



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

ANNEXES

S/MZ

93/64

J. D.

1^{er} L

THESE

Présentée à l'Université de Metz en vue de l'obtention du grade de:

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE DE METZ

Mention: Sciences de la vie
Spécialité: Toxicologie de l'environnement

par

Laure GIAMBERINI

Titre

**ETUDE DES MECANISMES DE TRANSPORT ET DETOXICATION DES METAUX
LOURDS CHEZ LA MOULE D'EAU DOUCE *Dreissena polymorpha*. RÔLE DES
HEMOCYTES ET DES ORGANES DU SYSTEME EXCRETEUR (HISTOLOGIE,
ULTRASTRUCTURE, MICROANALYSE)**

Soutenue le 20 décembre 1993 devant la commission d'examen:

Président: Jean-Claude PIHAN

Professeur à l'Université de Metz
Directeur de thèse

Rapporteurs: Jean-Claude AMIARD
Christine BALLAN-DUFRANÇAIS

Directeur de recherches, CNRS de Nantes
Maître de Conférences à l'Université de Paris VI

Examineurs:

BIBLIOTHEQUE UNIVERSITAIRE DE METZ



022 420359 9

Professeur à l'Université de Metz, co-directeur de

de conférence à l'Université de Brest
de Recherche CNRS à l'Université de

THESE

Présentée à l'Université de Metz en vue de l'obtention du grade de:

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE DE METZ

Mention: Sciences de la vie
Spécialité: Toxicologie de l'environnement

par

Laure GIAMBERINI

Titre

**ETUDE DES MECANISMES DE TRANSPORT ET DETOXICATION DES METAUX
LOURDS CHEZ LA MOULE D'EAU DOUCE *Dreissena polymorpha*. RÔLE DES
HEMOCYTES ET DES ORGANES DU SYSTEME EXCRETEUR (HISTOLOGIE,
ULTRASTRUCTURE, MICROANALYSE)**

Soutenue le 20 décembre 1993 devant la commission d'examen:

Président: Jean-Claude PIHAN

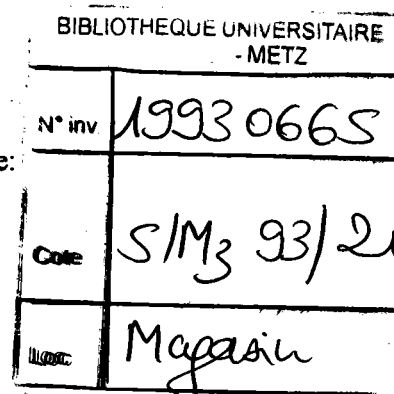
Professeur à l'Université de Metz
Directeur de thèse

Rapporteurs: Jean-Claude AMIARD
Christine BALLAN-DUFRANÇAIS

Directeur de recherches, CNRS de Nantes
Maître de Conférences à l'Université de Paris VI

Examineurs: Denyse BAGREL
Michel AUFFRET
Jean-Marie KELLER

Professeur à l'Université de Metz, co-directeur de
thèse
Maître de conférence à l'Université de Brest
Ingénieur de Recherche CNRS à l'Université de
Nancy



PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES

PLANCHE I

Hémocytes de *D. polymorpha* sur couches monocellulaires

Figures 1 et 2 : Prohyalinocytes à noyau (N) volumineux et cytoplasme réduit. Coloration au May-Grünwald-Giemsa. x 1000.

Figures 3 à 6 : Hyalinocytes (Hy) de taille variable à noyau volumineux (N) contenant un gros nucléole (Nu). L'endoplasme est hyalin (En) et contient des petites vacuoles claires (Va). L'ectoplasme (Ect) s'étale autour de l'endoplasme et émet des fins prolongements cytoplasmiques (Pc). Coloration au May-Grünwald-Giemsa. x 1000.

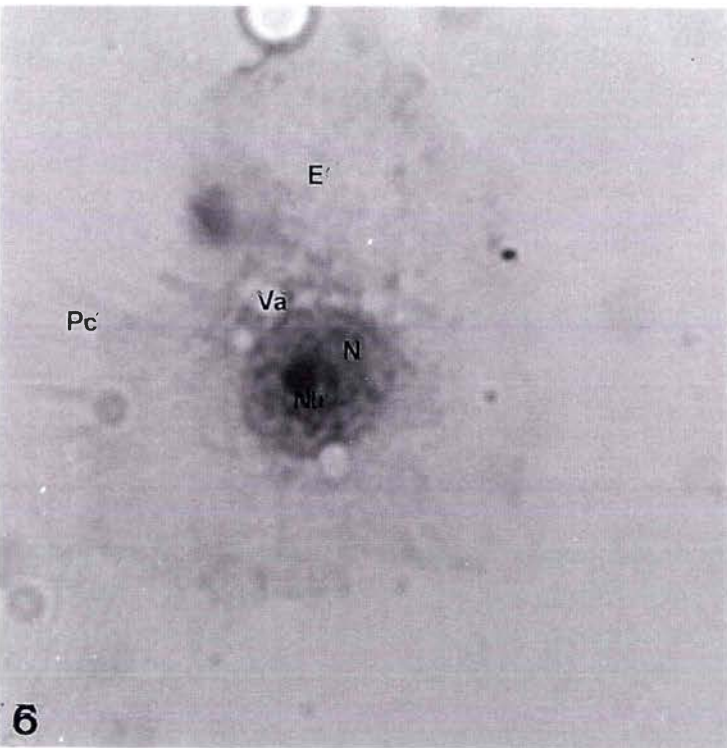
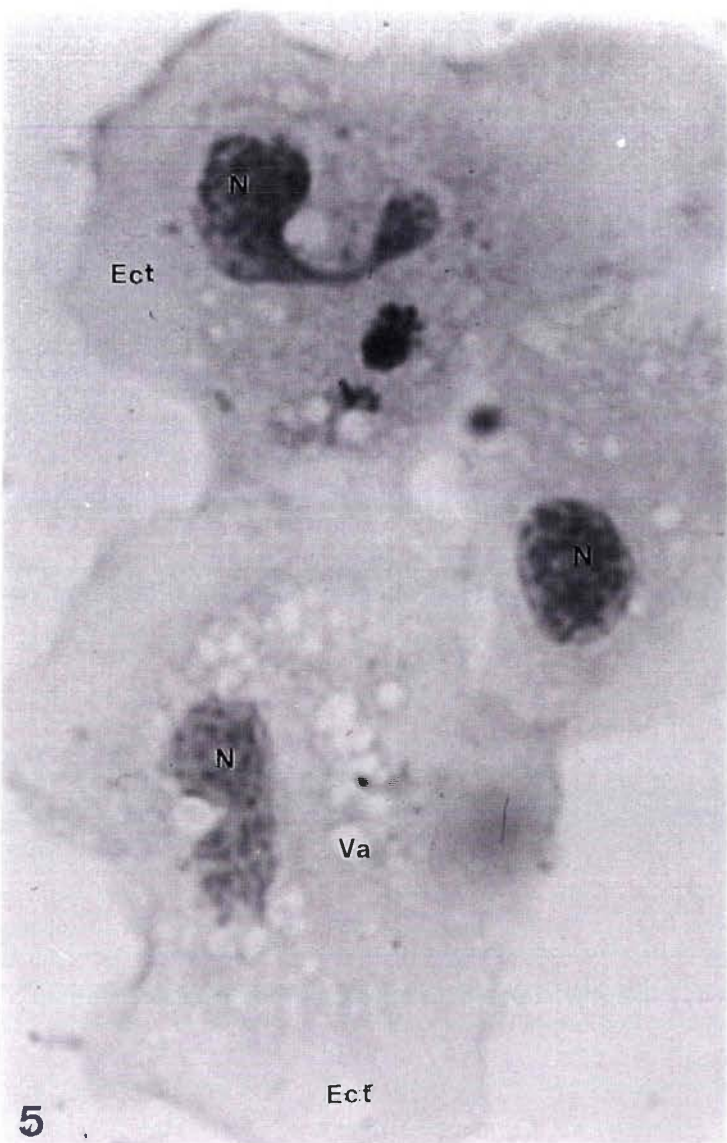
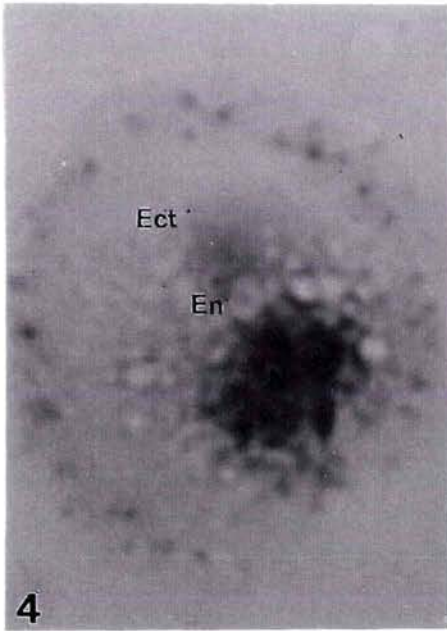
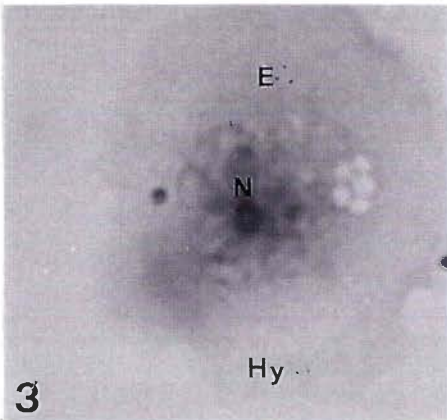
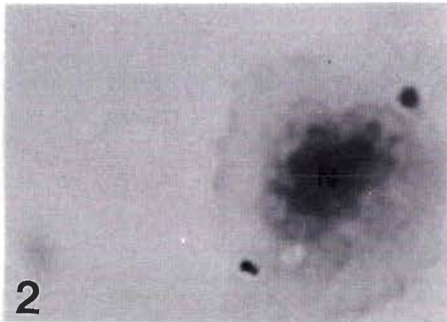
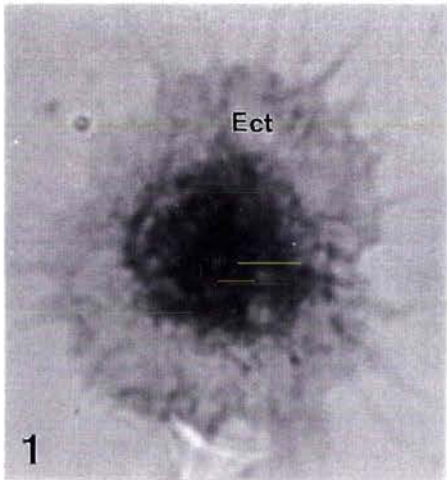


PLANCHE II

Hémocytes de *D. polymorpha* sur couches monocellulaires

Figures 1 à 3 : Hémocytes peu granuleux à noyau (N) volumineux contenant un gros nucléole (Nu). Le cytoplasme contient quelques inclusions sphériques ou granules (Gr) à affinité basophile et des vacuoles claires (Va) de taille variable. Lors de son déplacement sur le support, l'ectoplasme émet de fins prolongements cytoplasmiques (Pc). Coloration au May-Grünwald-Giemsa. x 1000.

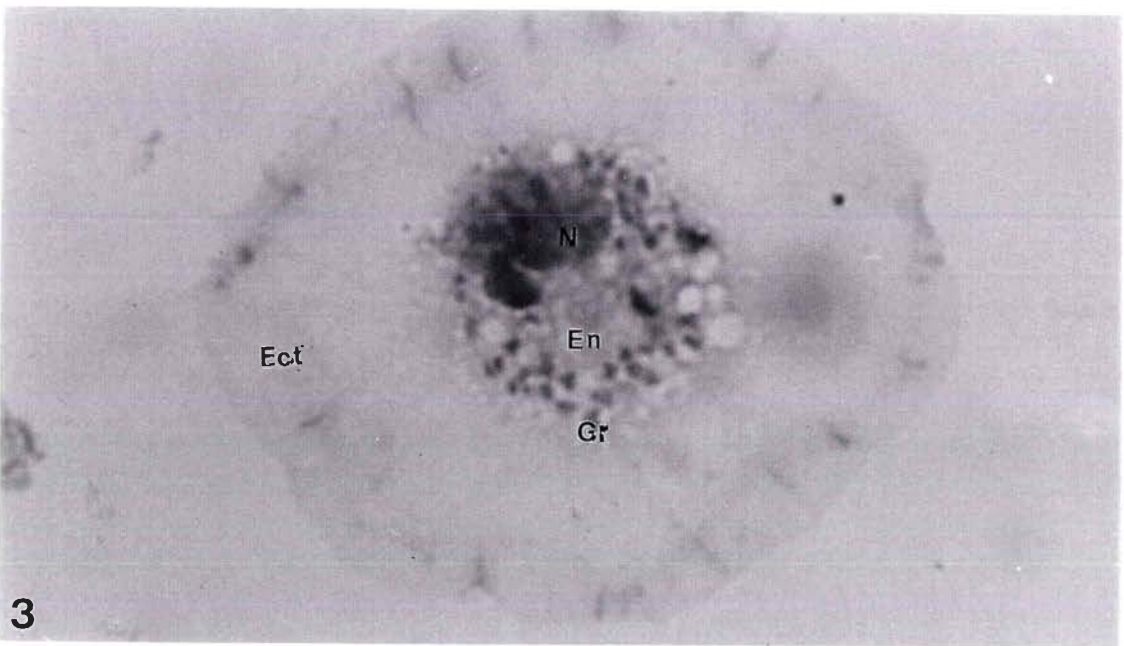
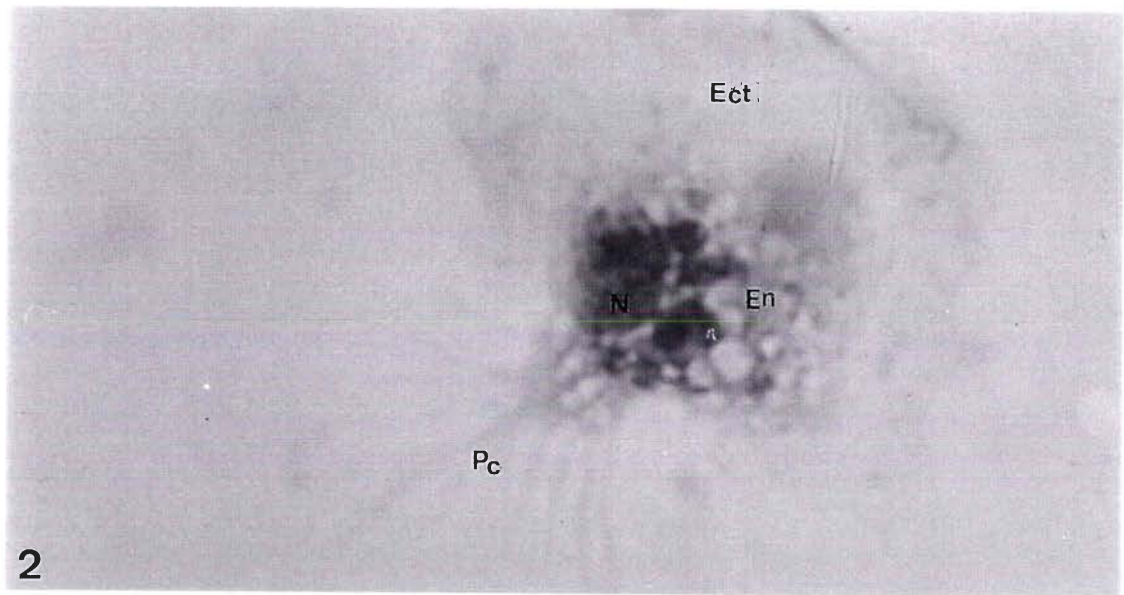
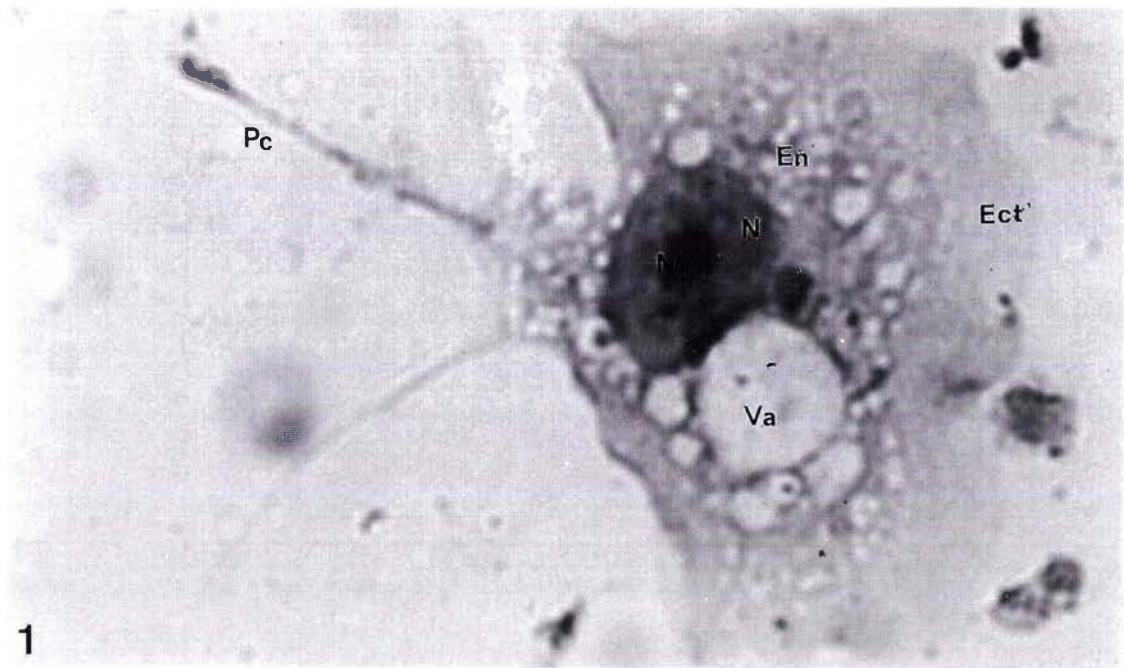


PLANCHE III

Hémocytes de *D. polymorpha* sur couches monocellulaires

Figure 1 : Hémocytes peu granuleux à noyau (N) volumineux contenant un gros nucléole (Nu). L'endoplasme (En) contient quelques inclusions sphériques à affinité basophile et de petites vacuoles claires (Va). Lors de son déplacement sur le support l'ectoplasme émet, parfois, un seul prolongement cytoplasmique de grande taille (Pc). Coloration au May-Grünwald-Giemsa. x 1000.

Figures 2 et 3 : Hémocytes peu granuleux à noyau (N) volumineux contenant un gros nucléole (Nu). Le cytoplasme peut contenir des vacuoles (Va) de grande taille contenant du matériel de phagocytose ressemblant à des bactéries (flèches). Coloration au May-Grünwald-Giemsa. x 1000.

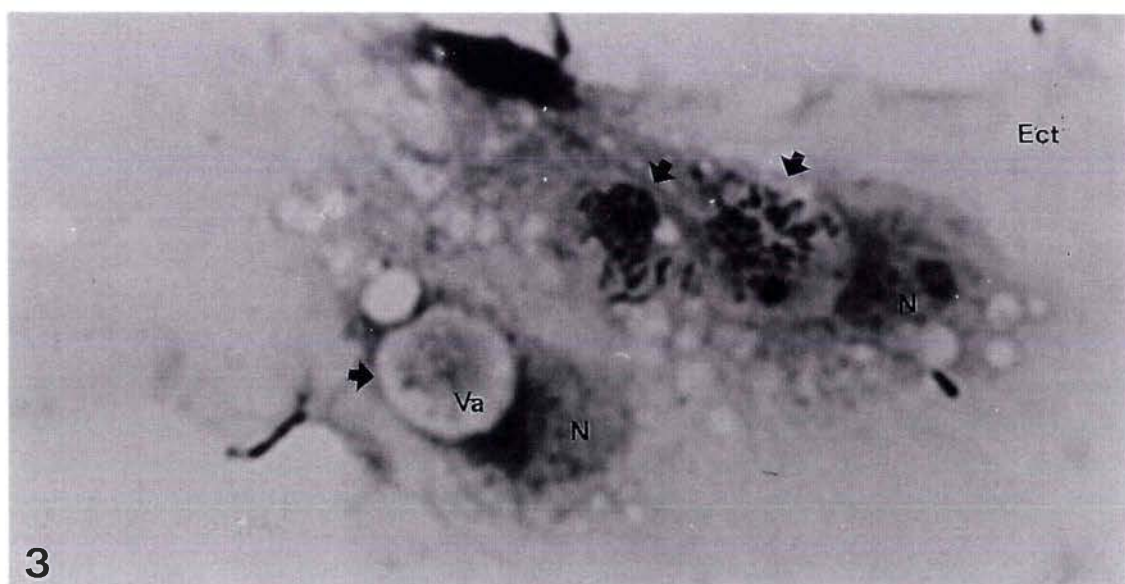
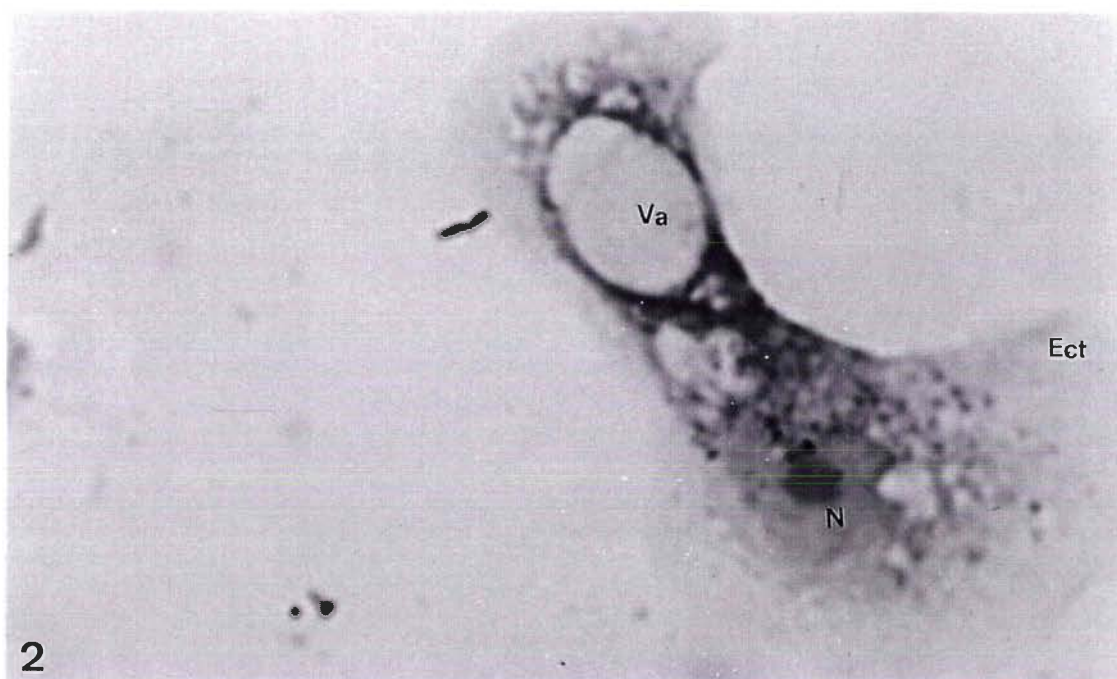
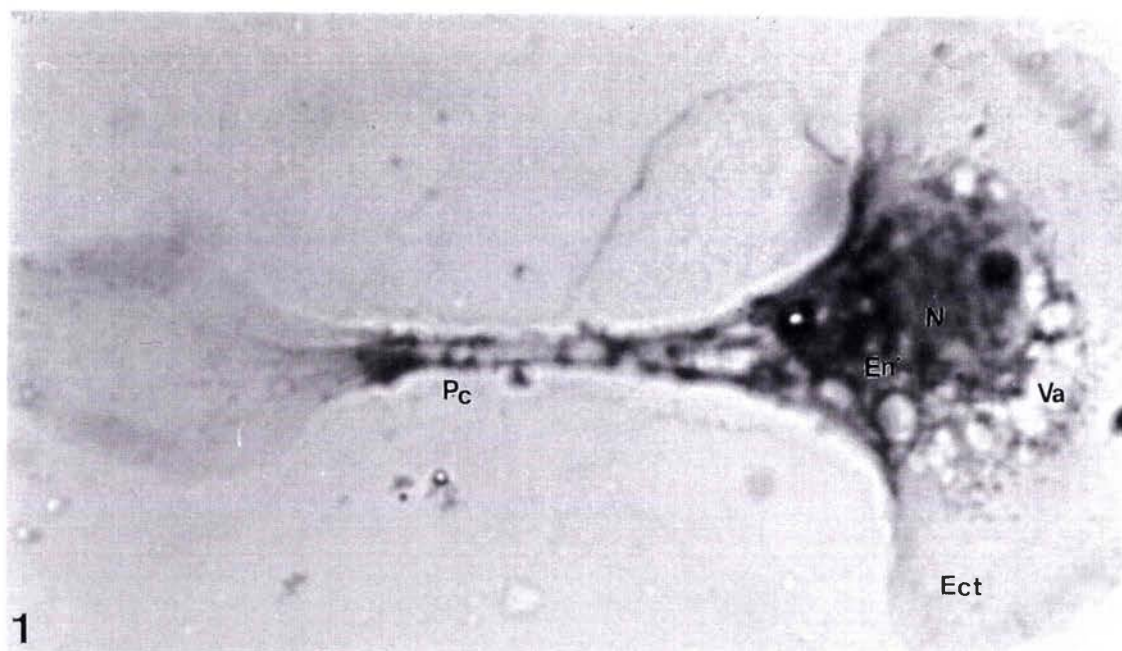


PLANCHE IV

Hémocytes de *D. polymorpha* sur couches monocellulaires

Figure 1 : Granulocyte (Gra) à noyau (N) sphérique et excentré. L'endoplasme contient de nombreux granules (Gr) polyédriques à affinité neutrophile. L'ectoplasme (Ect) s'étale autour de l'endoplasme en émettant des prolongements cytoplasmiques conférant à la cellule une forme irrégulière. Coloration au May-Grünwald-Giemsa. x 1000.

Figure 2 : Granulocyte (Gra) à noyau (N) sphérique et excentré. L'endoplasme contient de nombreux granules (Gr) polyédriques à affinité neutrophile. L'ectoplasme (Ect) s'étale d'une manière asymétrique autour de l'endoplasme (En) donnant à la cellule une forme de demie-lune. Hyalinocyte (Hy). Coloration au May-Grünwald-Giemsa. x 1000.

PLANCHE IV

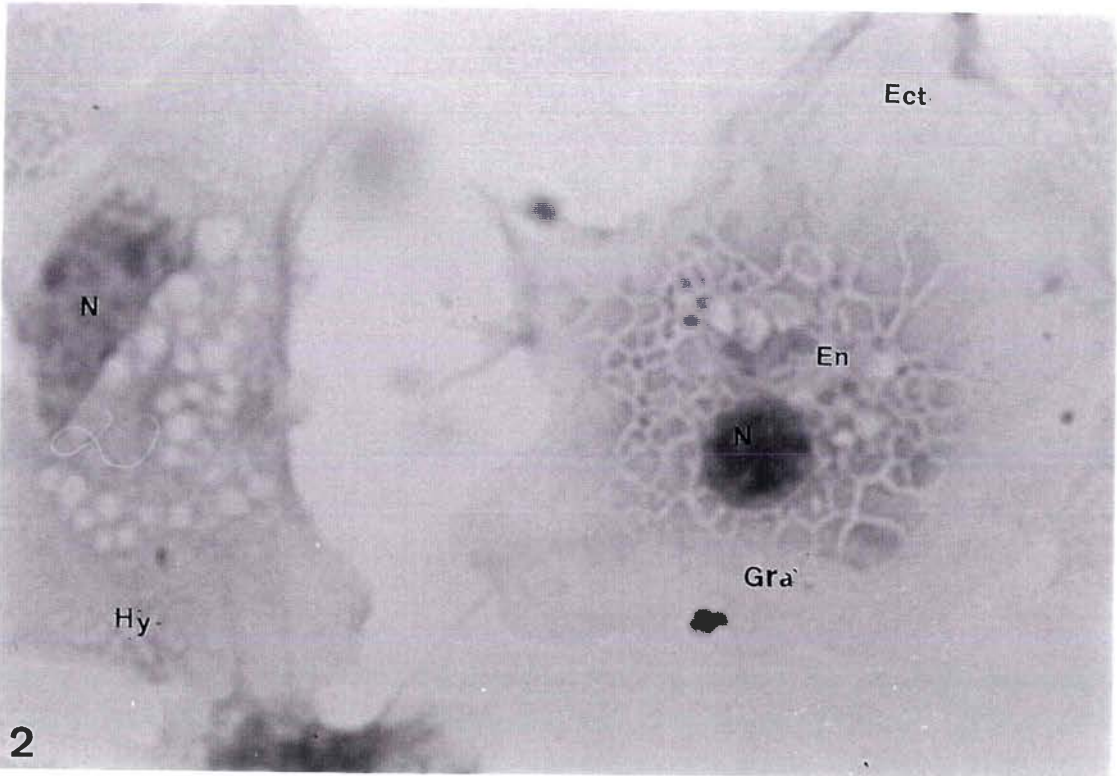
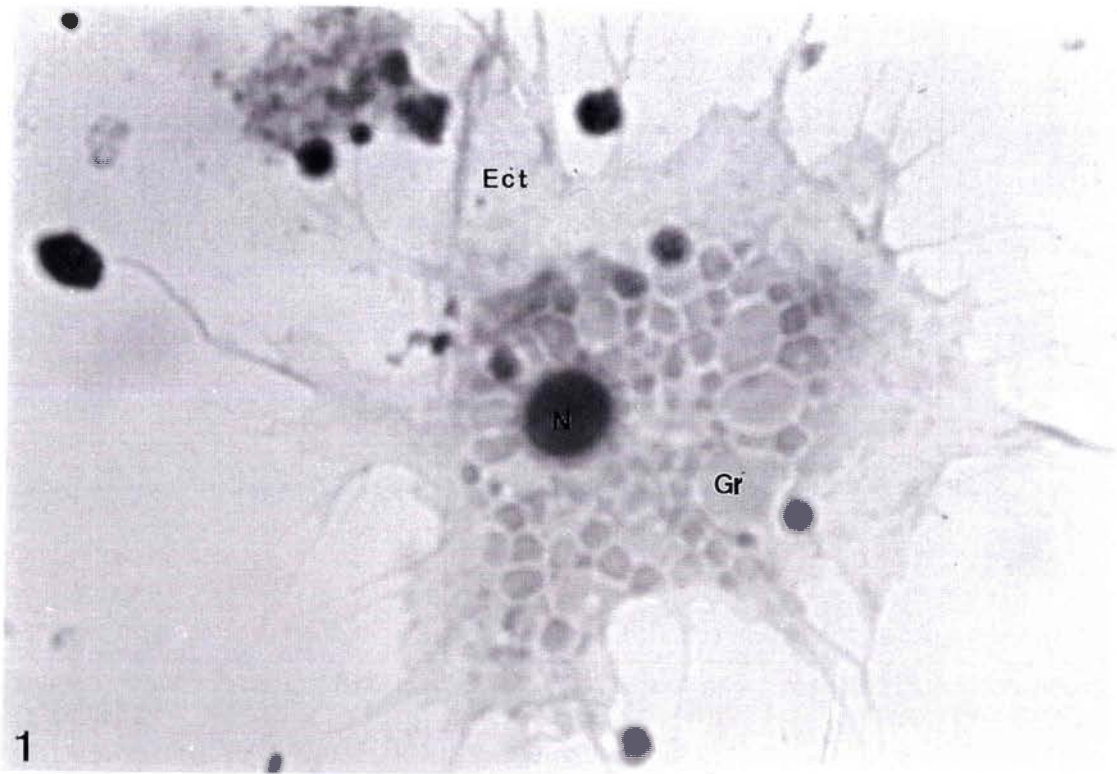


PLANCHE V

Hémocytes de *D. polymorpha* sur coupes histologiques et semi-fines

Figures 1 et 2 : Hémocytes dans un espace sanguin branchial et dans des lacunes autour des tubules gonadiques. Les hyalinocytes (flèche blanche) possèdent un noyau central dont la chromatine est condensée en mottes. Le nucléole (Nu) volumineux est bien visible. Le cytoplasme, peu abondant est hyalin. Un stade jeune, à cytoplasme très peu développé est visible (double flèche). Les granulocytes (flèche noire) montrent un petit noyau excentré et un cytoplasme à granulations sphériques. Coupes histologiques, coloration au bleu de Toluidine x 1000.

Figure 3 : Hémocytes dans un sinus bordant la glande péricardiale formée de podocytes (P). Le noyau des hyalinocytes (flèche blanche) contient une chromatine condensée en petites mottes et un volumineux nucléole. Leur cytoplasme est hyalin. Le cytoplasme des granulocytes (flèche noire) contient des granules sphériques. Coupe semi-fine, coloration au bleu de Toluidine x 1000.

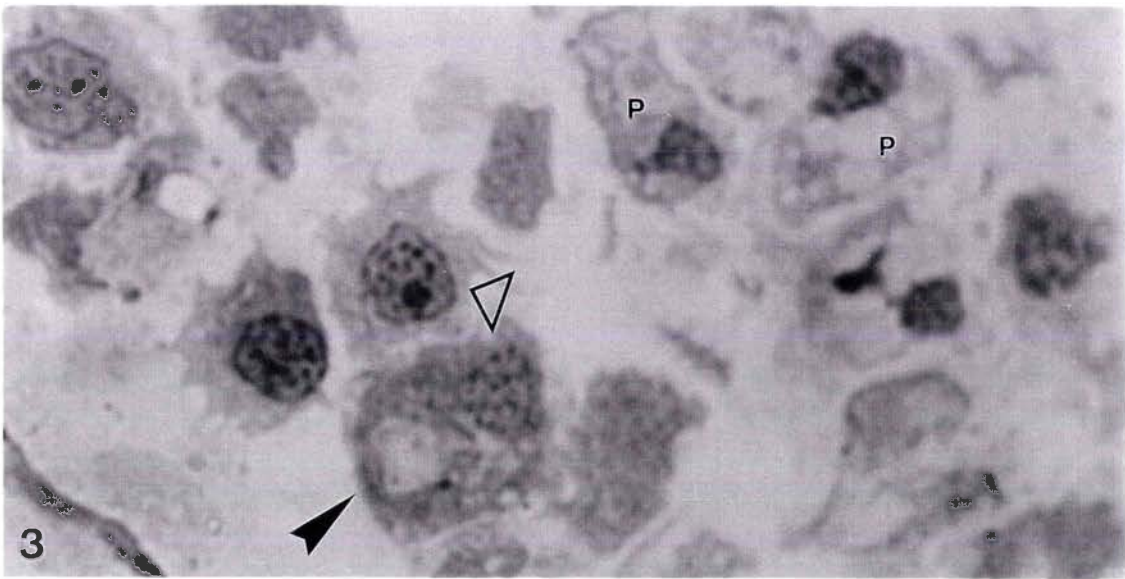


PLANCHE VI

Ultrastructure des hyalinocytes de *D. polymorpha*

Figures 1 et 2 : Hyalinocytes. Le noyau (N) rond et volumineux contient un ou deux nucléoles (Nu). La chromatine est condensée en petites mottes et en liseré perinucléaire. Le cytoplasme, peu développé, contient des mitochondries (M) et quelques granules (Gr). Certaines cellules émettent des prolongements cytoplasmiques (Pc).

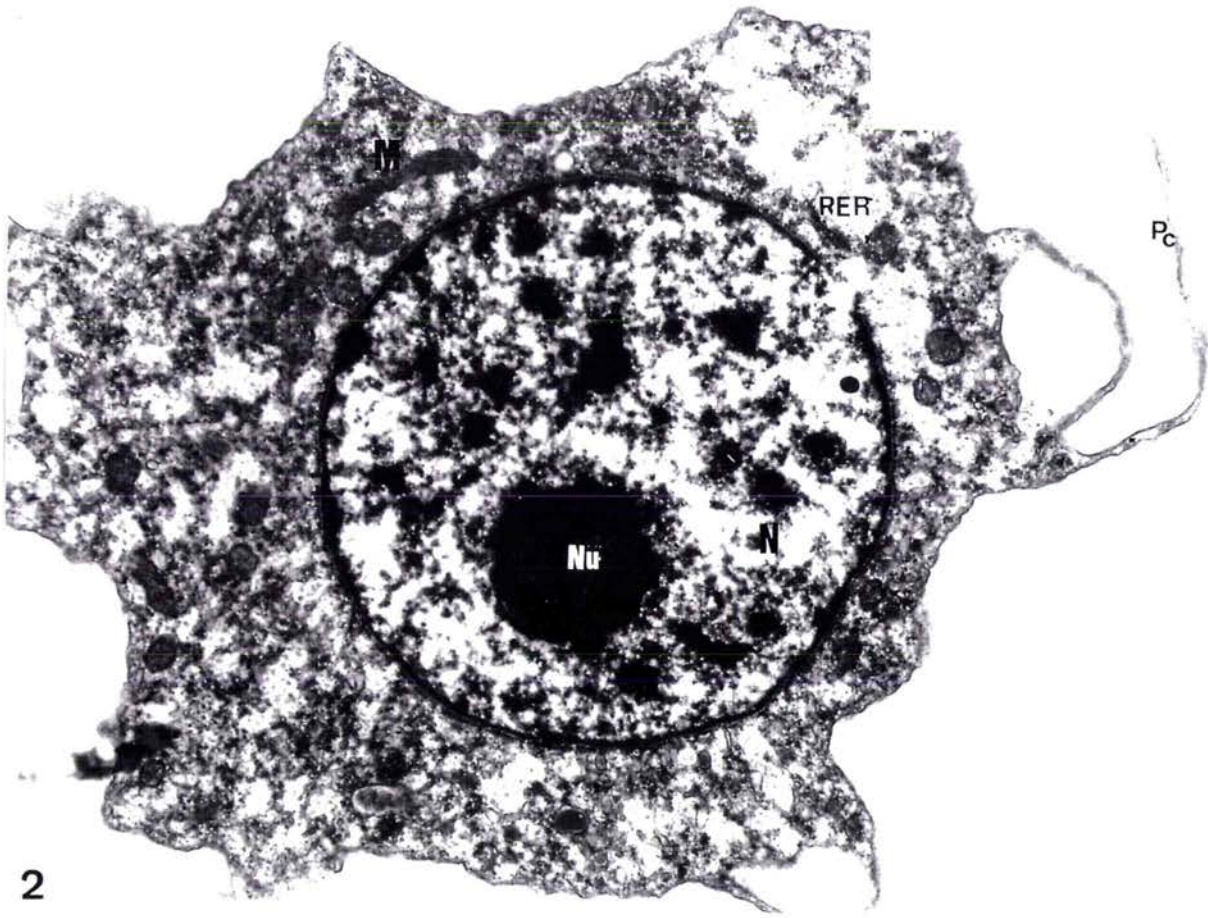
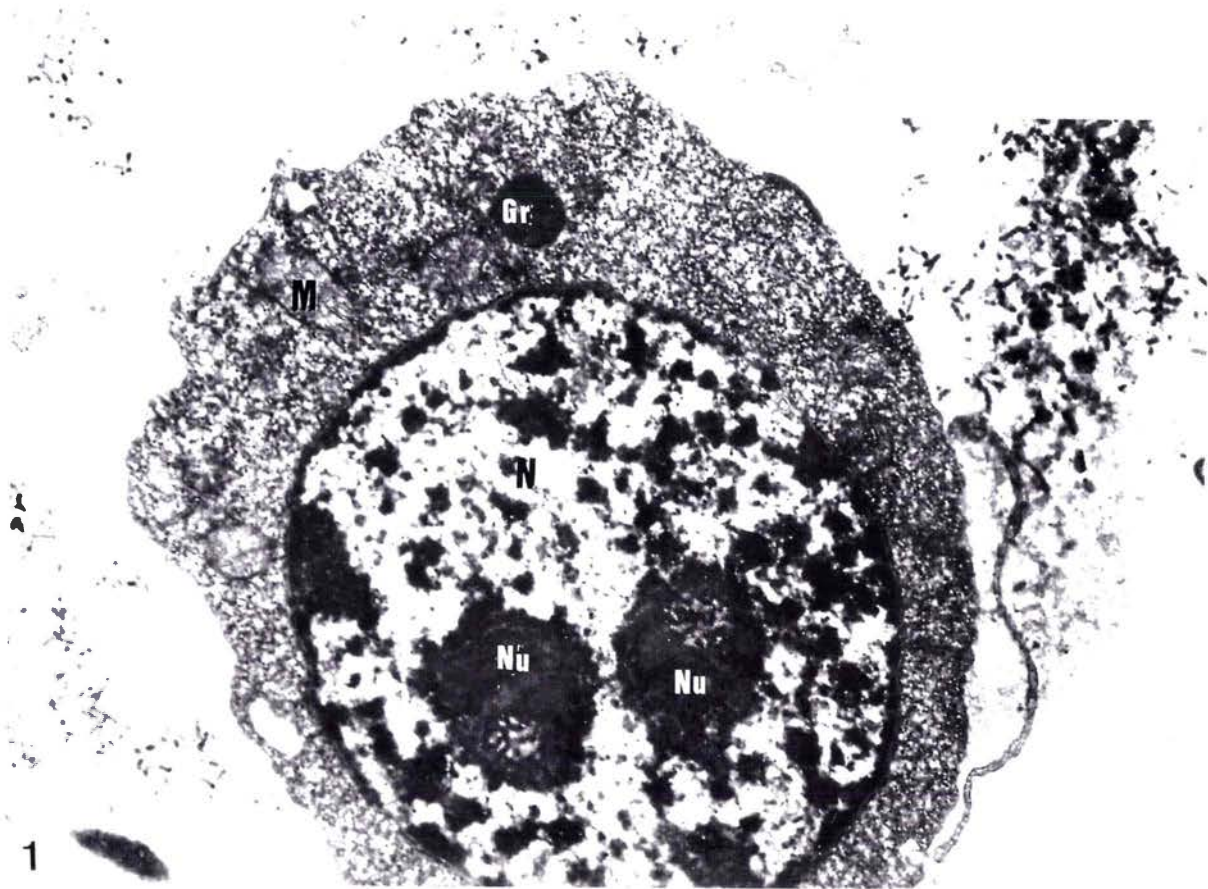


PLANCHE VII

Ultrastructure des hyalinocytes de *D. polymorpha*

Figure 1 : Hyalinocyte. La chromatine est condensée en petites mottes et en liseré périnucléaire dans le noyau volumineux (N). Le cytoplasme contient un réticulum endoplasmique lisse (REL) bien développé en petits saccules. Microphotographie x 7500.

Figure 2 : Détail des granulations (Gr) de petite taille dans le cytoplasme d'un hyalinocyte. Leur regroupement suggère leur production par l'appareil de Golgi. Microphotographie x 25000.

Figure 3 : Détail des vésicules lipidiques (VI) et du réticulum endoplasmique lisse (REL) dans le cytoplasme des hyalinocytes. Microphotographie x 30000.

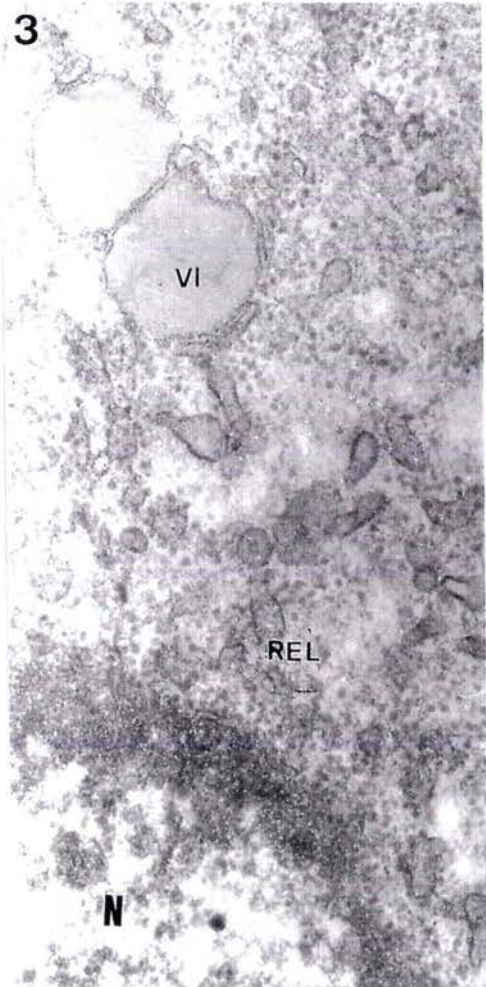
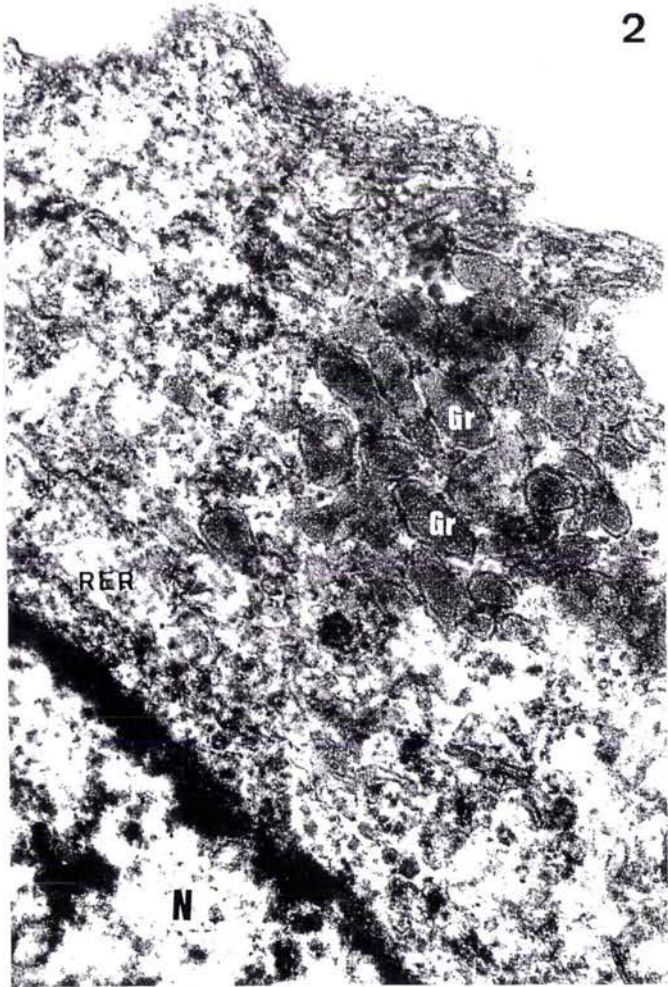
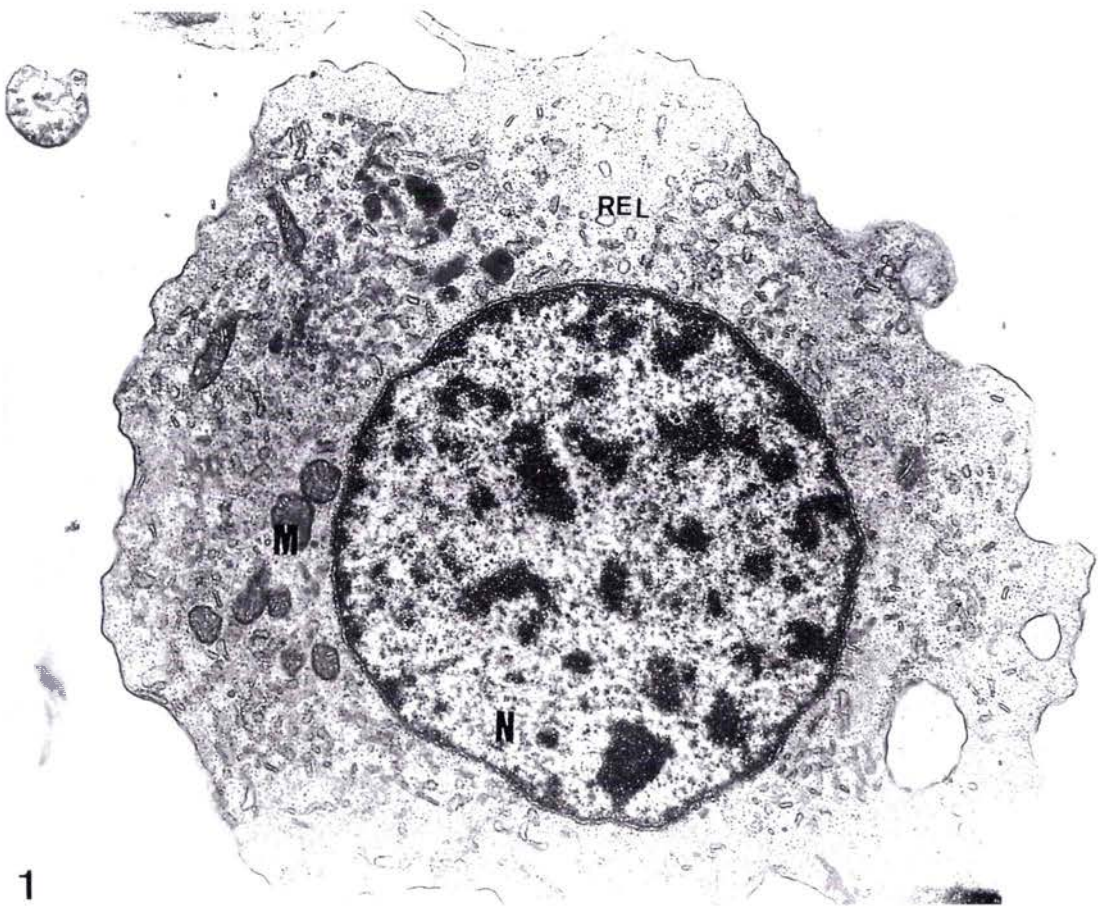


PLANCHE VIII

Ultrastructure des granulocytes de *D. polymorpha*

Figure 1 : Granulocyte dans l'hémolymphe. Le noyau (N) contient une chromatine condensée en grosses mottes. Le cytoplasme est occupé par des nombreuses granulations (Gr) à matrice moyennement électrodense. Les mitochondries (M) sont dispersées entre les granules. L'ectoplasme émet de fins prolongements cytoplasmiques. Microphotographie x 5000.

Figure 2 : Granulocyte dans un sinus à la base d'un podocyte (P). La chromatine est condensée en très grosse mottes et en liserés périnucléaire. Les granulations (Gr) de forme polyédrique occupent tout l'endoplasme. Le cytoplasme contient des mitochondries (M) allongées dispersées entre les granules et de nombreuses petites vésicules claires (Ve). Microphotographie x 10000.

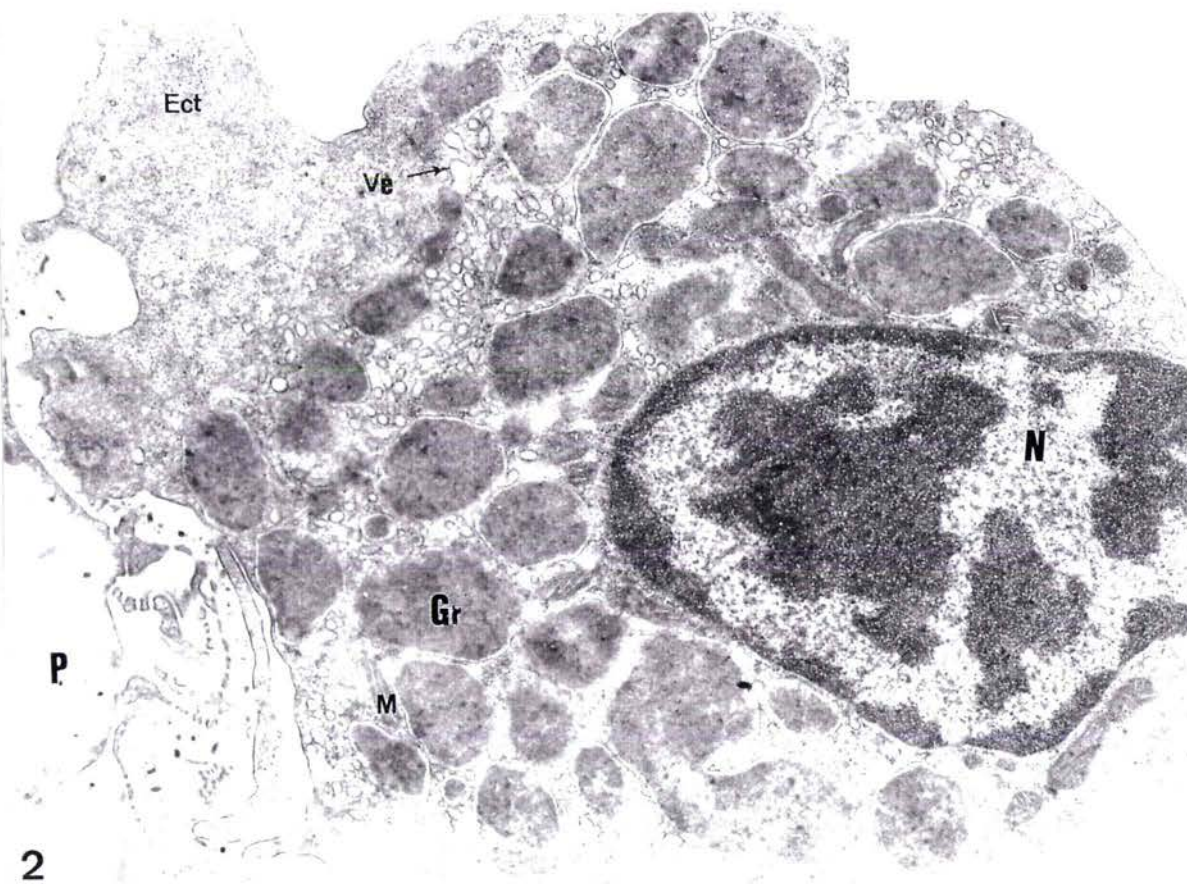
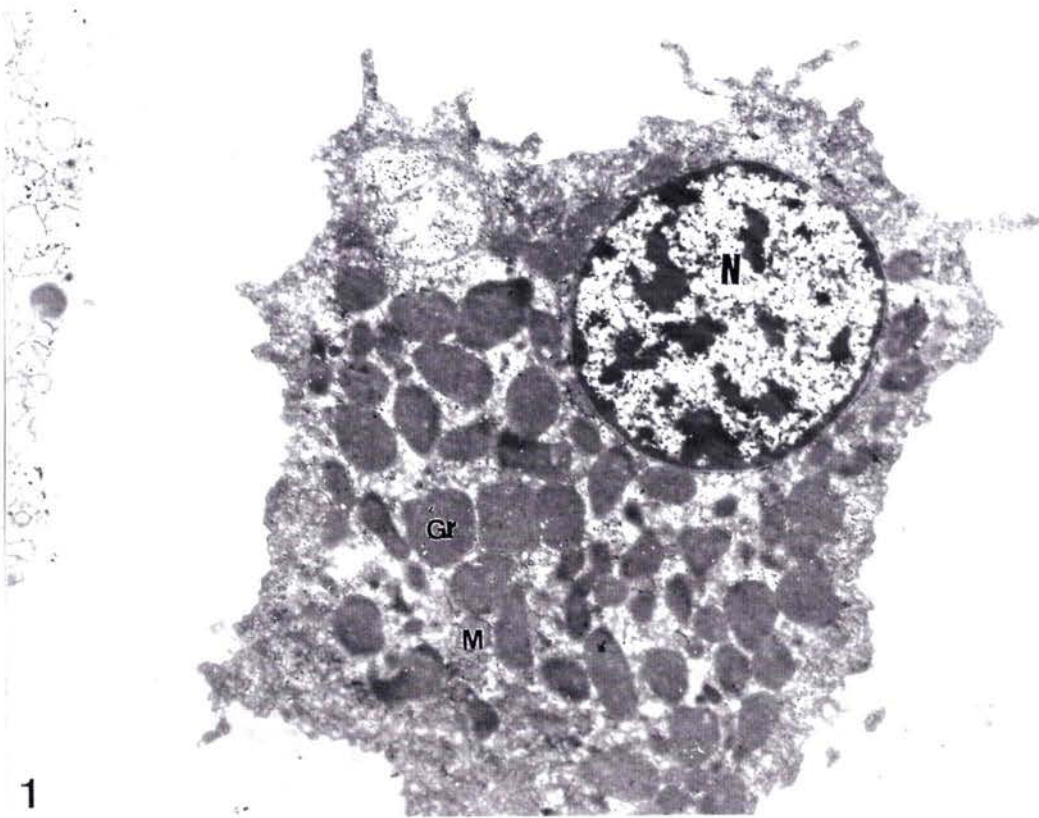


PLANCHE IX

Ultrastructure des granulocytes de *D. polymorpha*

Figure 1 : Détail des granules cytoplasmiques (Gr). La matrice amorphe est moyennement électrodense. Elle est répartie d'une manière homogène dans l'ensemble du granule. Des mitochondries (M) allongées et des saccules du réticulum endoplasmique lisse (REL) sont visibles. Microphotographie x 30000.

Figure 2 : Détail des granules cytoplasmiques (Gr) de différentes tailles. Les granules contiennent une matrice amorphe et quelques petites structures membranaires (flèches). Le cytoplasme contient de nombreux saccules allongés du réticulum endoplasmique lisse (REL). Le réticulum endoplasmique rugueux (RER) se présente sous forme de petites citernes fines près du noyau (N). Microphotographie x 30000.

Figure 3 : Détail de l'appareil de Golgi formé de 5 à 6 saccules et entouré par de nombreuses vésicules golgiennes (flèches). Microphotographie x 50000.

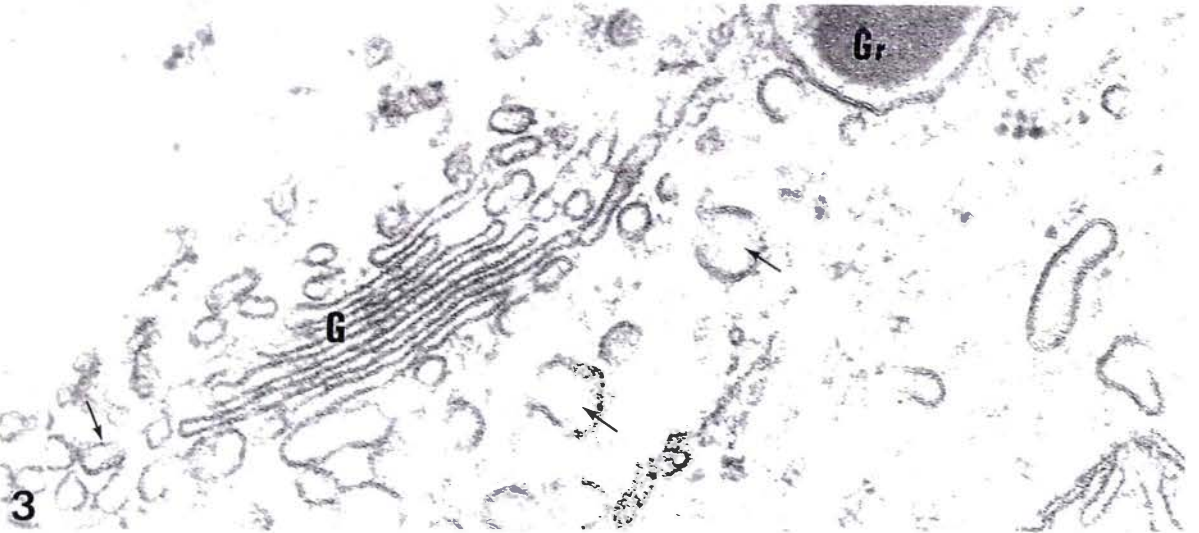
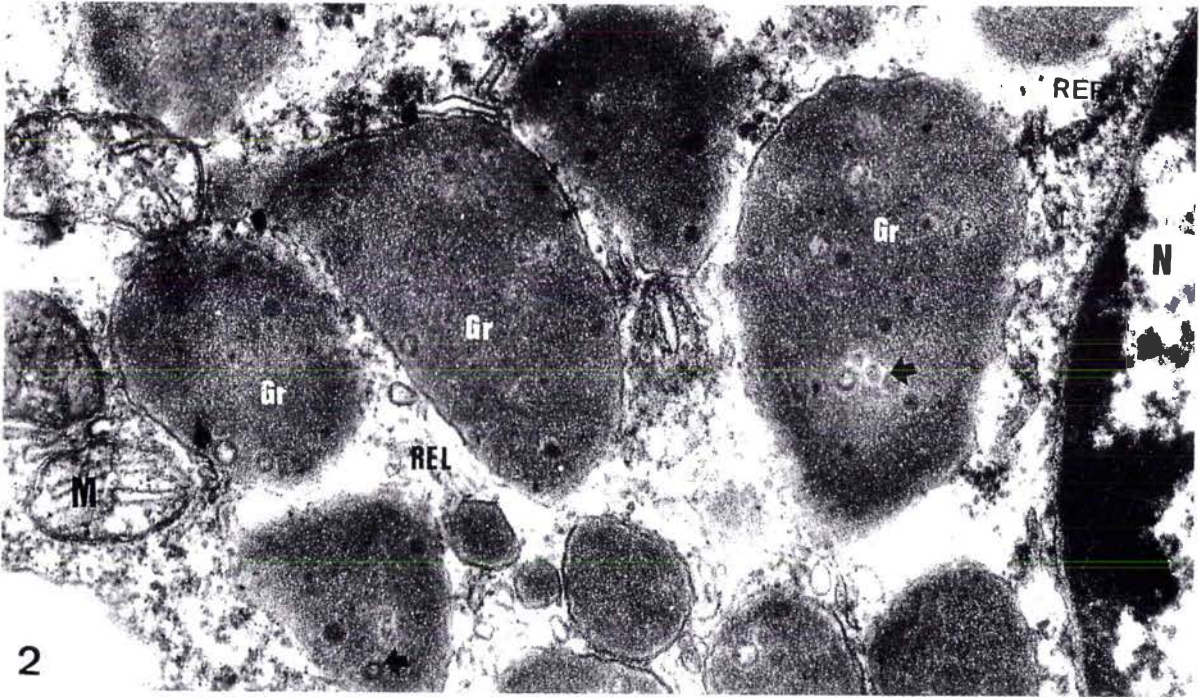
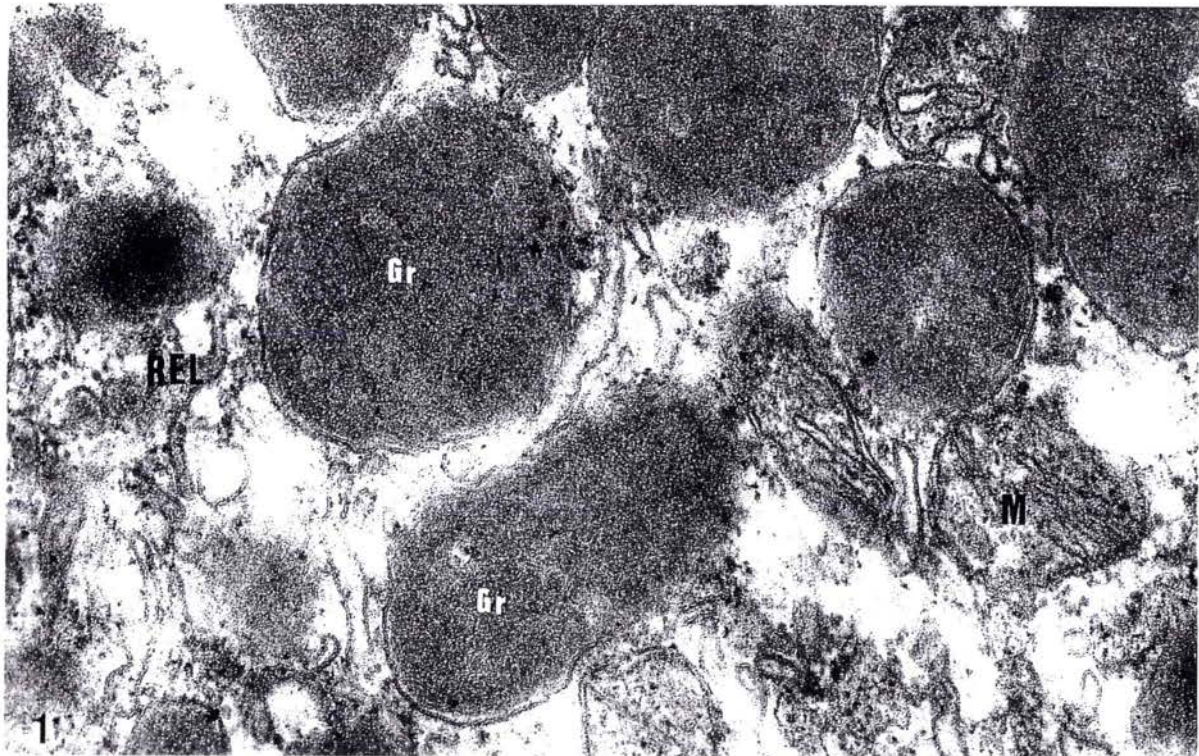


PLANCHE X

Ultrastructure des granulocytes de *D. polymorpha*

Figures 1 et 2 : Granulocytes dans l'hémolymphe (fig. 1) et dans un sinus à la base des reins (fig. 2). Quelques granules (Gr) sont visibles dans le cytoplasme occupé par un volumineux corps résiduel (Cr) contenant des débris membranaires. Microphotographies x 5000 (fig. 1) x 13000 (fig. 2).

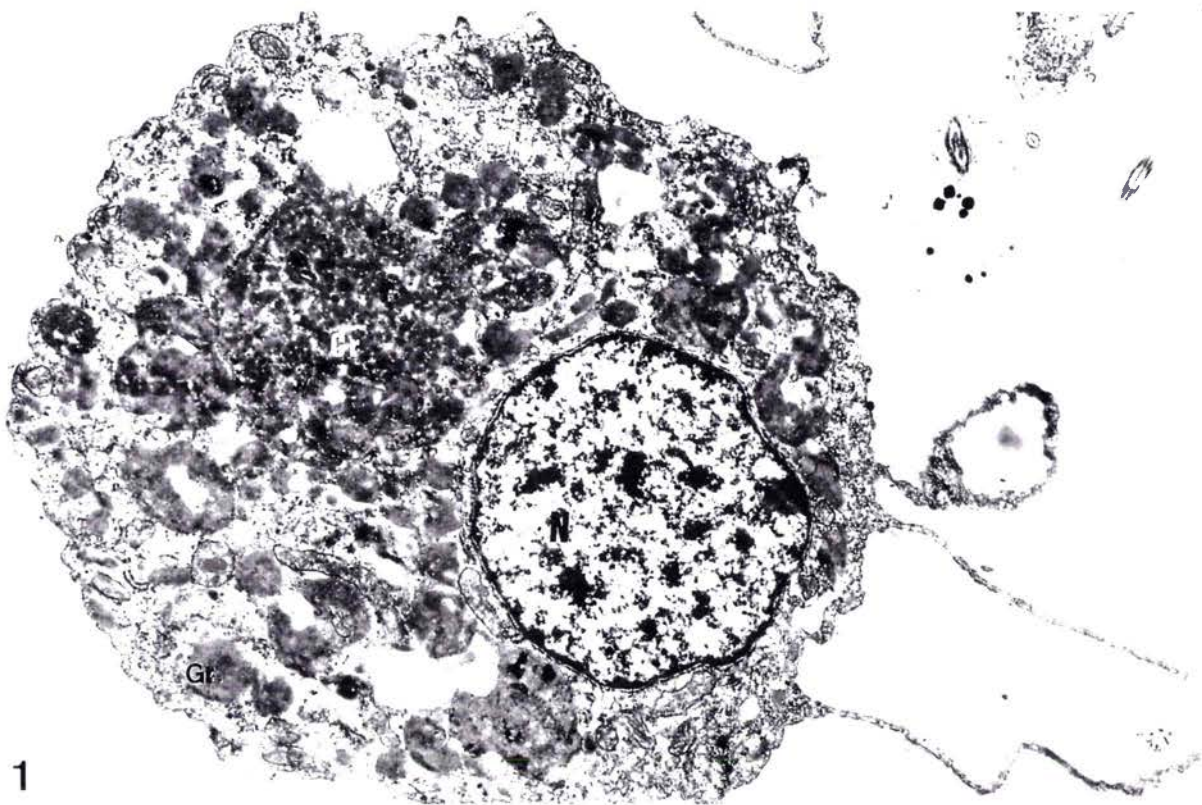


PLANCHE XI

Ultrastructure des granulocytes de *D. polymorpha*

Figure 1 : Le noyau (N) rond contient une chromatine condensée en mottes et en liseré périnucléaire. Quelques granules (Gr) mesurant environ 0.5 μm de diamètre sont observables. Le réticulum endoplasmique lisse est bien développé et dispersé dans le cytoplasme sous forme de saccules allongés (flèches). Microphotographie x 5000.

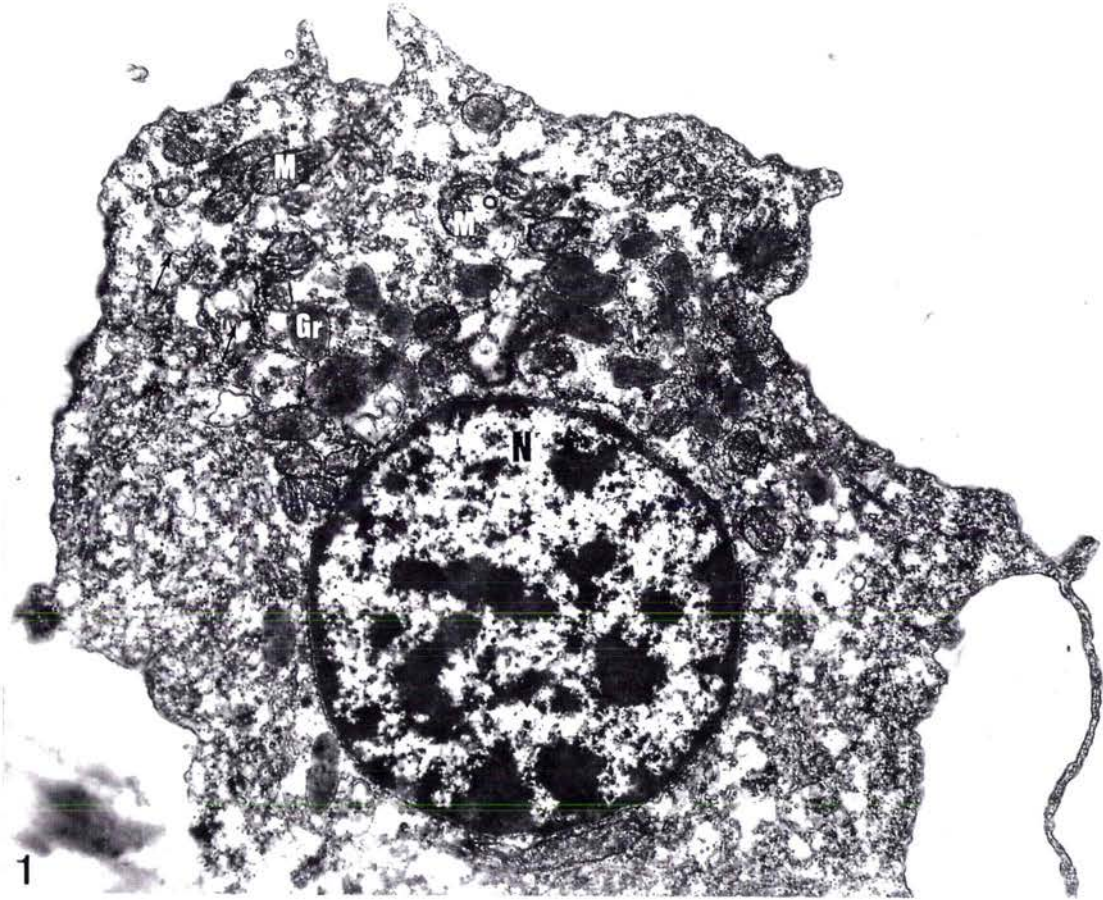


PLANCHE XII

Ultrastructure des hémocytes de *D. polymorpha*

Contacts entre les hémocytes et les organes du système excréteur

Figures 1 et 2 : Détails de contacts (flèches) entre un hyalinocyte (hy) et la partie basale du rein distal interne (Rd). Lame basale (Lb). Microphotographies x 30000 et x 40000.

Figure 3 : Granulocyte (Gra) dans le compartiment hémolymphatique bordant la glande péricardiale dont on observe les fibres de collagène (Co). L'hémocyte granuleux montre des figures d'exocytose (flèche). Microphotographie x 40000.

Figure 4 : Détail d'un processus d'exocytose (flèche) dans un granulocyte (Gra) infiltré dans l'épithélium du rein distal (Rd). Microphotographie x 33000.

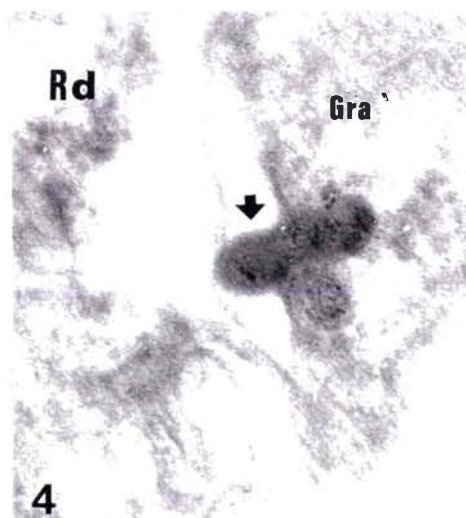
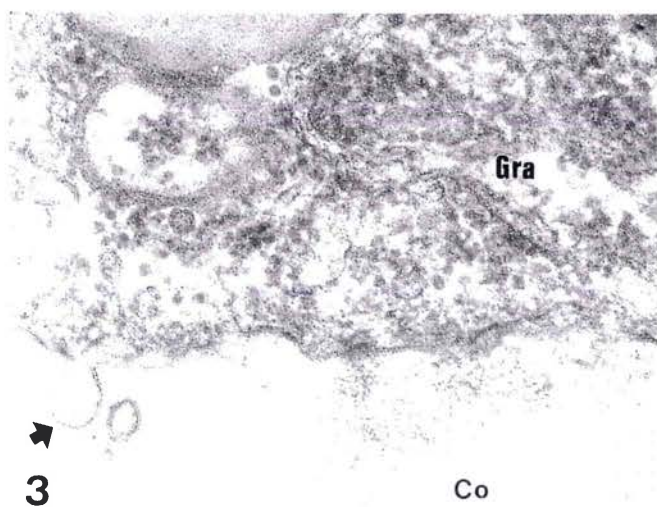
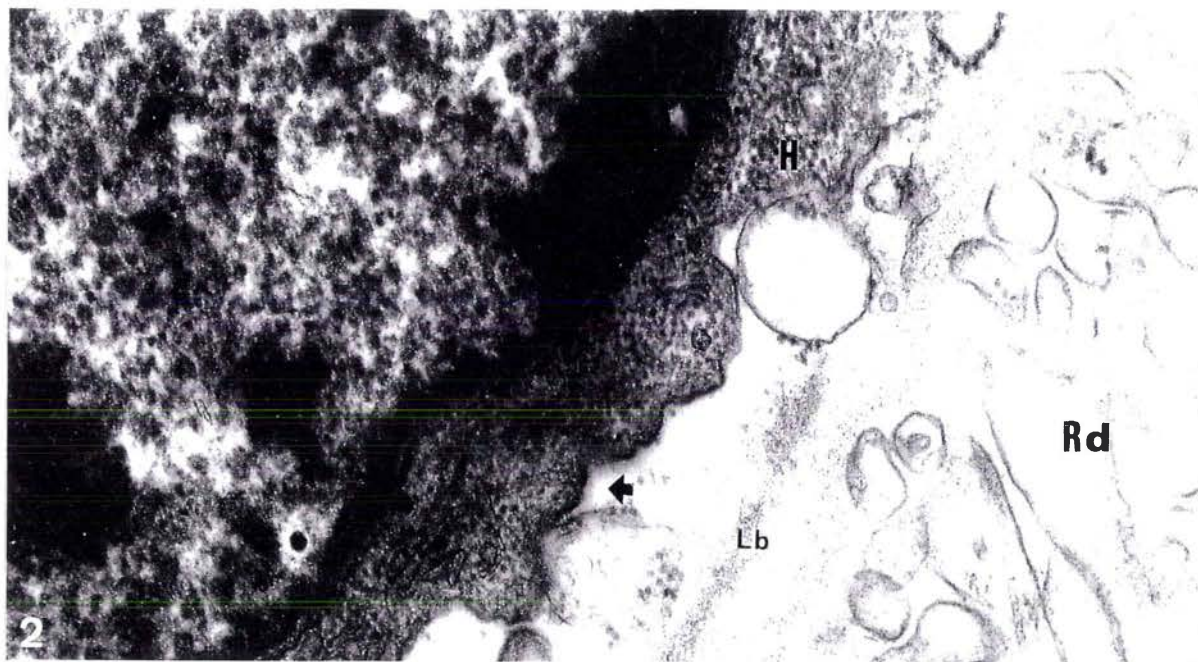
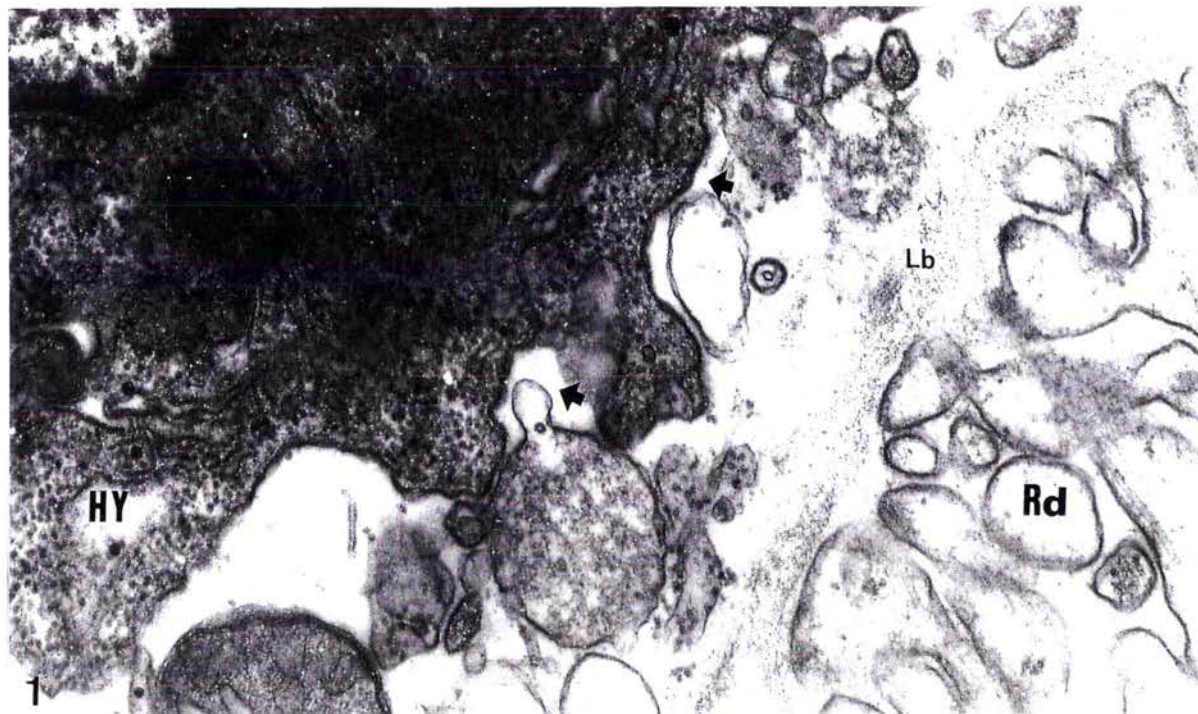


PLANCHE XIII

Révélation de l'activité des phosphatases acides dans les hémocytes sur frottis

Figure 1 : L'ectoplasme (Ect) des hémocytes peu granuleux forme un voile autour de l'endoplasme qui contient des granules ronds montrant une coloration rouge révélant de la présence d'une activité phosphatasique acide (flèches). Noyau (N). x 1000.

Figures 2 et 3 : Granulocytes. Certaines granulations réagissent positivement indiquant une activité phosphatasique acide (flèches) L'activité enzymatique est irrégulière, elle est plus importante dans les cellules de la figure 3. L'ectoplasme des granulocytes émet des prolongements cytoplasmiques (Pc). Noyau (N). x 1000.

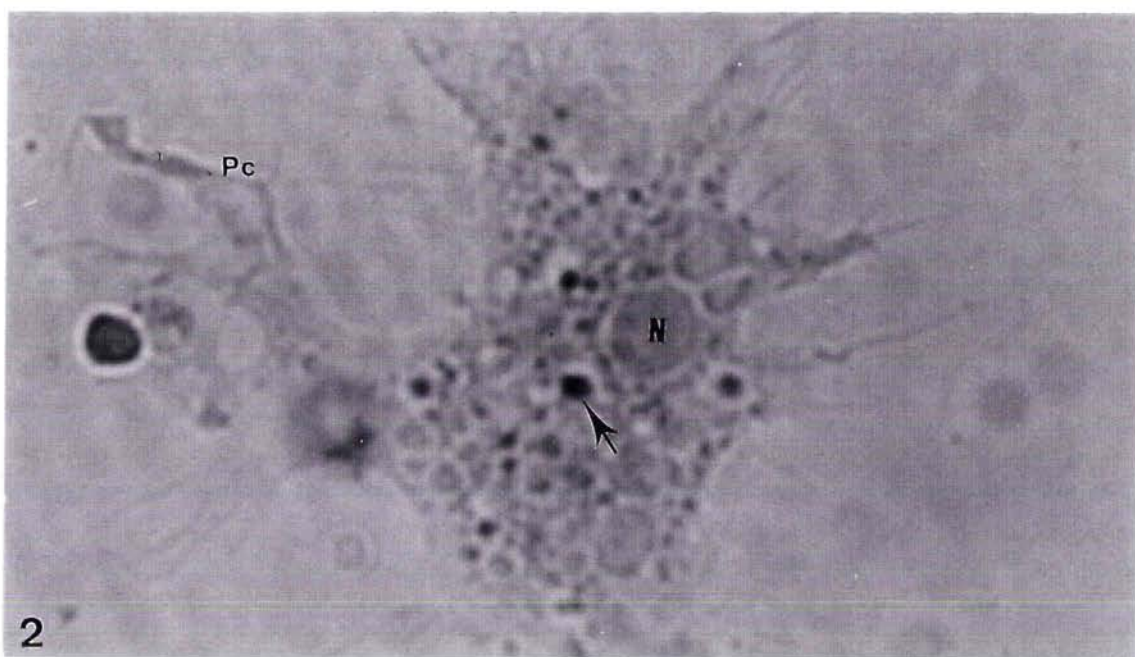
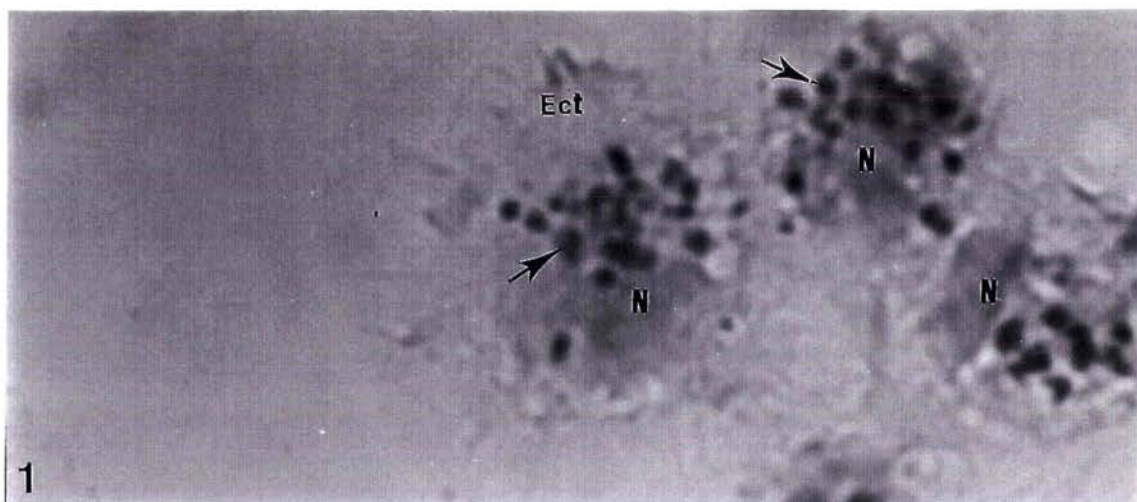


PLANCHE XIV

Révélation de l'activité des β glucuronidases dans les hémocytes sur frottis

Figures 1 et 2 : Les granules des hémocytes peu granuleux montrent une coloration rose foncé caractéristique de la présence des β glucuronidases (flèches). L'ectoplasme (Ect) s'étale autour de l'endoplasme qui contient des vacuoles (Va) de différentes tailles, négatives pour cette réaction. x 1000.

Figure 3 : Les granules des hémocytes peu granuleux montrent une coloration rose foncé caractéristique de la présence des β glucuronidases (flèche). Les granulations des granulocytes (Gra) ne montrent aucun signe de réactivité. x 1000.

PLANCHE XIV

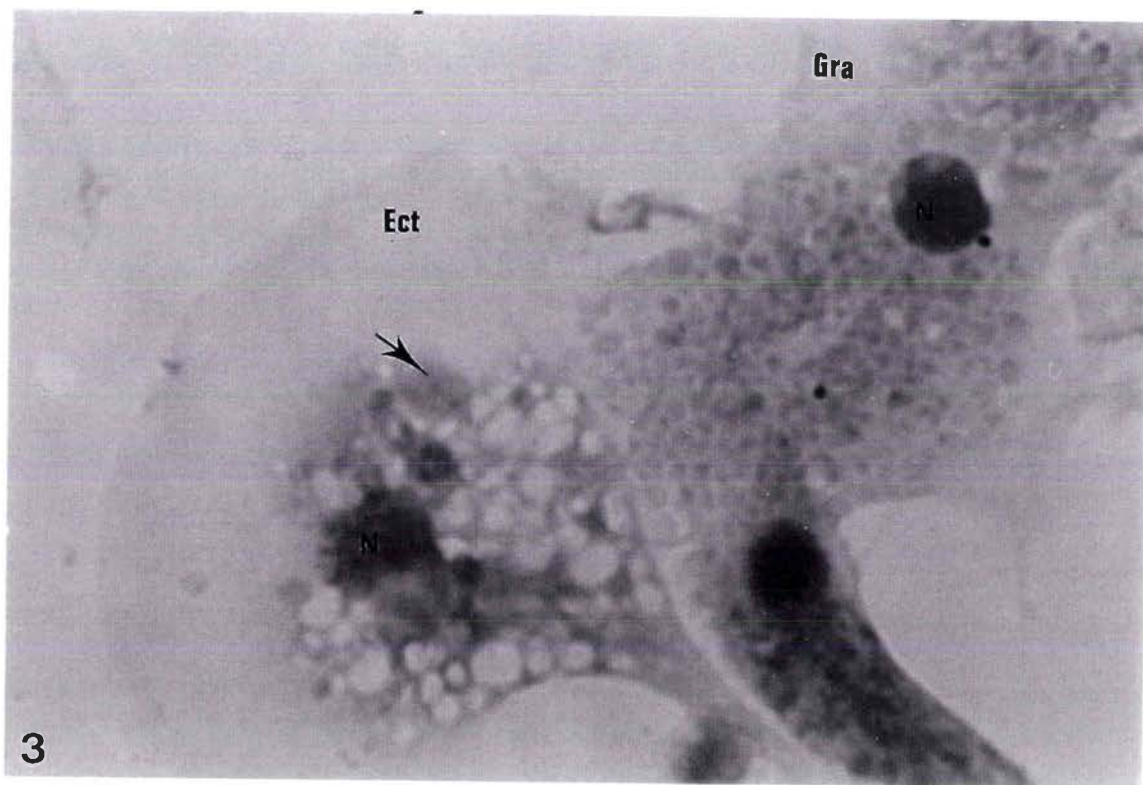
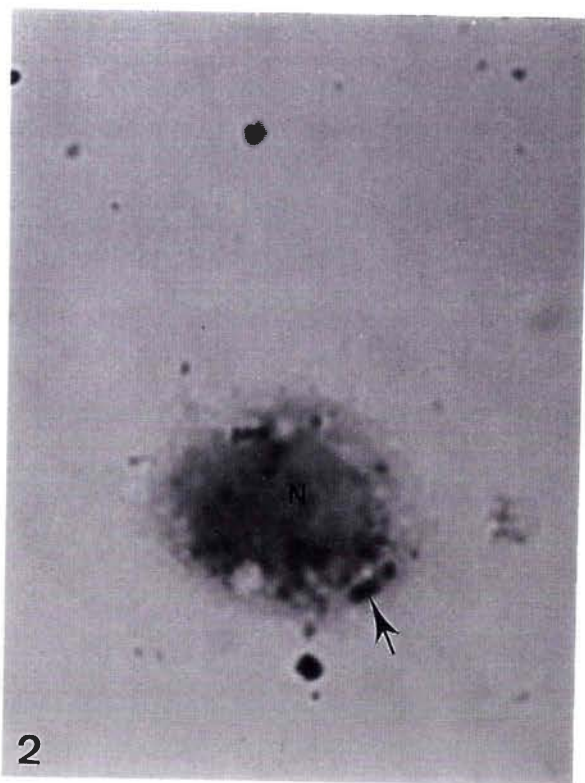
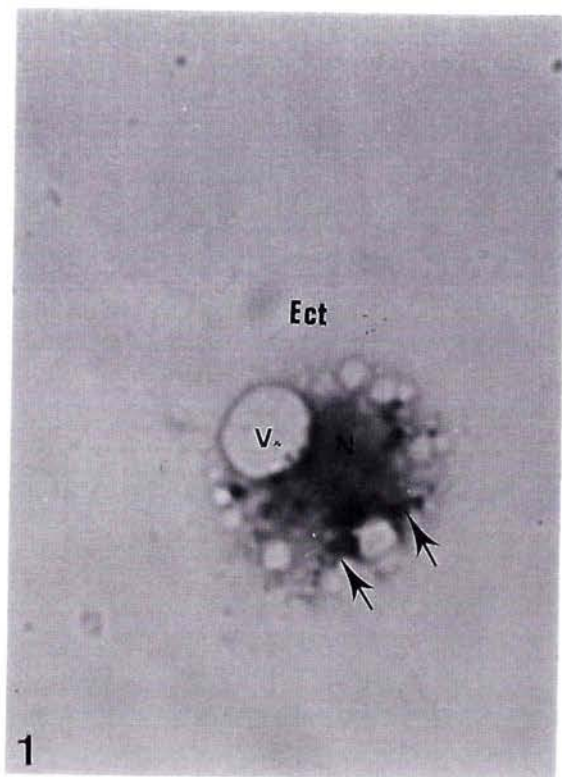


PLANCHE XV

Révélation de l'activité des estérases non spécifiques dans les hémocytes sur frottis

Figure 1 : Les hyalinocytes présentent des inclusions de couleur noire indiquant la présence d'estérases non spécifiques à ce niveau (flèche). Ectoplasme (Ect). x1000.

Figure 2 : Les inclusions des granules peu granuleux contiennent des estérases non spécifiques révélé par la coloration noire (flèche). L'ectoplasme (Ect) forme un voile tout autour de l'endoplasme (En) finement granuleux qui contient également des vacuoles claires, négatives pour cette réaction (va). Noyau (N). x1000.

PLANCHE XV

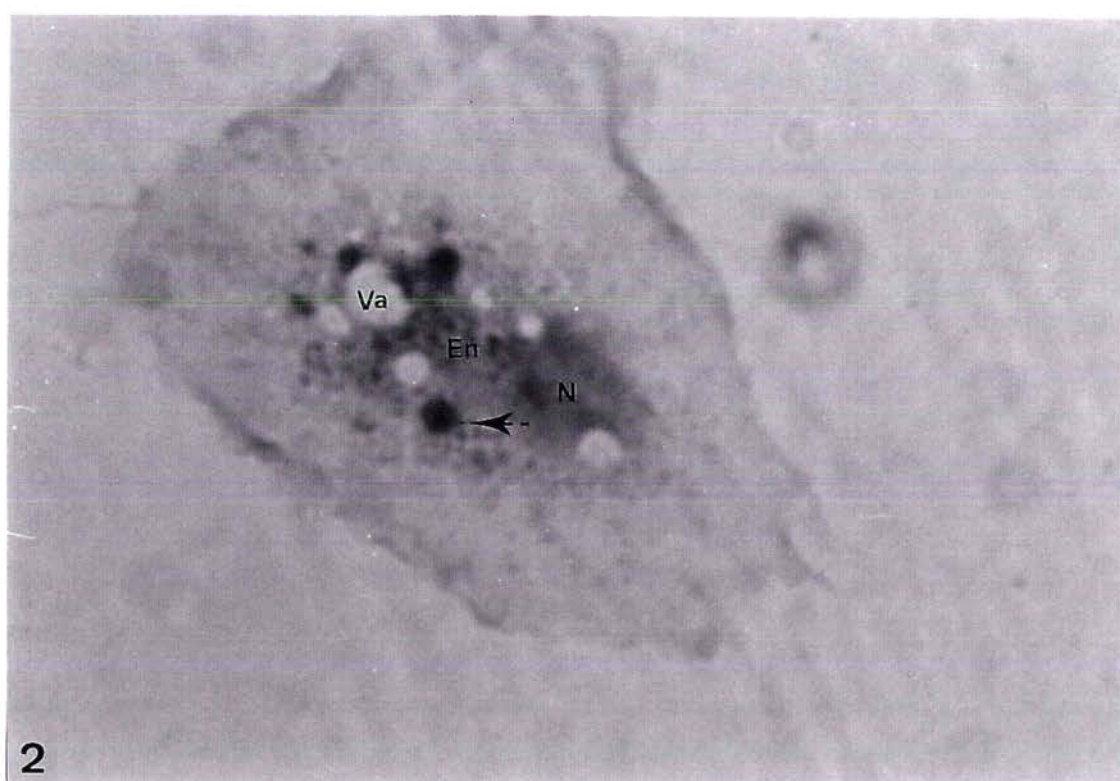
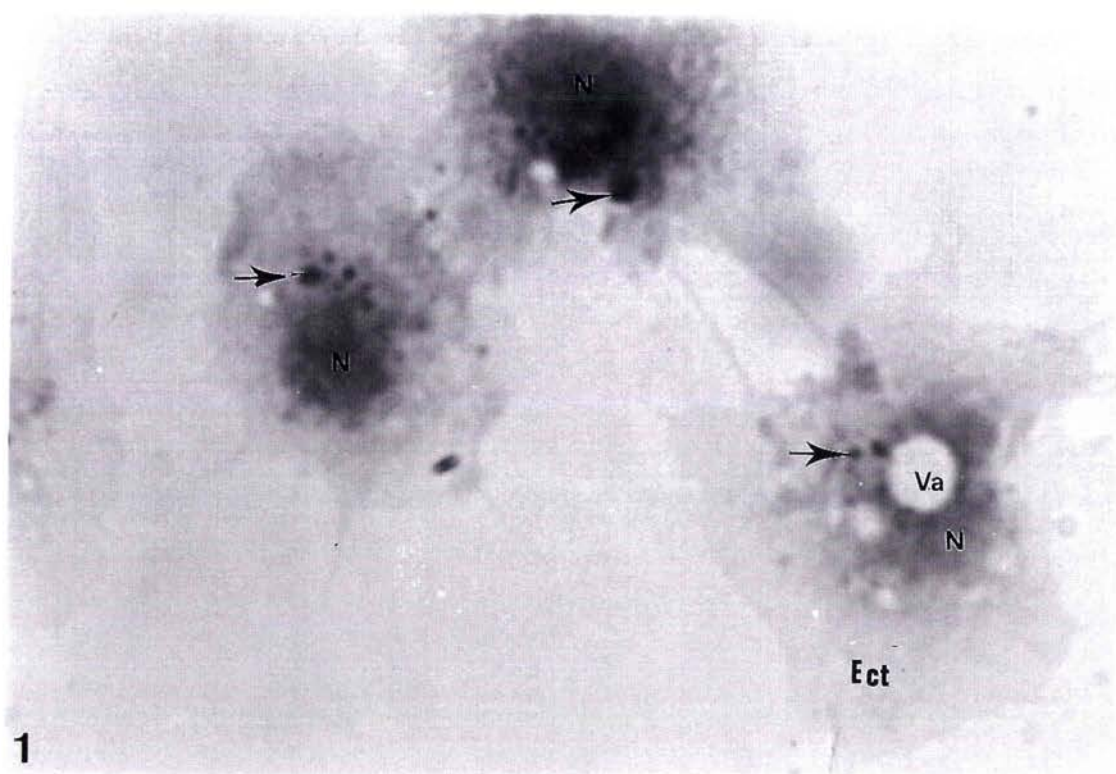


PLANCHE XVI

Révélation de l'activité des estérases non spécifiques dans les hémocytes sur frottis

Figures 1 et 2 : Les granules cytoplasmiques des granulocytes montrent une forte activité estérasique (flèches) qui peut être variable d'une cellule à l'autre. x1000.

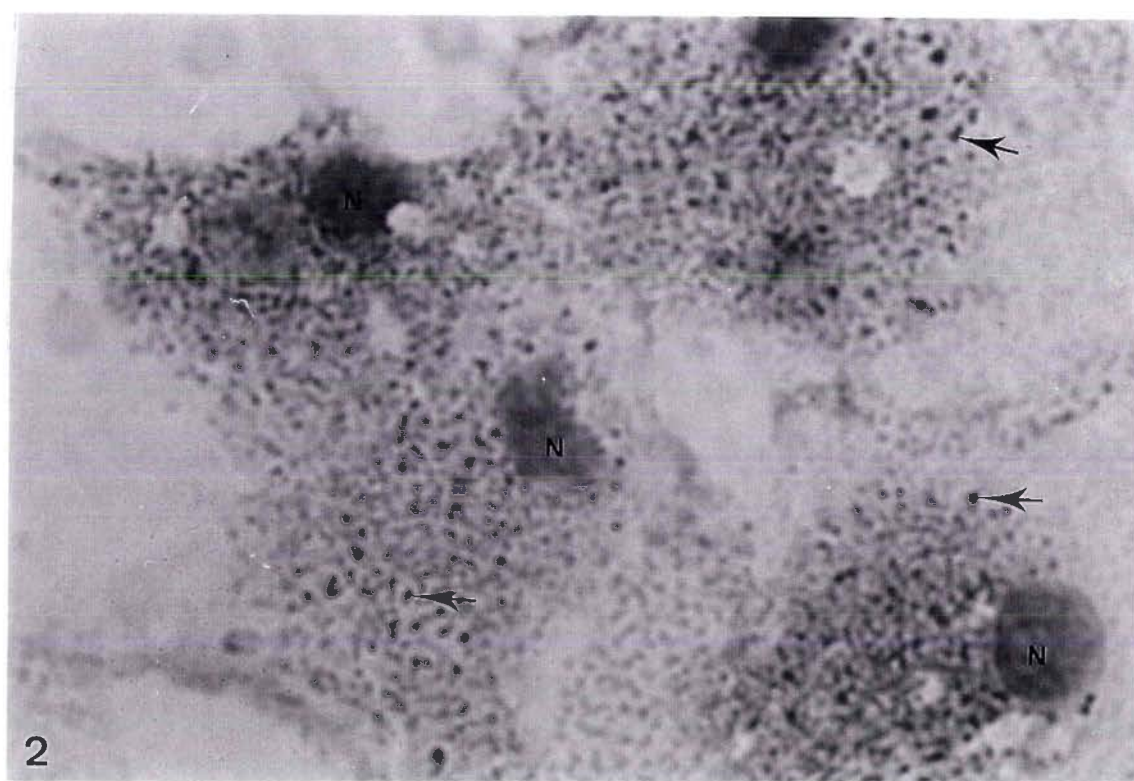
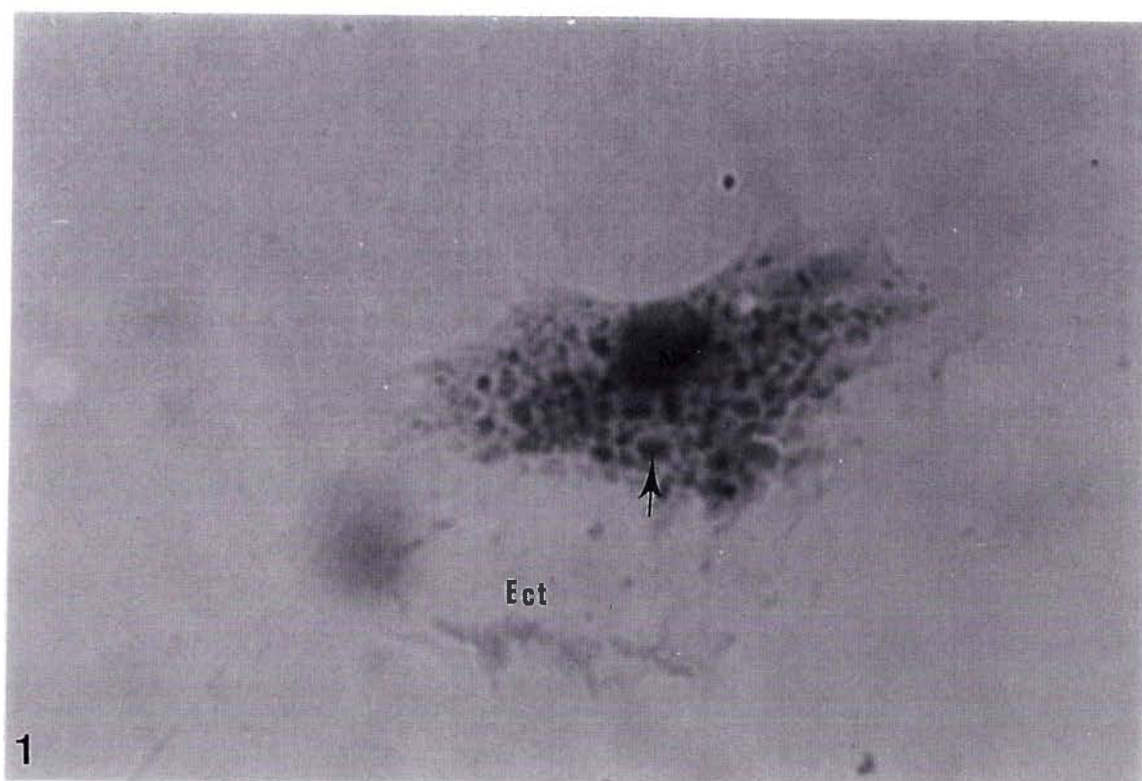


PLANCHE XVII

Révélation de l'activité phosphatasique acide dans les hémocytes par la réaction au β glycérophosphate. Ultrastructure.

Figures 1 à 4 : Révélation des phosphatases acides présence d'un dépôt de phosphate de plomb électrodense.

Figure 1: Hyalinocyte. Réaction positive dans la citerne périnucléaire (Cpn) et dans quelques petites vacuoles (Va). Noyau (N). Granule (Gr). Microphotographie x15000.

Figures 2 et 3 : Détail d'un hyalinocyte. Réaction positive dans l'appareil de Golgi (G) et dans certaines vacuoles (Va). Microphotographies x 50000.

Figure 4 : Détail d'un hyalinocyte. Réaction positive dans la citerne périnucléaire (Cpn) et dans le réticulum endoplasmique rugueux (RER). Microphotographie x 50000.

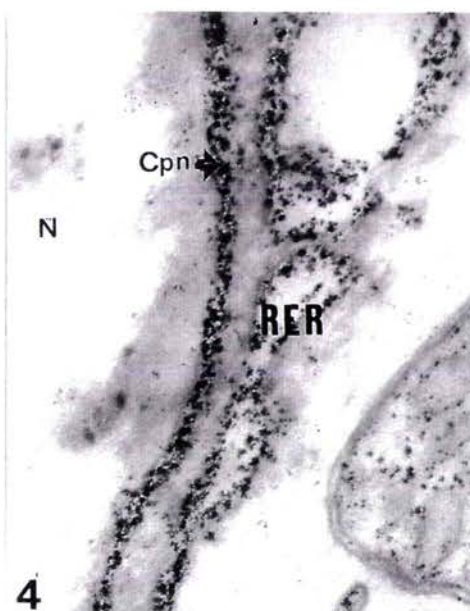
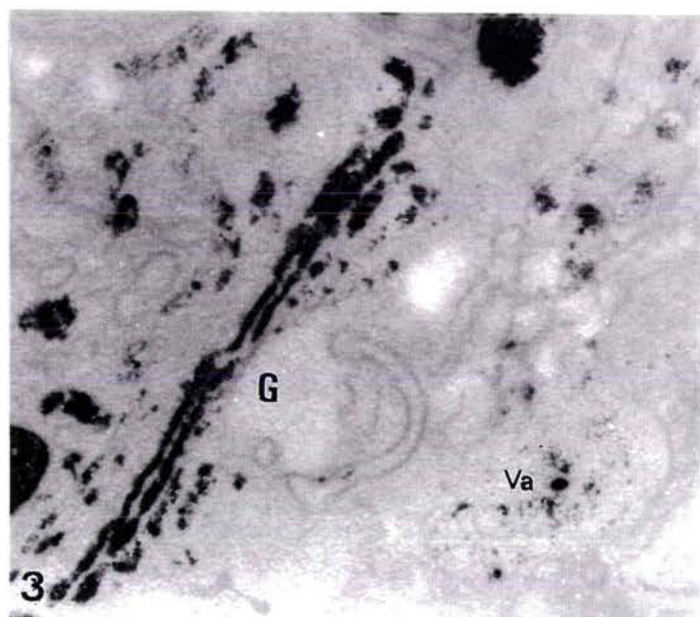
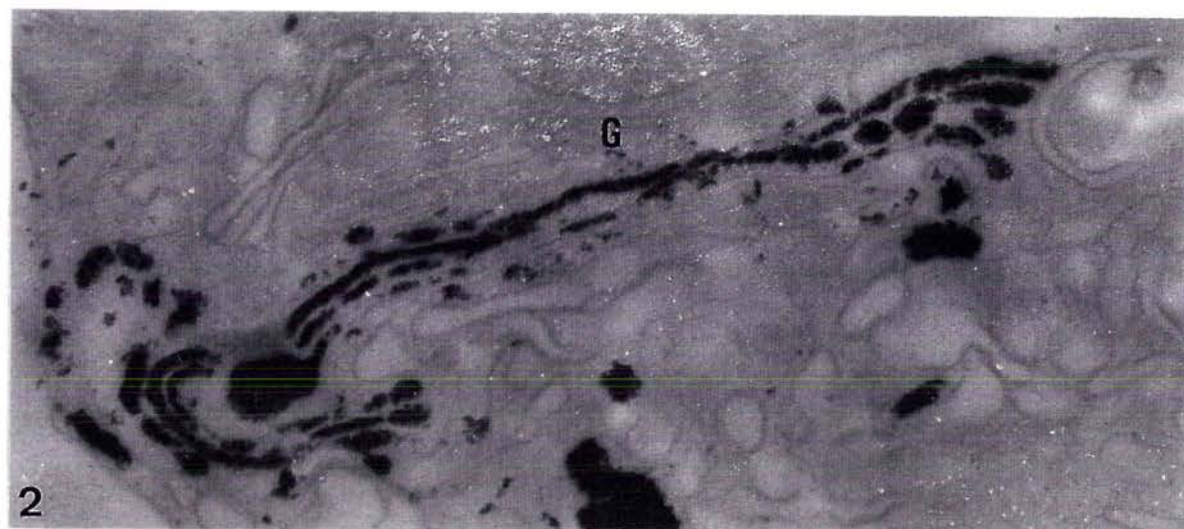
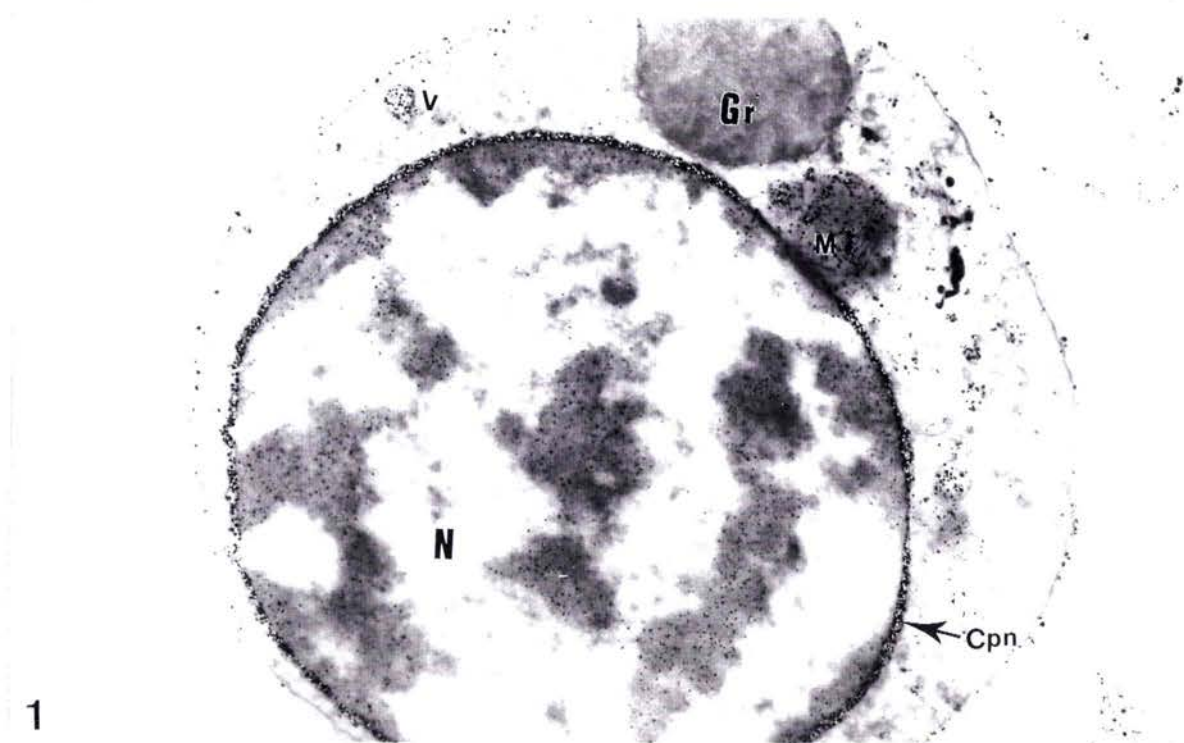


PLANCHE XVIII

Révélation de l'activité phosphatasique acide dans les hémocytes par la réaction au β glycérophosphate. Ultrastructure.

Figures 1 à 3 : Révélation des phosphatases acides par la présence d'un dépôt de phosphate de plomb électrodense.

Figure 1 : Granulocyte. La réaction est positive au niveau de quelques granules cytoplasmiques (Gr). Noyau (N). Microphotographie x 10000.

Figures 2 et 3 : Détail d'un granulocyte. La réaction est positive au niveau de quelques granules cytoplasmiques (Gr). L'activité enzymatique montre une grande variabilité entre les granules (Gr) dans une cellule. Microphotographies x 7500 et x 30000.

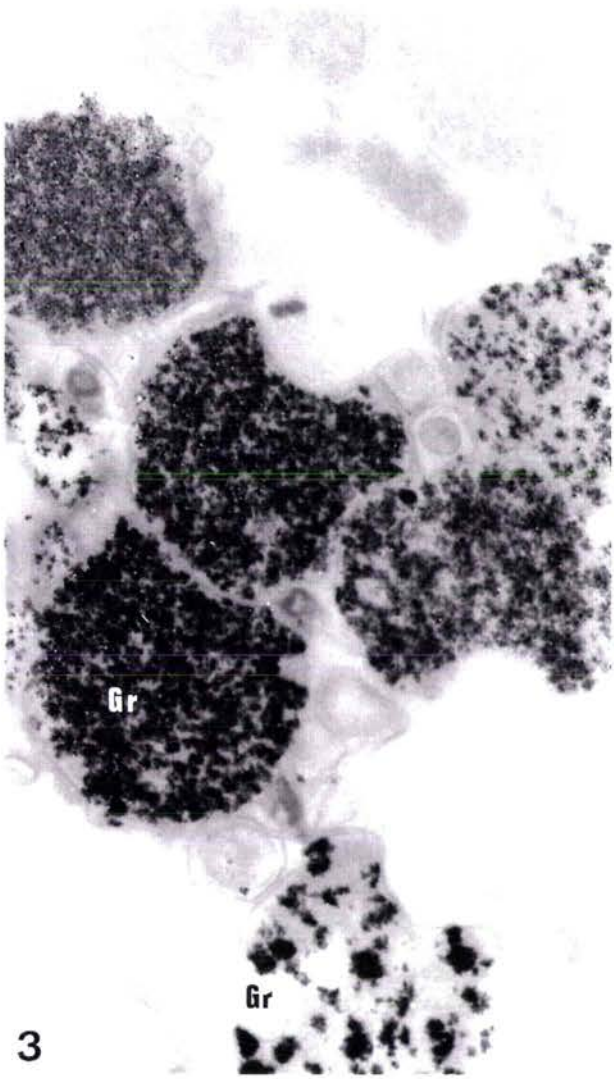
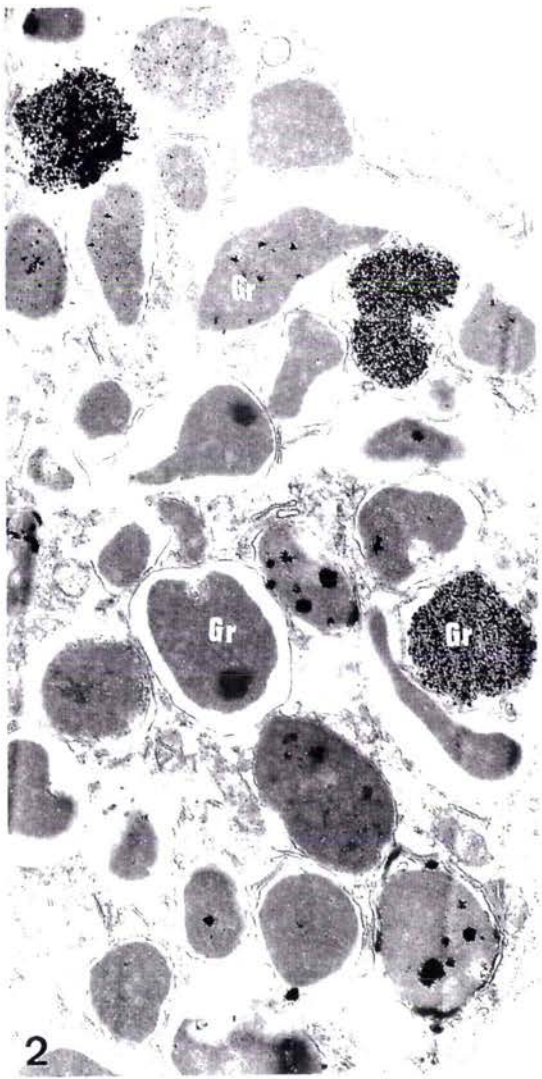
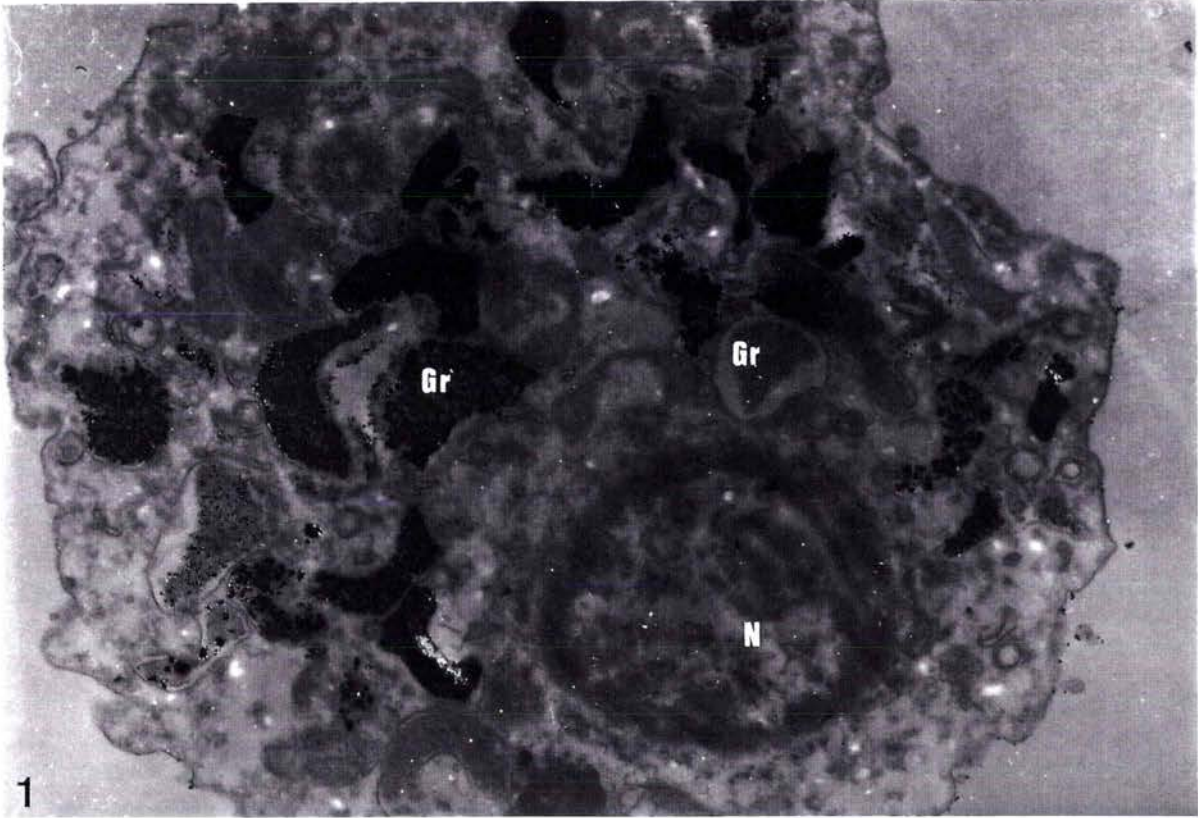


PLANCHE XIX

Révélation de l'activité phosphatasique acide dans les hémocytes par la réaction au β glycérophosphate. Ultrastructure.

Figures 1 à 4 : Révélation des phosphatases acides par la présence d'un dépôt de phosphate de plomb électrodense.

Figures 1 et 2 : Détail d'un granulocyte. La réaction est positive au niveau de quelques granules cytoplasmiques (Gr). Certains granules (flèches) montrent une réaction positive seulement sur leur périphérie. Microphotographies x 30000.

Figure 3 : Détail d'un granulocyte. La réaction est positive dans la citerne périnucléaire (Cpn), du réticulum endoplasmique rugueux (RER) et de quelques granules (Gr). Noyau (N). Microphotographie x 30000.

Figure 4 : Détail d'un granulocyte. La réaction est positive au niveau de l'appareil de Golgi (G) et de quelques vésicules golgiennes (flèches). Microphotographie x 40000.

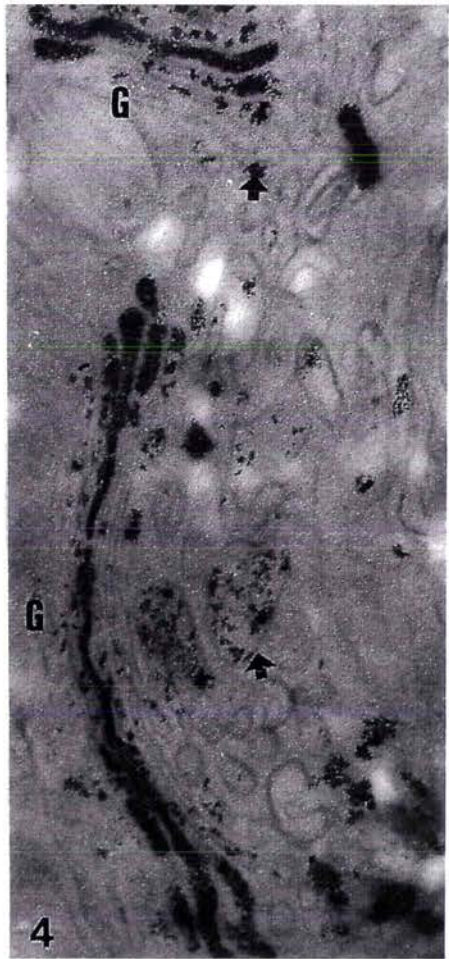
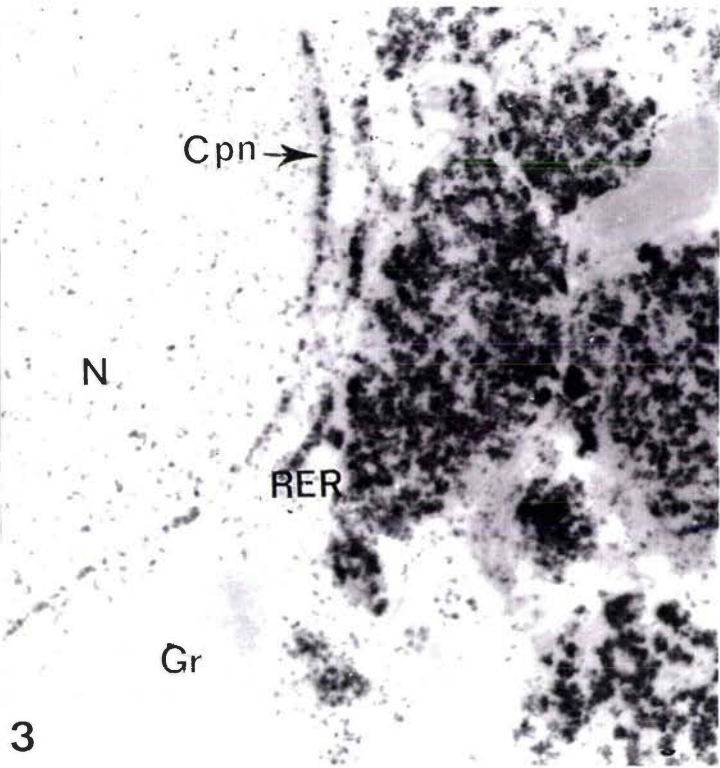
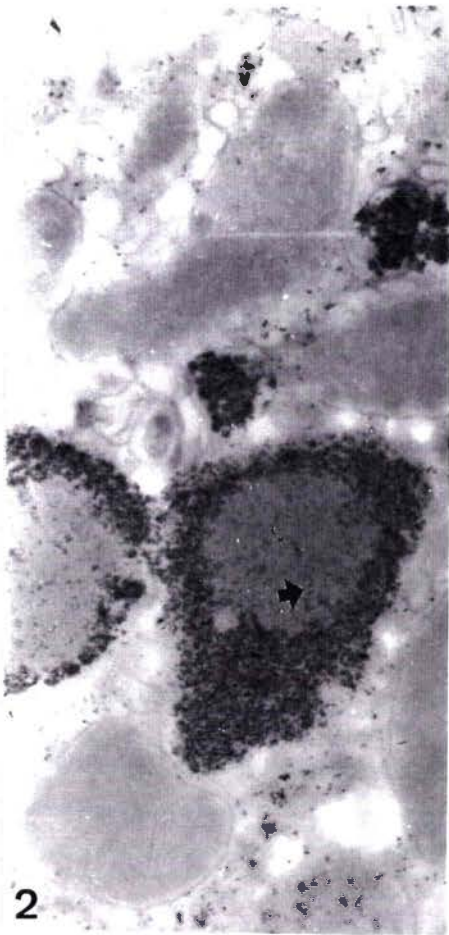
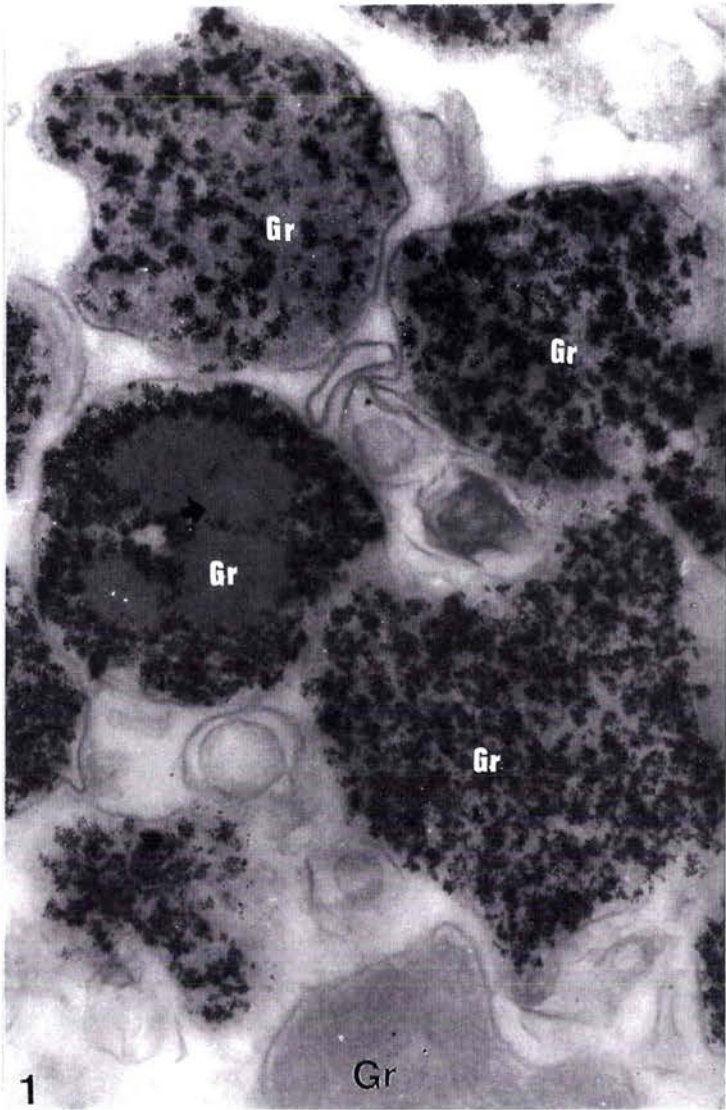


PLANCHE XX

Ultrastructure des oreillettes et de la glande péricardiale de *D. polymorpha*.

Figure 1 : Epithélium de l'oreillette (O). On note l'absence de podocyte. Noyau (N). Microphotographie x 4000.

Figure 2 : Glande péricardiale constituée de tubules. Les podocytes (P) bordent le tubule. Du côté de la lumière du tubule (L) les cellules sont ciliées. Dans leur partie basale les podocytes émettent des prolongements cytoplasmiques terminés par des pédicelles (Pe) qui forment des réseaux. Le cytoplasme est occupé par de nombreuses granulations denses aux électrons (Gr). Noyau (N). Espace urinaire (Eu). Hémolymph (Hé). Hémocyte (H). Microphotographie x 3000.

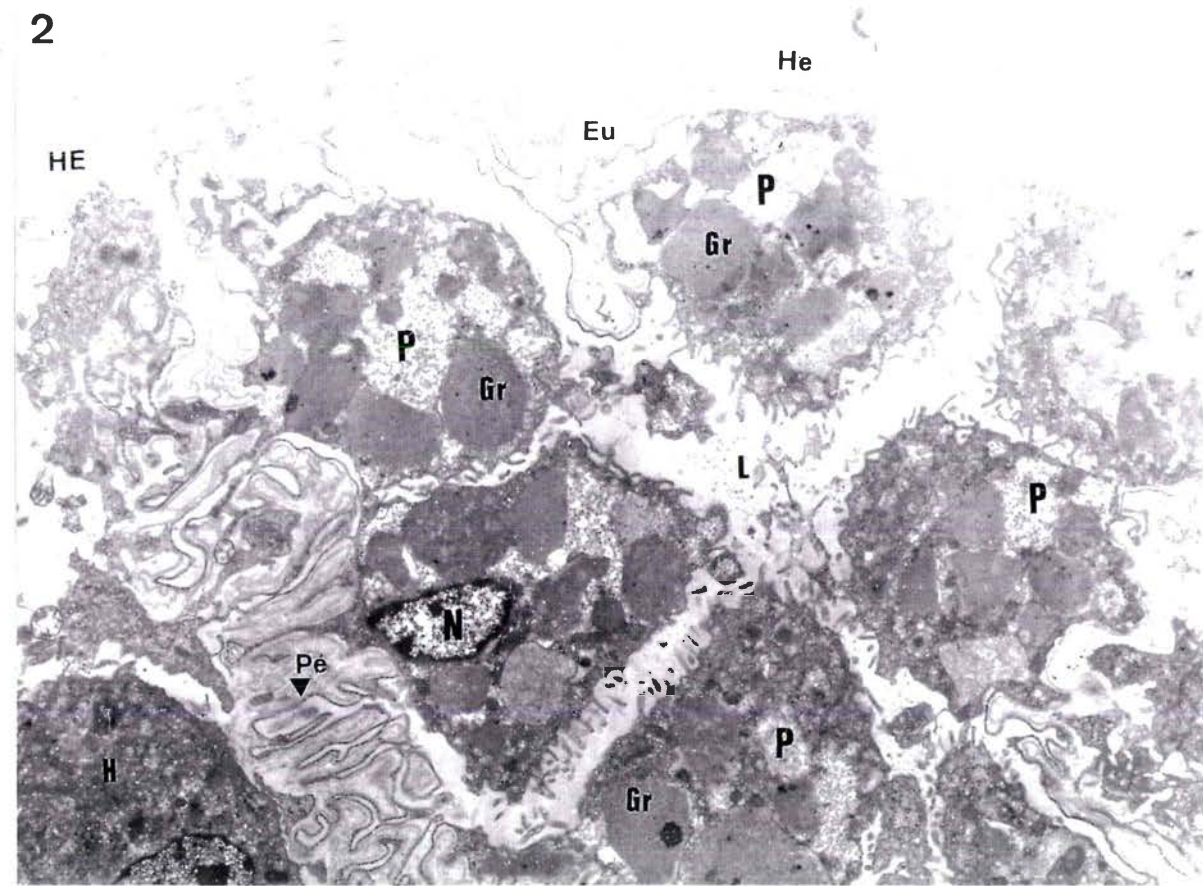
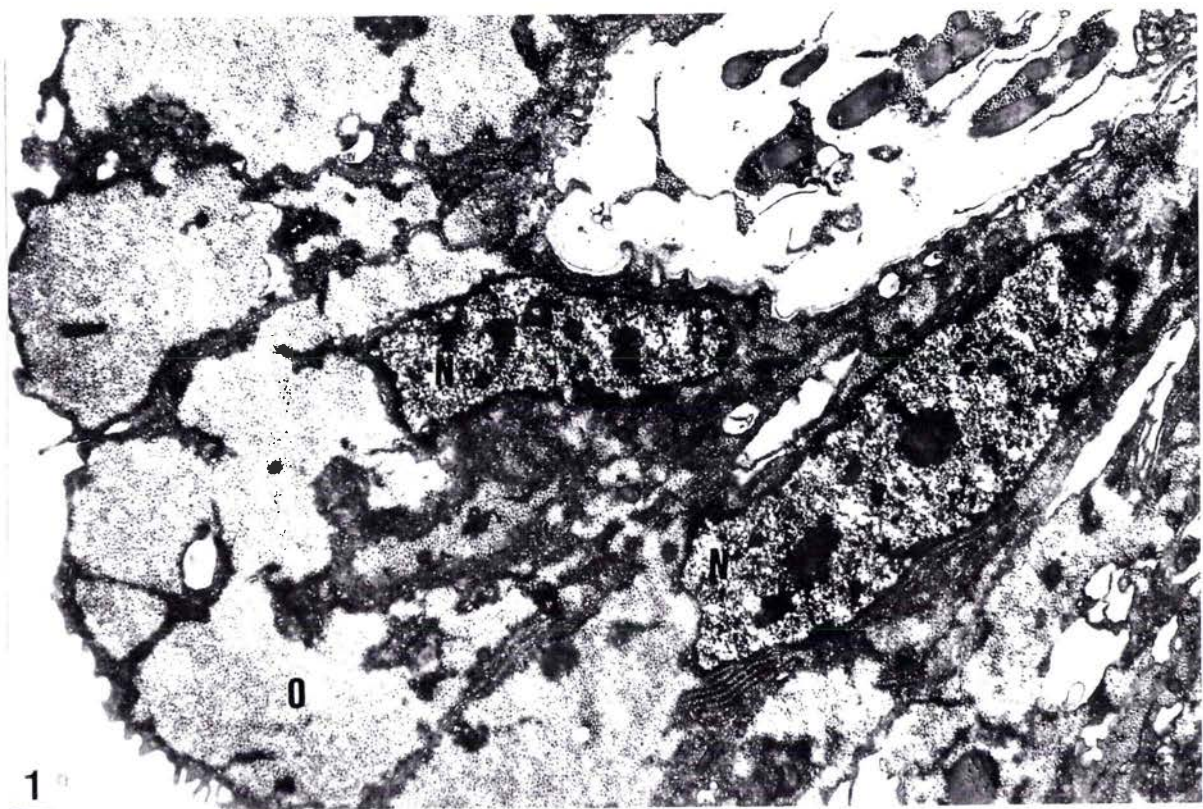


PLANCHE XXI

Ultrastructure de la glande péricardiale de *D. polymorpha*.

Figures 1 et 2 : Glande péricardiale. Détail des podocytes (P), ciliés du côté de la lumière du tubule (L). De volumineux granules (Gr) mesurant 3 μm environ à matrice homogène et électrodense occupent le cytoplasme. Il contient également des vacuoles claires (Va) plus petites contenant du matériel à aspect floconneux. Un granulocyte (Gra) infiltré entre les podocytes. Noyau (N). Hémolymphe (Hé). Pédicelles (Pe). Microphotographies x 5000.

PLANCHE XXI

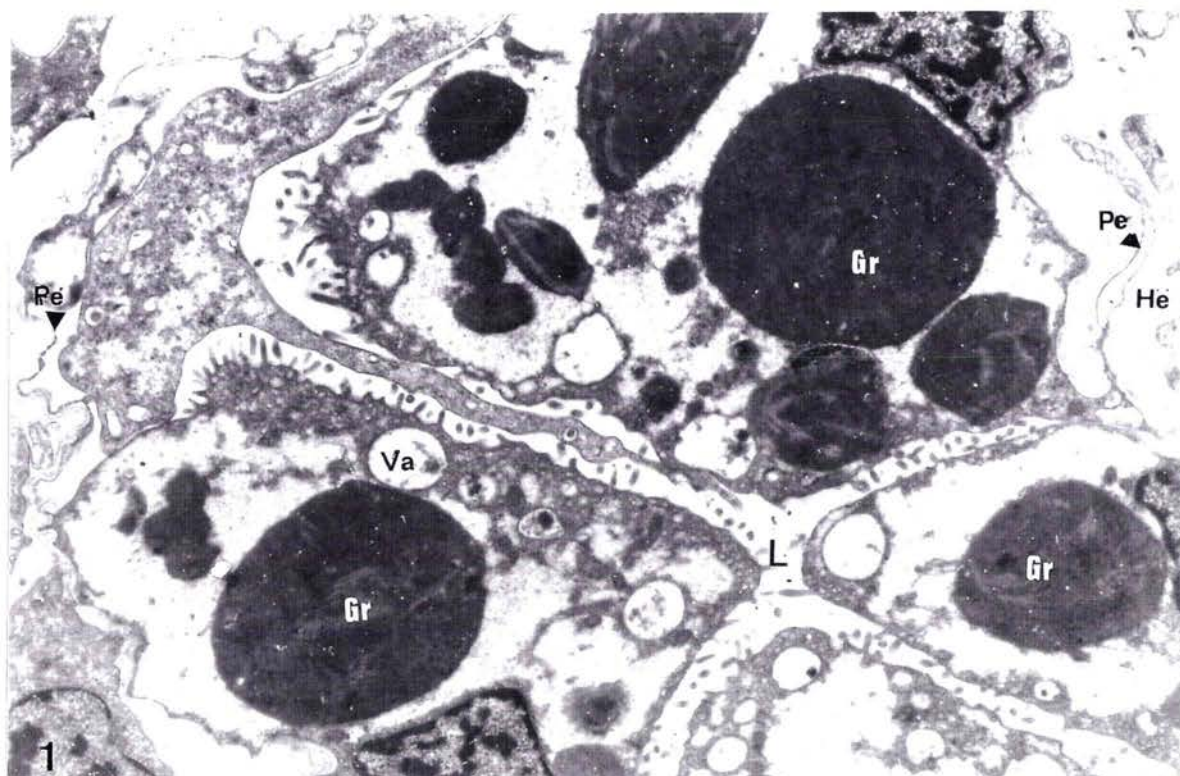


PLANCHE XXII

Ultrastructure de la glande péricardiale de *D. polymorpha*.

Figure 1 : Podocyte (P). Détail de la surface contenant des microvillosités (Mi) montrant des figures d'endocytose (Ve). Microphotographie x 20000.

Figure 2 : Détail d'un podocyte montrant une figure d'endocytose (Ve). Certaines vacuoles claires (Va) contiennent du matériel à aspect flocculeux. Appareil de Golgi (G) . Noyau (N). Microphotographie x 40000.

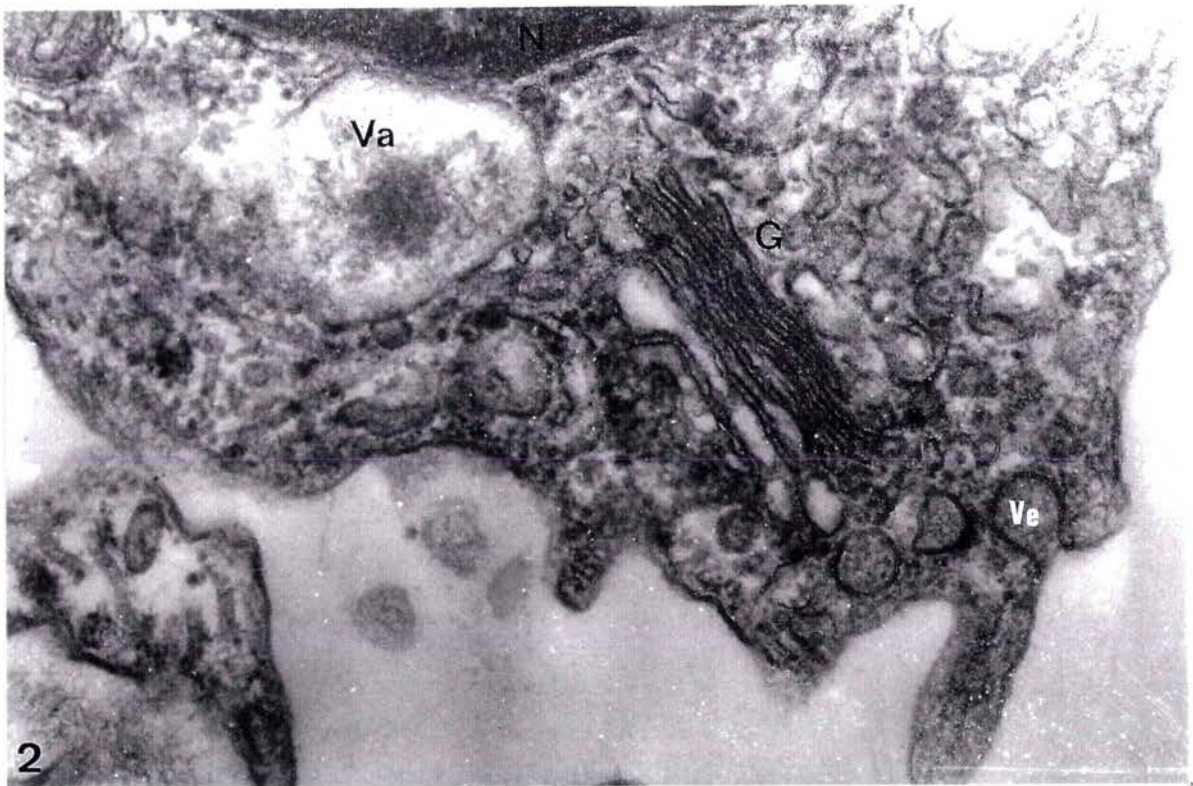
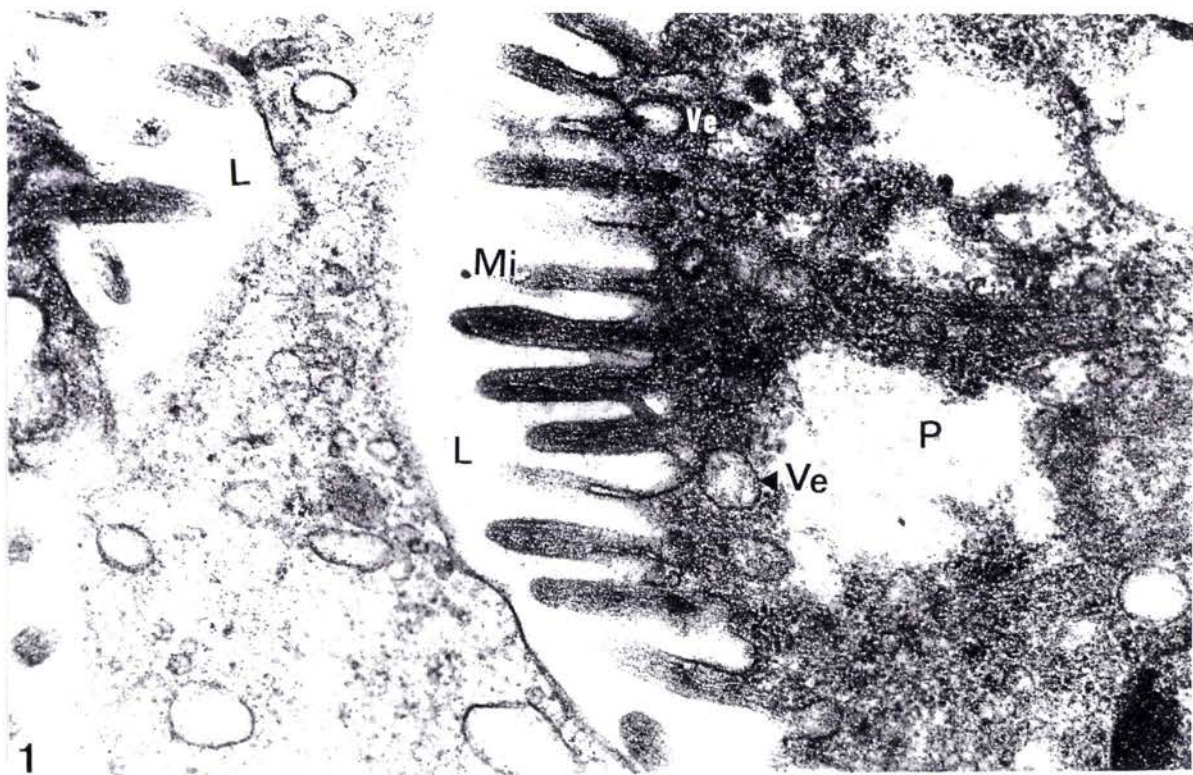


PLANCHE XXIII

Ultrastructure de la glande péricardiale de *D. polymorpha*.

Figure 1 : Détail d'un podocyte (P). La partie basale de la cellule émet des prolongements cytoplasmiques terminés par des pédicelles (Pe) qui délimitent des fentes de filtration (F). Les prolongements cytoplasmiques sont bordés par une fine lame basale (Lb). Espace urinaire (Eu). Hémolymphe (He). Microphotographie x 25000.

Figure 2 : Coupe rasante au niveau des pédicelles. Détail des fentes de filtration (F) occupées partiellement par des diaphragmes (petites flèches). Lame basale (Lb). Espace urinaire (Eu). Hémolymphe (He). Microphotographie x 40000.

Figure 3 : Détail des pédicelles. Les pédicelles et la lame basale sont parfois doublés par des fibres de collagène extracellulaires (Co). Microphotographie x 50000.

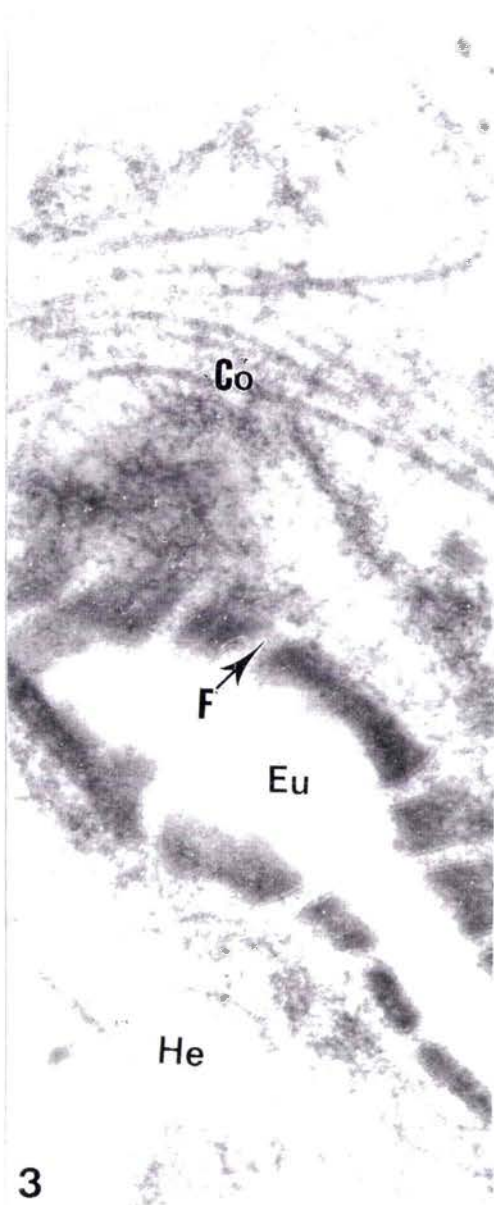
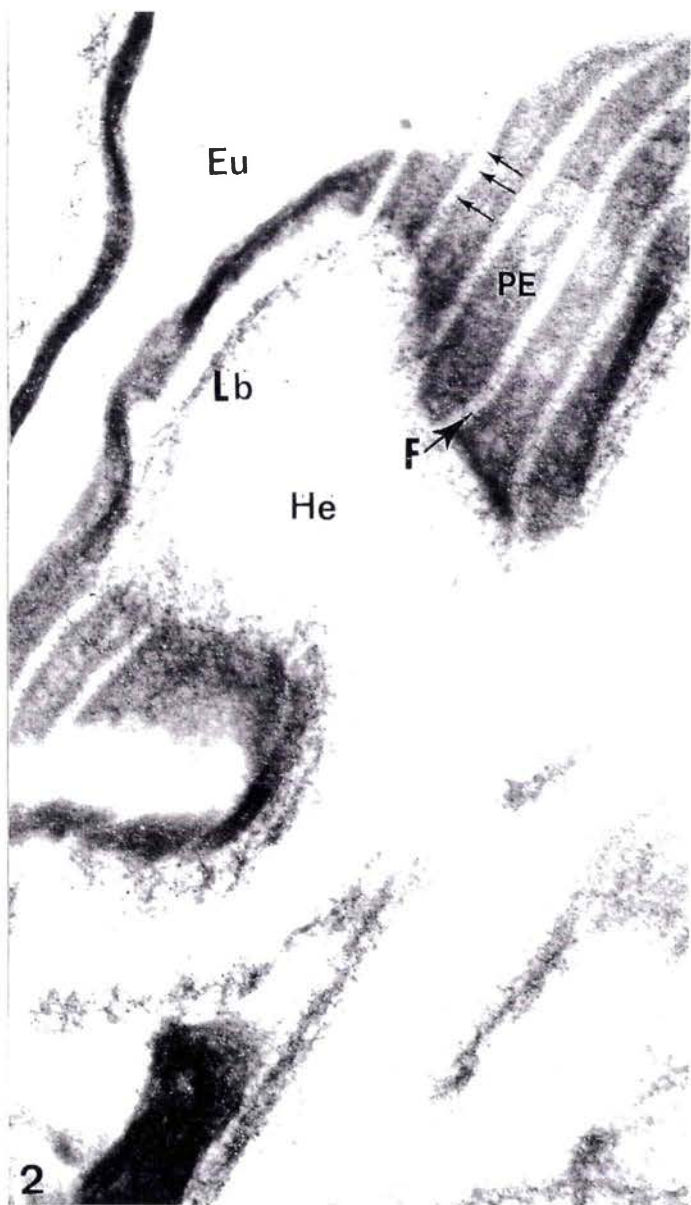
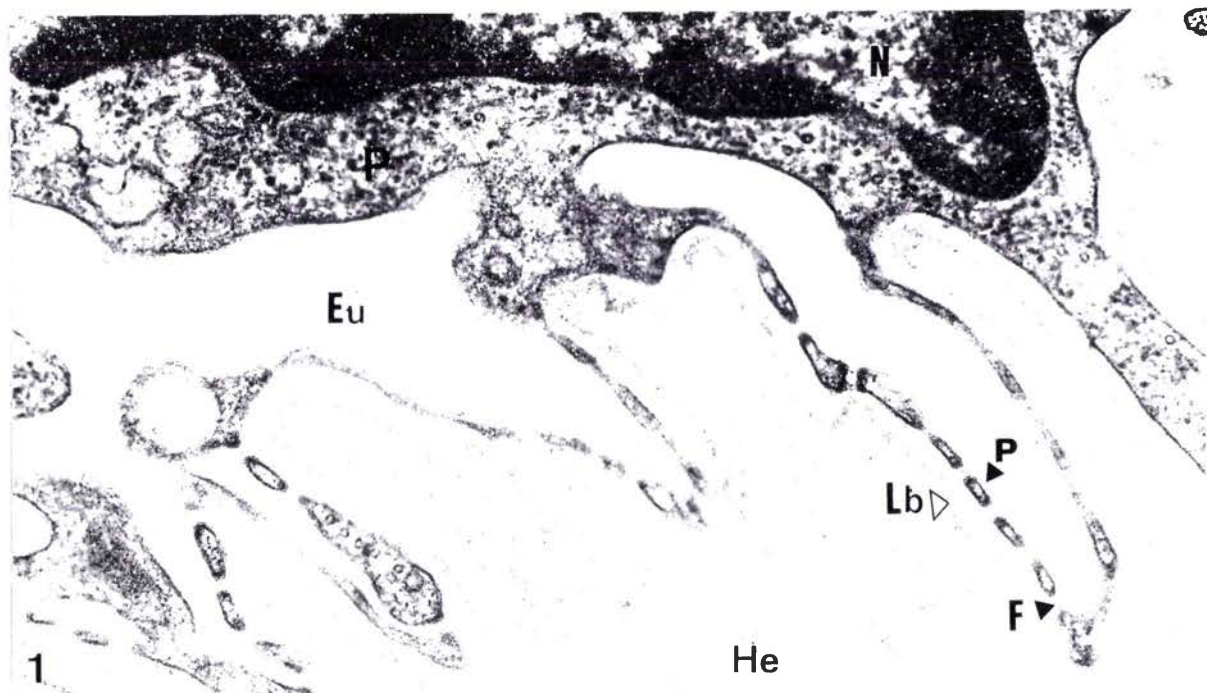


PLANCHE XXIV

Ultrastructure de la glande péricardiale de *D. polymorpha*.

Figure 1 : Révélation des phosphatases acides par la présence d'un dépôt de phosphate de plomb électrodense. La réaction est positive au niveau des granulations à matrice dense aux électrons (Gr) dans les podocytes (P). Pédicelles (Pe). Microphotographie x 7500.

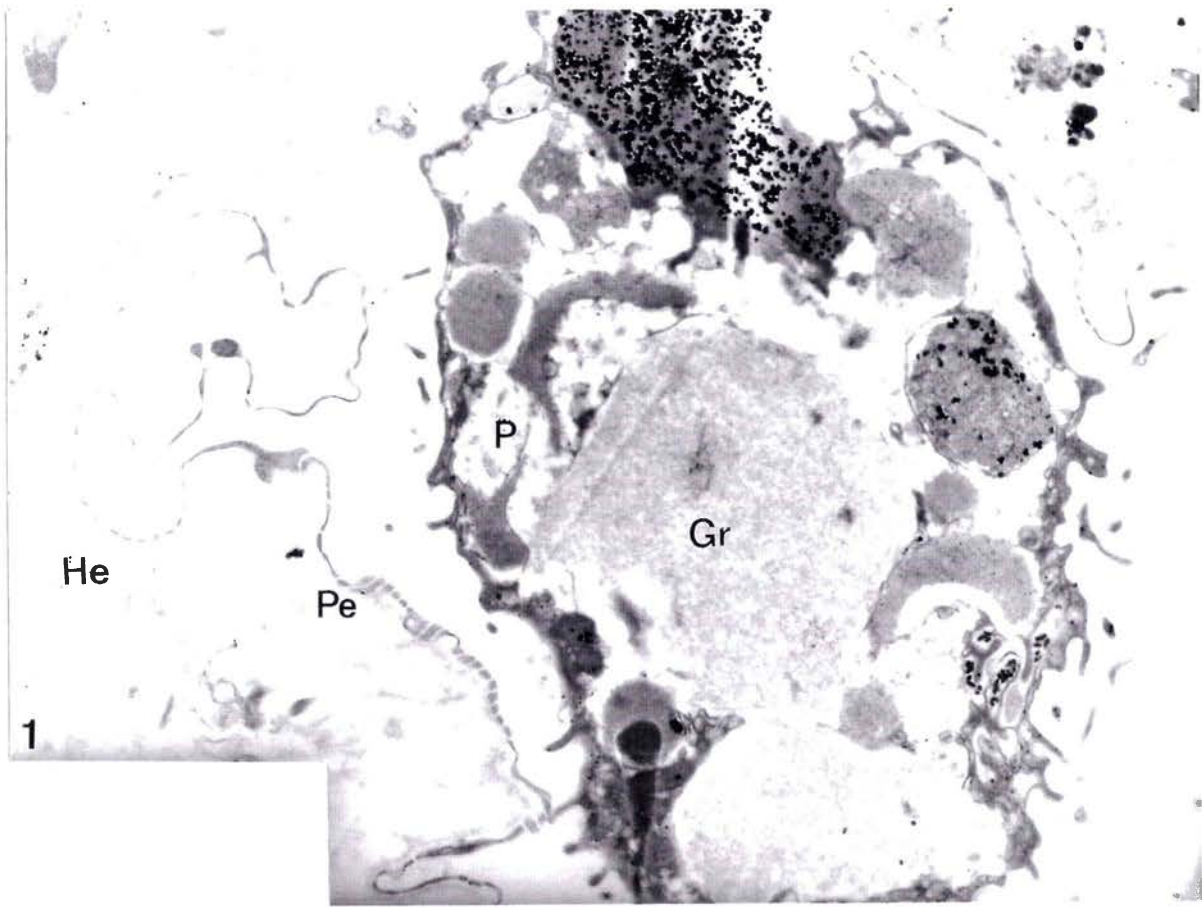


PLANCHE XXV

La glande péricardiale de *D. polymorpha*.

Figure 1 : Mise en évidence de la ferritine. Réaction positive au niveau des granules cytoplasmiques des podocytes (flèches). Coupe histologique, coloration de fond rouge nucléaire x 1000.

Figure 2 : Accumulation de bleu trypan (flèches) dans les granulations cytoplasmiques des podocytes (P). Coupe semi-fine x 1000.

Figure 3 : Accumulation de bleu trypan (flèches) dans les podocytes. L'épithélium auriculaire est dépourvue de coloration bleue. Coupe histologique, coloration de fond rouge nucléaire x 1000.

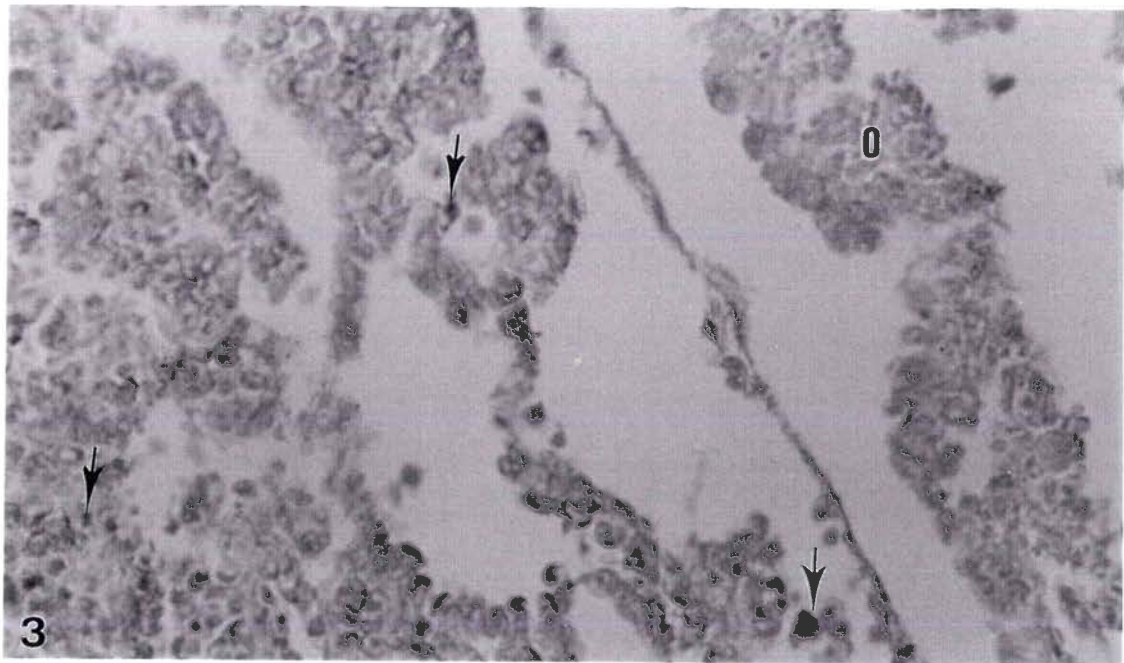
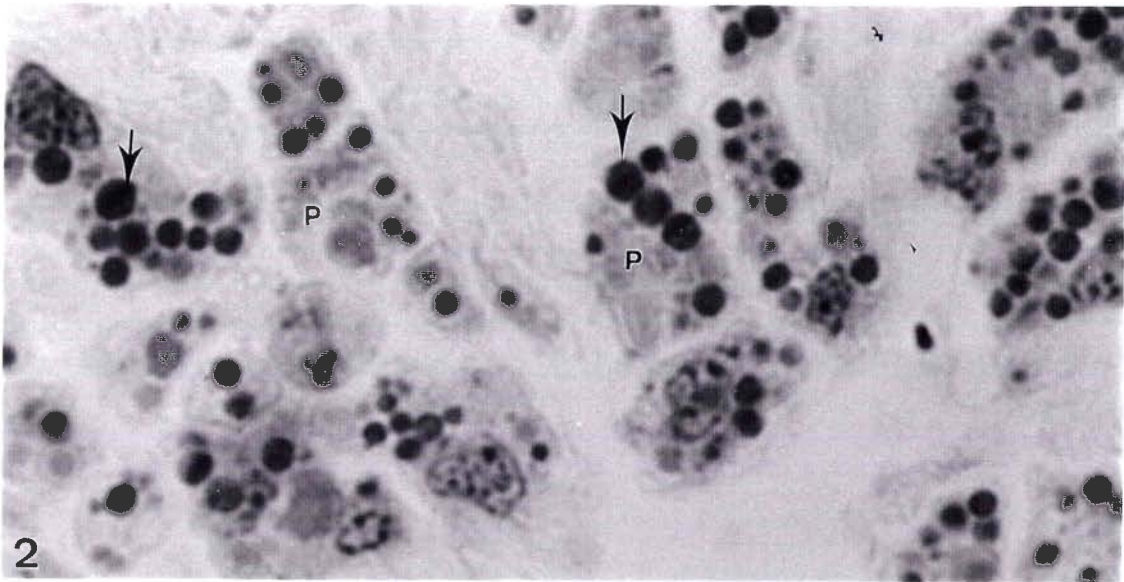
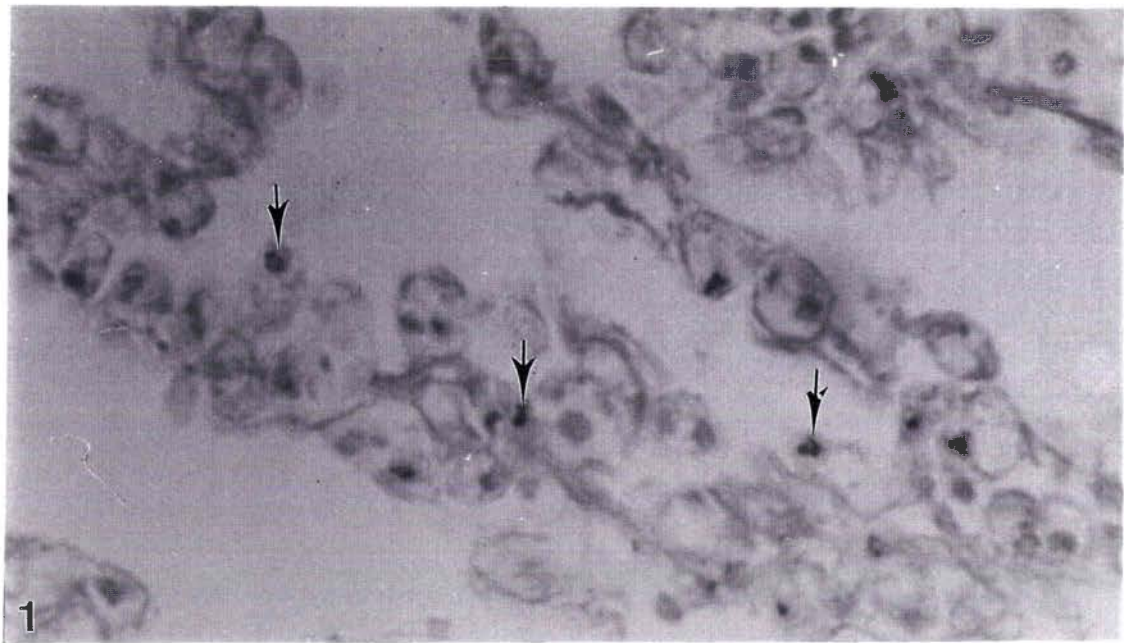


PLANCHE XXVI

Ultrastructure de la glande péricardiale de *D. polymorpha*.

Figure 1: Mise en évidence d'activité peroxydasique par la formation d'un dépôt noir dense aux électrons. Réaction positive au niveau des granulations cytoplasmiques (Gr) des podocytes (P). Microphotographie x 50000.

Figure 2 : Mise en évidence des sites anioniques dans la lame basale (Lb) des podocytes indiqués par la formation de dépôts noirs de rouge de ruthénium. Hémolymphe (He). Fente de filtration (F). Microphotographie x 40000.

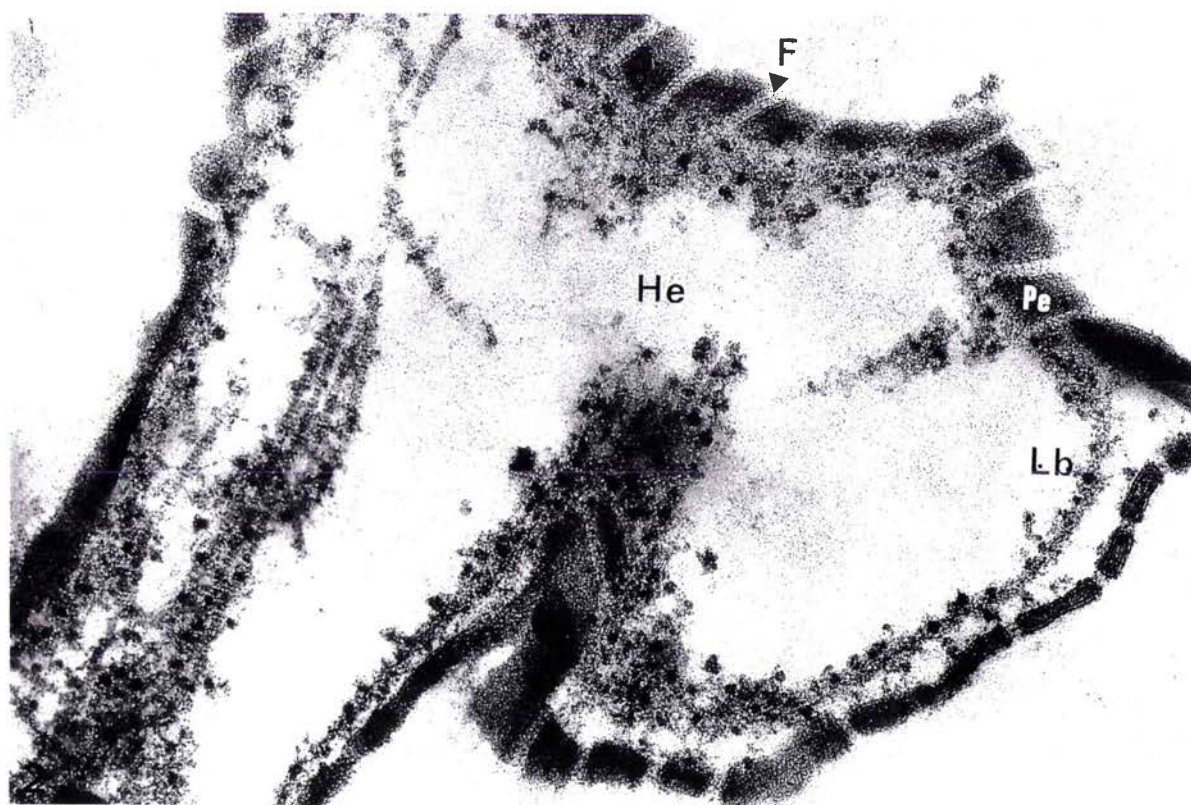
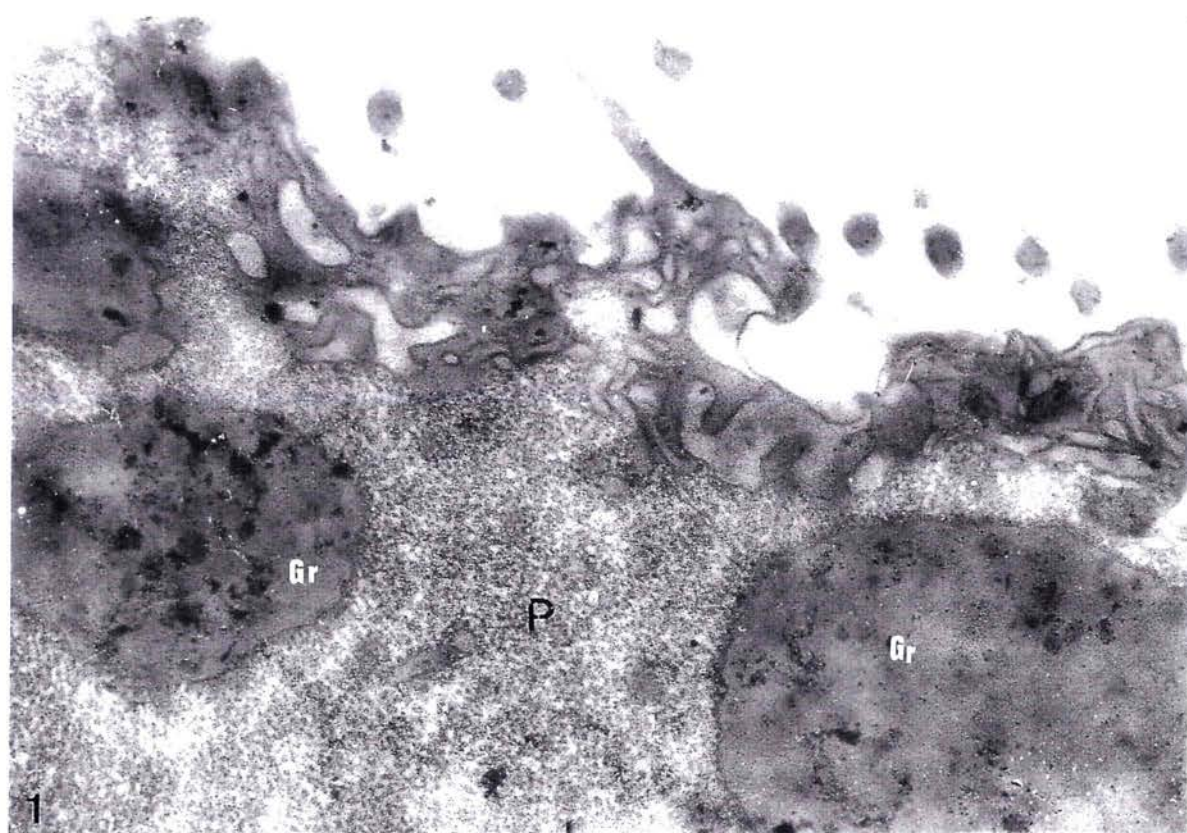


PLANCHE XXVII

Ultrastructure des reins de *D. polymorpha*. Rein proximal.

Figures 1 et 2 : Epithélium du tubule du rein proximal constitué de cellules prismatiques à bordure en brosse apicale (Mi). La partie basale montre de hautes invaginations (I). Certains plans de coupes (fig. 2) montrent de nombreuses mitochondries (m) dans le cytoplasme. Lumière du tubule (L). Noyau (N). Microphotographies x 3000.

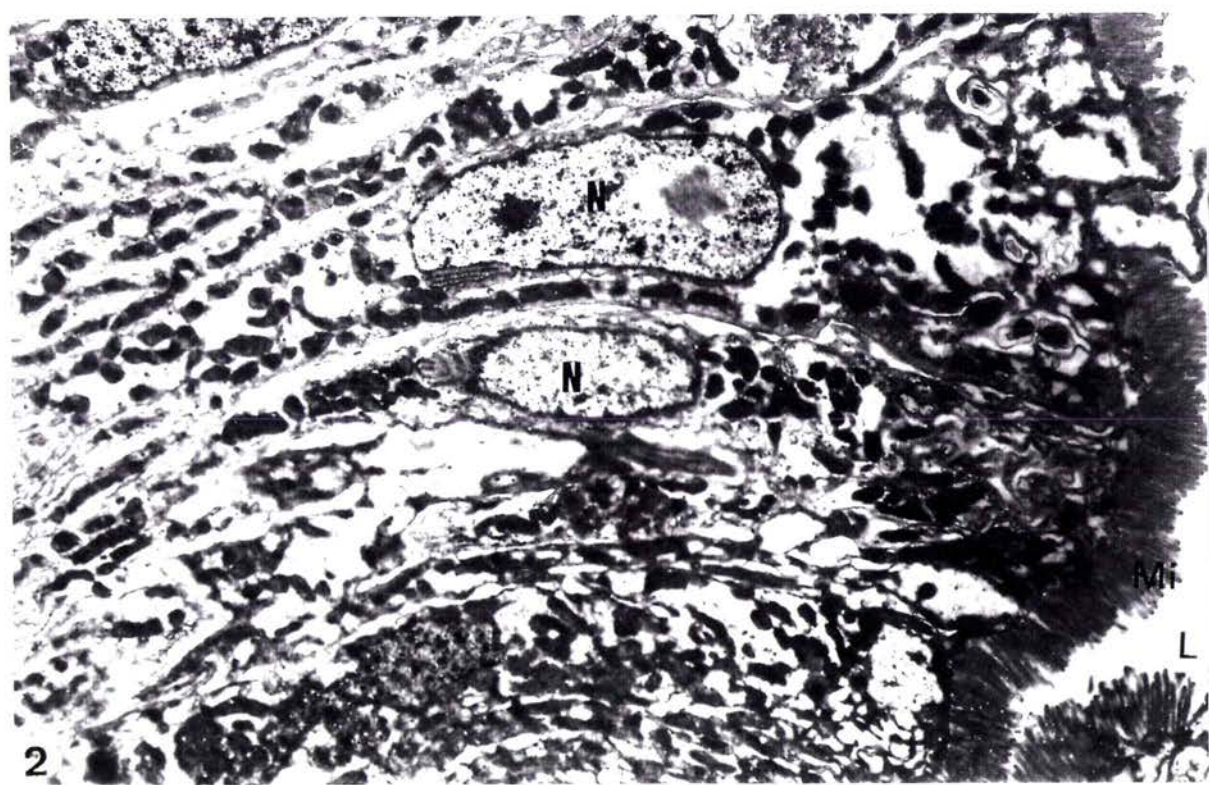
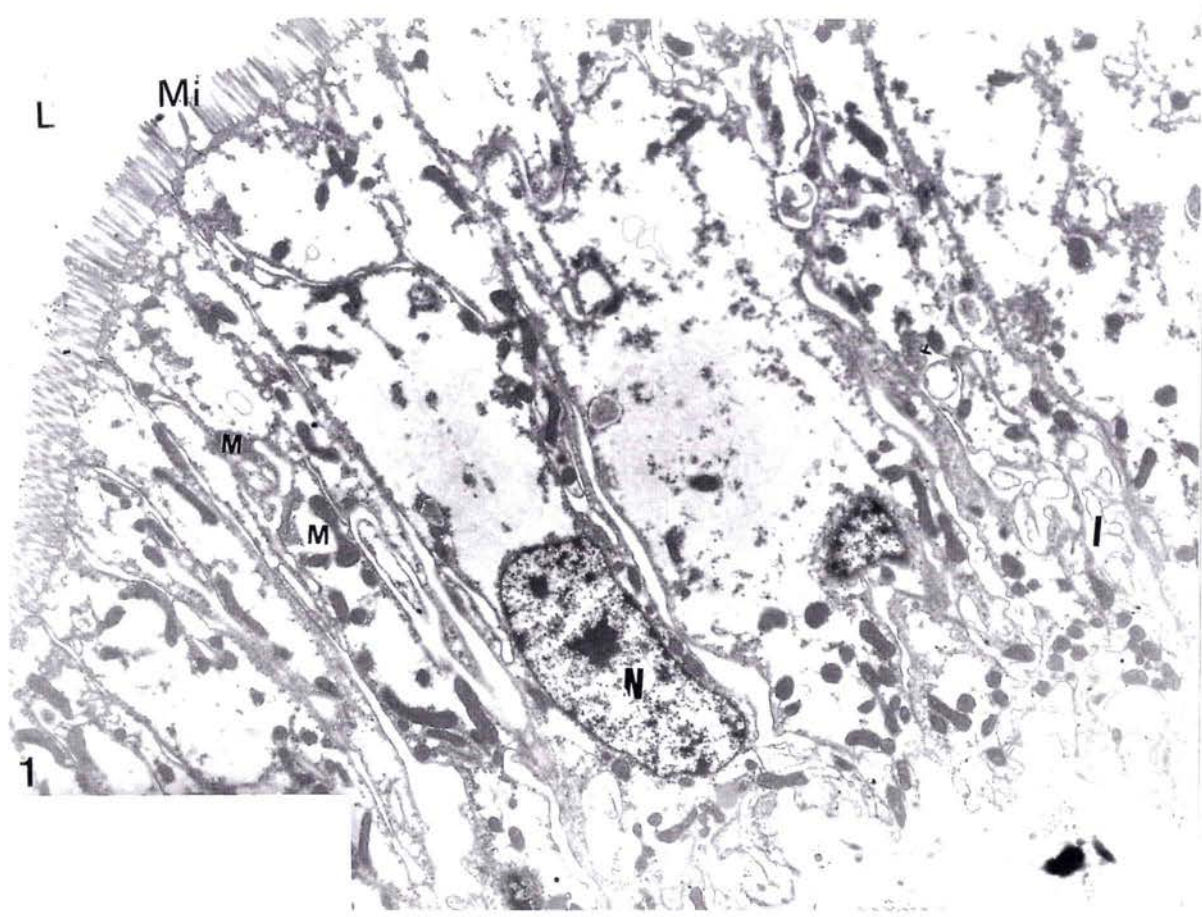


PLANCHE XXVIII

Ultrastructure des reins de *D. polymorpha*. Rein proximal.

Figure 1 : Détail de la partie apicale contenant des microvillosités (Mi). Les cellules sont reliées par des jonctions cloisonnées caractéristiques des invertébrés (flèches) et par des desmosomes (D). Le cytoplasme contient des amas de glycogène (Gl) et de nombreuses mitochondries (M). Microphotographie x 25000.

Figure 2 : Détail de la partie apicale contenant des microvillosités (Mi). Présence à ce niveau de figures d'endocytose (Ve). Microphotographie x 40000.

Figure 3 : Détail de la partie apicale contenant des microvillosités (Mi). Le cytoplasme contient de nombreux amas de glycogène (Gl) et de nombreuses mitochondries (M). Noyau (N). Microphotographie x 7500.

Figures 4 et 5 . Détail de vacuoles cytoplasmiques (Va) contenant du matériel granuleux hétérogène. Microphotographies x 5000.

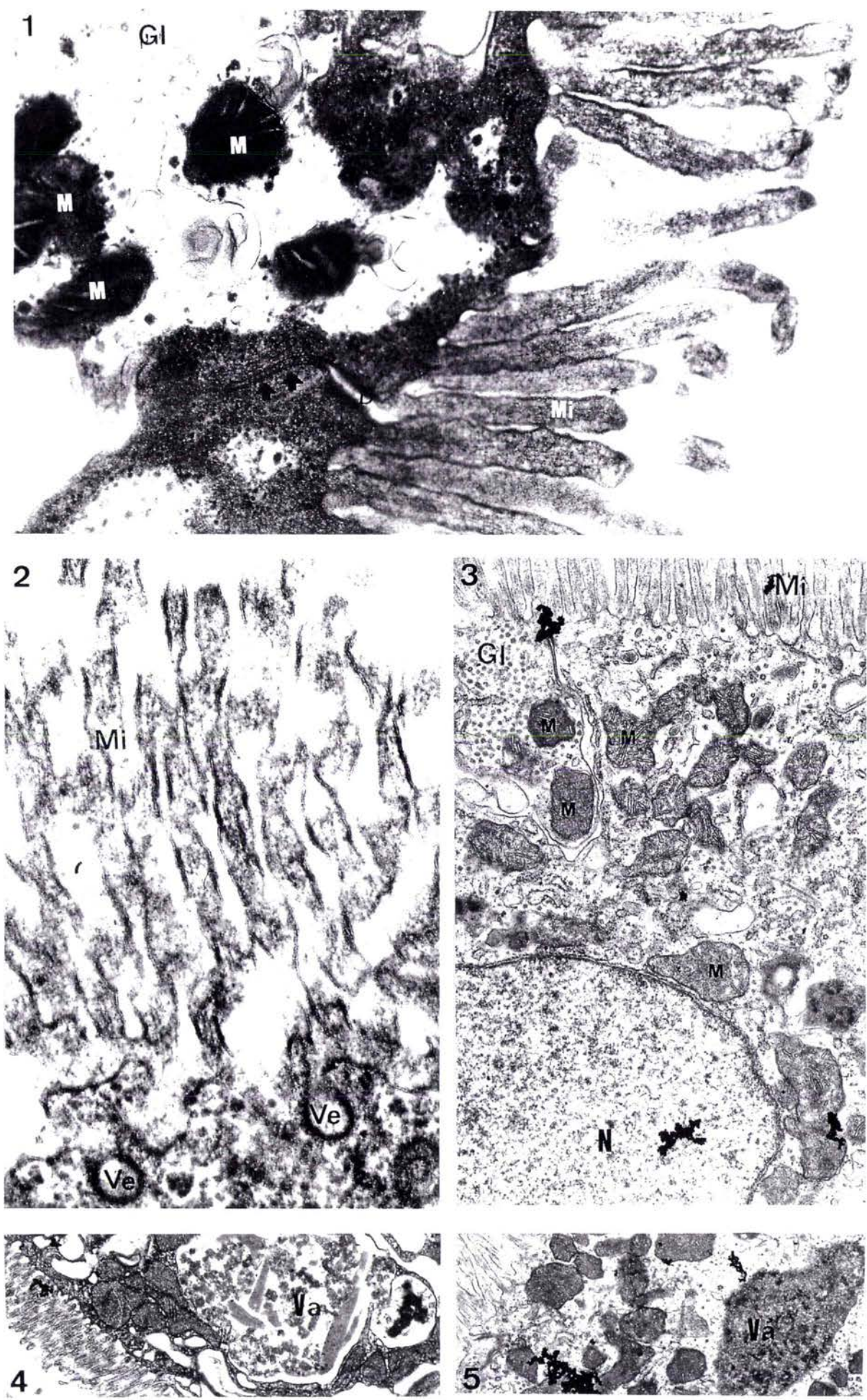


PLANCHE XXIX

Ultrastructure des reins de *D. polymorpha*. Rein distal externe.

Figure 1 : Cellules du rein distal externe dont la partie apicale est ciliée et la partie basale fortement invaginée (I). Le cytoplasme contient de petites vacuoles à contenu amorphe et électrodense. Les grandes vacuoles contiennent une grosse concrétion (C) formées d'amas de débris cellulaires électrodenses. Lumière du tubule (L)
Microphotographie x 3000.

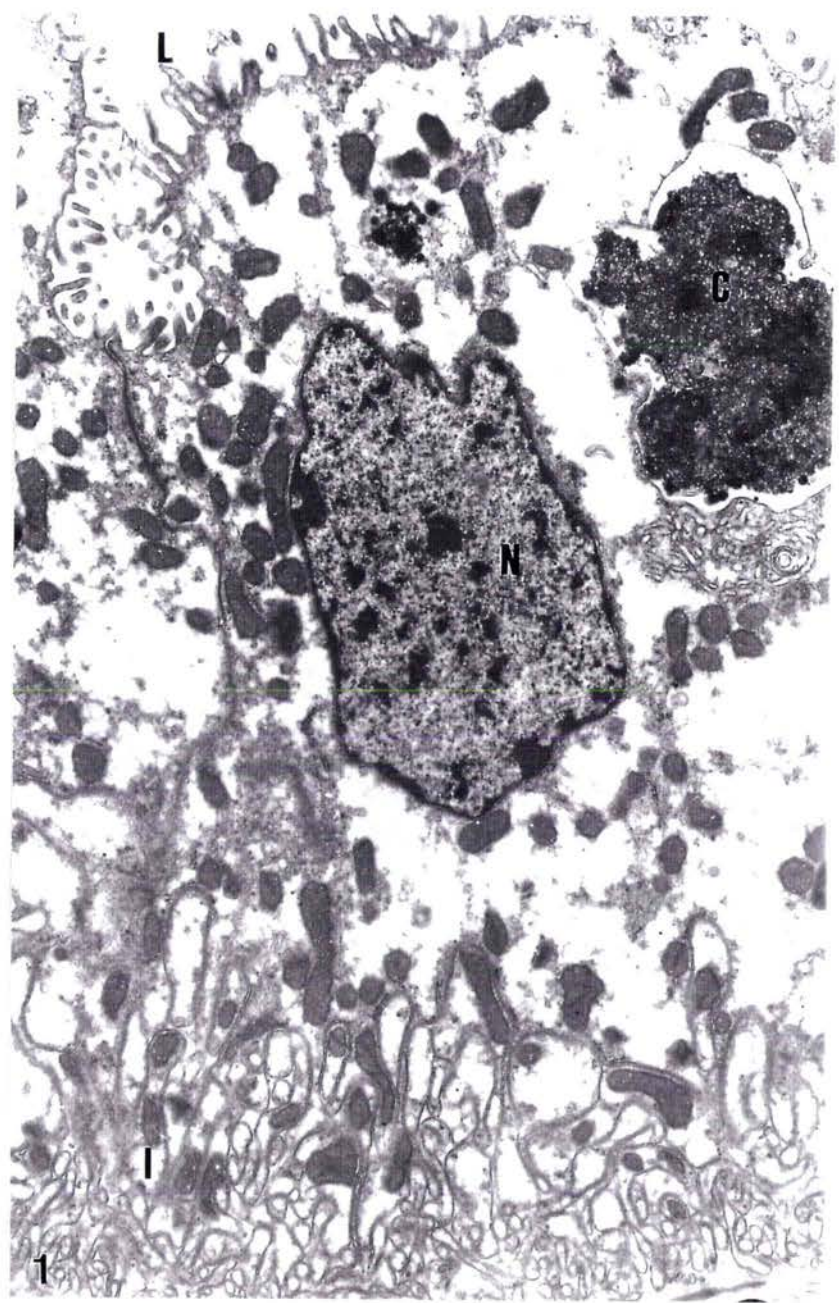


PLANCHE XXX

Ultrastructure des reins de *D. polymorpha*. Rein distal interne.

Figure 1 et 2 : Cellule du tubule distal interne. La partie basale montre de nombreuses invaginations peu développées (I). La partie apicale est caractérisée par une grande vacuole (Va) contenant des concrétions (C) de différentes natures.

Figure 1 : La concrétion est formée d'agglomérats des débris cellulaires et de matériel amorphe et électrodense associés à une structure cristalline étoilée. Lumière du tubule (L). Microphotographie x 5000.

Figure 2 : La concrétion est formée exclusivement d'agglomérats des débris cellulaires et de matériel amorphe et dense aux électrons. Lumière du tubule (L). Granulocyte (Gra). Microphotographie x 5000.

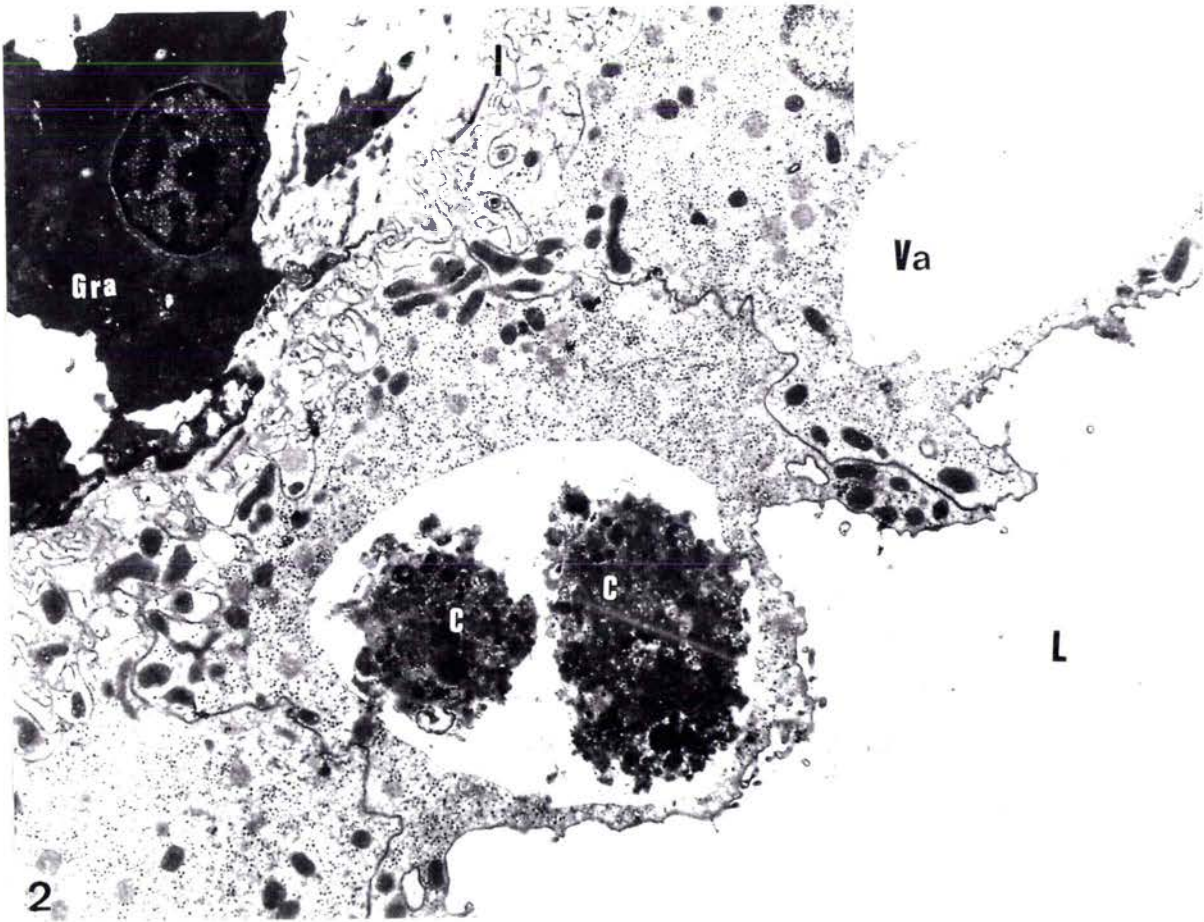
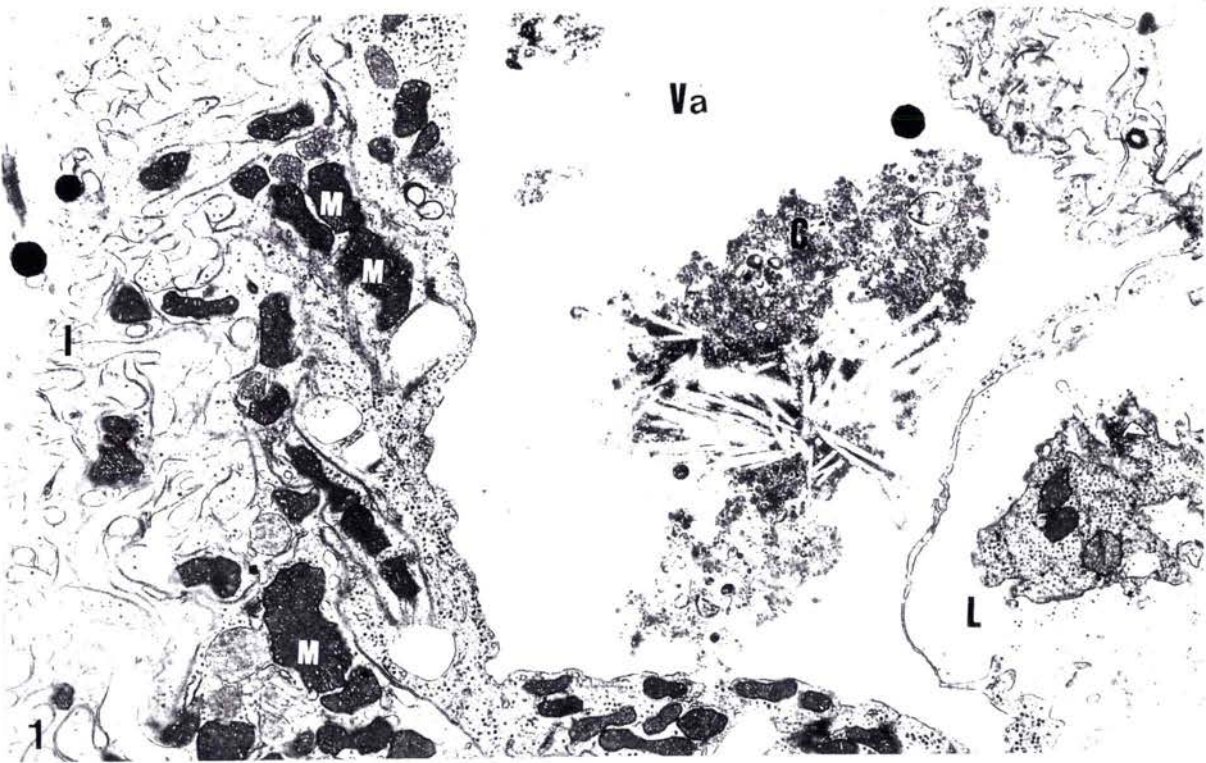


PLANCHE XXXI

Ultrastructure des reins de *D. polymorpha*. Rein distal interne.

Figure 1 et 2 : Cellule du tubule distal interne. La partie basale montre de nombreuses invaginations peu élevées (I). La partie apicale est caractérisée par une grande vacuole (Va) contenant des concrétions (C) de différentes natures.

Figure 1 : De petites structures de forme cristalline sont dispersées dans l'agglomérat de matériel hétérogène formant la concrétion rénale. Lumière du tubule (L). Invaginations basales (I). Microphotographie x 4000.

Figure 2 : La concrétion est constituée principalement de débris cellulaires à aspect lamellaire. Lumière du tubule (L). Invaginations basales (I). Noyau (N). Microphotographie x 4000.

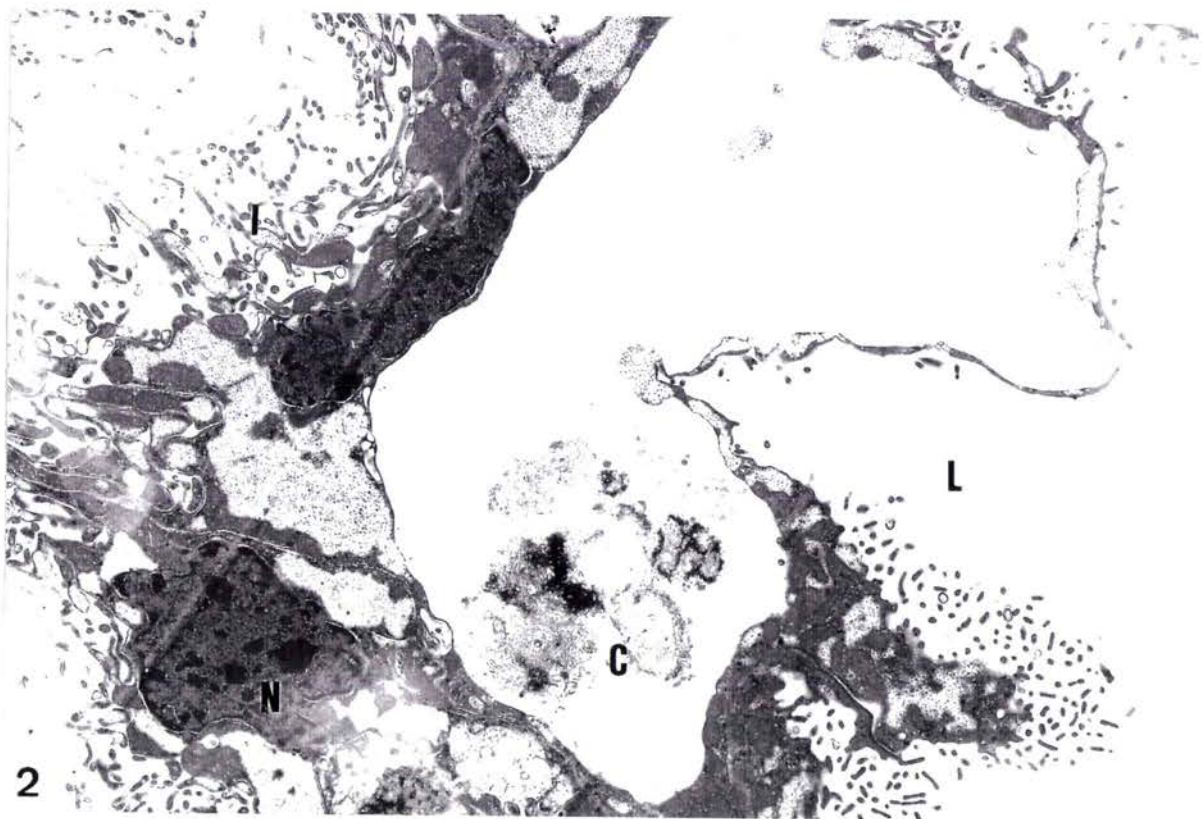
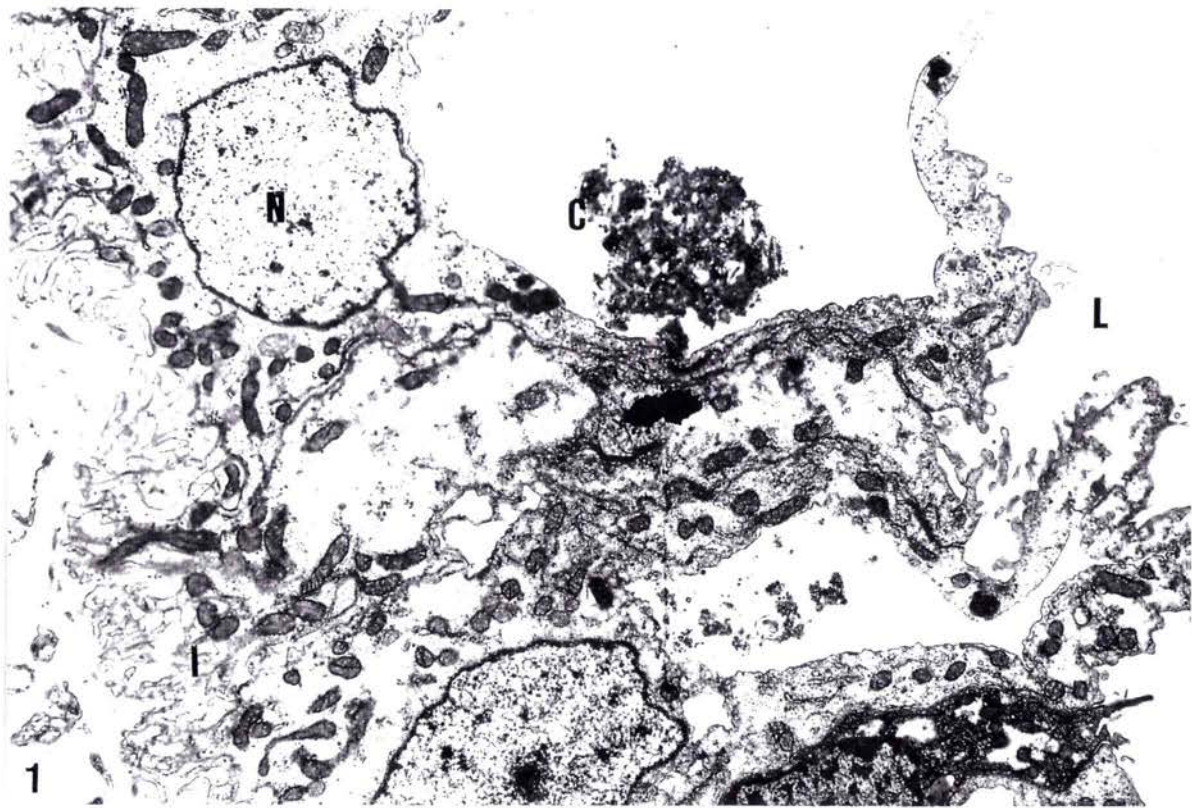


PLANCHE XXXII

Rein distal interne de *D. polymorpha*.

Figures 1 et 2 : Concrétions (C) formées de matériel hétérogène en agglomérat dans les vacuoles des cellules du tubule distal interne. Lumière du tubule (L). Coupes histologiques, coloration par l'hématoxyline de Groat x1000.

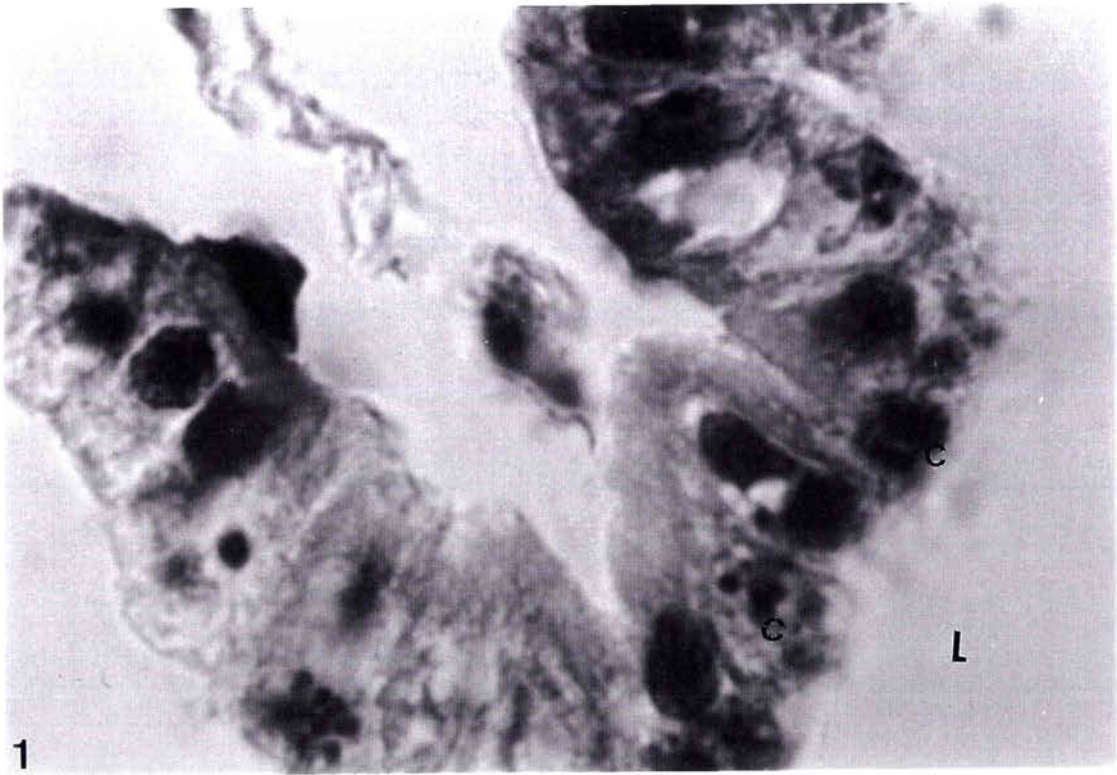


PLANCHE XXXIII

Rein distal interne de *D. polymorpha*.

Figure 1 : Détail des concrétions à aspect "étoilé" (C) dans les vacuoles des cellules du tubule rénal distal interne. Coupe histologique, coloration au bleu de toluidine x1000.

Figures 2 et 3 : Détail des concrétions à aspect "étoilé" (C) dans les vacuoles des cellules du tubule rénal distal interne. Les concrétions sont naturellement de couleur jaune-brun. Montage du tubule rénal distal interne in toto x1000.

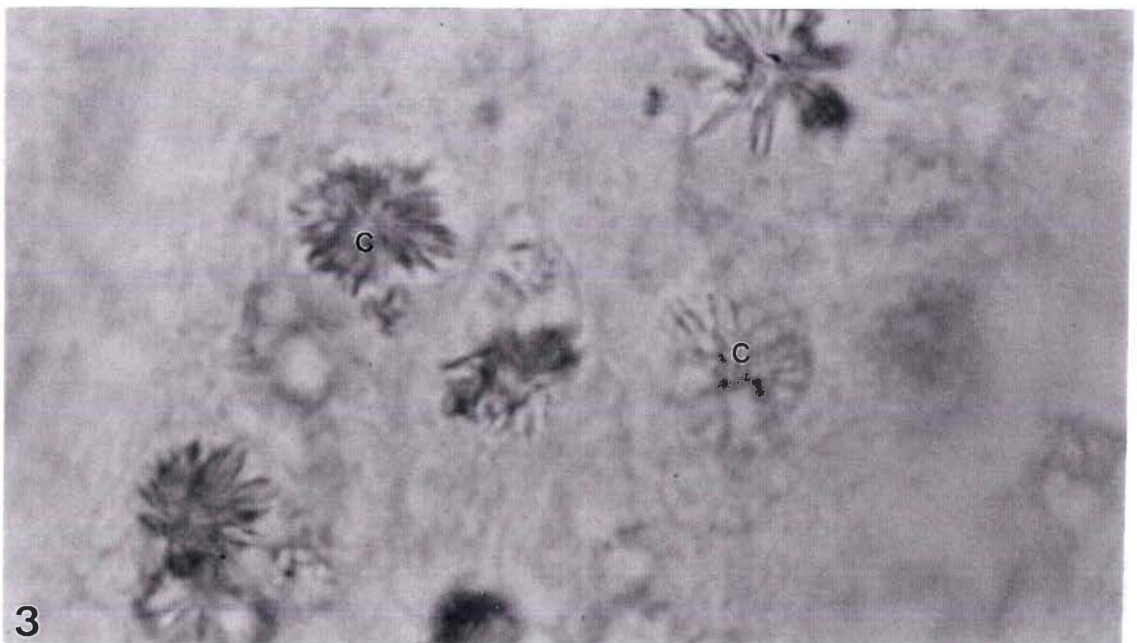
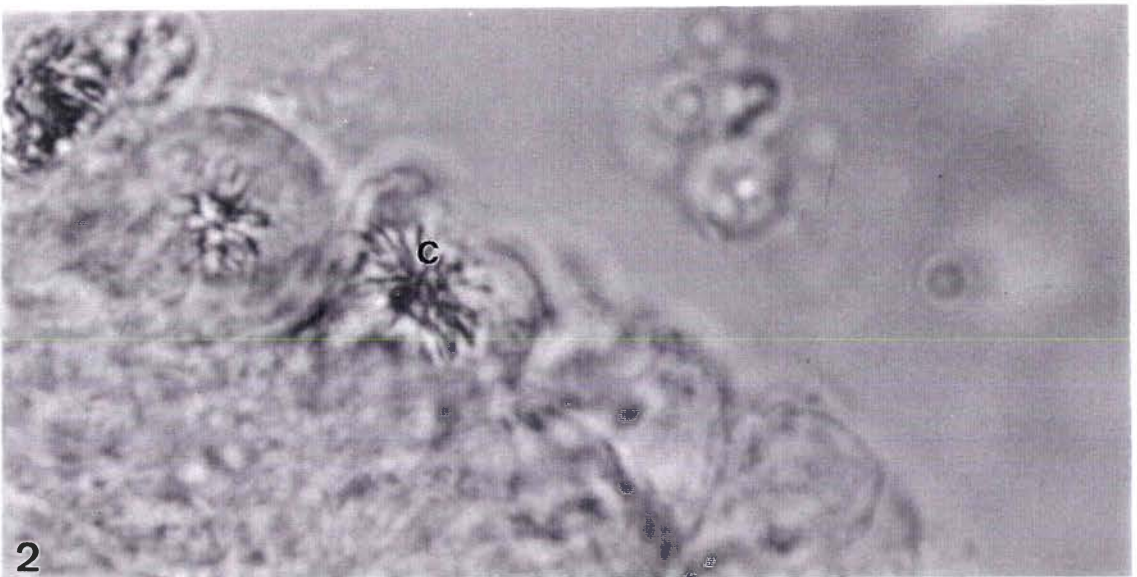
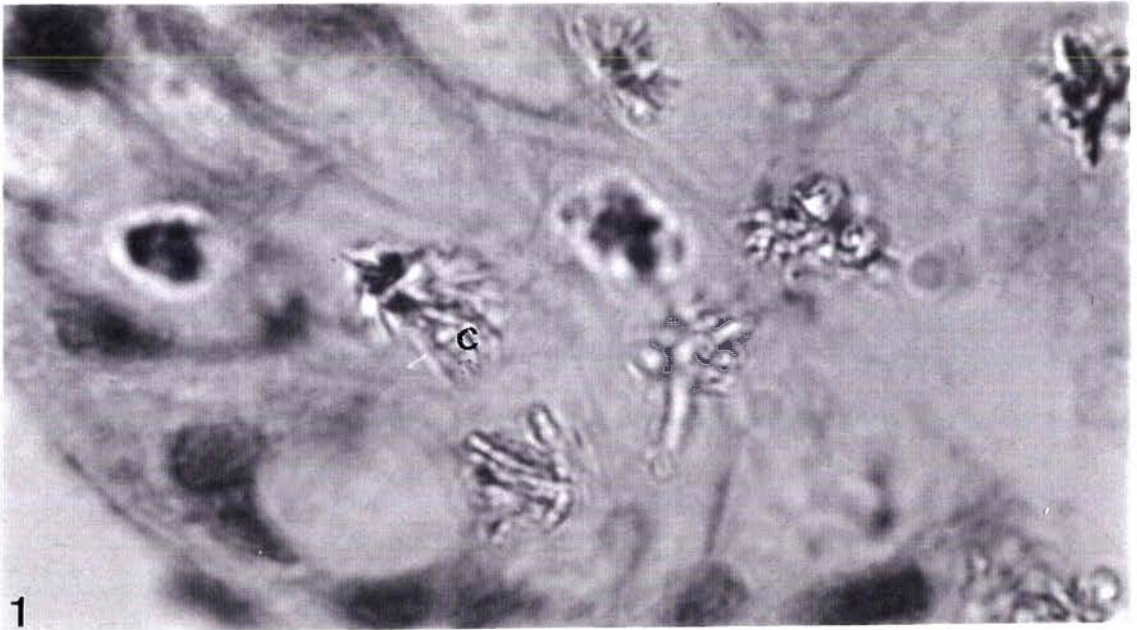


PLANCHE XXXIV

Ultrastructure des reins de *D. polymorpha*. Détail des concrétions dans le rein distal interne.

Figures 1 et 2 : Détail des concrétions dans les vacuoles des cellules du tubule distal interne. Différents aspects des concrétions mixtes, formées de structures géométriques allongées claires aux électrons (flèches) associés a des agglomérats de débris cellulaires et de matériel amorphe (C). Microphotographies x 15000.

Figure 3 : Détail des concrétions dans les vacuoles des cellules du tubule distal interne. Les structures géométriques en forme de batonnets courts (flèches) sont dispersés entre les débris cellulaires. Microphotographie x 20000.

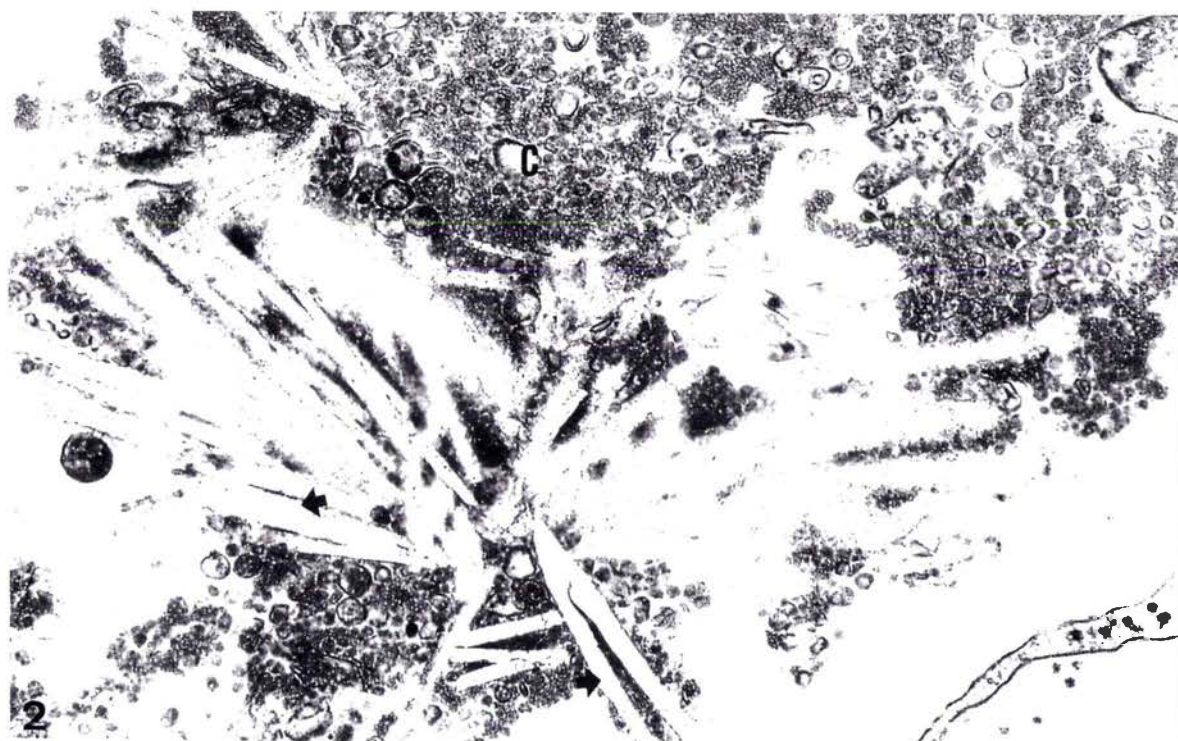


PLANCHE XXXV

Ultrastructure des reins de *D. polymorpha*. Détail des concrétions dans le rein distal interne.

Figure 1 : Détail des concrétions dans les vacuoles des cellules du tubule distal interne.

Figure 2 : Détail des concrétions dans les vacuoles des cellules du tubule distal interne. La concrétion est constituée de débris membranaires à aspect lamellaire associés à du matériel amorphe dense aux électrons. Microphotographie x 15000.

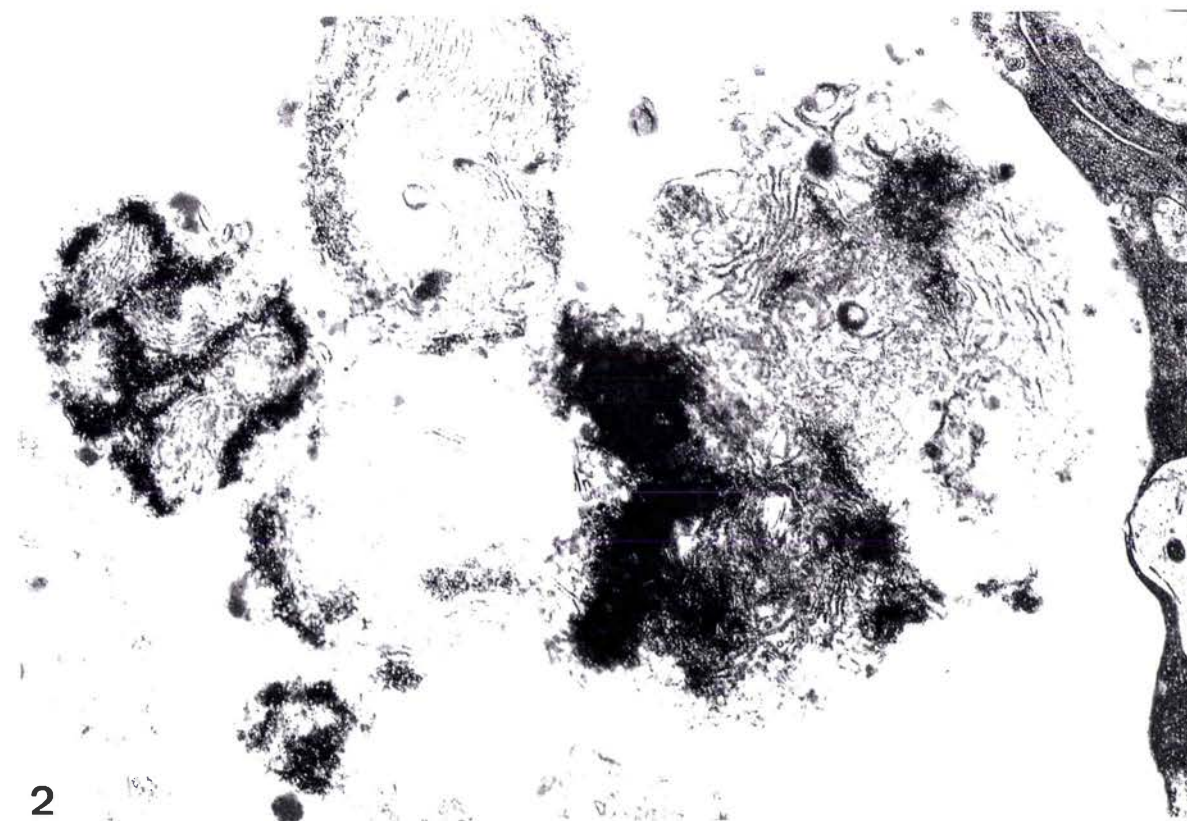
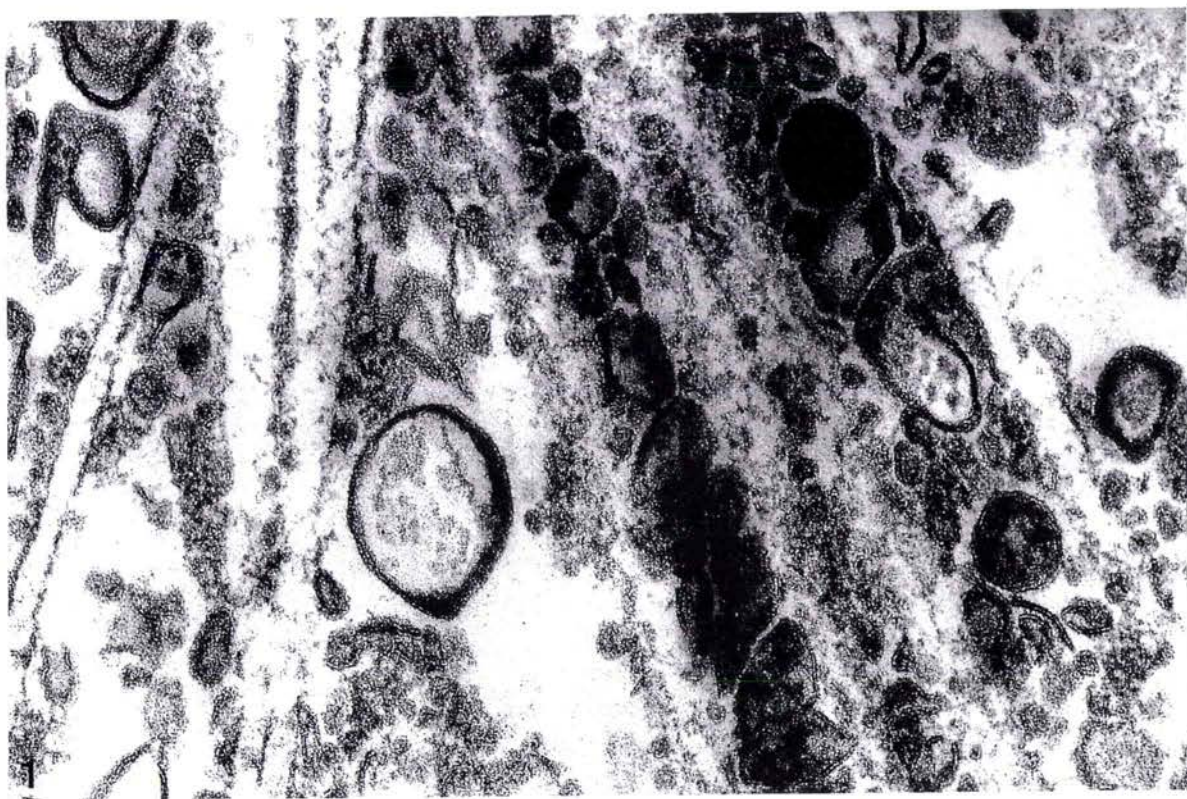


PLANCHE XXXVI

Rein distal interne de *D. polymorpha*. Mise en évidence des composés puriques.

Figure 1 : Réaction positive au niveau des concrétions à aspect "étoilé" indiquée par la présence de dépôts bleu foncé (flèches) dans le tubule distal interne (Rd). Les cellules du tubule proximal sont dépourvues de réactivité (Rp). Coupe histologique, coloration de fond au rouge nucléaire. x160.

Figure 2 : Détail des composés puriques (flèches) mis en évidence au niveau des concrétions à aspect "étoilé" dans le rein distal. Coupe histologique, coloration par l'hématoxyline x400.

Figure 3 : Détail des composés puriques (flèche) mis en évidence au niveau d'une concrétion à aspect "étoilé" dans une vacuole cellulaire du rein distal interne. Coupe histologique, coloration de fond au rouge nucléaire x1000.

Figure 4 : Témoin de réaction. Spécificité de la réaction vérifiée par l'élimination des urates par le traitement dans une solution de carbonate de lithium. Coupe histologique, coloration de fond au rouge nucléaire. x 160.

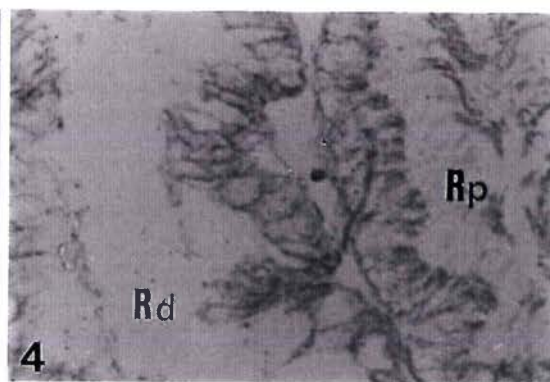
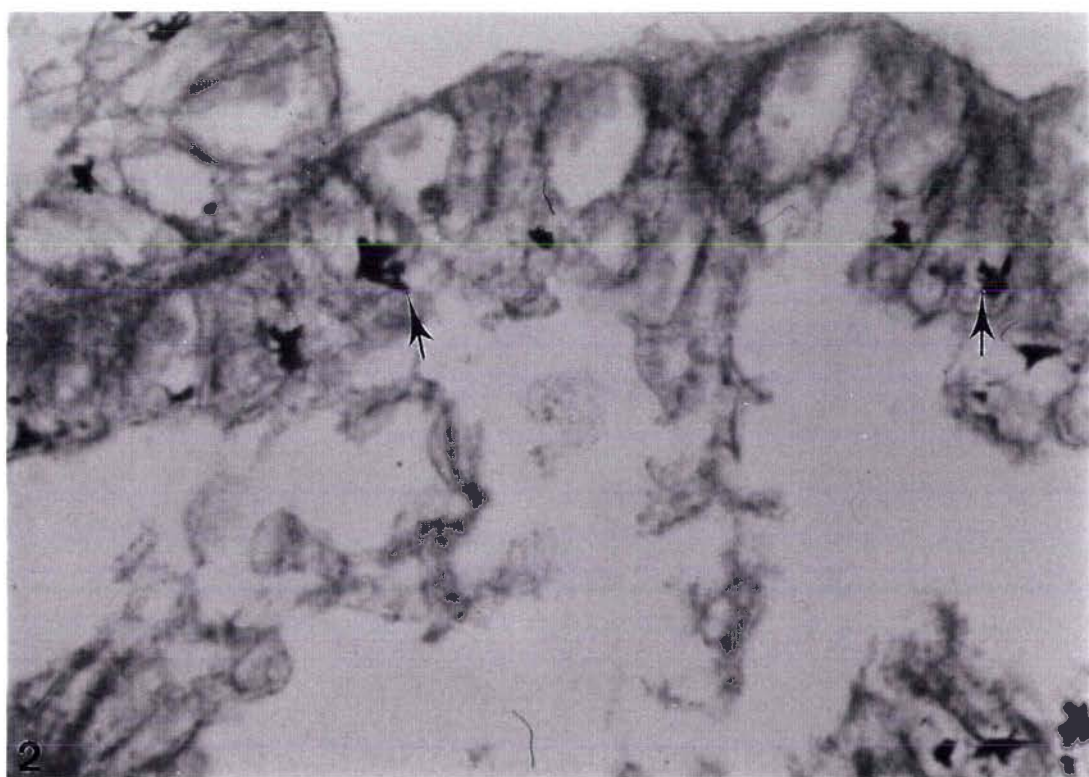
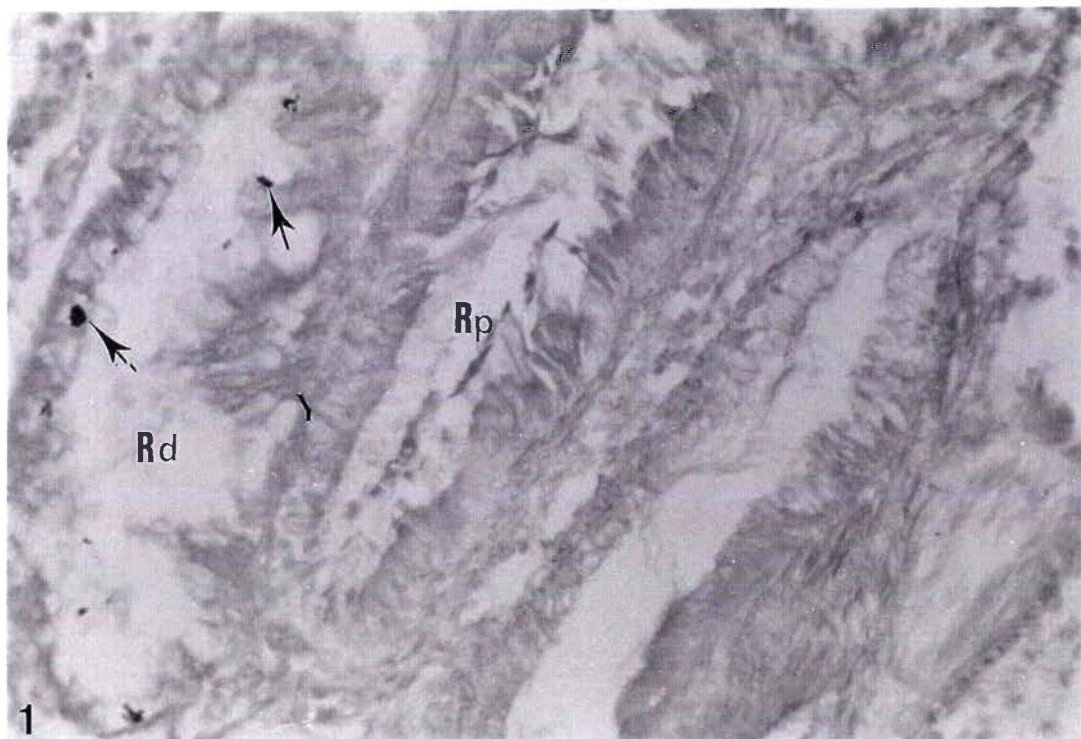


PLANCHE XXXVII

Mise en évidence du plomb dans les hémocytes au niveau de la branchie. Révélation au chromate de potassium.

Figure 1: De nombreux hémocytes montrent une réaction positive (flèche). Coupe histologique, coloration de fond au bleu de toluidine. x 400

Figure 2: Détail d'un hémocyte très fortement chargé. Aucune structure n'est reconnaissable (flèche) Coupe histologique, coloration de fond au bleu de toluidine. x 1000

Figure 3: Détail d'un hémocyte chargé en plomb. La cellule infiltré entre les cellules branchiales est en contact avec le milieu ambiant. Coupe histologique, coloration de fond au bleu de toluidine. x 1000

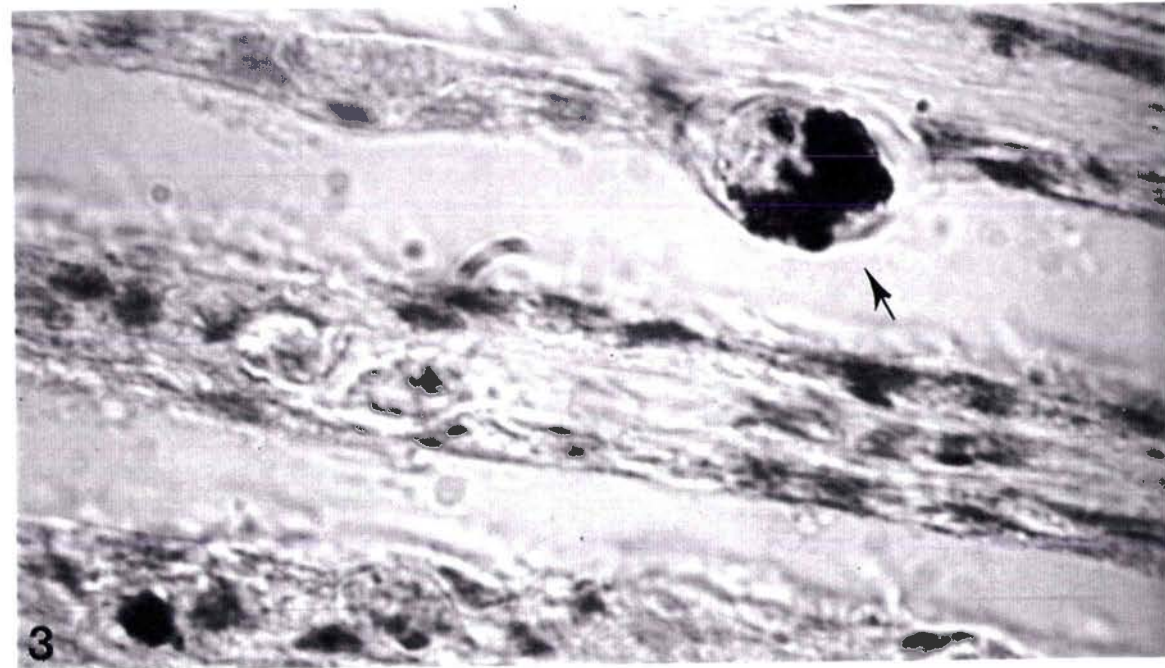
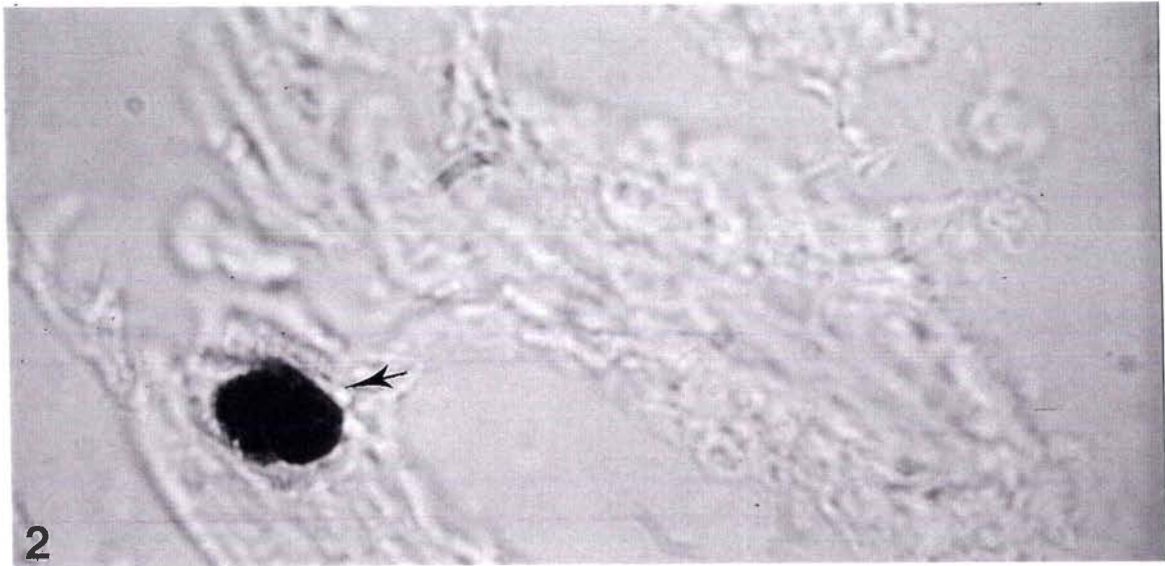
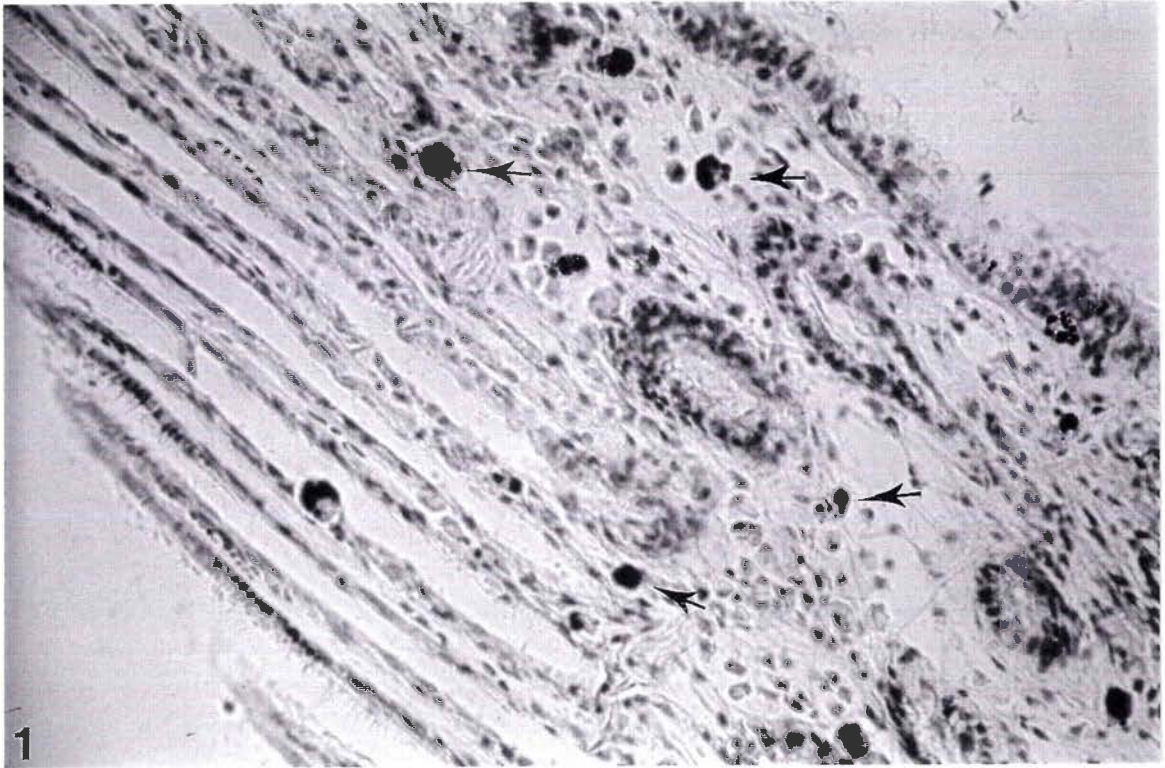


PLANCHE XXXVIII

Mise en évidence du plomb dans les hémocytes au niveau du rein proximal et distal externe. Révélation au chromate de potassium.

Figure 1: Réaction positive au niveau de la lumière du tubule (flèche). Coupe histologique, coloration de fond au bleu de toluidine. x 250

Figure 2: Réaction positive au niveau de la lumière du tubule proximal et distal externe (flèche). Coupe histologique, coloration de fond au bleu de toluidine. x 400

Figure 3: Détail de concrétion chargé en plomb dans la lumière du tubule proximal. La cellule infiltrée entre les cellules branchiales est en contact avec le milieu ambiant (flèche). Coupe histologique, coloration de fond au bleu de toluidine. x 1000

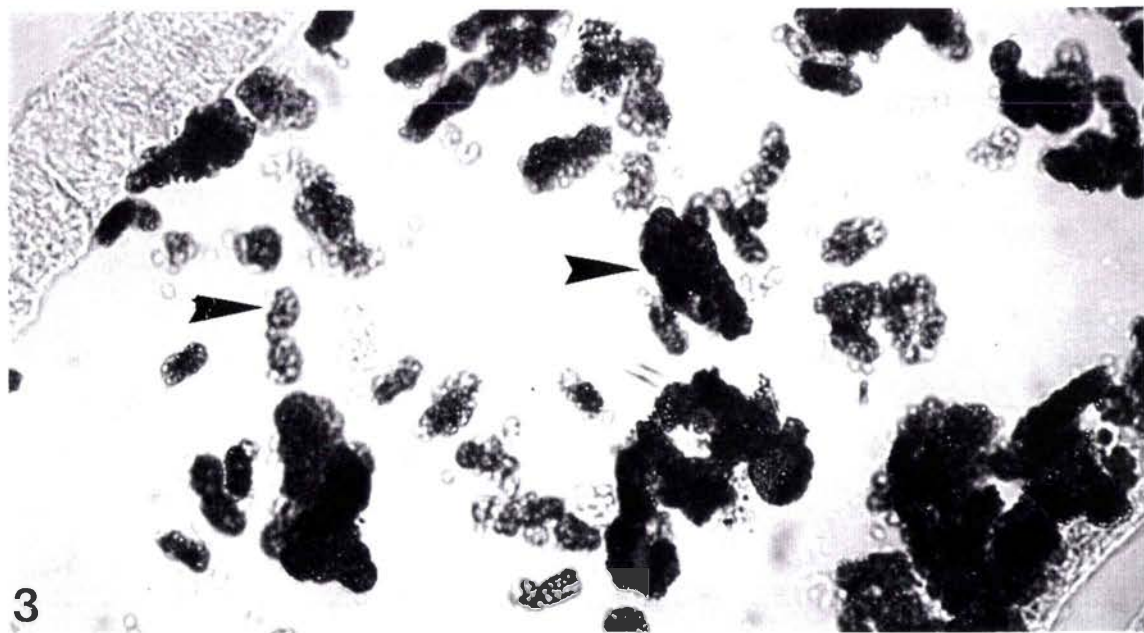
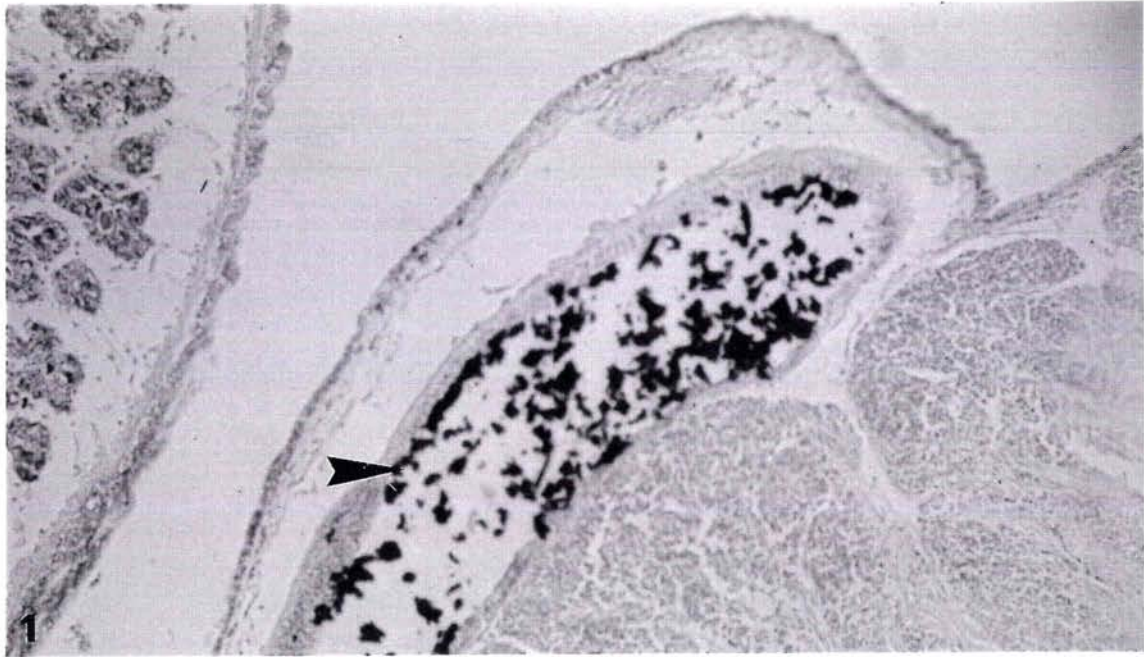


PLANCHE XXXIX

Mise en évidence du plomb dans les tubules rénaux proximal et distal interne.
Révélation au chromate de potassium.

Figure 1: Réaction positive au niveau de la lumière du tubule proximal (Rp) et au niveau des granules dans les vacuoles des cellules du tubule distal interne (Rd). Coupe histologique, coloration de fond au bleu de toluidine. x 250

Figure 2: Réaction positive au niveau des granules (flèche) dans les vacuoles du tubule distal interne. Coupe histologique, coloration de fond au bleu de toluidine. x 400

Figure 3: Détail de concrétion chargé en plomb dans les vacuoles du tubule distal interne (flèche). Coupe semi-fine, coloration de fond au bleu de toluidine. x 1000

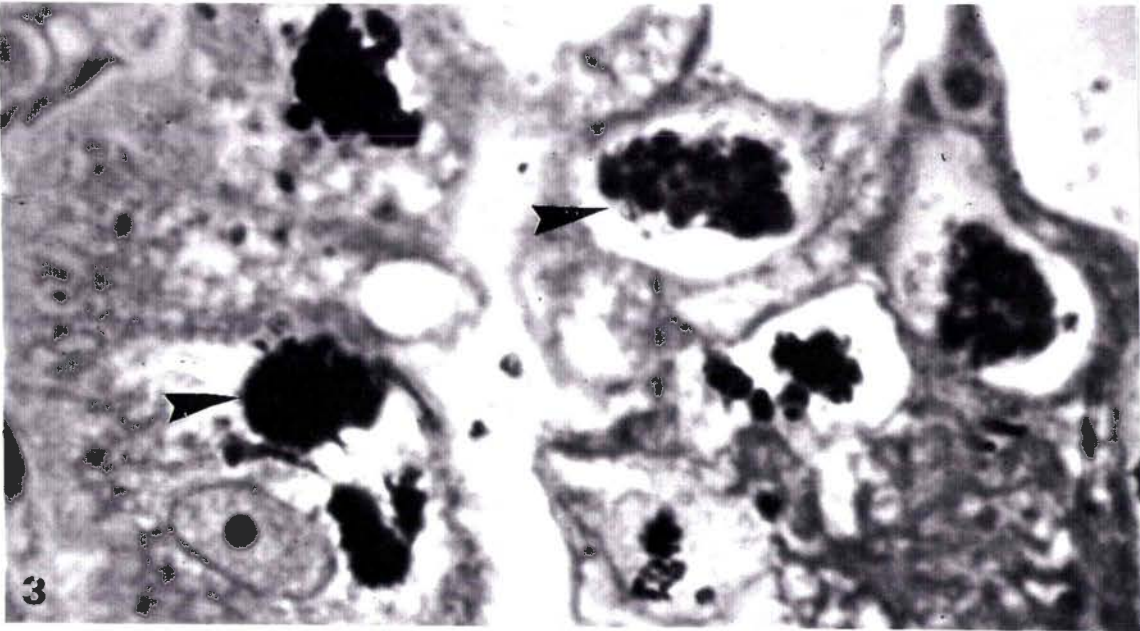
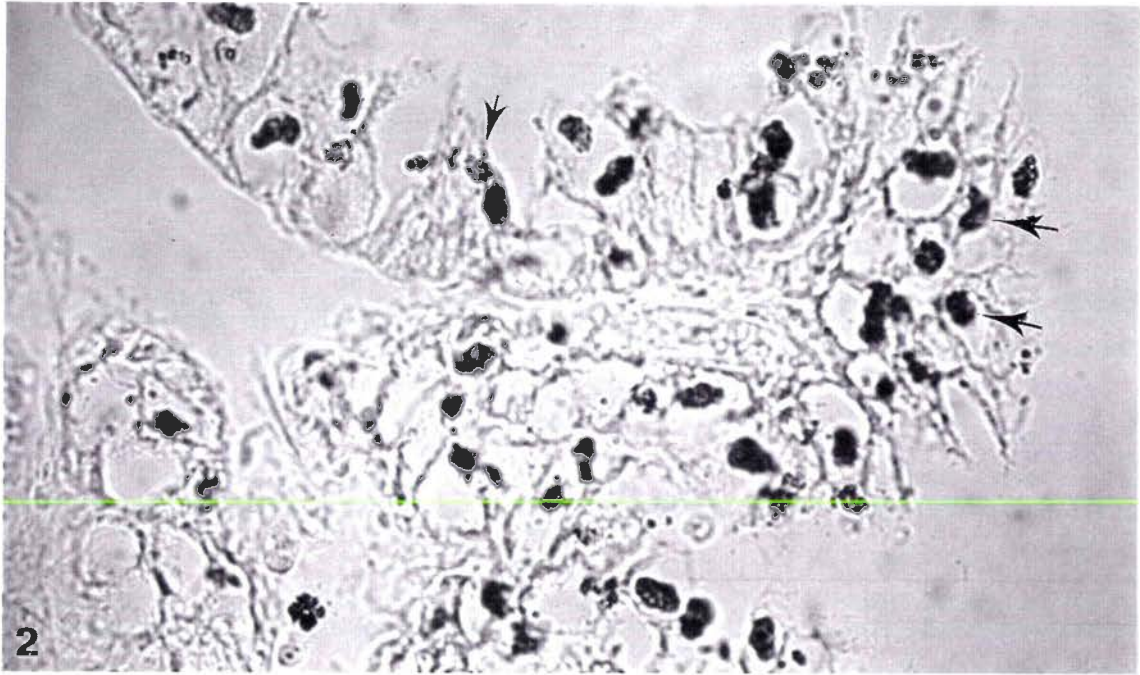
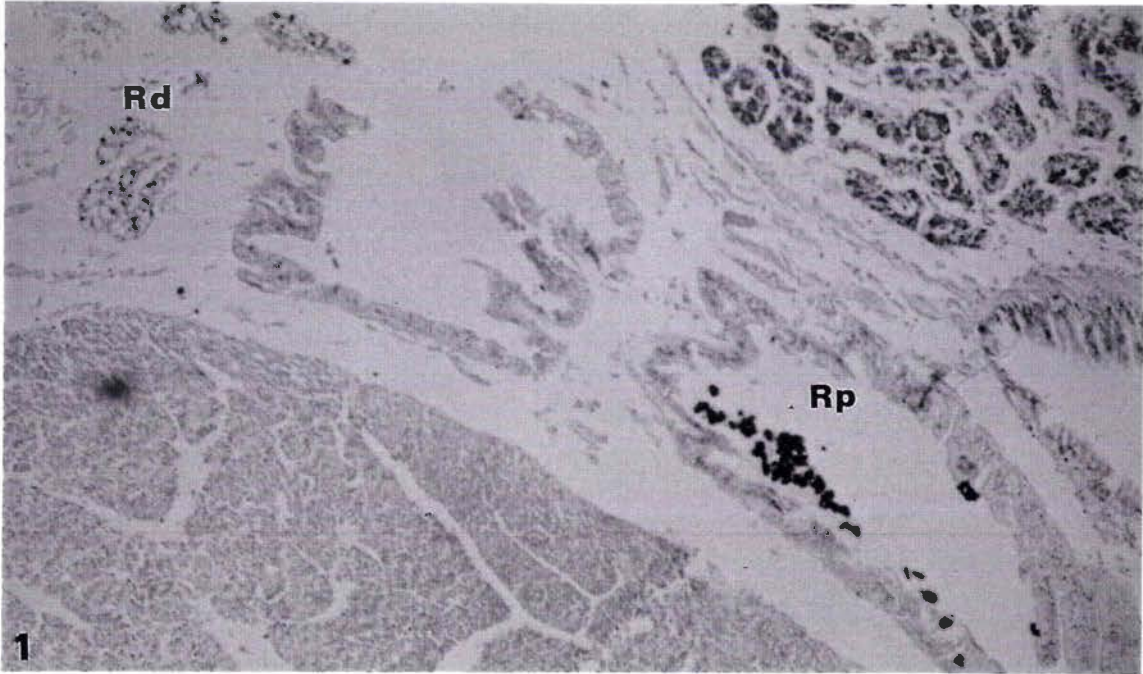


PLANCHE XL

Mise en évidence du zinc au niveau des branchies. Révélation à la dithizone et au DMSO.

Figure 1: Réaction faiblement positive au niveau des cellules à l'apex des filaments branchiaux. x 1000

PLANCHE XL

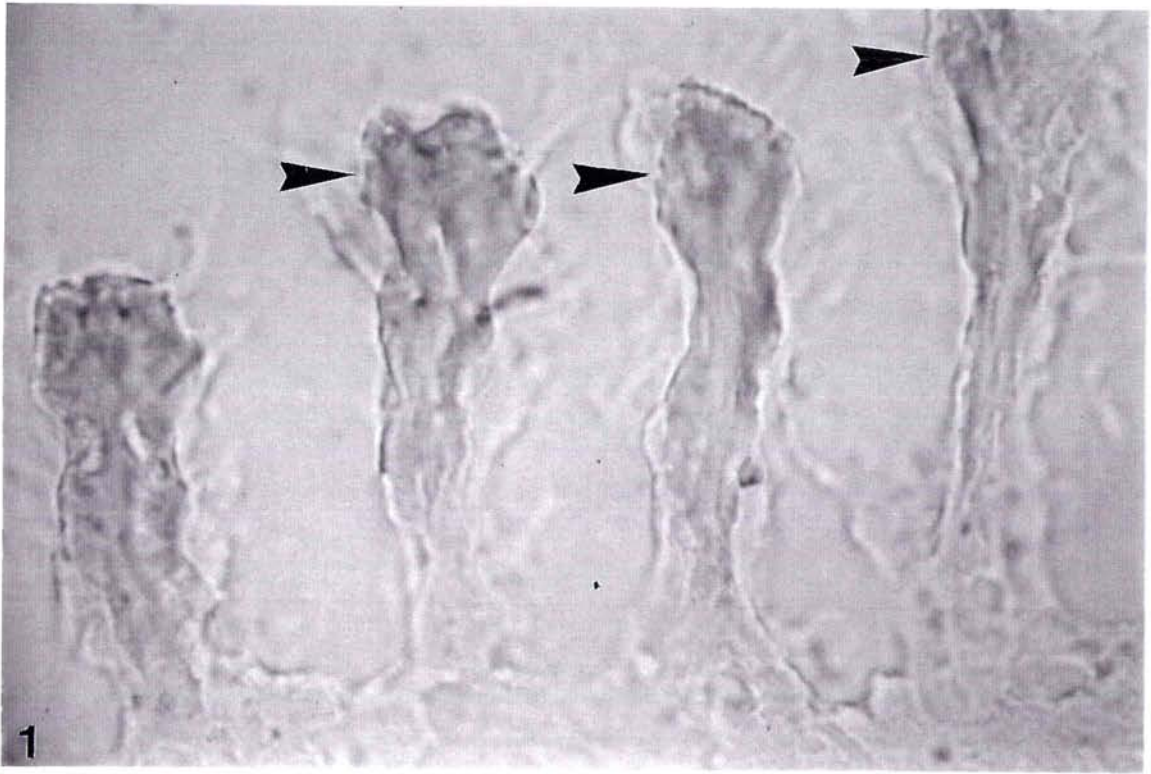
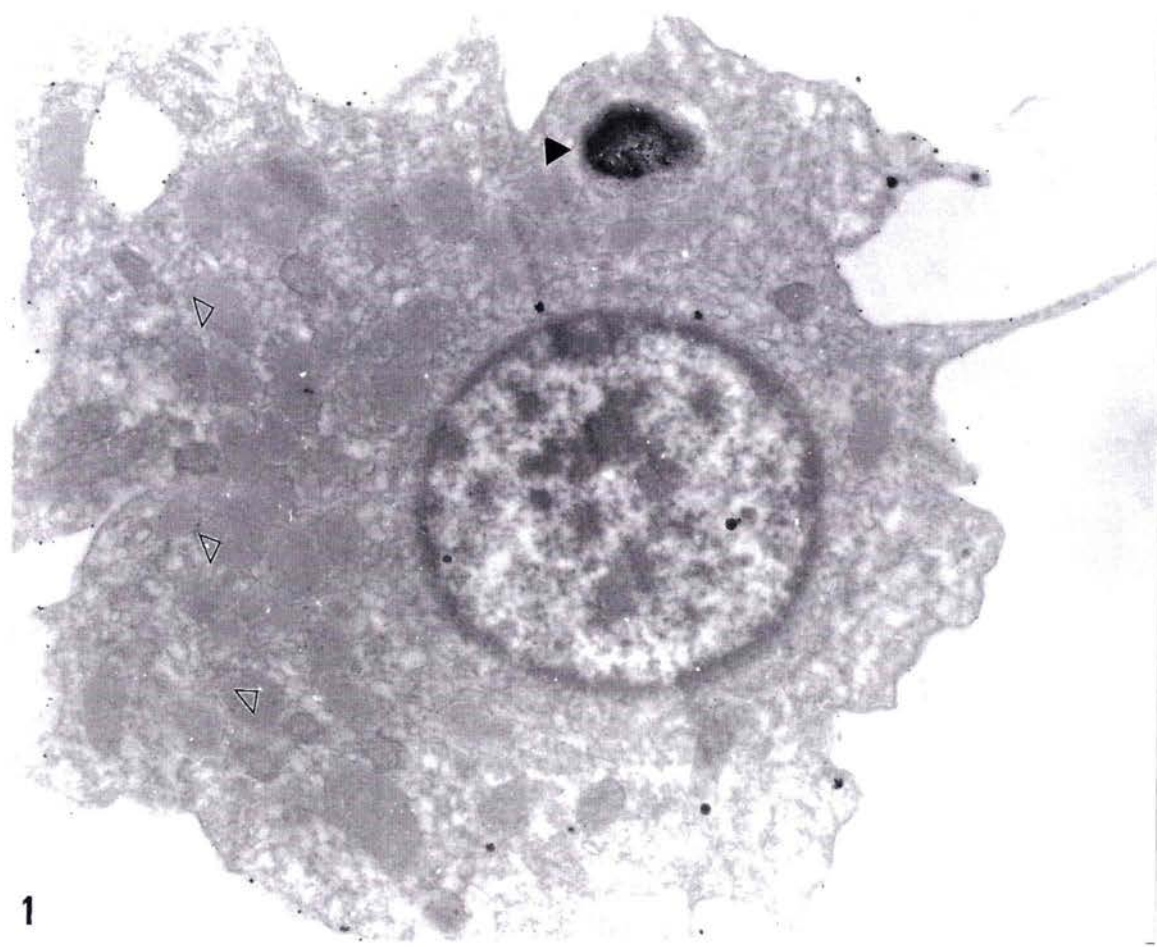


PLANCHE XLI

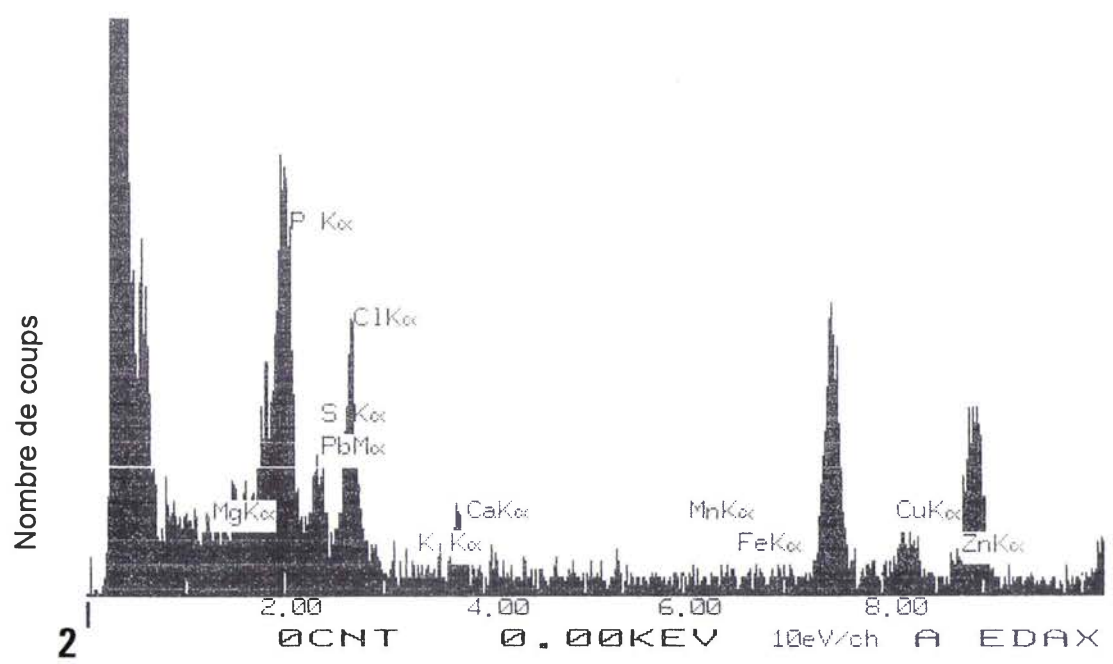
Granulocytes et mise en évidence du plomb par microanalyse de RX .

Figure 1: Granulocyte présentant à la fois des granules cytoplasmiques denses aux électrons (flèche noire) et des granules normaux (flèche blanche). x 8800

Figure 2: Spectre typique de microanalyse de RX mettant en évidence le plomb au niveau des granules cytoplasmiques.



1



2

PLANCHE XLII

Granulocytes chargés en métal

Figure 1: Granulocyte typique (G) à la base du tube distal interne. Certaines cellules présentent des granules cytoplasmiques très électron denses (flèche noire) et des corps résiduels (flèche blanche). x 7500

Figure 2: Granulocyte circulant très fortement chargé en plomb (flèche blanche). L'intégrité membranaire n'est plus respectée. x 6600

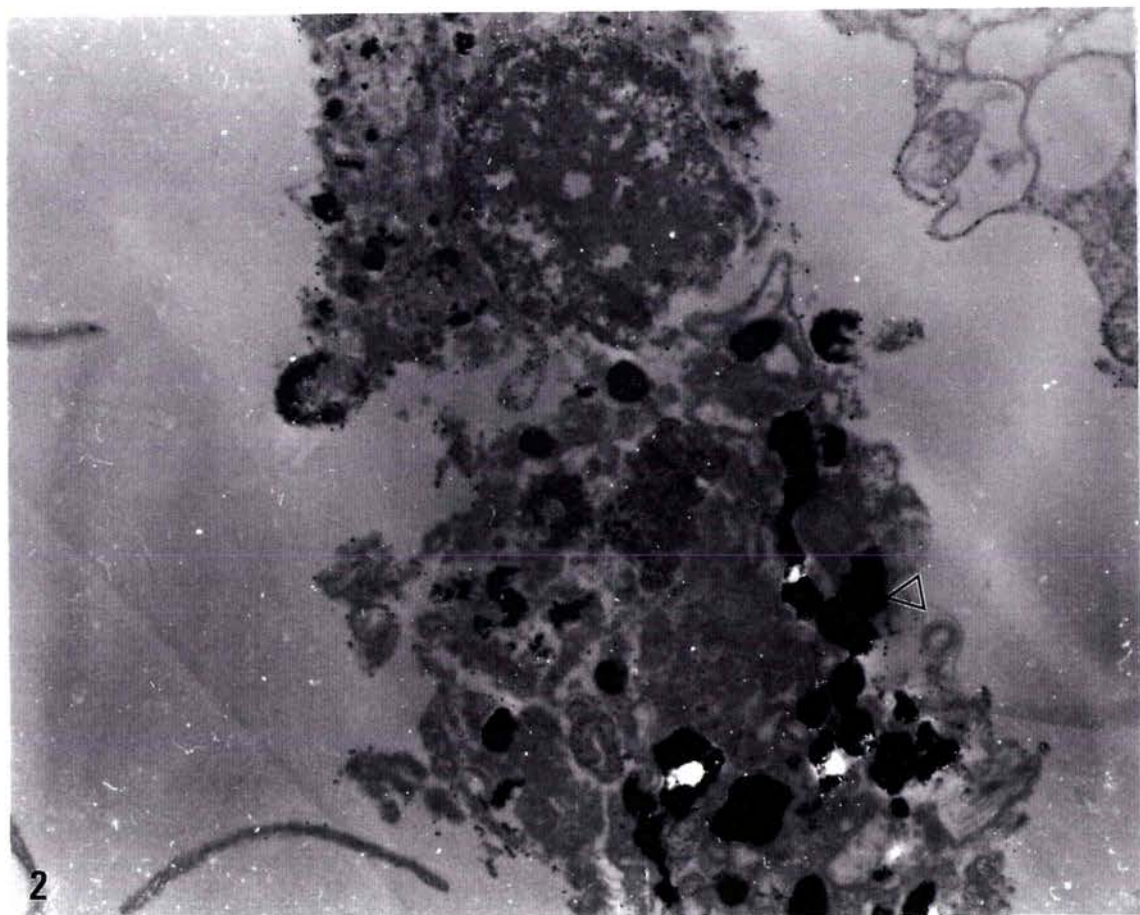
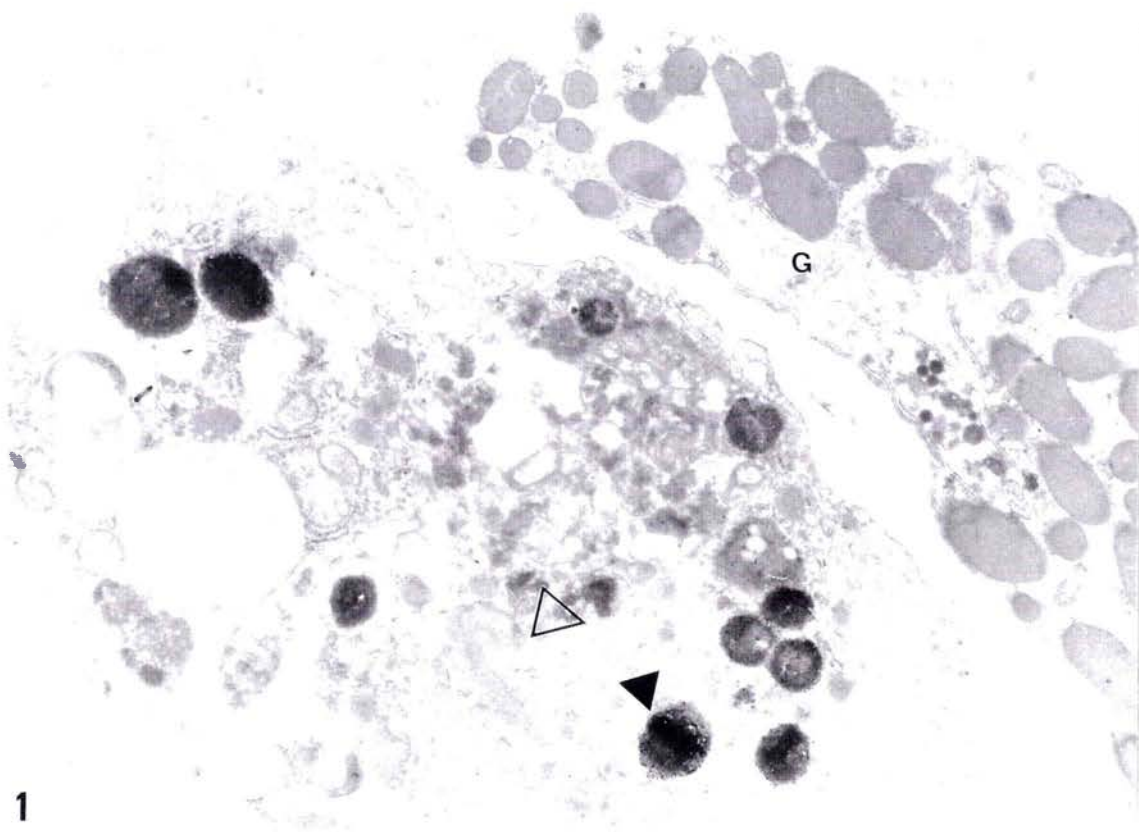


PLANCHE XLIII

Mise en évidence du plomb au niveau des podocytes (P)

Figure 1: Détail des granules cytoplasmiques (Gr) à matrice finement granuleuse. x 7500

Figure 2: Spectre typique de microanalyse de RX dans les granules cytoplasmiques.

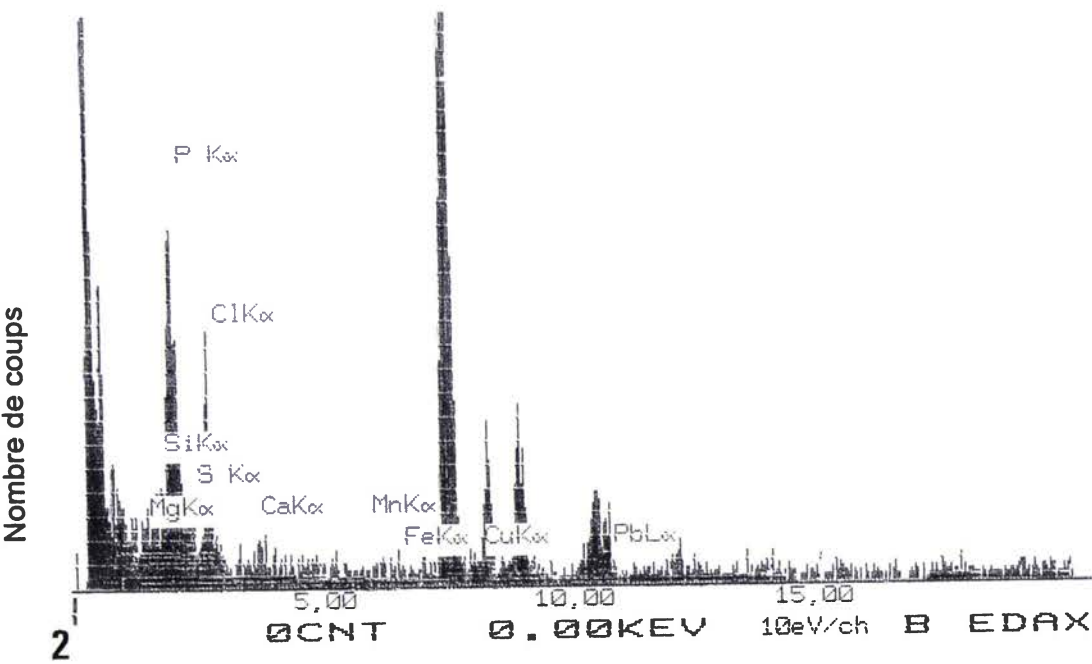
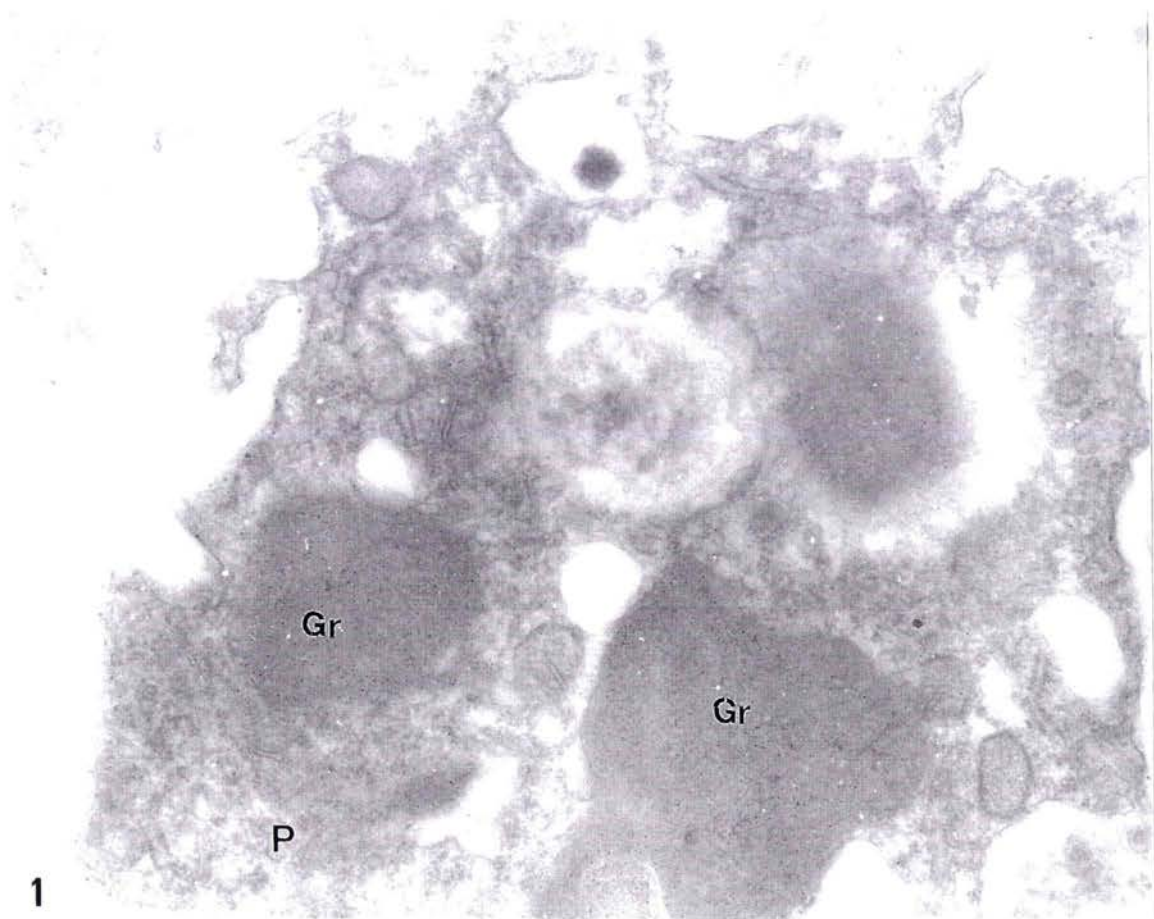


PLANCHE XLIV

Mise en évidence du plomb dans les granules rénaux

Figure 1: Spectre typique de microanalyse de RX dans les granules du rein distal interne.

Figure 2: Détails des granules rénaux. Le métal très électron dense forme des amas (flèche) répartis sur l'ensemble de la concrétion. x 6600

Figure 3: Détails des granules rénaux. Le métal très électron dense forme des amas (flèche) répartis sur l'ensemble de la concrétion. x 11500

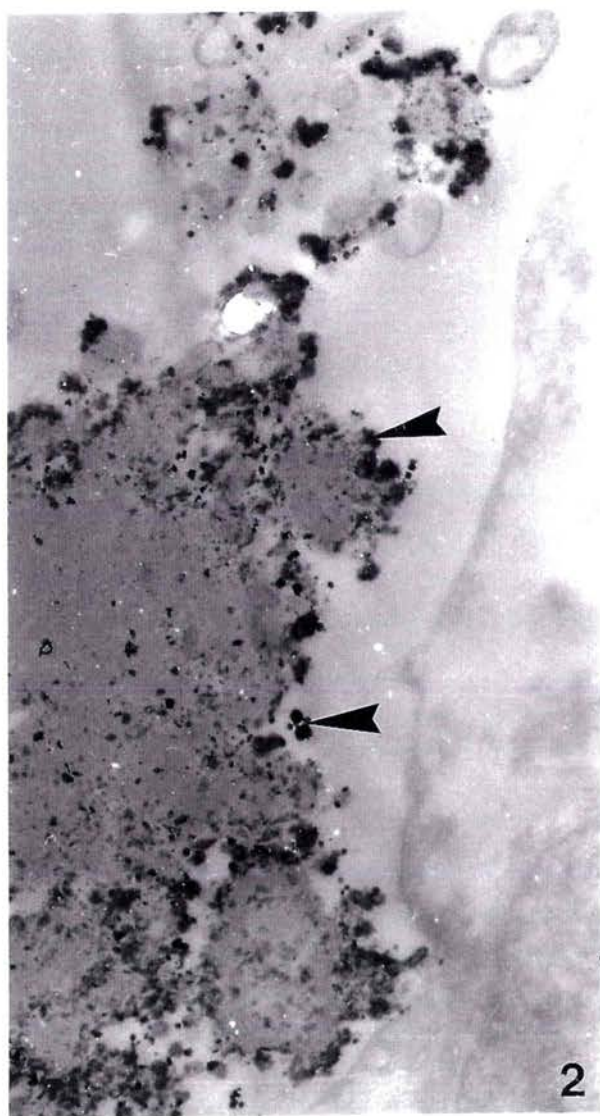
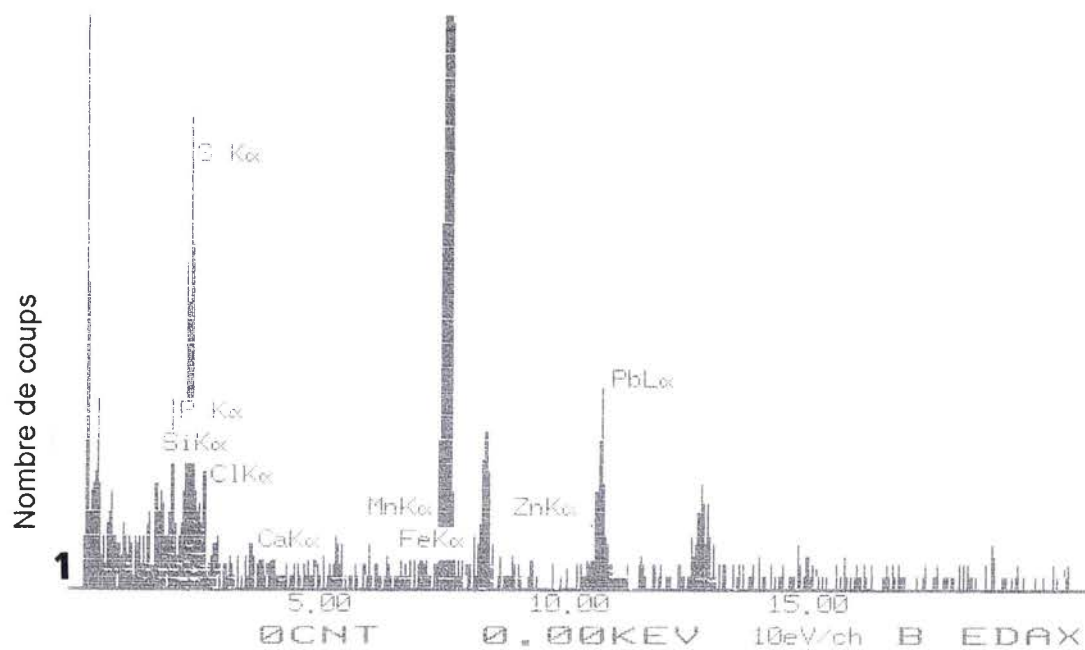


PLANCHE XLV

Granules rénaux chez des individus exposés au plomb

Figure 1: Le métal s'accumule en strates (flèche) autour de la concrétion. x 11500

Figure 2: Fusion d'une petite vacuole chargée en métal (flèche) avec la vacuole principale. x 20000

