

PREMIERS ESSAIS D'UTILISATION DES LARVES DE "TENEBRIO MOLITOR" POUR COMPARER
LA VALEUR NUTRITIVE DES PROTÉINES

Author(s): Jean Leclercq

Source: *Annales de la nutrition et de l'alimentation*, Vol. 19 (1965), pp. 47-58

Published by: S. Karger AG

Stable URL: <https://www.jstor.org/stable/45123365>

Accessed: 23-06-2021 12:25 UTC

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>



JSTOR

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

PREMIERS ESSAIS D'UTILISATION DES LARVES
DE *TENEBRIO MOLITOR*
POUR COMPARER LA VALEUR NUTRITIVE
DES PROTÉINES

par

JEAN LECLERCQ

Laboratoire de Zoologie générale, Institut agronomique de l'État, Gembloux (Belgique)

Nous avons exposé précédemment (8) les raisons qui portent à proposer les larves du Coléoptère *Tenebrio molitor* comme matériel biologique auxiliaire pour classer préliminairement des protéines selon leur valeur nutritionnelle. On rapporte ici les résultats d'un premier ensemble d'essais qui ont été tentés pour donner une idée plus précise de la méthode et des informations qu'elle peut apporter. Il s'agit d'essais d'orientation. On a surtout voulu comparer à la caséine purifiée, qui constitue l'ingrédient protidique exclusif du régime de référence de ces larves, plusieurs préparations protidiques réputées complètes, presque complètes, diversement carencées, ou douteuses. Il n'est pas étonnant qu'une exploration aussi discursive soulève finalement plus de problèmes qu'elle n'en résout. La méthode rendrait évidemment des services plus utiles si elle était appliquée à l'étude comparative de matériaux plus homogènes, pour répondre à une question précise et si on répétait les expériences comme il se doit. Notre but sera atteint si ce qui est présenté ici démontre qu'on peut faire mieux et qu'il vaut la peine de le vouloir.

a.

Les très nombreuses manipulations et les opérations arithmétiques exigées par ces essais d'orientation ont été faites avec patience, persévérance et enthousiasme par Mlle Danielle DE BAST, titulaire d'une bourse de spécialisation de l'Institut pour l'Encouragement de la Recherche scientifique dans l'Industrie et l'Agriculture (I.R.S.I.A.). Nous lui exprimons toute notre gratitude.

MÉTHODES

Les essais sont réalisés dans des étuves obscures, aérées, maintenues à 27 °C et à environ 75 p. 100 d'humidité relative.

Toutes les larves utilisées appartiennent à la race F dont les caractères ont été résumés ailleurs (7). Elles sont fournies par les élevages permanents, en conditions constantes, dans lesquels adultes et larves à tous les âges reçoivent une nourriture optimale surabondante, constituée de farine de froment entier, non blutée, additionnée de 10 p. 100 de levure de brasserie sèche et pulvérisée.

On retire les larves destinées aux essais lorsqu'elles ont atteint le niveau 10 à 11 mg de leur croissance pondérale normale. Elles sont alors mises au jeûne pendant quarante-huit heures, puis pesées une à une et groupées en lots de 10 larves. Chaque lot est introduit dans un bocal de 10 cm³ contenant 10 g de nourriture expérimentale répondant à la composition standard que nous avons détaillée (8) sauf pour la source de protides qui est la variable étudiée ici.

Pour chaque matériel étudié, nous utilisons toujours trois lots de 10 larves, mis à l'épreuve au même moment, dans des conditions absolument identiques. Le poids moyen initial (après le jeûne) désigné désormais par l'abréviation P₀ est donc une valeur moyenne pour 30 larves. Il en va de même pour le poids après une semaine de régime : P₁, et pour le poids après quatre semaines de régime : P₄ qui est la dernière mesure faite dans le cadre des essais rapportés ici.

Grâce à toutes les données numériques recueillies dans chaque cas, on pourrait effectuer diverses analyses statistiques, déterminer avec précision la signification de chaque différence observée; on pourrait aussi se servir de critères différents, par exemple P₄-P₀, P₄-P₁, P₄/P₀, P₄/P₁. Nous n'avons pas jugé nécessaire d'aller si loin dans le présent exposé puisqu'il s'agit de donner simplement une idée de la méthode et de ses possibilités. On s'est contenté de calculer systématiquement la différence P₄-P₀.

Rappelons que dans des études comme celle-ci, la comparaison des poids est normalement plus suggestive lorsque les poids ont été obtenus au cours d'une même série d'essais concomitants. Quand ce n'est pas le cas, il convient d'en tenir compte mentalement, de nuancer l'importance des différences observées et, quand c'est possible, de juger en considérant la concordance générale des résultats d'essais répétés. C'est pourquoi, en présentant les résultats, on indique toujours le numéro de la série d'essais qui les a livrés. Donc, en pratique, deux valeurs apparaissant avec le même numéro de la

série d'essais (1 à 8) ont été enregistrées de manière absolument concomitante et expriment des réalités en principe plus comparables que si les numéros de série sont différents.

PRODUITS UTILISÉS

Le milieu nutritif artificiel de référence comporte 3 p. 100 de *caséine purifiée* (sans vitamines) préparée et mise obligeamment à notre disposition par la S. A. Hoffmann-Laroche (Bâle). On sait que dans les conditions de nos essais habituels, cette caséine à ce taux couvre entièrement les besoins protidiques des larves de *Tenebrio* et permet des taux de croissances semblables à ceux que l'on obtient en élevant ces larves avec leur aliment naturel, la farine de froment, même additionnée de levure (3, 4, 5). L'emploi de toute autre préparation de caséine dans un milieu de référence devrait être précédé d'un essai probant car l'expérience a montré que l'étiquette « caséine sans vitamines » peut désigner des protéines de qualités diverses (3, 6). L'occasion a été saisie ici pour comparer à notre produit standard, une autre préparation du commerce : caséine Mann Research Laboratory Inc., New-York. Toutes deux livrent à l'analyse N = 16 p. 100.

Tous les autres produits employés ont été rendus aussi comparables que possible d'abord en les réduisant en poudres semblables à la caséine de référence. Dans la plupart des cas, on les a préalablement séchés et dégraissés à l'éther par la méthode Soxhlet. On a déterminé leur azote total par la méthode Kjeldahl. Pour ces diverses opérations, nous avons bénéficié de la coopération des professeurs L. HENNAUX et A. ANTOINE, qui ont mis à notre disposition les moyens de la Chaire de Zootechnie et de la Station de Recherches zootechniques de Gembloux.

Voici la liste de ces produits classés selon leur teneur en azote :

- Protéine de soja*, du commerce, N = 16 p. 100;
- Lactalbumine* (Nutritional Biochemical Corporation), N = 16 p. 100;
- Lactalbumine hydrolysée* (idem), N = 16 p. 100;
- Gluten* (Mann Research Laboratory Inc., New York), N = 16 p. 100;
- Ovalbumine* (idem), N = 16 p. 100;
- Edestine* (S. A. Hoffmann-Laroche, Bâle), N = 16 p. 100;
- Gliadine* (Mann Research Laboratory Inc., New York), N = 16 p. 100.
- Protéine d'arachide purifiée*, N = 14 p. 100.
- Protéine de feuilles de luzerne*, N = 10 p. 100;
- Tourteau d'arachide*, aliment pour bétail préparé à partir de graines pressées, N = 8 p. 100.
- Tourteau de soja*, idem, N = 7 p. 100;

Œuf entier étuvé (séché à l'étuve à 60 °C), N = 6 p. 100;

Tourteau de cocotier, aliment pour bétail, N = 5 p. 100.;

Œuf entier lyophilisé, préparé grâce à la coopération de M. le professeur R. COPPENS (Laboratoire de Technologie des Industries agricoles, Gembloux), N = 4 p. 100);

Tourteau de lin, aliment pour bétail préparé à partir de graines pressées, N = 2 p. 100;

Tourteau de luzerne, aliment pour bétail préparé à partir de feuilles séchées, N = 2 p. 100;

Farine de froment, variété Juffy I, obtenue à partir de grains entiers (c'est la même que celle dont on nourrit les élevages permanents de l'espèce dans notre laboratoire, mais elle a été utilisée ici séchée puis dégraissée), N = 2 p. 100.

Levure de brasserie sèche, du commerce.

On a aussi soumis à l'expérience un échantillon de *Protenum* (Mead Johnson Laboratory), aliment médical très connu, à forte teneur en protéines (42 p. 100 avant extraction des lipides), préparé à partir de diverses sources protidiques de haute qualité.

Enfin, les produits suivants ont été employés complémentirement, *sans extraction préalable des lipides* :

Œuf entier étuvé (comme ci-dessus), N = 4 p. 100;

Œuf entier lyophilisé (comme ci-dessus), N = 4 p. 100.

Haricots Luca et *haricots Prinatalite*, *pois Kelvedon* et *pois Espoir de Gembloux*, ces quatre échantillons de graines de légumineuses dosant N = 3 p. 100 et ayant été mis à notre disposition par la Station de Recherches pour l'Amélioration des Plantes fruitières et maraichères (Grand-Manil, lez Gembloux).

Détermination de la quantité de produit protidique à prévoir pour remplacer la dose standard de caséine.

Lorsque le produit à tester est une protéine purifiée dosant N = 16 p. 100, nous l'incorporons aux milieux nutritifs au même taux standard que la caséine de référence, soit 3 p. 100.

Notre but est de comparer les produits au point de vue de la qualité intrinsèque de leurs protides, non à celui de la quantité de ceux-ci. Nous sommes donc obligés d'approprier le taux du produit à tester chaque fois que la teneur en azote de ce produit est inférieure à 16 p. 100. *Cette correction est opérée en augmentant la quantité du produit jusqu'à obtention de N = 16 p. 100 — l'équivalent de 3 p. 100 de caséine, et en réduisant corrélativement la teneur en glucose.*

La question se pose évidemment de savoir si ce remplacement d'une partie du glucose par la fraction non protidique des produits à tester n'a pas d'incidence sur la nutrition et la croissance de nos larves. Fort heureusement, il n'y a pas lieu de s'inquiéter de la diminution de la quantité de glucose, l'optimum glucidique de notre matériel s'étalant très largement entre 80 et 94 p. 100 et

cette diminution étant au moins partiellement compensée par les glucides et polysaccharides apportés avec la source d'acides aminés. Il faudrait cependant redouter des inconvénients si cet apport comportait des quantités appréciables de galactose, d'arabinose, d'inuline et des autres oses dont FRAENKEL (1) a mis en évidence l'action inhibitrice en présence de glucose. Mais aucun des produits que nous avons utilisés ne semble pouvoir créer cette complication.

Il serait plus grave que les produits testés introduisent dans l'alimentation des larves des molécules provoquant des déséquilibres minéraux ou des actions antagonistes ou activatrices insoupçonnées. Mais pour ceci, il faut bien se résigner à attendre les anomalies qui, de toutes manières, poseraient des problèmes intéressants en se révélant. Les larves de *Tenebrio* ont déjà permis à LIPKE et FRAENKEL (11) de découvrir un inhibiteur de croissance dans le germe de maïs, sans doute pourraient-elles encore aider à découvrir d'autres facteurs dignes d'attention.

RÉSULTATS

Le tableau I montre comment les larves augmentent de poids quand leurs besoins protidiques sont satisfaits par 3 p. 100 de la caséine de référence. Les résultats concordent avec ce qui a été obtenu maintes fois depuis la mise au point de cette formule d'alimentation; ils concordent aussi entre eux de manière très satisfaisante et admettent une amplitude de variation semblable à celle qu'on enregistrerait dans l'observation de la croissance pondérale de n'importe quel animal.

TABLEAU I

Modifications du poids chez des larves de Tenebrio molitor de race F, recevant une alimentation artificielle standard comportant 3 p. 100 de caséine HOFFMANN-LAROCHE
30 larves dans chaque condition. (Poids moyens en mg)

Série d'essais n°	P ₀	P ₁	P ₂	P ₂ - P ₀
7.....	10,0	16,2	48,7	38,7
7.....	10,1	17,0	52,0	41,9
2.....	10,4	16,8	57,2	46,8
4.....	10,9	17,0	59,3	48,4
6.....	11,1	18,0	64,0	52,9
<i>Moyennes</i>	<i>10,6</i>	<i>17,0</i>	<i>56,2</i>	<i>45,7</i>

Le tableau II présente les 20 produits que nous avons voulu comparer après extraction des lipides amovibles avec la méthode employée. Nous les avons

classés selon le taux de croissance qu'ils ont permis, celui-ci étant exprimé par la différence $P_4 - P_0$. Mais il est évident que toutes les différences observées ne sont pas significatives. Le bon sens et divers calculs statistiques sur lesquels il n'y a pas lieu de s'étendre ici, ont conduit à distinguer quatre classes de protéines, entre lesquelles on peut admettre une rupture de niveau.

La première classe, celle des protéines que nous qualifions d'excellentes comprend effectivement la caséine et l'ensemble des protéines du froment, que l'on sait telles pour ces larves, depuis longtemps. On y trouve aussi les protéines que les connaissances classiques de la diététique des Vertébrés font retenir comme excellentes : l'œuf entier, mais aussi les complexes protéiniques des graines de soja et d'arachide.

La deuxième classe, intermédiaire, comprend un autre échantillon de tourteau d'arachide et la protéine purifiée d'arachide. Le décalage de ces produits, par rapport à un premier échantillon de tourteau d'arachide considérablement meilleur, pose un problème intéressant sur lequel on reviendra plus loin (tableau III).

La troisième classe comporte sept protéines que nous qualifions de médiocres. On n'entend point par là qu'elles soient incomplètes car la croissance qu'elles permettent implique le doublement du poids en quatre semaines, ce qui n'est pas si mal, et on a tout lieu de s'attendre à des développements qui se termineront par des nymphoses normales. L'édestine a agi ici exactement comme dans les essais apportés en 1948 (9). La lactalbumine s'est révélée moins bonne que d'autres échantillons de la même protéine utilisés par nous en 1951 (6) et par FRAENKEL, BLEWETT et COLES (3). La caséine Mann s'est révélée moins bonne que notre caséine de référence, ce qui a été vérifié maintes autres fois dans notre laboratoire. Tous ces déclassements de protéines réputées « complètes » (le gluten et l'ovalbumine aussi, au moins sont dans ce cas), rappellent opportunément trois notions cruciales :

- a. Que l'efficacité réelle des protéines n'est pas toujours fidèle à ce qui est suggéré par la considération de leurs divers teneurs en acides aminés,
- b. Qu'il faut s'attendre à des différences entre des produits de même étiquette mais fabriqués ou présentés dans des conditions légèrement différentes,
- c. Qu'une protéine isolée, même si elle est « complète », tend généralement à avoir moins d'efficacité qu'un complexe naturel dans lequel elle est incorporée.

Ce dernier point semble être une des leçons les plus certaines qu'on peut tirer du tableau I. Ne sollicitons pas trop les chiffres de ce tableau mais ce ne peut être par un simple effet du hasard que les taux de croissance baissent systématiquement, de manière plus ou moins significative, lorsqu'on remplace le tourteau de soja par la protéine du soja, l'œuf entier par l'ovalbumine, la farine de froment par le gluten ou l'édestine, le tourteau de luzerne par la protéine de luzerne. Cela méritait d'être souligné ici, dans un cas d'après ce qu'on sait, les besoins en matériel énergétique, en vitamines et en sels doivent être idéalement couverts dans tous les cas.

TABLEAU II

Modifications du poids chez des larves de Tenebrio molitor de race F, recevant une alimentation artificielle standard comportant 3 p. 100 de protéine

30 larves dans chaque condition. (Poids moyens en mg)

20 sources d'acides aminés, toutes employées après extraction des lipides éventuels

Série d'essais n°	Sources d'acides aminés	P ₀	P ₁	P ₄	P ₄ - P ₀	Appréciations
6	Tourteau de soja	11,2	18,5	66,6	55,4	Protéines
1	Tourteau de soja	10,3	16,7	64,6	54,3	
8	Tourteau d'arachide	10,5	17,7	68,8	58,3	
2, 4, 6, 7	Caséine (5 essais cf. Tableau I).	10,6	17,0	56,2	45,7	
6	Œuf entier étuvé	11,2	18,5	56,0	44,8	
8	Farine de froment	10,5	17,0	54,1	43,6	
3	Farine de froment	10,9	19,0	49,7	38,8	
4	Protéine de soja	11,0	17,3	54,4	43,4	
6	Protéine de soja	11,2	18,3	54,4	43,2	Excellentes
3	Proténum	10,9	18,0	51,6	40,7	
6	Œuf lyophilisé	11,2	18,6	50,1	38,9	
2	Tourteau d'arachide	10,4	17,7	46,9	36,5	Intermédiaires
4	Protéine d'arachide	11,0	18,7	46,0	35,0	
4	Protéine d'arachide	11,0	18,2	44,4	33,4	
4	Lactalbumine	11,0	16,7	35,5	24,5	Protéines
8	Caséine Mann	10,5	16,2	37,1	26,6	
7	Caséine Mann	10,1	16,0	33,2	23,1	
3	Tourteau de lin	10,9	16,8	33,4	22,5	Médiocres
6	Gluten	11,2	17,8	33,8	22,6	
6	Ovalbumine	11,1	18,9	33,0	21,9	
6	Edestine	11,2	18,0	31,9	20,7	
5	Tourteau de cocotier	11,1	-	33,1	22,0	
4	Lactalbumine hydrolysée	11,0	16,7	27,0	16,0	De plus en plus insuffisantes
3	Levure	10,9	18,3	24,3	13,4	
3	Tourteau de luzerne	10,9	15,6	23,1	12,2	
8	Tourteau de luzerne	10,5	15,9	21,6	11,1	
5	Tourteau de luzerne	11,1	-	23,3	11,2	
6	Gliadine	11,2	15,9	21,8	10,6	
4	Protéine de luzerne	11,0	14,8	18,7	7,7	
4	Protéine de luzerne	11,0	13,2	16,7	5,7	

La quatrième classe réunit divers produits, depuis l'hydrolysate de lactalbumine qui rappelle une fois de plus la primauté des protéines intactes jusqu'à la protéine concentrée à partir de feuilles de luzerne, la plus insuffisante de toutes. La zéine n'a pas été mise à l'épreuve parce que nous savions déjà qu'elle ne supporterait aucune croissance sans addition de lysine et de tryptophane (5). La gliadine est la seule protéine étudiée dont nous pouvons expliquer l'insuffisance par une carence bien circonscrite en acide aminé, en l'occurrence en lysine (5). D'après l'expérience que nous avons des élevages de larves de *Tenebrio*, nous pouvons affirmer qu'aucune des sept protéines appelées dans cette classe ne permettrait à ces insectes de s'engager dans la phase véritablement active de leur croissance normale.

*
* *

On s'est naturellement demandé si certaines sources de protides à première vue équivalentes ne s'avèreraient pas différentes, administrées à des doses suboptimales. Le tableau III apporte des réponses à cette question, pour quatre produits.

Nous savons déjà qu'à la dose de 3 p. 100 les protéines du tourteau de soja, d'un tourteau d'arachide, du froment, et la caséine sont excellentes mais sous réserve d'essais répétés et analysés plus finement par une méthode statistique, nous devons tenir ces protéines pour également efficaces. Le recours à une méthode de doses graduées (entre 0,1 et 3 p. 100) montre qu'incontestablement ces protéines ne sont pas absolument équivalentes. A la dose de 0,1 p. 100, aucune différence certaine ne s'observe car nous sommes encore au seuil d'activité des protéines. A la dose de 0,3 p. 100, il semble que les protéines du tourteau de soja, peut-être aussi la caséine soient plus efficaces que les autres. Mais le phénomène intéressant se produit aux doses plus fortes. Prenons comme critère *le taux de protéines nécessaire pour tripler P₀*, on voit que ce taux est approximativement :

- entre 0,3 et 0,6 p. 100 pour les protéines du tourteau de soja;
- vers 0,6 p. 100 pour la caséine;
- vers 1,0 p. 100 pour les protéines du froment;
- vers 1,5 ou 2 p. 100 pour les protéines du tourteau d'arachide.

Vu l'allure générale, concordante, de tous les résultats dans chaque série d'essais, il semble qu'on puisse tenir le classement ci-dessus pour significatif. En tous cas, cette méthode d'essais à doses croissantes s'annonce susceptible de rendre facilement d'éminents services.

*
* *

TABLEAU III

Modifications du poids chez des larves de Tenebrio molitor de race F, recevant une alimentation artificielle standard comportant de 0,1 à 3 p. 100 de protéines excellentes

30 larves dans chaque condition

(Poids moyen en mg). — Produits identiques à ceux du tableau I.

Série d'essais n°	Sources d'acides aminés	P ₀	P _a — P ₀	
	p. 100			
1	Tourteau de soja.	0,1.....	10,3	8,0
1		0,3.....	10,3	16,1
1		0,6.....	10,3	23,6
1		1,0.....	10,3	34,4
1		3,0.....	10,3	54,3
6		3,0.....	11,2	55,4
1	Caséine	0,1.....	10,4	7,5
2		0,1.....	10,4	7,0
1		0,3.....	10,4	16,5
2		0,3.....	10,4	11,3
1		0,6.....	10,4	22,2
2		0,6.....	10,4	17,3
1		1,0.....	10,4	34,4
2		1,0.....	10,5	25,4
3		1,0.....	10,9	35,7
2		3,0.....	10,4	46,8
<i>Moyennes du tableau I.</i>		3,0.....	10,6	45,7
3	Farine de froment. . .	0,1.....	10,9	8,6
3		0,3.....	11,0	11,7
3		0,6.....	10,9	16,4
3		1,0.....	10,9	21,4
3		3,0.....	10,9	38,5
8		3,0.....	10,5	43,6
2	Tourteau d'arachide..	0,1.....	10,4	5,7
2		0,3.....	10,4	7,3
2		0,6.....	10,4	12,0
2		1,0.....	10,4	18,5
2		3,0.....	10,4	36,5
8		3,0.....	10,5	58,3

a A.

La caséine est ordinairement reconnue « complète » mais un peu insuffisante en acides aminés soufrés. On fait aussi la même réserve (12) pour les protéines de tourteaux de soja et d'arachide. Or les larves de *Tenebrio* ont fait classer ces produits dans la classe des protéines excellentes. Il se pourrait donc que ces larves soient un peu moins exigeantes que les Vertébrés habituels pour ce qui concerne les acides aminés soufrés. Le tableau IV rapporte les résultats d'un essai de supplémentation de la caséine par la DL-méthionine, on n'a observé aucune amélioration. Nonobstant, on peut croire que les teneurs de la caséine et des autres protéines appartenant à la classe d'excellence, en méthionine et en cystine, sont tout juste ce qu'il faut, sans excès. Le léger déclasserement de la protéine d'arachide (tableau I) et l'infériorité des protéines d'arachide aux doses suboptimales (tableau III) s'expliquent peut-être par le fait que, dans ces conditions, les acides aminés soufrés deviennent critiques, tandis que le soja sensiblement mieux pourvu, s'affirme en fin de compte constitué d'une protéine principale plus adéquate.

*
* *

Le tableau IV rapporte aussi les résultats d'une série d'essais dans laquelle on a associé la caséine et la levure, à différentes concentrations. On voulait

TABLEAU IV

Essais d'amélioration des rendements de la caséine par addition de méthionine, ou de levure, ou de cellulose

30 larves dans chaque condition. (Poids moyens en mg)

Série d'essais n°	Sources d'acides aminés	P ₀	P ₁ - P ₀
4	Caséine 3 p. 100	10,9	48,4
4	Caséine 2,991 p. 100 + méthionine 0,009 p. 100	11,0	51,7
4	Caséine 2,91 p. 100 + méthionine 0,09 p. 100	11,0	45,0
3	Caséine 1 p. 100 + levure 2 p. 100	10,9	42,1
3	Caséine 2 p. 100 + levure 1 p. 100	10,8	44,6
3	Caséine 3 p. 100 + levure 1 p. 100	10,9	47,1
3	Caséine 3 p. 100 + levure 3 p. 100	10,9	48,2
3	Caséine 3 p. 100 + levure 5 p. 100	10,9	44,5
7	Caséine 3 p. 100 + cellulose 10 p. 100	10,1	34,6
7	Caséine 3 p. 100 + cellulose 20 p. 100	10,1	31,6
7	Caséine 3 p. 100 + cellulose 30 p. 100	10,2	27,2
7	Caséine 3 p. 100 + cellulose 40 p. 100	10,2	28,7

savoir s'il est possible de modifier le taux de croissance en provoquant certaines hypervitaminoses ou en administrant un quelconque facteur peu connu, présent dans la levure. Rien ne s'est produit. On vérifie ici qu'il y a peu de risques à remplacer une partie du glucose par la fraction non protidique des produits testés. Toutefois, il serait dommageable que cette fraction consiste exclusivement *en cellulose pure*, l'action dépressive de ce polymère étant démontrée dans la troisième série d'expériences du même tableau.

*
* *

Nous avons pris la précaution de dégraisser chacun des produits considérés jusqu'ici. Le tableau V prouve que cela s'impose au moins dans certains cas. On voit en effet que les lipides de l'œuf entier ont une action très limitante, sans doute à cause de leur taux élevé.

La même précaution n'a pas été prise pour les quatre variétés de graines de Légumineuses mentionnées dans le même tableau. Ici, le taux de lipides est certainement plus tolérable. Les résultats obtenus avec ces graines sont ajoutés, à titre préliminaire, parce qu'ils font attribuer une valeur médiocre aux protéines en question, montrent que celles des haricots sont meilleures que celles des pois, et suggèrent l'existence de différences entre les protéines de variétés de la même espèce végétale.

TABLEAU V

Comparaison de produits bruts et de produits dégraissés

30 larves dans chaque condition. 3 p.100 de protéines. (Poids moyens en mg)

Série d'essais n°	Sources d'acides aminés	P ₀	P ₁ - P ₀
6	Œuf entier étuvé, <i>non</i> dégraissé	11,2	24,6
6	Œuf entier étuvé, dégraissé	11,2	44,8
6	Œuf lyophilisé, <i>non</i> dégraissé	11,2	24,2
6	Œuf lyophilisé, dégraissé	11,2	38,9
	<i>Graines de légumineuses, séchées, pulvérisées, mais non dégraissées :</i>		
8	Haricots Luca	10,5	15,8
8	Haricots Prinstalite	10,5	10,5
8	Pois Kelvedon	10,5	8,2
8	Pois Espoir de Gembloux	10,5	6,3

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Dans les conditions de cette étude, les larves de *Tenebrio molitor* ont permis de classer une série de protéines et de complexes protidiques soit dans l'ordre prévu en fonction des connaissances sur les besoins des Vertébrés et sur la teneur habituelle de ces produits en acides aminés essentiels, soit d'une manière un peu particulière en soulevant autant de problèmes intéressants en rapport avec les inconnues de la nutrition protidique. On a notamment remarqué que les protéines isolées, même si elles sont « complètes » tendent à avoir moins d'efficacité que le complexe naturel dans lequel elles sont naturellement incorporées.

Il semble que la méthode puisse être employée sans difficulté majeure, moyennant certaines précautions que nous avons indiquées. On l'affinerait incontestablement en doublant le nombre de larves soumises à un régime expérimental, en répétant certains essais, en faisant usage de critères complémentaires comme l'état pondéral des larves après huit semaines et l'examen du poids sec en fin d'expérience, en appliquant des méthodes d'analyses statistiques. Mais même sans ces raffinements, les larves de *Tenebrio molitor* prises au stade choisi, fournissent des informations précieuses de signification générale, surtout si on les soumet à des tests à doses graduées de protéines.

BIBLIOGRAPHIE

1. FRAENKEL G., *J. cell. compar. Physiol.*, 1955, **45**, 393. — 2. FRAENKEL G., *J. Nutr.*, 1958, **65**, 361. — 3. FRAENKEL G., BLEWETT M., COLES M., *Physiol. Zool.*, 1950, **23**, 92. — 4. FRAENKEL G., LECLERCQ J., *Arch. internat. Physiol. Biochem.*, 1956, **64**, 601. — 5. LECLERCQ J., *Experientia.*, 1948, **4**, 436. — 6. LECLERCQ J., *Physiology.*, 1951, **114**, 53 P. — 7. LECLERCQ J. *Nature*, 1963, **198**, 106. — 8. LECLERCQ J., DE BAST D., *Ann. Nutr. Alim.*, 1965, **19**. — 9. LECLERCQ J., LOPEZ-FRANCOS L., *Arch. internat. Physiol. Bioch.*, 1964, **72**, 95. — 10. LECLERCQ J., LOPEZ-FRANCOS L., *Arch. internat. Physiol. Bioch.*, 1964, **72**, 276.
11. LIPKE H., FRAENKEL G., *J. Nutr.*, 1955, **55**, 165. — 12. PION R., DE BELSUNCE C., FAUCONNEAU G., *Ann. Biol. anim., Bioch., Biophys.*, 1963, **3**, n° 1 hors-série, 11.