



HAL
open science

**IMPORTANCE DES GASTROLITHES DANS
L'ÉCONOMIE DU CALCIUM CHEZ ASTACUS
PALLIPES LEREBoulLET. BILAN CALCIQUE DE
L'EXUVIATION**

Claude Chaisemartin

► **To cite this version:**

Claude Chaisemartin. IMPORTANCE DES GASTROLITHES DANS L'ÉCONOMIE DU CALCIUM CHEZ ASTACUS PALLIPES LEREBoulLET. BILAN CALCIQUE DE L'EXUVIATION. Vie et Milieu , 1964, pp.457-474. hal-02938690

HAL Id: hal-02938690

<https://hal.sorbonne-universite.fr/hal-02938690v1>

Submitted on 15 Sep 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.

— 88 —

LE LOCALISATION ET L'IMPORTANCE DES RÉSERVES CALCIFIQUES
CHEZ L'ANIMAL COMPLETEMENT MUE

1) Hypothèses et formations calcifiées préexistantes.
2) Mécanisme.

LE GROSSEUR DE CALCIFICATION POUR LE DÉVELOPPEMENT DU
701

**IMPORTANCE DES GASTROLITHES
DANS L'ÉCONOMIE DU CALCIUM
CHEZ *ASTACUS PALLIPES* LEREBoulLET.
BILAN CALCIQUE DE L'EXUVIATION**

par Claude CHAISEMARTIN

SOMMAIRE

INTRODUCTION

I. PROBLÈME DES GASTROLITHES

- 1) Etat de la question.
- 2) Choix du matériel d'étude et techniques.
- 3) Importance pondérale et teneur calcique des gastrolithes immédiatement après l'ecdysis. Influence de la captivité.
- 4) Dissolution intrastomacale des concrétions gastriques après l'exuviation, anomalies.
- 5) Genèse des gastrolithes, incidence de l'élevage et action de l'eau ambiante.

II. BILAN CALCIQUE ET EXUVIATION

- 1) Poids moyens et quantités de calcium total, pour trois groupes de tailles.
- 2) Exuviation :
 - a) perte de matière subie par l'Ecrevisse et comparaison avec les résultats obtenus chez les Brachyours;
 - b) importance des constituants minéraux et organiques de l'Ecrevisse venant de muer.
- 3) Bilan calcique total.

III. LOCALISATION ET IMPORTANCE DES RÉSERVES CALCIQUES CHEZ L'ANIMAL COMPLÈTEMENT MOU

- 1) Hépatopancréas.
- 2) Hypoderme et formations tégumentaires préexuviales.
- 3) Hémolymph.

IV. ORIGINE DU CALCIUM MOBILISÉ POUR LE DURCISSEMENT DU NOUVEL EXOSQUELETTE.

CONCLUSION GÉNÉRALE ET DISCUSSION

- 1) Principaux résultats.
- 2) Sur le rôle effectif des gastrolithes dans l'économie du calcium.

PUBLICATIONS CITÉES

INTRODUCTION

La constitution, chez les Crustacés Décapodes, d'une superstructure calcaire est, dans ce groupe, l'un des problèmes biologiques qui ont suscité le plus de recherches. LAFON (1948), est cependant le premier à établir, avec comme matériel d'étude *Carcinides maenas*, un bilan total de l'exuviation.

Le présent travail rapporte un ensemble de résultats quantitatifs relatifs à la mue chez un Décapode dulçaquicole : *Astacus pallipes*. Le problème des gastrolithes, très controversé, fera l'objet d'un développement particulier.

I. LE PROBLÈME DES GASTROLITHES

1) ETAT DE LA QUESTION

Les gastrolithes, formés au cours de la période préparatoire à la mue, ont été, à divers points de vue, abondamment étudiés. Nous retiendrons par ordre chronologique, les travaux de RÉAUMUR (1723);

DULK (1835); CHANTRAN (1874*a* et *b*); BRAUN (1875); HUXLEY (1878); IRWINE et WOODHEAD (1889); HERRICK (1895), DAMBOVICEANU (1932); NYBELIN (1935); DRACH (1939); NUMANOI (1939); ROBERTSON (1940); MALUF (1940); KYER (1942); HUSSON (1950 et 1952); STEPHENS (1955); ANDRÉ (1960); TRAVIS (1960).

La morphologie des gastrolithes, leur développement progressif avant l'ecdysis, leur dissolution rapide pendant les premières phases de la calcification du nouveau tégument sont notés dans la plupart des cas. Seuls DULK, puis DAMBOVICEANU précisent la composition minérale des concrétions gastriques.

En ce qui concerne le rôle des gastrolithes en tant que réserves de calcium, trois hypothèses ont été émises par nos prédécesseurs.

Selon NYBELIN, il y a élimination pure et simple d'un excès de calcaire provenant des parties de l'ancien exosquelette « résorbées » avant la mue. HUSSON (1950), conclut à un parallélisme frappant entre cette observation et le rejet de calcaire chez les Amphipodes, sous forme de concrétions, quelques jours avant la mue. Nous ne partageons pas les opinions de NYBELIN; nous n'avons, sur près d'une centaine d'individus, jamais vu les gastrolithes éliminés au cours de l'exuviation.

Selon CHANTRAN, les gastrolithes jouent un rôle essentiel comme réserves calcaires dans le durcissement rapide de la nouvelle carapace après la mue. La plupart des auteurs, HUSSON notamment, revenant sur son opinion, en 1952, partagent le même point de vue.

Selon IRWINE et WOODHEAD, la réserve ainsi constituée ne représente qu'une fraction insignifiante du calcaire total accumulé dans les formations tégumentaires (quelques décigrammes pour 15 grammes).

2) MATÉRIEL ET TECHNIQUES

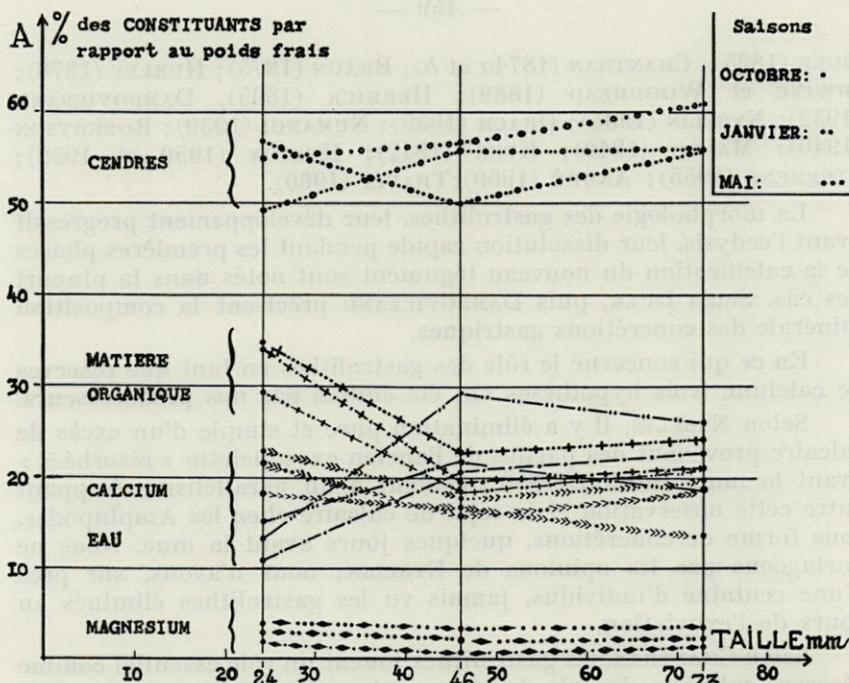
Les gastrolithes sont prélevés immédiatement après le rejet de l'ancienne carapace (1), dans trois populations d'Ecrevisses, soit au total 205 individus mis en élevage respectivement fin août, fin octobre et début mars, dans l'eau du ruisseau d'origine, confinée et aérée.

Les opérations suivantes ont été effectuées :

1) détermination du poids frais aussitôt après extraction et séchage sur papier filtre.

2) détermination du poids sec après dessiccation à 105°.

(1) Les gastrolithes sont à ce moment, placés sans aucune orientation dans la cavité stomacale.



B Morphologie des gastrolithes
immédiatement après la mue

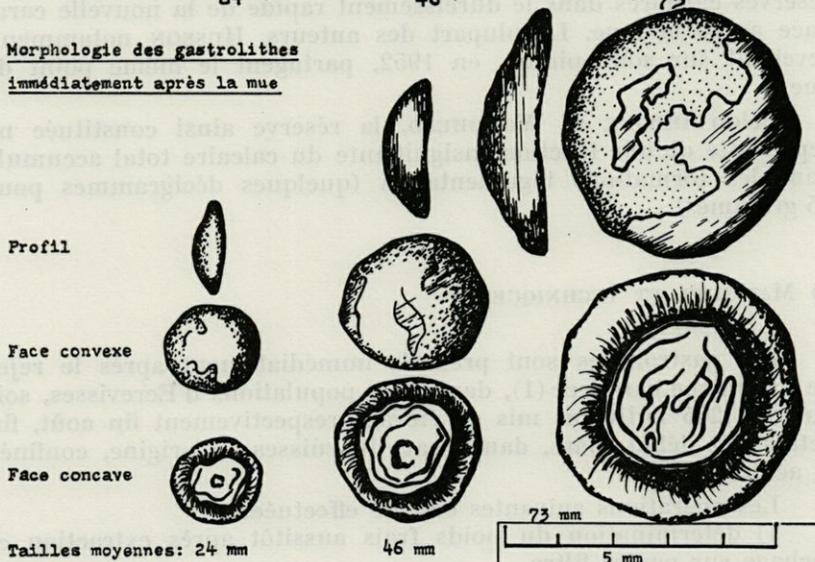


Fig. 1. — A, variations pour les petites, les moyennes et les grandes tailles, des pourcentages, par rapport au poids frais, de la quantité d'eau perdue à 105°, de la matière organique, des cendres, des éléments calcium et magnésium. B, dessins de gastrolithes au maximum de leur développement.

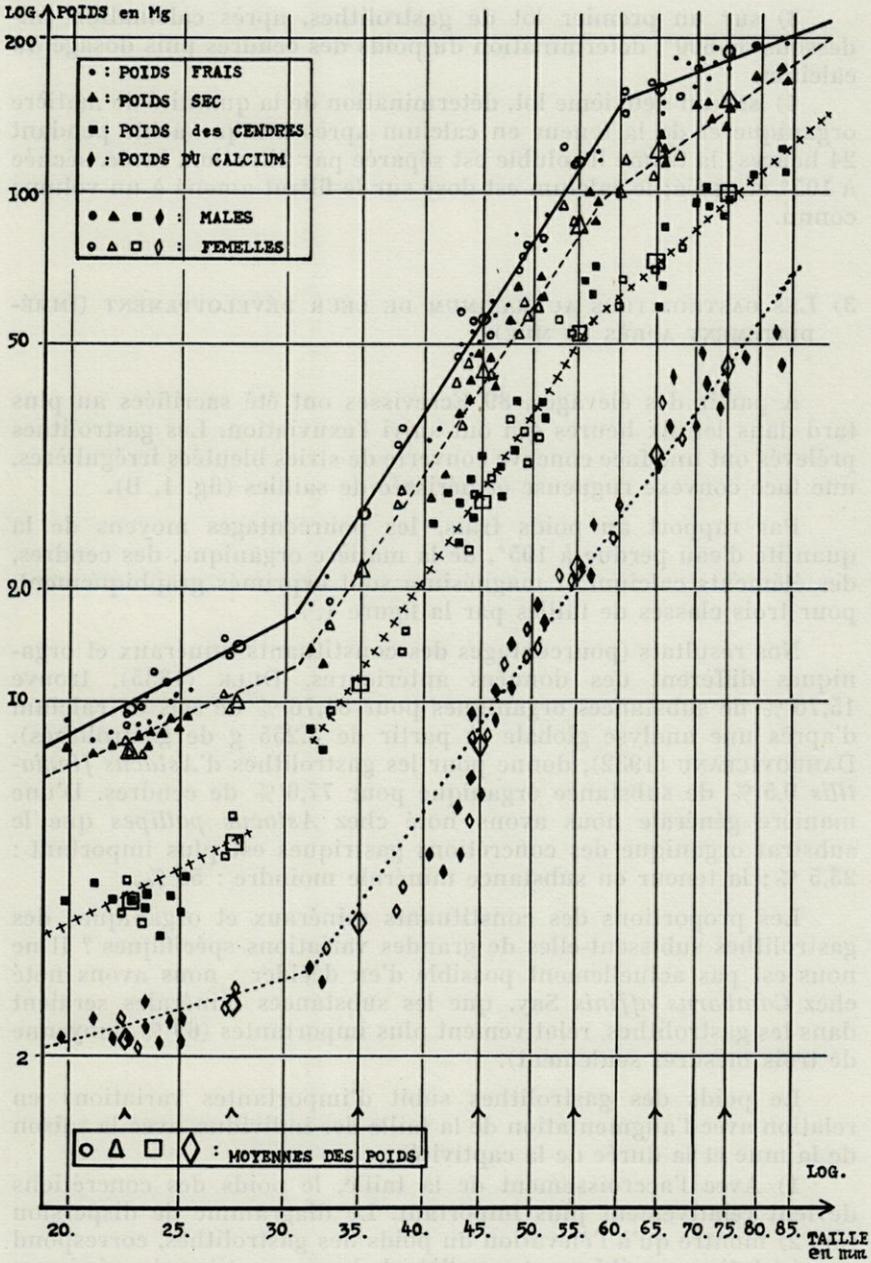


Fig. 2. — Diagramme de dispersion : poids frais, secs, cendres, teneurs en calcium des gastrolithes en fonction de la taille. Coordonnées logarithmiques.

3) sur un premier lot de gastrolithes, après calcination au-dessous de 600°, détermination du poids des cendres puis dosage du calcium.

4) sur un deuxième lot, détermination de la quantité de matière organique et de la teneur en calcium après attaque acide pendant 24 heures; la trame insoluble est séparée par filtration, lavée, séchée à 105° et pesée; le calcium est dosé sur le filtrat amené à un volume connu.

3) LES GASTROLITHES AU MAXIMUM DE LEUR DÉVELOPPEMENT (IMMÉDIATEMENT APRÈS LA MUE)

A partir des élevages, 89 Ecrevisses ont été sacrifiées au plus tard dans les six heures qui ont suivi l'exuviation. Les gastrolithes prélevés ont une face concave couverte de stries bleutées irrégulières, une face convexe rugueuse et hérissée de saillies (fig. 1, B).

Par rapport au poids frais, les pourcentages moyens de la quantité d'eau perdue à 105°, de la matière organique, des cendres, des éléments calcium et magnésium sont exprimés graphiquement, pour trois classes de tailles par la figure 1, A.

Nos résultats (pourcentages des constituants minéraux et organiques) diffèrent des données antérieures. DULK (1835), trouve 15,76 % de substances organiques pour 81,76 % de sels de calcium d'après une analyse globale (à partir de 3,255 g de gastrolithes). DAMBOVICEANU (1932), donne pour les gastrolithes d'*Astacus fluviatilis* 9,5 % de substance organique pour 77,6 % de cendres. D'une manière générale nous avons noté chez *Astacus pallipes* que le substrat organique des concrétions gastriques est plus important : 23,5 %; la teneur en substance minérale moindre : 55 %.

Les proportions des constituants minéraux et organiques des gastrolithes subissent-elles de grandes variations spécifiques ? Il ne nous est pas actuellement possible d'en décider : nous avons noté chez *Cambarus affinis* Say, que les substances minérales seraient dans les gastrolithes, relativement plus importantes (69 %, moyenne de trois mesures seulement).

Le poids des gastrolithes subit d'importantes variations en relation avec l'augmentation de la taille des individus, avec la saison de la mue et la durée de la captivité.

1) Avec l'accroissement de la taille, le poids des concrétions devient relativement plus important. Le diagramme de dispersion (fig. 2) montre qu'à l'élévation du poids des gastrolithes, correspond une évolution sensiblement parallèle de leurs constituants minéraux et organiques.

2) Pour une taille donnée (24 mm), les gastrolithes prélevés durant les exuviations de mai ne représentent en poids que 91 %, ceux de janvier 80 % des concrétions obtenues au cours des mues d'octobre. KYER (1942), note également que les gastrolithes formés pendant l'hiver ont un poids inférieur à ceux qui sont obtenus au cours des exuviations d'été.

3) La baisse de poids des gastrolithes prélevés durant les mues de janvier - février s'accompagne d'une réduction importante du substrat organique des concrétions; elle correspond peut-être à une dénutrition des Ecrevisses; les animaux ayant subi une captivité de l'ordre de trois mois.

Quelle est l'importance relative du calcium dans les gastrolithes ? Par gramme sec, la teneur moyenne en calcium des concrétions est respectivement pour les petites, les moyennes et les grandes tailles (24, 46, 73 mm) de 183, 262, 268 mg/g sec. Si cette teneur est supérieure au taux moyen de calcification de l'exosquelette pour les mêmes classes de tailles (CHAISEMARTIN, 1961), elle reste cependant du même ordre que celle des portions les plus calcifiées de celui-ci.

4) DISSOLUTION DES GASTROLITHES, ANOMALIES

Sur la base des observations de CHANTRAN (1874*b*), la plupart des auteurs admettent la lente disparition des gastrolithes après la mue sans toutefois apporter de valeurs numériques sur la perte de poids des concrétions. Seul HUSSON (1952), note une diminution du poids des gastrolithes avec le nombre d'heures écoulées après l'exuviation (12 résultats).

Nos résultats nous montrent que de nouvelles proportions entre constituants minéraux et organiques s'établissent au fur et à mesure de la diminution du poids des concrétions. L'attaque des sels de calcium est prépondérante dans les 6 à 8 heures qui suivent l'exuviation.

Dans certains cas, après une longue captivité notamment, les gastrolithes ne se dissolvent pas. L'anomalie est généralement létale 5 à 7 jours après la mue. La première calcification des formations tégumentaires (CHAISEMARTIN, 1962) s'est par contre déroulée normalement et nous ne pouvons partager les opinions de CHANTRAN (1874) selon lesquelles, lors de ces anomalies, « la nouvelle enveloppe reste entièrement molle ». Notons cependant que le moulin gastrique, en particulier la large barre transversale séparant la portion cardiaque de la portion pylorique, ne sont pas calcifiés.

5) GENÈSE DES GASTROLITHES; INFLUENCE DES FACTEURS EXTERNES

1) Le poids et la constitution des gastrolithes subissent, dans la période préparatoire à la mue, des variations qui nous permettent de définir deux étapes en relation avec les modifications du squelette tégumentaire.

Au cours de la première, éloignée de la mue (9 à 20 jours), les gastrolithes ont atteint la moitié de leur poids définitif pour les petites tailles, le septième seulement pour les grandes. Le substrat organique est pondéralement plus important que les sels minéraux. En accord avec les observations histologiques de TRAVIS (1960), la concrétion serait à ce stade, principalement formée par la trame organique.

Dans une deuxième étape, à proximité de la mue, les gastrolithes ont atteint, pour les petites tailles, leur état définitif. Cette étape est concomitante d'une réduction rapide des constituants des portions les plus minéralisées de l'exosquelette (CHAISEMARTIN, 1961) et d'une augmentation passagère de la calcémie (SOURIE et CHAISEMARTIN, 1961). Elle traduit un dépôt important de calcium, pour les moyennes et les grandes tailles, sur la surface externe convexe des concrétions (confirmation des observations de KYER (1942), d'après lesquelles, le principal enrichissement en sels minéraux des gastrolithes est acquis la dernière semaine avant l'exuviation).

2) Chez les individus en élevage, jusqu'à la taille de 73 mm, nous avons obtenu deux mues consécutives : en mars-avril, puis au début de juillet. Le poids sec des gastrolithes prélevés durant la deuxième exuviation correspond seulement à 47 % (taille de 24 mm) et même à 22 % (taille de 73 mm) du poids sec des concrétions obtenues lors de la première mue après la mise en élevage.

3) Un mois environ avant la période de la mue, 19 Ecrevisses sont placées dans une eau vingt fois plus riche en calcium (104 mg de Ca/l) que celle du ruisseau d'origine. Au cours de l'exuviation, le poids des gastrolithes s'est révélé nettement inférieur à la normale (68 % du poids précédemment noté au stade maximum de leur développement). La diminution des sels de calcium est en majeure partie responsable de cette chute de poids. L'exuviation a lieu; mais l'ancien tégument est incomplètement rejeté (fréquence : 14/19) (Pl. I). Nous avons précédemment montré que ces anomalies sont liées à une diminution partielle des constituants de l'exosquelette à la prémue.

Le poids des gastrolithes serait fonction de la minéralisation du squelette tégumentaire et de ses modifications préexuviales.

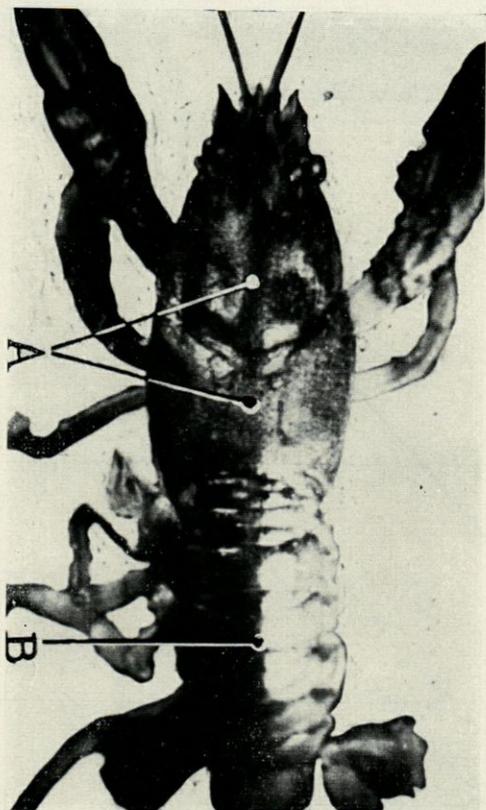


Planche I. — Rejet partiel de l'exuvie chez *Astacus pallipes*. A : nouveau tégument; B : ancienne carapace.

II. LE BILAN CALCIQUE DE L'EXUVIATION

A notre connaissance, aucun bilan total de l'exuviation n'a été dressé chez les *Astacidae*, ni chez les *Macroures* en général. Nous avons essayé de l'établir.

1) INTERMUE : POIDS MOYENS ET QUANTITÉS DE CALCIUM TOTAL

Pour les tailles moyennes de 23, 46, 73 mm, les valeurs moyennes (66 résultats au total, mâles et femelles étant groupés)

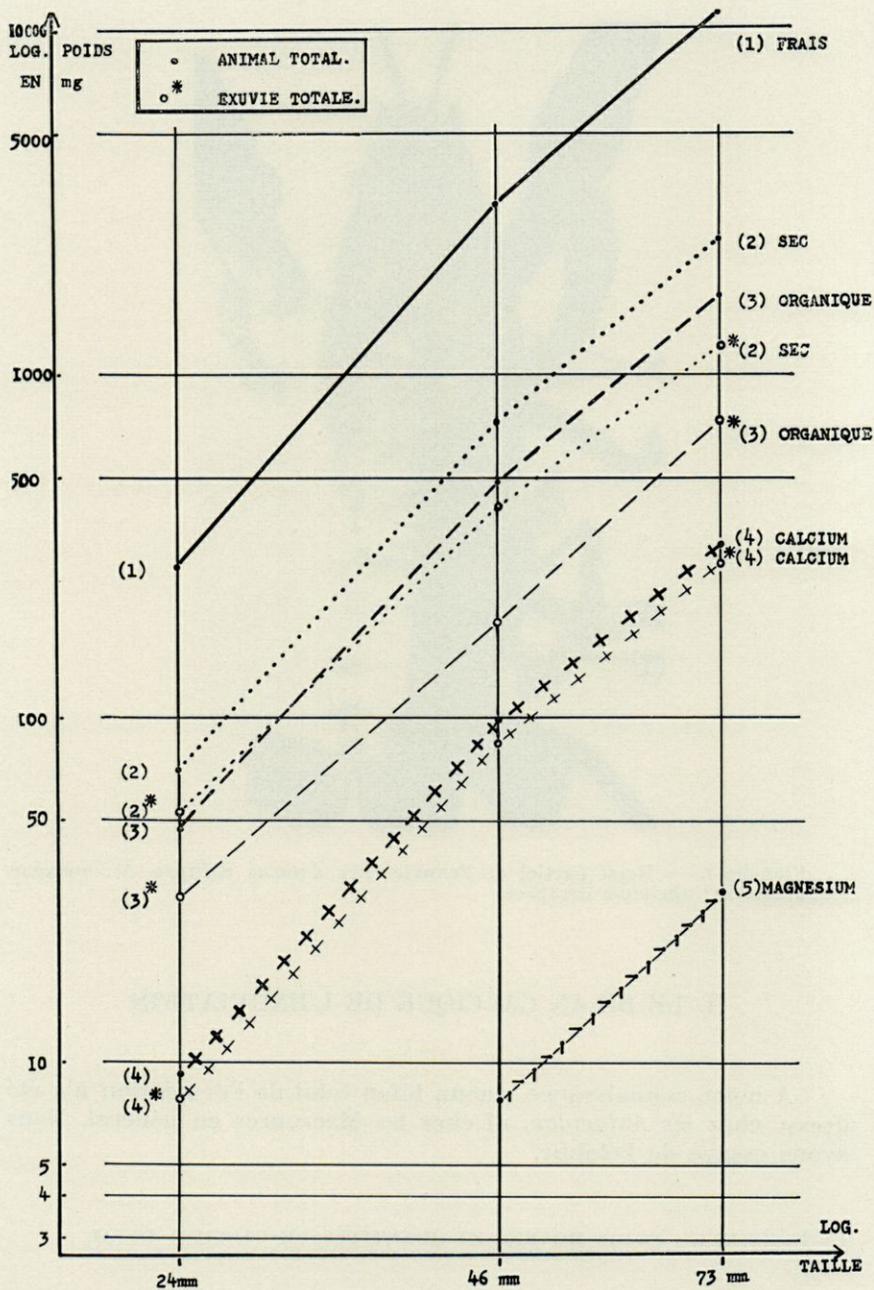


Fig. 3. — Variations, en fonction de trois classes de tailles, des poids frais, secs, teneurs en matière organique et en calcium de l'ensemble de l'animal au stade d'intermue et de l'exuvie totale. Coordonnées logarithmiques.

relatives au poids frais, au poids sec, à la teneur globale de l'ensemble de l'animal en matière organique et en calcium sont rapportées graphiquement par la figure 3. Les variations individuelles demeurent faibles; les fluctuations maximum, par rapport à la valeur moyenne du poids frais, du poids sec et de la substance minérale, pour des tailles voisines, vont de 3, 6 à 9 %.

2) EXUVIATION

a) Ordre de grandeur de la perte de matière représentée par l'exuvie.

L'exuviation représente pour l'Ecrevisse une perte de substance importante : 71 % pour les tailles inférieures, 48 % pour les grandes tailles du poids sec de l'animal avant la mue sont rejetés en bloc au cours de celle-ci (fig. 3).

L'Ecrevisse venant de muer, conserve 15 % seulement de sa propre quantité de calcium avant le rejet de l'ancienne carapace.

Que nous apportent les résultats antérieurs, obtenus chez d'autres espèces de Crustacés ?

LAFON (1948), note chez *Carcinides maenas* le rejet de 92 % du calcium au cours de l'exuviation. *Ligia exotica* perdrait seulement selon HARRISON et MARTIN (1954), 42,5 % de l'ensemble de son calcium. Cette « rétention » importante de calcium par la Ligie est considérée par les auteurs comme une adaptation à un environnement où le calcium est peu accessible. Malgré la faible minéralisation de l'eau (3 à 8 mg de calcium par litre) dans laquelle vit l'Ecrevisse étudiée, la perte calcique exuviale notée chez elle se rapproche, en intensité, de celle du Crabe.

b) Importance des constituants minéraux et organiques de l'Ecrevisse venant de muer.

Immédiatement après la mue, le poids sec de l'animal correspond en moyenne, à 39 % (taille de 24 mm) et à 45 % (taille de 73 mm) du poids sec total déterminé au stade d'intermue précédent. La teneur en calcium par gramme sec de l'animal après la mue, est relativement plus élevée pour les petites tailles (59 mg contre 43 mg).

3) BILAN CALCIQUE TOTAL

Quelle que soit la taille et en dehors des variations individuelles, la somme du calcium total de l'Ecrevisse molle et du calcium de

l'exuvie dont elle vient de se libérer, est supérieure à la quantité de calcium correspondant à un animal homologue pris au stade d'intermue antérieur. A titre d'exemple, les valeurs moyennes, pour les classes de tailles extrêmes (24 mm et 73 mm), s'établissent selon le tableau I.

TABLEAU I

Tailles moyennes	24 mm	73 mm
Calcium total au stade d'intermue ..	9,58 mg	321 mg
Calcium total de l'Ecrevisse molle (gastrolithes compris)	1,68 mg	48,9 mg
Calcium de l'exuvie totale	8,08 mg	276 mg
Calcium des gastrolithes	1,42 mg	39,2 mg
Calcium total de l'exuvie et de l'Ecrevisse molle	11,18 mg	364,1 mg
Calcium total après la mue moins calcium total avant la mue	1,60 mg	43,1 mg

III. LOCALISATION ET IMPORTANCE DES RÉSERVES CALCIQUES CHEZ L'ANIMAL COMPLÈTEMENT MOU

Les gastrolithes représentent près de la moitié du « potentiel initial » en calcium de l'Ecrevisse entièrement molle. Ils ne correspondent cependant qu'à une partie minime du calcium total accumulé dans le squelette tégumentaire. En dehors des concrétions gastriques, quelles sont la localisation et l'importance des réserves en calcium de l'animal ayant à édifier son nouvel exosquelette ?

1) HÉPATOPANCRÉAS

Chez *Cancer pagurus*, PAUL et SHARPE (1916), notent d'importantes réserves calciques hépatopancréatiques avant la mue, puis leur disparition de cette glande, lorsque la nouvelle carapace est

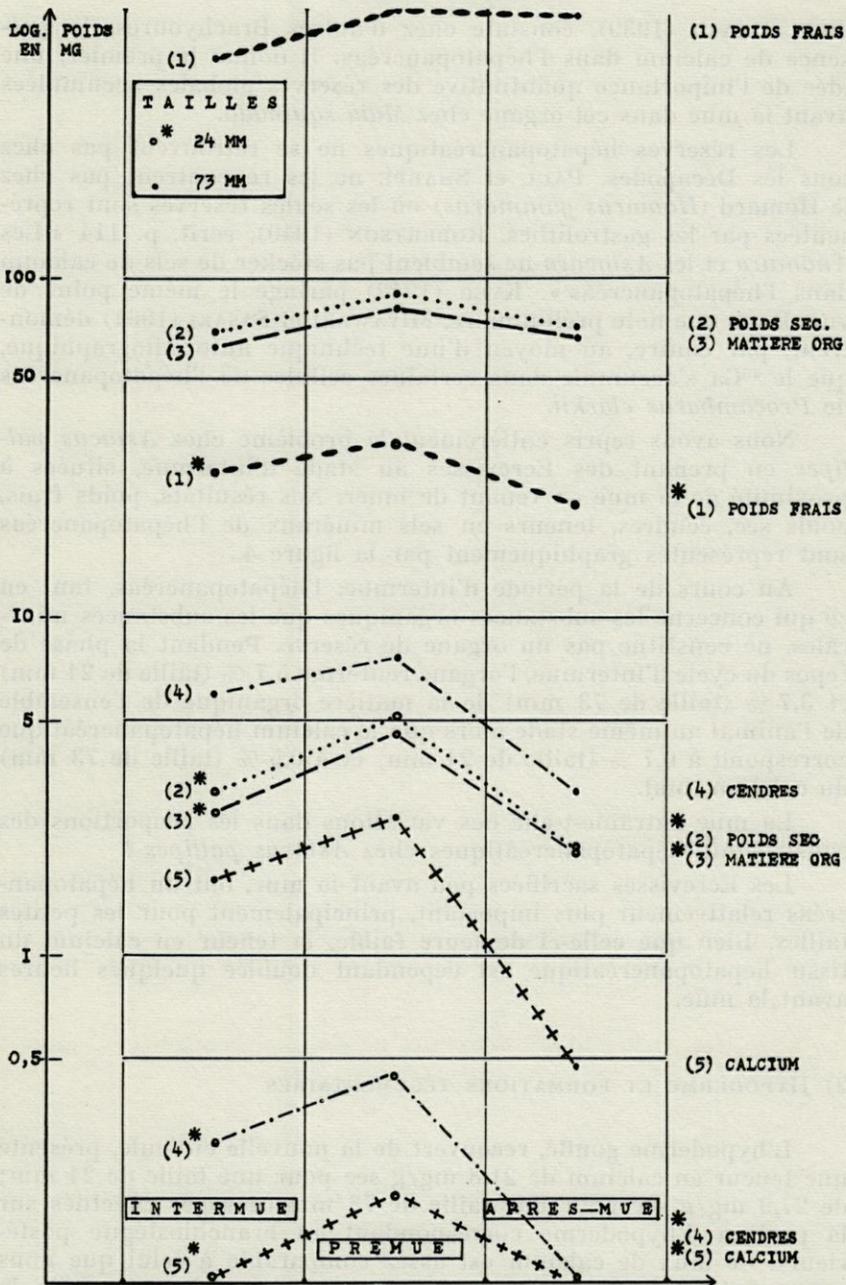


Fig. 4. — Variations des poids frais, secs, cendres, teneurs en sels minéraux de l'hépatopancreas (tailles de 24 et 73 mm) en fonction de trois étapes du cycle d'intermue.

dure. DRACH (1939), constate chez d'autres Brachyours, la présence de calcium dans l'hépatopancréas. Il donne le premier, une idée de l'importance quantitative des réserves globales accumulées avant la mue dans cet organe chez *Maia squinado*.

Les réserves hépatopancréatiques ne se retrouvent pas chez tous les Décapodes. PAUL et SHARPE ne les rencontrent pas chez le Homard (*Homarus gammarus*) où les seules réserves sont représentées par les gastrolithes. ROBERTSON (1940), écrit, p. 114 « Les *Anomura* et les *Astacura* ne semblent pas stocker de sels de calcium dans l'hépatopancréas ». KYER (1942) partage le même point de vue. Dans une note préliminaire, MIYAWAKI et SASAKI (1961) démontrent, par contre, au moyen d'une technique autoradiographique, que le ^{45}Ca s'accumule dans certaines cellules de l'hépatopancréas de *Procambarus clarkii*.

Nous avons repris entièrement le problème chez *Astacus pallipes* en prenant des Ecrevisses au stade d'intermue, situées à proximité de la mue en venant de muer. Nos résultats, poids frais, poids sec, cendres, teneurs en sels minéraux de l'hépatopancréas sont représentés graphiquement par la figure 4.

Au cours de la période d'intermue, l'hépatopancréas, tant en ce qui concerne les substances organiques que les substances minérales, ne constitue pas un organe de réserve. Pendant la phase de repos du cycle d'intermue, l'organe renferme 5,7 % (taille de 24 mm) et 3,7 % (taille de 73 mm) de la matière organique de l'ensemble de l'animal au même stade alors que le calcium hépatopancréatique correspond à 0,7 % (taille de 24 mm) et à 0,5 % (taille de 73 mm) du calcium total.

La mue entraîne-t-elle des variations dans les proportions des constituants hépatopancréatiques chez *Astacus pallipes* ?

Les Ecrevisses sacrifiées peu avant la mue, ont un hépatopancréas relativement plus important, principalement pour les petites tailles. Bien que celle-ci demeure faible, la teneur en calcium du tissu hépatopancréatique est cependant doublée quelques heures avant la mue.

2) HYPODERME ET FORMATIONS TÉGUMENTAIRES

L'hypoderme gonflé, recouvert de la nouvelle cuticule, présente une teneur en calcium de 21,8 mg/g sec pour une taille de 24 mm; de 27,9 mg/g sec pour une taille de 73 mm (dosages effectués sur la portion d'hypoderme correspondant au branchiostégite postérieur). Ce taux de calcium est assez comparable à celui que nous avons noté dans le nouveau tégument, quelques heures après la mue (CHAISEMARTIN, 1961).

3) HÉMOLYPHE

Au cours de l'exuviation, des modifications importantes de l'hémolymph ont été observées par DAMBOVICEANU (1929). Le plasma ne jouerait, selon l'auteur, qu'un rôle de vecteur, transportant le calcium. NUMANOI (1939), admet que la calcémie résulte d'un équilibre entre l'apport de calcium provenant de la dissolution partielle de la carapace et le stockage de cet élément sous forme de gastrolithes. NUMANOI (1939), remarque toutefois une augmentation brusque du calcium dialysable dans le sang, avec la dissolution des gastrolithes.

Nous avons précédemment noté une élévation passagère de la calcémie immédiatement après la mue. Chez les Ecrevisses, dont la ligne de suture épimérienne est large (phases précédant l'exuviation) le taux de calcium sanguin peut-être doublé par rapport à sa valeur obtenue au stade d'intermue. Cette élévation correspond à la fin de l'édification des gastrolithes. Il ne nous est actuellement pas possible d'évaluer la quantité de calcium total représenté par cette pointe calcémique.

IV. ORIGINE DU CALCIUM MOBILISÉ POUR LE DURCISSEMENT DU NOUVEL EXOSQUELETTE

En ce qui concerne la constitution de la future carapace, l'ensemble des données précédentes nous amènent à écarter toute hypothèse selon laquelle l'Ecrevisse molle trouverait dans ses réserves intérieures, la source essentielle de calcium.

La nécessité d'un emprunt direct de calcium au milieu extérieur a été montrée tant pour les Crustacés marins par HECHT (1914), en comparant le calcium total dans des Crabes durs et dans des Crabes mous, que pour les Crustacés dulçaquicoles par les observations de SCHUMANN (1928), chez les Gammaridés.

Dans une série d'expériences préliminaires, 18 Ecrevisses sont placées immédiatement après la mue, dans un demi-litre d'eau du ruisseau d'origine et maintenues entre 10 et 12°. La teneur en calcium de l'eau, initialement de 8,4 mg/l n'est plus que de 5,6 mg/l six heures après; au bout de trois jours, elle n'est plus que de 3,7 mg/l. Après treize jours, elle est de 3,4 mg/l. L'Ecrevisse n'est alors plus déformable; l'exosquelette est pourtant loin de sa calcification maxima.

Fait important, si nous plaçons une Ecrevisse venant de muer dans l'eau où a vécu un individu analogue, la teneur en calcium de l'eau demeure inchangée; elle se stabilise à une teneur voisine de 3,5 mg/l.

CONCLUSION GÉNÉRALE ET DISCUSSION

1) PRINCIPAUX RÉSULTATS

Les poids frais, poids secs, poids des cendres, teneurs en calcium des gastrolithes prélevés immédiatement après l'exuviation (stade maximum de leur développement) subissent avec l'augmentation de la taille, des variations notables : élévation de la teneur en eau et des proportions respectives du calcium, baisse de la matière organique.

Au cours de la genèse puis de la dissolution des concrétions gastriques, les proportions entre constituants minéraux et organiques varient.

Si la teneur en calcium des gastrolithes est supérieure au taux moyen de calcification de l'exosquelette, elle reste cependant du même ordre que celle des portions les plus calcifiées de celui-ci.

Le bilan calcique de l'exuviation nous montre que la somme du calcium total de l'Ecrevisse venant de muer et de son exuvie est supérieure à la quantité de calcium correspondant à un animal homologue pris au stade d'intermue précédent. Du calcium a donc été prélevé à partir de l'extérieur : nourriture ou eau environnante.

L'hépatopancréas, au cours de la période d'intermue, ne constitue pas, en ce qui concerne les substances minérales, un organe de réserve. Le calcium hépatopancréatique correspond en effet, durant la phase de repos du cycle d'intermue, à 0,7 % (taille de 24 mm) et à 0,5 % (taille de 73 mm) du calcium total. Cette teneur en calcium est cependant doublée quelques heures avant la mue (phénomène en relation vraisemblablement avec l'augmentation calcémique à la fin de la genèse des gastrolithes).

La minéralisation rapide du squelette tégumentaire après la mue nécessite un emprunt direct de calcium au milieu extérieur. Expérimentalement, une teneur minima de l'eau en cet élément s'est révélée nécessaire : elle pose le problème de la distribution écologique des *Astacidae*; le calcium de l'eau constituant l'un des facteurs limitants.

2) A PROPOS DU RÔLE DES GASTROLITHES

Les gastrolithes représentent environ la moitié de la réserve initiale en calcium de l'animal entièrement mou. Ils ne constituent cependant qu'une partie minime du calcium total accumulé dans le squelette tégumentaire futur, totalement édifié.

Les concrétions gastriques pourraient avoir un rôle essentiel dans le maintien du taux calcémique durant l'exuviation.

Collège Scientifique Universitaire de Limoges

PUBLICATIONS CITÉES

- ANDRÉ, M., 1960. Les Ecrevisses françaises. Editions Paul Lechevalier, Paris.
- BRAUN, M., 1875. Ueber die histologischen Vorgänge bei der Häutung von *Astacus fluviatilis*. *Arb. a. Zool. Inst. Würzburg*, 2 : 121-66.
- CHAISEMARTIN, Cl., 1961. Topographie de la calcification de l'exosquelette chez *Astacus pallipes* Lereboullet. Ses variations avec les étapes de la croissance. *Vie et Milieu* (Sous presse).
- CHAISEMARTIN, Cl., 1962. Croissance linéaire globale et relative chez *Astacus pallipes* Lereboullet. Minéralisation de l'exosquelette. *87^e Congrès National des Sociétés Savantes* (Sous presse).
- CHANTRAN, M., 1874a. Observations sur la formation des pierres chez les Ecrevisses. *C.R. Acad. Sc.*, 78 : 655-7.
- CHANTRAN, M., 1874b. Sur le mécanisme de la dissolution intrastomacale des concrétions gastriques des Ecrevisses. *R. Acad. Sc.*, 79 : 1230-1.
- DAMBOVICEANU, A., 1929. Modifications physiochimiques du plasma d'*Astacus fluviatilis* au moment de la mue. *C.R. Soc. Biol. Paris*, 100 : 900-2.
- DAMBOVICEANU, A., 1932. Composition chimique et physico-chimique du liquide cavitaire chez les Crustacés Décapodes. Physiologie de la calcification. *Arch. Roum. Path. expér. et Microbiol.*, 5 (2) : 239-309.
- DRACH, P., 1939. Mue et cycle d'intermue chez les Crustacés Décapodes. *Ann. Inst. Océanograph.*, 103-392.
- DULK, 1835. Chemische Untersuchung der Kresteine. *Müller's Archiv*.
- HARRISON, F.M. et MARTIN, A.W., 1954. Calcium distribution and conservation during the molting period in *Limnoria lignorum* (Rathke). *Journ. of Comp. Physiol.*, 43 (1) : 247-56.
- HECHT, S., 1914. Note on the absorption of calcium during the molting of the blue crab, *Callinectes sapidus*. *Science, N.S.*, XXXIX : 108.
- HERRICK, 1895. Etude sur les gastrolithes. *United states Fish commission*, XV : 88-94.
- HUSSON, R., 1950. Elimination de calcaire avant la mue chez *Niphargus virei* Chev. *Ann. des Sc. Nat. Zool.*, 11^e série, XII : 351.
- HUSSON, R., 1952. A propos du rôle des gastrolithes chez les Ecrevisses. *C.R. Acad. Sc.*, 235 : 905-7.

- HUXLEY, T.H., 1878. The Crayfish. *First Edition, Kegan Paul Trench et Co. London.*
- IRWINE et WOODHEAD, 1889. Secretion of carbonate of lime by animals. *Part. II. Proc. Roy. Soc. Edimb.*, vol. for 1888-1889, 324-54.
- KYER, D.L., 1942. Effect of sinus gland on gastroliths of crayfish. *Biol. Bull.*, 82 : 68-78.
- LAFON, M., 1948. Nouvelles recherches biochimiques et physiologiques sur le squelette tégumentaire des Crustacés. *Bull. Inst. Océanograph.*, 939 : 1-28.
- MALUF, N.S.R., 1940. The uptake of inorganic electrolytes by the crayfish. *Journ. Gen. Physiol.*, 24 : 151-167.
- MIYAWAKI, M., SASAKI, N., 1961. A preliminary report on uptake of ^{45}Ca by the hépatopancréas of crayfish, *Procambarus clarki*. *Kumanoto J. Sci.*, Ser. B, Sect. 2, 5 (2) : 170-2.
- NUMANOI, H., 1939. Behavior of blood calcium in the formation of gastroliths in some decapod crustaceans. *Japan. J. Zool.*, 8 : 357-363.
- NYBELIN, O., 1935. Om de s.k. Kräfsstenarna och deras betydelse. *Svensk Fiskeri Tidskrift*, 44^e année, 3.
- PAUL, J.H. et SHARPE, J.S., 1916. Studies in calcium metabolism. The deposition of lime salts in the integument of decapod crustacea. *Journ. of Physiology*, L : 183-92.
- RÉAUMUR, 1723. Additions sur la mue des Ecrevisses données dans les mémoires de 1712. *Hist. Ac. Roy.*, 263-74.
- ROBERTSON, James D., 1940. The Function and metabolism of calcium in the Invertebrata. *Biological Reviews*, 16 : 106-33.
- SCHUMANN, F., 1928. Experimentelle Untersuchungen über die Bedeutung einiger Salze, insbesondere des Kohlensauren Kalkes, für Gammariiden und ihren Einfluss auf die Häutungsphysiologie und Lebenmöglichkeit. *Zool. Jahrb. Allg. Zool.*, 44 : 623-704.
- SOURIE, R. et CHAISEMARTIN, Cl., 1961. Les variations de la teneur en calcium total de l'hémolymphe chez *Astacus pallipes* Lereboullet. *Vie et Milieu*, XII (4) : 604-13.
- STEPHENS, G.C., 1955. Induction of molting in the crayfish *Cambarus* by modification of daily photoperiod. *Buol. Bull.*, 108 : 235-41.
- TRAVIS, D.F., 1960. The deposition of skeletal structures in the Crustacea. I : The histology of the gastrolithes skeletal tissue complex and the gastroliths in the Crayfish, *Orconectes (Cambarus) virilis*. *Biol. Bull.*, 118 (I) : 137-49.