

**CONTRIBUTION A LA BIOLOGIE
DES RAJIDAE DES COTES TUNISIENNES.
XIX. *RAJA POLYSTIGMA* REGAN, 1923.
RELATIONS TAILLE-POIDS DU CORPS,
DU FOIE ET DES GONADES.
RAPPORTS HÉPATO- ET GONOSOMATIQUE.
COEFFICIENTS DE CONDITION.**

par

Christian Capapé

Institut Pasteur, Tunis, Tunisie et Laboratoire d'Ichthyologie et de Parasitologie générale.
U.S.T.L., 34060 Montpellier Cedex, France

Résumé

L'étude de la relation taille-poids montre que la croissance pondérale est plus active, quels que soient le sexe et la saison, chez les jeunes que chez les adultes. Chez ces derniers, en revanche, l'augmentation de poids du foie et des gonades sont plus rapides, traduisant ainsi une intense activité métabolique. Cette activité est probablement orientée vers l'élaboration des produits gonadiques comme en témoignent les rapports hépato- et gonosomatique.

Les coefficients de condition cubique et relatif des mâles et des femelles adultes sont sous la dépendance des fluctuations pondérales du foie et surtout des gonades. Les variations de la condition semblent donc subir les aléas du cycle de reproduction; les rôles des facteurs écologiques et du régime alimentaire apparaissent moins importants mais aussi plus difficiles à cerner.

Introduction

L'étude systématique de *Raja polystigma* Regan, 1923 a fait l'objet de travaux inclus le plus souvent dans des traités faunistiques (Clark, 1926 ; Soljan, 1948 ; Dieuzeide et coll., 1952 ; Tortonese, 1956; Bini, 1967; Stehmann, 1973) ou des notes de systématique consacrées, exclusivement (Arbocco, 1961 ; Matallanas, 1977) ou en grande partie (Bini, 1973 ; Kaspiris, 1976), à l'espèce.

La biologie de *R. polystigma* semble en revanche et à notre connaissance peu envisagée, hormis deux publications concernant, d'une part la répartition géographique et bathymétrique, la sexualité, la reproduction, la fécondité (Capapé et Quignard, 1978), d'autre part le régime alimentaire (Capapé, 1979) de ce Rajidae. La fréquence relative des captures de *R. polystigma* le long des côtes de

Tunisie nous ont amené à poursuivre nos recherches et à aborder d'autres aspects de la biologie de l'espèce : relations taille-poids du corps, du foie et des gonades, rapports hépato- et gonosomatique, coefficients de condition — dont les résultats seront exposés et discutés dans la présente publication.

Matériel et méthodes

Le matériel observé provient de captures réalisées au large des côtes septentrionales de Tunisie, de Tabarka à Bizerte, pendant les années 1977 et 1978. Au total, 491 individus ont été examinés : 85 femelles juvéniles ou subadultes, 78 mâles juvéniles ou subadultes, 167 femelles adultes et 161 mâles adultes.

Relations taille-poids du corps, du foie et des gonades

Ces relations sont de la forme $y = bx^a$ et deviennent, en coordonnées logarithmiques, $\log y = a \log x + b$. Comme mesure de référence, nous avons choisi la largeur ou envergure discale (1). Pour chaque cas, nous avons :

$$\begin{aligned}\log W \text{ (poids total)} &= a \log 1 + \log b \\ \log F \text{ (poids du foie)} &= a \log 1 + \log b \\ \log G \text{ (poids des gonades)} &= a \log 1 + \log b\end{aligned}$$

Nous avons également analysé les relations qui unissent le poids du corps à celui du foie et des gonades et qui s'écrivent également en coordonnées logarithmiques :

$$\begin{aligned}\log F &= a \log W + \log b \\ \log G &= a \log W + \log b\end{aligned}$$

Pour chacune de ces relations, nous donnons la droite de régression en fonction de X (DR Y/X) ; le nombre d'individus n et le coefficient de corrélation r ; les tests de comparaison des pentes de ces droites sont effectués d'après les méthodes préconisées par Mayrat (1959).

Rapport hépatosomatique.

Le rapport hépatosomatique se définit comme le rapport entre le poids du foie et celui du corps et s'écrit :

$$RHS = (Wh/W) \times 100$$

Wh étant le poids du foie, W le poids total, tous deux exprimés en grammes.

Rapport gonosomatique.

Le rapport gonosomatique est le rapport entre le poids des gonades et celui du foie de formule :

$$RGS = (Wg/W) \times 100$$

Wg étant le poids des gonades, W le poids total exprimé en grammes.

Coefficients de condition.

Parmi les modes d'expression utilisés pour analyser la condition, nous en avons choisi deux qui semblent correspondre précisément aux données envisagées :

— le coefficient cubique, encore appelé composite ou de Fulton, défini par la relation :

$$Kc = 100 (W/l^3)$$

W étant le poids de l'individu en grammes, l^3 le cube de la largeur en centimètres. Ce coefficient englobe toutes les causes de l'embonpoint y compris celles d'ordre strictement biométrique (allométrie). Kc est choisi pour mettre en évidence les variations d'embonpoint en fonction de la taille ;

— le coefficient relatif de condition défini par l'expression

$$Kr = \frac{W}{al^b}$$

Comme le préconisent Le Cren (1951) et Weatherley (1972), nous avons utilisé Kr pour mesurer les variations saisonnières de la condition indépendamment des fluctuations dues à l'allométrie.

RÉSULTATS

Nous avons étudié séparément les femelles et les mâles pour lesquels nous présentons et commentons ci-dessous les résultats obtenus.

Cas des femelles

La figure 1 A montre que la condition (Kc) augmente progressivement avec la taille avant d'atteindre un maximum pour 27 cm de largeur ; elle se ralentit ensuite pour baisser brutalement de façon significative après 31 cm, au moment où les femelles entrent dans la phase de maturation. Bien que s'atténuant chez les adultes, cette baisse de la condition n'en demeure pas moins régulière. L'étude de la relation taille-poids du corps le confirmerait (tableaux 1, 2) ; en effet, quelle que soit la saison, la croissance pondérale des adultes est significativement moins rapide que celle des juvéniles. En outre, l'évolution parallèle de Kcp et Kcv montre que les fluctuations du poids des ovaires ont peu d'incidence sur la condition. Une exception se dessine cependant de 26 cm à 28 cm de largeur, l'écart significatif entre poids plein et vide semblant dû à l'accroissement explosif et significatif du RHS. En excluant les aléas de l'échantillonnage, on pourrait alors admettre que cette hausse pondérale du foie prépare la première phase d'accroissement des ovocytes puis l'entrée dans la phase de vitellogenèse active au cours de l'acquisition de la maturité sexuelle. Si les croissances du RHS et du RGS sont amplifiées par la baisse de Kcv, les liens entre l'évolution de la carcasse, du foie

TABLEAU 1
Relation taille-poids du corps, du foie, des gonades
chez les mâles et les femelles juvéniles.

Femelles				Mâles			
DR	Y/X	n	r	DR	Y/X	n	r
log Wp = 3,306 log l - 2,177		85	0,993	log Wp = 3,463 log l - 2,337		78	0,993
log Wv = 3,724 log l - 2,091		85	0,984	log Wv = 3,536 log l - 2,485		78	0,989
log F = 4,821 log l - 4,845		85	0,966	log F = 5,044 log l - 5,079		78	0,958
log G = 6,836 log l - 8,380		85	0,974	log G = 6,633 log l - 7,600		78	0,939

TABLEAU 2
Relation taille-poids du corps en fonction des saisons
chez les femelles et les mâles adultes

Saisons	Femelles				Mâles			
	DR	Y/X	n	r	DR	Y/X	n	r
Prin- temps	log Wv = 1,329 log l - 0,506		44	0,968	log Wp = 2,070 log l - 0,353		39	0,957
	log Wv = 1,493 log l - 0,724		44	0,972	log Wp = 2,419 log l - 0,830		39	0,935
Eté	log Wv = 1,940 log l - 0,240		38	0,840	log Wp = 1,815 log l - 0,021		40	0,992
	log Wv = 2,488 log l - 0,952		38	0,935	log Wp = 1,871 log l - 0,051		40	0,992
Automne	log Wv = 1,704 log l - 0,177		42	0,977	log Wp = 2,071 log l - 0,366		38	0,977
	log Wv = 1,797 log l - 0,926		42	0,980	log Wp = 2,685 log l - 1,293		38	0,980
Hiver	log Wv = 1,455 log l - 0,550		43	0,984	log Wp = 2,113 log l - 0,431		44	0,980
	log Wv = 1,460 log l - 0,566		43	0,988	log Wp = 2,336 log l - 0,710		44	0,976

et des gonades ainsi que les transferts de matières entre ces organes seraient plus évidents. La baisse de poids du corps précéderait l'élévation de poids du foie et la chute brutale de ce poids serait suivie d'un accroissement pondéral des ovaires. Avant et pendant l'acquisition de la maturité sexuelle, les matières nécessaires à l'élaboration des ovocytes sont prélevées dans la carcasse, transitent dans le foie où elles sont probablement remaniées et passent en stade ultime dans les gonades. Chez les adultes, en revanche, les processus de transfert de substances varient sensiblement et le rôle de la carcasse est plus difficile à mettre en évidence au cours de l'année (Fig. 2). Les fluctuations de la condition (Kr et Kc), les écarts entre Krp et Krv, significatifs en hiver, au printemps et surtout à l'automne, montrent que l'évolution du poids du corps dépend en grande partie de celle du poids du foie et des gonades. Le poids des viscères et du tractus génital — glandes nidamentaires en priorité — n'est pas à négliger mais nous manquons de données pondérales pour en définir le rôle exact. Les résultats exposés dans la figure 2 mettent bien en relief que l'augmentation du RHS précède celle du RGS ; il semblerait donc, d'après les variations de ces deux rapports, que le foie mobilise directement les matières nutritives à partir des digesta, les met en réserve, les remanie et les libère au moment de la gamétogenèse où

elles serviront à la formation des ovocytes correspondant aux phases de grande activité vitellogénétique comme nous l'avons précédemment souligné (Capapé et Quignard, 1978).

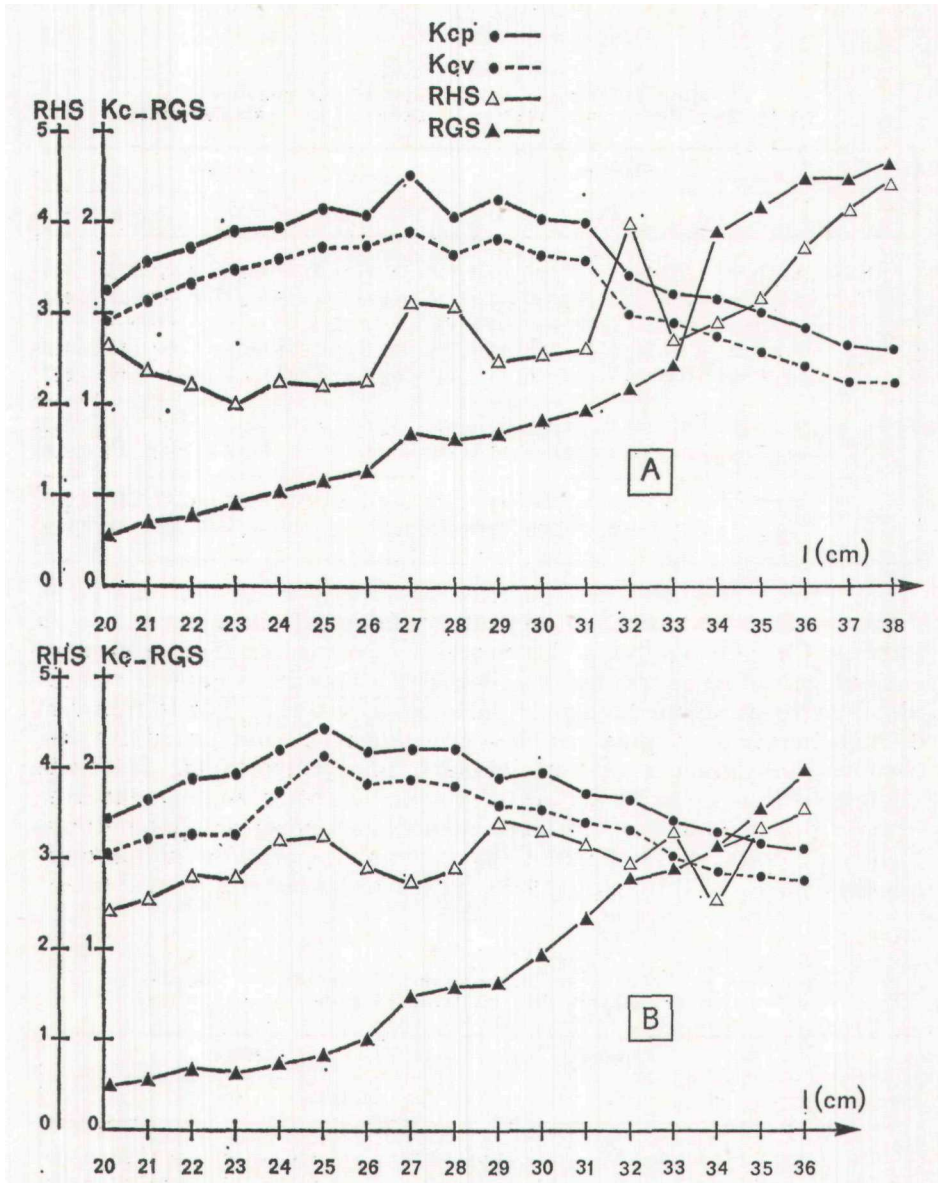


FIG. 1.

Evolution du coefficient cubique de condition (Kc), poids plein (Kcp) et poids vide (Kcv), du rapport hépatosomatique (RHS) et du rapport gonosomatique (RGS) en fonction de la largeur discale (l) exprimée en centimètres. A : cas des mâles; B : cas des femelles.

.... Chez les femelles adultes, les processus de la reproduction prennent une importance capitale et influent directement (RGS) ou indirectement (RHS) sur la condition. Ces phénomènes sont corroborés

par l'étude des relations taille-poids du foie et taille-poids des gonades chez les jeunes et les adultes (tableau 3). La croissance pondérale du foie, encore plus active chez les juvéniles, montre l'importance des phénomènes progressifs de mise en réserves hépatiques chez ces

TABLEAU 3
Relation taille-poids du foie, poids des gonades
en fonction des saisons chez les femelles et les mâles adultes.

Saisons	Femelles		n	r	Mâles		n	r
	DR	Y/X			DR	Y/X		
Prin-temps	log F = 3,600 log l - 3,097		44	0,743	log G = 3,711 log l - 3,131		39	0,957
	log F = 9,336 log l - 12,393		44	0,820	log G = 5,343 log l - 6,727		39	0,935
Eté	log F = 1,994 log l - 0,753		38	0,708	log G = 6,008 log l - 5,353		40	0,986
	log F = 5,098 log l - 6,040		38	0,747	log G = 3,898 log l - 3,941		40	0,967
Automne	log F = 4,370 log l - 4,370		42	0,932	log G = 4,862 log l - 4,930		38	0,955
	log F = 11,803 log l - 16,055		42	0,920	log G = 2,182 log l - 1,364		38	0,918
Hiver	log F = 3,146 log l - 2,385		43	0,962	log G = 2,074 log l - 0,747		44	0,982
	log F = 7,346 log l - 9,535		43	0,899	log G = 5,525 log l - 6,234		44	0,979

derniers, leur libération se faisant brutalement au moment de la puberté. Chez les adultes, si les processus de mise en réserve existent surtout en automne (pentes et ordonnées à l'origine significativement plus élevées que pour les autres saisons), la libération et le transfert de substances sont plus rapides probablement pour satisfaire des besoins plus urgents et certainement plus importants. L'activité vitellogénétique et la formation d'ovocytes majeurs augmentent avec la taille des individus et sont permanentes au niveau des populations, bien que subissant des fluctuations saisonnières plus ou moins marquées (Capapé et Quignard, 1978). Ces deux caractères se traduisent

TABLEAU 4
Relation poids du corps — poids du foie, poids des gonades
en fonction des saisons chez les femelles et les mâles adultes.

Saisons	Femelles		n	r	Mâles		n	r
	DR	Y/X			DR	Y/X		
Prin-temps	log F = 2,612 log W - 4,896		44	0,877	log G = 2,469 log W - 4,624		39	0,823
	log F = 3,531 log W - 8,092		44	0,882	log G = 2,107 log W - 4,070		39	0,836
Eté	log F = 1,074 log W - 0,694		38	0,713	log G = 1,953 log W - 2,949		40	0,886
	log F = 4,739 log W - 5,307		38	0,789	log G = 2,071 log W - 3,802		40	0,867
Automne	log F = 1,657 log W - 2,287		42	0,975	log G = 0,963 log W - 0,377		38	0,940
	log F = 4,105 log W - 5,408		42	0,882	log G = 1,045 log W - 0,959		38	0,932
Hiver	log F = 0,899 log W - 2,700		43	0,899	log G = 2,049 log W - 3,368		44	0,881
	log F = 3,754 log W - 8,591		43	0,815	log G = 2,342 log W - 3,394		44	0,879

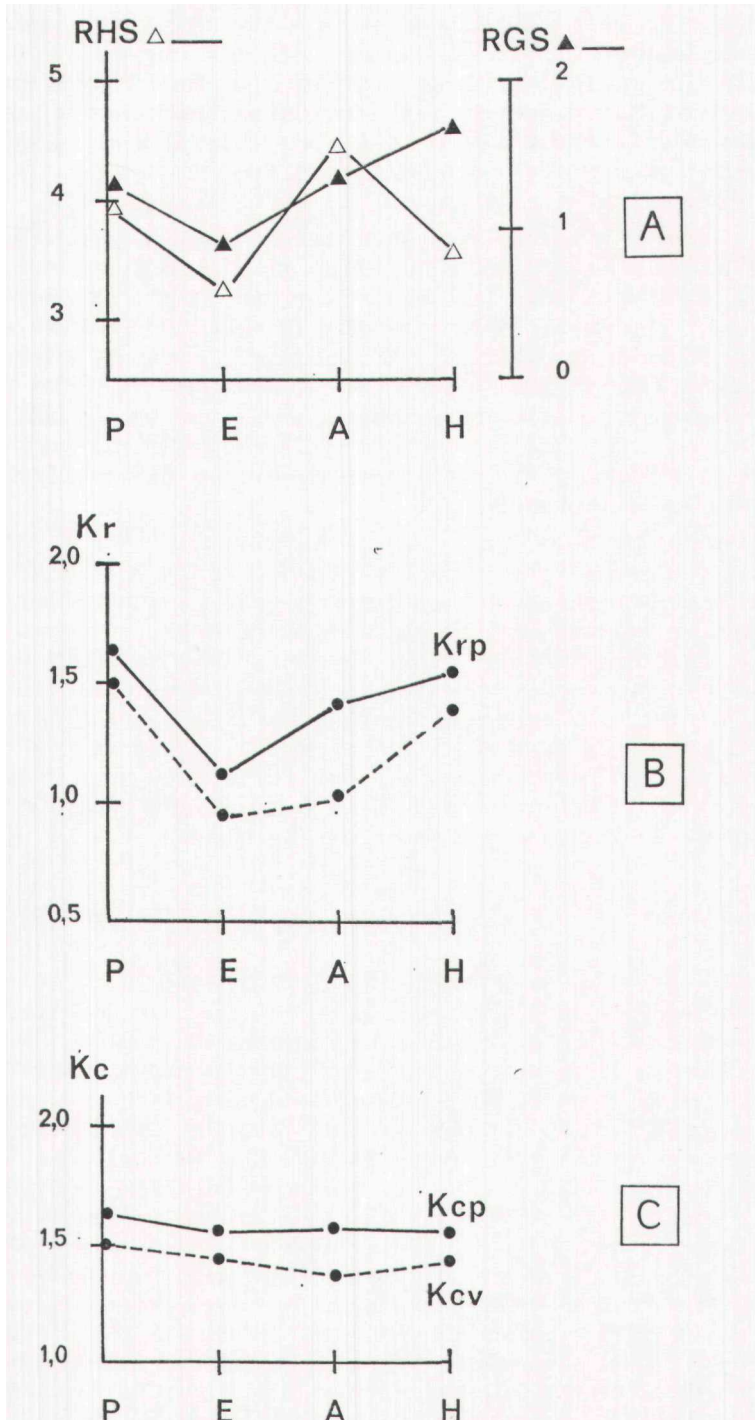


FIG. 2.

Evolution en fonction des saisons, printemps (P), été (E), automne (A) et hiver (H) chez les femelles adultes : A, du rapport hépatosomatique (RHS) et du rapport gonosomatique (RGS) ; B, du coefficient relatif de condition (Kr), poids plein (Krp) et poids vide (Krv) ; C, du coefficient cubique de condition (Kc), poids plein (Kcp) et poids vide (Kcv).

par une croissance pondérale des ovaires toujours très rapide, surtout chez les adultes, sauf en été, considéré comme une période de repos relative. Les relations poids du corps-poids du foie et poids du corps-poids des gonades, dont les résultats sont résumés dans le tableau 4, confirment l'ensemble de ces observations (pentes et ordonnées à l'origine sont toujours fortement majorantes).

Le rôle des facteurs écologiques sur la condition est plus difficile à cerner ; il devrait être plus marqué chez les jeunes individus pour lesquels les processus de la reproduction ont un impact très limité, au moins chez les petits. Nous avons précédemment écrit (Capapé et Quignard, 1978) que, chez *R. polystigma* comme chez les autres Raies de profondeur, « la maturité sexuelle est atteinte plus lentement. On pourrait en rendre responsable l'influence des facteurs hydrologiques variables d'une zone à une autre ». De ce fait, dans la mesure où l'on considère que maturation sexuelle et condition évoluent parallèlement, on peut admettre que les facteurs écologiques influent sur cette dernière.

Le régime alimentaire doit probablement affecter la condition sans qu'on sache dans quelles limites son action se fait sentir. Le coefficient de réplétion des adultes, supérieur à celui des jeunes tout le long de l'année, doit être probablement mis sur le compte des processus de la reproduction dont les phénomènes métaboliques impliquant des dépenses d'énergie incitent les individus à se nourrir davantage. Il faut néanmoins préciser que les individus s'alimenteraient davantage en été et un peu moins en hiver, saisons pendant lesquelles l'activité reproductrice est respectivement la plus et la moins élevée ; une intensification de celle-ci pourrait, en dernière extrémité, détourner les femelles de la recherche des proies.

Cas des mâles

L'évolution de la condition, du RHS et du RGS et les relations qui unissent la taille-poids du corps, du foie et des gonades se calquent sur celle des femelles. La condition (Kc) augmente avec la taille jusqu'à la maturité sexuelle puis baisse régulièrement lorsque celle-ci est acquise. Le RHS présente, au cours de la croissance des individus, deux pics significatifs mais, bien que pratiquement synchrones de ceux observés pour les femelles, ils sont plus étalés et moins marqués (Fig. 1). Les transferts de substances se font selon des modalités que nous avons mises en évidence chez les femelles. Les tableaux 1 et 2 montrent également que la croissance pondérale des adultes est moins rapide que celle des jeunes quelle que soit la saison. La relation taille — poids du foie nous permet de constater que la croissance pondérale de cette glande est ralentie chez les adultes sauf en été, période d'activité hépatique intense (pentes et ordonnées à l'origine fortement majorantes et significativement différentes de celles des juvéniles).

La croissance pondérale des testicules est significativement moins rapide chez les adultes bien que l'allométrie soit fortement majorante. Ce phénomène peut s'expliquer par le fait que nous avons introduit parmi les juvéniles un nombre relativement important de subadultes

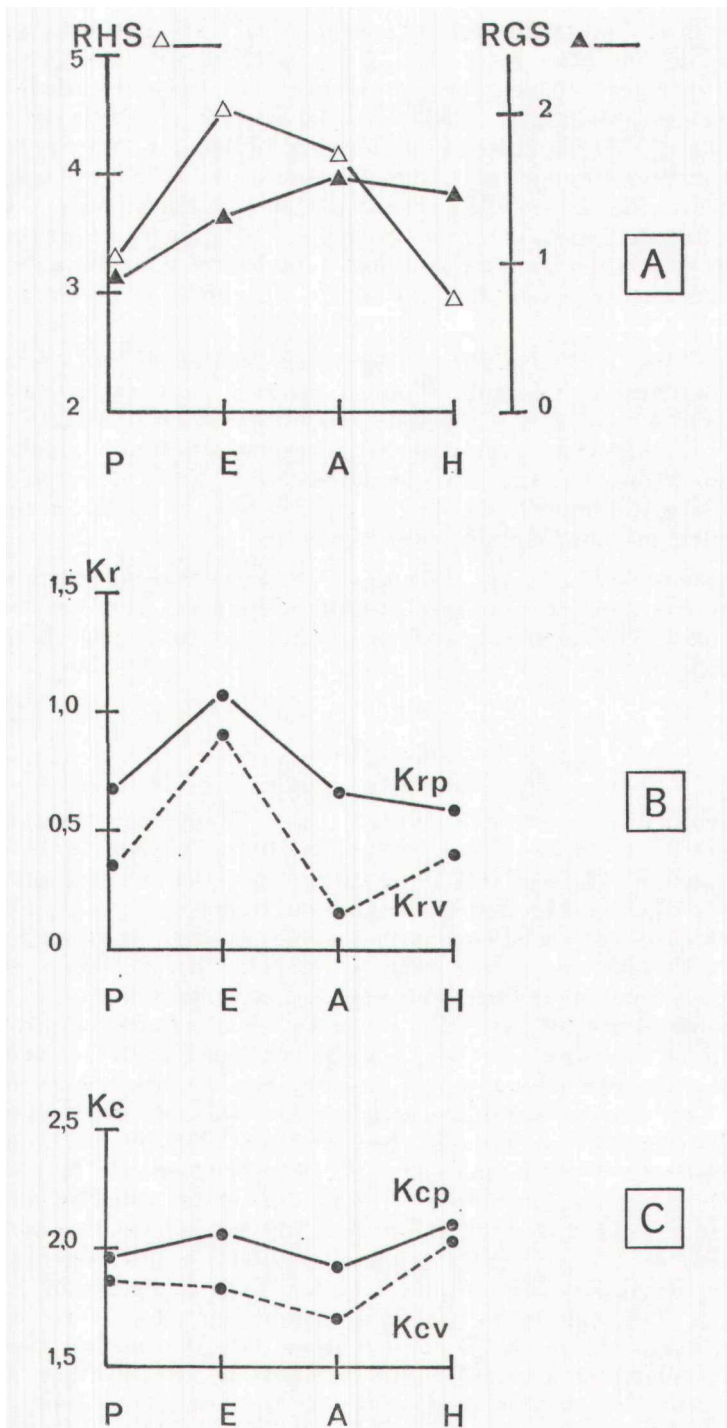


FIG. 3.

Evolution en fonction des saisons, printemps (P), été (E), automne (A) et hiver (H) chez les mâles adultes : A, du rapport hépatosomatique (RHS) et du rapport gonosomatique (RGS) ; B, du coefficient relatif de condition (Kr), poids plein (Krp) et poids vide (Krv) ; C, du coefficient cubique de condition (Kc), poids plein (Kcp) et poids vide (Kcv).

pour lesquels la croissance pondérale des testicules est beaucoup plus rapide que chez les jeunes et les adultes. Ce caractère semble général chez les Sélaciens et s'apparente à la croissance linéaire des ptérygopodes (Mellinger, 1966). La figure 1 B confirme bien cette donnée : entre 29 cm et 32 cm de largeur, tailles qui limitent la phase de maturation (Capapé et Quignard, 1978), le RGS croît plus vite qu'au-dessus de 32 cm d'envergure discale. Ce caractère est sous la dépendance de l'augmentation du poids des gonades et de la chute de poids du corps comme le montre la baisse concomitante de la condition, encore plus marquée après l'acquisition de la maturité sexuelle.

Chez les mâles adultes, l'évolution du coefficient relatif de condition (Kr) au cours de l'année semble soumise aux aléas du RHS : pics et minimums concomitants en été et en hiver ; le rôle du RGS ne se manifeste sur la condition qu'en automne et, accessoirement, en hiver. L'écart entre le poids plein (Krp) et le poids vide (Krv) souligne l'importance de ces organes sur le poids du corps et, éventuellement, sur l'embonpoint (Fig. 3).

L'action des facteurs écologiques et du régime alimentaire sont difficiles à cerner et nous nous sommes heurtés, tout comme chez les femelles, aux mêmes problèmes quant à leur impact précis sur la condition.

Conclusion

L'examen des résultats exposés dans le présent travail et de ceux déjà analysés dans de précédentes études (Capapé et Quignard, 1978 ; Capapé, 1979) révèle l'importance des phénomènes sexuels et du cycle de la reproduction sur le comportement de l'espèce. Femelles et mâles évoluent parallèlement au cours de leur croissance et au cours de l'année, au moins dans les grandes lignes. Des caractères propres au sexe se manifestent néanmoins surtout si l'on considère la taille de première maturité sexuelle, les fluctuations pondérales saisonnières du foie et surtout l'activité vitellogénétique qui se traduit par une augmentation du nombre d'ovocytes avec l'envergure discale ; l'importance du poids des gonades sur la condition serait ainsi plus marquée chez les femelles que chez les mâles. Néanmoins, pour chaque sexe et quel qu'en soit le degré, les variations de la condition sont influencées en priorité par celles du foie et des gonades, montrant bien le rôle de la reproduction sur l'évolution pondérale des individus en général et des adultes en particulier. L'action des facteurs écologiques et du régime alimentaire paraît difficile à mettre en évidence mais leur influence n'est pas négligeable car, dans une certaine mesure, la primauté de la reproduction dans l'évolution pondérale peut être considérée comme une réaction de conservation de l'espèce vivant en grande profondeur (Quignard et Capapé, 1971 ; Capapé, 1975) où les conditions de milieu ne semblent pas toujours favorables et où les Téléostéens et invertébrés benthiques ne sont pas toujours très abondants.

Summary

The analysis of the relationship between size and weight points out that the ponderal growth is higher (whatever the sex and the season) in young Rays than in adults. In the latter, on the contrary, the increase in weight of the liver and gonads is faster; this is the sign of an intense metabolic activity. This activity is probably aiming to gonadic products as is shown by the hepato-and gonadosomatic relationship.

Males and females cubic and relative condition's coefficients are depending on liver and gonads ponderal changes. The variations in the condition seem to be subjected to reproductive cycle changes; the roles of ecological factors and diet appear to be less important but also more difficult to find out.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

- ARBOCCO, G., 1961. — Primo riperto di *Raja polystigma* Reg. nel golfo di Genova. *Doriana*, 3 (116), 6 pp.
- BINI, G., 1967. — Atlante dei pesci delle coste italiane. Mondo Sommerso, Milano, 1. Leptocardi, Ciclostomi, Selaci, 206 pp.
- CAPAPÉ, C., 1979. — Contribution à la biologie des Rajidae des côtes tunisiennes. *Raja polystigma* Regan, 1926. Régime alimentaire. *BU. Notes*, 35, 10 pp.
- CAPAPÉ, C. et QUIGNARD, J.P., 1978. — Contribution à la biologie des Rajidae des côtes tunisiennes. XIV. *Raja polystigma* Regan, 1923. Répartition géographique et bathymétrie, sexualité, reproduction, fécondité. *Cah. Biol. Mar.*, 14, pp. 233-244.
- CLARK, R.S., 1926. — Rays and Skates, a revision of the european species. *Fisheries, Scotland, Scient. Invest.*, 1, pp. 1-66.
- DIEUZEIDE, R., NOVELLA, M. et ROLAND, J., 1952. — Catalogue des Poissons des côtes algériennes. *Bull. St. Agric. Pêche Castiglione*, n. s., 2, pp. 1-135.
- KASPIRIS, p., 1974. — Primi reperti di *Mustelus mediterraneus* Quign. Cap. e *Raja polystigma* Reg. (Selachii) nel mar Jonio (golfo di Patrasso e dintorni). *Doriana*, 5 (218), 3 pp.
- LE CHEN, E.D., 1951. — The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the Perch (*Perca fluviatilis*). *J. Anim. Ecol.*, 20 (2), pp. 202-219.
- MATALLANAS, J., 1977. — Algunas consideraciones sobre *Raja polystigma* Regan, 1923 (Rajiformes, Rajidae) de la mer catalane. *Vie Milieu*, ser. A, 27 (1 A), pp. 101-110.
- MAYRAT, A., 1959. — Nouvelle méthode pour l'étude comparée d'une croissance relative dans deux échantillons. Application à la carapace de *Penaeus kerathurus* (Forsk.). *Bull. Inst. fr. Afr. noire*, 21, sér. A, 1, pp. 21-59.
- MELLINOER, J., 1966. — Etude biométrique et histophysiologique des relations entre les gonades, le foie et la thyroïde chez *Scyliorhinus caniculus* (L.). Contribution à l'étude des caractères sexuels secondaires des Chondrichthyens. *Cah. Biol. Mar.*, 7, pp. 107-137.
- QUIGNARD, J.P. et CAPAPÉ, c., 1971. — Liste commentée des Sélaciens de Tunisie. *Bull. Inst. Océanogr., Salammbô*, 2 (2), pp. 121-130.
- SOLJAN, T., 1948. — Fishes of the Adriatic (Ribe Jadrana). Fauna et flora Adriatica. Vol. 1. Pisces. Zagreb, 428 pp.
- STEHMANN, M., 1973. — Rajidae in Hureau, J.C., et Monod, T., Check-list of the fishes of the north-eastern Atlantic and of the Mediterranean (CLOFNAM). Unesco, pp. 58-69.
- TORTONESE, E., 1956. — Leptocardia, Ciclostoma, Selachii. Fauna Ital., 2, 334 pp.
- WEATHERLEY, A.H., 1972. — Growth and ecology of fish populations. Acad. Press, 293 pp.