

PROJET D'UTILISATION DES LARVES DE « TENEBRIO MOLITOR » POUR COMPARER LA VALEUR NUTRITIVE DES PROTÉINES

Author(s): Jean LECLERCQ and Danielle DE BAST

Source: *Annales de la nutrition et de l'alimentation*, 1965, Vol. 19 (1965), pp. 19-25

Published by: S. Karger AG

Stable URL: <https://www.jstor.org/stable/45123363>

JSTOR is a not-for-profit service that helps scholars, researchers, and students discover, use, and build upon a wide range of content in a trusted digital archive. We use information technology and tools to increase productivity and facilitate new forms of scholarship. For more information about JSTOR, please contact support@jstor.org.

Your use of the JSTOR archive indicates your acceptance of the Terms & Conditions of Use, available at <https://about.jstor.org/terms>



S. Karger AG is collaborating with JSTOR to digitize, preserve and extend access to *Annales de la nutrition et de l'alimentation*

JSTOR

PROJET D'UTILISATION DES LARVES
DE « TENEBRIO MOLITOR »
POUR COMPARER LA VALEUR NUTRITIVE
DES PROTÉINES

par

JEAN LECLERCQ et DANIELLE DE BAST

Laboratoire de zoologie générale, Institut agronomique
de l'État, Gembloux, Belgique

On sait les services que divers organismes rendent en se prêtant à des essais grâce auxquels un régime alimentaire donné peut être déclaré optimal, suffisant ou spécifiquement carencé. Mais une chose surprend quand on examine la liste de ces auxiliaires du nutritionniste : on y trouve des représentants des deux extrêmes du monde vivant, d'une part des microorganismes qui permettent jusqu'au dosage précis d'une vitamine ou d'un acide aminé, d'autre part des Vertébrés supérieurs, surtout le rat. On ne demande rien aux organisations intermédiaires du règne animal dont on sait cependant qu'elles sont nécessaires pour comprendre tous les aboutissements morphologiques et physiologiques des Vertébrés.

Certes, la nutrition comparée a fait connaître les besoins d'un certain nombre d'Invertébrés, notamment d'une belle série d'insectes (9, 10, 11, 19, 24, 25) mais ce domaine semble rester marginal par rapport aux préoccupations majeures de la nutrition appliquée. Nous pensons qu'il est opportun d'essayer,

a.

modestement, de jeter un pont entre cette nutrition comparée des Insectes et la science de la nutrition appliquée.

Les progrès de la nutrition comparée, celle des Insectes en particulier, ont permis de confirmer l'universalité de certains processus métaboliques communs à tous les êtres vivants. Ce qu'un Protozoaire, un Insecte, un Oiseau ou un Mammifère doivent emprunter au milieu extérieur, c'est d'abord la même liste d'architectures chimiques indispensables dans laquelle on reconnaît par exemple la même dizaine d'acides aminés essentiels qu'il faut procurer à peu près dans les mêmes proportions. Ainsi, une protéine parfaite pour les besoins de la croissance du rat est aussi une protéine adéquate pour les autres Vertébrés et pour les Invertébrés étudiés jusqu'ici, y compris pour *Tenebrio molitor*. Cette certitude de l'unité biochimique fondamentale des hétérotrophes a même conduit [LUCKEY (20, 21)] à proposer un régime savamment composé qui devrait, en principe, répondre aux besoins alimentaires de n'importe quel animal.

Nonobstant, chaque catégorie taxonomique, chaque espèce, voire chaque race a ses exigences particulières, se montrant incapable d'effectuer certaines biosynthèses banalement réalisées par d'autres, ou capable de tirer parti d'un régime insuffisant pour les autres, ou encore ayant des besoins spéciaux en rapport avec une fonction particulière comme par exemple, édification d'un squelette. Ces « caractères biochimiques » décelés au niveau de la nutrition nous rappellent tout simplement que la vie, phénomène général, s'est diversifiée et spécialisée, après évolution. Cette diversité interdit qu'on applique à un animal des prescriptions diététiques élaborées en étudiant un autre animal, sans vérifications appropriées. Mais cette réserve ne doit pas dissuader d'user du droit revendiqué si éloquemment par Claude BERNARD pour la physiologie générale : celui de choisir les organismes qui se prêtent le mieux aux observations et aux expériences qui peuvent aider à sonder les conséquences d'une hypothèse et à éclairer de biais le système de connaissances qu'il s'agit de faire progresser.

INTÉRÊT PARTICULIER DES LARVES DE *TENEBRIO MOLITOR*

Les larves de *Tenebrio molitor* ont été utilisées au cours de maintes recherches notamment parce qu'elles sont, elles aussi, un animal de laboratoire, qu'on peut tenir et multiplier sans trop de difficultés. Leurs besoins nutritifs fondamentaux ont été déterminés au cours d'une série de travaux qui commença par une note de [LAFON et TEISSIER (14)] et aboutit aux conclusions de [FRAENKEL et al. (2, 3), FRAENKEL et LECLERCQ (6), FRAENKEL (7, 8) et de LECLERCQ et LOPEZ-FRANCOS (18)]. On sut ainsi que ces larves peuvent effectuer leur croissance complète, dans des milieux nutritifs poudreux, très peu hydratés, obtenus en mélangeant artificiellement des substances chimiques bien définies, chacune de ces substances étant absolument indispensable. Le tableau suivant donne la composition du milieu adéquat ainsi défini, lequel a

fait ses preuves dans l'élevage de milliers de larves, dans notre laboratoire et dans celui du professeur G. FRAENKEL (Urbana, Illinois) :

Glucose anhydre purissime.....	80 à 94 g
Caséine purifiée, sans vitamines.....	20 à 6 g
Mélange de sels McCollum (B.D.H.).....	2 g
Cholestérol.....	1 g

et, en solution dans H₂O + 15 p. 100 alcool éthylique, par gramme du mélange sec précédent :

Thiamine.....	25 ug
Riboflavine.....	12,5 ug
Acide nicotinique.....	50 ug
Pantothénate de calcium.....	25 ug
Pyridoxine.....	12,5 ug
Acide folique.....	2,5 ug
Chlorure de choline.....	± 500 ug
Biotine.....	0,25 ug
DL carnitine.....	6 ug
Zn Cl ₂	40 ug

(On laisse sécher le tout pendant 24 heures, dans les conditions prévues pour les élevages, soit 27 °C et ± 75 p. 100 d'humidité relative, en étude aérée; puis on pulvérise et on répartit en prévoyant ordinairement 10 g de nourriture pour 10 larves ensemble).

On l'a remarqué, les ingrédients indispensables sont les mêmes que ceux qu'il faut fournir à un Mammifère ou à un Oiseau, cela à peu près dans les mêmes proportions, *sauf que* :

a. Comme tous les Insectes étudiés à ce jour, *Tenebrio molitor* a besoin de *cholestérol*, et comme tous les Ténébrionides de la farine, il a besoin de *carnitine*. Il lui faut aussi du *zinc* comme cela fut démontré par [FRAENKEL (8)] et confirmé par [LECLERCQ (15)], mais assez souvent des traces suffisantes de ce métal sont apportées à l'insu de l'expérimentateur, au moins par certaines caséines même bien purifiées;

b. *Tenebrio molitor* n'a aucunement besoin de vitamines A, B₁₂, C, D, E, K, ni de lipides.

Cet insecte se présente donc aux nutritionnistes comme un sujet d'expériences qui a des besoins semblables mais nettement simplifiés par rapport à ceux du rat et autres Vertébrés. Ces besoins sont connus avec une précision telle qu'on peut envisager des expériences selon le principe « tout sauf la substance *x* » et « tout sauf la substance *x + y* », *y* étant une molécule susceptible de remplacer *x* ou un produit complexe susceptible d'apporter *x*. De telles expériences sont d'autant plus faisables que les larves de *Tenebrio molitor* :

1° Acceptent de manger à peu près n'importe quelle poudre riche en glucides ou en polysaccharides, mangent même des produits de valeur nutritive manifestement minime comme du liège ou de la cellulose pure;

2° N'exigent pas que leurs aliments soient hydratés au-delà de 10 p. 100, ce qui permet d'éviter les difficultés si gênantes dans d'autres circonstances : altération physique et chimique des aliments, obligation de stériliser ceux-ci et de les remplacer souvent ;

3° Sont petites et par conséquent permettent des essais ne mettant en œuvre que de petites quantités de produits alimentaires et de métabolites rares ou coûteux ;

4° Sont cependant des géants parmi les autres insectes inféodés aux denrées entreposées, dont les besoins nutritifs sont connus et qui pourraient aussi servir à des essais expérimentaux du même type. La taille de ces larves en phase de croissance active (de 10 à \pm 150 mg) rend possible qu'on les manipule sans risques et les pèse à 0,5 mg près, aussi qu'on compare la variabilité des croissances individuelles et analyse celle-ci statistiquement.

A tous ces avantages d'ordre pratique, il faut ajouter celui qui résulte de ce que les larves de *Tenebrio molitor* ayant atteint un poids juvénile de l'ordre de 10 à 30 mg, multiplient leur poids par trois ou davantage en quatre semaines si le milieu nutritif est optimal, tandis qu'elles le maintiennent ou le laissent décroître sans périr, si le milieu nutritif est carencé, de sorte qu'on peut réaliser des expériences de durée relativement courte et comparer des modifications étalées sur une amplitude suffisante de possibilités, sans avoir à distinguer des larves mortes, des larves moribondes et des larves résistantes, distinction qui rendrait peu significative une moyenne de poids individuels calculée après les essais. Enfin, nous disposons de deux lignées de *Tenebrio molitor* élevées parallèlement depuis près de deux décennies. Elles diffèrent par les normes et le métabolisme de leur croissance [LECLERCQ (16)], chacune permet donc de réaliser des essais sans incidence d'une hétérogénéité génétique exagérée. Grâce à elles, on pourrait aussi envisager d'intéressantes comparaisons.

Un autre Ténébrionide de la farine, *Tribolium confusum* a déjà été utilisé par [KOCH et SCHWARZ (13, 23)] pour déterminer la teneur en vitamines hydrosolubles des pollens et du miel. Les larves de *Tenebrio* pourraient incontestablement rendre des services analogues. [FRAENKEL (4, 5)] les a utilisées pour rechercher et pour doser la carnitine dans de nombreux produits. Toutefois, dans l'état actuel des problèmes posés aux nutritionnistes, nous pensons qu'il serait préférable de mettre ces larves à contribution pour classer rapidement des protéines, ou des sources de protéines naturelles ou diversement traitées, selon leur efficacité biologique probable.

SUR LES BESOINS PROTIDIQUES DES LARVES DE *TENEBRIO*

Du point de vue quantitatif, les besoins protidiques des larves de *Tenebrio* en phase de croissance active sont simultanément très bas et satisfaits avec des taux d'azote très étalés. Pour obtenir une croissance déjà excellente, il

suffit de 3 p. 100 de protéine adéquate (caséine), on n'en obtient guère une meilleure en portant ce taux à 6 p. 100, on ne l'améliore aucunement et on ne la déprime pas en réalisant n'importe quelle combinaison possible entre 6 p. 100 de protéine et 94 p. 100 de glucose d'une part, de 20 p. 100 de protéine et 80 p. 100 de glucose d'autre part [HUOT et LECLERCQ (12); LECLERCQ et LOPEZ-FRANCOS (17)].

Mais dès que l'on modifie la qualité de la source protidique, on risque d'enregistrer une modification considérable de la croissance. En particulier, celle-ci se trouve bloquée si la caséine purifiée est remplacée par n'importe quel mélange d'acides aminés essayé à ce jour [LECLERCQ et LOPEZ-FRANCOS (18)]. Cette insuffisance des mélanges d'acides aminés les mieux conçus rappelle ce qui a été observé pour le rat et constitue une pièce à verser au dossier d'une des questions les plus controversées de la science de la nutrition, question loin d'être résolue ainsi que le montrent les conclusions opposées des recherches récentes de [BREUER et al. (1) et de SALMON (22)]. Chez *Tenebrio*, cette insuffisance ne peut s'expliquer en postulant une incidence de la réaction de MAILLARD, ni une carence minérale ou vitaminique. Comme beaucoup de nos prédécesseurs, nous avons pensé à une exigence vis-à-vis d'organisations peptidiques spécifiques, mais les recherches récentes dont M. LOPEZ-FRANCOS rendra compte ailleurs, font admettre qu'il s'agit d'un phénomène beaucoup plus compliqué.

Quoi qu'il en soit, en s'attaquant à ce problème, LECLERCQ et LOPEZ-FRANCOS ont pu démontrer que les larves de *Tenebrio* ont besoin des mêmes acides aminés essentiels que les autres hétérotrophes connus à ce point de vue et qu'en fait, ces larves ne diffèrent du rat que par leur sensibilité extrême aux variations qualitatives de la source d'acides aminés et par leur besoin déjà indiqué d'une quantité relativement basse de protéine adéquate. Ce sont ces deux circonstances qui nous portent à présenter *Tenebrio molitor* comme une espèce susceptible d'aider à classer rapidement des aliments protidiqes.

LIMITES DES INFORMATIONS APPORTÉES PAR *TENEBRIO MOLITOR*

Dans l'état actuel de notre système de référence, nous pourrions classer des sources de protides de la meilleure à la moins bonne, et présenter l'ordre obtenu comme correspondant en première approximation à celui que l'on obtiendrait après essais avec le Rat ou un autre Vertébré. Nous pourrions en outre imaginer une multitude d'essais d'addition d'acides aminés individuels supposés critiques ou de protéines intactes à faibles doses, pour chercher à savoir ce qui est la cause des résultats insuffisants. Mais il est clair que, du moins provisoirement, nous serons limités par l'ignorance que nous avons encore, des seuils d'activité de certains acides aminés critiques et d'autres aspects précis du métabolisme de l'azote chez notre insecte. Nous pensons cependant qu'il n'y a pas lieu d'attendre que toutes les particularités de la

digestion et du métabolisme azoté des larves de *Tenebrio* soient établies, pour entreprendre des essais de classement de protéines en partant de la comparaison des taux de croissance de ces larves. En effet, c'est notamment au cours de tels essais que les hypothèses de travail les plus fécondes pourront être conçues, suggérant précisément ce qu'il faut faire pour améliorer le système de référence et affiner la méthode.

Mais, en tout état de cause, pourrions-nous fonder sur un tel critère des notions directement transposables dans les domaines de la nutrition pratique de l'Homme et des animaux domestiques? Prétendrions-nous que nos vers de farine peuvent remplacer le rat et dispenser des analyses de protéines par les chimistes et du calcul classique de la valeur biologique des protéines? Certes non.

Toute l'histoire des idées en matière de nutrition protidique démontre qu'aucune sorte d'analyse ou de classement ne peut dispenser de l'étape finale consistant à enregistrer la réponse spécifique de l'organisme même, à qui l'on destine tel ou tel régime. D'ailleurs, dans la science qui se fait, aucune méthode n'est vraiment concurrente des autres.

Nous croyons donc, en toute simplicité, que bien des recherches dans les domaines de la nutrition appliquée gagneraient à être accompagnées d'un essai du critère « taux de croissance du *Tenebrio* ». Celui-ci pourrait aider à orienter d'autres efforts et à formuler des hypothèses utiles. Cela nous paraît raisonnable parce que cette méthode auxiliaire serait relativement rapide, peu onéreuse et notamment applicable lorsqu'on dispose de petites quantités (quelques grammes ou quelques dizaines de grammes) d'un produit.

Nous présenterons dans un autre travail, les résultats que nous avons obtenus à l'occasion d'une série d'essais d'orientation, destinés surtout à mettre la méthode au point et à montrer quelle sorte de précision on peut atteindre.

RÉSUMÉ

Nous avons résumé l'état actuel des connaissances sur les besoins nutritifs fondamentaux des larves du ver de farine *Tenebrio molitor*. Nous avons souligné le fait qu'à certains points de vue (vitamines, matériel énergétique), ces besoins sont semblables à ceux du rat et des autres Vertébrés, mais nettement simplifiés qualitativement. Les besoins protidiques sont aussi conformes à la règle générale et posent les mêmes problèmes que chez les autres animaux, mais ils sont relativement bas tandis que ces larves sont extrêmement sensibles à la qualité des aliments protidiques qu'on leur offre. Cela et diverses considérations d'ordre pratique nous portent à présenter *Tenebrio molitor* comme une espèce susceptible d'aider à classer rapidement et facilement divers produits selon leur efficacité probable comme source d'acides aminés, et à envisager certaines expériences pouvant contribuer aux progrès de la nutrition fondamentale et appliquée.

BIBLIOGRAPHIE

1. BREUER C. H., POND W. G., WARNER R. G. et LOOSLI J. K., *J. Nutrit.*, 1964, **82**, 499-506.
- 2. FRAENKEL G., BLEWETT M. et COLES M., *Physiol. Zool.*, 1950, **23**, 92-108. — 3. FRAENKEL G., CARTER H. E., BHATTACHARYA P. K. et WEIDMAN K. R., *Arch. Bioch. Biophys.*, 1952, **38**, 405-416. — 4. FRAENKEL G., *Biol. Bull.*, 1953, **104**, 359-371. — 5. FRAENKEL G., *Arch. Bioch. Biophys.*, 1954, **50**, 486-495. — 6. FRAENKEL G. et LECLERCQ J., *Arch. Internat. Physiol. Bioch.*, 1956, **64**, 601-622. — 7. FRAENKEL G. et FRIEDMAN S., *Vitamins and Hormones*, 1957, **15**, 73-118. — 8. FRAENKEL G., *J. Nutrit.*, 1958, **65**, 361-395. — 9. FRAENKEL G., *Ann. New York Acad. Sci.*, 1959, **77**, 267-274. — 10. HINTON H. E., *Science Progress*, 1956, **44**, 292-309.
11. HOUSE H. L., *Ann. Rev. Ent.*, 1961, **6**, 13-26. — 12. HUOT L. et LECLERCQ J., *Arch. Internat. Physiol. Bioch.*, 1958, **66**, 270-275, 276-281, 473-482, 483-488. — 13. KOCH A. et SCHWARZ I., *Verhandl. Deutsche Ges. angew. Ent.*, 1954, **12**, 175-186; *Insectes sociaux*, 1956, **3**, 213-228. — 14. LAFON M. et TEISSIER G., *C. R. Soc. Biol.*, 1939, **131**, 75-77. — 15. LECLERCQ J., *Arch. Internat. Physiol. Bioch.*, 1960, **68**, 500-503. — 16. LECLERCQ J., *Nature*, 1963, **198**, 106-107. — 17. LECLERCQ J. et LOPEZ-FRANCOS L., *Arch. Internat. Physiol. Bioch.*, 1964, **72**, 95-99. — 18. LECLERCQ J. et LOPEZ-FRANCOS L., *Arch. Internat. Physiol. Bioch.*, 1964, **72**, 276-296. — 19. LIPKE H. et FRAENKEL G., *Ann. Rev. Ent.*, 1956, **1**, 17-44. — 20. LUCKEY T. D., *Science*, 1954, **120**, 396-398.
21. LUCKEY T. D. et STONE P. C., *Science*, 1960, **132**, 1891-1893. — 22. SALMON W. D., *J. Nutrit.*, 1964, **82**, 76-82. — 23. SCHWARZ I. et KOCH A., *Wiss. Zeits. Martin-Luther Univ. Halle-Wittenberg, Math Nat.*, 1954, **4**, 7-19. — 24. SEDEE P. D., Dietetic requirements and intermediary protein metabolism of the larva of *Calliphora erythrocephala*, *Proefschrift Univ. Utrecht*, 1956, 1-130. — 25. TRAGER W., dans ROEDER K. D., *Insect Physiology*, *Wiley and Sons, New York*, 1954.