

ÉTUDE COMPARÉE DU MÉTABOLISME  
ET DES FACTEURS DE CONCENTRATION  
DE FE, CU, ZN, MN, CO ET MG  
DANS L'OVAIRE DE *CARCINUS MAENAS*  
ET *CANCER IRRORATUS* DURANT L'OVOGENÈSE.

par

J.-L. M. Martin

CE.A., Laboratoire de Radioécologie Marine, B.P. 209, 50107 Cherbourg.

Résumé

Les métaux Fe, Cu, Zn, Mn, Co et Mg ont été analysés dans l'ovaire de *Carcinus maenas* et *Cancer irroratus*, au cours de l'ovogenèse. Dans les ovaires de chacun de ces animaux, les taux relatifs, exprimés en parties par millions, par rapport au poids frais et au poids sec des organes, s'établissent, par ordre d'importance décroissante, de la façon suivante : Mg > Zn > Fe > Cu > Mn > Co. Dans l'hémolymphe de *Cancer irroratus*, ces taux relatifs sont les suivants : Mg > Cu > Zn > Fe > Mn > Co.

Comparés à la concentration de ces métaux dans l'eau de mer, les métaux étudiés dans l'ovaire de *Cancer irroratus*, excepté Mg, ont un facteur de concentration (cf) supérieur à 1. Comparés à la concentration de ces métaux dans l'hémolymphe, Fe, Mn et Co ont un cf supérieur à 1 ; Cu, Zn et Mg ont un cf inférieur à 1. Une étude de corrélation a été effectuée entre les concentrations des différents métaux, considérés par paire, et entre les concentrations de ces métaux et les paramètres teneur en eau et rapport gonado-somatique.

Introduction

L'ovogenèse est caractérisée, chez les Crustacés Décapodes, par une croissance en poids et en taille de l'ovaire. En fin de maturation, cet organe peut représenter chez *Carcinus maenas* jusqu'à 13 p. 100 du poids total de l'animal (Martin, 1969). Il a été montré, d'autre part, que cette augmentation de poids et de taille était essentiellement due, chez les Crustacés Décapodes, à l'accumulation de pigments caroténoïdes (Martin, 1971 ; Ceccaldi *et al.*, 1966), vraisemblablement associés à une lipovitelline.

Si de très nombreux travaux ont été consacrés à l'étude des métaux chez les Décapodes *in toto* (Clarke et Weeler, 1922 ; Vinogradov, 1953 ; Kobyakova et Saprikin, 1960 ; Vinogradova, 1962 ; Knauer, 1970 ; Bertine et Goldberg, 1972) ou à l'étude de la distri-

bution de certains métaux dans différents organes (Kerkut *et al.*, 1961 ; Bryan, 1964, 1968), il est à noter que peu de recherches ont porté sur la composition métallique des organes reproducteurs. Petkevich et Stepanyuk (1970), dans leur étude, font toutefois la distinction entre les femelles avec œufs et les femelles sans œufs. Il nous a paru intéressant, pour combler une partie de la lacune semblant exister dans l'étude des métaux dans l'ovaire des Décapodes, de déterminer quel était le métabolisme de certains d'entre eux dans cet organe au cours de sa maturation.

#### Matériel et méthodes

Notre étude a été effectuée sur *Carcinus maenas* (L.) et *Cancer irroratus*. Les animaux ont été pêchés dans la Baie de Térance (Nouvelle-Ecosse, Canada). Les ovaires de 33 *Carcinus maenas* et 10 *Cancer irroratus* ont été prélevés dans leur totalité et ont été desséchés en étuve, à 105 °C, pendant 48 heures. L'organe sec est ensuite placé dans un four. La température de ce dernier est élevée progressivement. Les organes subissent une minéralisation à 600 °C pendant 24 heures. Les cendres ainsi obtenues sont recueillies dans l'acide chlorhydrique concentré et pur, puis diluées jusqu'à 50 ml avec de l'eau déminéralisée. Une partie aliquote de cette solution est utilisée dans la préparation des solutions d'analyse de chacun des métaux considérés.

L'hémolymphe de *Cancer irroratus* est prélevée par section d'un dactylopodite. La préparation des échantillons par dessiccation et minéralisation est identique à celle décrite pour les ovaires.

Les analyses des métaux suivants : Fe, Cu, Zn, Mn, Co, Mg, sont effectuées en utilisant un spectrophotomètre à absorption atomique (Perkin-Elmer, modèle 303). Les conditions d'analyse pour chacun de ces éléments sont celles décrites par Slavin (1968) et par Perkin-Elmer Co. (1971). L'extraction de Fe, Cu, Zn, Mn et Co de l'eau de mer a été effectuée sur quatre échantillons, pour chaque métal, selon la méthode de Brooks *et al.* (1967), modifiée par Mc Cormack et Hartling (1973). La détermination de ces métaux a été effectuée en utilisant la méthode sans flamme dans un four de graphite du spectrophotomètre à absorption atomique (Perkin-Elmer, modèle 403).

#### Résultats

Le tableau 1 met en évidence la concentration des métaux dans l'ovaire de *Carcinus maenas*. Ces valeurs ont été déterminées dans une série d'ovaires de maturité variable. Cette maturité est définie par le Rapport Gonado-Somatique, RGS :

$$\text{RGS} = \frac{\text{Poids frais de l'ovaire}}{\text{Poids frais de l'animal}} \times 100$$

Ce rapport correspond, en fait, au pourcentage du poids de l'ovaire par rapport au poids de l'animal. Les valeurs de RGS s'échelonnent

de 0,62 pour un ovaire totalement immature à 12,9 lorsque l'animal est prêt à pondre. Nous constatons sur le tableau 1 que le magnésium est, des métaux étudiés, celui qui présente les taux les plus élevés, alors que le cobalt présente les concentrations les moins grandes. Nous constatons également, outre le magnésium, que cet organe est relativement riche en fer, cuivre et zinc.

TABLEAU 1

Les taux de métaux dans l'ovaire de *Carcinus maenas*, exprimés en parts par millions.  
1 : en fonction du poids frais ; 2 : en fonction du poids sec de l'organe.

	Moyenne	Valeurs extrêmes	ETM.
RGS	5,36	0,62 - 12,9	4,17
H <sub>2</sub> O	62,61	51,0 - 82,1	10,55
1 Fe	27,68	7,6 - 45,1	9,53
2	85,35	16,0 - 197,3	48,44
1 Cu	18,31	6,17 - 39,5	8,99
2	50,79	20,4 - 105,0	22,25
1 Zn	70,45	30,0 - 111,4	21,38
2	191,75	108,8 - 254,1	37,94
1 Mg	239,57	76,1 - 420,0	75,12
2	743,72	160,0 - 2 243,0	488,82
1 Mn	3,64	1,47 - 6,85	1,21
2	10,04	3,15 - 19,03	3,95
1 Co	1,09	0,44 - 1,52	0,26
2	3,13	0,97 - 7,33	1,23

E.T.M. : écart type sur la moyenne.

Le tableau 2 représente les deux matrices des coefficients de corrélation, caractérisant les droites de régression, calculés à partir des taux de métaux considérés par paire, ou à partir des taux de métaux et des paramètres RGS et teneur en eau. La matrice supérieure a été déterminée à partir des taux de métaux calculés par rapport au poids frais de l'ovaire ; dans la matrice inférieure, ces taux sont calculés par rapport au poids sec de l'organe. Certaines régressions présentaient une distribution anormale des valeurs, déterminée à l'aide d'un test de distribution, avant et après leur transformation en logarithmes népériens. Les coefficients de corrélation caractérisant ces régressions ont été considérés comme non significatifs ( $P > 0,05$ ). Le degré de validité de chacune des corrélations calculées est indiqué sur la matrice.

Pour les valeurs exprimées en fonction du poids frais, seuls Mn et Co ne sont pas corrélés au RGS. H<sub>2</sub>O, Fe et Mg le sont négativement, alors que Cu et Zn le sont positivement. Inversement, Fe et Mg sont

TABLEAU 2

Matrice des coefficients de corrélation, calculés chez *Carcinus maenas*, à partir des taux de métaux considérés par paire et à partir des taux de métaux et les paramètres RGS et H<sub>2</sub>O. Dans la matrice supérieure, les taux sont exprimés en fonction du poids frais de l'organe, dans la matrice inférieure, en fonction du poids sec.

	RGS	H <sub>2</sub> O	Fe	Cu	Zn	Mg	Mn	Co	
RGS	—	—0,9327 <sup>a</sup>	—0,3889 <sup>b</sup>	+0,6086 <sup>a</sup>		+0,6029 <sup>a</sup>		—0,6308 <sup>a</sup>	RGS
H <sub>2</sub> O	—0,9327 <sup>a</sup>	—	+0,3462 <sup>b</sup>	—0,6028 <sup>a</sup>	—0,7262 <sup>a</sup>		+0,5925 <sup>a</sup>		H <sub>2</sub> O
Fe	0,7787 <sup>a</sup>		—	+0,7702 <sup>a</sup>	+0,7308 <sup>a</sup>		+0,3752 <sup>b</sup>		Fe
Cu			—0,4066 <sup>b</sup>			+0,4072 <sup>b</sup>			Cu
Zn			0,5157 <sup>a</sup>			+0,4672 <sup>a</sup>			Zn
Mg	—0,8431 <sup>a</sup>		+0,8565 <sup>a</sup>		+0,9009 <sup>a</sup>		+0,4069 <sup>b</sup>		Mg
Mn	—0,3990 <sup>b</sup>	+0,4110 <sup>b</sup>	+0,5257 <sup>a</sup>			+0,5206 <sup>a</sup>			Mn
Co	—0,6854 <sup>a</sup>	+0,6551 <sup>a</sup>	+0,5294 <sup>a</sup>		+0,3549 <sup>a</sup>	+0,6376 <sup>a</sup>	+0,4167 <sup>b</sup>		Co
	RGS	H <sub>2</sub> O	Fe	Cu	Zn	Mg	Mn	Co	

<sup>a</sup>p < 0,01 ; <sup>b</sup>0,01 < P < 0,05 ; — P > 0,05 ; RGS =  $\frac{\text{poids de l'ovaire}}{\text{poids de l'animal}} \times 100$ .

TABLEAU 3

Les taux de métaux dans l'ovaire et l'hémolymphe de *Cancer irroratus* et dans l'eau de mer, exprimés en parties par millions.  
1 : en fonction du poids frais ; 2 : en fonction du poids sec de l'organe.

	Ovaire Moyenne ± E.T.M.		Hémolymphe Moyenne ± E.T.M.		Eau de mer Moyenne
1 Fe	29,3	9,6	1,75	0,56	11,62 X 10 <sup>-3</sup>
2	84,0	19,5	24,1	5,82	
1 Cu	13,4	2,2	46,8	8,8	0,47 X 10 <sup>-3</sup>
2	38,9	2,5	637,5	76,2	
1 Zn	34,4	5,4	37,4	6,7	1,77 X 10 <sup>-3</sup>
2	100,1	11,2	523,1	79,0	
1 Mg	420,8	35,6	866,8	153,2	1 350 *
2	1 542,3	331,1	13 441,7	2 999,9	
1 Mn	1,82	0,34	0,22	0,073	0,84 X 10 <sup>-3</sup>
2	6,0	0,41	3,95	0,71	
1 Co	0,66	0,11	0,18	0,038	0,09 X 10 <sup>-3</sup>
2	2,77	0,14	3,01	0,61	

E.T.M. : écart type sur la moyenne ; !\* d'après Goldberg (1963).

corrélés positivement et Cu et Zn négativement par rapport à la teneur en eau. Une très forte corrélation négative existe entre RGS et la teneur en eau. Il est à noter que Mg et Fe sont de même fortement corrélés entre eux.

Pour les valeurs exprimées en fonction du poids sec, H<sub>2</sub>O, Fe, Mg, Mn et Co sont négativement corrélés à RGS, alors que Fe, Mg, Mn et Co sont positivement corrélés à la teneur en eau. Comme précédemment, Mg et Fe sont très fortement corrélés entre eux.

L'étude des corrélations pouvant exister entre la variation des métaux dans l'ovaire et dans l'hémolymphe a été effectuée. Il est à noter qu'excepté le zinc, chacun des métaux étudiés et, en particulier le cuivre, sont l'objet dans l'ovaire de variations indépendantes de celles observées dans l'hémolymphe. En effet, les coefficients de corrélés

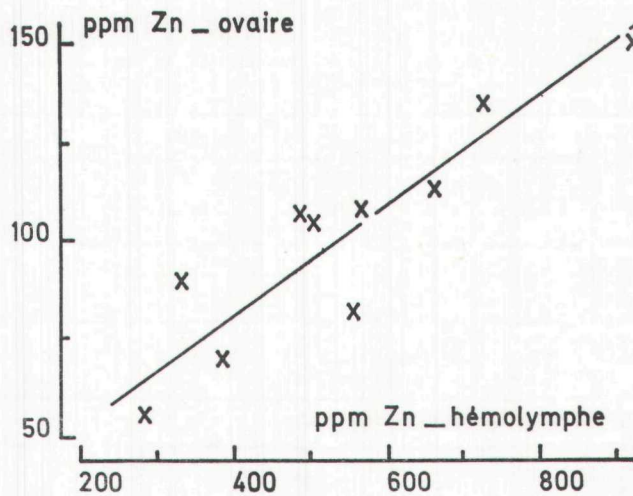


FIG. 1

Relations entre les teneurs en zinc exprimées en parties par millions par rapport au poids sec, de l'hémolymphe et de l'ovaire chez *Cancer irroratus*.

lation caractérisant les droites de régression ne sont pas significatifs ( $P > 0,05$ ). Par contre, dans le cas du zinc (Fig. 1),  $r = 0,7987$  ( $P < 0,01$ ).

Le tableau 3 met en évidence, chez *Cancer irroratus*, les taux de métaux dans l'ovaire et dans l'hémolymphe. De même sont indiqués sur ce tableau les taux de métaux déterminés dans l'eau de mer d'où les crabes sont issus. Nous pouvons constater que, comme dans le cas de *Carcinus maenas*, les plus fortes concentrations dans l'ovaire sont observées pour Mg et les plus faibles pour Co. Les concentrations de Cu, Zn, Mn et Co sont supérieures, dans l'ovaire de *Carcinus maenas*, à celles observées chez *Cancer irroratus*. Par contre, les concentrations de magnésium sont supérieures chez *Cancer irroratus* et la concentration de fer sensiblement identique. Dans l'ovaire des deux espèces de Décapodes étudiées, les concentrations relatives des différents métaux s'établissent de la façon suivante :  $Mg > Zn > Fe > Cu > Mn > Co$ ,

alors que dans l'hémolymphe de *Cancer irroratus*, les concentrations relatives s'établissent comme suit :  $Mg > Cu > Zn > Fe > Mn > Co$ .

Le facteur de concentration C (1), tel qu'il est défini par Hiyama et Shimizu (1964), Chapman *et al.* (1968), a été déterminé pour les différents métaux de l'ovaire et de l'hémolymphe. De même, C a été calculé pour l'ovaire en considérant l'hémolymphe comme véritable milieu externe de l'organe. En effet, le système circulatoire des Décapodes est un système semi-lacunaire (Maynard, 1960). Les ovaires baignent donc dans le liquide cavitaire que Damboviceanu (1932) assimile à l'hémolymphe.

Les différentes valeurs de C sont reportées sur le tableau 4. Par rapport à l'hémolymphe, Fe, Mn et Co sont l'objet d'une concentration ( $C > 1$ ) de la part de l'ovaire.

TABLEAU 4

Les facteurs de concentration des différents métaux dans l'ovaire chez *Cancer irroratus*, par rapport à l'eau de mer et à l'hémolymphe, et dans l'hémolymphe par rapport à l'eau de mer.

	Fe	Cu	Zn	Mg	Mn	Co
C ovaire H <sub>2</sub> O	2 522	28 510	19 437	0,31	2 167	7 333
C ovaire hémolymphe	16,7	0,29	0,92	0,49	8,27	3,7
C hémolymphe H <sub>2</sub> O	150,6	99 574	21 129	0,64	262	2 000

C : facteur de concentration.

Il est à noter que, calculé par rapport à l'hémolymphe, le cuivre est le métal présentant le facteur de concentration le moins élevé. Par rapport à l'eau de mer, excepté le magnésium, tous les métaux étudiés possèdent dans l'ovaire et dans l'hémolymphe un facteur de concentration supérieur à 1.

#### Discussion

Au cours de la maturation de l'ovaire, c'est-à-dire lorsque RGS augmente, la teneur en eau diminue. Il a été montré par ailleurs (Martin, 1973) que les taux d'azote protéique et d'azote soluble augmentaient pendant le même temps. Les variations des concentrations des métaux pourront avoir deux origines : la variation propre du métal due à des mouvements du milieu externe vers l'ovaire, ou inversement, et la variation relative de ce métal, par rapport aux variations des autres constituants, vitellus et lipides (Harvey, 1929) et eau.

Il semble que ces variations relatives soient à l'origine de la

Concentration du métal dans l'organisme (poids frais)  
Concentration du métal dans l'eau de mer

similitude de comportement de la plupart des métaux. Le manganèse et le cobalt, exprimés par rapport au poids sec de l'organe sont tous deux corrélés positivement à la teneur en eau. Ces deux métaux ne sont plus corrélés à la teneur en eau lorsqu'ils sont exprimés par rapport au poids frais de l'organe. Il semblerait qu'ils soient liés à l'eau contenue dans l'ovaire ; ces deux métaux présenteraient par rapport au poids sec de l'organe des concentrations d'autant plus grandes que la teneur en eau est plus importante. Le fer et le magnésium, exprimés tous deux par rapport au poids frais, sont corrélés positivement à la teneur en eau. Exprimées par rapport au poids sec, ces mêmes corrélations sont négatives. D'autre part, l'étude des coefficients de concentration montre que si l'ovaire concentre fortement le fer par rapport à l'hémolymphe et à l'eau de mer, le magnésium, par contre, par rapport à ces deux milieux, semble être l'objet d'une discrimination. En effet, dans chacun des cas, pour ce métal, le facteur de concentration est inférieur à 1. Les variations de la teneur en eau, de même que la composition de l'hémolymphe et de l'eau de mer sont donc insuffisantes pour expliquer les très fortes corrélations positives existant entre le fer et le magnésium, métaux appartenant à des groupes différents dans la table de classification périodique des éléments. Cheung (1966) indique, chez *Carcinus maenas*, qu'au cours de son développement l'œuf s'entoure de cinq membranes d'origines diverses. Ce même auteur montre que la membrane la plus externe est formée de substances épicuticulaires, d'une manière analogue au tégument des Crustacés. L'accumulation du magnésium contenu dans l'ovaire au cours de la maturation de l'organe chez *Carcinus maenas* et *Cancer irroratus* pourrait être due à la formation de cette membrane.

Les teneurs en cuivre et en zinc, exprimées en fonction du poids frais de l'organe, sont corrélées positivement à RGS et négativement à H<sub>2</sub>O. Ces corrélations disparaissent quand elles sont exprimées par rapport au poids sec. Dans l'ovaire, les corrélations Cu - Zn sont donc sous la dépendance des fluctuations de la teneur en eau. Il a été montré (Martin, 1974) que dans l'hémolymphe, chez *Cancer irroratus*, le cuivre et le zinc étaient très fortement corrélés entre eux et que ces corrélations étaient indépendantes des fluctuations de la teneur en eau et de la matière organique. Le cuivre contenu dans l'hémolymphe irriguant l'ovaire entrerait donc pour une part infime dans la quantité totale de cuivre contenue dans l'organe. De ce fait, il semblerait que l'ovaire possède un métabolisme propre du cuivre, ce qui appuie l'hypothèse selon laquelle les protéines hémocyaniques existant dans l'ovaire (Busselen, 1971) seraient synthétisées par l'œuf lui-même (Beams et Kessel, 1963 ; Martin, 1971). Il semblerait qu'il n'en soit pas de même pour le zinc. En effet, la corrélation significative ( $P < 0,01$ ) existant entre les teneurs en zinc dans l'ovaire et dans l'hémolymphe témoignerait de l'importance de l'hémolymphe sur la teneur en zinc de l'ovaire.

Les résultats présentés dans cette étude entrent dans le cadre de recherches tendant à établir, outre le métabolisme physiologique des métaux chez les Crustacés Décapodes, les relations pouvant exister entre le milieu marin et l'animal. Les résultats obtenus nous serviront de base pour l'étude des problèmes de contamination et de pollution d'animaux marins, par des métaux stables et radioactifs.

## Summary

Fe, Cu, Zn, Mn, Co, and Mg were analysed in the ovary of *Carcinus maenas* and *Cancer irroratus* during ovogenesis. In both ovaries, the relative rates, expressed as parts per millions as a ratio of wet and dry weight, are the following: Mg > Zn > Fe > Cu > Mn > Co, while in the hemolymph of *Cancer irroratus* these relative rates are the following: Mg > Cu > Zn > Fe > Mn > Co. Compared to concentrations of these metals in sea water, Mg excepted, all metals in the ovary of *Cancer irroratus* have a concentration factor upper than 1. Compared to the concentration of metals in the hemolymph is, for Fe, Mn, and Co, the concentration factor upper than 1, and for Cu, Zn and Mg, the concentration factor lower than 1. A study of correlations was done between the concentrations of metals considered in pairs, and between the concentrations of metals and the parameters: water content and gonad index.

## INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

- BEAMS, H.w. and KESSEL, R.G., 1963. — Electron microscope studies on developing crayfish oocytes with special reference to the origine of yolk. *J. Cell. Biol.*, 18, pp. 621-649.
- BERTINE, K.K. and GOLKBERG, E.D., 1972. — Trace elements in clams, mussels, and shrimp. *Limnol. oceanogr.*, 17, pp. 877-884.
- BROOKS, R.R., PRESLEY, B.J. and KAPLAN, I.R., 1967. — APDC — MIKB extraction system for the determination of trace elements in saline waters by atomic absorption spectrophotometry. *Talanta*, 14, pp. 806-816.
- BRYAN, G.W., 1964. — Zinc regulation in the lobster *Homarus vulgaris*. I. Tissues zinc and copper concentrations. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 44, pp. 549-563.
- BRYAN, G.W., 1968. — Concentrations of zinc and copper in the tissues of decapod crustaceans. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 48, pp. 302-321.
- BUSSELEN, p., 1971. — The presence of haemocyanin and of serum proteins in the eggs of *Carcinus maenas*, *Eriocheir sinensis* and *Portunus holsatus*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 38A, pp. 317-328.
- CECCALDI, H.J., CHEESMAN, D.F. et ZAGALSKY, P.F., 1966. — Quelques propriétés et caractéristiques de l'ovoverdine. *C.R. Sc. Soc. Biol. Filiales*, 160, pp. 587-790.
- CHAPMAN, w.H., FISHER, L. and PRATT, M.w., 1968. — Concentration factors of chemical elements in edible aquatic organisms. *Lawrence Radiation Laboratory Report*, UCRL - 50564, 50 pp.
- CHEUNG, T.s., 1966. — The development of egg - membranes and egg attachment in the shore crab, *Carcinus maenas*, and some related decapods. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 46, pp. 373-400.
- CLARKE, F.w. and WHEELER, w.c., 1922. — The inorganic constituents of marine invertebrates. *Prof. Pap. U.S. geol. Surv.*, 124, pp. 1-62.
- DAMBOUCEANU, A., 1932. — Composition chimique et physico-chimique du liquide cavitaire chez les crustacés décapodes. *Arch. Roum. Path. exp. Microbiol.*, 2, pp. 239-309.
- GOLDBERG, E.D., 1963. — The ocean as a chemical system. In: *The sea*. Ed. M.N. Hill. Interscience Publishers, New York.
- HARVEY, L.A., 1929. — The oogenesis of *Carcinus maenas* Penn., with special reference to yolk formation. *Trans. R. Soc. Edinburgh*, 56, pp. 157-174.
- HIYAMA, Y. and SHIMIZU, M., 1964. — On the concentration factors of radioactive Cs, Sr, Cd, Zn and Fe in marine organisms. *Rec. Oceanogr. Wks Japan*, 7, pp. 43-77.
- KERKUT, G.A., MORITZ, P.M. and MUNDAY, K.A., 1961. — Variations of copper concentrations in *Carcinus maenas*. *Cah. Biol. Mar.*, 3, pp. 64-70.
- KNAUER, G.A., 1970. — The determination of magnesium, manganese, iron, copper and zinc in marine shrimp. *Analyst*, 95, pp. 476-480.
- KOBYAKOVA, Z.I. and ZAPRYKIN, F., 1960. — The chemical composition of certain decapod crustaceans of northern and far eastern seas based on spectroscopic analysis. (Translated from russian by the translation bureau, department of the Secretary of State, Canada, translation n° 2732.) *Vest. Leningr. gos. Univ.*, 9, pp. 130-134.



- MARTIN, J.-L. M., 1969. — Etude des variations de quelques facteurs biologiques et biochimiques de l'hépatopancréas, de l'hémolymphe, de l'ovaire et de l'exosquelette chez *Carcinus maenas* (Crustacé Décapode), au cours du cycle d'intermue et de l'ovogenèse. Thèse de 3<sup>e</sup> cycle, Université de Marseille, 77 pp.
- MARTIN, J.-L. M., 1971. — Evolution des protéines de l'ovaire chez *Carcinus maenas* L. femelle durant l'ovogenèse. *Tethus*, 3, pp. 251-254.
- MARTIN, J.-L. M., 1973. — Etude du métabolisme de l'eau et de l'azote dans l'hépatopancréas et l'ovaire de *Carcinus maenas*. *J. Fish. Res. Bd Canada*, 30, pp. 41-44.
- MARTIN, J.-L. M., 1974. — Le cuivre et le zinc chez *Cancer irroratus* (Crustacé Décapode) : métabolisme comparé au cours du cycle d'intermue. *Comp. Biochem. Physiol.*, sous presse.
- MAYNARD, D.M., 1960. — Circulation and heart function. In: *The Physiology of Crustacea*, ed. T.H. Waterman. Acad. Press, New York.
- MC CORMACK, C.E. and HARTLING, S.F., 1973. — Data on some trace elements in the Gulf of Saint-Lawrence: *Bedford Institute of Oceanography Internal Report*. Bl. D. 73. 8. *Unpublished manuscript*.
- PERKIN - ELMER Co., 1971. — Analytical Methods for Atomic Absorption Spectrophotometry. Ed. Perkin. Elmer Corporation, Norwalk, Connecticut.
- PETKEVICH, T.A. and STEPANYUK, I.A., 1970. — Variability of trace elements concentration in shrimp (preliminary communication). *Hydrobiol. J.*, 6, pp. 68-71.
- SLAVIN, W., 1968. — Atomic Absorption Spectroscopy. Ed. P.J. Elving and I.M. Kolthoff. Interscience Publishers, New York.
- VINOGRADOV, A.P., 1953. — The Elementary Chemical Composition of Marine Organisms. Ed. E.A. Parr. Memoir. Sears Foundation for Marine Research. Yale University, New Haven.
- VINOGRADOVA, Z.A., 1962. — Composition chimique et métallique de Décapodes marins (en russe). *Nauk. Zapiski Odes' Koi biolog. stansii*, 4, pp. 86-87.