

Indices biochimiques et milieux marins. Journées du GABIM, Brest, 18-20 Nov. 1981
Publi. CNEOX (Actes Colloq.) n. 14, 1982, p. 25 à 34

LE ROLE DES AMINO-ACIDES DANS LES PROCESSUS
DE L'ALIMENTATION ET DANS L'ESSAIMAGE DES LARVES
DES POISSONS MARINS

par

CLIVE H. DEMPSEY

Marine Biology Unit, C.E.G.B., Fawley, Southampton SO4 1TW, U.K.

R E S U M E

— On sait que les acides aminés provoquent un comportement alimentaire chez les poissons adultes. Il en est de même pour les formes larvaires. Ce type de comportement a été étudié sur des larves de hareng maintenues dans un fluvarium où l'on établissait des gradients de concentration de différents acides aminés ; ceci dans le but de déterminer comment ce type de comportement peut aider les larves à trouver les zones alimentaires et à s'y maintenir.

On n'a pu trouver des comportements réflexifs simples. Il semble que les stimulus olfactifs doivent préparer un stimulus secondaire, probablement visuel. —

A B S T R A C T

— Amino acids are known to elicit feeding behaviour in adult fish. Larval fish also respond to amino acids.

The behaviour of larval herring in gradients of amino acids was analyzed to see how responses to amino acids might aid in food finding or allow larvae to remain in patches of food.

No reflex-like behaviour patterns were found. Olfactory cues seem to prepare larvae to receive secondary, probably visual, cues. —

M O T S C L E S : Hareng, Amino-acides, Attractants chimiques, Olfaction.

K E Y W O R D S : Herring larvae, Amino acid, Olfaction.

FIGURE 1. FLUVARIUM

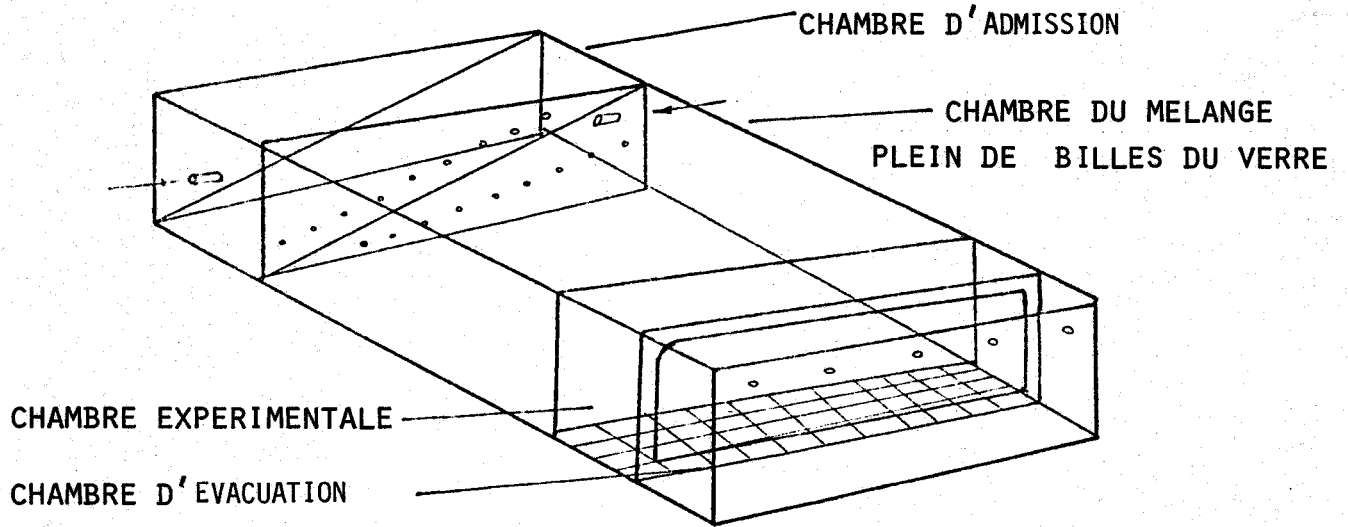


FIGURE 2.

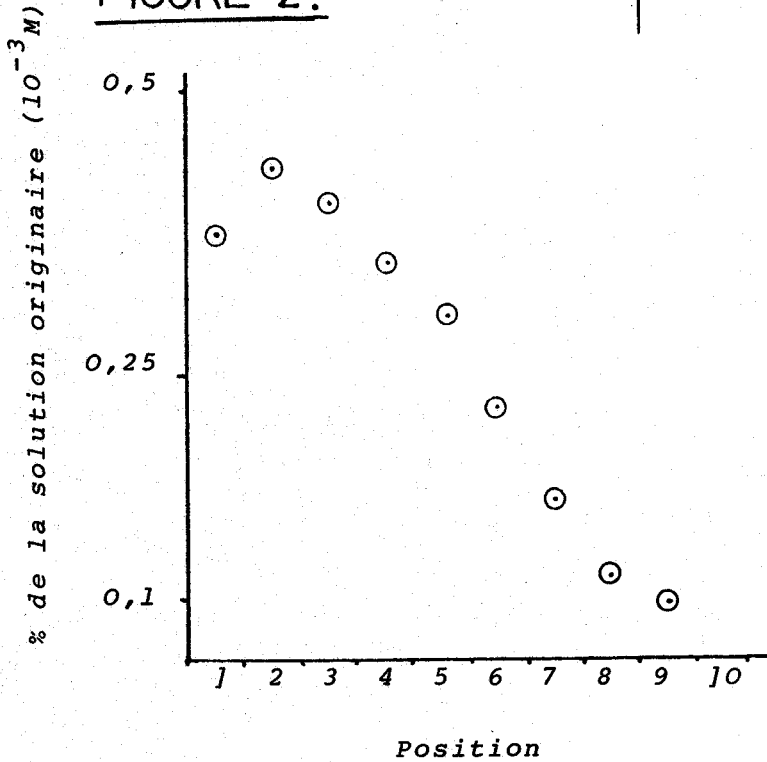
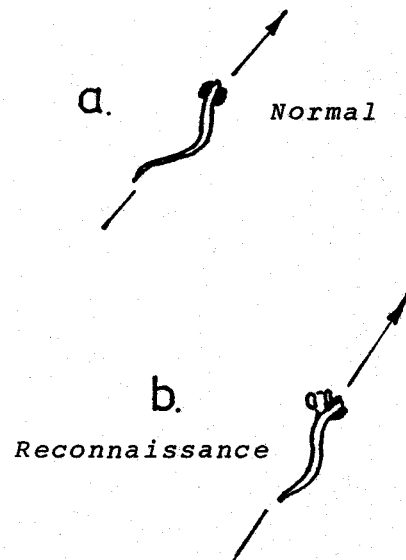


FIGURE 3. *Comportement Natatoire*



Concentration des amino-acides dans
la chambre experimentale

INTRODUCTION

Depuis un certain temps déjà, on sait que la capacité des poissons adultes à localiser les sources de nourriture repose en partie sur le sens olfactif. Il a été démontré notamment que ce sont les gradients d'odeur qui sont perçus par les Elasmobranches (Parker 1914). Au cours de la croissance, les systèmes organiques des larves de poissons subissent d'importantes modifications, et la complexité de ces systèmes augmente à l'approche de la forme adulte. Du point de vue fonctionnel, les formes larvaires peuvent donc différer sensiblement des adultes, bien que ces études ne soient que récentes. La survie des larves de poissons après l'épuisement de leurs réserves de vitellus dépend de leur capacité à trouver des matières alimentaires, dont la répartition est, on le sait, relativement éparse (Barnes et Marshall, 1955). Des expériences ont démontré:- la capacité des larves d'anchois à localiser les plaques de matières alimentaires et à s'y grouper (Hunter et Thomas, 1974), - ainsi que l'implication du système olfactif dans ce comportement. On a démontré aussi que les substances chimiques pures qui provoquent chez les Téléostéens un comportement lié à l'alimentation, sont les acides aminés (Stevens, 1959). Dempsey (1978) a démontré également que ces substances provoquent une réponse semblable chez les larves de Poissons. Le présent travail développe cette thèse et montre que les réactions de ce type peuvent ainsi conduire à l'amélioration des chances de succès, pour les formes larvaires, à localiser leurs sources alimentaires.

MATERIAUX ET METHODOLOGIE

On a élevé les larves de hareng au laboratoire, suivant les méthodes de Blaxter (1968). On a obtenu des oeufs et de la laitance à partir d'un stock de harengs de la Clyde dont l'époque de frai se situe au printemps. Au début de l'alimentation, on a nourri les larves avec des nauplius de balane (*Balanus balanoides* L.) puis, par la suite, avec des nauplius d'*artemia* (*Artemia* sp.).

Les expériences ont été effectuées dans un fluvarium schématisé à la Figure 1 qui est semblable à celui utilisé par Gamble (1971) pour l'étude de la tolérance à l'oxygène chez les

Amphipodes. Le principe du fluvarium est le suivant: deux compartiments superposés sont pourvus d'orifices complémentaires qui les font communiquer avec une chambre de mélange. Des eaux de qualités différentes se trouvent dans chaque compartiment: en s'écoulant dans la chambre de mélange, elles se mélangent verticalement, et non latéralement. Le résultat est la formation d'un gradient vertical perpendiculaire à la direction de l'écoulement des eaux. On a effectué les expériences en utilisant des extraits aqueux de nauplius de la *Balanus* et d'*Artemia* ainsi que les amino-acides suivants: glycine, proline, méthionine, acide glutamique, cystéine, alanine et acide aspartique. On a utilisé les isomères L. (qui seuls existent dans la nature) en solution $10^{-3}M$ dans de l'eau de mer qui est utilisée pour le fluvarium.

On a divisé la base de la chambre expérimentale de façon à former une grille de 40 rectangles sur laquelle on notait la position d'une larve donnée, à intervalle de 10s d'abord pendant une période témoin de 5 mn, ensuite pendant 2 périodes de 5 mn chacune, au cours desquelles on introduisait un gradient de stimulus. On a effectué une série de 10 essais pour chacune des substances ci-dessus chaque série portant sur chacune des trois phases suivantes: larves avec sac vitellin qui ne s'alimentent pas, formes post-larvaires initiales qui se nourrissent des nauplius du *Balanus*, et formes post-larvaires ultérieures qui se nourrissent de nauplius d'*Artemia*. On a noté toute réponse évidente dans le comportement des larves. On a cherché à dégager des modifications dans le comportement en analysant la répartition de l'angle de virage ainsi que la relation entre les mouvements ultérieurs. On a également analysé les résultats dans le but d'identifier une manifestation éventuelle des taxies suivantes:

1. L'osmotropotaxie constatée par Parker (1914) chez les Elasmobranches qui ont la capacité de localiser la source d'une odeur en détectant la différence d'intensité de l'odeur perçue par chacun de deux organes olfactifs. L'organisme fait un virage et nage vers l'odeur la plus forte en arrivant à la source de l'odeur.

2. La phobataxie: dans ce comportement l'organisme perçoit en nageant des différences temporelles de l'intensité de l'odeur. Ainsi, il peut sentir la direction des gradients de l'odeur. Il peut ainsi faire un virage pour nager dans le sens qui l'amènera au point d'intensité maximum d'odeur.

3. La rhéotaxie: dans ce comportement la perception d'une odeur se manifeste par une tendance à l'orientation par rapport à un courant: l'organisme nage à contre-courant. Dans l'environnement aquatique, un tel comportement aurait tendance à amener l'organisme vers une source d'odeur parce que les courants emportent les odeurs des proies.

RESULTATS

De l'analyse de la répartition des valeurs de l'angle de virage on n'a pu dégager aucune structure évidente du comportement, ni en présence, ni en l'absence de stimulus. L'analyse de la relation entre les mouvements successifs n'a mis en évidence aucune des taxies mentionnées ci-dessus. D'ailleurs aucune des substances testées n'a provoqué chez les larves de tendance à se grouper dans la zone de concentration maximum d'odeur.

En observant le comportement natatoire des formes post-larvaires, on a pu dégager par contre deux régimes normaux de nage. Dans le régime usuel, les larves nagent en agitant le corps d'un mouvement serpentin, (Fig.3a) ce mouvement étant cependant modifié de temps en temps pour être remplacé par une action plus lente mais semblable où pour l'essentiel, l'organisme agite la tête d'un mouvement latéral qui est réputé permettre la reconnaissance visuelle d'une zone plus importante (Fig.3b).

D'habitude on n'observe ce comportement modifié qu'en présence de stimulus chimiques, quoique cette réponse ne soit en aucune façon habituelle et n'est donc pas suffisamment homogène pour pouvoir être utilisée comme essai biologique.

DISCUSSION

Les expériences décrites ci-dessus ont permis l'étude des mécanismes éventuels de réaction des larves de poisson aux stimuli olfactifs. L'analyse brute des observations de la structure des mouvements locomoteurs du hareng dans le fluvarium a démontré qu'il ne se produisait aucune agrégation dans la zone où le stimulus était le plus concentré ni aucune activité alimentaire particulière telle que le mouvement en 'S' de la larve de Clupéidés avant l'attaque d'une proie. (Blaxter, 1965). On a constaté en outre que les larves de hareng adoptaient la forme de nage lente dite de "reconnaissance" au cours d'un grand nombre de périodes pendant lesquelles elles se trouvaient exposées aux stimuli d'essai, ce qui correspondrait au comportement natatoire, consistant en des mouvements sinueux lents, observé chez les larves de hareng par Rosenthal et Hempel (1970). On a calculé que l'importance de la zone surveillée en ce type de régime s'élève à $3-8 \text{ l h}^{-1}$ contre $1,5 \text{ l h}^{-1}$ en moyenne pour un régime natatoire usuel (Blaxter, 1966). Rosenthal et Hempel (1970) ont réussi à quantifier le pourcentage de temps passé en ce régime de reconnaissance, qui a souvent prédominé, en le faisant correspondre de manière positive à la densité des organismes de proie. Dans la présente étude on n'a pas effectué de quantification du pourcentage des activités de reconnaissance, mais on le croit moins élevé que celui des activités de natation normale, surtout au cours des périodes témoins pendant lesquelles, on ne l'observe que rarement. Dans le cas où le nouveau comportement donnerait lieu à l'enregistrement d'un plus grand nombre d'actions sur la chaîne thermistor qu'en régime normal, de telles modifications de comportement pourraient expliquer l'augmentation d'activité de réponse aux stimulus constatée par Dempsey (1978).

Le fait que les extraits et produits de lavage d'organismes de proie qui contiennent des amino-acides stimulent une augmentation de l'activité chez les Téléostéens adultes et chez d'autres groupes d'organismes est établi depuis longtemps. Dans un grand nombre de cas, la présence de telles substances provoque une réaction positive d'alimentation que Steven (1959) a démontrée pour les Téléostéens. Pawson (1970) a mis en évidence une augmentation des activités natatoires chez le merlan (*Merlangius merlangus*) ainsi que la morue (*Gadus morhua*)

résultant de la détection d'extraits d'*Arenicola*. Dans ces conditions il a également observé le comportement de reconnaissance et de temps en temps la réaction d'alimentation qui consiste à mordre le tuyau d'entrée. Carr, Gondeck et Delanoy (1976) ont démontré chez la dorade (*Lagodon rhomboides*) une réaction qui consiste à mordre la source d'un débit d'extraits distincts de 7 phyllums marins. Cette réponse était suffisamment homogène pour constituer une technique d'essai biologique. Ces résultats ainsi que ceux obtenus par d'autres chercheurs, montrent que l'intensité de la réponse provoquée par un extrait d'un organisme proie peut varier d'une espèce à l'autre allant de la simple prise de conscience de sa présence jusqu' à l'action positive d'alimentation. Cette variation pourrait être liée à l'importance du rôle de la chemoréception dans l'action d'alimentation dans les conditions naturelles. Les poissons qui habitent des eaux troubles ou qui pour d'autres raisons ont recours à la chemoréception dans la recherche de matières alimentaires sont plus susceptibles de montrer une réponse positive d'alimentation que celles dont l'alimentation est basée sur des mécanismes plus visuels. Fuzesserey et Childress (1975) ont constaté que la présence d'acides aminés stimule chez plusieurs espèces de Crustacés une réaction de saisie et d'alimentation relative à un organisme proie soupçonné, ceci en l'absence de tout stimulus visuel. Cependant, il semble probable dans le cas d'organismes plus évolués, qu'un renforcement secondaire soit nécessaire. En particulier, le mécanisme d'alimentation chez le hareng adulte et larvaire est pour la plus grande partie visuel. On pourrait donc s'attendre à trouver cette espèce parmi celles nécessitant des stimulus supplémentaires au stimulus olfactif pour provoquer une réaction d'alimentation.

Les résultats de l'analyse des mouvements des larves de hareng dans le fluvarium démontrent l'absence d'une réponse simple et homogène aux stimulus appliqués. On est donc amené à conclure que les larves de hareng ou bien ne sont pas

capables de détecter des modifications de concentration de l'ordre de celles qui ont été utilisées ou bien que leur réponse à de telles modifications ne consiste pas en un simple changement réflexe du sens de natation. Il semble que le seul résultat de la détection d'un tel stimulus serait de produire un état d'éveil dans lequel la larve serait plus disposée (ou serait plus capable) à recevoir des stimulus secondaires, probablement de nature visuelle. Le rôle du cerveau antérieur dans ce comportement est d'une importance fondamentale. Bien que l'innervation du cerveau antérieur consiste essentiellement en fibres provenant des bulbes olfactifs et bien qu'autrefois on croyait que sa fonction était essentiellement olfactive, on a récemment démontré son rôle primordial dans le processus d'apprentissage ainsi que ses effets sur tous les systèmes sensitifs. (Aronson 1963; Aronson et Kaplan, 1968). Du point de vue de l'électrophysiologie, l'état d'éveil est défini par la présence d'activités rapides, de basse tension et de désynchronisation qui sont des phénomènes constatés chez le poisson par Enger (1957) et par Schädé et Weiler (1959). Dans ces conditions, une réaction d'éveil du cerveau antérieur résultant d'un stimulus olfactif pourrait affecter la réponse évoquée sous forme de mouvements locomoteurs appris ou instinctifs ainsi que celle d'autres systèmes sensitifs. On peut facilement comprendre comment une réaction telle que le "comportement de reconnaissance" observé chez les larves de hareng dans le présent travail pourrait résulter d'une réaction d'éveil du cerveau antérieur en réponse à un stimulus olfactif. Kleerkoper (1967) propose que la réaction d'éveil offre la meilleure explication de tout comportement affecté par le sens olfactif chez le poisson de préférence à celle basée sur les tropismes simples des invertébrés dont l'existence chez les vertébrés n'est pas prouvée de façon satisfaisante. L'auteur de la présente étude est d'accord avec cette conclusion.

Cette recherche a été effectuée lorsque l'auteur travaillait à la S.M.B.A., Oban, Ecosse.

BIBLIOGRAPHIE

- ARONSON L.R. - 1963 - The central nervous system of sharks and bony fishes with special reference to sensory and integrative mechanisms. Sharks and Survival p 165-241 D.C. Heath & Co. Boston.
- ARONSON L.R. & KAPLAN H. - 1968 - Function of the teleostean forebrain, The Central Nervous System and Fish Behaviour p 107-126 University of Chicago.
- BARNES H. & MARSHALL S.M. - 1951 - On the variability of replicate plankton samples and some of the applications of 'contagious' series to the statistical distribution of catches over restricted periods. J.mar.biol.Ass.U.K. 30, p.233-263.
- BLAXTER J.H.S. - 1965 - The feeding of herring larvae and their ecology in relation to feeding. Rep.Calif.coop.oceanic.Fish Invest. 10, 79-95.
- BLAXTER J.H.S. - 1966 - The effect of light intensity on the feeding ecology of the herring. British Ecological Society Symposium No.6, Light as an Ecological Factor p. 393-409. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- BLAXTER J.H.S. - 1968 - Rearing herring larvae to metamorphosis and beyond. J.mar.biol.Ass.U.K. 48, p 17-28.
- CARR W.E.S., GONDECK A.R. & DELANOY R.L. - 1976 - Chemical stimulation of feeding behaviour in the pinfish *Lagodon rhomboides*, a new approach to an old problem, Comp.Biochem. Physiol. 54A p 161-166.
- DEMPSEY C.H. - 1978 - Chemical stimuli as a factor in feeding and intraspecific behaviour of herring larvae. J.mar.biol.Ass.U.K. 58, p 739-747.
- ENGER P.S. - 1957 - The electroencephalogram of the codfish (*Gadus calliarias*). Acta, physiol.scand. 39, p 55-71

- FUZESSERY Z.M. & CHILDRESS J.J. - 1975 - Comparative chemosensitivity to amino acids and their role in their role in the feeding activity of bathypelagic and littoral crustaceans. Biol.Bull.mar.biol.Lab. Woods Hole 149, p 522-538.
- GAMBLE J.C. - 1971 - The responses of the marine amphipods *Corophium arenium* and *C.volutator* to gradients and to choices of different oxygen concentrations. J.exp.Biol. 54 p 275-290.
- KLEERKOPER H. - 1967 - Some aspects of olfaction in fishes with special reference to orientation. Am.zool. 7, p 389-395.
- PARKER G.H. - 1914 - The directive influence of the sense of smell in the dogfish. Bull.Bur.Fish.Wash. 33, p 61-68.
- PAWSON M.G. - 1977 - Analysis of a natural chemical attractant for whiting (*Merlangius merlangus*) and cod (*Gadus morhua*) using a behavioural bioassay. Comp.Biochem.Physiol. 56A p 129-135.
- ROSENTHAL H. & HEMPEL G. -1970- Experimental studies in feeding and food requirements of herring larvae (*Clupea harengus* L.). Marine Food Chains p 344-364. Oliver & Boyd, Edinburgh.
- SCHADE J.P. & WEILER I.J. - 1959 - Electroencephalographic patterns of the goldfish (*Carassius auratus* L.). J.exp.Biol. 36, p 435-452.
- STEVEN D.M. - 1959 - Studies on the shoaling behaviour of fish. I. Responses of two species to changes of illumination and to changes of illumination and olfactory stimuli J.exp.Biol. 36, p 261-280.