

QUELQUES DONNEES NOUVELLES CONCERNANT L'INFLUENCE
DE LA LUMIERE SUR LA BIOLOGIE DE *PALAEEMON SERRATUS*

Par

H. CECCALDI ¹⁾ et A. VAN WORMHOUDT ²⁾

INTRODUCTION

Les études réalisées dans notre Laboratoire ont pour but d'aider à une meilleure connaissance de la biologie et de la physiologie des espèces de Crustacés Décapodes susceptibles de faire l'objet d'opérations d'élevage, en considérant la possibilité d'une aquaculture intensive. Les résultats obtenus permettront dans une certaine mesure d'aider à mieux comprendre les variations du métabolisme et de la biochimie des animaux étudiés, en fonction des modifications du milieu extérieur. L'écologie de ces animaux sera ainsi mieux connue, et leur élevage, facilité.

On sait que la lumière joue un rôle non négligeable dans la biologie des êtres vivants (BROWN, 1957 ; CLOUDSLEY - THOMPSON, 1970). Chez les Invertébrés, et chez les Insectes en particulier, d'assez nombreux travaux de recherche ont été effectués, en raison de l'intérêt économique que ces animaux jouent à la fois dans la biosphère et dans les activités de l'homme. Les Crustacés ont été moins étudiés que les Insectes, de ce point de vue. Pourtant, des expériences classiques ont mis en évidence le rôle du facteur lumière sur leur comportement (SAN FELIU, 1966 ; WICKHAM, 1967 ; HUGHES, 1969), sur leurs déplacements annuels (HAGERMAN 1970), sur leur croissance (SALOMAN, 1968 ; WICKINS, 1972) et sur leur reproduction (PARKER, 1966 ; ROUQUETTE, 1972). Ce besoin de connaissances nouvelles nous a conduit à étudier, de façon suivie, l'influence de la lumière sur plusieurs aspects de la biologie du Crustacé Décapode *Palaemon serratus*.

Rôle de l'éclairement ou de l'obscurité continus : Au bout de quinze jours, les enzymes digestives montrent une augmentation de leur activité, que les *P. serratus* soient placés en éclaircissement constant ou en obscurité permanente.

Variations circadiennes : Durant les premiers mois d'été, en photophase de 12 heures, les activités enzymatiques digestives protéasiques et amylasiques montrent des variations circadiennes bimodales. Les deux pics d'activité maximale sont situés à 09.00 h et 21.00 h.

1) Ecole Pratique des Hautes Etudes. Station Marine d'Endoume. 13007 MARSEILLE

2) Laboratoire de Biologie marine du Collège de France. 29110 CONCARNEAU

Un résultat similaire a été mis en évidence chez *Penaeus kerathurus* (VAN WORMHOUDT et al., 1972), et permet de penser que le rythme interne de sécrétions enzymatiques doit être modulé ou régulé par les variations d'éclairement du milieu. Aussi avons-nous cherché à vérifier si les activités enzymatiques digestives conservaient ce cycle circadien tout au long de l'année, ou si, au contraire, ce rythme était modifié lorsque les conditions du milieu, et l'éclairement en particulier, variaient.

Aux autres périodes de l'année, les heures d'activité maximale ne sont plus les mêmes. Lorsque la photophase est plus courte, les deux maximums s'observent plus tôt dans la journée ; lorsque la photophase est plus longue, les deux maximums ont lieu plus tardivement dans la journée (recherches en cours).

Les applications pour les opérations d'aquaculture sont évidentes : on doit envisager de nourrir les crustacés d'élevage deux fois dans la journée, mais à des heures différentes suivant la saison.

Rôle des différentes longueurs d'onde : L'absorption sélective des radiations lumineuses dans l'eau de mer, et la meilleure pénétration des longueurs d'onde bleues nous a conduit à envisager l'étude de l'influence des lumières de différentes couleurs sur les activités enzymatiques digestives chez *P. serratus*. Les animaux étudiés ont un poids moyen de 1,5 g. La température étant fixée à 15°C, et la photophase à 10 heures, la croissance ne dépasse guère 15 pour cent en six semaines. Les filtres rouge, orange, vert ou bleu ne produisent pas de modification sensible du taux de croissance mais la mortalité est pratiquement nulle en lumière bleue, alors qu'elle est de l'ordre de 10 pour cent en lumière orangée. L'augmentation des activités enzymatiques est plus importante en lumière bleue pour les amylases et plus importante en lumière verte pour les protéases. La synthèse tissulaire, des muscles en particulier, semble donc affectée à la fois par la durée de la photophase, et par la longueur d'onde utilisée.

Une autre expérience a donc été réalisée en ne faisant varier que la photophase, et en maintenant les autres conditions identiques. Ainsi lorsque la température est encore fixée à 15°C, mais que la photophase est de 16 heures, on obtient une croissance en poids de 35 à 40 pour cent en 4 semaines. La mortalité est forte en lumière rouge et orangée, beaucoup plus faible en lumière bleue ou verte.

Augmentation de la photophase et de la température : Il est connu qu'une plus forte température augmente les activités enzymatiques, aussi était-il logique de rechercher l'importance des effets combinés d'une augmentation de la photophase et de la température. En lumière bleue, on fait passer en sept semaines la température de 12 à 20°C et la photophase de 9 h à 17 h. La croissance obtenue dans ces conditions est de 80 pour cent durant cette période. En lumière rouge, la croissance est bien moins forte, sauf si la photophase est supérieure à 13 h, la croissance obtenue n'est que de 60 pour cent durant le même temps.

Il est important de noter que les effets combinés d'une température moyenne de 15°C et d'une photophase élevée de 16 h donnent d'aussi bons résultats de croissance qu'une augmentation progressive de la température jusqu'à 20°C et de la photophase jusqu'à 17 h.

Variations en fonction de la période de l'année : Au cours des différentes périodes de l'année, la durée du cycle d'intermue des crustacés étudiés varie : elle est plus longue en hiver qu'au printemps, et plus longue au printemps qu'en

été. Aussi les variations des activités enzymatiques digestives subissent-elles non seulement des variations circadiennes mais encore des modifications de leur intensité au cours de chaque cycle d'intermue (BAUCHAU et MENGEOT, 1965 ; VAN WORMHOUDT *et al.*, 1972). D'autre part l'éthologie alimentaire de ces crustacés, comme celle de nombreux organismes marins, varie avec la période de l'année considérée. Enfin, les variations naturelles saisonnières de la photophase et de la température doivent jouer un rôle important dans la régulation des synthèses enzymatiques digestives. Les résultats obtenus au cours de nos expériences sont résumés ci-après, et sont regroupés dans la figure 1.

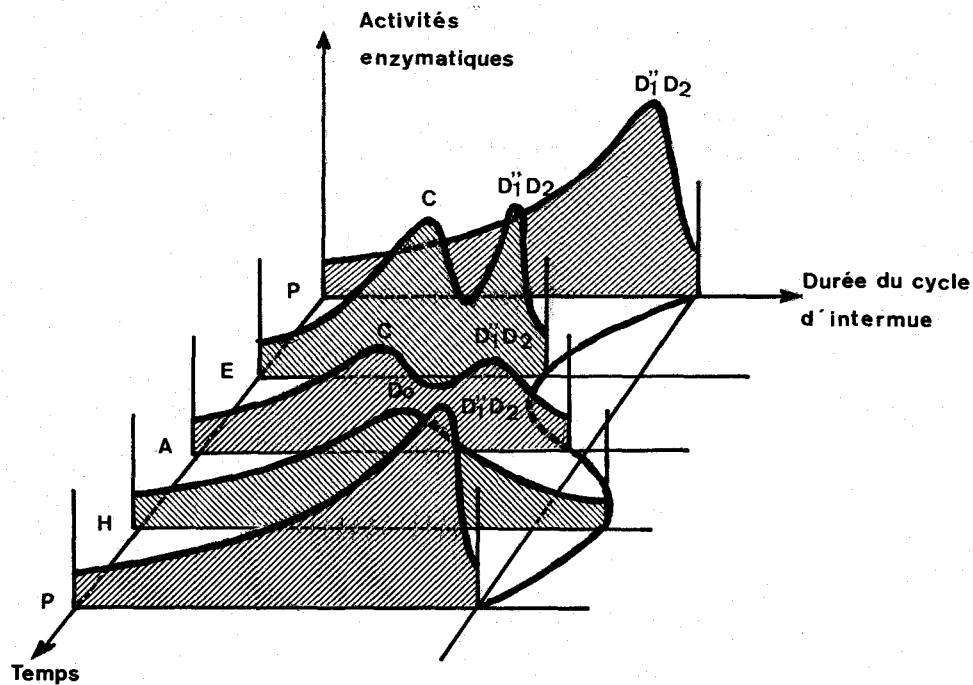


Figure 1 - Variations des activités enzymatiques digestives à des photophases de différentes longueurs. Diverses saisons de l'année : P : Printemps
E : Eté. A : Automne. H : Hiver.

Durant les mois du début de l'été, les activités enzymatiques digestives protéasiques et amylasiques, montrent entre deux exuviations, deux maximums situés en C_4 et en D_1' et D_2 du cycle d'intermue.

Aux autres périodes de l'année, les variations des activités enzymatiques digestives sont différentes :

- deux maximums, l'un d'hiver et l'autre d'été ont été mis en évidence, séparés par deux minimums de printemps et d'automne ;

- au cours du cycle d'intermue, les activités enzymatiques digestives subissent des variations qui ne sont pas les mêmes à chaque saison : leur rythme de synthèse est diphasique en été et en automne, monophasique en hiver et au printemps.

En hiver, le maximum est situé en début de la prémue, au stade D_0 . Il est alors possible de constater l'existence de mues sans croissance. Au printemps, le maximum est en prémue, en D_1' , D_2 . Les animaux muent mais leur prise de poids est faible. En été, les variations des activités enzymatiques digestives sont diphasiques ; le premier maximum est situé au stade C, et le second en D_1' D_2 . Les animaux augmentent de poids de façon notable. En automne, les variations sont similaires à celles de l'été, mais leurs amplitudes sont moins importantes. Ces travaux expliquent dans une certaine mesure les apparentes contradictions des résultats d'auteurs ayant déjà abordé ce type de problèmes.

L'ablation des pédoncules oculaires aux différents stades du cycle d'intermue montrerait l'existence d'une hormone stimulatrice des synthèses enzymatiques digestives durant les mois de longue photophase en été, et l'existence d'une hormone inhibitrice de ces mêmes synthèses durant les mois de courte photophase en hiver.

Des études ultérieures permettront d'évaluer les importances relatives de la lumière et de la température au cours de ces variations annuelles, ainsi que les combinaisons optimales de ces deux facteurs écologiques primordiaux sur la physiologie de ces animaux. Le contrôle de leur cycle biologique en élevage en sera facilité d'autant.

BIBLIOGRAPHIE

BAUCHAU A.G. et MENGEOT J.C., 1965

Protéases et amylases de l'hépatopancréas des crabes, au cours du cycle de mue et d'intermue. Ann. Soc. Roy. Belg. 95 : 29 - 37.

BROWN F.A., 1957

The rhythmic nature of life. Symp. Recent Adv. Invert. Physiol. Ed. B. TSCHEER : 287 - 304.

CLOUDSLEY - THOMPSON J.L., 1970

Recent Work on the Adaptative Functions of Circadian and Seasonal Rhythms in Animals J. interdiscipl. Cycle Res. 1, 1 : 5 - 19.

HAGERMAN L., 1970

Locomotory activity patterns of *Crangon vulgaris* (Fabricius) (Crustacea Nantatia). Ophélie, 8 : 255 - 266.

HUGHES D.A., 1969

Evidence for the endogenous control of swimming in pink shrimp, *Penaeus duorarum*. Biol. Bull., 3 : 398 - 404.

PARKER R.A., 1966

The influence of photoperiod on reproduction and molting of *Daphnia schødleri* Sars. Physiol., Zoöl., 39 : 266 - 279.

ROUQUETTE M., 1972

Influence de la durée d'illumination sur la ponte du crabe *Pachygrapsus marmoratus* (F.) Résultats préliminaires. C.R. Acad. Sc. Paris, Sér. D., 274 : 579 - 581.

SALOMAN C.H., 1968

Diel and Seasonal Occurrence of Pink Shrimp, *Penaeus duorarum* Burkenroad, in Two Divergent Habitats of Tampa Bay, Florida U.S. Fish. Wildl. Serv., Spec. Sci. Rep. N° 561 : 1 - 16.

SAN FELIU J.M., 1966

Nuevas observaciones sobre el comportamiento del langostino. Publ. Tecn. Junta Est. Pesca, Publ. N° 5 : 157 - 177.

VAN WORMHOUDT A., CECCALDI H.J. et LE GALL Y., 1972

Activité des protéases et amylases chez *Penaeus kerathurus* : existence d'un rythme circadien. C.R. Acad. Sc. Paris, Sér. D., 274 : 1 208 - 1 211.

VAN WORMHOUDT A., CECCALDI H.J. et LE GALL Y., 1973

Variations aux différentes saisons des activités enzymatiques digestives chez *Palaemon serratus*, ayant subi ou non l'ablation des pédoncules oculaires. C.R. Acad. Sc. Paris, Sér. D., 277 : 369 - 372.

WICKHAM D.A., 1967

Observations on the activity patterns in juveniles of the pink shrimp *Penaeus duorarum*. Bull. Mar. Sci., 17, 4 : 769 - 786.

WICKINS J.F., 1972

Developments in the laboratory culture of the common prawn, *Palaemon serratus* Pennant. Fish. Invest., Ser II, 27 (4) : 1 - 23.

DISCUSSION

DRACH : Je pense que les recherches que VAN WORMHOUDT et CECCALDI font actuellement sont absolument fondamentales tant au plan de la connaissance de la physiologie de base des crustacés qu'au plan de l'application pour l'aquaculture. Il existe sur ce sujet de très vieux travaux de WERNER et JACOB qui remontent à plus de trente ans, et portent sur les écrevisses. Ces auteurs indiquent une variation de l'activité enzymatique par rapport à l'heure du repas. Est-ce que vous avez tenu compte de ces résultats ?

CECCALDI : Nous avons prévu de faire ce genre d'expérience pour voir s'il y a une adaptation des activités enzymatiques aux aliments, non seulement à leur composition, mais également à l'heure où on les fournissait. Nous n'avons fait que la première partie de l'expérience. Mais on sait qu'un crustacé à qui on fournit un aliment très riche en protéines va sécréter beaucoup plus de protéases. C'est déjà une première adaptation. Au point de vue du temps, nous n'avons encore rien fait. On ne sait pas quelles vont être les possibilités physiologiques de l'animal, et on ne sait pas jusqu'à quel pourcentage de protéines on va pouvoir arriver dans la composition d'un aliment artificiel. Les expériences que nous avons commencées ont donné des résultats positifs. Mais pour l'adaptation des sécrétions enzymatiques par rapport à l'heure de fourniture de l'aliment, je ne peux pas répondre.

DRACH : Je pense que vous avez étudié les *Palaemon serratus* en Méditerranée ?

CECCALDI : Oui, mais il s'agissait de *Palaemon atlantiques*.

DRACH : En Atlantique, il y a cette circonstance particulière que les jeunes, les immatures, jusqu'à une taille de 55 à 65 mm se trouvent dans le bas de la zone des marées, dans le bas de la zone intertidale, c'est là que les vacanciers les prennent au haveneau et enlèvent chaque année à peu près 90 % des immatures dans le voisinage des stations de vacances. Plus âgées, elles descendent 5 à 8 mètres plus bas dans la zone des Laminaires et c'est là que les femelles préparent leur vitellogenèse. A ce point de vue la question de l'optimum lumineux devrait être étudié. Est-ce que vous songez dans vos programmes futurs à étudier cet aspect de la question ? Est-ce que vous pensez que le facteur lumière est prédominant dans cette descente qui est très générale. La plupart des Décapodes, en grandissant vont dans des régions plus profondes, soit à l'intérieur de la zone intertidale soit entre la zone intertidale et l'infralittoral ?

CECCALDI : Je vais répondre un peu à côté de votre question mais cela apportera des éléments. Nous avons cherché à voir si les activités enzymatiques variaient avec l'ovogenèse en général, et effectivement, il y a des variations des activités enzymatiques au cours de l'ovogenèse, ce qui montre que lorsqu'une femelle va grossir ses ovaires, il lui faut une alimentation probablement qualitativement et quantitativement différente. C'est là une voie de recherche qui permettra peut être de contrôler la reproduction, et en particulier le développement des ovaires

des femelles. Ce que nous avons fait dans les premières expériences, c'est de rechercher quels sont les besoins suivant la croissance ? Et les besoins en lumière sont différents suivant la croissance. Mais nous n'avons que quelques résultats préliminaires.

DRACH : Quand vous ramassez des crevettes au haveneau dans la zone intertidale comme le font les vacanciers et que vous faites un sex-ratio, vous avez à peu près 50 % de mâles et 50 % de femelles ; lorsque vous mettez des casiers appâtés dans les laminaires de 5 à 8 mètres au-dessous du 0, vous avez 10 % de mâles et 90 % de femelles, ce qui prouve simplement que les femelles sont beaucoup plus voraces, plus attirés par les appâts que les mâles. Car en Angleterre, sur des fonds de schiste presque horizontaux recouverts de petites algues seulement, on peut pêcher les *Palaemon* avec de petits chaluts de deux mètres d'ouverture et il n'y a pas de tri par l'appât : on trouve alors 50 % de mâles et 50 % de femelles. Les besoins nutritifs des mâles et des femelles sont donc tout à fait différents. Est-ce que vous pensez orienter une partie de vos recherches vers cette différenciation sexuelle des besoins lorsque les animaux ont atteint la maturité ?

CECCALDI : Oui, une partie du programme que COATANEA devait faire cette année était justement de vérifier si les besoins spécifiques de l'alimentation des femelles différaient de ceux des mâles. Des publications que j'avais faites il y a 7 ou 8 ans sur la composition du vitellus des femelles avaient montré qu'il y avait des sucres, en particulier le mannose, qui était assez caractéristique et je voudrais que l'on puisse étudier en détail le métabolisme des différents sucres chez les crustacés. On pourrait en quelque sorte faire que l'ovaire puisse grossir un petit peu plus vite. C'est une voie, mais dans le vitellus il y a tellement de composés qu'il faudrait reprendre aussi les différents stéroïdes. Une certaine partie de ce travail a été faite par GUARY. Il y a donc un certain nombre de caroténoïdes, un certain nombre de lipides qui sont assez caractéristiques de la composition à l'échelle macro-moléculaire des protéines du vitellus. Alors comment induire une femelle à synthétiser cette protéine du vitellus ? Peut-être en lui fournissant les précurseurs des corps qu'on trouve dans ces macromolécules. C'est un sujet qui est très vaste, il faut l'étudier morceau par morceau, pour chaque type de métabolite, et cela prendra du temps.

DRACH : L'effet de la température correspond très bien à ce qui se passe en Bretagne, où les femelles sont sexuellement mûres et pondent leurs oeufs depuis la fin de septembre jusqu'à la fin du mois de mai. L'été, elles grandissent très vite, font leur vitellogenèse, puis intervient une intermue, avec les oeufs incubés, représentant trois fois en moyenne une intermue normale. C'est un effet de température, c'est peut-être aussi un effet de l'incubation des oeufs.

LE BITOUX : Est-ce que vous avez fait des hypothèses quant à la réduction de mortalité ?

CECCALDI : Non, je n'en ai pas ; en lumière bleue elles meurent moins, c'est peut-être une diminution du cannibalisme.

LE BITOUX : Est-ce qu'il serait intéressant de faire des comptages de bactéries pour vérifier si justement la lumière ne favorise pas la prolifération bactérienne ? C'est très vraisemblable, et je crois que c'est une idée à travailler.

AUDOUIN : Vos essais ont porté sur quel nombre approximatif d'individus pour chaque expérience, et dans quels volumes ?

CECCALDI : Ce sont des bacs d'environ 150 litres pour une première série, 300 litres pour une deuxième, et sur des lots qui peuvent varier entre 30 et 50 - 60 animaux par bac.

AUDOUIN : Ce n'est pas étonnant que vous n'avez pas beaucoup de mortalité, parce que c'est une charge vraiment très faible.

CECCALDI : Oui, il y a également l'effet de la densité qui est très important. Cela joue aussi si on veut faire de l'aquaculture en haute densité. D'ailleurs le cannibalisme est beaucoup plus faible en faible lumière et en lumière bleue.

LUBET : Avez-vous constaté des effets de masse ou des effets de groupe au point de vue des rythmes de sécrétion dans vos élevages ?

CECCALDI : L'étude des sécrétions nécessitait de faire de l'histologie et on ne l'a pas fait. On utilise des méthodes biochimiques.

CALMELS : Quand vous agissez sur la température, vous agissez automatiquement sur l'oxygène dissous du milieu, donc vous risquez aussi d'agir sur les fonctions digestives.

CECCALDI : Oui et non. On a un bullage permanent maximal qui assure pour chaque température, du moins on l'espère, le taux d'oxygène maximal.

CALMELS : Parce que l'on a remarqué en matière de Salmonides que dès que la température augmente, le taux d'oxygène dissous diminue très rapidement et les fonctions digestives se trouvent ralenties. Les grosses mortalités en général se situent à ce stade.

CECCALDI : Je me demande justement s'il y a un effet de la diminution de l'oxygène dissous, même variant avec la température sur les fonctions digestives. Je ne crois pas. Evidemment, il faudrait faire l'expérience pour en être sûr.

CALMELS : En ce qui concerne la lumière, j'ai remarqué que dans toutes les stations expérimentales de Salmonides de Suède, tous les bacs sont systématiquement verts et toutes les lumières sont vertes.