathysonde (température et salinité en fonction de la profondeur). Cette étude hydrologique confirme et complète les observations de LACOMBE (1958), LE FLOCH (1969), et MADELAIN (1967). Elle a permis la localisation de la veine d'eau méditerranéenne entre 500 et 1 500 m dans la région couverte par nos prélèvements.

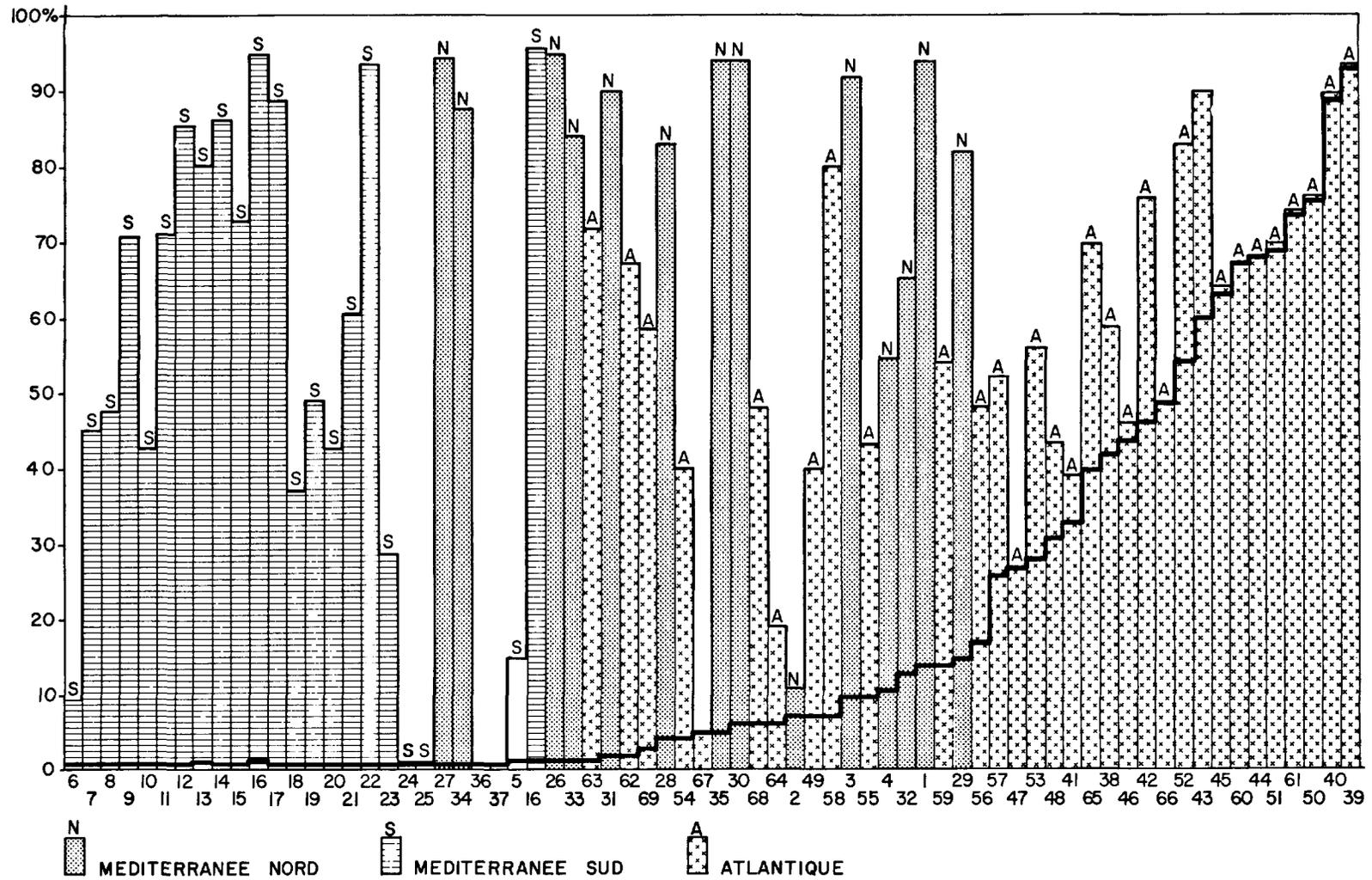


Fig. 8 POUR CHAQUE PRELEVEMENT, POURCENTAGES CUMULES DES DIFFERENTES UNITES TAXONOMIQUES

DE 0 A LA PREMIERE LIMITE : % D'EUPHAUSIACES.

DE 0 A LA DEUXIEME LIMITE : % D'EUPHAUSIACES + MACROPLANCTON.

L'étude détaillée de ce fait nouveau dans la conception de l'écosystème du Golfe de Gascogne a fait l'objet d'une étude spéciale (LE GALL et L'HERROUX, 1971).

COMPARAISON ATLANTIQUE ET MEDITERRANEE NORD-SUD

- Aspect quantitatif

Les graphiques groupés sur la Planche II qui correspond au tableau I, A (voir annexe) ne doivent en aucun cas être compris comme la représentation de migrations nycthémerales. Ces graphiques traduisent simplement l'importance relative des biovolumes rapportés à chaque groupe (macroplancton, Euphausiacés, Crevettes, Poissons) par zones (Atlantique : Cap Finisterra ; Méditerranée occidentale : Bassin Central Nord, Bassin Central Sud) et par profondeurs.

Ainsi mis en commun les prélèvements méditerranéens font apparaître entre 21 h 30 et 6 h 30 une décroissance des biovolumes de macroplancton (100-200 et 200-300 m) et de Crevettes (100-200 m) sur les graphiques de la planche II. Ceci provient du fait que le gradient quantitatif décroissant Nord-Sud domine, pour la zone épipélagique du Sud, l'apport nocturne dû à la migration nycthémerale et parvient même à masquer cette dernière. C'est ce qui est montré sur la figure 9 suivante.

Ainsi analysés nos prélèvements donnent pour le macroplancton, les Euphausiacés et les Crevettes les résultats quantitatifs suivants :

- Macroplancton (gélatineux)

- de 100 à 300 m : presque négligeable en Atlantique (moyenne 4 cm^3) il met en relief en Méditerranée, le gradient décroissant Nord-Sud le long du 5ème méridien Est (de 800 cm^3 à 125 cm^3).
- de 300 à 500 m : il est plus abondant en Méditerranée (moyenne 429 cm^3) qu'en Atlantique (moyenne 154 cm^3) ; les différences géographiques en Méditerranée sont moins accusées que précédemment (Nord 658 à 102 cm^3 , Sud 922 - 250 cm^3). Par contre, en Atlantique, la répartition cadre exactement avec la situation en profondeur des eaux méditerranéennes.

- Euphausiacés

Le comportement est très différent, presque inverse, de celui du macroplancton. De 100 à 200 m le groupe est quantitativement très représenté en Atlantique (moyenne 241 cm^3) et d'autant plus que l'on prélève au-dessus de l'eau méditerranéenne. Par contre en Méditerranée, il est beaucoup moins abondant dans le bassin Nord (de 45 à 15 cm^3) et très faiblement représenté dans le Sud (1 cm^3).

De 200 à 300 m, le schéma de la répartition quantitative reste le même, avec cependant pour l'Atlantique beaucoup moins de matériel (160 cm^3) que pour les profondeurs plus faibles.

De 300 à 500 m, il reste très peu d'Euphausiacés et les quantités sont très voisines pour l'Atlantique et le Bassin Nord méditerranéen (40 cm^3). Le groupe est à peine représenté dans le Bassin Sud (4 cm^3).

- Crevettes

Dans l'horizon supérieur 100-200 m, le gradient décroissant Nord-Sud méditerranéen est très nettement accusé (158 à 20 cm^3 Nord, 65 à 3 cm^3 Sud). Ces valeurs dépassent toutefois en moyenne les meilleures prises en Atlantique (25 à 2 cm^3).

Dans l'horizon moyen 200-300 m, le gradient s'efface et l'on note une plus grande richesse des prélèvements méditerranéens Nord et Sud (moyenne 50 cm^3) comparés aux prélèvements atlantiques (moyenne 8 cm^3).

Entre 300 et 500 m, l'incidence de la migration verticale nocturne se fait très nettement sentir et le classement des valeurs, à l'apogée de la migration, est le suivant : 115 cm^3 dans le bassin Sud-Méditerranée, 52 cm^3 en Atlantique et 30 cm^3 dans le Bassin Nord méditerranéen.

Au-dessous, 500-700 m, en Atlantique, les valeurs augmentent du fait de la grande dimensions des crevettes pélagiques capturées en profondeur.

VITESSE DE MIGRATION VERTICALE

Au sein du micronecton le groupe des Crevettes est celui qui montre les migrations nyctémérales les plus rapides et les plus importantes en amplitude, soit au minimum 400 m en 2 heures lors du lever du soleil. Ceci correspond à une vitesse moyenne de l'ordre de 5 cm/s . Ces chiffres concordent avec ceux de A. THIRIOT (1967) calculés sur la vitesse de migration de couches diffusantes (D. S. L.) en Méditerranée.

CONCLUSIONS

L'aspect quantitatif de ces séries de prélèvements micronectoniques au chalut Isaacs-Kidd, a seul été retenu. C'est sur sa base que les comparaisons ont été avancées. Ainsi la zone Nord-Baléares s'est révélée plus riche que la zone Sud, essentiellement en ce qui concerne les Euphausiacés (avec un rapport de 1 à 30).

Toujours en utilisant les données quantitatives, nous nous sommes attachés à étudier une troisième région, cette fois en Atlantique, dans les parages du Cap Finisterre. Parallèlement à nos prélèvements était menée une étude physique à la bathysonde. Cette étude a permis de confirmer la présence des eaux méditerranéennes à cet endroit et de préciser leur emplacement en une couche comprise entre 500 et 1 200 m.

Nous nous sommes attachés, dans un second temps, à comparer cette région de l'Atlantique à la Méditerranée occidentale en général. Il en ressort essentiellement les éléments suivants :

- tandis que les biovolumes de macroplancton sont régulièrement répartis en Méditerranée entre 0 et 600 m, ils sont en Atlantique localisés à la couche d'eau méditerranéenne et à ses abords supérieurs immédiats,
- les Crevettes sont également situées en Atlantique plus en profondeur et présentent de ce fait des migrations plus amples,
- les Euphausiacés sont à l'encontre beaucoup plus nettement limités à l'horizon superficiel.

En définitive, il apparaît que les différentes unités taxonomiques sont beaucoup plus étroitement étagées en Atlantique qu'en Méditerranée.

Si en Méditerranée les prélèvements révèlent une répartition bathymétrique beaucoup plus souple, nous avons été surpris, d'une part de ne pas trouver d'influence notable du courant atlantique, et surtout de constater que les différents biovolumes recueillis en Méditerranée restent toujours très comparables à ceux de l'Atlantique. Il semble donc que la pauvreté constatée à l'échelon planctonique ne puisse pas être généralisée et qu'il faille considérer, par l'intermédiaire du micronecton, le domaine pélagique de la Méditerranée occidentale avec une optique différente.

RESULTATS BRUTS

Nous avons placé en Annexe I, A la liste des traicts IKMT, les références complètes (date, coordonnées, heure, profondeur) et complété cette liste (Méditerranée et Atlantique) par deux schémas (Annexe II, A et II, B) donnant la répartition spatio-temporelle des traicts en fonction du temps et de la profondeur.

Seuls les résultats quantitatifs intéressant ce premier travail, nous avons regroupé et résumé en planches et tableaux toutes les données qui serviront à l'analyse ultérieure, soit :

Tableau I B : Valeurs des biovolumes par profondeurs, heures et zones géographiques.

Planche I : Répartition des biovolumes selon les groupes faunistiques.

IA : Méditerranée - Macroplancton

IB : Atlantique - Macroplancton

IC : Méditerranée - Euphausiacés

ID : Atlantique - Euphausiacés

IE : Méditerranée - Crevettes

IF : Atlantique - Crevettes

IG : Méditerranée - Poissons

IH : Atlantique - Poissons.

Planche II : (à partir du Tableau I B).

Comparaison des répartitions quantitatives et bathymétriques par zone géographique selon les groupes Macroplancton, Euphausiacés, Crevettes.

Les crevettes apparaissent donc dans la zone superficielle (100-200 m) pour la période considérée : en Méditerranée entre 20 h et 22 h et en Atlantique entre 22 h et 24 h.

Elles disparaissent de la zone superficielle (100-200 m) : en Méditerranée comme en Atlantique vers 05 h.

Les différences constatées quant aux heures du début de migration s'expliquent par les décalages dans le temps (Mai en Atlantique, Juin en Méditerranée), en latitude (8° maximum), et en longitude (15°). Nous nous proposons d'étudier le détail de ces phénomènes lors des prochaines missions pour lesquelles nous disposerons d'un photomètre sous-marin.

Nous avons comparé les heures d'apparition et de disparition des crevettes à différentes profondeurs en fonction de l'heure en Atlantique et en Méditerranée. Les données brutes sont rassemblées dans le tableau suivant :

ANNEXES

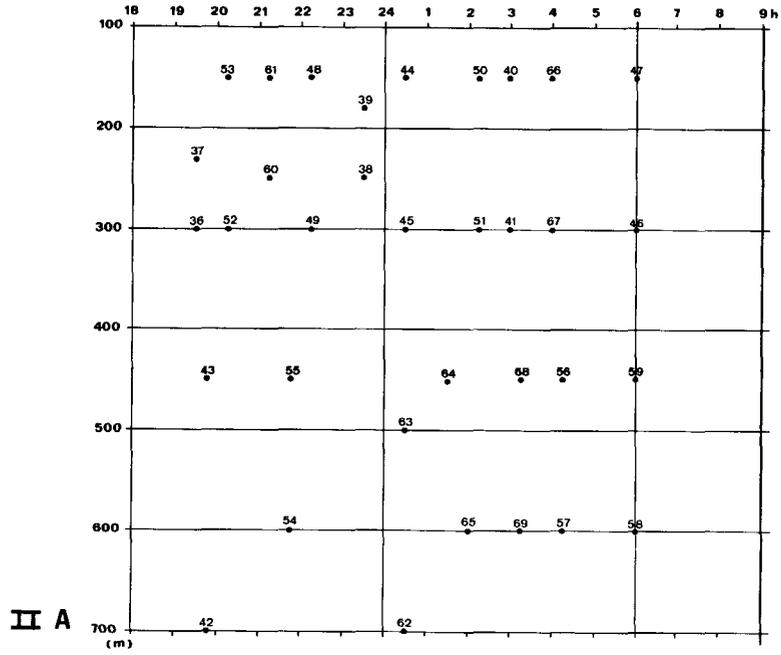
TABLEAU I A

Prélèvements IKMT en Méditerranée					Prélèvements IKMT en Atlantique				
n°IKMT	Coordonnées géographiques	Date	Palier		n°IKMT	Coordonnées géographiques	Date	Palier	
			Heure mi-palier	Profondeur (m)				Heure mi-palier	Profondeur (m)
01	$\varphi = 41^{\circ}06'N$ $G = 7^{\circ}30'E$	12.05	09 h 30	150 m	36	$\varphi = 42^{\circ}08'N$ $G = 9^{\circ}58'W$	26.06	19 h 30	300 m
02	$\varphi = 40^{\circ}21'N$ $G = 6^{\circ}04'E$	14.05	02 h 00	300 m	37	$\varphi = 42^{\circ}08'N$ $G = 9^{\circ}58'W$	26.06	19 h 30	230 m
03	$\varphi = 40^{\circ}21'N$ $G = 6^{\circ}04'E$	14.05	05 h 45	500 m	38	$\varphi = 42^{\circ}10'N$ $G = 10^{\circ}27'W$	26.06	23 h 30	250 m
04	$\varphi = 39^{\circ}05'N$ $G = 6^{\circ}25'E$	16.05	21 h 15	250 m	39	$\varphi = 42^{\circ}10'N$ $G = 10^{\circ}27'W$	26.06	23 h 30	180 m
05	$\varphi = 39^{\circ}11'N$ $G = 7^{\circ}53'E$	18.05	05 h 00	400 m	40	$\varphi = 42^{\circ}09'N$ $G = 10^{\circ}48'W$	27.06	03 h 00	150 m
06	$\varphi = 38^{\circ}38'N$ $G = 9^{\circ}23'E$	20.05	03 h 30	300 m	41	$\varphi = 42^{\circ}09'N$ $G = 10^{\circ}48'W$	27.06	03 h 00	300 m
07	$\varphi = 37^{\circ}36'N$ $G = 7^{\circ}27'E$	22.05	03 h 30	320 m	42	$\varphi = 42^{\circ}50'N$ $G = 10^{\circ}31'W$	27.06	19 h 45	700 m
08	$\varphi = 37^{\circ}48'N$ $G = 5^{\circ}59'E$	23.05	20 h 30	500 m	43	$\varphi = 42^{\circ}50'N$ $G = 10^{\circ}31'W$	27.06	19 h 45	450 m
09	$\varphi = 37^{\circ}48'N$ $G = 5^{\circ}59'E$	23.05	23 h 30	450 m	44	$\varphi = 42^{\circ}50'N$ $G = 10^{\circ}04'W$	28.06	00 h 30	150 m
10	$\varphi = 37^{\circ}50'N$ $G = 5^{\circ}40'E$	24.05	03 h 15	450 m	45	$\varphi = 42^{\circ}50'N$ $G = 10^{\circ}04'W$	28.05	00 h 30	300 m
11	$\varphi = 37^{\circ}51'N$ $G = 5^{\circ}38'E$	24.05	04 h 30	450 m	46	$\varphi = 42^{\circ}51'N$ $G = 9^{\circ}40'W$	28.06	06 h 00	300 m
12	$\varphi = 37^{\circ}51'N$ $G = 5^{\circ}38'E$	24.05	06 h 00	450 m	47	$\varphi = 42^{\circ}51'N$ $G = 9^{\circ}40'W$	28.06	06 h 00	150 m
13	$\varphi = 37^{\circ}04'N$ $G = 5^{\circ}13'E$	25.05	22 h 45	450 m	48	$\varphi = 43^{\circ}50'N$ $G = 10^{\circ}40'W$	28.06	22 h 15	150 m
14	$\varphi = 37^{\circ}39'N$ $G = 3^{\circ}46'E$	26.05	06 h 00	350 m	49	$\varphi = 43^{\circ}50'N$ $G = 10^{\circ}40'W$	28.06	22 h 15	300 m
15	$\varphi = 37^{\circ}00'N$ $G = 3^{\circ}33'E$	27.05	03 h 45	300 m	50	$\varphi = 44^{\circ}00'N$ $G = 10^{\circ}55'W$	29.06	02 h 15	150 m
16	$\varphi = 37^{\circ}00'N$ $G = 3^{\circ}33'E$	27.05	05 h 00	300 m	51	$\varphi = 44^{\circ}00'N$ $G = 10^{\circ}55'W$	29.06	02 h 15	300 m
17	$\varphi = 38^{\circ}30'N$ $G = 4^{\circ}00'E$	31.05	02 h 30	450 m	52	$\varphi = 45^{\circ}00'N$ $G = 10^{\circ}05'W$	29.06	20 h 15	300 m
18	$\varphi = 38^{\circ}32'N$ $G = 4^{\circ}09'E$	31.05	02 h 30	300 m	53	$\varphi = 45^{\circ}00'N$ $G = 10^{\circ}05'W$	29.06	20 h 15	150 m

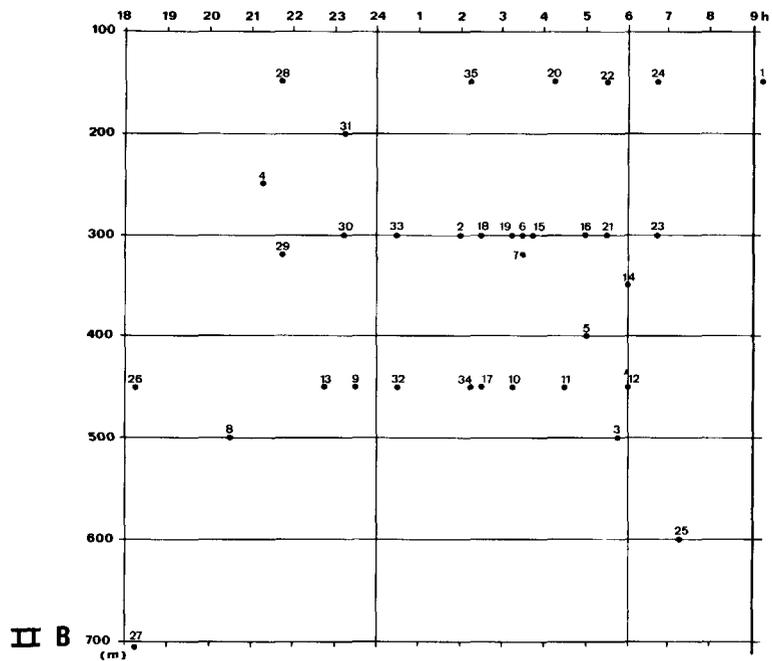
TABLEAU I A (suite)

Prélèvements IKMT en Méditerranée					Prélèvements IKMT en Atlantique				
n°IKMT	Coordonnées géographiques	Date	Palier		n°IKMT	Coordonnées géographiques	Date	Palier	
			Heure mi-palier	Profondeur (m)				Heure mi-palier	Profondeur (m)
19	$\varphi = 38^{\circ}35'N$ $G = 4^{\circ}15'E$	31.05	03 h 15	300 m	54	$\varphi = 45^{\circ}05'N$ $G = 9^{\circ}45'W$	29.06	21 h 45	600 m
20	$\varphi = 38^{\circ}35'N$ $G = 4^{\circ}15'E$	31.05	04 h 15	150 m	55	$\varphi = 45^{\circ}05'N$ $G = 9^{\circ}45'W$	29.06	21 h 45	450 m
21	$\varphi = 38^{\circ}29'N$ $G = 4^{\circ}13'E$	31.05	05 h 30	150 m	56	$\varphi = 44^{\circ}55'N$ $G = 9^{\circ}40'W$	30.06	04 h 15	450 m
22	$\varphi = 38^{\circ}29'N$ $G = 4^{\circ}13'E$	31.05	05 h 30	150 m	57	$\varphi = 44^{\circ}55'N$ $G = 9^{\circ}40'W$	30.06	04 h 15	600 m
23	$\varphi = 38^{\circ}25'N$ $G = 4^{\circ}11'E$	31.05	06 h 45	300 m	58	$\varphi = 44^{\circ}55'N$ $G = 9^{\circ}40'W$	30.06	06 h 00	600 m
24	$\varphi = 38^{\circ}25'N$ $G = 4^{\circ}11'E$	31.05	06 h 45	150 m	59	$\varphi = 44^{\circ}55'N$ $G = 9^{\circ}40'W$	30.06	06 h 00	450 m
25	$\varphi = 38^{\circ}25'N$ $G = 4^{\circ}11'E$	31.05	07 h 15	600 m	60	$\varphi = 44^{\circ}05'N$ $G = 8^{\circ}20'W$	30.06	21 h 15	250 m
26	$\varphi = 40^{\circ}55'N$ $G = 5^{\circ}05'E$	03.06	18 h 15	450 m	61	$\varphi = 44^{\circ}05'N$ $G = 8^{\circ}20'W$	30.06	21 h 15	150 m
27	$\varphi = 40^{\circ}55'N$ $G = 5^{\circ}05'E$	03.06	18 h 15	770 m	62	$\varphi = 44^{\circ}05'N$ $G = 8^{\circ}00'W$	01.07	00 h 30	700 m
28	$\varphi = 40^{\circ}55'N$ $G = 5^{\circ}05'E$	03.06	21 h 45	150 m	63	$\varphi = 44^{\circ}05'N$ $G = 8^{\circ}00'W$	01.07	00 h 30	500 m
29	$\varphi = 40^{\circ}55'N$ $G = 5^{\circ}05'E$	03.06	21 h 45	320 m	64	$\varphi = 44^{\circ}13'N$ $G = 7^{\circ}55'W$	01.07	02 h 00	450 m
30	$\varphi = 40^{\circ}55'N$ $G = 5^{\circ}05'E$	03.06	23 h 15	300 m	65	$\varphi = 44^{\circ}13'N$ $G = 7^{\circ}55'W$	01.07	02 h 00	600 m
31	$\varphi = 40^{\circ}55'N$ $G = 5^{\circ}05'E$	03.06	23 h 15	200 m	66	$\varphi = 44^{\circ}14'N$ $G = 7^{\circ}58'W$	01.07	04 h 00	150 m
32	$\varphi = 41^{\circ}30'N$ $G = 3^{\circ}42'E$	07.06	00 h 30	450 m	67	$\varphi = 44^{\circ}14'N$ $G = 7^{\circ}58'W$	01.07	04 h 00	300 m
33	$\varphi = 41^{\circ}30'N$ $G = 3^{\circ}42'E$	07.06	00 h 30	300 m	68	$\varphi = 45^{\circ}25'N$ $G = 7^{\circ}28'W$	02.07	03 h 15	450 m
34	$\varphi = 41^{\circ}30'N$ $G = 3^{\circ}42'E$	07.06	02 h 15	450 m	69	$\varphi = 45^{\circ}25'N$ $G = 7^{\circ}28'W$	02.07	03 h 15	600 m
35	$\varphi = 41^{\circ}30'N$ $G = 3^{\circ}42'E$	07.06	02 h 15	150 m					

ANNEXES



REPARTITION SPATIO-TEMPORELLE DES TRAITs EN ATLANTIQUE



REPARTITION SPATIO-TEMPORELLE DES TRAITs EN MEDITERRANEE

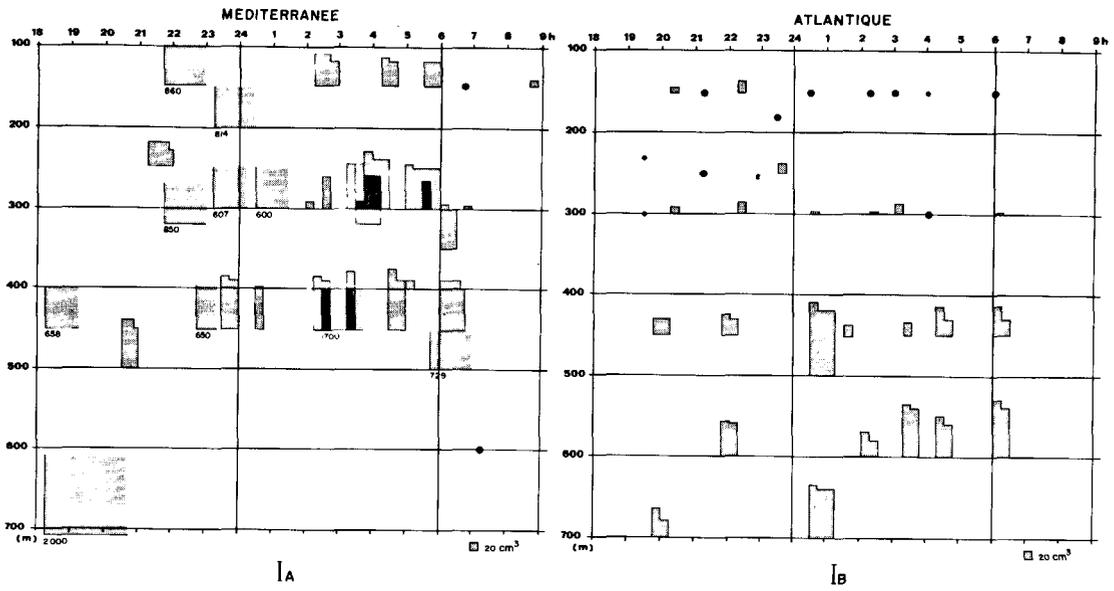
TABLEAU I B

Valeurs des biovolumes par profondeurs, heures et zone géographique

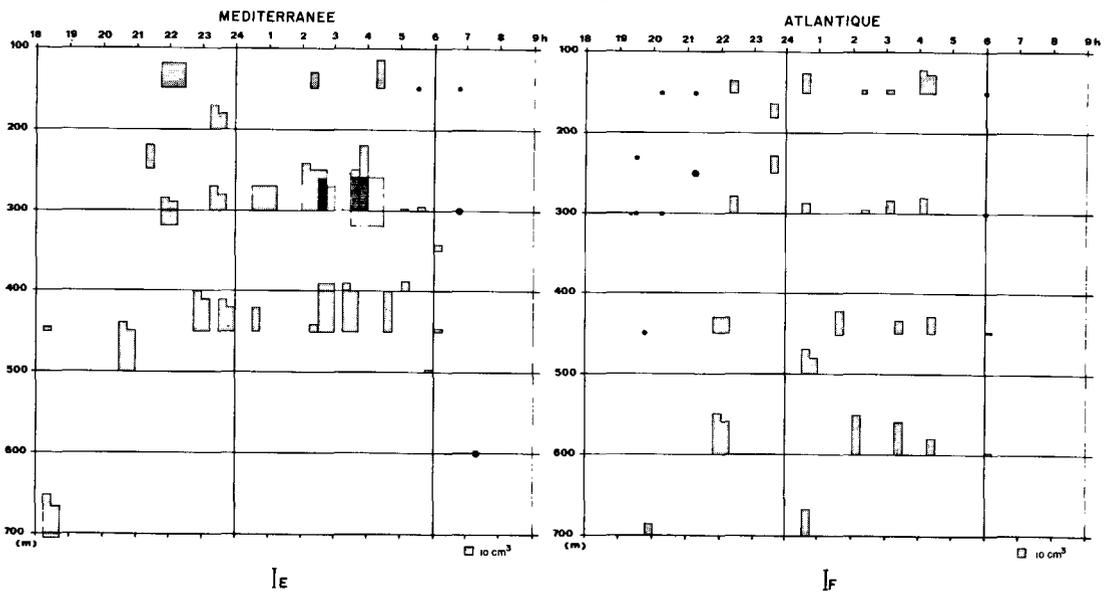
V : Biovolumes
Vm et VM : Moyenne des biovolumes

Prof. (m)	Heures	Atlantique										Méditerranée Nord				Méditerranée Sud				Méditerranée totale																
		n° IK	Poissons		Crevettes		Euphaus.		Macro.		n° IK	Poissons		Crevettes		Euphaus.		Macro.		n° IK	Poissons		Crevettes		Euphaus.		Macro.									
			V	VM	V	VM	V	VM	V	VM		V	VM	V	VM	V	VM	V	VM		V	VM	Vm	VM	Vm	VM	Vm	VM	Vm	VM						
100-200	20-22	53 61	9 5	7	0 5	2	14 50	32	14 +	7		28	85	85	90	90	45	45	860	860							85	90	45	860						
	22-24	48 39	48 45	46	15 18	16	45 1100	572	32 +	16		31	35	50	50	25	25	814								35	50	25	814							
	0-2	44	20	20	25	25	290	290	+	+		18	8	241	4											43	35	17	404							
	2-4	50	15	15	3	3	95	95	+	+		35	6	6	20	20	15	15	222	222						6	20	15	222							
	4-6	40 46	12 32	22	6 0	3	825 110	467	+	2										22	8	74	0	17	+	2	1	120 130	125	74	17	1	125			
	6-8	47	3	3	0	0	32	32	+	+										20	140	74	35	17	+	2	1	130	125	74	17	1	125			
200-300	18-20	36 37	+	+	0 0	0	+	+	0 0											24	15	15	0	0	+	+	15	0	+	+						
	20-22	52 60	9 20	14	0 +	+	30 100	65	16 +	8		29	150	150	65	65	190	190	850	850						150	65	190	850							
	22-24	38 49	14 26	20	22 22	22	60 6	33	25 27	26		30	18	18	51	51	45	45	607	607						18	51	45	607							
	0-2	45	80	80	13	13	260	260	5	5		39	8	90	8	33	23	23	90	90	8	8	600	600		23	42	90	50	8	41	600	410			
	2-4	51	45		5	5	120		3	3		02	2		158		15	15	18	18	15	55	60	80	+	+	1	380	190	47	88	4	147			
	4-6	41 67	65 105	85	17 20	18	75 15	45	25 +	12										16	12	26	2	3	5	+	3	410 70	240	26	3	3	240			
6-8	46	32	32	0	0	110	110	5	5										22	17	17	+	+	+	+	7	7	17	+	+	7					
400-500	18-20	43	10	10	0	0	160	160	81	81		26	19	19	6	6	10	10	658	658						19	6	10	658							
	20-22	55	105	105	40	40	30	30	92	92										8	150	150	110	10	4	4	250	250	150	110	4	250				
	22-24																			9	40	52	75	82	+	+	250	450	52	82	+	450				
	0-2	63	100	100	52	52	13	13	500	500	80	23	52	154	32	35	35	30	30	27	27	102	102				35	61	30	48	27	13	102	429		
	2-4	64 68	53 22	37	30 17	23	14 5	9	30 33	31			34	25	25	10	10	+	+	250	250	10	17	85	77	110 120	15	+	2	1	145 1700	922	60	80	+	698
	4-6	56	120	120	22	22	60	60	111	111			03	60	60	3	3	95	95	723	723	11	65	65	50	50	7	7	270	270	62	26	51	499		
6-8	59	110	110	2	2	40	40	113	113			12	50	50	5	5	1	1	350	350						50	5	1	350							
500-700	18-20	42	110	110	14	14	165	165	110	110		27	13	13	94	94	3	3	2000	2000						13	94	3	2000							
	20-22	54	180	180	90	90	90	90	165	165																										
	0-2	62	135	135	33	33	14	14	370	370	118	33	55	211												6	47	1	1000							
	2-4	65 69	100 125	48 40	44	44	37 14	25	103 250	176																										
4-6	57	100	100	20	20	82	82	182	182																											
6-8	58	60	60	2	2	26	26	266	266																											

MACROPLANCTON



CREVETTES



EUPHAUSIACES

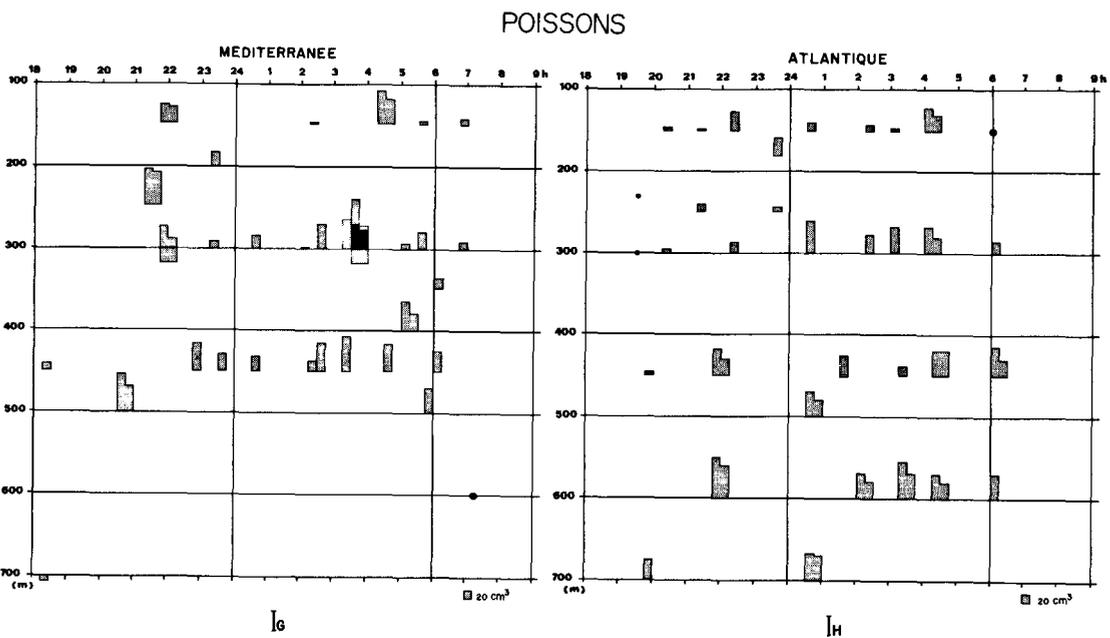
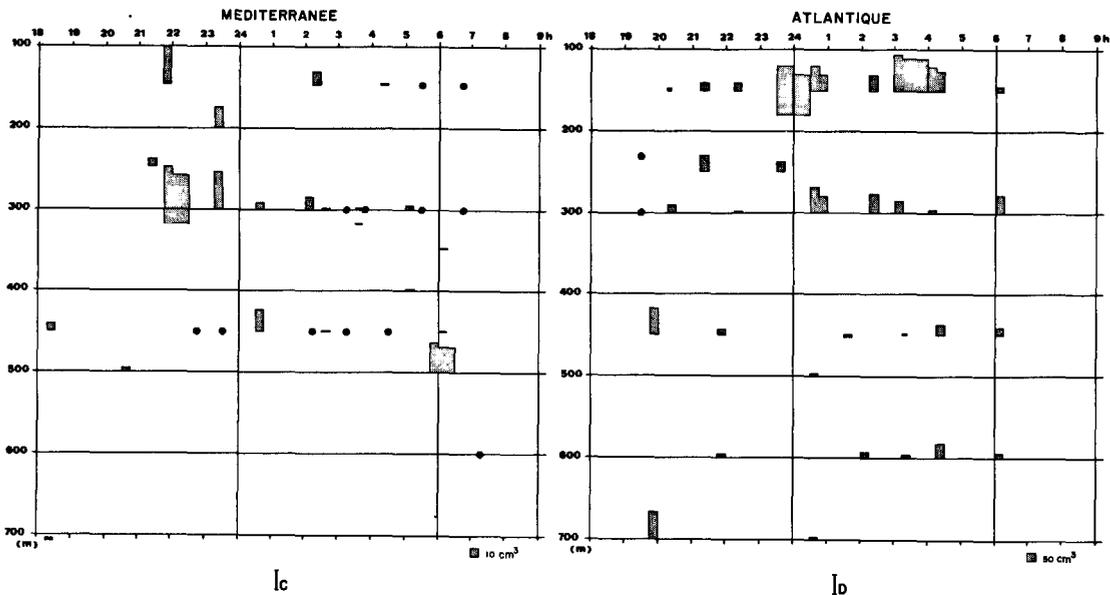
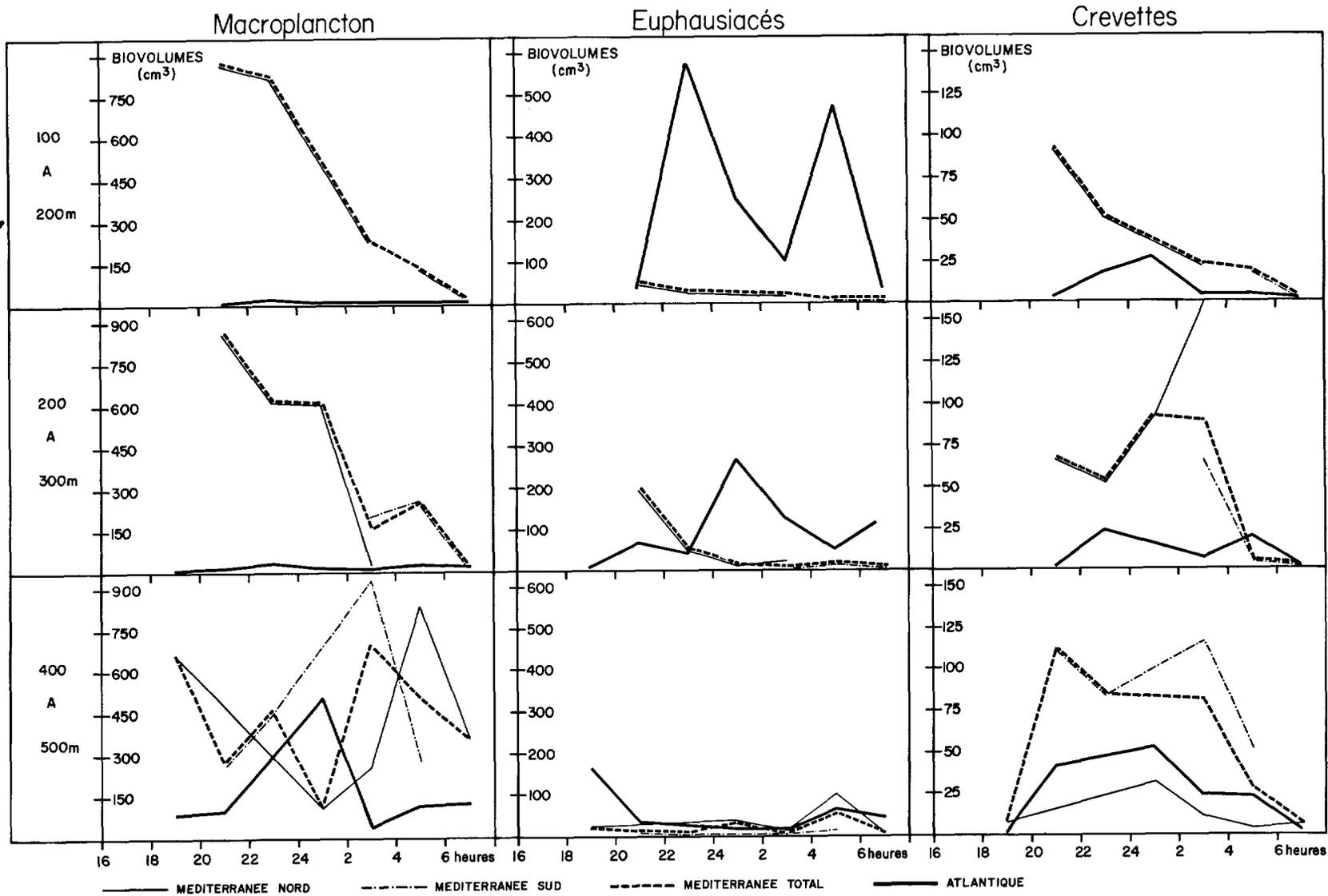


Planche I Répartition des différents biovolumes



COMPARAISON DES REPARTITIONS QUANTITATIVES ET BATHYMETRIQUES PAR ZONE GEOGRAPHIQUE ET PAR GROUPE

Planche II

REFERENCES

- AHLSTROM, E. H. and THRAILKILL, J. R., 1963. "Plankton volume loss with time of preservation". Rep. Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest., 10, 57-73.
- BANSE, K. and SEMON, D., 1963. "On the effective cross-section of the Isaacs-Kidd Midwater Trawl". Univ. Washington, Department of Oceanography, Technical Report n° 88, 9 p.
- BLACKBURN, M., 1968. "Micronekton of the eastern tropical pacific ocean : Family Composition, distribution, abundance and relations to tuna". U.S. Fish Wildl. Serv., Fish Bull., Vol. 67, n° 1, pp. 71-115.
- BLACKBURN, M., 1969. "Conditions related to upwelling which determine distribution of tropical tunas off western Baja California". U.S. Fish. Wildl. Serv., Fish Bull., Vol. 68, n° 1, pp. 147-176.
- CASANOVA, B., 1970. "Répartition bathymétrique des Euphausiacés dans le Bassin Occidental de la Méditerranée". Rev. Trav. Inst. Pêches Marit., 34 (2), 1970, pp. 205-219.
- GRANDPERRIN, R. et CABOCHE, C., 1968. "Aperçu sur l'action des procédés de conservation sur la biomasse d'organismes micronectoniques et macroplanctoniques". J. Cons. perm. int. Explor. Mer. 32, n° 2, pp. 209-215.
- LACOMBE, H., 1958. "Quelques éléments de l'extension des eaux méditerranéennes dans l'Atlantique". C.I.E.S.M., Rapp. et P.V., XIV, N. S., pp. 101-103.
- LE GALL, J. Y. et L'HERROUX M., 1971. "Les eaux méditerranéennes en Atlantique Nord-Est et la migration estivale des jeunes germons (Thunnus alalunga) : Corrélations apparentes".

- LEGAND, M., 1969. "Seasonal variations in the Indian Ocean along 110° E : VI. Macroplankton and micronekton biomass". Part V, Aust. J. mar. Freshwat. Res., 1969, 20, 77-84.
- LE FLOCH J., 1969. "Sur la circulation de l'eau d'origine méditerranéenne dans le Golfe de Gascogne et ses variations à courte période". Cah. océanogr., XXI, 7 (1969), pp. 653-661.
- MADLAIN, F., 1967. "Etude hydrologique au large de la peninsule ibérique". Cah. océanogr. XIX, 2 (1967), pp. 125-136.
- MARSHALL, N. B., 1954. "Aspects of deep-sea biology". Philosophical library . New-York, 380 pp.
- MAUCLINE, J., 1969. "The biology of Euphausiids". Adv. mar. Biol., 7, pp. 1-454.
- MICHEL A. et GRANDPERRIN, R., 1970. "Sélection du chalut Isaacs-Kidd 10 pieds". Marine Biology, 6, 200-212.
- RUUD, J. T., 1936. "Euphausiacea". Rep. dan. oceanogr. Exped., 1908-1910, Medit., 11 (6) : 86.
- SCOR-UNESCO, 1968. "Zooplankton sampling". Monogr. oceanogr. Meth. 2, 57-76 (1968).
- THIRIOT, A., 1967. "Couches diffusantes en Méditerranée Occidentale". Vie Milieu, Tome XVIII, (1-B), pp. 113-135.
- VOSS, G. L., 1966. "The pelagic mid-water fauna of the eastern tropical atlantic, with special reference, to the Gulf of Guinea". Actes Symposium I. C. I. T. A. -G. T. S., pp. 91-100.

LES EAUX MEDITERRANEENNES EN ATLANTIQUE NORD-EST ET LA MIGRATION
ESTIVALE DES JEUNES GERMONS (THUNNUS ALALUNGA) :
CORRELATIONS APPARENTES

par

Jean-Yves LE GALL et Michel L'HERROUX

Centre Océanologique de Bretagne - B. P. 337 - 29N, BREST

LES EAUX MEDITERRANEENNES EN ATLANTIQUE NORD-EST ET LA MIGRATION
ESTIVALE DES JEUNES GERMONS (THUNNUS ALALUNGA) :
CORRELATIONS APPARENTES ⁽¹⁾

par

Jean-Yves LE GALL et Michel L'HERROUX

Centre Océanologique de Bretagne - B. P. 337 - 29N. BREST

RESUME

Les auteurs retracent le schéma de l'extension, en Atlantique Nord-Est, du courant sous-marin issu de Méditerranée. Il est possible de superposer à ce trajet les voies empruntées par les jeunes thons blancs (Thunnus alalunga) pendant leur migration annuelle estivale. Le lien entre ces deux phénomènes dont le développement géographique est identique, est proposé par l'intermédiaire des relations trophiques du germon avec ses proies.

ABSTRACT

The authors, having assembled the measurements of physical oceanographers, have prepared a diagram of the deep-current issuing from the Mediterranean into the Atlantic North-East. It is possible to superimpose on this diagram the route used by the young albacore (Thunnus alalunga) during their annual summer migration. This correspondance suggests an inter-relation between the two phenomena provided by intermediate trophic levels.

(1) Résultats scientifiques de la Campagne du N. O. "Jean Charcot" en Méditerranée occidentale et proche atlantique, mai-juin-juillet 1970, publication n° 3.

INTRODUCTION

De très nombreux travaux d'Océanographie physique ont été consacrés à l'étude des eaux méditerranéennes qui passent en profondeur le Détroit de Gibraltar. Au cours de la mission Polymède du N. O. Jean Charcot (mai et juin 1970), une série de prélèvements au chalut pélagique Isaacs-Kidd, et des coupes hydrologiques simultanées à la bathysonde, ont révélé au large du Cap Finisterre une corrélation entre la présence des eaux sous-marines d'origine méditerranéennes et la concentration d'espèces macroplanctoniques et micronectoniques, lesquelles représentent un élément important dans l'alimentation des thons blancs (Thunnus alalunga Bonnaterre).

La profonde similitude entre le développement en Atlantique Nord-Est des eaux d'origine méditerranéennes et les voies empruntées par les jeunes germons pour leur migration estivale, permet de concevoir un lien entre ces deux phénomènes, par l'intermédiaire des relations entre le thon et ses proies.

APERCU HISTORIQUE DU PROBLEME DU DEVERSEMENT EN ATLANTIQUE DES EAUX MEDITERRANEENNES

A la suite des hypothèses anciennes et des premières mesures de températures (SMITH, 1684 ; DUMONT D'URVILLE, 1826 ; ARAGO, 1838), les preuves directes de l'existence d'un courant sous-marin déversant en Atlantique les eaux méditerranéennes furent apportées, il y a un siècle, par CARPENTER, en 1870 et 1871, et NARES en 1872. Les recherches à bord du "Challenger" ont ensuite montré que ce flux sous-marin exerce une grande influence sur la salinité et surtout la température des eaux de l'Atlantique Nord-Est (BUCHAN, 1895). Ce sont les résultats de NIELSEN (1907 et 1912) obtenus sur le "Thor" qui révèlent l'ampleur du phénomène. L'auteur évalue le débit de ces eaux sous-marines à $56\ 200\text{ Km}^3/\text{an}$; il explique leur trajet le long de la côte portugaise et leur situation bathymétrique (traduite par un maximum de température et de salinité). Il montre l'extension de ces eaux en les suivant avec certitude jusqu'au Sud-Ouest de l'Irlande, parfois jusqu'à Rockall, et même jusqu'aux Farøe. Des arguments supplémentaires furent apportés par HELLAND HANSEN et NANSEN en 1926. Le phénomène fut ensuite nié par de BUEN (1924 et 1926) qui, à la suite des travaux de SCHOTT (1927 et 1928) et de RAMALHO et DEUTINHO (1929) le long des côtes portugaises et à Gibraltar, admit une faible influence des eaux méditerranéennes qu'il pense localisées aux cuvettes du Golfe de Cadix (1932 et 1933). De nouvelles observations sur le problème du déversement des eaux méditerranéennes dans l'Atlantique furent faites par WUST (1936).

LE DANOIS (1934), dans sa théorie des "transgressions océaniques" pense que les eaux méditerranéennes passent en petite quantité le Déroit de Gibraltar et que : "les eaux interprétées comme eaux méditerranéennes par NANSEN et HELLAND HANSEN, ne sont, en réalité que des eaux atlantiques profondes à 35 pour 1 000". (p. 413-414).

Par la suite COOPER (1952) montra que dans le Nord des Iles Britanniques, au-dessous des eaux du Gulf Stream (0-600 m), se situent les eaux d'origine méditerranéenne. Les travaux exécutés par DEFANT (1955) l'amènent à conclure que les eaux les plus salées de l'Atlantique Nord-Est ont principalement pour origine les eaux méditerranéennes par l'intermédiaire du courant profond de Gibraltar et, que les processus de mélange de ces eaux ont une importance primordiale dans la constitution des différentes masses d'eau de cette partie de l'océan. A cette date (1955) TAIT confirme les observations de NIELSEN (1912), ayant plusieurs fois (1948, 1951, 1952) retrouvé ces eaux à forte salinité à la latitude des Iles Shetland.

Depuis lors, les missions pour l'étude physique du phénomène se sont multipliées. Dans le cadre de l'Année Géophysique Internationale 1957-1958 eurent lieu les campagnes des navires suivants : "Calypso" en 1957 et 1958 (LACOMBE et TCHERNIA, 1960 ; MADELAIN, 1967) ; "Crawford" en 1957 (FUGLISTER, 1960) ; "Discovery II" en 1958 (SWALLOW, 1969 ; TCHERNIA, 1959) ; "Helland Hansen" en 1958. La "Thalassa" effectua en 1959 des mesures hydrologiques dans le Déroit de Gibraltar (ALLAIN, 1964). Une campagne internationale eut lieu en 1961 à laquelle participaient plusieurs navires dont le "Helland-Hansen" (MOSBY, 1962 ; BOYUM, 1963) et l' "Originy" (PELUCHON, 1962).

En 1965 se développa le projet "Mediterranean Outflow" du Sous-Comité de Recherche Océanographique de l'O. T. A. N. Sept navires y participèrent : "Calypso" (LACOMBE, 1969) ; "Helland-Hansen" (BOYUM, 1967) ; "Origny" (HENROTTE-BOIS, 1969) ; "Job ha Zélian" ; "Mechelen" ; "RA 4" ; "Salvador Correia".

L'étude du déplacement de ces eaux dans le Golfe de Gascogne a été envisagée par le Laboratoire d'Océanographie Physique de la Faculté des Sciences de Rennes à bord du "Job ha Zélian" en 1963 et 1967 (LE FLOCH, 1968 et 1969). Les soviétiques ont également contribué à l'étude du phénomène (BUBNOV, 1967). Les américains HEEZEN et JOHNSON (1969) ont publié une étude reprenant les aspects topographiques, sédimentologiques, microphysiographiques et hydrologiques de la Baie de Cadix. L'allemand ZENK (1969) a soutenu une thèse sur ce flot méditerranéen à l'Ouest de Gibraltar. MADELAIN (1970) vient de publier les résultats de la mission "Gibraltar I" du Muséum National d'Histoire Naturelle.

Ce sont notamment les résultats de ces divers travaux qui ont conduit à la connaissance actuelle du phénomène. Cette connaissance demeure incomplète, particulièrement envers l'aspect évolutif saisonnier du déversement de ces eaux.

LE COURANT SOUS-MARIN DE MEDITERRANEE : SCHEMA DU PHENOMENE

Ce courant franchit sur le fond le Détroit de Gibraltar en amenant les eaux relativement plus chaudes et plus salées de la Méditerranée en Atlantique. Sa vitesse sur le seuil est de l'ordre de 100 cm/s. Son débit a été estim e par NIELSEN (1912) à 56 200 km³/an ; on admet aujourd'hui un débit de 10⁶ m³/s ce qui fait environ 30 500 km³/an. Cette eau plus chaude mais plus salée, et finalement plus dense, s'écoule vers l'Ouest sur le talus continental du Golfe de Cadix, selon un trajet de détail command e par le relief sous-marin. La veine d'eau s'enfonce sur la pente continentale jusqu'à 8  Ouest environ. Elle se trouve alors en équidensité, et quitte le fond (vers 1 200 m). L'écoulement Nord du Golfe de Cadix (le plus individualis e) possède une vitesse mesur e de 30 cm/s (SWALLOW, 1969). Le courant franchit le Cap St. Vincent et prend une direction Nord, direction qu'il conserve en longeant la côte ibérique. Le long de cette côte, l'eau méditerranéenne peut alors être caractérisée par une salinité supérieure à 35,70 ‰ et un σ_t de 27,76 (MADELAIN, 1967). Sa température est d'environ 12 . La présence de cette eau se traduit sur une coupe par un maximum de température et de salinité. L'hydrologie classique de l'Atlantique Nord énoncée par SVERDRUP, JOHNSON et FLEMING en 1946 (eau superficielle, eau centrale Nord-Atlantique, eau profonde, eau de fond) se trouve alors modifiée de la manière suivante (MADELAIN, 1967) :

- de 0  a 100 m, l'eau superficielle aux caractéristiques très variables ;
- entre 100 m et 600 m, l'eau centrale de l'Atlantique Nord possédant une température et une salinité décroissant entre 17  et 36,40 ‰  a 100 m et 11  et 35,50 ‰  a 600 m (valeurs limites). Cette eau est animée d'un courant faible portant au Sud Sud-Est probablement responsable de la remontée d'eau plus profonde le long de côte ibérique. ;
- sous cette zone se situe le courant méditerranéen entre 600 et 1 500 m (sauf contre le talus continental portugais où l'upwelling pr ec edent s'exerce. Alors, ces eaux plus salées remontent jusqu'à une profondeur de 350 m). Les caractéristiques de cette veine sont d'autant plus nettes que l'on s'approche de la côte. Ainsi ces eaux m editerran eenes s'écoulent vers le Nord le long du talus continental plaquées par la force de Coriolis avec une vitesse dont les estimations varient de 2 à 200 cm/s ; tandis que vers l'Ouest son influence se fait sentir d'une façon décroissante. Il existe une différence de densité très nette entre ces eaux et l'eau centrale Nord Atlantique situation s'opposant au mélange vertical. La position bathymétrique du maximum de salinité traduit une lente remontée des eaux m editerran eenes à mesure de leur progression vers le Nord (1 200 m à 37  N ; 1 100 m à 41  N ; 1 000 m à 43  N ; 850 m à 46  30' N).
- sous ce courant, entre 1 500 mètres et 2 500 mètres, se situe l'eau profonde Nord Atlantique. Sa salinité et sa température décroît entre 35,10 ‰ et 5  (1 500 m) et 34,95 ‰ et 3,2  (2 500 m). S'il y a différence nette de densité entre l'eau centrale Nord Atlantique et le courant méditerranéen, les densités sont ici très voisines. De ce fait, il y a influence prédominante vers le bas des eaux m editerran eenes amenant un réchauffement de l'eau profonde Nord

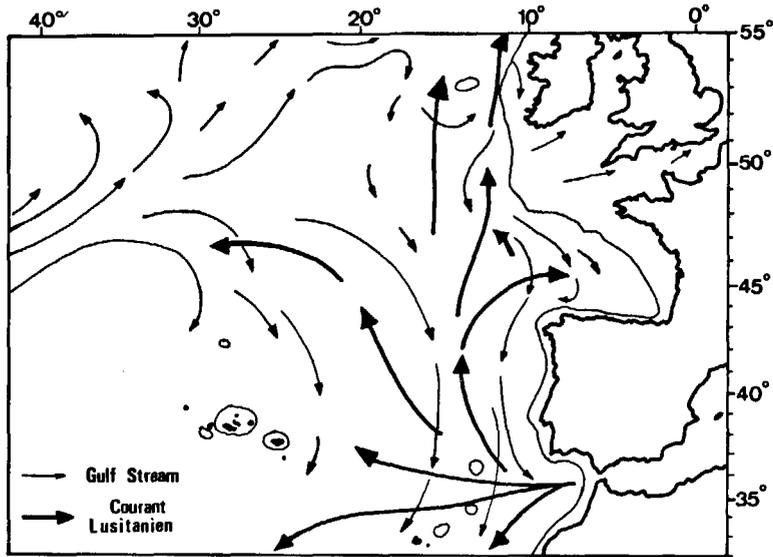


Figure 1 - Courants océaniques dans la région considérée (selon FRASER, 1961).

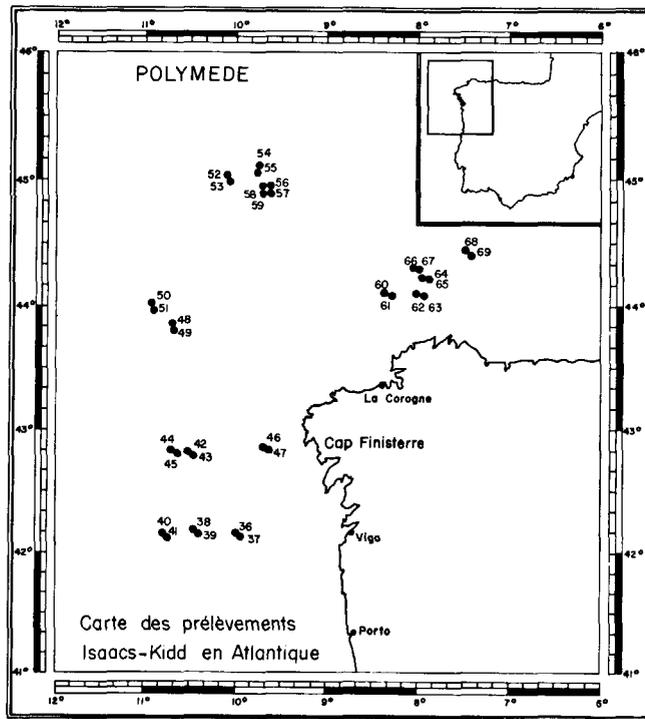


Figure 2 - Position des traicts de chalut pélagique effectués durant "Polymède" au large du Cap Finisterre.

Atlantique. En définitive, il y a une influence verticale de ces eaux jusqu'à 2 500 m et cela intéresse les fonds de l'Atlantique Nord-Est compris entre 600 m et 2 500 m.

- sous cette eau se situe l'eau de fond Nord Atlantique, c'est une eau présentant peu de variation de température (de 3,4° à 2,5°), et de salinité (de 34,97 ‰ à 34,90 ‰).

En ce qui concerne les eaux d'origine méditerranéennes leur trajet se dédouble aux environs de 42°N probablement par la présence du haut fond situé au large du Cap Finistère (42° 30' N et 11° 30' W). La branche Ouest continuerait son extension vers le Nord tout en gagnant vers la surface et en subissant la dilution. C'est de cette branche qu'il faudrait rapprocher l'influence lusitanienne (figure 1) signalée par FRASER (1955) à l'Ouest des Iles Britanniques (entre 12° et 16° de longitude Ouest). Dans le sens de cette division en deux branches viennent paraître les résultats de la mission Hydratlante I du "Jean Charcot" (sels nutritifs) par COSTE (1970). Ainsi sur une coupe N. W-S. E du Golfe de Gascogne l'on constate qu'entre 7° et 9° W environ se situe très nettement une zone où l'influence méditerranéenne est faible par rapport aux régions adjacentes (salinité, température, oxygène dissous). Cette région correspondrait à l'intervalle entre les branches de la fourche définie précédemment. La branche Est engendre entre le haut fond et le talus continental espagnol un transport d'eau vers le Nord se chiffrant à $0,18 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{s}$ entre 500 et 1 200 m (MADELAIN, 1967). Cette eau pénètre dans le Golfe de Gascogne avec une vitesse évaluée à 5-6 cm/s (LACOMBE, 1961) en longeant la côte espagnole jusqu'à 6° Ouest où elle prend une direction Nord-Nord Ouest (LE FLOCH, 1968 et 1969). Cet auteur donne des vitesses de 4 à 6 cm/s avec localement des valeurs de 10 à 15 cm/s (cette dernière vitesse ayant été mesurée par 47° 09' N et 6° W). Il montre également que ces eaux possèdent encore une salinité maximum voisine de 36 ‰ pour une température allant de 9 à 11° selon le taux de dilution. Ce pourcentage d'eau d'origine méditerranéenne (pour la couche intéressée : 600 - 1 500 m est de l'ordre de 50 ‰ dans l'écoulement le plus caractérisé ; mais peu de régions du Golfe possèdent une représentation inférieure à 40 ‰. Ce schéma montre que l'écoulement sous-marin des eaux d'origine méditerranéenne possède donc une grande extension. Un phénomène d'une telle ampleur peut avoir des répercussions biologiques importantes et variées.

DONNEES BIOLOGIQUES

Le phénomène physique malgré son extension, ne semble pas avoir retenu l'attention de nombreux biologistes. Pourtant, la parenté entre les faunes marines de la Méditerranée et de l'Atlantique Nord-Est est connue depuis longtemps. Ainsi : "le Déroit de Gibraltar ne représente pas une importante limite zoogéographique et par conséquent la faune méditerranéenne n'est pas une unité distincte mais fait partie d'un ensemble plus grand incluant les régions voisines de l'Atlantique", (EKMAN, 1953, p. 80). Ces régions voisines en Atlantique étant, au Sud la province mauritanienne et au Nord la province lusitanienne (que cet auteur limite à l'entrée de la Manche). Il est classique de reconnaître que l'Atlantique Nord-Est est caractérisé au Sud par une région "anormalement froide" (province mauritanienne avec "l'upwelling" marocain) et

au Nord par une région "anormalement chaude" (province lusitanienne). EKMAN (1953, p. 81) précise que "la température au Cap Blanc n'est en août que de 3° plus élevée qu'à l'entrée de la Manche" et que "ceci est la principale raison de la parenté entre la faune méditerranéenne et celle à l'Ouest des côtes européennes".

Les exemples d'espèces endémiques des deux régions considérées (Atlantique Nord-Est et Méditerranée) tant dans le domaine benthique que dans le domaine pélagique sont nombreux. Les raisons invoquées pour expliquer cette similitude de faune ont évolué dans le temps (Gulf Stream, extension du Benguela, transgression océanique,).

Nous pensons que l'extension en Atlantique du courant sous-marin issu de Méditerranée est directement responsable, pour une très large part, de cette répartition. Nos observations s'ajoutent à celles de FRASER (1952, 1955, 1961) lequel, en tenant compte de travaux antérieurs (notamment ceux de FURNESTIN, (1938) ; RUSSEL (1939) ; FLEURY (1953 et 1959) ; RAE (1953), définit la faune lusitanienne comme : "that Fauna which, originating in the outflow of the Mediterranean, has become modified by admixture with fauna from the area between the Azores and the Bay of Biscay". (FRASER, 1955, p. 4). Il s'agit là de la faune planctonique lusitanienne qu'il signale comme la plus densément répartie entre 12° et 16° de longitude Ouest et très raréfiée à l'Ouest de 16° 30'. FRASER insiste sur l'aspect variable de l'influence lusitanienne avec les années ; il donne également une liste des espèces indicatrices de ces eaux au large de l'Ecosse jusqu'au Nord-Est des Iles Hébrides en reconnaissant toute l'importance de cette influence au niveau des pêcheries du hareng.

Une prise de conscience relative à l'action de ce phénomène dans le Golfe de Gascogne semble s'être dessinée ces dernières années (DARDIGNAC, 1965 ; CASANOVA, 1967 et 1969 ; ABBES et QUERO, 1968).

Au cours de la mission Polymède du N. O. "Jean Charcot", 69 prélèvements ont été réalisés au chalut Isaacs-Kidd pour l'étude du micronecton, 35 d'entre eux ont été effectués en Méditerranée occidentale (au Nord et au Sud, le long du sixième méridien Est), et 34 en Atlantique au large du Cap Finistère (figure 2). Les résultats quantitatifs de ces prélèvements et la comparaison Méditerranée-Atlantique ont fait l'objet d'un travail distinct (LE GALL et L'HERROUX, 1971). Les travaux en Atlantique étaient associés aux travaux des physiciens sur l'extension des eaux méditerranéennes dans cette zone. Ainsi, des profils à la bathysonde ont été systématiquement effectués et les eaux méditerranéennes facilement localisées. Nous avons pu constater qu'elles abritaient un peuplement macroplanctonique important qui leur paraît inféodé. La figure 3 montre les différents biovolumes de macroplancton recueillis au cours de cette mission en Atlantique (b) et en Méditerranée (a) aux différentes profondeurs et aux différentes heures ; en regard, figure un profil hydrologique à la bathysonde (c).

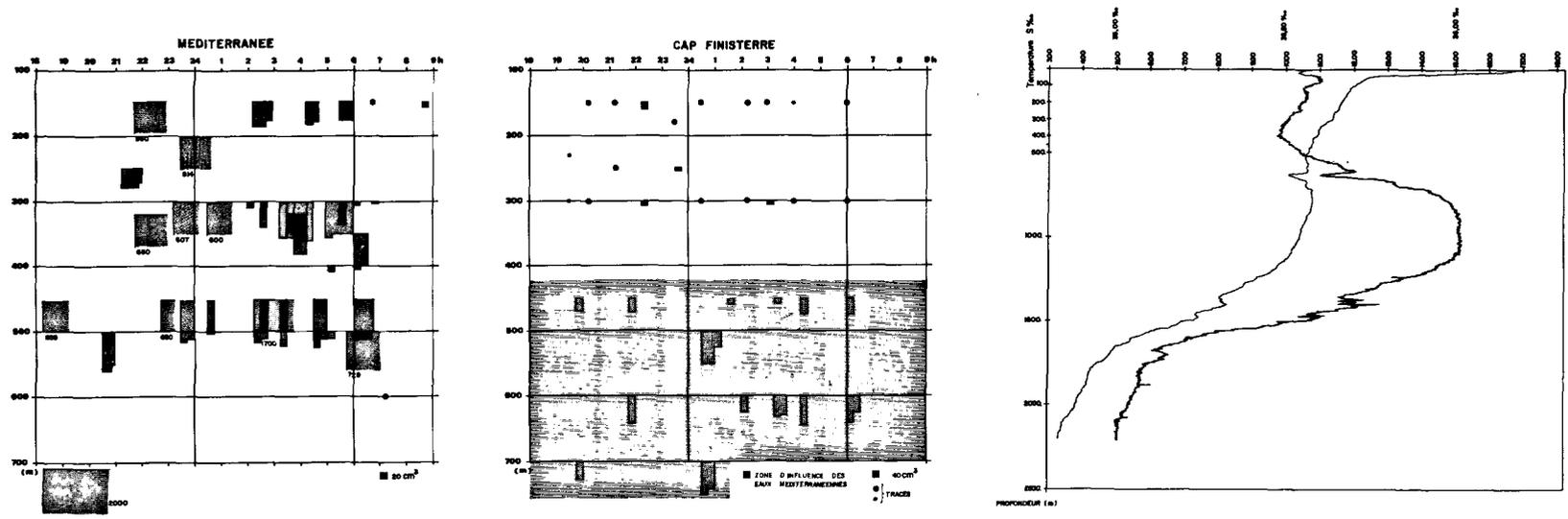


Figure 3 - Les biovolumes de macroplancton recueillis durant la mission "Polymède" aux différentes heures et aux différentes profondeurs (la profondeur de traict correspond à la limite supérieure des différents biovolumes).

- a) en Méditerranée
- b) au large du Cap Finisterre
- c) exemple de profil hydrologique à la bathysonde

Le macroplancton semble le seul groupe limité à cette couche plus salée et plus chaude. Toutefois les résultats obtenus sur les Euphausiacés (considérés ici comme le matériel le plus superficiel) montrent une richesse très importante de cette zone. De même le crabe pélagique Polybius henslowi Leach (espèce souvent récoltée en surface) s'est révélé très abondant au-dessus du courant sous-marin. Il est intéressant de noter ici les observations de DELLA CROCE (1961) donnant la répartition générale (figure 4) et saisonnière de ce crabe pélagique (d'avril à août au Sud du 38° Nord et de juillet à janvier au Nord du même parallèle). L'auteur après avoir rappelé la présence fréquente de cette espèce dans les estomacs du germon (Thunnus alalunga) et du thon rouge (Thunnus thynnus), remarque que des observations hydrologiques pourraient établir le rôle des courants dans la distribution de Polybius henslowi et montrer si l'apparition de ce crabe en surface au moment de la migration des thons coïncide ou non avec la variation saisonnière des conditions ambiantes.

En traçant le trajet de cette veine d'eau au large du Cap Finistère on constate finalement que les différents groupes composant le micronecton (Crevettes, Euphausiacés, Céphalopodes, Poissons) présentent entre 0 et 700 m un biovolume d'autant moins important que l'on s'éloigne du trajet de ces eaux. Il semble donc que ce courant sous-marin ait une influence étendue aux couches d'eau plus superficielles.

Plusieurs hypothèses, sur lesquelles nous reviendrons, peuvent être avancées pour expliquer cette richesse : morts massives d'animaux planctoniques d'où minéralisation importante ; concentration d'animaux du fait de la barrière nette de densité entre les eaux centrales Nord-Atlantique et l'eau méditerranéenne, etc...

La plus grande quantité de nourriture ainsi disponible dans cette colonne d'eau pourrait expliquer la présence saisonnière du germon dans cette région. Alors, sa migration, pourrait peut-être se faire à la faveur du déplacement des conditions favorables liées aux courants sous-marins d'origine méditerranéenne, d'une part vers le Sud-Ouest de l'Irlande, et d'autre part vers le Golfe de Gascogne.

LES EAUX MEDITERRANEENNES DANS L'ATLANTIQUE NORD-EST ET LA REPARTITION ESTIVALE DES JEUNES GERMONS

Comme nous l'avons vu précédemment, la pénétration des eaux méditerranéennes dans le Golfe de Gascogne a attiré très tôt l'attention des physiciens et déterminé l'organisation de nombreuses recherches hydrologiques. Nous avons été frappés par l'identité des voies de migration estivale des jeunes germons et le développement géographique des eaux issues du courant méditerranéen. Les figures 1, 5 et 6 résument cette première évidence. Au stade des investigations bibliographiques et des communications personnelles, nous disposons de deux éléments : d'une part les données des physiciens interprétées par un biologiste (FRASER)

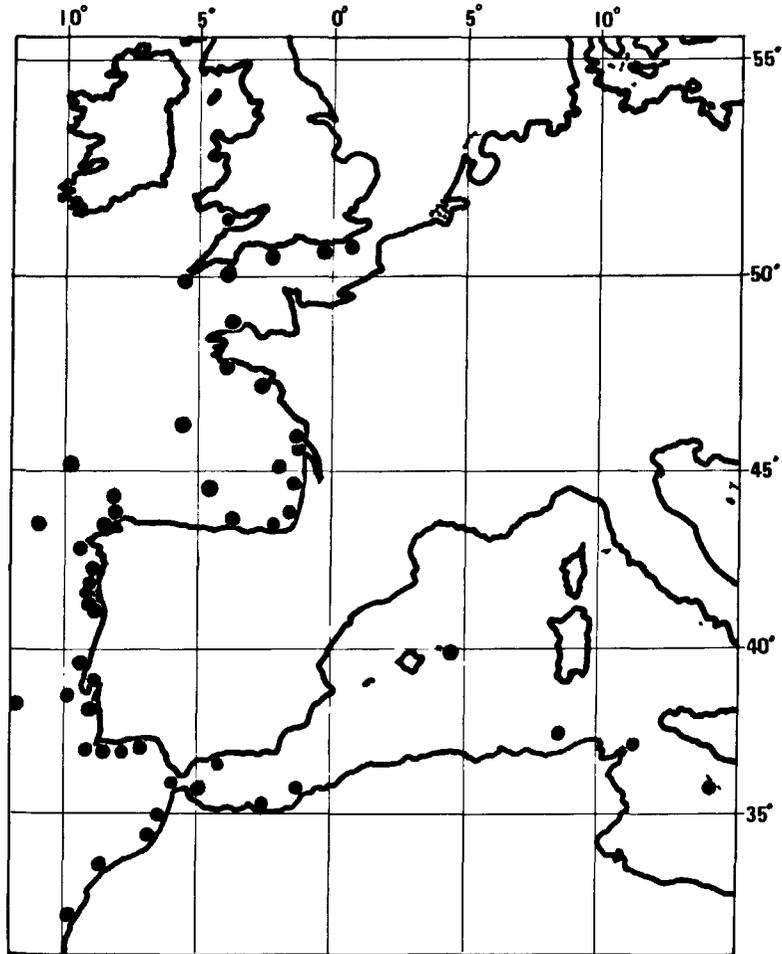


Figure 4 - Répartition géographique du crabe *Polybius henslowi*
(d'après DELLA CROCE, 1961).

d'autre part l'évolution saisonnière, relativement stable d'une année à l'autre, de la pêcherie de germons dans le secteur géographique intéressé par l'extension des eaux méditerranéennes (du Sud du Portugal au Sud-Ouest de l'Irlande, en couvrant tout le Golfe de Gascogne). Nous avons emprunté à DAO quelques cartes (figure 6) illustrant pour 1968 l'évolution de la flottille thonière. Sur ce plan nous admettrons que le taux de captures par les thoniers (ligneurs et canneurs) est un indice apparent d'abondance des thons. Partant de ce principe, nous pouvons considérer que les déplacements de la flottille thonière correspondent aux migrations de la (ou des) population(s) de germons et couvrent intégralement l'échelle de migration latitudinale estivale (Nord-Sud). Par contre on ne peut prétendre que la flottille couvre toute la zone géographique peuplée par les germons vers l'Ouest. L'autonomie des unités germonnières constitue en effet un facteur limitant à cet égard. La méthode classique d'investigation (présence bateaux = présence thons) doit donc être associée à des techniques plus objectives comme les marquages réalisés par l'I. S. T. P. M. depuis une dizaine d'années.

L'identité complète du comportement migratoire trans-océanique des germons (Thunnus alalunga) dans le Pacifique Nord (figure 7) et l'Atlantique Nord (CLEMENS, 1961 ; OTSU et UCHIDA, 1962 ; FLITTNER, 1967, BEARDSLEY, 1969, KOTO, 1969, etc...) nous a amené à porter une attention toute particulière aux travaux récents de BLACKBURN (1965-1970) et OWEN (1968) sur l'écologie du germon pacifique (jeune et adulte) le long des côtes américaines. Après des années de recherche sur ces problèmes BLACKBURN (1970, p. 150) peut énoncer les conclusions suivantes : "Rien n'indique que la température joue un rôle direct dans la détermination de la distribution en tâches des thons à l'intérieur de leurs limites de répartition". Partant de cette hypothèse, l'auteur a démontré que la quantité de nourriture disponible est responsable de cette distribution (bancs ou mattes). En d'autres termes, on peut dire que la température détermine les limites de la répartition et que la teneur en nourriture détermine la distribution à l'intérieur de ces limites cardinales.

La répartition des organismes micronectoniques, éléments déterminants de l'environnement trophique des germons, nous paraît donc être le moyen de connaître les voies de migration estivale de ces jeunes animaux depuis les côtes de la Péninsule Ibérique jusqu'aux accores du plateau de la Mer Celtique.

Afin de vérifier cette hypothèse de travail (la dispersion des eaux méditerranéennes dans l'Atlantique Nord-Est est un facteur déterminant pour la migration des jeunes thons) il nous faut examiner tour à tour les résultats des travaux entrepris par d'autres chercheurs dans la région intéressée.

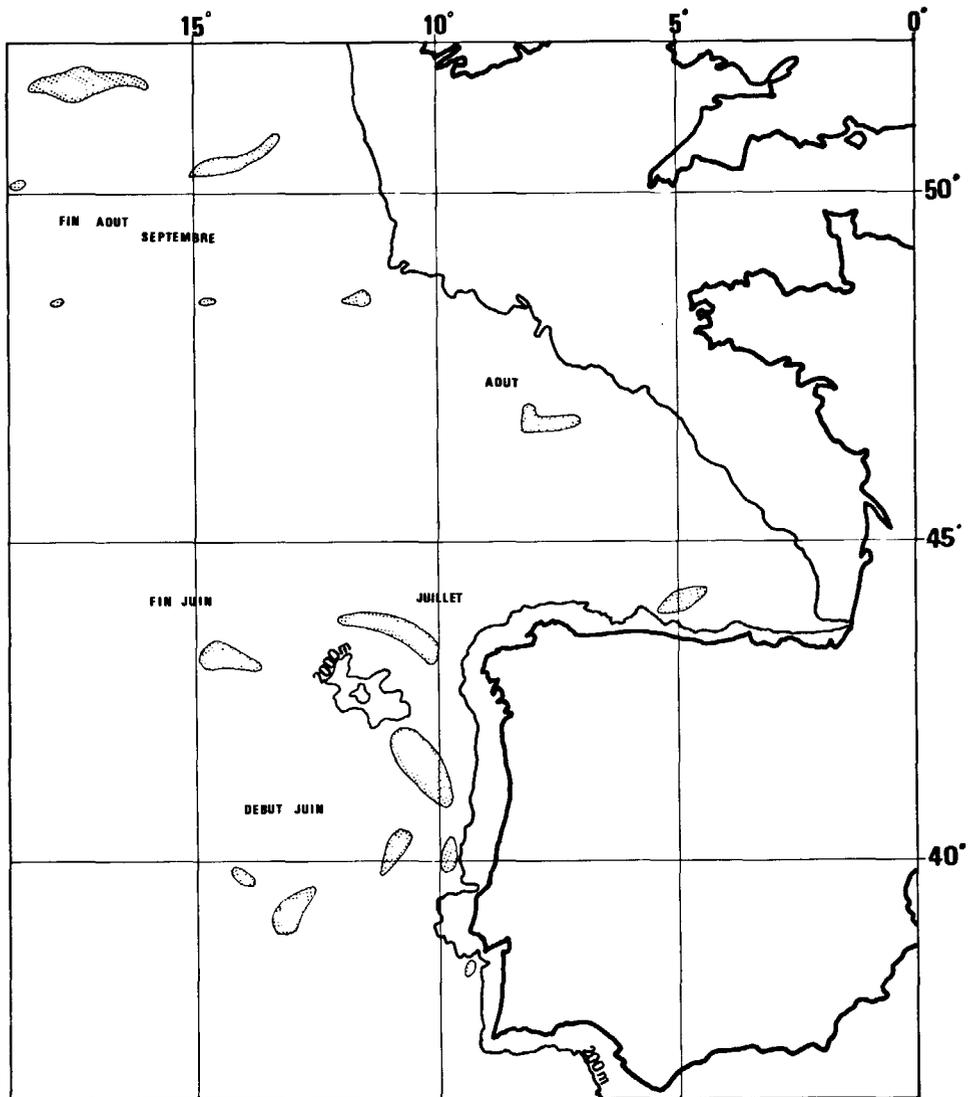


Figure 5 - Observations faites sur le germon à bord de la "Thalassa" et de la "Pelagia" pendant la saison 1968 : concentrations découvertes et leur évolution (d'après ALLAIN et ALONCLE, 1970).

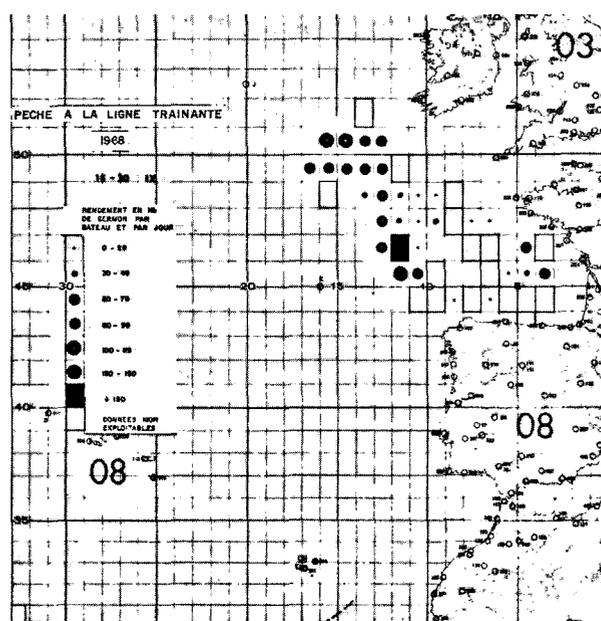
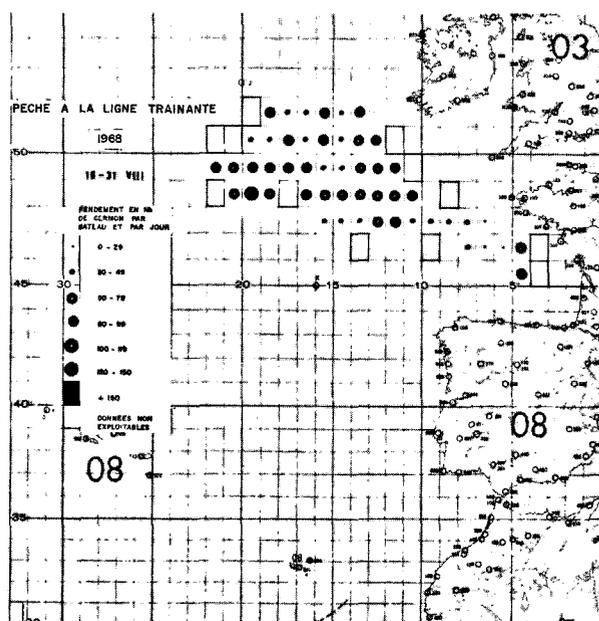
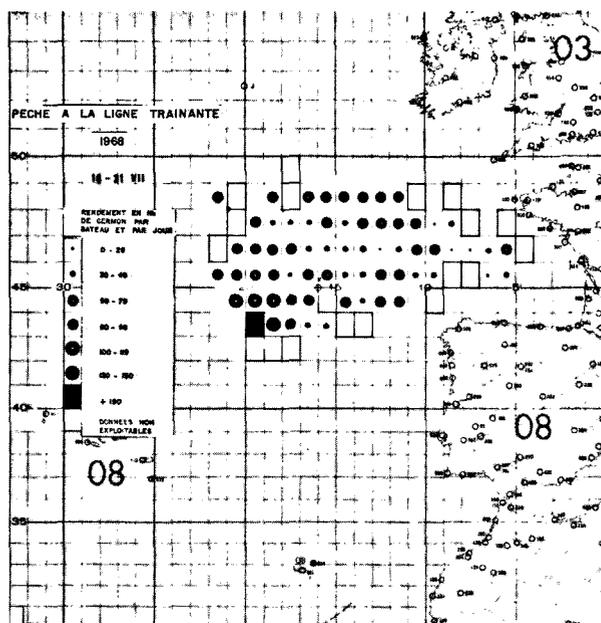
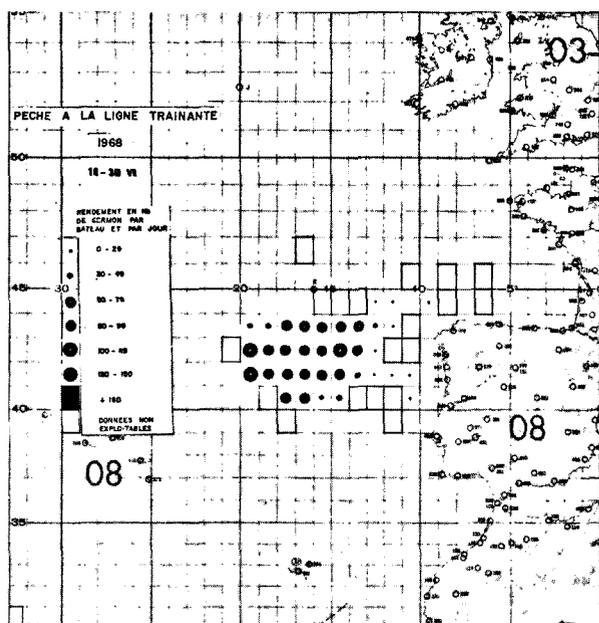


Figure 6 - Evolution et rendement de la flottille thonière (ligneurs) en 1968, à partir des carnets de pêche de 120 thoniers (d'après DAO).

A - Etudes planctonologiques

1/ Qualitatives : Suivant les travaux de FRASER entrepris au niveau de l'Ecosse et de la Mer Celtique, CASANOVA (1967 et 1969) reconnaît dans les prélèvements du Golfe de Gascogne qu'il a réalisés entre 800 et 1 000 mètres les représentants d'une communauté chaude (lusitanienne). Il distingue à l'intérieur de cet ensemble : "deux catégories d'organismes, les uns apportés par le courant issu de Méditerranée et les autres, de loin les plus nombreux, dont la présence est favorisée, sinon conditionnée, par ce courant". (CASANOVA, 1967, p. 6). Le flux d'eau méditerranéenne paraît donc pour cet auteur un facteur d'enrichissement et de diversification de la faune pélagique du Golfe de Gascogne.

2/ Quantitatives : ARBAULT et LACROIX-BOUTIN (1970) viennent de publier les résultats obtenus pendant quatre années de mesures volumétriques de plancton total dans le Golfe de Gascogne. Au long de ces quatre années de prospection, il est remarquable de noter qu'en dehors des zones littorales enrichies par les apports cotiers (au large des embouchures de la Loire et de la Gironde), les zones les plus riches en plancton (figure 8) se situent sur le trajet des eaux méditerranéennes profondes : côte cantabrique Nord-espagnole et accores du plateau continental au large de la pointe de Bretagne. De plus, on peut retenir qu'il n'y a pas de relations évidentes entre la température de surface et la distribution du plancton. Par contre, toujours selon ces mêmes auteurs, on note que pour les trois années 1964, 1965, 1967, les volumes de plancton récoltés, les plus importants, se localisent dans les eaux de 17 à 19°. Le rapprochement de ces deux observations signifierait que la microdistribution des températures de surface ne joue pas un rôle important dans la distribution du plancton, mais, par contre, les températures de 17 à 19° qui sont celles des eaux à germons, sont des températures favorables à la production maximum du plancton. Ceci tend par conséquent à diminuer l'importance du rôle joué par les fronts thermiques superficiels dans la répartition des germons et se place dans le sens des conclusions de BLACKBURN (1969) qui n'a jamais trouvé de différences significatives entre les concentrations de plancton de part et d'autre des fronts thermiques.

B - Les résultats de marquages

Nous avons rassemblé les résultats des recaptures de germons marqués publiés par LETACONOUX (1963) ; ALLAIN (1967) ; ALLAIN et ALONCLE (1968) ; ALONCLE et DELAPORTE (1969) ; et avec ces résultats construit la carte suivante (figure 9). Malgré le faible nombre de recaptures ALLAIN et ALONCLE avaient en 1968 noté que la migration à partir de la zone de marquage (40° N et 10 à 11° W) semble s'opérer selon deux directions préférentielles : celle des accores du plateau aquitainien et celle des accores du plateau celtique, à partir du Nord-Ouest de la Galice. Cette divergence peut s'expliquer facilement si l'on considère avec les résultats de ces marquages, le trajet des eaux méditerranéennes. C'est ce qui est représenté figure 9. La direction suivie par les thons pour rejoindre les accores du plateau aquitainien correspond à la branche Est (qui longe la côte cantabrique) de la veine d'eau méditerranéenne.

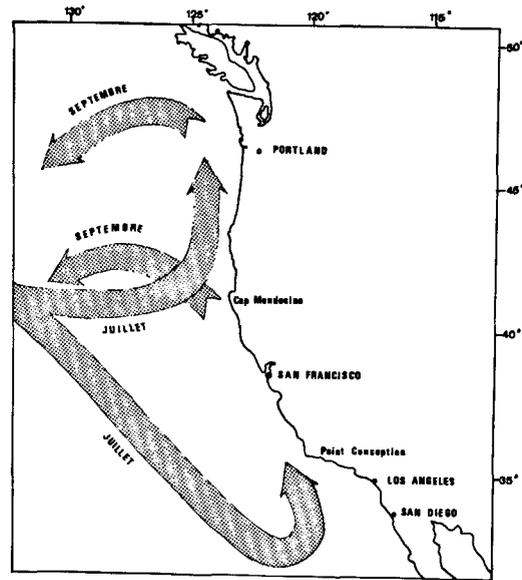


Figure 7 - La migration du germon dans le Pacifique (d'après FLITTNER, 1967).

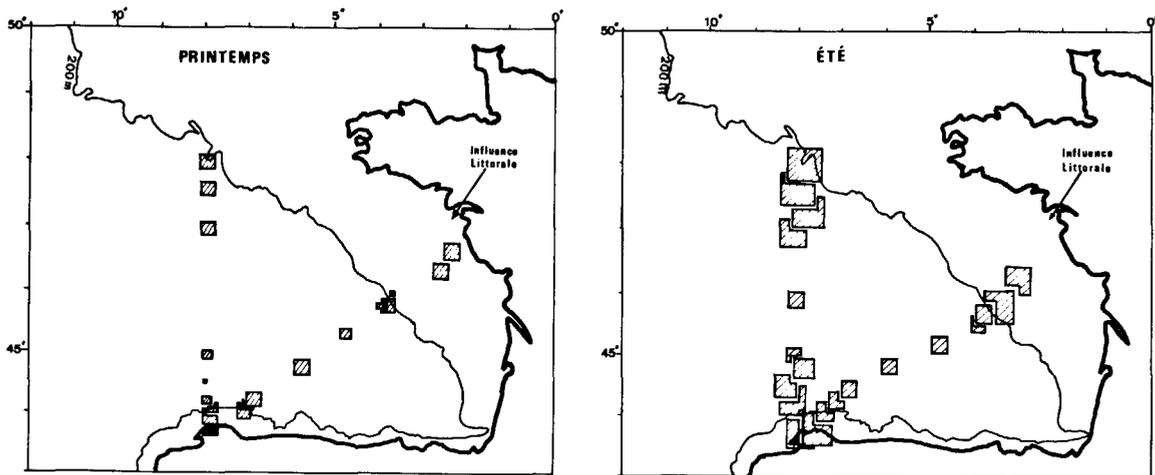


Figure 8 - Répartition quantitative du plancton dans le Golfe de Gascogne (selon ARBAULT et LACROIX-BOUTIN, 1970).

La seconde direction dominante, soit celle qui conduit les thons vers les accores du plateau celtique correspond cette fois au déplacement vers le Nord de l'ensemble de la masse d'eau méditerranéenne. Celle-ci se mélange à l'eau profonde Nord-Atlantique et gagne lentement sous les eaux de la dérive Gulf Stream jusqu'au Nord de l'Ecosse (voir p. 29). FRASER a déjà en 1955 émis l'hypothèse selon laquelle ces eaux méditerranéennes pourraient à cette latitude très nordique influencer sur la répartition des températures de surface.

Tentative d'explication du phénomène :

De ces arguments expérimentaux (campagne Polymède) et bibliographiques (hydrologie, planctonologie, marquages, ..) découle l'hypothèse de travail suivante : le flux sous-marin d'eau méditerranéenne remontant à partir de Gibraltar vers les accores des plateaux continentaux aquitain et celtique joue un rôle déterminant dans la migration des jeunes germes de juin à octobre. La corrélation essentiellement trophique, s'effectue selon nous par le biais des migrations nycthémerales du micronecton. Ces migrations, à partir des eaux méditerranéennes situées sous la couche d'eau habitée par le thon mettent pendant la nuit à la disposition de celui-ci une nourriture importante, ceci malgré l'éventuelle "frontière" thermoclinale (nous pensons qu'une localisation rigoureusement suprathermoclinale n'est réalisée que pendant le jour). Nous trouvons dans LEGENDRE (1934-1936) et BOUXIN et LEGENDRE (1940) parmi les Myctophidae, Sternoptychidae, Sergestidae, Peneidae, Oplophoridae, Pasiphaeidae, etc. . . de très nombreux exemples d'espèces micronectoniques profondes de jour et qui remontant la nuit jusque vers 150 mètres sont récoltées dans les estomacs de germes. A propos de Parapasiphae sulcatifrons Smith l'auteur fait remarquer (1940, p. 235) que cette espèce : "pose le problème des profondeurs auxquelles ces décapodes se tiennent ou entre lesquelles ils se déplacent. . .". Ainsi les eaux d'origine méditerranéenne pourraient influencer malgré leur niveau bathymétrique (500-1 500 m), sur les populations de poissons pélagiques. Cela d'autant plus que le concept classique de pauvreté du domaine pélagique méditerranéen est à revoir au niveau trophique élevé des consommateurs micronectoniques (LE GALL et L'HERROUX, 1971) ; pour les bassins centraux Nord et Sud de la Méditerranée occidentale et encore plus dans les régions privilégiées du Golfe de Gênes et la Mer d'Alboran (BOUCHER J., DE BOVEE, F. et THIRIOT A. en préparation).

Cette interprétation nous permet d'expliquer la limitation des thons aux accores des plateaux continentaux. En effet, quand la profondeur devient inférieure à celle où se tiennent les proies pendant le jour, celles-ci disparaissent. Des prélèvements au chalut Isaacs-Kidd effectués à bord de la "Pélagia" en octobre 1970 ont révélé l'extrême raréfaction du micronecton au-dessus des fonds à partir de 500 m (nous pensons par ce biais pouvoir préciser le niveau bathymétrique diurne des différentes espèces). De ce fait, au-dessus du plateau continental, la nourriture disponible est insuffisante pour supporter une concentration importante de thons. BLACKBURN (1970) vient de faire remarquer l'attrait constitué par les hauts fonds et les bancs rocheux sur les bancs de thons intertropicaux.

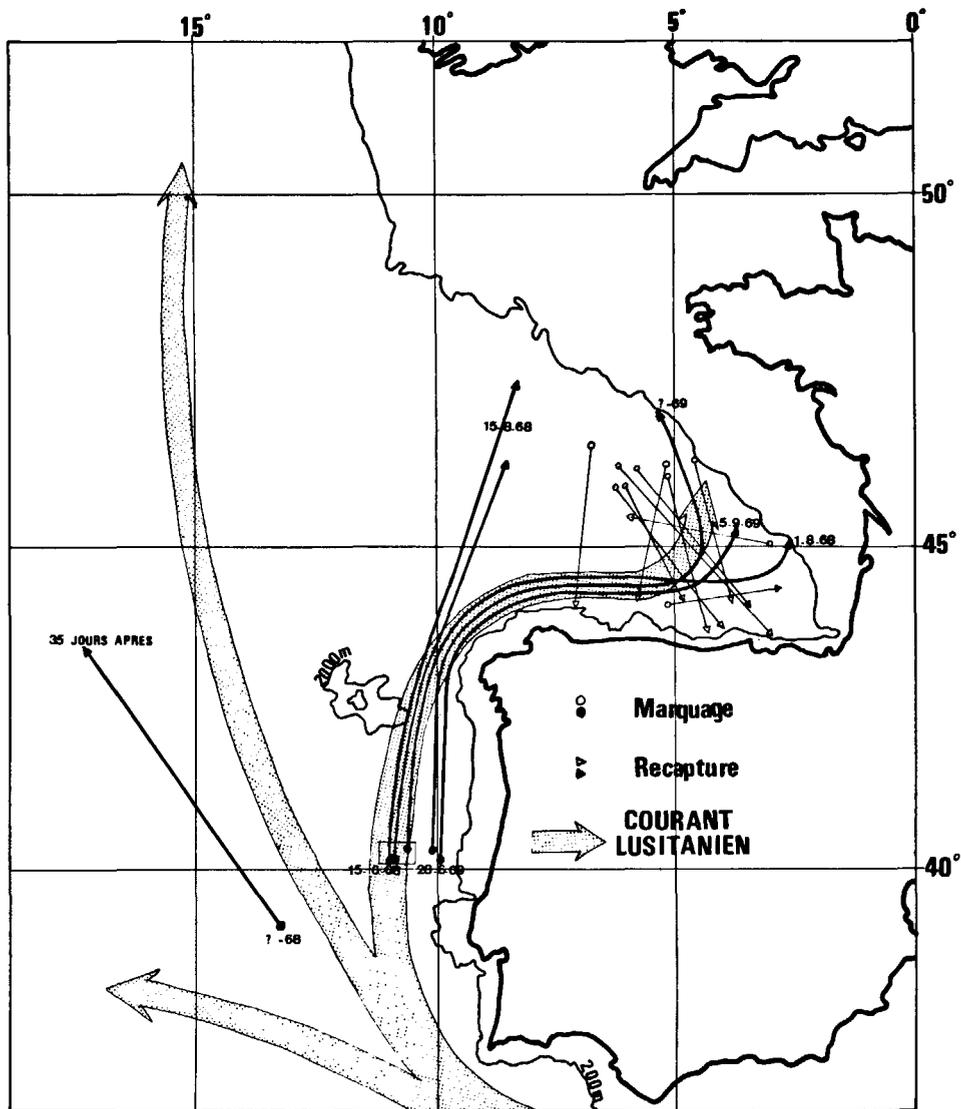


Figure 9 - Résultats des divers travaux de marquages sur des jeunes germons dans la région intéressée (d'après plusieurs auteurs).

L'explication de la plus grande richesse du secteur considéré peut être trouvée dans les conséquences de la rencontre d'eaux à caractéristiques très différentes, soit en favorisant au niveau de l'interface la concentration de nombreux organismes planctoniques (HARDER, 1968), soit en entraînant des mortalités massives d'où une minéralisation importante et la présence de matière organique particulière ...

L'on sait d'autre part que le courant superficiel portant au Sud le long de la côte ibérique (voir p. 27) engendre au sein de l'eau centrale Nord-Atlantique une remontée des eaux les plus en profondeur (MADELAIN, 1967). S'il ne s'agit pas là de remontée d'eau profonde ou d'eau de fond, il s'agit cependant d'eau plus froide et plus riche en sels minéraux.

Enfin, FRASER (1961) a très clairement expliqué les relations éphémères qui peuvent exister entre des faunes appartenant à des masses d'eau différentes situées les unes au-dessus des autres. Rappelons également que cet auteur s'intéressait au pélagos bathypélagique qu'il définit comme les animaux dont l'habitat naturel durant le jour se situe au-dessous de 150-200 m au moins. FRASER (p. 3) a énoncé comme principe de base que "les masses d'eau Nord-Est Atlantique à différentes profondeurs ont des origines différentes et abritent des faunes planctoniques qui peuvent être très aisément reconnues. La situation est compliquée par les migrations verticales nycthémerales de telle façon qu'un organisme zooplanctonique d'une masse d'eau située profondément (son habitat naturel) pendant le jour peut se trouver à la surface ou près de la surface pendant la nuit, éventuellement dans une masse d'eau présentant des caractéristiques très différentes et pouvant se déplacer dans une direction très différente. Il y a ainsi de très nombreux exemples d'espèces bathypélagiques, ex. : Myctophidae, Stomiatidae, etc... que l'on trouve en surface durant la nuit sans aucune relation possible avec quelques remontées d'eau profonde". Ces quelques lignes s'appliquent très bien à la situation qui nous intéresse aussi bien en ce qui concerne les masses d'eau que le matériel biologique (micro-necton).

CONCLUSION

C'est au large de la côte ibérique que l'influence des eaux méditerranéennes est la plus marquée. Ceci expliquerait la pêche intensive des germons en début et en fin de saison sur une zone géographique réduite. Le déplacement des conditions favorables en cours de saison entraînerait la migration vers le Nord où, du fait de la division et de la dilution de ce courant, l'on assiste à la dispersion de la flottille thonière sur une grande superficie.

Si cette hypothèse se vérifie, c'est probablement en liaison avec l'étude du débit de ce courant sous-marin et de ses irrégularités (et finalement de l'histoire météorologique saisonnière de la Méditerranée occidentale) qu'il faudra rechercher les causes des variations dans le lieu (au large du Portugal) et dans la date (du début à la fin juin) du début de la saison de pêche au thon.

REFERENCES

- ABBES, R. et QUERO, J. C., 1968. Analyse de quelques pêches pélagiques profondes dans le Golfe de Gascogne (Annélides, Céphalopodes, Crustacés Décapodes, Poissons). Communication Cons. perm. int. Explor. Mer, L : 18.
- ALLAIN C., 1964. L'hydrologie et les courants du Déroit de Gibraltar pendant l'été de 1959. Rev. Trav. Inst. Pêches marit., vol. 28, n° 1, pp. 3-102.
- ALLAIN, C., 1967. Etude sur le comportement du germon en fonction des conditions hydrologiques. Sci. Pêches, n° 164 et 165, pp. 1-16.
- ALLAIN, C. et ALONCLE, H., 1968. Migration du germon en fonction des variations thermiques du milieu entre le secteur portugais et le SO de l'Irlande. Sci. Pêches, n° 176, 15 p.
- ALONCLE, H. et DELAPORTE, F., 1970. Rythmes alimentaires et circadiens chez le germon. Thunnus alalunga. Rev. Trav. Inst. Pêches marit., vol. 34, n° 2, pp. 171-194.
- ARAGO, F., 1838. Instructions concernant la météorologie et la Physique du Globe. C. R. Ac. Sc. Paris, VII, p. 206.
- ARBAULT, S. et LACROIX-BOUTIN, N., 1970. Quatre ans de mesures volumétriques de plancton total dans le Golfe de Gascogne. Rev. Trav. Inst. Pêches marit., vol. 34, n° 1, pp. 59-68.
- BEARDSLEY, G. L., 1969. Proposed Migrations of Albacore, Thunnus alalunga, in the Atlantic Ocean. Trans. Amer. Fish. Soc., Vol. 98, n° 4, pp. 589-598.
- BLACKBURN, M., 1965. Oceanography and the ecology of tunas. Oceanogr. Mar. biol. Ann. Rev., 3, pp. 299-322.
- BLACKBURN, M., 1970. Conditions related to opwelling which determine distribution of tropical tunas off western Baja California. U.S. Fish Wildl. Serv. Fish. Bull., vol. 68, n° 1, pp. 147-176.

- BLACKBURN, M., LAURS, R. M., OWEN, R. W. et ZEITZSCHEL, B., 1970. Seasonal and areal changes in standing stocks of phytoplankton, zooplankton and microneckton in the easter tropical Pacifique. Mar. biol., vol. 7, n° 1, pp. 14-31.
- BOUCHER, J., DE BOVEE, F. et THIRIOT, A., 1970. Résultats biologiques de la campagne Polymède : Plancton et micronecton de la couche photique (en prépatation).
- BOUXIN, J. et LEGENDRE, R., 1936. La faune pélagique de l'Atlantique recueillie dans les estomacs de Germon au large du Golfe de Gascogne. Deuxième partie : Céphalopodes. Annls Inst. océanogr., Monaco, vol. 16, fas. 1, pp. 1-99.
- BOYUM, G., 1963. Hydrology and currents in the area west of Gibraltar. Results from the "Helland-Hansen" expedition, may-june 1961. Bergen Geophysical Institute, 27 p. (NATO sub-committee on oceanographic research).
- BOYUM, G., 1967. Hydrological Observations of the M/S "Helland-Hansen" and Current measurement in the area west of Gibraltar. May 1965. NATO Sub-Comm. on Oceanogr. Res. Techn. Report n° 7, fasc. 4.
- BUBNOV, B. A., 1967. Vertical turbulent exchange and transformation of Mediterranean water in the Atlantic. Oceanologia, vol. 7, n° 4, pp. 456-460.
- BUCHAN, A., 1895. Report on Oceanic Circulation based on the observations made on board H. M. S. "Challenger" and other observations. "Challenger" Reports Summary of Results, 2, A pp. 8.
- CARPENTER, W. B., JEFFREYS, J. G. et THOMSON, W., 1870. Preliminary report of the Scientific Exploration of the Deep-Sea in H. M. Surveying-vessel "Porcupine" during the Summer 1869. Proc. roy. Soc., vol. 18, p. 397.
- CARPENTER, W. B. et JEFFREYS, J. G., 1871. Report on Deep Researches carried on during the months of july-august and september 1870 in H. M. Surveying Ship "Porcupine". Proc. roy. Soc., vol. 19, p. 146.
- CASANOVA, J. P., 1967. Analyse de quelques pêches planctoniques profondes dans le Golfe de Gascogne. Communication Cons. perm. int. Explor. Mer, L : 9.
- CASANOVA, J. P., 1969. Remarques écologiques sur quelques pêches planctoniques profondes des côtes atlantiques ouest-ibériques. Communication Cons. perm. int. Explor. Mer, L : 11.
- CLEMENS, H. B., 1961. The migration, age, and growth of Pacific albacore (Thunnus germo), 1951-1958. Calif. Dept. Fish. Game, Fish. Bull. 115, 128 p.

- CLEMENS, H. B., 1963. A model of albacore migration in the North Pacific Ocean. FAO Fish. Rep., -(6), vol. 3, pp. 1537-48.
- COOPER, L. H. N., 1952. The physical and chemical oceanography of the water bathing the continental slope of the Celtic Sea. J. Mar. biol. Ass. U.K., vol. 30, pp. 465-510.
- COSTE, B., 1970. Résultats de la mission Hydratlante I du Jean Charcot. Sels nutritifs. Tethys vol. 2, n° 1, pp. 3-18.
- DAO, J. C., 1970. Etat du stock de Germons du Golfe de Gascogne. Commission Internationale pour la Conservation des Thonidés de l'Atlantique. MADRID 1970.
- DAO, J. C. Recherches entreprises sur le Thon blanc. Publication CNEEXO (en préparation).
- DARDIGNAC, J., 1965. Les eaux méditerranéennes dans le Golfe de Gascogne. Communication Cons. perm. int. Explor. Mer, Doc n° 158, Cté hydrographique.
- DE BUEN, R., 1924. Quelques observations sur le régime des courants du détroit de Gibraltar. C. R. Ac. Sc. Paris, t. CLXXVII, p. 1146.
- DE BUEN, R., 1926. Résultats des investigations espagnoles dans le Détroit de Gibraltar. Rapp. P. V. Réun. cons. perm. int. Explor. Mer, vol. 44.
- DE BUEN, R., 1932. Régime hydrologique dans la Mer d'Espagne et sur la côte portugaise en 1932. Rapp. P. V. Réun. cons. perm. int. Explor. Mer, vol. 87.
- DE BUEN, R., 1933. Contribution al estudio del relieve del estredro de Gibraltar. Notas Resúm. Inst. esp. Oceanogr., 2, 66.
- DEFANT, A., 1955. Die Ausbreitung des Mittelmeerwassers im Nordatlantischen Ozean. Deep-Sea Res., 3, Suppl. Pap. mar. Biol. Oceanogr., pp. 465-470.
- DEFANT, A., 1930. Die Bewegungen und der thermohaline Aufbau der Wassermassen in Meerestrassen. Sber. Akad. Wiss. Wien, phys. math., 14, pp. 2-20.
- DELLA CROCE, N., 1961. Considerazioni su *Polybius henslowi* Leach (Crustacea Brachyura). Bull. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova, vol. 31, n° 182, pp. 5-13.
- EKMAN, S., 1953. Zoogeography of the Sea. Sidgwick and Jackson. London.
- FLEURY, J., 1953. Plancton capturé au large des côtes de la Péninsule Ibérique. Annls biol., Copenh., vol. 9, n° 83.
- FLITTNER, G. A., 1967. Forecasting availability of albacore tuna in the eastern Pacific ocean. International Commission for the Northwest Atlantic Fisheries, Boston, Massachusetts, may 30, 1967.

- FRASER, J. H., 1952. The Chaetognotha and other zooplankton of the Scottish area and their value as biological indicators of hydrographical conditions. Mar. Res. Scot., n° 2, 52 pp.
- FRASER, J. H., 1955. The plankton of the waters approaching the British Isles in 1953. Mar. Res. Scot., n° 1, 12 pp.
- FRASER, J. H., 1961. The oceanic and Bathypelagic Plankton of the North-East Atlantic. Mar. Res. Scot., n° 4, 48 pp.
- FUGLISTER, F. C., 1960. Atlantic ocean atlas of temperature and salinity profiles and data from the International geophysical year of 1957-1958. Woods Hole oceanographic institution, 209 p.
- FURNESTIN, J., 1938. Influence de la salinité sur la répartition du genre *Sagitta* dans l'Atlantique Nord-Est. Rev. Trav. Off. Pêches marit., II (3), pp. 425-439.
- FURNESTIN, M. L., 1953. Contribution à l'étude morphologique, biologique et systématique de *Sagitta serrato dentata* Krohn des eaux atlantiques du Maroc. Bull. Inst. océanogr. Monaco, n° 1025, pp. 1-39.
- FURNESTIN, M. L., 1959. Chaetognathes. Res. Sci. Camp. "Calypso", ' (8), pp. 219-233.
- HARDER, W., 1968. Réactions of plankton organisms to water stratification. Limnol. Oceanogr., vol. 13, n° 1, pp. 156-168.
- HARDY, A. C., 1956. The open Sea, its Natural History : the World of Plankton. Collins, London.
- HEEZEN, B. C., et JOHNSON G. L., 1969. Mediterranean Undercurrent and Microphysiography west of Gibraltar. Bull. Inst. océanogr. Monaco, vol. 67, n° 1382, 95, p. 33 fig.
- HELLAND-HANSEN, B. et NANSEN, F., 1926. The Eastern North Atlantic. Oslo.
- HENROTTE, BOIS, M., 1969. Résultats de mesures hydrologiques faites à bord de l' "Origny" en septembre et octobre 1965. Cah. océanogr. supplément n° 1, pp. 49-192.
- KOTO, T., 1969. Studies on the albacore - XIV. Distribution and movement of the albacore in the Indian and Atlantic Oceans based on the catch statistics of Japanese tuna longline fishery in 1956-1967. Bull. far. Seas Fish. Res. Lab., (1), pp. 115-29.
- LACOMBE, H., 1969. Résultats des mesures d'hydrologie et des courants effectués à bord de la "Calypso" en septembre et octobre 1965. Cah. Océanogr. Supplément n° 1, pp. 1-48.

- LACOMBE, H., et TCHERNIA, P., 1960. Liste des stations M. O. P. Calypso 176 à 234 (campagne 1957) pour servir à l'étude des échanges entre la mer Méditerranée et l'océan Atlantique. Cah. Océanogr., vol. 12, n° 3, pp. 204-35.
- LACOMBE, H. et TCHERNIA, P., 1960. Liste des stations M. O. P. Calypso 241 à 297 (campagne 1958) pour servir des échanges entre la mer Méditerranée et l'océan Atlantique. Cah. océanog., vol. 12, n° 6, pp. 417-39.
- LACOMBE, H. et TCHERNIA, P., 1960. Quelques traits généraux de l'hydrologie méditerranéenne d'après diverses campagnes hydrologiques en Méditerranée, dans le proche Atlantique et dans le détroit de Gibraltar. Cah. océanogr. vol. 13, n° 8, pp. 527-47.
- LE DANOIS, E., 1934. Les transgressions océaniques. Rev. Trav. Off. Pêches marit., vol. 7, n° 3, pp. 369-459.
- LE FLOCH, J., 1968. Quelques propriétés des eaux d'origine méditerranéenne dans le Golfe de Gascogne. Cah. Cent. Rech. Etud. Océanogr., vol. 7, pp. 25-28.
- LE FLOCH, J., 1969. Sur la circulation de l'eau d'origine méditerranéenne dans le Golfe de Gascogne et ses variations à courte période. Cah. Océanogr., vol. 21, n° 7, pp. 653-661.
- LE GALL, J. Y. et L'HERROUX, M., 1971.
Micronecton en Méditerranée occidentale et proche Atlantique : données quantitatives et comparaison.
- LEGENDRE, R., 1934. La faune pélagique de l'Atlantique au large du Golfe de Gascogne, recueillie dans des estomacs de germons. Première partie : Poissons. Annls. Inst. océanogr., Monaco, vol. 14, fas. 6, pp. 250-418.
- LEGENDRE, R., 1940. La faune pélagique de l'Atlantique au large du Golfe de Gascogne, recueillie dans des estomacs de germons - Troisième partie : Invertébrés (Céphalopodes exclus). - Parasites du germon. Annls. Inst. Océanogr., Monaco, vol. 20; Fas. 4, pp. 127-310.
- LETACONNOUX, R., 1963. A note on the Tagging of long-finned Tunny in the Bay of Biscay. International Commission for the Northwest Atlantic Fisheries. Special publication n° 4, p. 327.
- MADELAIN, F., 1967. Etude hydrologique au large de la péninsule ibérique. Cah. océanogr., vol. 19, n° 2, pp. 125-136.

- MADELAIN, F., 1967. Calculs dynamiques au large de la Péninsule ibérique. Cah. océanogr., vol. 19, n° 3, pp. 181-193.
- MADELAIN, F., 1970. Influence de la topographie du fond sur l'écoulement méditerranéen entre le détroit de Gibraltar et le Cap Saint-Vincent. Cah. océanogr., vol. 22, n° 1, pp. 43-61.
- NARES, G. S., 1872. Investigations of the Currents in the Strait of Gibraltar made in August 1871. Proc. roy. Soc., vol. 20, p. 97.
- MOSBY, H., 1962. Current measurements, meteorological observations and soundings of the M/S "Helland-Hansen" near the strait of Gibraltar may-june, 1961. Bergen Geophysical Institute IV- 29 p. (NAOT subcommittee on oceanographic research).
- MOSBY, H., 1962. Hydrological observations of the M/S "Helland-Hansen" near the Strait of Gibraltar May-June 1961. Bergen Geophysical Institute III - 67 p.
- NIELSEN, J. N., 1907. Contribution to the Hydrography of the North-eastern part of the Atlantic Ocean. Meddr Komm Danm. Fisk. -og Havunders, série Hydrographie 1, n° 9.
- NIELSEN, J. N., 1912. Hydrography of the Mediterranean and adjacent waters. Rep. Danish oceanogr. Exped. Medit., 1, pp. 77-191.
- OTSU, T., et UCHIDA, R. N., 1963. Model of the migration of albacore in the North Pacific Ocean. U.S. Fish. Wildl. Serv. Fish. Bull., vol. 63, n° 1, pp. 33-44.
- OWEN, R. W., 1968. Oceanographic conditions in the northeast Pacific Ocean and their relation to the albacore fishery. U.S. Fish Wildl. Ser., Fish. Bull., vol. 66, n° 3, pp. 503-526.
- PELUCHON, G., 1962. Travaux océanographiques de l' "Origny" à Gibraltar, campagne internationale - 15 Mai, 15 Juin 1961. Cah. Océanogr., vol. 14, n° 5, pp. 323-325.
- RAE, K. M., 1953. The plankton around the north of the British Isles in 1952. Annls biol., Copenh., vol. 9, pp. 113-117.
- RAMALHO, A. et DEUTINHO, L., 1929. Remarques sur les conditions océanographiques au large de la côte du Portugal en 1927. Rapp. P. V. Réun. Cons. perm. int. Explor. Mer, vol. 55, pp. 111-132.
- RAMALHO, A. et DEUTINHO, L., 1931. Contribution à l'étude océanographique du Golfe de Gibraltar. Rapp. P. V. Réun. Cons. perm. int. Explor. Mer, vol. 70, pp. 82-115.

- RUSSELL, F. S., 1939. Hydrographical and biological conditions in the North Sea as indicated by plankton organisms. J. Cons. int. Explor. Mer, vol. 14, (2), pp. 171-192.
- SCHOTT, G., 1927. Die Wasserbewegungen in dem Gebiete der Gibraltarsstrasse. Rapp. P. V. Réun. Cons. perm. int. Explor. Mer, vol. 55.
- SCHOTT, G., 1928. Die Verteilung des Salzgehaltes im Oberflächenwasser der Ozeane. Ann. Hydr. u. Mar. Hydr., vol. 56, Hft. 5.
- SMITH, Th., 1684. A Conjecture about an Under-current at the Streights-Mouth. Phil. Trans. vol. 14, p. 564. Oxford.
- SVERDRUP, H. U., JOHNSON, M. et FLEMING, R., 1946. The Oceans, their Physics, Chemistry and General Biology. New-York.
- SWALLOW, J. C., 1969. A deep eddy off Cape St. Vincent. Deep-Sea Res. Vol. 16, pp. 285-295.
- TAIT, J. B., 1955. Long term trends and changes in the hydrography of the Faroe-Shetland Channel region. Deep. Sea Res., vol. 3, suppl., Pap. mar. biol. Oceanogr. pp. 482-498.
- TCHERNIA, P., 1959. Compte rendu succinct d'une campagne d'observations hydrologiques exécutée dans le Golfe de Cadix à bord du "Discovery II" en novembre 1958. Cah. océanogr., vol. 11, n° 3, pp. 148-154.
- URVILLE (Dumont d'), 1833. Voyage de l' "Astrolabe". T. 5. Météorologie, Physique et Hydrographie, Paris.
- WUST, G., 1936. Die Stratosphäre des atlantischen Ozeans. Wiss. Ergebn. dtsh. atlant. Exped. "Meteor", vol. 6, pp. 109-228.
- ZENK, W., 1969. Zur Schichtung des Mittelmeerwassers westlich von Gibraltar. Ergebnisse der "Meteor" - Reise 8, Januar bis März 1967. Thèse, Kiel 1969.

Edité par

Le Service Central de Documentation du C.E.A.

Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay

Juin 1971