

Note sur la fonction des tubes de Malpighi

DES COLÉOPTÈRES

PAR
MAX POLL D. SC.

Nous avons entrepris au laboratoire de zoologie de l'Université de Bruxelles, des recherches sur la phylogénie des Coléoptères par l'étude comparative des tubes de Malpighi.

Au cours de ce travail, que nous avons présenté comme thèse au doctorat en sciences zoologiques, nous avons observé que les tubes de Malpighi constituent un système extrêmement variable chez ces insectes. Certaines de ces variations sont tellement spéciales qu'elles remettent en question la fonction des tubes de Malpighi.

Nous n'avons fait que fort peu d'expériences car nous nous sommes bornés le plus souvent à l'observation directe du *situs viscerum*. Cependant, dans certains cas, l'injection de colorants dans l'hémocoele de l'insecte vivant, a jeté quelque lumière sur la signification des variations observées dans le système malpighien : variations qui ont permis soit l'amélioration d'une fonction préexistante, soit l'apparition d'une nouvelle fonction.

La fonction que les auteurs sont unanimes à reconnaître aux tubes de Malpighi, est la fonction excrétrice. Comme on le sait, ceux-ci ne sont pas seuls à assumer cette fonction, mais la présence de grains d'excrétion parfois vivement colorés, produits d'excrétion évidemment azotés, ont permis d'attribuer à ces organes une fonction urinaire.

On sait que les tubes de Malpighi, simples canaux de longueur, d'épaisseur et de nombre variables, s'ouvrent dans le tube digestif au niveau de la valvule pylorique, à l'intersection de l'estomac ou ventricule chylifique et de l'intestin postérieur. C'est cette position tout-à-fait particulière de l'orifice rénal qui est, à notre avis, le point de départ de l'évolution des tubes de Malpighi. Ils s'ouvrent à la limite de deux régions physiologiquement bien distinctes du tractus digestif et peuvent par le fait même déverser utilement à cet endroit, soit un produit de

désassimilation, soit un produit qui jouerait un rôle quelconque au cours de la digestion ventriculaire.

Voyons quelles sont les variations dans le système malpighien qui nous paraissent répondre à une nouvelle fonction. Un premier groupe de Coléoptères montre six tubes de Malpighi, entièrement libres dans l'hémocœle, à extrémités distales aveugles et qui s'ouvrent normalement à la limite de l'intestin moyen et de l'intestin postérieur.

Un second groupe ne diffère du premier que par une diminution du nombre des tubes: celui-ci passe de six à quatre sans autre changement. Nous voyons apparaître dans ce groupe chez la larve de *Lebia scapularis* FOURC., une fonction nouvelle des tubes de Malpighi, signalée par F. SILVESTRI (1): les régions proximales (voisines des insertions) se renflent et secrètent de la soie, l'anus sert de filière et la soie sert à la larve qui se construit un véritable cocon avant d'entrer en métamorphose. Cette sécrétion est analogue à celle que l'on observe chez certaines larves de Mégaloïptères. La larve de *Lebia* n'est pas la seule larve de Coléoptères qui secrète une soie d'origine malpighienne, nous allons retrouver plus loin le même phénomène.

Un troisième groupe de Coléoptères est extrêmement remarquable; il caractérise notamment l'ensemble tout entier des Clavicornes, Hétéromères, Longicornes et Phytophages.

Nous constatons ici que les régions distales des tubes de Malpighi (il y en a six, sauf de rares exceptions) ne flottent plus librement dans l'hémocœle, mais se trouvent intimement accolées le long de la région terminale de l'intestin postérieur où elles sont recouvertes d'une membrane qui entoure l'intestin comme un manchon.

Cette membrane cache donc sur une certaine distance le parcours des tubes de Malpighi; ceci nous a permis d'appeler ces Coléoptères du troisième groupe: les Coléoptères cryptonéphridiés.

Les nymphes de certains de ces coléoptères s'entourent également d'un cocon de soie.

A. LEBEDEV (2) attribue cette sécrétion spéciale aux tubes de Malpighi de la larve de *Phytonomus arator* L.

D'autre part, B.-A. MARCUS (3) décrit minutieusement l'appareil

(1) SILVESTRI, F. — *Contribuzione alla conoscenza della metamorfosi e dei costumi della Lebia scapularis* FOURC. con descrizione dell'apparato sericipare della larve. — VI. Redia II., 1905.

(2) LEBEDEV, A. — Ueber die als Serikterien funktionierende Malpighische Gefäße der *Phytonomus* Larven. — Zool. Anz., 44 (1914).

(3) MARCUS, B.-A. — Untersuchungen über die Malpighischen Gefäße bei Käfern. Zeitschr. für Morphologie und Oekologie der Tiere. — Berlin, 19 (4 Hefte), 1930.

sericipare des larves de *Ptinus fur* L. et *Niptus hololeucus* FALDERM. Il montre le rapport direct de cette glande avec les extrémités distales des tubes de Malpighi, accolées le long de la région terminale de l'intestin postérieur. Il constate aussi que la glande sericipare possède un orifice distinct, situé à côté de l'anus. Une fois de plus nous voyons les tubes de Malpighi collaborer à la formation de la soie.

Quelle est maintenant la signification du "cryptonéphridisme" extrêmement généralisé chez les Coléoptères?

A. VON GORKA (1), A. MÖBUSZ (2), W. KARAWAIEV (3) et B.-A. MARCUS sont d'accord pour attribuer à cette région une fonction de résorption. A. VON GORKA qui a étudié la physiologie des tubes de Malpighi de *Gnaptor spinimanus* PALL. l'explique de la façon suivante: les aliments digérés au niveau du ventricule chylifique, sont résorbés au début de l'intestin postérieur où ils passent et s'accumulent entre l'épithélium intestinal proprement dit et la musculature qui le recouvre. Ils progressent ensuite de ce niveau à celui de l'enveloppe périintestinale qui recouvre les régions distales des tubes de Malpighi, en restant toujours entre l'épithélium intestinal et sa musculature. Arrivés au niveau de ces régions distales, ils y pénètrent pour être conduits par le chemin des tubes de Malpighi à un endroit quelconque de l'hémocœle où ils seront libérés dans le sang.

A. MÖBUSZ découvre un nouveau dispositif qui permet aux substances digérées de pénétrer dans les régions distales des tubes de Malpighi. Il s'agit, chez les larves d'*Anthrenus*, d'une spécialisation très poussée du cryptonéphridisme que nous avons retrouvée chez d'autres Dermestides et Ptinides. La membrane péri-intestinale ne limite plus qu'un sac latéral le long de l'intestin postérieur qui décrit une courbe dans l'hémocœle; le sac latéral est appuyé contre la branche descendante, la branche montante s'applique contre le sac. Celui-ci, au point de contact, n'est plus séparé de la cavité intestinale que par une fenêtre chitineuse au travers de laquelle, d'après MÖBUSZ, passent les aliments digérés, destinés à être charriés dans les tubes de Malpighi, qui les abandonnent dans l'hémocœle.

A. KARAWAIEV (3) qui étudie l'*Anobium paniceum* L. réserve

(1) GORKA, A. (VON). — Experimentelle und morphologische Beiträge zur Physiologie des Malpighischen Gefäße der Käfer. — Zool. Jahrb. Physiol., XXXIV, 1913.

(2) MÖBUSZ, A. — Ueber den Darmkanal der *Anthrenus* Larve nebst Bemerkungen zu Epithelregeneration. Arch. Naturges. LXIII, 1897.

(3) KARAWAIEV, W. — Ueber Anatomie und Metamorphose des Darmkanals der Larve von *Anobium paniceum*. Biol. Centralbl. XIX, 1899.

également une fonction de résorption aux régions distales des tubes de Malpighi.

B.-A. MARCUS se rallie à cette opinion. Il réserve la fonction de résorption aux tubes de Malpighi de la majeure partie des Coléoptères *cryptonéphridiés*, c'est-à-dire à ceux dont les parties distales des tubes de Malpighi entourent complètement la région intéressée de l'intestin postérieur.

Voilà l'état de la question : on ne peut, en effet, reconnaître une fonction excrétrice aux régions distales des tubes de Malpighi, cachées sous la membrane péri-intestinale. Après injection d'une solution 1/1000 d'indigo carmin dans l'hémocœle, expérience faite par GORKA sur *Gnaptor spinimanus* PALL et que nous avons répétée sur *Tenebrio*, *Cerambyx*, *Chrysomela*, *Cleonus*, etc., on ne décèle aucune trace de colorant dans ces régions distales. Ce colorant étant électivement retenu par les organes urinaires, ces régions ne jouent donc aucun rôle excréteur. Cependant l'interprétation du *cryptonéphridisme* qui fait entrer en jeu cette singulière fonction de résorption, ne nous satisfait pas. Nous avons observé, en effet, que chez certains Longicornes et certains Phytophages, notamment : *Cerambyx cerdo* L., *Hesperophanes sericeus* F., *Crioceris duodecimpunctata* L., *Chrysomela menthastri* SUFFR., *Timarcha violaceonigra* DE GEER., *Agelastica alni* L., etc., deux des six tubes de Malpighi, sont plus grêles et plus courts que les autres dans leur région libre. Nous estimons que cette spécialisation est en rapport avec le *cryptonéphridisme*, étant donné qu'il n'a rien été signalé de semblable chez les Coléoptères dont les tubes sont entièrement libres dans l'hémocœle. Si ces deux tubes qui sont donc destinés à améliorer le mécanisme de la fonction spéciale qui siège dans les régions distales des tubes de Malpighi, étaient destinés plus spécialement à libérer des substances nutritives dans l'hémocœle, on s'attendrait à les voir plus longs, plus épais que les autres, augmentant ainsi leur surface d'échange avec l'hémocœle. Or, c'est le contraire qui se produit.

Nous gardons néanmoins l'impression que les tubes de Malpighi sont chargés de récupérer au niveau de l'intestin postérieur, certaines substances du contenu intestinal et en ceci, nous restons d'accord avec les auteurs précédemment cités. Par contre, nous sommes d'avis que ces substances ne sont pas libérées dans l'hémocœle ; elle sont reconduites au ventricule chylique par un chemin qui devient plus court dans l'évolution, par suite de la spécialisation de deux vaisseaux. Nous considérons que ces substances qui seraient évacuées avec les excréments sans la présence du dispositif du *cryptonéphridisme*, doivent intéresser

directement les phénomènes digestifs qui se passent dans le ventricule chylique. Les injections de solution d'indigo carmin chez les Coléoptères présentant les deux vaisseaux spécialisés, sont probantes : pas d'indigo carmin dans ces deux vaisseaux ; ils ont perdu tout-à-fait la fonction excrétrice. De plus, on constate chez les Chrysomélides que ces deux tubes ont une tendance très nette à séparer leurs insertions (au niveau de la valvule pylorique) de celles des quatre autres tubes. Alors que chez *Chrysomela*, *Timarcha*, *Agelastica*, quatre insertions s'opèrent dans une poche collectrice insérée sur l'intestin postérieur sous le niveau de la valvule pylorique, les deux tubes grêles s'ouvrent en plein ventricule chylique plus ou moins près de sa limite inférieure.

Quelle est la nature de ces substances aussi ingénieusement ramenées et déversées dans le ventricule chylique ? Nous ne pouvons faire à cet égard que des hypothèses. Si nous ne pensons pas que les tubes de Malpighi puissent abandonner eux-mêmes les produits de la digestion, repris à l'intestin postérieur, du moins peuvent-ils les reconduire au ventricule chylique qui se chargera de les libérer dans l'hémocœle. Nous pouvons penser également que les tubes récupèrent des sucs digestifs qui, ramenés au niveau du ventricule chylique, peuvent y jouer encore quelque rôle actif. Peut-être les régions distales des tubes de Malpighi situés sous la membrane péri-intestinale secrètent-elles aussi des sucs digestifs ? Signalons que A. VON GORKA trouve un grand pouvoir digérant aux extraits aqueux des tubes de Malpighi de *Gnaptor spinimanus* PALL. et que B.-A. MARCUS attribue plus spécialement aux régions distales des tubes de Malpighi des Coléoptères dont le *cryptonéphridisme* se rattache à celui des *Anthrenus*, le fait de sécréter des enzymes digestives agissant surtout sur la cellulose.

Nous avons là autant d'hypothèses plausibles, mais ce ne sont toujours que des hypothèses : elles renferment peut-être une part de vérité.

Il nous est venu ensuite à l'esprit que le dispositif du *cryptonéphridisme* pourrait servir à régulariser la teneur en eau du milieu interne de l'insecte. Nous avons constaté, en effet, que tous les Coléoptères aquatiques sont dépourvus de ce dispositif ; leurs tubes de Malpighi sont entièrement libres dans l'hémocœle quel que soit leur genre de nourriture (*Dytiscides*, *Gyrinides*, *Hydrophilides*, *Dascillides*, *Parnides* et même certains *Chrysomélides* comme les *Donacia*, exception remarquable dans une famille où tous les représentants sont *cryptonéphridiés*).

La grande majorité des Coléoptères se nourrissant d'aliments carnés,

non desséchés, possèdent des tubes libres (*Carabiformes*, la plupart des *Staphyliniformes*, beaucoup de *Lampyroïdes*).

Quant aux autres Coléoptères, qui sont uniquement végétariens ou polyphages, ils vivent en général (s'ils ne sont pas *cryptonéphridiés*) dans un milieu où ils ne craignent pas de manquer d'eau (*Scarabéïdes*). D'autre part, ce sont les Coléoptères *cryptonéphridiés* qui sont arrivés à exploiter des milieux dépourvus parfois de la moindre humidité, soit qu'ils se nourrissent d'aliments encore humides tout en étant exposés à l'action desséchante du soleil (*Phytophages*), soit qu'ils vivent et se nourrissent dans un milieu d'une sécheresse prodigieuse (*Ténébrionides*, *Longicornes*, *Térédiles*, etc.). Ces Coléoptères *cryptonéphridiés* trouvent un grand avantage à expulser leurs excréments à un état d'hydratation voisin de celui des aliments absorbés. De cette manière, la teneur en eau du contenu digestif, peut rester constante par suite du mécanisme suivant : les régions distales des tubes de Malpighi disposées autour de l'intestin postérieur dans sa portion terminale, seraient attentives, au passage des produits de déjection, à leur faire subir une déshydratation plus ou moins poussée suivant les exigences du ventricule chylifique. L'eau nécessaire aux divers processus de la digestion reviendrait ensuite dans ce ventricule chylifique.

W. SEDLACZEK (1) frappé de l'existence du *cryptonéphridisme* chez les *Scolytides*, pense également que ce dispositif pourrait être très utile à l'insecte pour régulariser le degré d'humidité de son milieu interne.

B.-A. MARCUS n'est cependant pas partisan d'une généralisation de cette hypothèse.

A défaut de cette source d'eau, le ventricule serait forcé de se la procurer à partir du plasma sanguin dont la déshydratation serait funeste à l'animal. Ajoutons que cette explication du *cryptonéphridisme* n'est peut-être pas la seule ; elle met en évidence un rôle accessoire mais qui semble répondre à des exigences réelles.

Néanmoins, le tube de Malpighi reste toujours, chez le Coléoptère comme chez les autres insectes, l'organe essentiel de la fonction excrétrice qui siège chez le Coléoptère *cryptonéphridié* dans les régions libres d'au moins quatre tubes de Malpighi.

Les tubes de Malpighi constituent un rein d'élimination, les produits de désassimilation étant éliminés sans retard via l'intestin postérieur vers l'anus. A côté de ce premier aspect de la fonction excrétrice, nous avons trouvé chez les *Cetonia* et *Melolontha* (*Scarabéïdes phytophages*)

(1) SEDLACZEK, W. — Ueber der Darmkanal der Scolytiden. — *Zbl. ges. Forstw.* 28 (1902).

une fonction excrétrice secondaire : les quatre extrémités distales des tubes de Malpighi (entièrement libres dans l'hémocoele) sont bourrées d'un suc blanchâtre et épais constitué par de l'acide urique ou par des urates (réaction de la murexide absolument positive). Nous avons affaire ici à un rein d'accumulation et l'aspect du tube est à cet endroit fort modifié. Chez le *Melolontha vulgaris* L., par ex., les vaisseaux malpighiens se présentent dans l'hémocoele sous forme de tubes sinueux garnis de barbules latérales qui augmentent la surface d'échange avec l'hémocoele. Dans leurs régions distales cependant, ils reprennent la forme d'un tube simple dont le diamètre s'épaissit considérablement ; c'est cette région qui se bourre de produits d'excrétion blanchâtres dont nous avons parlé plus haut.

Rentrant dans le même ordre d'idées, VALÉRY MAYET (1) nous dit qu'au moment de la nymphose quatre des six tubes de Malpighi des larves de *Cerambyx* habitant le chêne, sont bourrées de corpuscules arrondis de calcaire. Nous pourrions considérer également ceux-ci comme un produit d'excrétion qui reste accumulé sur place. Dans ce cas-ci, il aura un rôle utile car, expulsé au moment de la nymphose, la larve en confectionnera un opercule calcaire qui fermera hermétiquement sa loge.

En guise de conclusion, voyons les différentes fonctions que l'on a reconnu être assumées ici par les tubes de Malpighi ou que l'on peut leur attribuer sans idées préconçues :

a) *Fonction excrétrice* : 1° rein d'élimination ; 2° rein d'accumulation. (Cette fonction excrétrice était la seule qu'admettait SCHINDLER E., 1878).

b) *Fonction séricipare* (A. SILVESTRI, A. LEBEDEV, B.-A. MARCUS).

c) *Sécrétion de sucs digestifs* (A. VON GORKA, B.-A. MARCUS).

d) *Récupération de substances encore mal définies, contenues dans l'intestin* (A. VON GORKA, B.-A. MARCUS, A. MÖBUSZ, W. KARAWAIEV).

e) Nous croyons en outre avoir montré que *l'eau du contenu intestinal demande essentiellement à être reprise pour assurer une suite normale à la digestion chez de nombreux Coléoptères.*

(1) VALÉRY MAYET, M. — Une nouvelle fonction des tubes de Malpighi d'insectes. — *Bull. Soc. entom. France*, 1896.