

Vol. XXXV, Fascicule 2.

JUIN 1932.

ARCHIVES INTERNATIONALES
DE
PHYSIOLOGIE

FONDÉES PAR

LÉON FREDERICQ
Liège



PAUL HEGER
Bruxelles

PUBLIÉES PAR

LÉON FREDERICQ

SUR LA RÉGULATION DE LA COMPOSITION MINÉRALE
DE L'HÉMOLYMPHE CHEZ LE CRABE

PAR

K. BIALASZEWICZ

*(Laboratoire de Physiologie de l'Institut Nencki à Varsovie
et Station zoologique de Naples)*

(2 figures)

LIÈGE

H. VAILLANT-CARMANNE

PLACE SAINT-MICHEL, 4

PARIS

GASTON DOIN

ÉDITEUR

PLACE DE L'ODÉON, 8

5457

IMPRIMÉ EN BELGIQUE

Titre abrégé pour les citations : *Arch. Internat. Physiol.* 1932, XXXV, 2.
Classification décimale [612. (05)]

LES auteurs des travaux destinés à être publiés dans les *Archives internationales de Physiologie*, sont priés de tenir compte des observations suivantes.

Titre et rédaction. — Nous recommandons aux auteurs de choisir un titre qui donne une idée précise du contenu de leur travail et de condenser leur rédaction de manière à ne dépasser qu'exceptionnellement l'étendue d'une ou de deux feuilles d'impression (16 à 32 pages).

Manuscrits dactylographiés. — Nous demandons aux auteurs de fournir des manuscrits dont la rédaction soit *entièrement terminée* (afin d'éviter sur les épreuves les remaniements et les corrections, très onéreuses, et qui sont à la charge des auteurs) et dactylographiés sous forme *ne varietur*, ou tout au moins écrits très lisiblement, surtout en ce qui regarde les termes spéciaux et les noms propres (souligner deux fois ces derniers).

Résumé. — Il est à désirer que chaque mémoire soit suivi d'un court *résumé*, rédigé d'une façon objective, de manière à pouvoir être utilisé directement comme « *Analyse* » par les rédacteurs des « *Revue annuelle de Physiologie* » et des « *Physiological abstracts* ».

Citations. — Pour les citations, nous proposons de suivre les règles formulées par CH. RICHTER dans son art. *Bibliographie* du *Dictionnaire de Physiologie* (Paris, 1897, II, 95-137). Chaque citation comprendra :

1° Prénom (ou initiales) et nom de l'auteur en petites capitales (souligner deux fois dans le manuscrit); 2° le titre complet en caractères ordinaires; 3° titre abrégé du recueil en italiques (souligner une fois dans le manuscrit); 4° année; 5° tome (en chiffres romains); 6° série s'il y a lieu (chiffres arabes entre parenthèses); 7° première et dernière pages du mémoire en chiffres arabes; 8° s'il y a lieu, nombre de planches ou de figures.

Les indications *Vol., T., Bd., pag.* seront supprimées.

Exemple : H. ZWAARDEMAKER (Utrecht). Sur une phase réfractaire du réflexe de déglutition. *Arch. internat. Physiol.*, 1904, I, 1-16, 12 fig.

Exemples d'abréviations des titres des principaux recueils

Ann. Physiol. et Physico-Chim. Biol. — *Arch. ital. Biol.* — *Arch. Biol.* — *Arch. internat. Physiol.* — *Arch. néerl. Physiol.* — *Bull. Soc. Chim. Biol.* — *C. R. Soc. Biol.* — *C. R. Acad. Sc.* — *Journ. Physiol. et Path. gén.* — *Arch. di Fisiol.* — *Arch. di Sc. Biolog.* — *Arch. f. Physiol.* — *Arch. f. d. ges. Physiol.* ou *Pflüger's Arch.* — *Biochem. Centralbl.* — *Biochem. Zeits.* — *Biophysik. Centralbl.* — *Hofmeister's Beitr.* — *Jahresber. f. Tierchem.* — *Skandin. Arch. f. Physiol.* — *Zentralbl. f. Physiol.* — *Zeits. f. Biol.* — *Zeits. f. physiol. Chem.* — *Zeits. f. allgem. Physiol.* — *Journ. of Physiol.* — *Amer. Journ. of Physiol.* — *Journ. of gener. Physiol.* — *Quart. Journ. of exper. Physiol.* — *Journ. of biol. Chem.*

Figures. — Conformément au vœu formulé au 5^e Congrès de Physiologie à Turin, il est désirable que les graphiques, dessins, figures, destinés à la publication, puissent être reproduits sans retouche par des procédés dérivant de la photographie.

Les tracés sur papier enfumé se prêtent bien à la reproduction directe par la photo-zincogravure, à condition que les lignes se détachent en blanc sur un fond uniformément noir.

On peut d'ailleurs, sans leur faire perdre la valeur probante des originaux, retoucher les lignes blanches à la gouache, ou les fonds noirs à l'encre de Chine. Les frais de retouche et de dessinateur sont à la charge des auteurs. Les lettres ou les inscriptions surajoutées doivent être bien lisibles.

Quant aux graphiques tracés sur papier quadrillé, on est prié de n'employer pour leur confection que du papier millimétré imprimé en noir.

(La suite à la 3^{me} page de la couverture).

[612.126.019.53]

Reçu le 21 novembre 1931

SUR LA RÉGULATION DE LA COMPOSITION MINÉRALE DE L'HÉMOLYPHE CHEZ LE CRABE

PAR

K. BIALASZEWICZ

(Laboratoire de Physiologie de l'Institut Nencki à Varsovie
et Station zoologique de Naples)

(2 figures)

C'EST un fait bien connu que les animaux homéosmotiques possèdent la faculté de régler non seulement la concentration mais aussi la composition minérale de leurs liquides organiques. Dans les phénomènes de restitution de l'équilibre ébranlé, participent toute une série d'organes (les reins, le tube digestif, la peau, les poumons, les muscles) qui éliminent du plasma sanguin ou bien lui fournissent l'eau et les électrolytes indispensables à la restauration de sa composition chimique normale.

Par contre, c'est un problème bien obscur, jusqu'à présent, que de savoir si, et jusqu'à quel degré, les animaux poecilomotiques, privés de mécanismes réglant la concentration des cristaalloïdes du sang, ont cependant cette faculté de réglage chimique.

Ce problème n'a été traité qu'accidentellement en connexion avec la question de la perméabilité pour les électrolytes des téguments des animaux inférieurs. Que cette question aussi se heurte à de nombreuses difficultés, tant dans la manière de préciser le problème lui-même que dans la solution expérimentale et dans l'interprétation des résultats nous en voyons la preuve dans les controverses que l'on trouve dans les opinions des auteurs qui se sont occupés de ces recherches. Tandis que certains sont d'avis que la surface du corps des Invertébrés marins, dans des conditions normales, est absolument

(¹) Une communication sur ces recherches a paru en polonais dans les *Acta Biologiae Experimentalis* (Varsovie), V, 1930.

impermeable pour les sels de l'hémolymphe et de l'eau de mer (BOTTAZZI et ENRIQUES 14, HENRI et LALOU 21, Léon FREDERICQ 18, 19, MACALLUM 24, DEKHUYSEN 16, DUVAL 17), d'autres, au contraire, concluent de leurs expériences à la perméabilité totale des téguments de ces animaux, tant par rapport à l'eau que pour les sels (QUINTON 28, BETHE 4, 5). Ce dernier point de vue est défendu par BETHE dans une de ses dernières publications (4), concernant le crabe *Carcinus Maenas* et le mollusque *Aphysia punctata* : cet auteur a constaté que ces animaux, tenus dans de l'eau de mer artificielle, dans laquelle un des ions (Ca, K, Mg, Cl, SO_4) manquait ou était en excès, manifestent des changements dans la concentration de l'ion en question dans l'hémolymphe, parallèles aux changements produits dans le milieu ambiant. BETHE (4, p. 444) exprime l'opinion que le tégument des Invertébrés marins joue le rôle d'une barrière, empêchant uniquement la perte des colloïdes, contenus dans leur organisme.

Dans les recherches ci-dessous, faites sur le crabe *Maja squinado* L., on a procédé d'une manière différente : en gardant, sans l'altérer, la composition minérale de l'eau de mer dans laquelle restaient constamment les animaux servant à l'expérience, on changeait, au moyen d'injections, la composition minérale de l'hémolymphe ; la comparaison de la concentration des ions étudiés dans le sang et l'urine a permis de constater la manière dont se comportent certains électrolytes dans les liquides du corps et d'élucider le rôle que jouent les reins et les tissus dans l'élimination de ces composants.

Méthodes et technique des expériences

L'objet de nos expériences, le *Maja squinado*, est un animal qui convient parfaitement à ce genre d'études, grâce à son grand degré d'adaptation aux conditions peu normales de la vie dans les aquariums, où ces crabes peuvent séjourner des mois entiers, ainsi que grâce à la masse de leur corps permettant de leur soutirer, sans tort apparent pour leur organisme, des quantités considérables d'hémolymphe, grâce enfin, à la facilité avec laquelle on peut séparer et recueillir l'urine absolument pure — produit de l'activité des glandes antennaires.

L'expérience a consisté en principe à introduire dans la circulation des quantités déterminées de sels et à déterminer leur concentration dans l'hémolymphe et l'urine à divers moments après l'injection.

Nous donnons ci-dessous la description de la manière de préparer les solutions et de faire les injections, et, en outre, les indications dont nous nous sommes guidés en prenant des échantillons d'hémolymphe et d'urine et en déterminant dans ces liquides, la concentration des sels étudiés.

On employait aux injections les sels suivants entrant dans la composition normale de l'hémolymphe : KCl , $CaCl_2$, $MgCl_2$, $Mg SO_4$ et $Na_2 SO_4$. La concentration des solutions était presque isosmotique par rapport à l'hémolymphe du crabe. Dans les cas où il fallait injecter simultanément deux sels ou plus, on préparait des mélanges dans lesquels les cathions de ces sels étaient en proportion à peu près égale à celle de l'hémolymphe normale : cela avait pour but d'obtenir au moment de l'injection, l'augmentation relativement égale de la concentration des ions en question dans l'hémolymphe.

On employait aux expériences des crabes ayant jeûné un temps assez long, quinze jours pour le moins. Avant de procéder à l'injection, on immobilisait ces animaux en les mettant sur le dos en posant leur carapace sur les bords de cylindres de verre de hauteur appropriée, de manière que l'animal ne puisse toucher la surface de la table du bout de ses membres.

L'injection se faisait à l'aide d'une seringue à laquelle était adapté un tube en caoutchouc aux parois assez épaisses, mais suffisamment fin et élastique, terminé par un ajutage muni d'une aiguille pour injections. On faisait la piqûre à la base de la première articulation d'une des dernières paires de membres, en perçant la fine membrane chitineuse de l'articulation et en introduisant profondément l'aiguille dans le corps. On introduisait la solution le plus lentement possible (5 à 10 min.) en pressant légèrement d'un mouvement giratoire le piston de la seringue et en observant attentivement le comportement de l'animal. D'habitude, le crabe s'agite beaucoup au cours de l'injection, en remuant vivement ses membres et parfois autotomisant même le membre piqué ou même plusieurs membres. Toutefois la perte des membres n'empêche pas de continuer l'expérience car, grâce au mécanisme musculaire bien connu, la plaie se ferme, ce qui empêche l'effusion ultérieure du sang.

Après l'injection, l'animal était transporté dans un aquarium contenant de l'eau de mer courante, où il restait pendant tout le temps des expériences ; on ne le sortait que lorsqu'il fallait prendre des échantillons d'hémolymphe ou pour recueillir son urine.

Au commencement, on prenait l'hémolymphe à l'aide d'une seringue, en piquant l'animal dans diverses parties molles du corps. Ce mode de procéder a été reconnu difficile et peu pratique, attendu que les aiguilles se bouchaient souvent, tandis que l'animal s'irritait violemment, cassant parfois les aiguilles et autotomisant ses membres. C'est pourquoi nous avons, par la suite, employé la méthode suivante, très simple et très efficace.

On plaçait le crabe sur le bord de la table et on l'immobilisait au moyen du coude gauche ; dans un de ses membres postérieurs qui pendaient, on coupait rapidement avec des ciseaux, le bout du dernier segment du membre, on immobilisait le membre blessé dans une position verticale orientée en bas et on plaçait au-dessous une éprouvette pour recueillir la quantité nécessaire d'hémolymphe (5-10 cm³) découlant de la plaie. Pour empêcher un écoulement ultérieur, on recourbait le membre blessé vers le haut et, pour fermer la plaie, on y mettait un tampon bien ajusté de cire blanche que l'on fondait à l'aide d'une petite flamme sur les bords de son contact avec la chitine. Dès que la cire avait durci, on remplaçait le crabe dans l'aquarium. On prenait les échantillons suivants d'hémolymphe du même endroit en ôtant rapidement le tampon de cire à l'aide d'une pincette et en procédant toutes les fois de la même manière. Les crabes supportent très bien cette opération et n'autotomisent le membre blessé que quelques semaines plus tard, après qu'on a pu prendre parfois plus de dix échantillons d'hémolymphe.

L'extraction de l'urine se faisait d'après les indications données par MARCHAL (27, p. 217) qui, le premier, a pu observer, chez le *Maja squinado*, l'éjection de l'urine de l'opercule et a réussi à obtenir l'urine dans un état de pureté permettant l'analyse chimique. L'opération elle-même, peu compliquée en principe, exige cependant qu'on prenne certaines précautions afin de conserver intacte la membrane intérieure très délicate de l'opercule où est situé l'orifice urinaire : autrement, au cas où elle aurait été endommagée, l'urine pourrait contenir de l'hémolymphe qui, parfois découle abondamment de l'endroit blessé. Nous procédions de façon à immobiliser l'animal couché sur le dos et ensuite, nous soulevions lentement l'opercule en le prenant avec précaution mais fortement par les bouts aplatis d'une pincette dans deux endroits le plus épaissis ; en soulevant l'opercule, il fallait parfois vaincre une forte résistance opposée par son muscle contracteur. On aspirait l'urine, à mesure de son écoule-

ment, avec une pipette et, après l'avoir remplie, on abaissait l'opercule et l'enfonçait à sa place, tandis que l'urine était transvasée dans un cylindre gradué. On répétait cette opération tour à tour sur les deux opercules, jusqu'à ce que l'urine cessât entièrement de s'écouler. L'urine recueillie est parfaitement transparente et habituellement incolore, parfois cependant, elle est d'une couleur jaunâtre qui, après un certain temps, passe à l'orangé. On conservait l'urine destinée à l'analyse, en y ajoutant quelques gouttes de chloroforme.

Attendu que dans notre étude nous voulions comparer la concentration vraie des électrolytes dans l'hémolymphe et dans l'urine, il était important de se rendre compte des changements provoqués par le réactif désalbuminant dans la répartition des électrolytes dans la phase colloïdale et la phase aqueuse de l'hémolymphe.

TABLEAU I

Répartition des électrolytes dans l'hémolymphe de Maja squinado et influence de la précipitation des protéines par l'acide trichloracétique sur la composition du liquide centrifugé.

Composants	Cendres	Liquide ultrafiltré	Quantités des composants liées à la phase colloïdale	Liquide centrifugé après la précipitation des protéines par l'acide trichloracétique
	mgr./cm ³	mgr./cm ³	%	mgr./cm ³
Cl	19.83	23.22	0	22.32
K	0.508	0.574	3.8	0.568
Ca	0.519	0.507	16.4	0.570
Mg	1.582	1.682	12.8	1.720
S total	0.916	1.072	0	—
S minéral	—	0.939	—	0.929

Le tableau I présente le résultat d'une des expériences où l'on a essayé de déterminer ces changements. Dans ce but, une quantité suffisante d'hémolymphe, obtenue d'un animal normal, était divisée

en trois parties : dans la première, le chlore était dosé par la méthode Volhardt, et le reste, après avoir été incinéré par l'acide nitrique à chaud (BIALASZEWICZ 7-8), était dissous dans un volume d'eau égal à celui de l'hémolymphe incinérée ; la deuxième partie servait à préparer une quantité nécessaire de liquide ultrafiltré (v. BIALASZEWICZ 9-10) ; la troisième enfin était désalbuminée au moyen de l'acide trichloracétique d'après la méthode que nous venons de décrire. Dans ces trois solutions, l'analyse des composants minéraux étudiés se faisait simultanément, dans la même série de déterminations. Le volume de la phase colloïdale dans l'hémolymphe, calculé d'après les concentrations du chlore dans l'hémolymphe et dans le liquide ultrafiltré et le pourcentage des composants dosés, liés aux colloïdes, était évalué selon les indications données dans une publication précédente (BIALASZEWICZ 10).

Les résultats, présentés dans le tableau, indiquent clairement le fait que des quantités importantes de magnésium (12.8%) et de calcium (16.4%) ainsi que des quantités moindres de potassium (3.8%) sont liées aux substances protéiques de l'hémolymphe. Il est curieux que la quantité totale de soufre, dont environ 88% se présente sous la forme de composés minéraux, se trouve dans le liquide intermicellaire de l'hémolymphe en état non lié.

Comme il était donc à prévoir, sous l'influence du réactif désalbuminant, possédant la réaction acide, une grande partie des bases liées aux albumines passe dans la solution, en augmentant leur concentration dans le liquide centrifugé après la désalbumination. Dans l'expérience relatée, cette concentration a augmenté de 12.4% pour le calcium et de 6.7% pour le magnésium, tandis que pour le potassium, elle est restée presque invariable. Il en résulte donc un fait important pour nos recherches : que les concentrations du calcium et du magnésium, trouvées par nous dans le liquide désalbuminé, sont plus grandes que celles de ces ions dans le liquide intermicellaire de l'hémolymphe fraîche.

Dans les liquides étudiés, c'est-à-dire l'urine et l'hémolymphe, nous avons déterminé la concentration des composants suivants : K, Ca, Mg, Cl et S. Voici les méthodes appliquées en vue de déterminer ces composants : potassium, méthode de KRAMER et TISDALL (22), appliquée après l'élimination des traces d'ammoniaque ; calcium, méthode de DE WAARD (30) et de HECHT (20) ; magnésium, méthodes combinées de KRAMER et TISDALL (22), de BELL-DOISY (1) et de

BRIGGS (15), d'après les indications que j'ai données (BIALASZEWICZ 8) ; chlore, méthode de WHITEHORN (31) ; soufre minéral, méthode ordinaire gravimétrique (Ba SO_4). Dans toutes les analyses, on prenait soin de faire les dosages parallèles dans le liquide étudié et la solution standardisée.

Partie expérimentale

Nous donnons ci-dessous la description des expériences relatives à la manière de se comporter dans la circulation des différents sels et de leur mélange, ainsi que les constatations concernant le rôle de la glande antennaire dans la régulation de la composition minérale de l'hémolymphe.

1. — INJECTIONS DE DIFFÉRENTS SELS

Les résultats des expériences les plus typiques de cette série de recherches, dans lesquelles nous avons déterminé la concentration dans l'hémolymphe des ions qui y ont été introduits en excès, ont été présentés dans les tableaux II-VI. Dans ces tableaux, les quantités des composants dosés ont été exprimées en mgr. dans un centimètre cube d'hémolymphe et en pourcentages de leur concentration avant l'injection. En outre, les principaux résultats ont été présentés dans la figure 1, où les courbes particulières représentent les variations relatives de la concentration des ions dans l'hémolymphe pendant les 48 heures consécutives à l'injection.

En premier lieu, en nous basant sur ces expériences, nous pouvons affirmer que l'accroissement de la concentration d'un des composants minéraux de l'hémolymphe n'influe pas d'une manière plus marquée sur la proportion des autres composants : c'est ainsi qu'après une injection de KCl (tabl. II), de MgCl_2 (tabl. IV) et de MgSO_4 (tabl. V et VIII), nous constatons seulement un accroissement de la concentration de calcium qui, dans un cas extrême, n'a pas dépassé 34% ; une injection de MgSO_4 (tabl. V) ou bien d'un mélange de ce sel avec du MgCl_2 (tabl. VIII) a provoqué en deux cas, une diminution de la teneur en ions de potassium, correspondant respectivement à 12 et 20% des concentrations initiales.

En se basant sur ces expériences, nous pouvons en outre affirmer que la proportion normale des électrolytes dans l'hémolymphe, modifiée par l'injection, se rétablit entièrement après un laps de temps

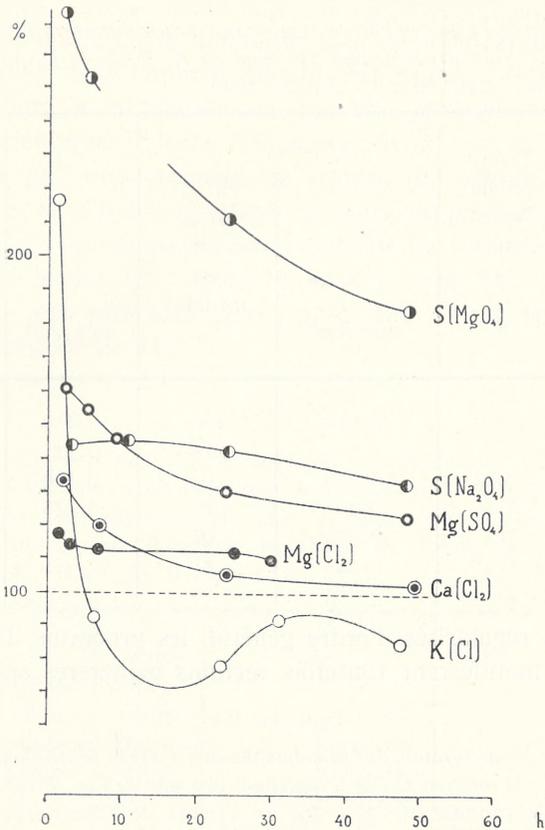


FIG. 1. — Concentrations des composants injectés dans l'hémolymphe exprimées en % de leurs valeurs initiales. D'après les données des tableaux II-VI.

plus ou moins long. Le retour à la norme dans la composition minérale consiste donc surtout dans le fait d'éliminer de la circulation les ions qui y ont été introduits en excès : la concentration de tous les sels sans exception (KCl, CaCl₂, MgCl₂, MgSO₄, Na₂SO₄) présente son maximum dans les premiers moments consécutifs à l'injection ; ensuite, progressivement et régulièrement, elle décroît et après un certain temps, caractéristique pour chaque sel particulier, elle arrive à sa valeur initiale, propre à la concentration de ce sel dans l'hémolymphe normale. La régularité des courbes se rapportant aux sels particuliers — excepté peut-être celle du Na₂SO₄ — prouve l'existence d'une relation étroite entre la vitesse de la disparition de ces sels de la circulation et leur surplus actuel dans l'hémolymphe.

TABLEAU II

Concentration de l'hémolymphe en composants minéraux après l'injection de la solution de KCl (5.5 cm³) contenant 216 mgr. de K. Poids de l'animal (nr. 4) = 766 gr. Début de l'expérience (nr. X) : 7-1-1929.

N° d'échan- tillons de l'hémo- lymphe	Temps écoulé après l'injec- tion h.	K		Ca mgr./cm ³	Mg mgr./cm ³
		mgr./cm ³	en % de la concentra- tion initiale %		
1	0	0.618	100	0.459	1.480
2	1	1.336	216	0.521	1.414
3	6.2	0.578	93	0.520	1.393
4	23.5	0.491	79	0.548	1.378
5	31	0.570	92	—	—
6	47.5	0.525	85	—	—
7	73	0.484	78	—	—

Outre ces régularités d'ordre général, les processus d'élimination de ces sels manifestent toutefois certains caractères spéciaux.

TABLEAU III

Concentration de l'hémolymphe en Ca après l'injection de la solution de CaCl₂ contenant 109 mgr. de Ca. Poids de l'animal (nr. 2) = 766 gr. Début de l'expérience (nr. IX) : 4-1-1929, 11 h.

N° d'échan- tillons de l'hémo- lymphe	Temps écoulé après l'injec- tion h.	Ca	
		mgr./cm ³	en % de la con- centration initiale %
1	0	0.415	100
2	1.7	0.557	134
3	7	0.497	120
4	23.7	0.443	107
5	49	0.430	103
6	72	0.457	110

Comme nous l'avons mentionné, le Na_2SO_4 se comporte dans l'hémolymphe d'une façon différente sous certains rapports. Ce sel, sans provoquer dans l'animal aucun effet nuisible, reste pendant longtemps dans la circulation en quantité presque invariable (¹). Dans l'expérience n° 6 (tabl. VI), après avoir injecté à un crabe pesant 1411 gr., une quantité de sulfate de sodium, contenant 287 mgr. de S, nous avons constaté, au cours des premières 24 heures consécutives à l'injection, un accroissement de soufre minéral, égal 45% après 3.5 heures, 48% après 9 h. et 42% après 24 h., c'est-à-dire des valeurs à peu près identiques; après 120 heures, le surplus de soufre était encore de 34%.

TABLEAU IV

Concentration de l'hémolymphe en magnésium et en calcium, après l'injection de la solution de MgCl_2 (11 cm^3) contenant 211 mgr. de Mg. — Poids de l'animal (nr. 3) = 2090 gr. Début de l'expérience (nr. VIII) : 31-XII-1928, 10 h.

N° d'échantillon de l'hémolymphe	Temps écoulé après l'injection h.	Mg		Ca
		mgr./cm ³	en % de la concentration initiale %	mgr./cm ³
1	0	1.361	100	0.411
2	1.2	1.618	119	0.418
3	3.2	1.572	115	0.422
4	7	1.554	114	0.429
5	23.5	1.538	113	0.422
6	30	1.506	110	0.428

Bien plus rapidement, quoique toujours assez lentement en comparaison aux autres sels injectés (par exemple KCl , CaCl_2), a lieu la normalisation de la composition de l'hémolymphe après l'injection

(¹) Ce fait pourrait servir comme point de départ à une méthode servant à déterminer le volume total d'hémolymphe dans le corps des crabes.

de se's de magnésium ($MgCl_2$ et $MgSO_4$). Dans ces cas, la concentration aussi bien des cations (Mg), que celle des anions SO_4 , tend, dès les premiers moments suivant l'injection, à diminuer, bien que la rapidité de la disparition des sels introduits dans la circulation soit peu élevée. C'est ainsi que pendant les premières 24 h., après l'injection de $MgCl_2$ (tabl. IV), le surplus de la concentration du

TABLEAU V

Concentration de l'hémolymphe en composants minéraux après l'injection de la solution de $MgSO_4$ (8.4 cm^3) contenant 291 mgr. de Mg et 383 mgr. de S. — Poids de l'animal (nr. 7) = 921 gr. Début de l'expérience (nr. XII) : 14-I-1929, 11 h.

N° d'échantillon de l'hémolymphe	Temps écoulé après l'injection h.	Mg		S		Ca mgr./cm ³	K mgr./cm ³
		mgr./cm ³	en % de la concentration initiale %	mgr./cm ³	en % de la concentration initiale %		
1	0	1.434	100	0.714	100	0.454	0.522
2	2	2.314	161	1.960	274	0.486	0.493
3	5	2.232	156	1.801	252	0.487	0.487
4	9	2.222	146	1.746	244	0.492	0.460
5	24	1.880	131	1.508	211	0.515	0.587
6	48	1.766	123	1.304	183	0.522	0.539

magnésium tomba de 19 à 13%, tandis qu'après une injection de $MgSO_4$ (tabl. V), elle tomba de 61 à 31% ; en même temps, le surplus de soufre inorganique dans l'hémolymphe diminua de 174 à 111%.

L'organisme du crabe se tire d'affaire bien mieux lorsqu'il s'agit d'un surplus d'ions de calcium et de potassium qui, habituellement, disparaissent de l'hémolymphe déjà pendant la première journée de l'expérience. Cela est surtout à remarquer par rapport aux sels de potassium. En introduisant de petites quantités de ces sels (jusqu'à 0.05 gr. de K par kgr. de poids), nous ne constatons point d'accroissement de la concentration de potassium dans l'hémolymphe, prise peu de temps après l'injection, malgré que les symptômes d'empoisonne-

ment apparaissent d'une façon assez marquée. Nous n'observons pas d'accroissement de la concentration plus important que lorsque la quantité de KCl injecté est relativement assez grande et lorsque le premier échantillon d'hémolymphe a été pris le plus vite possible après l'injection. En observant les conditions nécessaires de l'expérience et en prenant les échantillons à des intervalles très courts, nous pouvons constater que les ions de potassium appartiennent à ces composants minéraux de l'hémolymphe qui sont le plus vite éliminés, lorsqu'on les introduit en excès dans la circulation. Dans l'expérience présentée dans le tableau II (cf. fig. 1), nous voyons qu'après 6.2 heures, depuis le moment de l'injection, qui avait accru lors de la prise du premier échantillon (1 h.), la concentration du potassium jusqu'à 216%, non seulement tout le surplus de cet ion a été éliminé, mais encore une certaine quantité de plus, ce qui a, en résultat, abaissé la concentration du potassium dans l'hémolymphe jusqu'à 93% de la valeur initiale.

TABLEAU VI

Concentration de l'hémolymphe en soufre minéral après l'injection de la solution de Na_2SO_4 contenant 387 mgr. de S. — Poids de l'animal (nr. 1) = 1411 gr. Début de l'expérience (nr. VI) : 28-XII-1928.

N° d'échantillon de l'hémolymphe	Temps écoulé après l'injection h.	S	
		mgr./cm ³	en % de la concentration initiale %
1	0	0.820	100
2	3.5	1.191	145
3	9	1.215	148
4	24	1.167	142
5	48	1.194	146
6	120	1.094	134

Le phénomène de la disparition fort rapide des sels de potassium de l'hémolymphe est d'autant plus intéressant que les crabes étant des

animaux carnivores, absorbent dans les conditions normales de leur vie, de grandes quantités de sels de potassium dans leur nourriture.

Les expériences du type décrit dans le présent chapitre nous permettent aussi de nous rendre compte de la vitesse relative avec laquelle les crabes éliminent de leur circulation le surplus d'ions particuliers. Si, notamment, nous prenons comme mesure de cette vitesse, le temps pendant lequel un tiers du surplus disparaît de l'hémolymphe, en interpolant les valeurs cherchées dans le cours des courbes de la figure 1, nous obtenons les chiffres suivants :

KCl	ca	1.5 h.
CaCl ₂	»	15 »
MgSO ₄	»	22 »
MgCl ₂	»	23 »
Na ₂ SO ₄	>	120 »

Aux deux extrémités de cette série nous voyons, d'un côté, le chlorure de potassium, comme sel relativement le plus vite éliminé, et de l'autre côté, le sulfate de sodium qui, de tous les sels étudiés, reste le plus longtemps dans la circulation du crabe.

2. — INJECTION DE MÉLANGES DE SELS

Les expériences ci-dessus, relatives au comportement de sels particuliers dans les liquides du corps, ne permettent pas de conclure avec une certitude satisfaisante quant à la vitesse relative de régulation de la composition minérale modifiée. Ces expériences étaient notamment effectuées sur des individus divers par rapport à leur sexe et à la masse de leurs corps, ainsi qu'à la durée de leur jeûne ; en outre, on introduisait dans la circulation des animaux, diverses quantités de sels augmentant en divers degrés la concentration dans l'hémolymphe des ions étudiés.

Afin de supprimer les différences individuelles et d'égaliser les autres conditions de l'expérience, nous procédions dans nos études ultérieures de la manière suivante :

TABLEAU VII

Concentration de l'hémolymphe en K, en Ca, en Mg et en Cl, après l'injection de a solution de KCl + CaCl₂ + MgCl₂ (40 cm³) contenant 196 mgr. de K, 165 mgr. de Ca, 508 mgr. de Mg. — Poids de l'animal (nr. 9) = 1498 gr. Début de l'expérience (nr. XV) : 25-I-1929, 10 h.

N° d'observation	Temps écoulé après l'injection h.	H (hémolymphe U (urine)	K		Ca		Mg		Cl
			mgr. cm ³	en % de la concentration init.	mgr. cm ³	en % de la concentration init.	mgr. cm ³	en % de la concentration init.	mgr. cm ³
1	0	H	0.704	100	0.523	100	1.471	100	22.44
		U	0.562	—	0.626	—	1.933	—	21.60
2	1	H	0.910	129	0.776	148	2.528	172	23.91
		U	0.562	—	0.738	—	2.405	—	—
3	4.5	H	0.506	72	0.542	104	2.340	159	23.06
		U	0.473	—	0.592	—	2.216	—	—
4	8.5	H	0.478	68	0.480	92	2.164	147	23.52
		U	0.481	—	0.507	—	2.314	—	—
5	23.5	H	0.548	78	0.480	92	2.119	144	22.44
		U	0.451	—	0.507	—	2.038	—	22.63
6	32.5	H	0.537	76	0.476	91	2.016	137	22.75
		U	0.451	—	0.496	—	2.064	—	22.75
7	71.5	H	0.495	70	0.472	90	1.896	129	22.48
		U	0.501	—	0.503	—	2.022	—	21.97

Dans chaque expérience, on introduisait dans la circulation un mélange de plusieurs sels, en injectant leur solution dans laquelle les cations se trouvaient approximativement dans la même proportion que dans l'hémolymphe normale du crabe. De cette façon, on obtenait au moment de l'injection un accroissement égal en pour cent de la concentration, dans l'hémolymphe normale, des cations

TABLEAU VIII

Concentration de l'hémolymphe en composants minéraux après l'injection de la solution de $MgCl_2 + MgSO_4$ (25.7 cm^3), contenant 620 mgr. de Mg et 415 mgr. de S. — Poids de l'animal (nr. 7a) = 1217 gr. Début de l'expérience (nr. XIII) : 17-I-1929, 11 h. 15.

N° d'observation	Temps écoulé après l'injection h.	H (hémolymphe) U (urine)	Mg		S		K	Ca	Cl
			mgr. cm^3	%	mgr. cm^3	%	mgr. cm^3	mgr. cm^3	mgr. cm^3
1	0	H	1.424	100	0.840	100	0.668	0.550	22.20
		U	1.725	—	1.222	—	0.529	0.561	22.20
2	1.7	H	3.366	238	2.065	246	0.542	0.504	23.43
		U	3.388	—	2.215	—	0.509	0.496	—
3	3.2	H	2.990	211	1.834	218	0.626	0.527	22.04
		U	3.144	—	2.197	—	0.507	0.546	—
4	10.7	H	2.544	179	1.552	188	0.628	0.552	21.90
		U	2.748	—	1.832	—	0.537	0.561	—
5	23.5	H	2.180	153	1.368	163	0.618	0.546	22.30
		U	2.458	—	1.521	—	0.558	0.561	22.66
5	144.0	H	1.596	112	0.961	114	0.735	0.538	19.34
		U	1.598	—	1.117	—	0.571	0.542	19.49

étudiés. Au cas d'une vitesse d'élimination égale pour tous les ions introduits, les courbes exprimant le pourcentage de l'accroissement de leurs concentrations par rapport au temps, devraient coïncider. Au cas contraire, les divergences existant dans le parcours de ces courbes pourraient nous donner des renseignements plus exacts quant aux vitesses relatives avec lesquelles les ions introduits sont éliminés de la circulation. En injectant, dans une série d'expériences effectuées sur divers individus, des mélanges de sels contenant un cation commun, nous avons pu établir l'ordre exprimant la vitesse relative avec laquelle les sels particuliers sont éliminés de l'hémolymphe.

Nous avons effectué plusieurs expériences du type que nous venons de décrire ; nous donnons ici le résultat de deux expériences les plus complètes et les plus réussies. Dans ces deux expériences, l'ion commun des mélanges injectés a été le magnésium, introduit sous la forme de $MgCl_2$. Dans la première expérience (v. tabl. VII), on a employé la solution de $KCl + CaCl_2 + MgCl_2$ contenant les quantités suivantes de cations :

Mg	12.69 mgr./cm ³
Ca	4.12 »
K ..	4.89 »

c'est-à-dire ces ions ont été pris en rapport 1 : 0.32 : 0.39, tandis que dans l'hémolymphe de l'animal avant l'injection, on a trouvé les concentrations suivantes de ces ions :

Mg	1.471 mgr./cm ³
Ca	0.523 »
K	0.704 »

c'est-à-dire en rapport 1 : 0.35 : 0.48, différent de celui du liquide injecté surtout par une proportion plus grande d'ions de potassium.

Dans la seconde des expériences citées (tabl. VIII), on a injecté la solution de $MgCl_2 + MgSO_4$ qui contenait :

Mg	24.52 mgr./cm ³
S	16.14 »

c'est-à-dire $Mg : S = 1 : 0.65$, tandis que dans l'hémolymphe normale de ce crabe on a trouvé ces ions en quantités suivantes :

Mg	1.424 mgr./cm ₃
S	0.840 »

c'est-à-dire contenant le magnésium et le soufre dans le rapport de : 0.59.

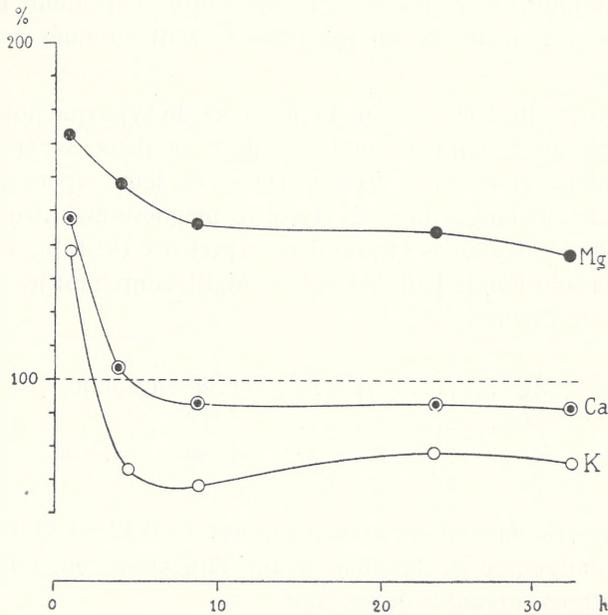


FIG. 2. — Concentrations de potassium, de calcium et de magnésium dans l'hémolymphe (exprimées en % de leurs valeurs initiales), après l'injection de la solution de $KCl + CaCl_2 + MgCl_2$. D'après les données du tableau VII.

Dans l'expérience où l'on a injecté un mélange de chlorures (tabl. VII, fig. 2), déjà le premier échantillon d'hémolymphe, pris une heure après l'injection et soumis à l'analyse, démontra un rapport quantitatif de cations introduits s'écartant notablement de la norme : notamment au lieu d'un accroissement relatif presque égal de la concentration de ces ions, l'accroissement de la concentration du magnésium a été de 72%, du calcium de 48%, tandis que du potassium, à peine 29%. Ces différences ont été encore plus fortement accentuées pendant les heures suivantes : après 8 h. 30, on a encore trouvé dans l'hémolymphe un surplus notable (47%) de

magnésium, tandis que la concentration des deux autres ions était tombée pendant le même temps au dessous de la valeur initiale et se montait pour le calcium à 92% et pour le potassium à peine à 68% de la concentration initiale de ces ions avant l'injection.

La figure 2 retrace le cours de la disparition de ces trois cathions de l'hémolymphe en présentant en fonction du temps les quantités de Mg, de Ca et de K, exprimées en pour cent de leurs concentrations dans l'hémolymphe d'un crabe normal. Le rapport de ces courbes prouve que la vitesse d'élimination des sels injectés diminue dans l'ordre suivant :



Dans la deuxième expérience d'une même série (tabl. VIII), d'où l'on a injecté simultanément du MgCl_2 et du MgSO_4 , on a trouvé dans un échantillon d'hémolymphe, pris après 1.7 h., 3.366 mgr. de Mg et 2.065 mgr. de S dans un cm^3 , tandis qu'un volume égal d'hémolymphe analysée avant l'injection contenait 1.424 mgr. de Mg et 0.840 mgr. de S. La concentration de ces ions dans un cm^3 s'est accrue de 1.942 mgr. de Mg et de 1.225 mgr. de S, c'est-à-dire dans le rapport 1 : 0.63. Attendu que ces ions se trouvaient dans la solution injectée presque dans la même proportion (1 : 0.65), nous pouvons affirmer que les différences dans la vitesse d'élimination de ces deux sels de magnésium sont bien moindres que celles des sels injectés dans l'expérience précédente.

TABLEAU IX

Quantités de magnésium et de soufre minéral qui restent dans les liquides nourriciers du crabe après divers laps de temps consécutifs à l'injection de la solution de MgCl_2 et de MgSO_4 . Ces quantités ont été calculées d'après les données du tabl. VIII.

Temps écoulé après l'injection h.	Mg total mgr./ cm^3	S total mgr./ cm^3	Mg		Rapport : $\frac{\text{Mg}(\text{MgCl}_2)}{\text{Mg}(\text{MgSO}_4)}$
			comme MgSO_4 mgr./ cm^3	comme MgCl_2 mgr./ cm^3	
1.7	1.942	1.225	0.928	1.014	1.09
3.2	1.566	0.994	0.753	0.813	1.08
10.7	1.120	0.712	0.540	0.580	1.01
23.5	0.756	0.528	0.400	0.356	0.89
144.0	0.172	0.121	0.092	0.080	0.87

Afin de déterminer le sens et la grandeur de cette différence, nous donnons dans le tableau IX les quantités des ions de magnésium liées au Cl et au SO_4 qui, dans les moments successifs de l'expérience, restaient encore dans l'hémolymphe. De la grandeur du rapport quantitatif de ces ions (dernière colonne dans le tableau) qui diminue constamment pendant la durée de l'expérience, nous concluons que le MgCl_2 est éliminé de l'hémolymphe plus rapidement que le MgSO_4 .

En nous basant donc sur les expériences analysées dans ce chapitre, nous pouvons établir l'ordre exprimant la vitesse relative avec laquelle les sels minéraux étudiés sont éliminés de la circulation du crabe :



3. — LE RÔLE DE LA GLANDE ANTENNAIRE

Ayant supposé que la comparaison de la composition minérale de l'urine et de l'hémolymphe chez les animaux normaux peut nous donner un premier renseignement sur le rôle de la glande antennaire dans l'élimination des électrolytes, nous avons effectué plusieurs séries de dosages de certains ions dans ces deux liquides. Dans le tableau suivant (X), nous donnons les résultats de deux séries de déterminations de ce genre, où nous trouvons les données concernant la concentration des ions dosés dans l'urine et dans le liquide intermicellaire de l'hémolymphe.

TABLEAU X

Comparaison de la composition minérale de l'hémolymphe avec celle de l'eau de mer et de l'urine.

Composants	N° de l'expérience : XIII. N° 7a de l'animal			N° de l'expérience : XV N° 9 de l'animal	
	Eau de mer mgr./cm ³	Liquide ultrafiltré de l'hémo- lymphe mgr./cm ³	Urine mgr./cm ³	Liquide ultrafiltré de l'hémo- lymphe mgr./cm ³	Urine mgr./cm ³
Cl	22.62	22.20	22.20	22.44	21.60
S	1.071	0.840	1.220	—	—
K	0.534	0.643	0.528	0.677	0.562
Ca	0.517	0.460	0.561	0.436	0.626
Mg	1.702	1.242	1.725	1.283	1.933

En étudiant les chiffres de ce tableau, nous voyons que la composition minérale de l'urine d'un crabe ayant jeûné est en général assez rapprochée de la composition de l'hémolymphe. Cependant, tandis que certains ions se trouvent dans les deux liquides en concentrations presque identiques (Cl), les concentrations des autres ions présentent des différences très caractéristiques. Cela concerne surtout le fait, ne pouvant être expliqué pour le moment, que le potassium se trouve dans l'urine dans une concentration bien moindre (de 17.9 et de 17.0%) que dans l'hémolymphe. Par contre les autres composants, c'est-à-dire le calcium, le magnésium et le soufre inorganique sont toujours plus concentrés dans l'urine que dans le liquide intermicellaire de l'hémolymphe et cela à un degré marqué, car, dans les deux cas, nous constatons un surplus de calcium de 22 et de 44%, de magnésium de 39 et de 51% et de soufre presque autant, car 45% de plus que dans l'hémolymphe.

Il est bien plus difficile d'interpréter les résultats des expériences dans lesquelles nous avons injecté des sels. D'abord parce qu'il n'avait pas toujours été possible d'extraire complètement l'urine du réservoir urinaire et ensuite, à cause des changements produits par la désalbumination dans la répartition des électrolytes dans l'hémolymphe. En prenant en considération les restrictions qui résultent de ces faits, nous pouvons cependant, en nous basant sur les données présentées dans les tableaux VII et VIII, arriver aux conclusions suivantes :

Dans la majorité des expériences les courbes exprimant les concentrations dans l'urine et l'hémolymphe des ions introduits dans la circulation, sont presque parallèles. De même que chez les animaux normaux, ici aussi le potassium fait exception, car, après l'injection de quantités relativement grandes de KCl (tabl. VII), la concentration des ions de potassium dans l'urine pendant les premières heures n'augmente point et même, au contraire, elle diminue sensiblement, bien que dans l'hémolymphe on ait constaté un accroissement notable de la concentration de cet ion.

Quant à la question du rapport quantitatif des concentrations, tous les autres composants injectés — le calcium, le magnésium et le soufre minéral — sont éliminés dans l'urine en concentration plus grande, de même que chez les animaux normaux. Des résultats particulièrement nets ont été obtenus dans les expériences consistant à injecter du CaCl_2 (tabl. VII) et du MgSO_4 (tabl. VIII) : dans le premier

cas, le surplus du calcium dans l'urine s'est élevé jusqu'à 9% (sans tenir compte du fait que dans l'hémolymphe désalbuminée, sa concentration est environ de 12% plus grande que dans le liquide ultrafiltré, v. le tabl. I), dans l'autre cas, le magnésium qui se lie en grandes quantités avec la phase dispersée de l'hémolymphe (ca 13%) et le soufre minéral se trouvaient dans l'urine en concentrations bien plus grandes, s'élevant jusqu'à 13% (tabl. VIII, observ. 5) ou jusqu'à 20% (observ. 3), que dans l'hémolymphe désalbuminée.

En nous basant donc sur ces faits, nous pouvons considérer comme justifiée l'opinion disant que la glande antennaire est un organe de la sécrétion qui concentre les sels de calcium et de magnésium se trouvant dans l'hémolymphe.

Afin de constater quel est le rôle du rein dans l'élimination des électrolytes, il faut non seulement connaître la composition minérale de l'urine, mais aussi la vitesse de son passage par la glande antennaire du crabe. Les déterminations de ce genre se heurtent toutefois, comme nous l'avons déjà mentionné, à de grandes difficultés consistant à ne pas pouvoir déterminer quantitativement l'urine sécrétée pendant une période expérimentale donnée. C'est pourquoi nos chiffres ne peuvent avoir qu'une valeur approximative.

TABLEAU XI

Vitesse de l'excrétion de l'urine chez Maja squinado. — Poids de l'animal = 2190 gr. Avant le commencement de l'observation on a recueilli ca. 31 cm³ d'urine.

Périodes dans lesquelles l'urine a été recueillie	Durée de chaque période h.	Quantité de l'urine excrétée			
		pendant chaque période	pendant une heure	moyennes par heure	moyennes par 24 heures
		cm ³	cm ³	cm ³	cm ³
16-II-11 h. 30-16-II-19 h. 00 ..	7.5	18	2.41	1.96	47.0
» 19 h. 00- » 22 h. 55 ..	3.9	12	3.07		
» 22 h. 55-17-II-12 h. 00 ..	13.1	18	1.37		
17-II-12 h. 00-17-II-16 h. 00...	4.0	19	4.75	2.54	61.0
» 16 h. 00- » 22 h. 30 ..	6.5	17	2.61		
» 22 h. 30-18-II-11 h. 00 ..	12.7	23	1.81		
18-II-11 h. 00-18-II-13 h. 35...	2.5	12	4.80	2.65	63.6
» 13 h. 35- » 21 h. 30 .	7.9	24	3.04		
» 21 h. 30-19-II-12 h. 00 .	14.5	30	2.07		

Nous résumons dans le tableau XI les résultats d'une observation pareille, ayant duré trois jours, effectuée sur un animal exceptionnellement grand (2190 gr.). Le crabe se trouvait constamment dans un aquarium d'où on ne le retirait que pour la durée de la récolte de l'urine. Après avoir soigneusement vidé les vessies au début de l'expérience, on répétait cette opération de temps en temps (4 à 14 h.) en tirant le liquide de deux orifices urinaires et en notant chaque fois son volume. Comme nous voyons, la quantité de l'urine sécrétée par heure varie dans de larges limites (1.37-4.80 cm³) et est en général moindre pendant la nuit. Dans les calculs comprenant 24 h., ces chiffres diffèrent moins (47.0-63.6 cm³) et la vitesse d'excrétion moyenne pendant ces trois jours est de 57.3 cm³. Cela ne fait que 26.1 cm³ par kgr. et par 24 h., autrement dit la quantité d'eau traversant les glandes antennaires pendant 24 h. en conditions normales ne dépasse pas de beaucoup une quantité égale à 3% de la masse du corps de l'animal.

En regard de ce fait et en prenant en considération que dans les conditions normales la concentration des sels particuliers dans l'urine ne diffère que très peu de celle de ces composants dans l'hémolymphe, nous arrivons à la conclusion que le rôle de la glande antennaire dans l'élimination du surplus des électrolytes de la circulation est insignifiant.

Afin de nous rendre compte de ce rôle, nous avons calculé les quantités absolues du composant injecté qui, au cours de la période donnée, disparaissent de la circulation et apparaissent dans l'urine. Comme point de départ de nos calculs, nous avons pris l'expérience (tabl. VIII) où nous avons introduit un grand surplus d'ions de magnésium qui, comme on le sait, disparaissent assez lentement de la circulation et qui sont éliminés dans l'urine dans une concentration plus grande que leur concentration dans l'hémolymphe.

En prenant par exemple en considération (tabl. VIII) la période écoulée entre la deuxième et la cinquième observation et la vitesse moyenne d'excrétion de l'urine par le crabe (31.8 cm³ par 24 h.), ainsi que la concentration moyenne du magnésium dans l'urine (2.923 mgr./cm³) et dans l'eau de mer (1.702 mgr./cm³) résorbée à la place de l'urine excrétée, nous obtiendrons la quantité de magnésium éliminée par voie des reins : égale à 35 mgr. La quantité de magnésium qui, en même temps, c'est-à-dire pendant 21.8 h., disparaît de la circulation, est calculée de la différence entre sa quantité

existant dans l'hémolymphe au début de l'expérience (3.366 mgr./cm³ et à la fin de celle-ci (2.180 mgr./cm³), étant donné que nous connaissons le volume de l'hémolymphe chez le crabe. En admettant que le volume total de l'hémolymphe dans le corps du crabe est égale à peu près à 40 % de son poids (1), c'est-à-dire égale environ à 500 cm³, nous arrivons à la conclusion que la quantité de magnésium éliminée de la circulation s'élève à 590 mgr., tandis que celle excrétée par la voie de la glande antennaire n'est que de 35 mgr.

Dans l'expérience citée, les animaux n'ont donc excrété avec leur urine que 6% à peine de cette quantité de magnésium qui a disparu de l'hémolymphe. La glande antennaire contribue encore moins à éliminer les autres cathions.

Ces faits prouvent que lorsque la composition normale des électrolytes dans l'hémolymphe est violemment troublée, nous voyons entrer en jeu des mécanismes qui sont bien plus puissants et plus efficaces que les glandes antennaires et éliminent rapidement le surplus des composants introduits dans les liquides organiques.

Discussion des résultats obtenus

Nos expériences consistant à injecter dans la circulation des sels divers et à examiner leur comportement, prouvent que les crabes ont la faculté d'éliminer de l'hémolymphe le surplus des électrolytes qui troublent les rapports quantitatifs normaux existant entre ces sels. La vitesse de cette élimination dépend de la quantité des composants introduits en excès dans le milieu intérieur des animaux.

Il paraît à priori être une nécessité physiologique que les animaux poecilomotiques vivant dans l'eau de mer soient en même temps des organismes homéochimiques. Autrement on ne pourrait pas expliquer en premier lieu, le fait que la majorité des Invertébrés marins possède une composition minérale de l'hémolymphe manifestant — en comparaison avec l'eau de mer — des différences notables des concentrations

(1) Chez le crabe n° 6 (602 gr.) que nous avons utilisé pour cette détermination, nous avons trouvé par voie directe, c'est-à-dire par la saignée, 46.6% d'hémolymphe par rapport au poids du corps. Cet animal a été antérieurement employé à l'expérience consistant à lui injecter du MgSO₄ dans la circulation. Le calcul du volume de l'hémolymphe effectué sur la base de la concentration du soufre minéral avant l'injection (0.875 mgr./cm³) et peu de temps après celle-ci (2.736 mgr./cm³) a donné le chiffre 44.7% bien rapproché à celui trouvé par voie directe.

des composants minéraux (MACALLUM 24, BETHE et BERGER 6) - dans le cas par exemple du *Maja squinado* (tabl. X) la concentration du calcium, du magnésium et du soufre inorganique dans l'hémolymphe est de 11%, 27% et 22% moindre que dans l'eau de mer. On ne pourrait également pas comprendre le fait que la composition minérale des liquides organiques de ces animaux reste constante, soit dans l'état de jeûne, où les électrolytes venant des tissus qui s'usent, passent dans la circulation en proportions autres que celle de l'hémolymphe, soit dans les conditions de nutrition, où la surface résorbante des intestins introduit dans l'hémolymphe, avec les aliments, des quantités fort variables de divers composants minéraux.

Le problème qui exige une explication spéciale c'est celui du mécanisme de ce phénomène, qui reste encore obscur. Nos recherches ont notamment prouvé que la glande antennaire est un organe d'excrétion travaillant très lentement tout en pouvant suffire à sa tâche en conditions normales où la composition minérale de l'hémolymphe ne se modifie que peu. Mais le rein du crabe n'arrive pas à éliminer tout le surplus des composants qui ont été expérimentalement introduits dans la circulation.

On peut donc se demander par quelles voies ce surplus est éliminé du liquide du corps de l'animal ?

Il n'est pas impossible qu'une partie de ce surplus soit éliminée par les parties molles du tégument : on pourrait considérer comme décisives en cette question des expériences où, après l'injection des sels et occlusion hermétique de la bouche, de l'anus et des orifices operculaires, on aurait placé l'animal dans de l'eau de mer où l'on déterminerait à diverses périodes de l'expérience la concentration des électrolytes injectés. C'est dans ce sens qu'il faut interpréter les recherches de BETHE (4) relatives au *Carcinus Moenas*, où cet auteur a constaté une diminution de la concentration normale de certains électrolytes dans le sang d'un crabe, placé dans une eau de mer artificielle, privée de ces électrolytes. Toutefois, ces expériences ne sont pas suffisamment probantes, car la résorption de l'eau de mer par le tube digestif, n'était pas expérimentalement exclue.

Dans nos expériences, la diffusion à travers la surface du corps n'a vraisemblablement joué qu'un rôle secondaire. Cela résulte de la rapidité avec laquelle certains sels injectés disparaissent de la circulation. Par exemple, dans l'expérience où l'on injectait un mélange de $KCl + CaCl_2 + MgCl_2$ (tabl. VII et fig. 2), la quantité totale du

potassium introduit (196 mgr.) a disparu de l'hémolymphe déjà après 2 h. 16 min. et après 4 h. 20 min., on n'a pas trouvé de traces de toute la quantité (165 mgr.) du calcium injecté.

Ce fait plaiderait en faveur de l'existence dans l'organisme de mécanismes fonctionnant plus rapidement que les glandes antennaires ou les téguments du corps. En comparant ce phénomène avec celui de la régulation de la composition minérale du sérum sanguin chez les animaux homéostotiques (MAGNUS 26) nous voyons de nombreuses raisons en faveur de la thèse disant que, dans le phénomène en question, nous avons aussi affaire à un état d'équilibre réversible existant entre, d'une part, l'hémolymphe, et d'autre part, les tissus du corps. L'ébranlement de l'équilibre, dans le sens d'un changement de concentration d'un des composants minéraux de l'hémolymphe produit la liaison ou la libération de ce composant par les tissus. Dans nos expériences, nous verrions entrer en jeu une affinité particulièrement forte des composés potassiques par rapport aux tissus, car ces composés disparaissent le plus vite de la circulation et agissent tout de suite d'une manière très toxique sur l'animal.

Les glandes antennaires et les autres systèmes d'excrétion ne jouent que le rôle de soupapes à orifice étroit et sensibles aux petites variations de concentrations partielles qui ont continuellement lieu dans le milieu intérieur de l'organisme.

Résumé

1° Le *Maja squinado*, ayant, dans l'hémolymphe, la composition et la concentration des électrolytes voisines de celles de l'eau de mer, manifeste la faculté très marquée de régler la composition minérale des liquides nourriciers de son corps : des sels, composants normaux de l'hémolymphe, introduits en excès dans la circulation, disparaissent plus ou moins rapidement de l'hémolymphe.

2° La faculté d'éliminer du milieu intérieur le surplus des composants minéraux n'est pas égale pour les différents sels : l'élimination la plus rapide est celle du chlorure de potassium, très toxique, la plus lente, celle du sulfate de sodium.

3° Les expériences où l'on injectait un mélange de deux sels ou plus, en quantité augmentant à un degré égal leur concentration dans l'hémolymphe, ont prouvé que, au point de vue de la vitesse de leur disparition de la circulation, des sels peuvent être présentés dans l'ordre suivant : $KCl > CaCl_2 > MgCl_2 > MgSO_4$

4° La glande antennaire à l'aptitude d'éliminer de l'hémolymphe le surplus des électrolytes : cela est prouvé par des expériences où l'on prenait en même temps et analysait des échantillons d'urine et d'hémolymphe.

5° Les ions de calcium et de magnésium, ainsi que le soufre minéral se trouvent dans l'urine des animaux, en conditions normales et expérimentales, en concentrations plus grandes que dans l'hémolymphe.

6° A cause de la petite vitesse d'élimination de l'urine par la glande antennaire (égale à peu près à 3% de la masse du corps par 24 h.) et à cause de la faculté de ne concentrer que faiblement les électrolytes dans l'urine, cette glande a le caractère d'un organe d'excrétion travaillant très lentement. Dans les processus de l'élimination de grandes quantités d'électrolytes de l'hémolymphe, surtout pendant les premiers moments après l'injection, cet organe ne joue qu'un rôle très peu important.

7° Il y a des faits qui permettent de supposer que dans ces processus, le rôle principal est joué par les tissus du corps qui saisissent le surplus des composés minéraux introduits dans l'appareil circulatoire et les absorbent.

BIBLIOGRAPHIE

1. R. D. BELL and E. A. DOISY. — Rapid colorimetric methods for the determination of phosphorus in urine and blood, *Journ of biol. Chem.*, XLIV, 55, 1920.
2. A. BETHE. — Die Bedeutung der Elektrolyten für die rhythmischen Bewegungen der Medusen. I. Theil: Die Wirkung der im Seewasser enthaltenen Salze auf die normale Meduse, *Arch. f. d. ges. Physiol.*, CXXIV, 541, 1908.
3. ID. — Der Einfluss der Ionen des Seewassers auf rhythmische Bewegungen der Meerestieren, *Arch. f. d. ges. Physiol.*, CCXVII, 456, 1927.
4. ID. — Ionendurchlässigkeit der Körperoberfläche von wirbellosen Tieren des Meeres als Ursache der Giftigkeit von Seewasser abnormer Zusammensetzung, *Arch. f. d. ges. Physiol.*, CCXXI, 344, 1928.
5. ID. — The permeability of the surface of marine animals, *Journ. of gen. Physiol.*, XIII, 437, 1930.
6. A. BETHE und E. BERGER. — Variationen im Mineralbestand verschiedener Blutarten, *Arch. f. d. ges. Physiol.*, CCXXVII, 571, 1931.
7. K. BIALASZEWICZ. — O składowiu mineralnym komórek jajowych, *Trav. de l'Institut Nencki* (Varsovie), III, n° 52, 1926.
8. ID. — Sur la composition minérale des cellules-œufs, *Public. della Stazione Zool. di Napoli*, VIII, 355, 1927.
9. ID. — O zastosowaniu ultrafiltracji w badaniach nad rozmieszczeniem elektrolitów w cytoplazmie, *Trav. de l'Institut Nencki* (Varsovie), IV, n° 57, 1927.
10. ID. — L'ultrafiltration appliquée à l'étude de la répartition des électrolytes dans le cytoplasme, *Ann. de Physiol.*, IV, 1, 1928.

11. ID. — Studja porownawcze nad skladem cieczy miedzyczastkowej komerek jajowych, *Acta Biol. Exper.* (Varsovie), 1, n^o. 11, 1928.
12. ID. — Recherches sur la répartition des électrolytes dans le protoplasme des cellules ovulaires, *Protoplasma*, VI, 1, 1929.
13. ID. — Badania nad zjawiskami regulowania skladu mineralnego cieczy ciala. I. *Acta Biol. Exper.* (Varsovie), V, 57, 1930.
14. Ph. BOTTAZZI und E. ENRIQUES. — Ueber die Bedingungen des osmotischen Gleichgewichts und Gleichgewichtsmangels zwischen den organischen Flüssigkeiten und dem äusseren Medium bei den Wassertieren, *Arch. f. (Anat. u.) Physiol.*, suppl., 109, 1901.
15. A. BRIGGS. — A modification of the Bell-Doisy phosphate method, *Journ. of biol. Chem.*, LIII, 13, 1922.
16. C. DEKHUYZEN. — Sur la semipermeabilité biologique des parois extérieures des Sipunculides, *C. R. Acad. des Sc.*, CLXXII, 238, 1921.
17. M. DUVAL. — Recherches physico-chimiques et physiologiques sur le milieu intérieur des animaux aquatiques. Modifications sous l'influence du milieu extérieur, *Ann. de l'Instit. océanogr.*, nouvelle série, III, 233, 1925.
18. Léon FREDERICQ. — Sur la concentration moléculaire du sang et des tissus chez les animaux aquatiques, *Arch. de Biol.*, XX, 709, 1904.
19. ID. — Action du milieu marin sur les Invertébrés, *Arch. Intern. de Physiol.*, XIX, 309, 1922.
20. G. HECHT. — Bestimmung des Organkalkes nach de Waard, *Bioch. Zeitschr.*, CXLIII, 324, 1923.
21. V. HENRI et S. LALOU. — Régulation osmotique des liquides internes chez les Echinodermes, *Journ. de Physiol. et Path. gén.*, VI, 9, 1904.
22. B. KRAMMER and F. F. TISDALL. — A clinical method for the quantitative determination of potassium in small amounts of serum, *Journ. of biol. Chem.*, XLVI, 339, 1921.
23. A. B. MACALLUM. — On the inorganic composition of the medusae *Aurelia flavidula* and *Cyanea arctica*, *Journ. of Physiol.*, XXIX, 213, 1903.
24. ID. — The inorganic composition of the blood in vertebrates and invertebrates, and its origin, *Proc. Roy. Soc. B.*, LXXXII, 602, 1910.
25. ID. — The paleochemistry of the body fluids and tissues, *Physiol. Rev.*, 316, 1926.
26. R. MAGNUS. — Ueber die Veränderungen der Blutzusammensetzung nach Kochsalzinfusion, *Arch. f. exp. Path. u. Pharm.*, XLIV, 396, 1900.
27. P. MARCHAL. — Recherches anatomiques et physiologiques sur l'appareil excréteur des Crustacés Décapodes, *Arch. de Zool. Expér. et Gén.*, sér. II, X, 1892.
28. R. QUINTON. — L'eau de mer, milieu organique, 2^e édition. Masson, Paris, 1912.
29. ID. — Perméabilité de la paroi extérieure de l'Invertébré marin, non seulement à l'eau, mais encore aux sels, *C. R. Acad. des Sc.*, CXXXI, 952, 1900.
30. J. C. DE WAARD. — Eine Mikrobestimmung des Calciums in Blut, Serum und anderen organischen Substanzen, *Bioch. Zeitschr.*, XCVII, 176, 1919.
31. J. C. WHITEHORN. — A system of blood analysis. Simplified method for the determination of chlorides in blood plasma, *Journ. of biol. Chem.*, XLV, 449, 1921.

Les clichés obtenus ainsi doivent avoir des dimensions qui ne dépassent pas la *justification* des Archives, de façon à pouvoir être *intercalés* dans le texte, ce qui constitue un mode de publication à la fois moins onéreux et plus agréable pour le lecteur que celui qui consiste à réunir les figures en planches reportées à la fin du mémoire.

La photographie sur zinc permet d'ailleurs de réduire en toute proportion (d'un quart, d'un tiers, de moitié, etc.) les dimensions des graphiques qui dépasseraient la justification du texte. On peut également couper un grand graphique en deux ou plusieurs sections, à placer les unes à la suite des autres.

Les mêmes remarques s'appliquent aux autres figures à intercaler dans le texte. Les dessins au trait faits à la plume (hachures et points) sont les plus faciles à reproduire par la zincographie, soit en grandeur naturelle, soit mieux encore en réduction (fournir dans ce cas un dessin de grandeur double, triple...). Les traits doivent être faits à l'encre bien noire (encre de Chine) sur du papier lisse ou du bristol. Les dessins au lavis à l'encre de Chine, les bonnes photographies (prière de joindre le négatif quand on le possède) etc. se prêtent également bien à la confection directe de clichés (en similitravure).

Archives Néerlandaises de Physiologie de l'homme et des animaux

Ces archives, publiées par F. J. J. Buytendijk, W. Einthoven, G. Grijns, W. E. Ringer G. van Rijnberk et H. Zwaardemaker, paraissent en fascicules publiés quatre fois par an. Chaque volume, d'environ 600 pages, contient à peu près l'ensemble de la production scientifique des physiologistes hollandais. La Rédaction publie une analyse des travaux non publiés dans ces archives : ainsi les Archives néerlandaises donneront un aperçu complet du développement de la physiologie en Hollande.

Le prix de l'abonnement est fixé à 15 florins par volume. On s'abonne chez tous les libraires ou chez Martinus Nijhoff, éditeur, Lange Voorhout 9, La Haye.

Les Annales de Physiologie et de Physico-Chimie Biologique

publiées par

C. DELEZENNE

André MAYER

L. LAPICQUE

Paul PORTIER

paraissent chaque année en 5 fascicules de 100 à 200 pages chacun.

Abonnement annuel : France 95 fr. — Etranger : tarif n° 1, 100 fr. ; tarif n° 2, 105 fr.

Paris. G. DOIN, place de l'Odéon, 8.

L'ANNÉE BIOLOGIQUE

Recueil de Bibliographie internationale, publié par la Fédération française des Sociétés de Sciences naturelles.

Tous les deux mois, un fascicule d'environ 300 pages, contient de 900 à 1000 analyses et scindé en deux parties, à pagination séparée : 1° Physiologie générale. 2° Morphologie et Biologie générales.

Abonnement annuel : France, 150 fr. — Etranger, 200 fr.

Secrétariat et Administration :

28, Rue Serpente, Paris (VI).



Archives Internationales de Physiologie

Conditions de la souscription

Les *Archives Internationales de Physiologie* paraissent par fascicules de 100 à 120 pages, illustrés de nombreuses figures dans le texte et éventuellement de planches hors texte. Quatre fascicules forment un volume.

Les *Archives* publient les travaux de tous les laboratoires de physiologie de Belgique et de la Suisse romande et d'un grand nombre de laboratoires de France, d'Italie, de Roumanie, de Pologne, etc.

Le prix de l'abonnement (affranchissement compris) est fixé à 125 francs français (35 belgas) par volume pour les abonnés français et étrangers, à 125 francs belges pour les abonnés belges. Les anciens volumes se vendent 125 francs français (35 belgas). Seuls les volumes I, II, III, XIII, XIV, XXIV, dont il ne reste que quelques exemplaires, se vendent 200 francs français (56 belgas).

Les auteurs reçoivent gratuitement 40 tirages à part de leurs travaux. Ils peuvent en obtenir un plus grand nombre à leurs frais.

Le prix de ces tirages supplémentaires *sans remaniement* (minimum 50 exemplaires) est fixé provisoirement à 60 c. par feuille ; 40 c. par $\frac{1}{2}$ feuille ; 25 c. par $\frac{1}{4}$ feuille ; 25 c. par couverture ; 20 c. pour brochage (par feuille).

Les clichés sont offerts aux auteurs à titre gracieux

On est prié d'adresser tout ce qui concerne la rédaction des *Archives* à Léon FREDERICQ, rue Saint-Jacques, 7, Liège (Belgique).

Les abonnements se prennent à la même adresse (Compte chèques-postaux n° 121.149) et chez Gaston Doin, éditeur à Paris, place de l'Odéon, 8.

