



**HAL**  
open science

**ALTÉRATIONS HYDRO-MINÉRALES INDUITES  
PAR UNE MICROSPORIDIE DANS  
L'HÉMOLYMPHE ET LES MUSCLES  
SQUELETTIQUES DE L'ÉCREVISSE PALLIPÈDE  
HÔTE (AUSTROPOTAMOBIUS PALLIPES LE., 1858)**  
Altérations in the water and ionic balance induced by  
the microsporidian *Thelohania contejeani*, in the  
hemolymph and skeletal muscles of the palliped crayfish  
host (*Austropotamobius pallipes* Le., 1858)

Cl Chaisemartin

**HAL Id: hal-03012927**

**<https://hal.sorbonne-universite.fr/hal-03012927v1>**

Submitted on 18 Nov 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

► **To cite this version:**

Cl Chaisemartin. ALTÉRATIONS HYDRO-MINÉRALES INDUITES PAR UNE MICROSPORIDIE DANS L'HÉMOLYMPHE ET LES MUSCLES SQUELETTIQUES DE L'ÉCREVISSE PALLIPÈDE HÔTE (AUSTROPOTAMOBIOUS PALLIPES LE., 1858) Altérations in the water and ionic balance induced by the microsporidian *Thelohania contejeani*, in the hemolymph and skeletal muscles of the palliped crayfish host (*Austropotamobius pallipes* Le., 1858). *Vie et Milieu / Life & Environment*, 1983, 33, pp.171 - 176. hal-03012927

# ALTÉRATIONS HYDRO-MINÉRALES INDUITES PAR UNE MICROSPORIDIE DANS L'HÉMOLYMPHE ET LES MUSCLES SQUELETTIQUES DE L'ÉCREVISSE PALLIPÈDE HÔTE (AUSTROPOTAMOBIOUS PALLIPES LE., 1858)

*Alterations in the water and ionic balance induced by the microsporidian Thelohania contejeani, in the hemolymph and skeletal muscles of the palliped crayfish host (Austropotamobius pallipes Le., 1858)*

Cl. CHAISEMARTIN

Laboratoire de Biologie Expérimentale (Hydrobiologie), U.E.R. des Sciences, 87060 Limoges

MICROSPORIDIÉS  
ECREVISSE  
HÉMOLYMPHE  
MUSCLE  
OSMO ET IONORÉGULATION

**RÉSUMÉ.** — L'influence de la Microsporidie, *Thelohania contejeani*, Henneguy (Henneguy et Thelohan, 1892), sur l'équilibre hydro-minéral de l'hémolymphe et du muscle chez *Austropotamobius pallipes* Lereboullet, 1858 (Crustacea : Decapoda, Macroura) est étudiée en fonction du nombre de sporoblastes et de spores se substituant largement à la structure myofibrillaire (plus de 10<sup>8</sup> spores/g de muscle infesté). La progression de l'infestation parasitaire est ponctuée par des altérations hydro-ioniques dans les muscles squelettiques abdominaux, modifications des concentrations répercutées dans l'hémolymphe. Kalémie et cuprémie sont retenues comme indicateurs physiologiques de la parasitose : elles révèlent les perturbations métaboliques de l'Écrevisse-hôte.

MICROSPORA  
CRAYFISH  
HEMOLYMPH  
MUSCLE  
OSMOTIC AND IONIC REGULATION

**ABSTRACT.** — The influence of the microsporidian *Thelohania contejeani* Henneguy (Henneguy et Thelohan, 1892), on water-mineral balance of the hemolymph and muscle of *Austropotamobius pallipes* Lereboullet, 1858 (Crustacea : Decapoda Macroura) is studied in relation to sporoblasts and spores in the sarcoplasm, which replace largely the myofibrillar structure (up to 10<sup>8</sup> spores/g infected muscle). Parasitic infestation progressively alters water and ionic levels in abdominal skeletal muscles, alterations that are ultimately reflected in biochemical changes in the host blood. Hemolymph kalium and copper are given as physiological indicators of parasitic infestation; they are showing metabolic disturbance of the crayfish host.



## INTRODUCTION

Les Microsporidies, groupe de Protozoaires parasites à haute spécialisation intracellulaire, procèdent par une invasion massive des cellules musculaires de l'Ecrevisse hôte (Weidner, 1970; Maurand et Vey, 1973; Cossins et Bowler, 1973). Elles modifient la composition biochimique et électrolytique des tissus infestés (Vivarès et col., 1980). L'environnement cellulaire de l'hôte agit, réciproquement, sur les activités métaboliques du parasite. Ces perturbations induites restent relativement peu étudiées (von Brand, 1973; Vivarès, 1978; Findley et col., 1981).

La composition hydro-minérale tissulaire, chez les Ecrevisses témoins utilisées dans cette étude est très voisine de celle précédemment notée chez les populations d'Ecrevisses pallipèdes infestées à des eaux très déminéralisées des régions granitiques (Chaisemartin, 1961; 1967). De nombreux facteurs exo et endogènes, agissent sur l'euryhalinité de l'Ecrevisse pallipède. Sous cet aspect, l'effet du parasitisme n'a pas été étudié.

La sporogénèse de *Thelohania contejeani* (Microspora, Thelohaniidae) s'installe dans le sarcoplasme de l'Ecrevisse. Les schizontes, après avoir pénétré dans les myofibrilles, se différencient en sporontes, puis se multiplient sous forme de sporoblastes. Le cycle s'achève par la formation des spores, au nombre de 8, enchassées dans un pansporoblaste. La structure myofibrillaire très organisée du muscle squelettique est progressivement perdue.

Notre étude vise à caractériser les principales étapes de la progression microsporidienne dans les muscles fléchisseurs abdominaux d'une part, les muscles locomoteurs thoraciques et mandibulaires de l'autre. Elle s'appuie sur les modifications de l'équilibre osmotique et ionique, retenu comme « indice physiologique » d'impact.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### Animaux

Des Ecrevisses pallipèdes femelles (*Austropotamobius pallipes* Le., 1858), saines ou parasitées, sont capturées à l'étiage dans des eaux de substrats granitiques. Transportées sur de la glace, elles sont réparties en 4 lots répondant à 4 groupes de masses vives individuelles de 10, 20, 30 et 40 g.

L'évaluation du niveau du parasitisme repose sur le remplacement progressif de la musculature squelettique de l'Ecrevisse hôte par des spores. Les nombres élevés de colonies sporoblastiques dans le

sarcoplasme, sont le résultat d'une désorientation et de la perte progressive de la structure myofibrillaire très organisée dans le muscle de l'Ecrevisse saine.

De petites sections des muscles fléchisseurs abdominaux, au niveau du 5<sup>e</sup> sternite (Vey et Vago, 1972; Vey, 1977), permettent de déterminer l'extension du développement parasitaire et du niveau individuel d'infestation :

1) Les muscles abdominaux sont seuls atteints et présentent moins de 10<sup>6</sup> parasites/g frais : ces infestations, importantes, comportent un plus grand nombre de jeunes sporoblastes;

2) Les muscles thoraciques, puis mandibulaires sont atteints : dans cette infestation massive, les muscles fléchisseurs abdominaux comportent plus de 10<sup>8</sup> formes parasitaires/g de muscle atteint.

### Prélèvements et analyses tissulaires

L'hémolymphe est obtenue par ponction cardiaque sur l'Ecrevisse vivante : 500 µl sont immédiatement centrifugés à 1 000 g, pendant 4 minutes. Les échantillons musculaires sont séparés de l'exosquelette et du tractus digestif après la saignée. Ils sont broyés dans 5 ml d'une solution de trypsine à 1 % et incubés 3 h à 37 °C, sous agitation continue. Le broyat est filtré sur un tamis à mailles de 3 µm. Le minéralisat (digestat), privé de spores sert à la détermination des éléments Na, Ca, Mg, Cu et Zn, par spectrométrie d'absorption atomique (en présence de 0,65 % de LaCl<sub>3</sub> pour le Ca). Le K est déterminé par spectrométrie d'émission et les chlorures par potentiométrie. L'osmolarité de l'hémolymphe est déterminée comparativement, au niveau de la température d'extinction, entre nicols croisés, de tubes type Drummond, renfermant des solutions étalons, distribuées parmi les tubes échantillons. Lié aux hémocyanines, le Cu ne franchit pas les membranes cellulaires : avec une teneur de 0,18 %, il est lié, en totalité aux cupro-protéines oxyphoriques. Il sert à la détermination du volume extracellulaire du tissu musculaire. La teneur du Cu musculaire passe, en effet, de 144 ± 11 à 26 ± 6 µM/g sous l'effet de la saignée « totale » de l'Ecrevisse.

Au niveau du prélèvement de tissu musculaire, le volume extracellulaire relatif est égal à :

$$V \text{ ext. r.} = \frac{V \text{ extracellulaire}}{V \text{ musculaire total}} = \frac{\text{cuivre total/g de muscle}}{\text{cuivre total/ml d'hémolymphe}}$$

Dans le calcul des concentrations ioniques musculaires, la contamination hémolympatique est corrigée et obtenue à partir de l'équation suivante (Chaisemartin, 1967) :

$$(C) \text{ corrigée} = (C) \text{ mesurée} - \frac{V \text{ ext.r.} (0,18) \times (C) \text{ hém. mes.}}{(1 - V \text{ ext.r.})}$$



## RÉSULTATS

## 1. Hémolymphe

L'évolution des équilibres osmotiques et ioniques de l'hémolymphe, comparée entre individus sains et parasités, est traduite par les données du tableau IA et illustrée par les droites de régression de la Fig. 1. Après l'établissement d'une corrélation très significative entre masse humide et masse sèche ( $r = 0,987$  chez les Ecrevisses saines et  $0,964$  chez les parasitées), une relation est recherchée entre la valeur de chaque paramètre et celle de la masse humide totale (l'âge reste difficile à établir directement) : les interprétations les plus significatives s'établissent comme suit :

1) Le pH du milieu circulant est régulé, quel que soit le niveau d'infestation. Globalement plus faible chez les Ecrevisses fortement infestées, le pH ne présente pas de variation significative.

2) Osmolarité et masse humide globale varient dans le même sens. Si la régulation est maintenue, voire renforcée, chez les Ecrevisses très parasitées, les valeurs globales diminuent avec l'élévation de l'infestation.

3) Natrémie et chlorémie occupent des paliers successifs, en diminution, avec la progression de l'infestation. Si l'on considère la valeur initiale de la natrémie pour chacun des niveaux d'infestation, le mécanisme de régulation de la natrémie n'est pas significativement perturbé.

4) La chlorémie diminue par paliers avec la progression de l'infestation.

5) Les masses fraîches sont corrélées à la calcémie ( $r = 0,734$ ). La corrélation est maintenue au début de l'infestation ( $r = 0,910$ ), elle est perturbée à l'approche des stades terminaux ( $r = 0,445$ ).

6) Durée de coagulation et masse humide sont très significativement corrélées au début de l'infestation ( $r = 0,954$ ), alors que cette corrélation n'est pas significative chez l'Ecrevisse saine. Pour une infestation massive, le temps de coagulation diminue avec la masse : cette relation inverse révèle une altération du mécanisme de régulation.

7) La kalémie apparaît comme un paramètre révélateur de l'infestation dès le début de sa manifestation macroscopique. Chez les Ecrevisses saines, elle est plus ou moins régulée avec la masse. Par contre, dès le début de l'infestation, la régulation n'est plus suffisante et la kalémie augmente avec la masse.

8) La magnésémie n'est pas régulée chez les Ecrevisses saines. Dès le début de l'infestation, nous assistons à une accumulation importante du magnésium hémolympatique en fonction de la masse.

9) La cuprémie est régulée avec la masse chez les Ecrevisses saines, par contre, dès le début de l'infestation,

le cuivre hémolympatique s'élève significativement avec la masse ( $r = 0,933$ ). Le phénomène s'amplifie avec la progression de l'infestation.

10) La zincémie, chez les Ecrevisses saines, augmente avec la masse, mais de façon non significative ( $r = 0,590$ ). En fin d'infestation, une régulation apparente significative semble se confirmer.

Tabl. I. — Résultats comparatifs de la composition inorganique de l'hémolymphe (A) et des muscles squelettiques abdominaux (B), chez l'Ecrevisse pallipède saine — en cours d'infestation — à la fin de l'infestation parasitaire. Concentration en  $\mu\text{M}/\text{ml}$  ou g de tissu frais; teneur en eau, en mg d'eau/g de tissu frais; pression-osmotique en  $\mu\text{Osm}/\text{ml}$ ; temps de coagulation en mn.  $\bar{X}$  = moyenne;  $\sigma$  = écart-type.

*Comparative results of the inorganic components of the hemolymph of abdominal skeletal muscle in healthy Crayfishes and the initial or ultimate stage of a parasitic infestation. Concentrations in  $\mu\text{M}/\text{ml}$  or g fresh tissue; the water amount in mg of water/mg of fresh tissue; the osmotic pressure in  $\mu\text{Osm}/\text{ml}$ ; the coagulation time in mm.  $\bar{X}$  = average;  $\sigma$  = standard deviation.*

IA : HEMOLYMPHE						
	Témoins		Parasitose moyenne		Parasitose accentuée	
	$\bar{X}$	$\sigma$	$\bar{X}$	$\sigma$	$\bar{X}$	$\sigma$
pH	7,5	0,2	7,4	0,1	7,15	0,06
Osmolarité $\mu\text{Osm}/\text{ml}$	553	28	465	24	356	15
Temps de coagulation	7,7	1	11,4	2,6	10,9	1,2
Teneur en eau mg/g frais	886	35	907	39	930	23,6
Sodium $\mu\text{M}/\text{g}$ frais	212,2	12,6	184,8	6,2	155	9,4
Potassium	4,7	0,26	7,04	1,15	10	1,2
Calcium	13,2	1,38	12,9	0,86	9,9	0,5
Magnésium	1,99	0,62	1,72	0,15	1,86	0,70
Cuivre total	0,85	0,08	1,44	0,32	1,07	0,29
Zinc	0,02	0,008	0,025	0,009	0,017	0,007
Chlorures	198,4	13	182,8	11	141	11
Phosphates	2,84	0,26	2,61	0,28	2,04	0,13
Masse totale	20510	9462	$\bar{X}$	23783	$\sigma$	7664,8
Masse sèche	5899,8	2945,3	$\bar{X}$	6161,9	$\sigma$	2157,3
IB : MUSCLES SQUELETTIQUES ABDOMINAUX						
pH	7,22	0,15	7,19	0,11	7,87	0,21
Osmolarité $\mu\text{Osm}/\text{ml}$	302,4	50	322	19,4	300,2	11,2
Teneur en eau mg/g frais	764	16,9	762,3	23,9	732,2	8,4
Sodium $\mu\text{M}/\text{g}$ frais	16,3	0,37	16	1	19,2	1,9
Potassium	77,4	1,6	77,4	2,1	46,8	11
Calcium	4,45	0,27	4,29	0,38	4,88	0,3
Magnésium	7,99	0,59	7,78	0,77	8,74	0,84
Cuivre total	0,146	0,014	0,155	0,012	0,195	0,02
Cuivre exangue	0,024	0,007	0,03	0,004	0,042	0,008
Chlorures	79,58	2,33	80,3	2,07	89,2	4
Zinc	0,248	0,015	0,253	0,028	0,276	0,019
Phosphates	63,67	2,98	64,51	4,11	94,62	4,07



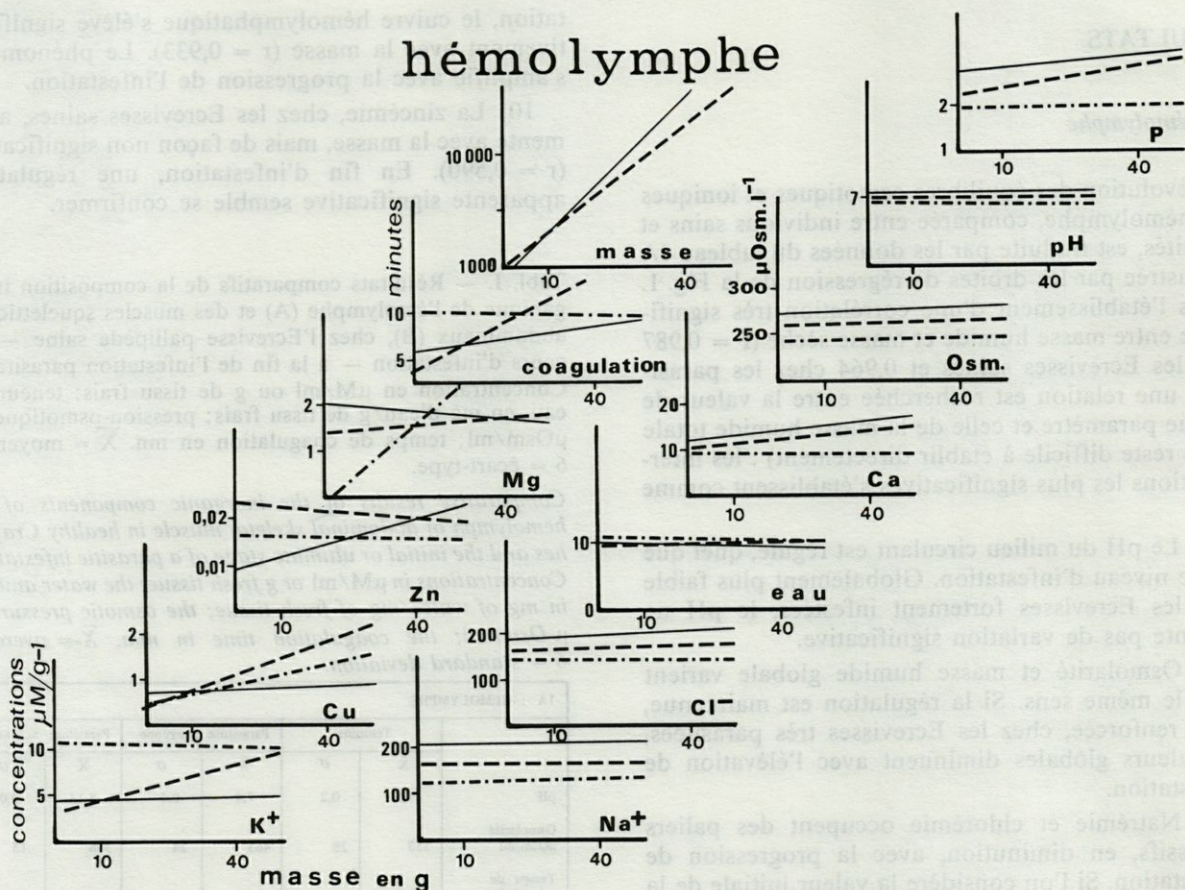


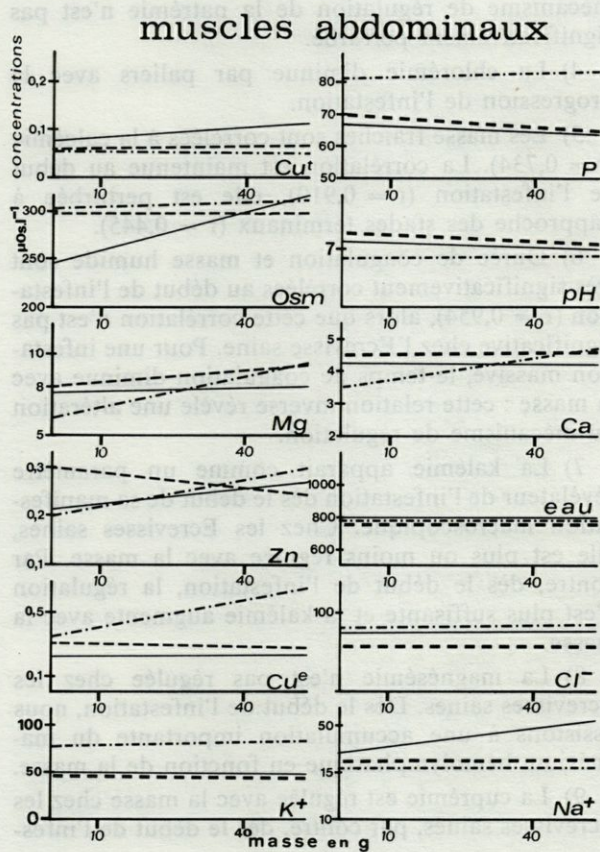
Fig. 1 et 2. — Expression graphique des corrélations entre les masses humides des Ecrevisses, exprimées en g (abscisses) et les différents paramètres retenus comme « indices physiologiques » : Ca, Na, K, Mg, Cu, Zn, Cl et P en  $\mu\text{M/ml}$ ; l'osmolarité est exprimée en  $\mu\text{Osm/ml}$ . Traits pleins : Ecrevisses saines; tiretés : Ecrevisses au début de l'infestation; tiretés et pointillés : Ecrevisses en phases ultimes de la parasitose.

Graph of correlations between wet weight of Crayfishes expressed in g (abscisses) and the different parameters as physiological index. Continuous line : healthy Crayfishes; broken line : Crayfishes from the outset of infestation, broken line and points : Crayfishes at the ultime stage of parasitosis.

La phosphatémie n'est pas significativement corrélée avec la masse au début de l'infestation : elle est plus ou moins régulée en fin d'infestation.

Chez les Ecrevisses saines, les valeurs des paramètres hémolympatiques se situent dans la gamme des fluctuations précédemment établies. Avec une teneur de 0,18 %, le Cu est lié aux cuproprotéines respiratoires, soit 90 % des protéines circulantes (38 mg/ml). Le zinc serait normalement lié à l'activité de l'anhydrase carbonique.

Au début de l'infestation, natrémie chlorémie et pression osmotique totale varient peu, mais de façon significative. Bien que tous les constituants hémolympatiques testés se trouvent modifiés ( $P < 0,01$ ),





seules kalémie et cuprémie varient du simple au double dans le cas d'une infestation massive : elles sont retenues comme « indicateurs » physiologiques de la parasitose : elles sont le reflet des perturbations hydro-minérales de l'Ecrevisse-hôte.

## 2. Muscles squelettiques abdominaux

Les distributions ioniques obtenues à partir de l'extrait musculaire sain ou contaminé, mais débarrassé des spores de la microsporidie, sont résumées sur le tableau IB et les droites de corrélations des différents paramètres, traduites sur la figure 2. Les modifications induites par l'infestation microsporidienne concernent tous les gradients de concentration des éléments inorganiques majoritaires.

Les profils des principaux éléments minéraux, dans les muscles sains et parasités, s'établissent comparativement comme suit : en  $\mu\text{M/g}$  de tissu frais :

Muscles	$\text{K}^+$	$\text{Na}^+$	$\text{Ca}^{++}$	$\text{Mg}^{++}$	$\text{Cl}^-$
sains	77,4	16,3	4,40	7,80	79,6
parasités	46,8	19,3	4,90	8,70	89,0
Vertébrés Mammifères	112	54	6,70	17,30	52

— Le pH de l'extrait musculaire s'élève significativement dans le muscle abdominal totalement infesté.

— Les teneurs des ions  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  et  $\text{Cl}^-$  sont significativement modifiées. La concentration potassique du muscle global se trouve diminuée de moitié par l'invasion parasitaire. Les forces poussant le  $\text{K}^+$  intrafibrillaire au dehors sont fortement accrues. Celles liées au gradient de concentration, ou celles liées à la barrière de potentiel s'opposent moins à la sortie de  $\text{K}^+$ . Le  $\text{Na}^+$  remplace une partie du  $\text{K}^+$  de la fibre musculaire envahie par la microsporidie.

— Le cuivre total est significativement accru ; la valeur du cuivre exangue est même doublée. Il en est ainsi des phosphates totaux.

— Teneur en eau et osmolarité, calcium, magnésium et zinc ne sont pas significativement modifiés.

Au niveau des tissus musculaires squelettiques infestés, il apparaît essentiellement une perte de potassium musculaire et un gain de sodium et de chlorures hémolympatiques. Cette visualisation de l'évolution des éléments minéraux entre tissus sains et contaminés est confirmée par la comparaison, chez une même Ecrevisse, des muscles abdominaux fortement infestés et de la musculature des pinces et des mandibules où l'atteinte n'intervient que secondairement.

## DISCUSSION-CONCLUSIONS

*Thelohania contejeani* manifeste une prévalence accrue dans les secteurs des ruisseaux les plus stagnicoles et lorsque l'eau est la plus chaude et la moins oxygénée. De tels facteurs édaphiques agissent aussi sur les aptitudes à la régulation du milieu intérieur de l'hôte.

Atteinte d'infestations importantes, avec la présence relative d'un plus grand nombre de jeunes sporoblastes, l'Ecrevisse parasitée s'accommode de la lyse cellulaire initiale au niveau des muscles squelettiques abdominaux. Une extension des dommages n'est plus jugulée par les mécanismes osmo et iono-régulateurs insuffisants. Aux stades ultimes de l'infestation, la destruction massive de la musculature squelettique libère les éléments minéraux intracellulaires. Ainsi la teneur en  $\text{K}^+$  circulant est doublée.

Chez *Carcinus mediterraneus*, Décapode lagunaire parasité par la Microsporidie *Thelohania maenadis*, Vivarès et Cuq, 1981, n'observent aucune modification dans la teneur ionique de l'hémolymphe. Il s'agit, en fait, de deux Crustacés Décapodes, systématiquement très éloignés et vivant dans un environnement, en particulier ionique, totalement différent.

Ce travail met en évidence l'importance des régulations hydriques et salines chez un Décapode dulçaquicole, infesté à des eaux très oligohalines, véritables facteurs limitants de la survie face à la protozoose. Le phénomène se confirme chez les populations parasitées et vivant dans des eaux calcaires.

Un enchaînement des processus pathologiques où les causes primaires relèvent des qualités de l'eau va aggraver la situation face à laquelle l'Ecrevisse américaine (*Orconectes limosus* Ra., 1817) se trouve mieux armée. Cette dernière espèce, polluo-résistante (Boutet et Chaisemartin, 1973), n'est-elle pas aussi thélohanio-résistante ? Les études actuelles à partir de l'analyse comparée des réponses dans des milieux perturbés ou face à différentes nuisances expérimentales semblent confirmer ce point de vue.

## BIBLIOGRAPHIE

- BOUTET, C. et C. CHAISEMARTIN, 1973. Propriétés toxiques spécifiques des sels métalliques chez *Austropotamobius pallipes pallipes* et *Orconectes limosus*. C.R. Soc. Biol., 167 : 1933-1937.



CHAISEMARTIN, C., 1961. Les variations de la teneur en calcium total de l'hémophymphe chez *Astacus pallipes* Le., 1858. *Vie Milieu*, **12** : 605-613.

CHAISEMARTIN, C., 1967. Contribution à l'étude de l'économie du calcium chez les Astacidae. Influence du milieu de vie. Thèse Doct. état. Sc. Nat., Poitiers, A.O. 1220, 268 p.

COSSINS, A.E. et K. BOWLER, 1973. An histological and ultrastructural study of *Thelohania contejeani*: a microsporidian parasite of crayfish *A. pallipes* Le. *Parasitology*, **68** : 81-91.

FINDLEY, A.M. et W.B. STICKLE, 1981. Effects of salinity fluctuation on hemolymph composition of the blue crab *Callinectes sapidus*. *Mar. Biol.*, **46** : 9-15.

HENNEGUY, F. et P. THELOHAN, 1892. Myxosporidies parasites des muscles chez quelques Crustacés Décapodes. *Ann. de Micrographie*, **4** : 617-621.

MORAND, J. et A. VEY, 1973. Etude histopathologique et ultrastructurale de *Thelohania contejeani* (Microsporida, Nosematidae) parasite de l'écrevisse *Austropotamobius pallipes* Le. *Ann. Parasitol. Hum. Comp.*, **48** : 411-421.

VEY, A. et C. VAGO, 1972. Recherches sur les maladies des écrevisses en France. *Ann. Hydrobiol., I.N.R.A.*, **3** : 59-64.

VEY, A., 1977. Studies on the pathology of crayfish under rearing conditions. *Freshwater Crayfish*, **3**, O. Lindqvist Edit., Univ. de Kuopio, Finlande.

VIVARES, C.P., 1978. Grégarinoses et microsporidioses de Brachyours (Crustacés Décapodes) de la Méditerranée occidentale : aspects cytologiques, biochimiques et physiologiques. Thèse Etat Sc. Nat. Univ. Montpellier, 227 p., Bibl. 21 p.

VIVARES, C.P., J.L. CUQ, H.J. CECCALDI, et P.J. RICHARD, 1980. Influence d'une microsporidiose sur les acides aminés libres de *Carcinus mediterraneus* Czerviansky, 1884, soumis à diverses salinités et à des valeurs extrêmes de températures. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **43** : 207-220.

VIVARES, C.P. et J.L. CUQ, 1981. Physiological and metabolic variations in *Carcinus mediterraneus* (Crustacea : Decapoda) parasitized by *Thelohania maenadis* (Microsporida : Microsporida) : an ecophysiological approach. *J. Invertebr. Pathol.*, **37** : 38-46.

VON BRAND, T., 1973. Biochemistry of parasites. Academic Press, New York, 348 p.

WEIDNER, E., 1970. Ultrastructural study of microsporidian development. *Z. Zellforsch.*, **105** : 33-54.

Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>
1.80	0.30	1.50	4.50	1.50
0.70	0.20	0.30	0.50	0.50
1.30	0.10	1.20	4.00	1.50

Chez *Carcinus mediterraneus*, Décapode lagunaire parasité par la microsporidie *Thelohania maenadis* Vivares et Cuq, 1981, n'observent aucune modification dans la teneur ionique de l'hémolymphe. Il s'agit, en fait, de deux Crustacés Décapodes, systématiquement très éloignés et vivant dans un environnement en particulier ionique, totalement différent.

Ce travail met en évidence l'importance des régulations hydriques et salines chez un Décapode décapodiforme, introduit à des eaux très oligohalines, véritables facteurs limitants de la survie face à la protozoose. Le phénomène se confirme chez les populations parasitées et vivants dans des eaux calcaires.

Un enchaînement des processus pathologiques où les causes primaires relèvent des qualités de l'eau va aggraver la situation face à laquelle l'écrevisse américaine (*Orconectes limosus* R., 1817) se trouve mieux armée. Cette dernière espèce, poly-résistante (Bourr et Chaisemartin, 1973), n'est-elle pas aussi thélohanie-résistante ? Les études actuelles à partir de l'analyse comparée des réponses dans des milieux perturbés ou face à différentes nuisances expérimentales semblent confirmer ce point de vue.

BIBLIOGRAPHIE

Bourr, C. et C. CHAISEMARTIN, 1973. Propriétés ioniques spécifiques des sels métalliques chez *Austropotamobius pallipes* et *Orconectes limosus*. *C.R. Soc. Biol.*, **167** : 1937-1937.

Le pH de l'extrait musculaire s'éleve significativement dans le muscle abdominal totalement innervé.

Les teneurs des ions Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> et Cl<sup>-</sup> sont significativement modifiées. La concentration globale du muscle global se trouve diminuée de moitié par l'invasion parasitaire. Les forces poussant le K<sup>+</sup> intracellulaire au dehors sont fortement accrues. Celles liées au gradient de concentration ou celles liées à la partie de potentiel s'opposent moins à la sortie de K<sup>+</sup>. Le Na<sup>+</sup> remplace une partie du K<sup>+</sup> de la fibre musculaire envahie par la microsporidie.

La teneur totale en cuivre exagère et même double. Il en est ainsi des phosphates totaux.

Teneur en eau et osmolarité, calcium, magnésium et zinc ne sont pas significativement modifiées.

Au niveau des tissus musculaires squelettiques innervés, il apparaît essentiellement une perte de potassium musculaire et un gain de sodium et de chlorure hémo-lymphatiques. Cette visualisation de l'évolution des éléments minéraux entre tissus sains et contaminés est confirmée par la comparaison, chez une même écrevisse, des muscles abdominaux totalement innervés et de la musculature des pinces et des mandibules où l'aiguille n'intervient que secondairement.