

RECOMMANDATIONS AUX AUTEURS

Les ARCHIVES INTERNATIONALES DE PHYSIOLOGIE ET DE BIOCHIMIE publient, en français ou en anglais, des travaux originaux de caractère expérimental, à l'exclusion de toutes « Revues générales », « Berichte », « Ergebnisse », « Analyses » ou « Referats ».

Titre et rédaction. — Les auteurs choisiront un titre qui donne une idée précise du contenu de leur travail et condenseront leur rédaction de manière à ne dépasser qu'exceptionnellement l'étendue d'une feuille d'impression (16 pages).

Manuscrits dactylographiés. — Nous invitons les auteurs à fournir des manuscrits dactylographiés sous forme *ne varietur*, et dont la rédaction soit *entièrement terminée* (afin d'éviter sur les épreuves les remaniements et les corrections, très onéreux et qui sont à la charge des auteurs).

Résumé. — Chaque article sera suivi d'un court résumé, objectif, pouvant être utilisé directement comme « Analyse » ou « Referat » par les organisations bibliographiques.

Citations. — Les citations seront réunies à la fin de l'article sous la rubrique « Bibliographie » (Pour les mémoires en langue anglaise, le titre sera « References »). Elles seront classées par ordre alphabétique des noms d'auteurs.

Chaque citation comprendra :

1° Nom et prénom (ou initiales des prénoms) de l'auteur en PETITES CAPITALES (souligner deux fois dans le manuscrit) ; 2° année de publication, entre parenthèses ; 3° titre abrégé du recueil, en italique (souligner une fois dans le manuscrit) ; 4° tome, en chiffres arabes, caractères gras (souligner d'un trait ondulé) ; 5° première et dernière pages du mémoire en chiffres arabes ordinaires.

Les indications Vol., T., Bd., pag. sont supprimées.

Exemples :

ZWAARDEMAKER, H. (1904). — *Arch. internat. Physiol.*, 1, 1-16.

RITCHIE, J. M. (1954). — *J. of Physiol.*, 124, 605-612.

Pour les livres cités dans la Bibliographie, on indiquera :

1° nom et initiales des prénoms de l'AUTEUR ; 2° (date de publication) ; 3° titre de l'ouvrage ; 4° nom de l'éditeur ; 5° ville.

Dans le texte, le nom de l'auteur (souligner deux fois) et l'année de publication (entre parenthèses) suffisent à renvoyer à la Bibliographie. Si plusieurs travaux du même auteur, publiés la même année, sont cités, l'indication chronologique est donnée par les lettres a, b, c (en italique, souligner une fois), placées après l'indication de l'année.

Exemples :

BREMER, F. (1947, a).

BREMER, F. (1947, b).

Figures. — Leur nombre doit être limité au minimum strictement indispensable à l'intelligence du texte.

Les dessins seront exécutés à l'encre de Chine sur carton bristol blanc, et uniquement en traits, hachures et points, sans « gris » ni « dégradés ».

Les graphiques originaux doivent être tracés en lignes bien blanches sur fond uniformément noir.

Pour les courbes sur papier quadrillé, employer du papier millimétré noir ou rouge si le quadrillé doit apparaître sur la figure définitive ; du papier millimétré bleu si le quadrillé doit disparaître.

Ce n'est qu'à titre exceptionnel que les « Archives » peuvent accepter de publier des photographies ou des tracés destinés à être reproduits en similitravure sur cuivre ; dans ce cas une entente préalable avec la Direction scientifique est nécessaire.

Les dimensions de toutes les figures seront réduites au minimum. La dimension des clichés sera telle que toutes les figures puissent être intercalées dans le texte.

Il est d'ailleurs conseillé de fournir des figures originales très grandes, destinées à être réduites aux 2/3, à la 1/2, au 1/4, etc. (la réduction ainsi indiquée porte sur les dimensions linéaires). Tenir compte de la réduction prévue dans les dimensions à donner aux chiffres, lettres et signes conventionnels incorporés dans les dessins et graphiques.

Prière de réduire dans la même proportion toutes les figures d'un même mémoire.

Les légendes des figures doivent être fournies dactylographiées, sur feuillets séparés, et non incorporées dans le manuscrit.

Tableaux. — Leur nombre et leurs dimensions seront réduits au minimum indispensable. Ne pas publier deux fois les mêmes données numériques, une fois sous forme de tableaux, une autre fois sous forme de courbes.

Reçu le 11 mars 1957.

IMPORTANCE DE LA CARNITINE DANS LA NUTRITION DU GNATHOCERUS CORNUTUS F. (COLÉOPTÈRE, TENEBRIONIDÆ)

PAR

Jean LECLERCQ

(Université de Liège, Institut Léon Fredericq, Chimie physiologique)

La carnitine figure dans la liste des facteurs de croissance indispensables pour cinq espèces d'insectes : *Tenebrio molitor* L. et *obscurus* F. (FRAENKEL, BLEWETT et COLES, 1948 ; FRAENKEL, 1951, etc.), *Palorus ratzeburgi* WISSMAN (COOPER et FRAENKEL, 1952), *Tribolium confusum* DUVAL (FRENCH et FRAENKEL, 1954) et *Tribolium castaneum* HERBST (MAGIS, 1954). Tous ces insectes sont des *Tenebrionidæ* inféodés aux moutures de céréales entreposées. Le *Gnathocerus cornutus* F. vit dans les mêmes conditions et fait partie de la sous-famille des *Ulominæ*, comme les *Tribolium* et les *Palorus*. Il était donc intéressant de chercher à savoir s'il a besoin de carnitine dans son alimentation.

On a montré déjà que les larves de *Gnathocerus cornutus* peuvent être élevées dans des régimes artificiels constitués de caséine purifiée et de levure pulvérisée, avec ou sans glucose (LECLERCQ, MAGIS et REY, 1954). Plusieurs essais préliminaires réalisés ensuite ont fait penser qu'on pourrait les élever dans un régime synthétique dans lequel la levure serait remplacée par les sels, le cholestérol et les vitamines hydrosolubles utilisées dans le même but pour les larves de *Tenebrio molitor* ; il est cependant apparu que la mortalité est considérable dans ces conditions si on expérimente à 30° C. (comme le firent LECLERCQ, MAGIS et REY, 1954), et qu'un résultat meilleur serait obtenu à 27° C. Entretemps, *Tenebrio molitor* a fait l'objet d'une étude montrant que ses larves ont besoin, outre la carnitine, d'un facteur de croissance complémentaire présent dans la fraction

insoluble de la levure (FRAENKEL et LECLERCQ, 1956). Il convenait donc d'organiser l'expérimentation pour savoir si *Gnathocerus cornutus* est dans le même cas.

Dispositions expérimentales

Les régimes expérimentaux furent préparés exactement comme pour *Tenebrio molitor* (FRAENKEL et LECLERCQ, 1954), en utilisant les mêmes préparations de vitamines (sans inositol) et de sels, et en prévoyant les mêmes additions éventuelles de dl-carnitine (6 µg. par g. de régime sec) et de résidu insoluble de levure (2 %). La caséine utilisée fut identique à ce qui fut étiqueté « G.B.I. 1955a » dans le travail précité, c'est-à-dire une préparation dont on peut certifier la pureté, suffisante pour permettre la mise en évidence de carences en carnitine chez *Tenebrio*.

Les larves de *Gnathocerus* furent mises en expérience quelques heures au plus après le moment de leur éclosion; 60 larves furent utilisées dans chaque condition, et reçurent 12 g. de nourriture.

LECLERCQ, MAGIS et REY (1954) avaient montré que l'optimum protidique des larves de *Gnathocerus* est extraordinairement élevé et que les glucides peuvent être totalement absents dans les régimes artificiels. Il n'a pas été tenu compte de cela dans la préparation des essais rapportés ici. Il était préférable d'expérimenter dans des conditions tout à fait comparables à celles qu'on utilise pour *Tenebrio*. D'autre part, on pouvait se demander si le résultat précédent n'est pas la conséquence de ce que les larves de *Gnathocerus* seraient à la fois très indifférentes au taux de glucides de leur régime et très sensibles à un facteur vitaminique persistant dans la caséine employée. La caséine même purifiée étant le seul constituant pouvant encore apporter des éléments indéterminés dans les régimes, il était préférable d'en réduire la proportion dans ce premier essai d'analyse des facteurs de la croissance.

Pour comparer les résultats du présent travail à ceux de LECLERCQ, MAGIS et REY (1954), il convient donc de tenir compte des différences suivantes dans les techniques utilisées :

Travail de LECLERCQ, MAGIS
et REY (1954)

Présent travail

à 30° C	à 27° C
larves mises en expérience âgées de 1 à 3 jours (écloses dans la farine)	larves mises en expérience, quelques heures au plus après l'éclosion
nourriture surabondante : 1 g. par larve	nourriture abondante : 0.2 g. par larve
sels et vitamines fournis par addition de 10 % de levure	sels et vitamines comme dans FRAENKEL et LECLERCQ (1956, p. 604)

Résultats

a) OBSERVATIONS SUR LES LARVES

TABLEAU I. — *Survie et poids moyen des larves de Gnathocerus cornutus élevées ab ovo dans quatre milieux nutritifs synthétiques et dans deux milieux naturels*

Régime	Nombre de survivants après 4 semaines	Poids moyen des survivants après 4 semaines	Nombre de survivants après 6 semaines	Poids moyen des survivants après 6 semaines
I. — Synthétique Témoin (composition dans FRAENKEL et LECLERCQ, 1956, p. 604) . .	55	1.32 mg.	50	2.49 mg.
II. — <i>Idem</i> + 6µg./g. dl- carnitine	57	1.29 mg.	56	2.37 mg.
III. — <i>Idem</i> + 2 % résidu insoluble de levure, sans carnitine	54	1.88 mg.	47	2.72 mg.
IV. — <i>Idem</i> + 2 % résidu insoluble de levure + 6µg./g. dl-carnitine	58	2.18 mg.	51	3.06 mg.
Levure intégrale en poudre sèche	54	2.15 mg.	48	3.12 mg.
Farine de froment non blutée	54	3.79 mg.	51	4.01 mg.

b) OBSERVATIONS SUR LES NYMPHES

TABLEAU II. — Nombre de nymphes de *Gnathocerus cornutus* obtenues dans chaque condition et durées moyennes, minimum et maximum de la vie larvaire

Régime	Nombre de nymphes obtenues	Durée de la vie larvaire (de l'éclosion à la nymphose)		
		Moyenne	Minimum	Maximum
I. — Synthétique Témoin.	36	66 jours	42 jours	82 jours
II. — <i>Idem</i> + 6µg./g. dl-carnitine	38	68 jours	53 jours	85 jours
III. — <i>Idem</i> + 2 % résidu insoluble de levure, sans carnitine	35	60 jours	48 jours	77 jours
IV. — <i>Idem</i> + 2 % résidu insoluble de levure + 6µg./g. dl-carnitine	36	63 jours	43 jours	75 jours
Levure intégrale en poudre sèche	28	54 jours	44 jours	63 jours
Farine de froment non blutée	35	61 jours	44 jours	83 jours

TABLEAU III. — Sort des nymphes obtenues dans chaque condition

Régime	Nombre de nymphes obtenues (N ₂)	Meurent avant de commencer leur transformation en adulte	Livrent un adulte anormal	Livrent un adulte normal	Nombre d'adultes normaux en % de N ₂
I. — Synthétique Témoin	36	16	9	11	30 %
II. — <i>Idem</i> + 6µg./g. dl-carnitine	38	20	6	12	31 %
III. — <i>Idem</i> + 2 % résidu insoluble de levure, sans carnitine	35	14	12	9	26 %
IV. — <i>Idem</i> + 2 % résidu insoluble de levure + 6µg./g. dl-carnitine	36	2	5	29	80 %
Levure intégrale	28	3	1	24	86 %
Farine de froment non blutée	35	5	1	29	83 %

Discussion

a) Observations sur les larves

Les résultats du tableau I montrent que les larves de *Gnathocerus cornutus* ont très bien survécu dans toutes les conditions. Leurs poids moyens se sont groupés en trois catégories : croissance pondérale optimale dans la farine de froment, croissance suboptimale dans la levure et dans le régime synthétique IV, croissance moins bonne dans le régime III (avec résidu insoluble de levure mais sans carnitine), croissance moins bonne encore dans les régimes I et II (avec ou sans carnitine mais sans résidu insoluble de levure).

Si on compare ces résultats à ceux de la figure 2 de LECLERCQ, MAGIS et REY (1954), on constate que les larves ont effectué une croissance pondérale aussi active à 27 qu'à 30° C. La mortalité fut aussi bien moins élevée que dans des essais comparables (inédits) tentés à 30° C. On peut donc admettre que l'optimum thermique des larves est plus proche de 27° que de 30° C.

En conclusion, la croissance pondérale des larves est améliorée si le régime est additionné de résidu insoluble de levure, la carnitine l'améliore aussi mais seulement lorsque le facteur de la levure insoluble est présent. Par contre, ces facteurs de croissance n'influencent pas le taux de survie des larves en croissance active.

b) Observations sur la nymphose

Dans tous les régimes, un nombre assez important de larves ont péri après la sixième semaine, si bien que ± 60 % des individus seulement ont atteint l'état nymphal, le taux de mortalité dans la levure atteignant même un maximum : 53 %.

Or, dans les essais de LECLERCQ, MAGIS et REY (1954), le taux de mortalité fut sensiblement inférieur dans la farine de froment (22% au lieu de 41) et dans la levure (43% au lieu de 53). On ne peut garantir une valeur statistique à ces différences, mais si elles étaient vraiment significatives, on pourrait supposer qu'elles résultent de ce que la quantité de nourriture a été réduite.

Le temps requis par les larves pour atteindre l'état nymphal (tableau II) est sensiblement plus long que ce qu'on avait observé dans toutes les conditions optimales ou suboptimales, à 30° C. (cf. LECLERCQ, MAGIS et REY, 1954, p. 267). C'est là un effet thermique qui serait banal s'il ne démontrait que l'optimum thermique de la vitesse du développement est différent, et plus élevé que l'optimum thermique du taux de survie.

C'est dans la levure intégrale que les larves ont atteint le plus vite l'état nymphal (54 jours). Cela résulte non pas d'un décalage de toutes les valeurs individuelles, mais seulement de l'absence de tout développement retardé (maximum de 63 jours contrastant avec les maxima de 75 à 85 jours dans les autres conditions). Or c'est dans la levure que le taux de mortalité fut le plus élevé. On peut donc croire que l'abaissement de la durée moyenne de la vie larvaire dans la levure est dû à un effet sélectif : l'élimination par mortalité accrue des sujets qui auraient réclamé plus de 63 jours pour se transformer en nymphes.

Le développement des larves a pris le même temps dans la farine de froment, dans le régime III et dans le régime IV. Il a pris une semaine de plus dans les régimes I et II. Cela prouve que les régimes synthétiques additionnés de résidu insoluble de levure sont aussi favorables que la farine et que l'addition de carnitine seule reste sans effet sur la vitesse du développement.

On sait pourtant que la croissance pondérale fut remarquablement accélérée dans la farine de froment et meilleure dans le régime IV (avec résidu insoluble + carnitine) que dans le régime III (avec résidu insoluble sans carnitine). Ces améliorations de la croissance pondérale n'ont donc pas eu de répercussion sur la vitesse du développement. Néanmoins, les nymphes formées dans le froment furent plus grosses que les autres, ce qui fut aussi observé précédemment (LECLERCQ, MAGIS et REY, 1954); celles du régime IV furent aussi un peu plus grosses que celles du régime III.

c) Observations sur les nymphes et les adultes

Les effets de la carnitine sur *Gnathocerus cornutus* se limitent jusqu'ici à une légère amélioration de la croissance pondérale, comparable à ce qu'on a observé chez *Tribolium confusum* (FRENCH et FRAENKEL, 1954). Il fallait évidemment savoir si

un effet complémentaire ne se manifesterait pas au cours du développement des nymphes, comme c'est le cas chez les *Tribolium*. Les nymphes obtenues dans les différentes conditions ont donc été isolées et tenues en observation.

Dans toutes les conditions expérimentales, un certain nombre de nymphes n'ont pu se transformer normalement. On peut en réalité observer tous les intermédiaires entre les cas suivants :

- 1) la nymphe meurt et se dessèche rapidement, sans commencer sa transformation en adulte ;
- 2) la nymphe commence sa métamorphose mais meurt sans avoir étendu ses ailes, ni pigmenté ses tergites abdominaux ;
- 3) la nymphe fournit un adulte morphologiquement normal mais dont les élytres restent clairs (blanc gris ou brun pâle) ; ces adultes meurent de suite, ou vivent un jour ou deux, remuant les antennes ou les pattes, mais restant incapables de locomotion ;
- 4) La nymphe livre un adulte normal.

Les anormaux décrits en 2) et 3) sont tout à fait comparables à ceux qui furent décrits chez les *Tribolium* (FRÖBRICH et OFFHAUS, 1952; FRENCH et FRAENKEL, 1954; MAGIS, 1954) comme victimes d'une carence en carnitine. Des cas semblables s'observent parfois chez les *Tenebrio molitor* élevés dans des milieux plus ou moins déficients en carnitine (LECLERCQ, 1954).

Comme on observe tous les intermédiaires entre les cas décrits en 2) et 3) ci-dessus, toutes les anomalies ont été groupées dans une seule catégorie « livrent un adulte anormal », pour simplifier l'exposé des résultats dans le tableau III. Ce tableau montre que les régimes I, II et III ont permis des résultats très différents de ceux des autres milieux. Dans la farine de froment, la levure et le régime IV, le pourcentage des nymphes qui ont fourni un adulte normal est statistiquement identique et le nombre de nymphes qui ont péri de suite ou livré un adulte anormal est très bas. Dans les régimes sans carnitine ou sans levure insoluble, le pourcentage des adultes normaux tombe aux environs de 30 % du nombre des nymphes obtenues, tandis que la majorité des nymphes ont péri de suite ou livré un adulte anormal.

La carnitine et le facteur insoluble de la levure sont donc normalement indispensables pour la métamorphose des nymphes

en adultes. Et comme on ne peut déceler de différence significative entre chacune des conditions I, II, et III, il faut conclure que les deux facteurs sont également nécessaires.

Il restait cependant remarquable que 30 % environ des nymphes, soit de 15 à 20 % des sujets initialement mis en expérience, parviennent à se développer et à devenir des adultes normaux dans les régimes privés de l'un des deux facteurs, ou des deux à la fois. Des observations complémentaires ont donc été faites pour savoir si ces sujets sont physiologiquement normaux, c'est-à-dire capables de vivre au moins un mois, de s'accoupler et de produire une progéniture normale. Malheureusement, le nombre d'adultes disponibles dans les trois premières conditions était insuffisant pour autoriser des comparaisons à l'abri de toute critique statistique. Il est cependant apparu que cinq des adultes normaux de la condition I périrent entre le 4^e et le 15^e jour après leur éclosion, trois firent de même dans chacune des autres conditions. Mais tous les adultes encore en vie, quinze jours après leur éclosion, restèrent actifs et se comportèrent tout à fait normalement dans de la farine blanche. Les femelles pondirent normalement (environ 30 œufs en un mois pour chaque femelle) et il n'a pas été possible de mettre en évidence la moindre différence en rapport avec leur passé.

Il faut donc corriger les pourcentages de la dernière colonne du tableau III en tenant compte du critère de la longévité. En réalité, le pourcentage d'adultes vraiment normaux et fertiles n'atteint pas 20 % pour le régime I, il dépasse à peine 20 % pour les régimes II et III, il dépasse 70 % pour les trois autres régimes. Si on exprime le pourcentage d'adultes morphologiquement et physiologiquement normaux en fonction du nombre initial (60) de larves mises en expérience dans chaque cas, on obtient les ordres de grandeur suivants : 10 % pour les régimes I, II et III ; 35 à 43 % pour les autres régimes.

Résumé

Il y a trois sortes d'individus dans la population de *Gnathocerus cornutus* qui a servi aux expériences. Une minorité de 40 % ne parvient à atteindre l'état nymphal dans aucune condition, même pas dans la farine de froment non blutée, ni dans la levure intégrale. Une minorité de 10 % parvient à se développer

et à produire des adultes morphologiquement et physiologiquement normaux dans des régimes déficients en carnitine et en facteur du résidu insoluble de levure. Le reste de la population se développe aussi bien dans un régime synthétique que dans la farine de froment, pourvu que le régime synthétique soit additionné de carnitine et de résidu insoluble de levure.

Gnathocerus cornutus est donc la sixième espèce animale connue qui a besoin de carnitine dans son alimentation et son comportement dans les milieux expérimentaux ressemble à celui des *Tribolium* qui sont ses proches parents au point de vue taxonomique et ont un cycle biologique et des mœurs comparables. *Gnathocerus* pourrait cependant s'avérer moins exigeant vis-à-vis de la carnitine que les *Tribolium* et que les autres Ténébrionides étudiés jusqu'ici. Il est d'autre part très exigeant vis-à-vis du facteur de la levure insoluble requis par les larves de *Tenebrio molitor*. Ce facteur améliore la croissance pondérale et accélère la vitesse du développement. La carnitine n'a aucun effet si les besoins des larves en facteur du résidu insoluble de levure ne sont pas satisfaits. S'ils sont satisfaits, la carnitine améliore encore la croissance pondérale et permet aux nymphes de livrer un adulte normal, mais elle n'a pas d'effet sur le taux de survie, ni sur la vitesse du développement des larves.

Bien que leur composition chimique soit très différente, la farine de froment non blutée, la levure intégrale et le régime synthétique complet satisfont également bien les besoins nutritifs du *Gnathocerus cornutus* mais la croissance pondérale et la taille des nymphes sont avantagées dans la farine tandis que les sujets à croissance lente paraissent incapables de se développer dans la levure.

BIBLIOGRAPHIE

- COOPER, M. I. et FRAENKEL, G. (1952). — *Physiol. Zool.*, **25**, 20.
 FRAENKEL, G., BLEWETT, M. et COLES, M. (1948). — *Nature*, **161**, 981.
 FRAENKEL, G., BLEWETT, M. et COLES, M. (1950). — *Physiol. Zool.*, **23**, 92.
 FRAENKEL, G. (1951). — *Arch. Biochem. Biophys.* **34**, 457.
 FRAENKEL, G. (1953). — *Biol. Bull.*, **104**, 359.
 FRAENKEL, G. et LECLERCQ, J. (1956). — *Arch. internat. Physiol. Bioch.*, **64**, 601.
 FRENCH, E. W. et FRAENKEL, G. (1954). — *Nature*, **173**, 173.
 FRÖBRICH, G. et OFFHAUS, K. (1952). — *Naturwissenschaften*, **39**, 575.
 LECLERCQ, J. (1954). — *Arch. internat. Physiol.*, **62**, 101.
 LECLERCQ, J., MAGIS, N. et REY, C. (1954). — *Arch. internat. Physiol.*, **62**, 264.
 MAGIS, N. (1954). — *Arch. internat. Physiol.*, **62**, 505.