

CONTRIBUTION À L'ÉTUDE DE L'APPAREIL MALPIGHIAN DES ODONATES

H. LAUNAY et P. RAZET

Laboratoire de Zoologie et d'Écophysiologie, Université de Rennes I, Avenue du Général
Leclerc, F-35042 Rennes, France

Reçu le 18 juin 1981 / Révisé et accepté le 11 novembre 1982

CONTRIBUTION TO THE STUDY OF THE MALPIGHIAN APPARATUS
IN ODONATA — The general structure of the Malpighian apparatus was studied in
larvae and imagines of spp. referable to 9 odon. families representative of the Order.
The same disposition was found in all groups examined, save for the Aeshnidae. In
Odon., metamorphosis does not affect the Malpighian apparatus.

INTRODUCTION

Depuis longtemps, l'appareil malpighien des Odonates a retenu l'attention de nombreux observateurs, qui le plus souvent, l'ont étudié dans le cadre d'une étude générale d'anatomie interne. Il s'ensuit que paradoxalement les données concernant les tubes de Malpighi des Odonates sont en définitive limitées fragmentaires et parfois même inexacts.

Divers auteurs anciens (RAMDOHR, 1811; DUFOUR, 1852; SCHINDLER, 1878; GRIFFITHS, 1888; VENEZIANI, 1904; TILLYARD, 1917) ont indiqué, de façon générale 50 à 70 tubes de Malpighi chez les Odonates, mais sans préciser ni les espèces examinées, ni le stade du développement. Un schéma "type" du système malpighien d'Odonate fut établi par SADONES (1896): les tubes sont libres et insérés en couronne à la jonction du mésentéron et du proctodeum; ils se réunissent par groupes de 5 et plus sur de courts réceptacles ou bourses qui débouchent dans la lumière intestinale.

Des travaux récents, tels que l'étude comparée de BULIMAR (1973) effectuée sur différentes espèces au dernier stade larvaire, ou la monographie de WINKELMANN (1973) sur la larve et l'imago de *Sympetrum vulgatum*, indiquent de même 50 à 70 tubules pour l'appareil malpighien des espèces

examinées.

Quelques auteurs ont néanmoins rapporté des observations en désaccord avec les affirmations précédentes. Ainsi dès 1914, MARSHALL dénombre chez l'imago de *Libellula quadrimaculata* 18 à 22 groupes de 2 à 12 tubules chacun, soit au total environ 165 tubes de Malpighi. Le premier, il signala la variabilité spécifique du système malpighien des Odonates, en ce qui concerne le nombre et la répartition des tubes.

KAISER (1938) remarqua de même que *Cordulia aenea* possède un nombre de tubes qui varie avec les différents stades. Ainsi, cet auteur indiqua que, chez l'imago, on dénombre de 190 à 208 tubules répartis entre 17 à 22 groupes de 3 à 17 tubules chacun. En outre les tubes montrent un certain polymorphisme de taille (diamètre et longueur), polymorphisme lié à leur croissance qui s'achèverait lors de la métamorphose.

Nous nous proposons, dans le présent travail, d'effectuer une étude systématique de l'appareil malpighien pour l'ensemble des espèces d'Odonates rencontrées dans les environs de Rennes. Certes, dans un premier temps, notre attention se portera sur les imagos, chez lesquels nous noterons le nombre, la disposition et la morphologie des tubules malpighiens. Ensuite nous chercherons à suivre l'évolution de l'appareil malpighien pendant la vie larvaire de quelques espèces.

Cette étude s'inspire de celles de MARCUS (1930) chez les Coléoptères, de MAXWELL (1955) chez les Hyménoptères Symphytes, de LEFEUVRE & RAZET (1968) chez les Blattes, de LANDA (1969) chez les Ephémères. Elle permettra de savoir si chez les Odonates, on peut mettre en évidence, ainsi que dans d'autres ordres, un lien entre la morphologie de l'appareil malpighien et la phylogénèse.

MATÉRIEL ET TECHNIQUES

Toutes les observations ont été effectuées sur du matériel frais; après section de la tête et des pattes, l'animal est rapidement disséqué par la face dorsale et plongé dans le liquide physiologique. Le fragment de tube digestif qui doit être étudié (à savoir la zone de jonction mésentéron-proctodéum) est sectionné; la coupe est effectuée en biais au niveau de l'intestin moyen ce qui doit permettre par la suite d'orienter le prélèvement. Celui-ci est placé au réfrigérateur à 4°C dans une solution de bleu de méthylène à 1% dans du liquide physiologique. Au bout de 12 à 18 heures, il est repris, rincé, puis posé à plat dans une boîte de Pétri pour le dénombrement des tubes de Malpighi. Chaque groupe de tubes est isolé séparément à la pince et les tubes qui le composent sont comptés.

Pour l'observation de l'appareil malpighien en place dans la cavité abdominale, nous effectuons, une heure avant le sacrifice et la dissection du sujet, une injection de solution à 1% de bleu de méthylène dans du liquide physiologique.

Le dénombrement des tubes de Malpighi peut présenter certaines difficultés, car ces organes sont en général pelotonnés et étroitement emmêlés les uns avec les autres et avec les trachéoles. Cet enchevêtrement les rend fragiles et cassants. On peut penser que ces difficultés sont à l'origine des erreurs, parfois importantes, qu'ont commises certains auteurs dans leurs comptages.

L'ensemble de ce travail a été effectué sur des larves et des imagos appartenant aux espèces suivantes: Platynemididae: *Platynemis pennipes* (Pall.), Coenagrionidae: *Ischnura elegans* (Vander L.), *Pyrrhosoma nymphula* (Sulz.), Lestidae: *Lestes sponsa* (Hans.), Calopterygidae: *Calopteryx virgo* (L.), Gomphidae: *Gomphus pulchellus* Sel., Aeshnidae: *Aeshna cyanea* (Müll.), *A. mixta* Latr., *Anax imperator* Leach, Cordulegastridae: *Cordulegaster boltoni* (Don.), Corduliidae: *Somatochlora metallica* (Vander L.), Libellulidae: *Libellula depressa* L., *Sympetrum fonscolombi* (Sel.).

SITUATION DE L'APPAREIL MALPIGHIEN DANS LA CAVITÉ ABDOMINALE

CHEZ LES LARVES AU DERNIER STADE

Figures 1-2

L'appareil malpighien forme, à la limite des intestins moyen et postérieur, une couronne continue qui entoure le tube digestif et qui se prolonge en un réseau dense et désordonné. Chaque tube se termine librement dans la cavité hémocoelienne. A l'état vivant, les tubes sont uniformément blanchâtres, plus ou moins pelotonnés sur eux-mêmes et animés de mouvements complexes de contraction.

Leurs mouvements de contraction et le désordre apparent de leur dispersion ne permettent pas de leur reconnaître une direction privilégiée ni de fixer une limite précise à leur extension dans la cavité abdominale.

Le niveau de l'insertion malpighienne est variable selon les espèces, en fonction, à la fois, de la forme de l'abdomen et des proportions relatives des différents tronçons abdominaux. Dans une même espèce, le niveau peut également varier, dans des limites étroites cependant, compte-tenu de la disposition rectiligne du tube digestif.

Ainsi pour des individus au dernier stade larvaire, ayant mué, et au tube digestif vide, nous avons noté les niveaux suivants d'insertion:

- *Platynemis pennipes*: 4ème segment abdominal,
- *Ischnura elegans*: entre les 5ème et 6ème segments abdominaux (Fig.1),
- *Calopteryx virgo*: 6ème segment abdominal,
- *Anax imperator*: 5ème segment abdominal,
- *Cordulegaster boltoni*: 4ème segment abdominal,
- *Somatochlora metallica*: 5ème segment abdominal,
- *Libellula depressa*: partie postérieure du 4ème segment abdominal (Fig.2),
- *Sympetrum fonscolombi*: 5ème segment abdominal.

MODIFICATION DES RAPPORTS ANATOMIQUES AU COURS DE LA MÉTAMORPHOSE ET DISPOSITION CHEZ L'IMAGO

Figures 2-4

Si l'appareil malpighien lui-même n'est pas affecté morphologiquement au cours de la métamorphose, ses rapports anatomiques dans la cavité abdominale

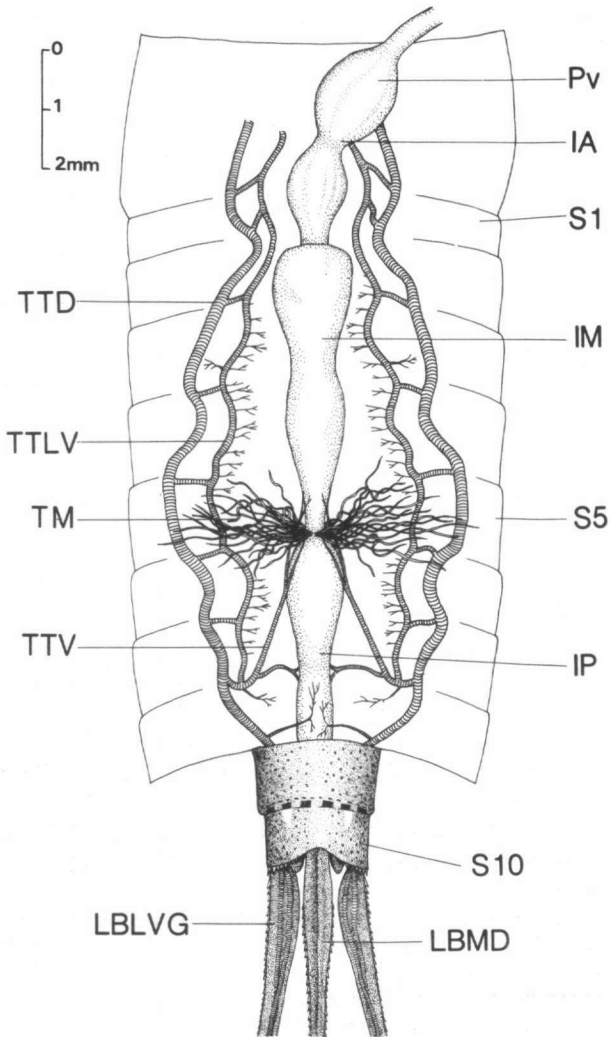


Fig. 1. *Ischnura elegans*, ♀, stade N, recouvrement 3 2/3. L'appareil malpighien en place dans la cavité abdominale, vue dorsale. — (IA: intestin antérieur, — IM: intestin moyen, — IP: intestin postérieur, — LBLVG: lamelle branchiale latéro-ventrale gauche, — LBMD: lamelle branchiale médio-dorsale, — S1, S5, S10: 1er, 5ème et 10ème segments abdominaux, — PV: proventricule, — TM: tubes de Malpighi. — TTD: tronc trachéen dorsal, — TTLV: tronc trachéen lateral, — TTV: tronc trachéen viscéral).

se modifie de façon importante. STRAUB (1943) a déjà donné une chronologie détaillée des changements observés pendant cette phase, en particulier au niveau

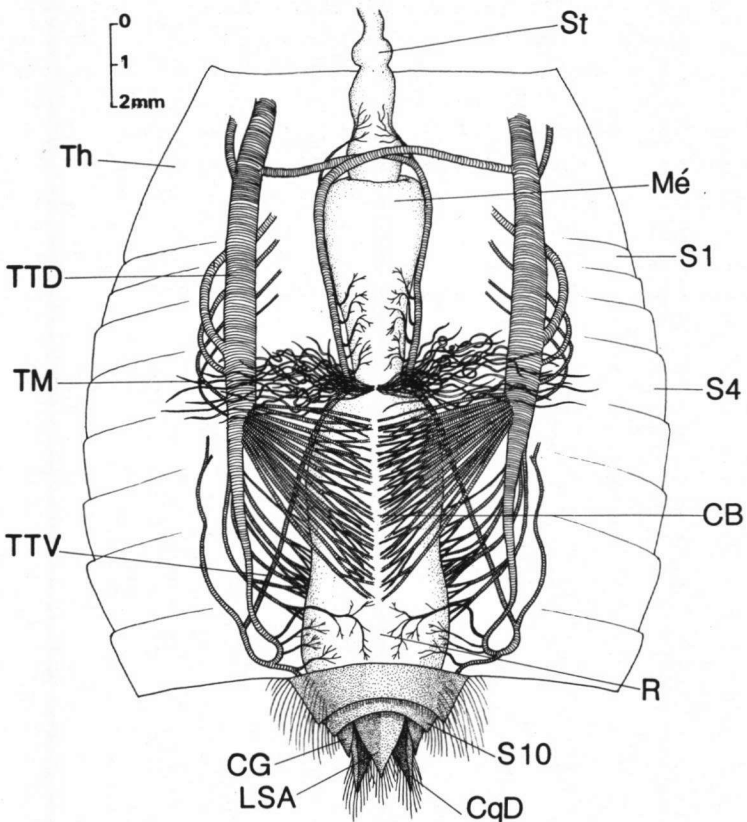


Fig. 2. *Libellula depressa*, ♀, stade N, recouvrement 5 3/4. L'appareil malpighien en place dans la cavité abdominale, vue dorsale. — (CB: chambre branchiale, — CG: cercoïde gauche, — CqD: cerque droit, — LSA: lame supra-anale, — Mé: mésentéron, — S1, S4, S10: 1er, 4ème et 10ème segments abdominaux, — R: rectum, — St: Stomodaeum, — Th: thorax, — TM: tubes de Malpighi, — TTD: tronc trachéen dorsal, — TTV: tronc trachéen viscéral).

de l'intestin.

Nous avons nous-mêmes observé que, chez *Libellula depressa*, l'anneau malpighien subit une migration vers l'arrière lors de la métamorphose: il passe ainsi du niveau du 5e à celui du 6e segment abdominal. Cette migration est consécutive à un allongement du mésentéron; le proctodéum par contre est raccourci fortement et les trachées rectales subissent une véritable dégénérescence.

Cette migration de l'anneau malpighien se continue jusqu'au niveau du 7e segment lors du passage au stade imaginal; le proctodéum est alors très raccourci tandis que le stomodaeum ainsi que l'abdomen se sont allongés.

Contrairement à ce qui s'observe chez les larves, tous les tubes sont dirigés vers l'arrière, bien ordonnés et plaqués contre le proctodéum du fait de l'étroitesse de l'abdomen. Une disposition semblable a été retrouvée chez tous les imagos examinés quelle que soit leur position systématique; elle avait déjà été notée par MARSHALL (1914) chez *Libellula quadrimaculata* et par KAISER (1938) chez *Cordulia aenea* et *Ischnura elegans*. Ce dernier auteur avait néanmoins rapporté que certains tubes peuvent s'échapper vers l'avant et sont alors plaqués contre l'intestin moyen.

La disposition de l'appareil malpighien chez les imagos des odonates mérite de retenir l'attention; on peut se demander si elle ne peut pas avoir des incidences sur leur physiologie.

SYSTÈME TRACHÉEN ET APPAREIL MALPIGHIIEN DES LARVES AU DERNIER STADE

La même organisation générale du système trachéen se retrouve dans l'ensemble de l'Ordre au niveau de l'abdomen, parcouru sur toute ou partie de sa longueur par 6 gros troncs: 2 dorsaux, 2 latéraux, 2 viscéraux.

Chez les Zygoptères, les deux troncs dorsaux proviennent directement des trachéobranchie, tandis que chez les Anisoptères, ils naissent au niveau de la corbeille branchiale, à partir de la multitude de trachées rectales.

Les deux troncs latéraux sont issus des troncs dorsaux au niveau du 8e segment abdominal.

Des anastomoses dorso-ventrales, au nombre de 7 de chaque côté, correspondant aux 7 premiers segments abdominaux, relient troncs dorsaux et troncs latéraux du même côté.

L'ensemble malpighien reçoit ses trachées des 2 troncs viscéraux qui naissent au même niveau que les troncs latéraux (8e segment) et se dirigent vers l'avant en longeant l'intestin postérieur. Chez les Zygoptères, les deux troncs viscéraux se terminent en se ramifiant au niveau de l'insertion malpighienne; par contre chez les Anisoptères, après avoir isolé quelques branches, ils se prolongent vers l'avant en longeant l'intestin moyen; ils forment alors un système en double boucle, le tronc viscéral gauche allant se jeter, au niveau du thorax, dans le tronc dorsal droit, et vice-versa.

MODE D'INSERTION DES TUBES DE MALPIGHI

DISPOSITION GÉNÉRALE

Ainsi que l'avait déjà observé SADONES (1896), les tubes ne sont pas insérés séparément sur l'intestin, mais se réunissent par petits groupes sur de petites bourses de réception qui se rétrécissent avant de déboucher dans le tube digestif.

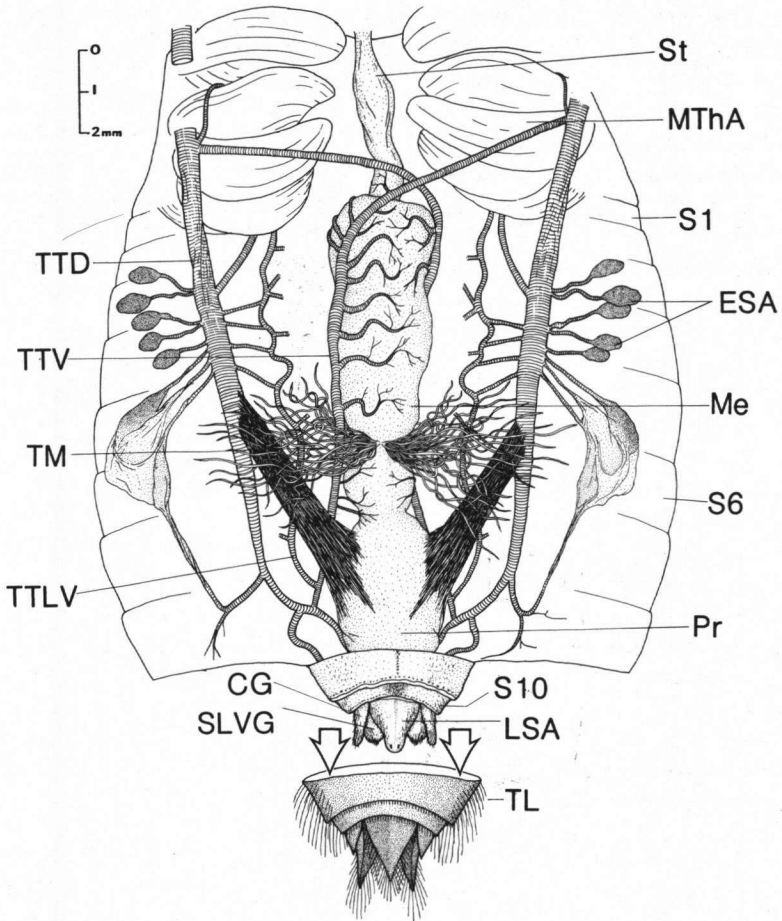


Fig. 3. *Libellula depressa*, ♂, stade N pendant la métamorphose, juste avant la mue imaginale. L'appareil malpighien en place dans la cavité abdominale, vue dorsale. La "peau larvaire" est enlevée à partir du 9ème segment abdominal laissant apparaître le tégument de l'imago. — (CG: cercoïde gauche, — ESA: ébauches des sacs aériens, — LSA: lame supraanale, — Mé: mésentéron, — MThA: muscles thoraciques alaires, — Pr: proctodeum, — S1, S6, S10: 1er, 6ème et 10ème segments abdominaux, — SLVG: sclérite latéro-ventral gauche, — St: stomodeum, — TL: tégument larvaire, — TM: tubes de Malpighi, — TTD: tronc trachéen dorsal, — TTLV: tronc trachéen latéral, — TTV: tronc trachéen viscéral).

Cette disposition a été observée chez les larves et imagos de Platycnemididae, Coenagriidae, Lestidae, Calopterygidae (Fig. 5), Gomphidae, Cordulegastridae, Corduliidae, Libellulidae (Fig. 6).

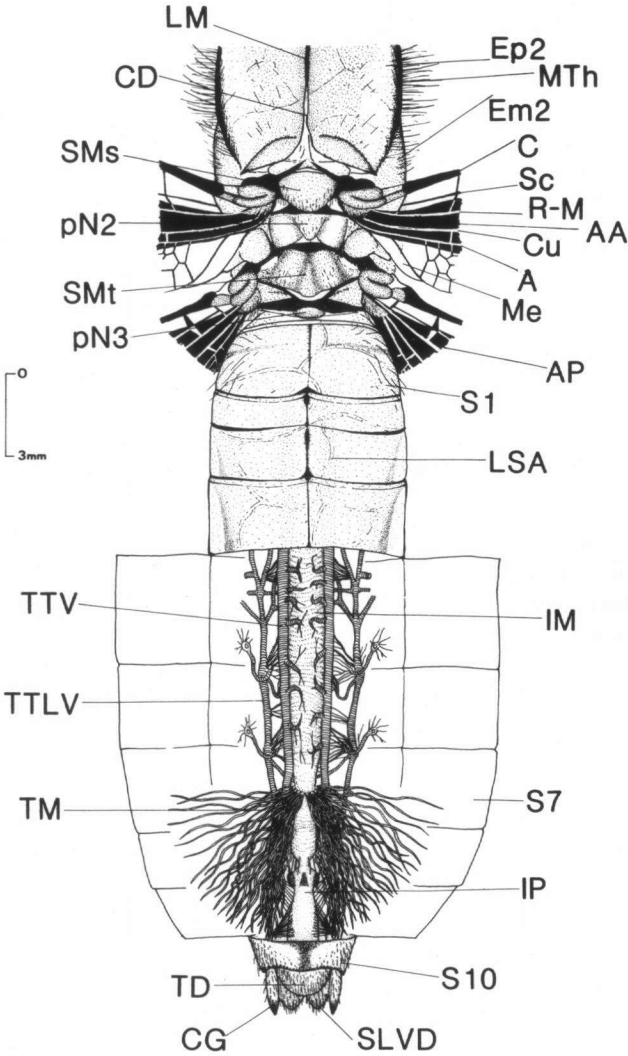


Fig. 4. *Libellula depressa*, imago, ♀, 96 heures après la mue imaginale. L'appareil malpighien en place dans la cavité abdominale, ovaires enlevés, vue dorsale. (Thorax: AA: aile antérieure, AP: aile postérieure, CD: carène dorsale, Ep2: épistème mésothoracique, Em2: épimère mésothoracique, LM: ligne médiane, Me: membranule, MTh: mésothorax, pN2: postnotum mésothoracique, pN3: postnotum métathoracique, SMs: scutum mésothoracique, SMt: scutum métathoracique, Nervures: C: costale, Sc: sous-costale, R+M: radiale + médiane, Cu: cubitale, A: anale. Abdomen: CG: cercoïde gauche, IM: intestin moyen, IP: intestin postérieur, LSA: limite des sacs aériens, S1, S7, S10: 1er, 7ème, 10ème segments abdominaux, SLVD: sclérite latéro-ventral droit, TD: tubercule dorsal, vestige du 11ème segment, TM: tubes de Malpighi, TTLV: tronc trachéen latéral, TTV: tronc trachéen viscéral).

DISPOSITION PARTICULIÈRE AUX AESHNIDAE

Les insertions des tubes de Malpighi présentent, dans cette famille, une disposition particulière:

Les tubes, toujours réunis par groupes, ne convergent pas vers une bourse commune de réception, mais s'insèrent à des niveaux variables, sur un tronc commun allongé, l'ensemble d'un groupe présentant alors un aspect arborescent très touffu. Ce tronc commun, cylindro-conique, s'insère sur la paroi intestinale sans présenter de dilatation.

Une telle disposition a été observée chez les 3 espèces observées à savoir *Aeshna cyanea*, *A. mixta* et *Anax imperator* (Fig. 7). On peut penser qu'elle est caractéristique de toute la famille des Aeshnidae. Elle n'avait pas été signalée jusqu'ici bien que les tubes de Malpighi des Aeshnidae aient donné lieu à diverses observations sur le plan de leur histologie (GAGNEPAIN, 1956) ou de leur ultrastructure (BERKALOFF, 1960).

NOMBRE ET DIMENSIONS DES TUBES DE MALPIGHI

L'ensemble des résultats de nos recherches est rassemblé dans le Tableau I, en ce qui concerne les larves à l'avant dernier stade, au dernier stade ou au stade imaginal.

L'examen du Tableau I met en évidence 3 caractères particuliers du système malpighien des Odonates: son importance, sa variabilité, son polymorphisme. — importance: le nombre de tubules est énorme (jusqu'à plusieurs centaines dans certains cas); les Odonates bénéficient d'une surface de filtration très étendue, qui peut être mise en relation avec leur habitat larvaire aquatique.

Il faut noter que ce caractère a échappé à divers auteurs: VENEZIANI (1904) signalait 20 tubes en 4 faisceaux. Des chiffres identiques sont indiqués par des auteurs récents (BULIMAR, 1973; WINKELMANN, 1973); cela nous a incités à étendre nos observations à plusieurs espèces.

— variabilité numérique du nombre de tubes: cette variabilité est évidente entre les représentants des deux sous-ordres; on la retrouve au niveau spécifique au sein

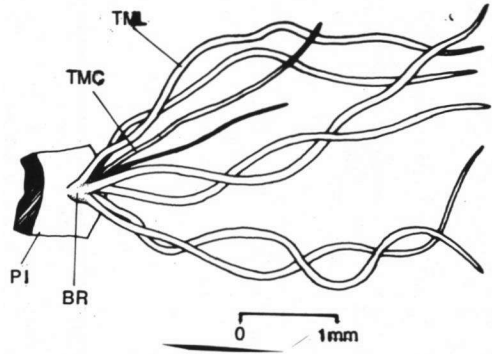


Fig. 5. *Calopteryx virgo*, ♀, stade N, détail du groupe 7. — (BR: bourse de réception, — PI: paroi intestinale, — TMC: tube de Malpighi court, — TML: tube de Malpighi long).

d'une même famille, et même, mais à un degré moindre, au sein d'une même espèce. Cette variabilité est peut-être à mettre en parallèle avec une certaine plasticité individuelle observée à d'autres titres chez les Odonates, par exemple lors de la croissance (SCHALLER, 1960; TESTARD, 1968).

— polymorphisme des tubes: le polymorphisme concerne à la fois la longueur et le diamètre, les deux allant généralement de pair. Déjà KAISER (1938) a montré que les tubes fins et courts sont en cours de croissance, tandis que les tubes épais et longs sont en fin de croissance, cette dernière semblerait se terminer lors de la métamorphose, du moins chez un certain nombre d'espèces. Ainsi la croissance de l'appareil malpighien semble effectivement terminée avant la mue imaginale chez *Libellula depressa* car la larve en cours de métamorphose et le nouvel imago ont des tubes de Malpighi tous longs; il en est de même chez *Platycnemis pennipes*; chez d'autres espèces, la larve à la montée et l'imago possèdent encore des tubes moyens ou courts comparables aux tubes larvaires venant de bourgeonner ou en voie de croissance; il en est ainsi chez *Ischnura elegans*, *Cordulegaster boltini*, *Anax imperator*, *Aeshna mixta*, *Gomphus pulchellus*.

En général, pour un stade larvaire donné, et quel que soit l'âge, nous avons toujours observé des tubes de tailles différentes.

L'étude de l'appareil malpighien d'*Anax imperator* à divers stades nous a permis d'illustrer de façon plus précise les conclusions ci-dessus (Tab. II et Fig. 8).

Ces observations montrent que chez *Anax imperator*, le système malpighien s'accroît par augmentation du nombre de groupes, par augmentation du nombre des tubes de chaque groupe, et par allongement à la fois des tubules et du tronc commun.

Cet accroissement est en relation étroite avec la croissance elle-même de l'animal (Fig. 8A, B).

Il semble bien que certains tubes aient déjà terminé leur croissance à des stades encore jeunes (Fig. 8C); et on peut penser que les groupes possédant le plus de tubes sont apparus les premiers, et que par contre ceux qui en possèdent le moins sont les plus récents.

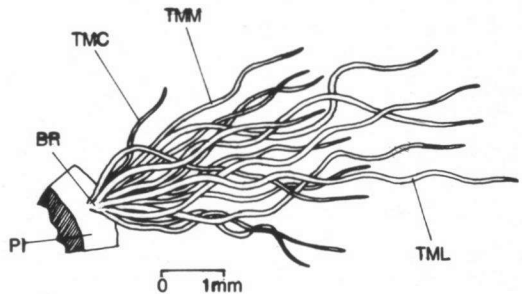


Fig. 6. *Libellula depressa*. ♀, stade 12. détail du groupe 6. — (BR: bourse de réception. — PI: paroi intestinale. — TMC: tube de Malpighi court. — TML: tube de Malpighi long. — TMM: tube de Malpighi moyen).

Tableau I

Caractéristiques de l'appareil de Malpighi au dernier (N) ou avant-dernier (N-1) stade larvaire, pendant la métamorphose (Mét.) ou au stade imaginal (im.). Les imagos ont été sacrifiés 8 hr (1), 24 hr (2) ou 48 hr (3) après la mue imaginale

Espèces	Sexe	Stade	Nombre de tubes	Nombre de groupes	Nombre de tubes par groupes	Présence des Tubes			Diamètre des tubes (µ)	Longueur maximale des tubes (mm)	Longueur max. du tronc commun (Aeshnidae) (mm)
						courts	moyens	longs			
<i>Platycnemis pennipes</i>	♂ ♀	N	55-65	10	4-10	+	+	+	10-20	5	
	♀	im (1)	67	10	5-9			+	20	4-5	
<i>Ischnura elegans</i>	♀	N	63	12	3-7		+	+	8-20	4-5	
	♀	Mét	68	12	3-9		+	+	8-20	4-5	
	♀	im. (2)	62	12	4-8			+	8-20	4-5	
<i>Pyrrhosoma nymphula</i>	♂	N	54	12	1-6		+	+	18-20	5	
	♀	N	57	13	1-8		+	+	16-20	5-5,5	
<i>Calopteryx virgo</i>	♀	N	57	10	2-9		+	+	10-20	4-5	
<i>Gomphus pulchellus</i>	♀	im.	117-140	15-17	5-15		+	+	10-30	12-14	
<i>Aeshna cyanea</i>	♂	N-1	270	16	5-24		+	+	10-25	3,5	1
	♂	N	376	18	7-33		+	+	10-30	4	1,5
<i>A. mixta</i>	♂	im.	215	18	2-22		+	+	10-30	5	1
<i>Anax imperator</i>	♀	N	395-437	10-21	11-36		+	+	10-30	5-6	3-4
	♂	im. (3)	496-555	17-21	3-63		+	+	10-30	5-6	
<i>Cordulegaster boltoni</i>	♂	N	273-335	25-33	5-23		+	+	10-30	12	
<i>Somatohora metallica</i>	♀	N	288	18	7-27			+	5-6		
<i>Libellula depressa</i>	♂	N	265	18	11-19		+	+	10-30	4-6	
	♀	Mét.	217	18	5-27			+	25-30	5-6	
	♀	im. (3)	117	18	4-17			+	25-30	5-6	
<i>Sympetrum fonscolombae</i>	♂	N-1	108-122	18	2-12		+	+	5-6	6	
	♀	N	148	18	5-13			+	25-30	6	

CONCLUSION

GAGNEPAIN (1956) avait déjà mis en évidence, au point de vue anatomie microscopique, l'homogénéité de structure des tubes de Malpighi de nombreux Odonates (Libellulidae, Aeshnidae, Coenagriidae, Calopterygidae, Lestidae).

Toutefois une étude comparée de la disposition générale de l'appareil malpighien restait à faire dans l'ensemble de l'ordre; et on pouvait se demander si l'homogénéité observée en histologie se retrouverait alors. On sait en effet que chez divers autres polyphrèdiés, tels que les Ephémères ou les Blattes, les variations morphologiques de l'appareil malpighien sont importantes, bien définies et s'inscrivent même dans le cadre systématique prenant alors valeur de critère taxonomique.

Les observations effectuées ont montré que, chez les Odonates, l'organisation de l'appareil malpighien

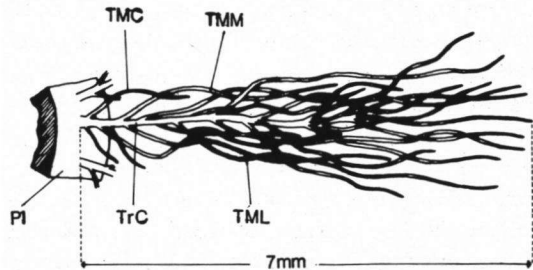


Fig. 7. *Anax imperator*, stade N, ♀, détail du groupe 3. — (TMC: tube de Malpighi court, — TML: tube de Malpighi long. — TMM: tube de Malpighi moyen, — TrC: tronc commun, — PI: paroi intestinale).

est homogène dans tout le groupe et que ce soit chez les plus anciens (Lestidae) ou ceux se trouvant au sommet de l'arbre généalogique (Libellulidae) (FRASER, 1957) le schéma-type est le même.

Il y a certes des variations importantes dans le nombre de tubes et de groupes, mais cette variabilité est sans rapport avec la phylogénèse, et se retrouve d'ailleurs jusqu'au niveau intraspécifique.

La taille atteinte par l'appareil malpighien est dans une large mesure en relation avec celle de l'animal. Les Zygoptères, en général beaucoup plus petits que les Anisoptères, ont un nombre de tubes de Malpighi nettement moins élevé. Il est également probable que l'appareil Malpighien possède des potentialités de croissance qui lui soient propres selon les espèces et qui seraient le reflet d'activités métaboliques différentes.

L'appareil malpighien des Aeshnidae présente une variante: au lieu de se jeter au même niveau dans une bourse de réception, les tubes s'insèrent le long d'un tronc commun étiré. Tout se passe comme si la bourse de réception s'était allongée: il y aurait non seulement une croissance distale des tubules, mais aussi un accroissement proximal de la zone d'insertion et non un simple bourgeonnement comme dans les autres familles. Cette disposition est à retenir seulement comme une particularité liée à cette famille.

Il convient aussi d'insister sur l'extraordinaire développement de l'appareil

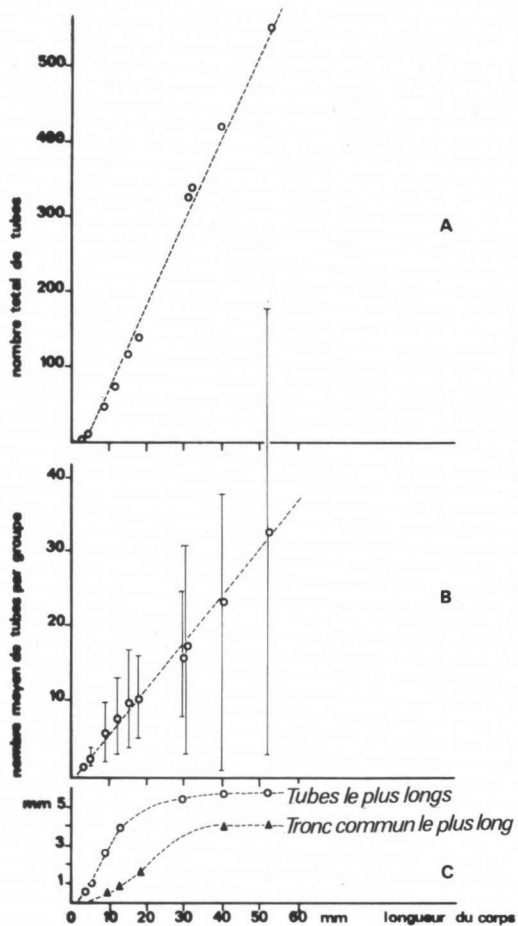


Fig. 8. Relations, chez la larve d'*Anax imperator*, entre la longueur du corps et: A: le nombre total de tubes, — B: le nombre moyen de tubes par groupe, — C: la longueur maximale des tubes et des troncs communs.

Tableau II

Dénombrement de l'appareil malpighien pour quelques stades larvaires d'*Anax imperator*.

Sexe	Stade	Longueur totale du corps (mm)	Nombre de tubes	Nombre de groupes	Nombre de tubes par groupes	Moyenne	Tube le plus long (mm)	Tronc commun le plus long (mm)
	2	2,5	3	3	1	1	0,5	
	2	2,7	3	3	1	1	0,5	
	4	4	12	5	2-4	2,4	1	
	N-7?	8	46	8	2-10	5,75	2,5	0,5
	N-6?	11	73	10	3-13	7,3	4	0,8
	N-5?	14	115	12	4-17	9,6	4	
	N-4?	17	137	14	5-16	9,8	4	1,5
♀	N-2	29	333	21	3-31	15,9	4	
♀	N-2	32	343	20	8-25	17,2	5,5	
♂	N-1	40	422	18	2-38	23,4	6	4
♂	N	54	555	17	3-63	32,6	6	4

malpighien chez les Odonates. Ainsi certains Aeshnidae possèdent plus de 500 tubes de Malpighi, ce qui correspond à une surface de filtration énorme; les tubes les plus longs peuvent atteindre 12 mm chez les Cordulegastridae. Rappelons l'hypothèse formulée par GAGNEPAIN (1956) selon laquelle certains tubes de Malpighi seraient en pleine activité physiologique pendant que d'autres seraient presque en état de repos.

La métamorphose n'affecte pas l'appareil malpighien. Bien que qualifiés parfois d'hémi-métaboles, les Odonates sont de vrais hétérométaboles; leurs larves sont dépourvues de disques imaginaires et les transformations accompagnant leur mue imaginaire ne concerne que les appareils (respiratoire, locomoteur, buccal) en liaison avec le changement de milieu. A ce point de vue, SNODGRASS (1954) considère que chez les Odonates la larve a suivi une évolution particulière, distincte de celle de l'imago, et s'est hautement spécialisée à la vie aquatique. La "métamorphose" comporte, outre les changements habituellement liés au passage à l'état imaginal, la perte des adaptations à la vie aquatique et l'acquisition des structures liées à la vie aérienne.

Nous montrerons prochainement que l'excrétion azotée garde également, au stade larvaire et au stade imaginal, les mêmes caractéristiques.

RÉFÉRENCES

BERKALOFF, A., 1960. Contribution à l'étude des tubes de Malpighi et de l'excrétion chez les Insectes. *Annls Sci. nat. (Zool.)* 2: 869-947.

- BULIMAR, F., 1973. Contributii la studiul morfologici interne a larvelor de Odonate (cl. Insecta, ord. Odonata). *Anal. ştiinţ. Univ. Al. I. Cuza (Biol.)* 19: 385-392.
- DUFOUR, L., 1852. Etudes anatomiques et physiologiques et observations sur les larves des Libellulides. *Annls Sci. nat. (Zool.)* 17: 65-110.
- FRASER, F.C., 1957. *A reclassification of the Order Odonata*. Roy. Zool. Soc. N.S.W., Sydney.
- GAGNEPAIN, J., 1956. Données cytologiques et histochimiques sur les tubes de Malpighi des Odonates. *Bull. Soc. zool. Fr.* 81: 395-410.
- GRIFFITHS, A.B., 1888. On the Malpighian tubules of *Libellula depressa*. *Proc. R. Soc. Edinburgh* 15: 401-403.
- KAISER, E.W., 1938. Zur Morphologie und Histologie der malpighischen Gefäße der Larven und Imagines von *Cordulia aenea* L. und *Ischnura elegans* v.d.L. *Zool. Jb. Anat.* 65: 123-140.
- LANDA, V., 1969. Comparative anatomy of mayfly larvae (Ephemeroptera). *Acta ent. bohemoslov.* 66: 289-316.
- LEFEUVRE, J.C. & P. RAZET, 1968. Importance taxonomique de la répartition des tubes de Malpighi chez les Blattaria. *Proc. XIII int. Congr. Ent., Moscow* 1: 408-409.
- MARCUS, B.A., 1930. Untersuchungen über die malpighischen Gefäße bei Käfern. *Z. Morph. Ökol. Tiere* 19: 609-677.
- MARSHALL, W.S., 1914. On the anatomy of the dragonfly *Libellula quadrimaculata*, Linne. *Trans. wis. Acad. Sci. Arts Lett.* 17: 755-790, pl. 68-71.
- MAXWELL, D.E., 1955. Comparative internal larval anatomy of sawflies (Hymenoptera, Symphyta). *Can. Ent.(Suppl.)* 1: 1-132.
- RAMDOHR, K.A., 1811. *Abhandlung über die verdauungswerkzeuge der Insecten*. Hendel, Halle. — [Odon. pp. 145-147].
- SADONES, J., 1896. L'appareil digestif et respiratoire larvaire des Odonates. *Cellule* 11: 273-324.
- SCHALLER, F., 1960. Étude du développement post-embryonnaire de *Aeschna cyanea* Müll. *Annls Sci. nat. (Zool.)* 12: 751-868, pl. 1-4.
- SCHINDLER, E., 1878. Beiträge zur Kenntnis der malpighischen Gefäße der Insecten. *Z. wiss. Zool.* 30: 587-660.
- SNODGRASS, R.E., 1954. The dragonfly larva. *Smithson. misc. Collns* 123: 1-38.
- STRAUB, E., 1943. Stadien und Darmkanal der Odonäten in Metamorphose und Häutung, sowie die Bedeutung des Schlüpfaktes für die systematische Biologie. *Arch. Naturg. (N.F.)* 12: 1-93.
- TESTARD, P., 1968. *Développement et productivité des larves d'Aeschnidae*. Thèse Doct. 3^e cycle, Paris, 51 pp.
- TILLYARD, R.J., 1917. *The biology of dragonflies*. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- VENEZIANI, A., 1904. Valore morfologico e fisiologico dei tubi malpighiani. *Redia* 2: 177-230.
- WINKELMANN, F., 1973. *Sympetrum vulgatum, Heidelibelle*. Fischer, Stuttgart.