

Les autres hexapodes :



Les protoures, *Protura*



Cliché : Couverture de SOIL ORGANISMS, ISSN : 1864-6417, SENCKENBERG. Volume 83 (3) Décembre 2011

Sommaire.....	2
Index des illustrations.....	3
I. Introduction.....	4
II. Description.....	5
III. Reproduction et développement embryonnaire.....	11
IV. Systématique.....	13
V. Collecte.....	14
Bibliographie.....	15
Glossaire.....	16

Figure 1 : *Protura* specimen, taken under stereo microscope (40x). *Acerentomon sp.*..... 4

Figure 2 : Gravure sur bois : premières illustrations publiées de protoures, par Berlese en 1907..... 4

Figure 3 : Morphologie générale du corps..... 6

Figure 4 : Face inférieure de la tête, les pièces buccales sont sorties de la capsule céphalique. Photo © Christopher Tipping 7

Figure 5 : *Protapteron indicum* décrit en 1909 par Schepotieff est le seul protoure actuellement connu à avoir des antennes..... 7

Figure 6 : série de dessins d'observations tirés d'un article de SOIL ORGANISMS Volume 83 (3) 2011. En A, une série de dessins de la morphologie des protoures et en B une série de dessins montrant la musculature interne du corps. (Berlèse 1909)..... 8

Figure 7 : série 1 de photographies d'un protoure vu au microscope électronique : GREGORY S. PAULSON, Ph.D. 9

Figure 8 : série 2 de photographies d'un protoure vu au microscope électronique : GREGORY S. PAULSON, Ph.D. 10

Figure 9 : Appareil génital de *Caddoense Eosentomon*, mâle à gauche, femelle à droite 11

Figure 10 : Développement Post-embryonnaire d'*Acerentomon affine* – La prélarve présente 9 segments abdominaux, les autres segments sont ajoutés un par un après les différentes mues (Nosek 1973, François 1960)..... 12

Figure 11 : dessin d'observation d'une tête de protoure en vue supérieure dans laquelle, on aperçoit un tentorium en forme de X 13

Figure 12 : Appareil de Berlèse <http://coursvt.e-monsite.com> 14

TOUS LES TERMES SCIENTIFIQUES NE SONT PAS DEFINIS DANS L'ARTICLE, CEPENDANT UN GLOSSAIRE EST A VOTRE DISPOSITION SI NECESSAIRE.

I. INTRODUCTION

Il est rare que l'on observe et récolte ces minuscules hexapodes (*de 0,2 à 2,6 mm à l'âge adulte*) qui se tiennent dans la litière très humide, où ils se nourrissent de matières en décomposition. 787 espèces, réparties en trois ordres, ont été recensées dans le monde ; leur existence n'est connue que depuis environ un siècle, puisqu'ils ont été découverts en France en 1925 par J.R. Denis, découverte assez tardive en raison d'une taille microscopique.



Figure 1 : *Protura* specimen, taken under stereo microscope (40x). *Acerentomon sp.*

La première espèce de protoure décrite a été *Acerentomon doderoi* (Silvestri 1907). Cependant il ne fait aucun doute que Berlèse travaillait sur ces animaux bien avant la publication de Silvestri.

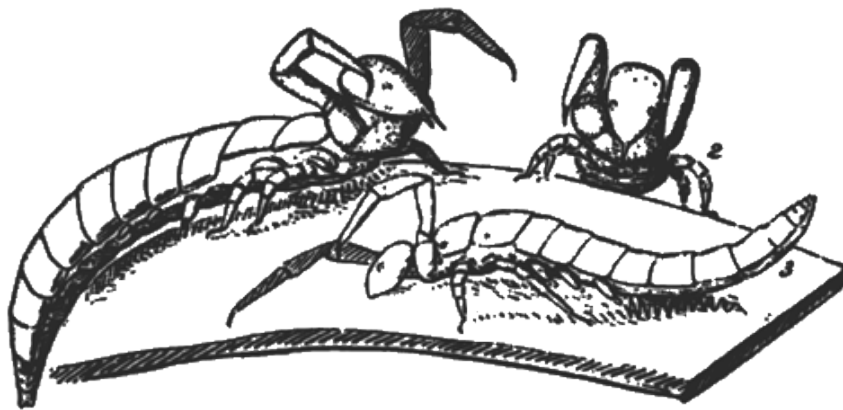


Figure 2 : Gravure sur bois : premières illustrations publiées de protoures, par Berlese en 1907

L'écologie des protoures est mal connue, y compris leur régime alimentaire. Dans la nature, les premiers protoures (Protura pour littéralement, queue primaire) ont été observés se nourrissant sur les champignons mycorhiziens. Les protoures ont longtemps été considérés comme des prédateurs. Cependant en 1961, ils ont été observés en train de se nourrir de la couche externe des mycorhizes, d'autres études menées en 2004 et en 2011 confirment la préférence alimentaire pour les mycorhizes chez de nombreuses espèces (Mizushima 2004 & Malmstöm & Persson 2011). Par contre aucune étude ne prouve que les protoures soient uniquement mycophage. Au contraire, une étude de 2005 a montré qu'il n'existait aucune différence significative dans les densités de populations issues d'un milieu présentant des mycorhizes et milieux n'en présentant pas (Sawahata et Narimatsu 2005).

Les protoires sont retrouvés partout exceptés dans les régions Arctique et Antarctique. Ils se trouvent principalement dans les sols, les litières de feuilles, de mousses et de bois en décomposition. Ils ont également été collectés dans des terriers, des prairies et des sols agricoles. Un chercheur a même recueilli des protoires dans des marges d'herbes d'une autoroute de Chicago.

II. DESCRIPTION

D'un point de vue morphologique ce sont des hexapodes très primitifs, leur corps est étroit, allongé, dépigmenté (mise à part pour certaines formes un peu plus sclérifiées qui prennent une coloration jaune) et translucide (de sorte que même le mouvement péristaltique peut être observé). Ils sont également aveugles et démunis d'antennes. Ils fuient la lumière vive et recherchent pour la plupart les lieux humides. (Sols humifères, mousse, sous les pierres et les souches...). Ce sont plutôt des prédateurs, mais certaines espèces sont herbivores. On en compte plus de cent espèces différentes en Europe. En raison de leur petite taille et d'un intérêt modéré de la part des entomologistes, les protoires n'ont été scientifiquement découverts en France qu'en 1925 par J.R. Denis. Ils jouent un rôle important dans l'équilibre de la faune du sol. Leur identification nécessite un microscope. Morphologiquement ils sont caractérisés par :

- Des pièces buccales entotrophes de type *suceur*, cachées dans la capsule céphalique et non visibles extérieurement.
- Un labre en pointe et des mandibules en stylet. La tête en forme de pointe permettrait, selon certains scientifiques, une meilleure absorption des liquides.
- Une absence d'yeux et d'antennes. Seul *Protapteron indicum* possède des antennes.
- Une première paire de pattes plus développée, garnies de soies sensorielles, relevée et dirigée vers l'avant ; ces pattes semblent remplacer fonctionnellement les antennes.
- Un abdomen subdivisé en douze segments chez l'adulte, huit chez le jeune (un segment s'ajoutant à chaque mue), avec des pattes vestigiales sur les trois premiers segments. L'abdomen est subdivisé en 2 parties (le préabdomen regroupant les segments I à VIII et le postabdomen regroupant les segments IX à XII).
- Trois segments thoracique portant une paire de pattes chacun.
- Des pattes composées de 5 articles et terminées par des griffes (prétarse ou dactylus) permettant une meilleure locomotion.
- Corps cylindrique dépourvu de cerques.

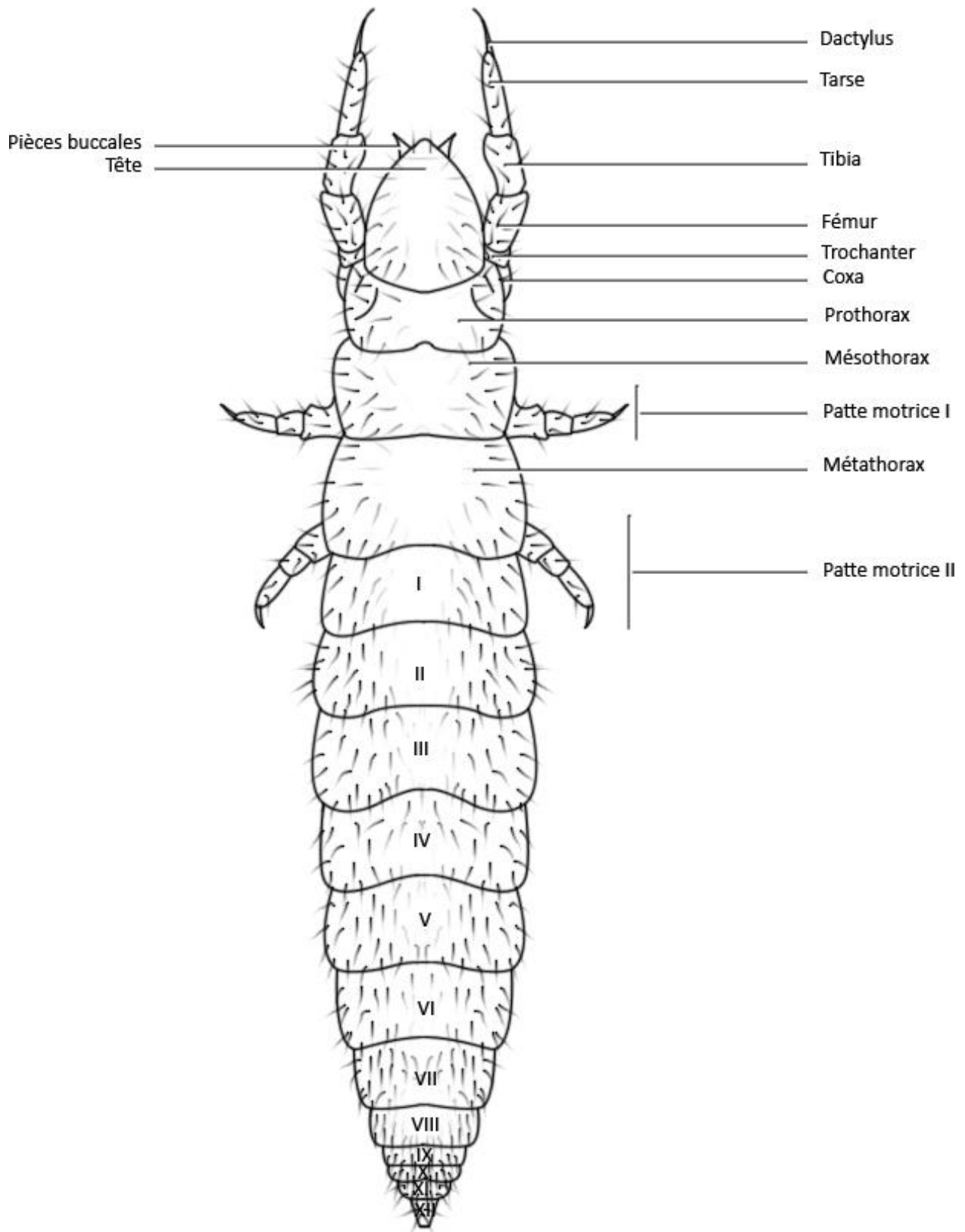


Figure 3 : Morphologie générale du corps

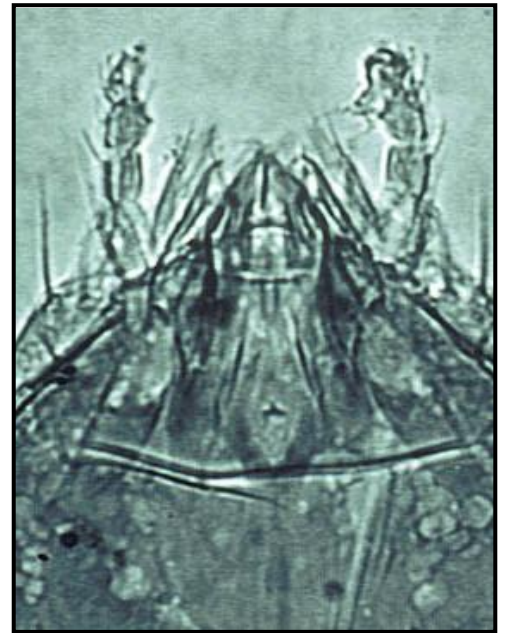
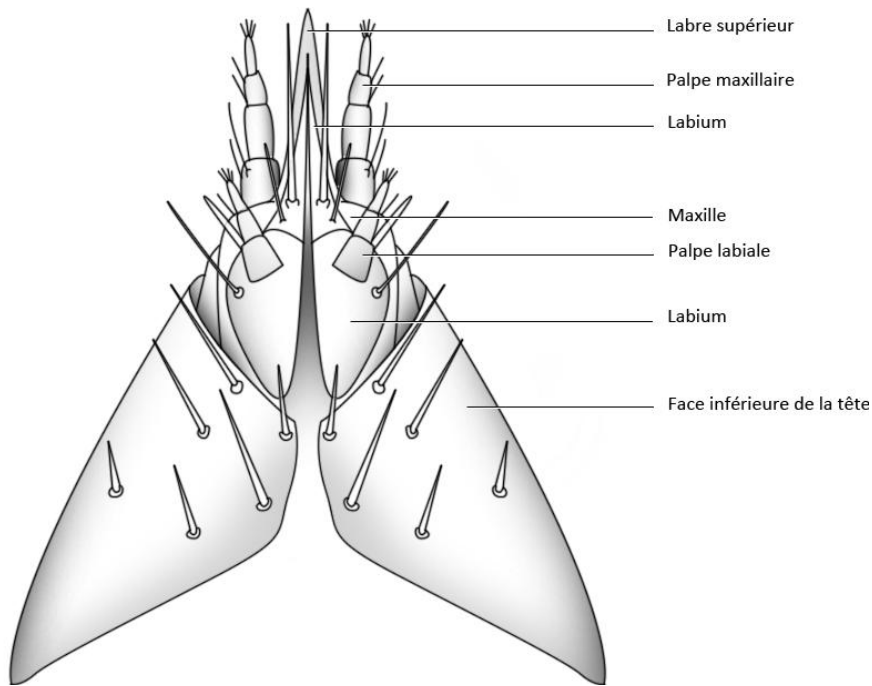


Figure 4 : Face inférieure de la tête, les pièces buccales sont sorties de la capsule céphalique. Photo © Christopher Tipping

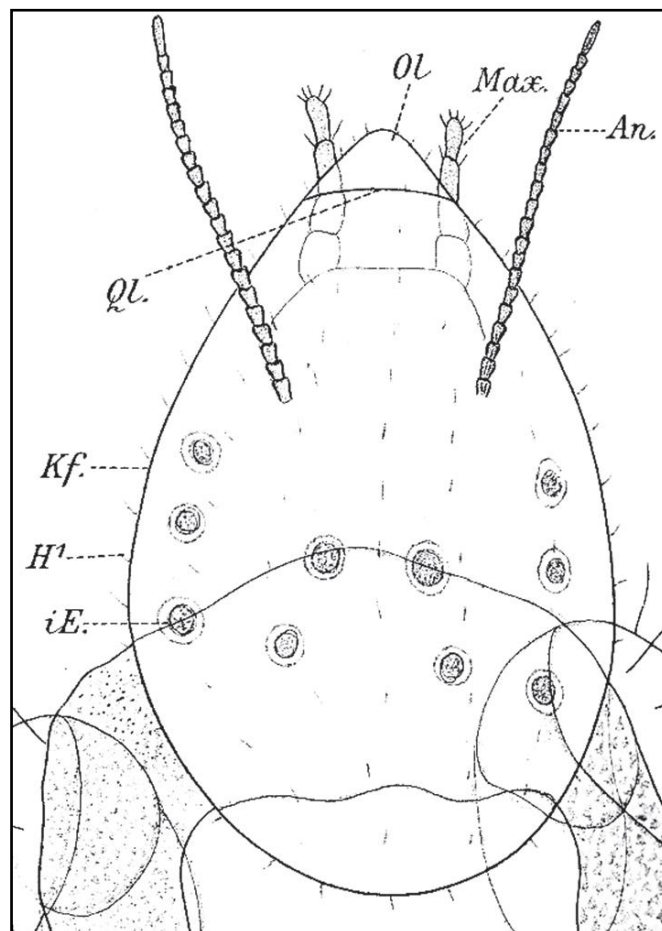
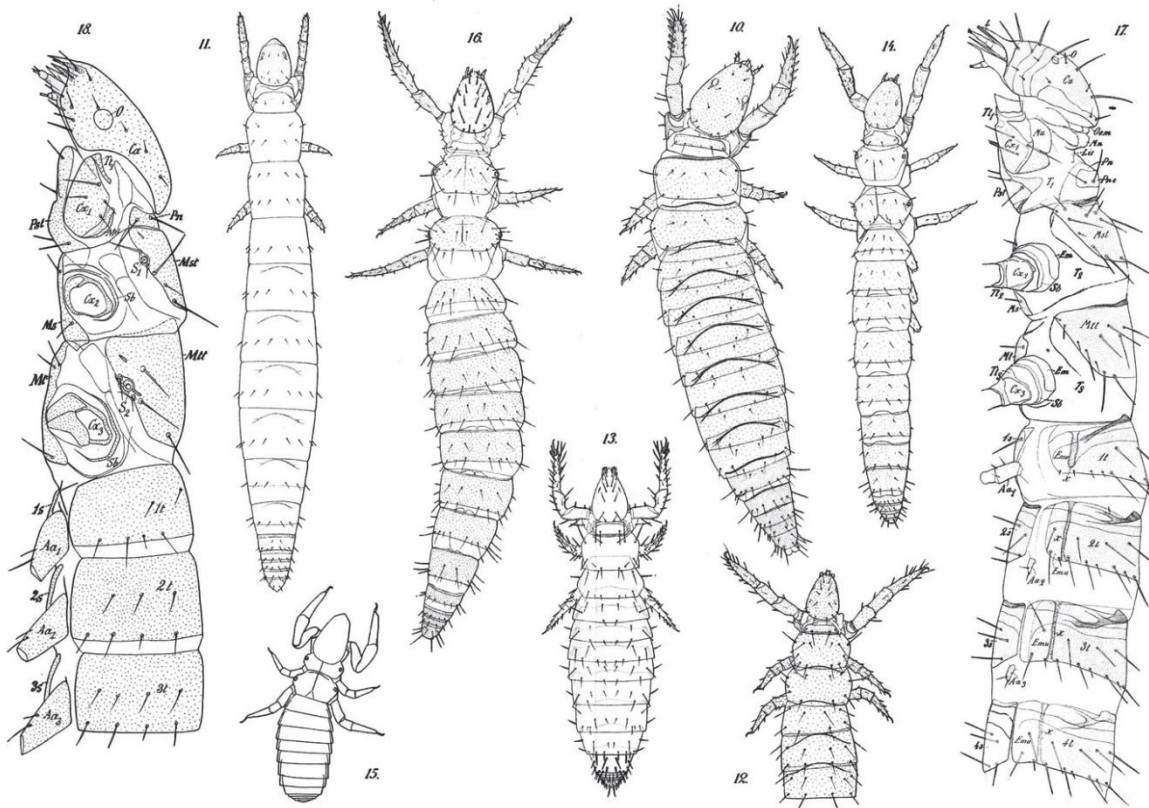


Figure 5 : *Protapteron indicum* décrit en 1909 par Schepotieff est le seul protoure actuellement connu à avoir des antennes

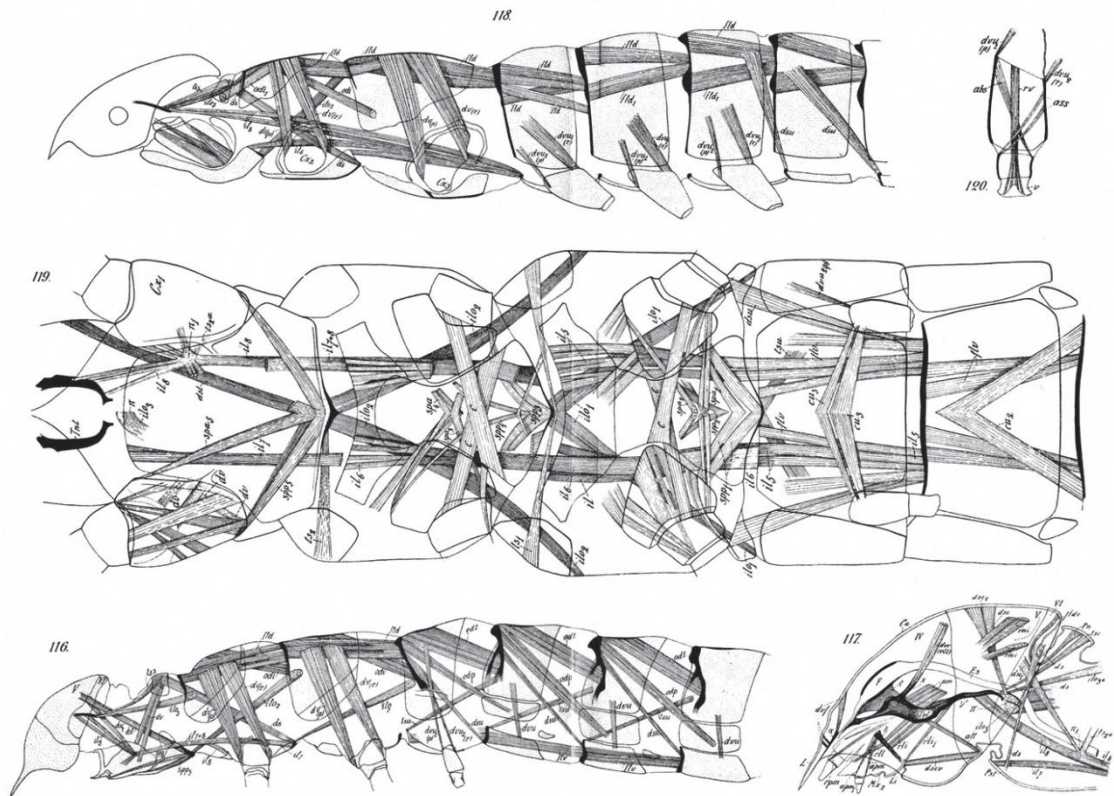


A. Berlese del.

Figg. 10-18.

Tav. II

B



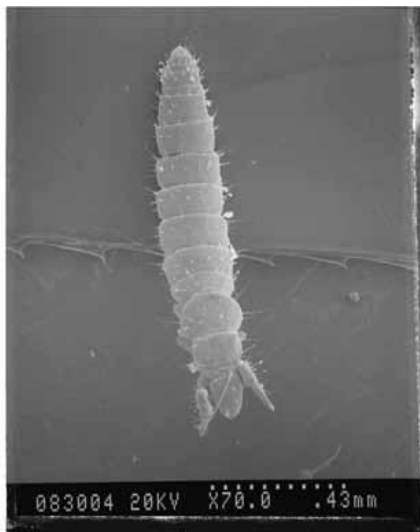
A. Berlese del.

Figg. 116-120

Tav. XI

Figure 6 : série de dessins d'observations tirés d'un article de SOIL ORGANISMS Volume 83 (3) 2011. En A, une série de dessins de la morphologie des protozoaires et en B une série de dessins montrant la musculature interne du corps. (Berlèse 1909)

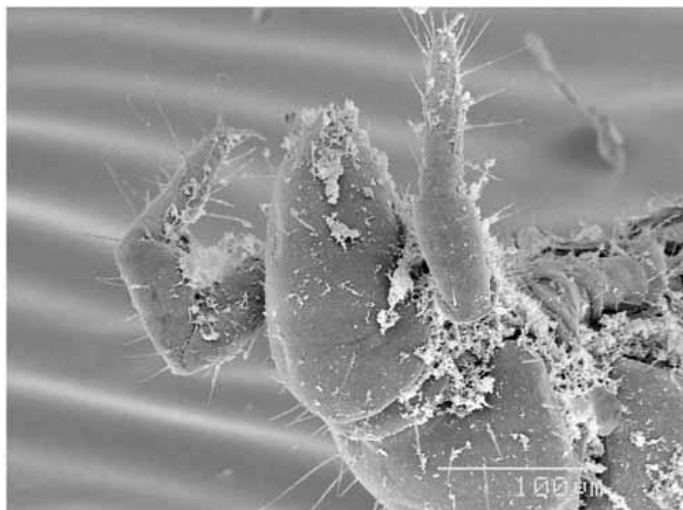
La première paire de patte est utilisée comme paire d'antennes. Les tarsi présentent de nombreux sensilles et poils sensoriels. Ces structures sont visibles en Microscopie électronique à balayage :



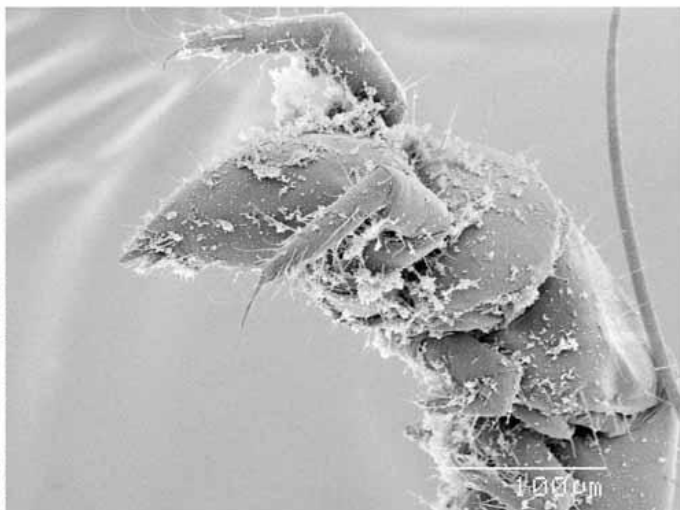
protura.jpg



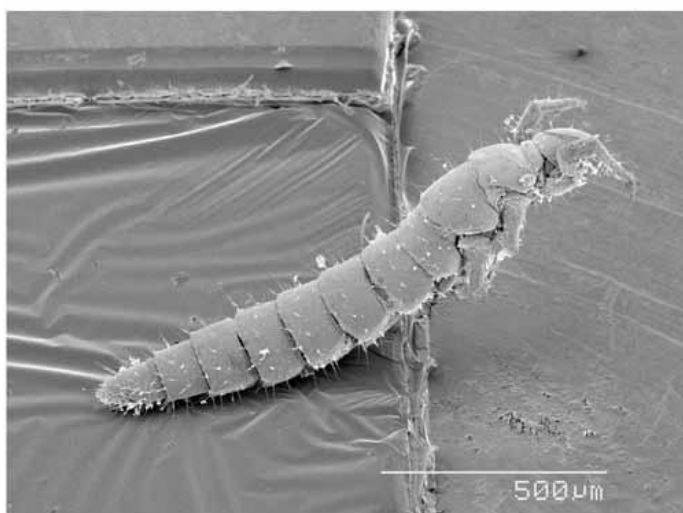
protura.tif



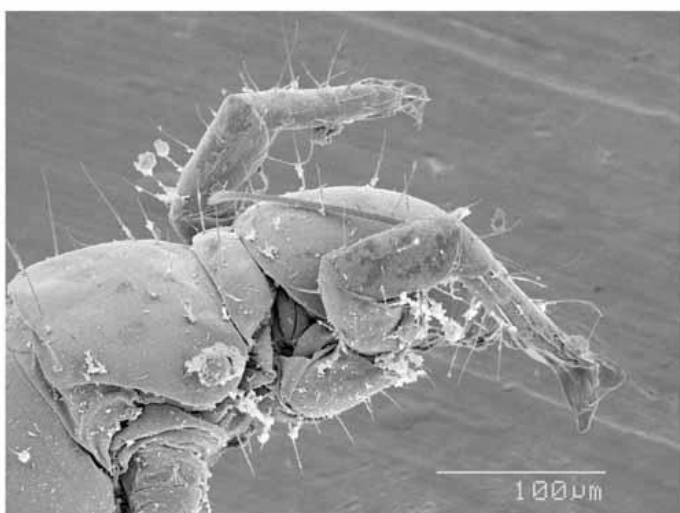
protura0001.TIF



protura0002.TIF

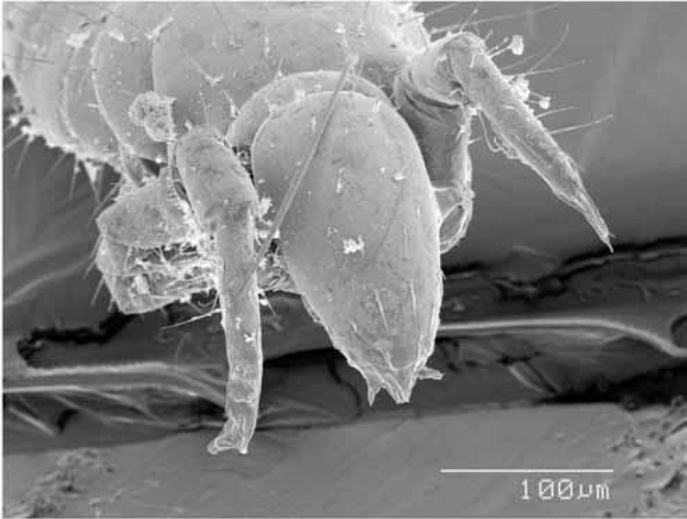


protura0003.TIF



protura0004.TIF

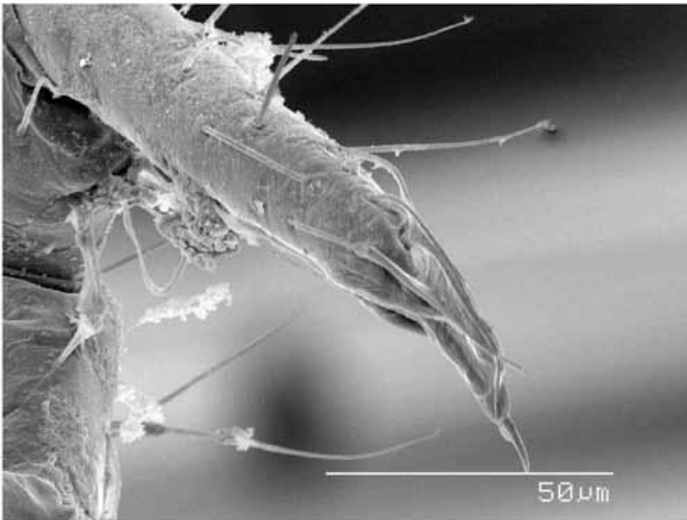
Figure 7 : série 1 de photographies d'un protoure vu au microscope électronique : GREGORY S. PAULSON, Ph.D.



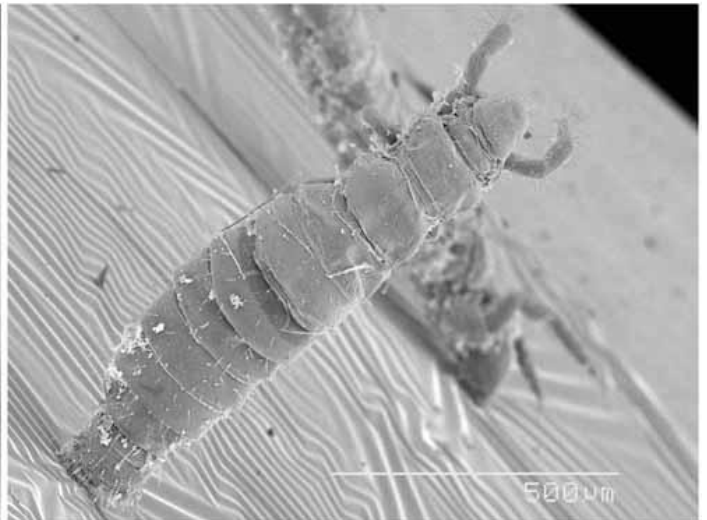
protura0005.TIF



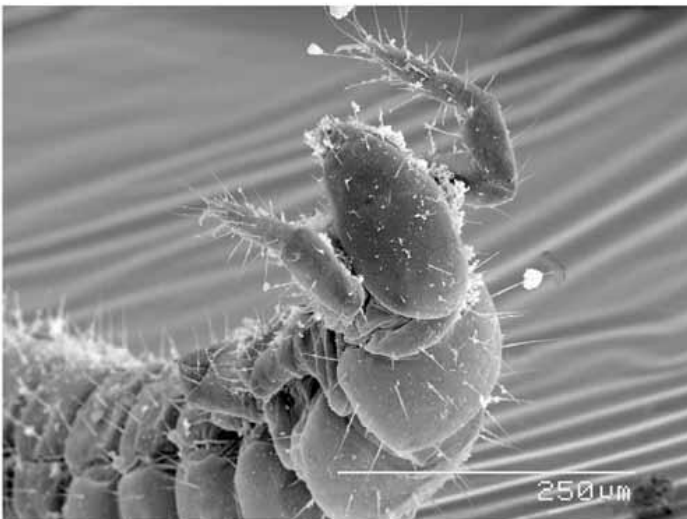
protura0006.TIF



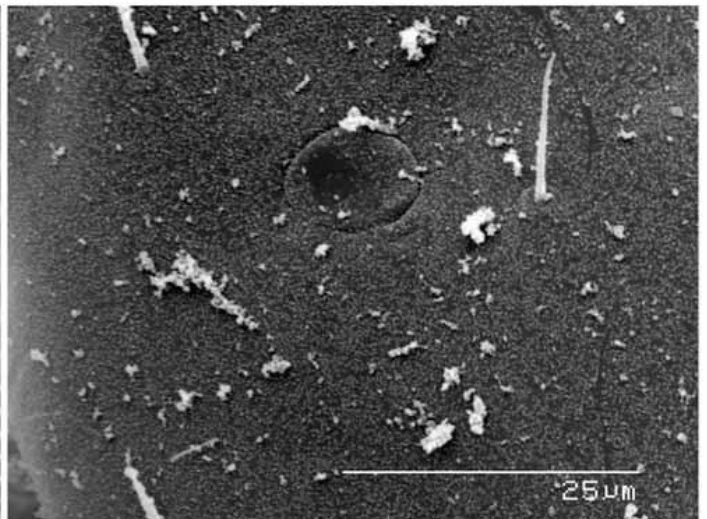
protura0007.TIF



protura0008.TIF



protura01.TIF

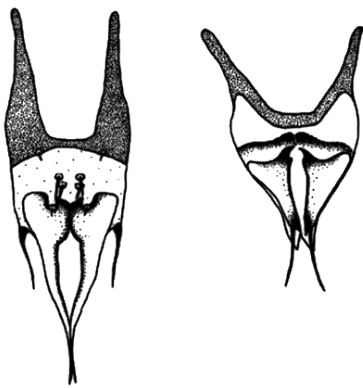


protura02.TIF

Figure 8 : série 2 de photographies d'un protoure vu au microscope électronique : GREGORY S. PAULSON, Ph.D.

La première paire de pattes ne servant pas à la locomotion, la démarche des protoures est assimilée à celle des tétrapodes. En effet, une étude du comportement des protoures de 1995 (Tichy) montre que ces pattes sont quasiment tout le temps dirigées vers l'avant, de plus lorsqu'elles sont au sol, elles ne sont pas synchrones avec les pattes locomotrices et ne permettent pas un meilleur déplacement. Leur démarche est relativement lente, cependant, pour éviter les attaques de prédateurs, les protoures émettent des répulsifs qui dissuade les acariens de les attaquer.

En ce qui concerne la respiration de l'animal, il semblerait que le postabdomen (regroupant les segments abdominaux IX à XII) s'invagine dans le préabdomen (regroupant les segments abdominaux I à VIII) de façon récurrente afin de fonctionner comme une pompe, d'autant plus que si l'animal est stressé ou poursuivi par un prédateur, le mouvement semble s'accélérer. En 2010, une étude a décrit le comportement défensif d'*Acerentulus* sp quand il est exposé à des Collembolles, Hansen et al. ont décrit l'existence d'une glande émettant une substance collante au niveau du VIII^{ème} segment abdominal.



Les organes génitaux sont internes (ils sont qualifiés de squames génitaux) Ils sont sclérifiés et présentent des apodèmes basaux. L'orifice génital est situé entre le onzième segment et le telson (Dernier métamère des arthropodes).

Figure 9 : Appareil génital de *Caddoense Eosentomon*, mâle à gauche, femelle à droite

III. REPRODUCTION ET DEVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE

Cas unique chez les hexapodes, Les protoures ont un développement anamorphe, c'est-à-dire que la larve naît avec un nombre n de segments et qu'à chaque mue un nouveau segment apparaît.

L'embryologie de cette classe d'hexapode est encore aujourd'hui mal connue, puisque les œufs de seulement quelques espèces ont été enregistrés.

Récemment (Machida et Takahashi 2003 Fukui et Machida 2006 Machida 2006) le développement embryonnaire de *Baculentulus densus* a été décrit. Ces études montrent que les protoures partagent à la fois de nombreuses caractéristiques avec les autres hexapodes entognathes (tels que le développement d'un long embryon, le blastokinesis est simple et n'implique que peu de changements de positions de l'embryon, la formation d'un organe dorsal et le fait que l'enveloppe de l'œuf est sécrétée par l'embryon et la séreuse) mais aussi avec les embryons de myriapodes et de crustacés (La séreuse peut se différenciée en paroi du corps).

Actuellement on connaît juste la morphologie des larves et de l'adulte :

- La prélarve qui éclos possède neuf segments abdominaux et des pièces buccales peu développées
- La larve I présente toujours neuf segments abdominaux mais les pièces buccales sont pleinement développées.
- La larve II est la troisième phase et un segment s'est ajouté entre le telson et le huitième segment.
- Le stade *Maturus junior* possède les 12 segments abdominaux.
- La dernière étape est la mue finale entre le stade *Maturus junior* et le stade adulte.

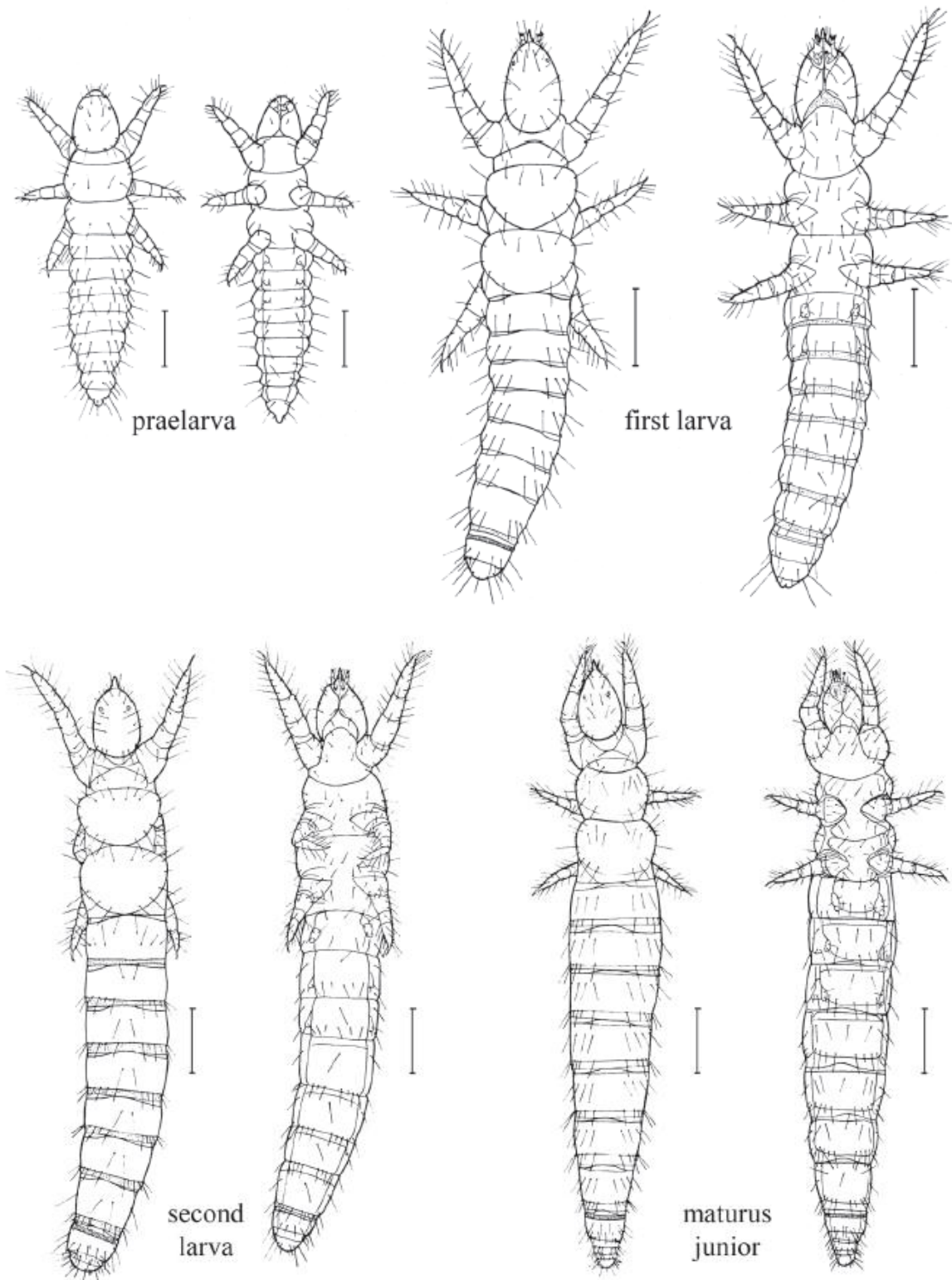


Figure 10 : Développement Post-embryonnaire d'*Acerentomon affine* – La prélarve présente 9 segments abdominaux, les autres segments sont ajoutés un par un après les différentes mues (Nosek 1973, François 1960)

Chez les Acerentomidae il y a une sixième étape connue comme étant l'étape pré-imago. Cette étape affiche des organes génitaux partiellement développés. Les scientifiques ne savent pas si l'adulte continue à muer toute sa vie.

Les premiers travaux taxonomiques conduisent à croire que le groupe des protoures était un groupe frère de celui des collemboles. Autrefois considérés comme des insectes, les protoures ont été de très nombreuses fois répertoriés dans des classes, ordres différents. Deux ans après leur découverte, ils ont même été considérés par Anton Berlese, comme un groupe intermédiaire entre les insectes et les mille-pattes (Les Myrientomata).

Ils étaient autrefois classés comme un ordre dans la classe des insectes sous-classe des aptérygotes, puis dans la classe des Entognatha dans les Hexapoda au côté des insectes. Ils ont aussi été groupés avec les collemboles dans les Ellipura (Börner 1910). Ils sont désormais traités en classe à part entière. Aujourd'hui une centaine d'espèces ont été recensées en Europe (environ 750 dans le monde) regroupées en trois ordres. Selon Szeptycki, 2007.

Aujourd'hui La monophylie de la classe des protoures est soutenu par beaucoup d'apomorphies. Outre l'absence d'antennes, les plus remarquables sont

- (1) La taille relativement petite de la tête (microcéphalie) qui se rétrécit, encore plus, en avant, jusqu'à former une pointe.
- (2) Un endosquelette céphalique spécifique en forme de X (le fulcro-tentorium).
- (3) la position des stigmates sur les tergites thoraciques
- (4) la présence de glandes défensives au niveau du preabdomen (le canal s'ouvre au niveau du tergite du VIII^{ème} segment)
- (5) Un appareil génital complexe
- (6) la structure des spermatozoïdes (absence des microtubules centraux du flagelle).

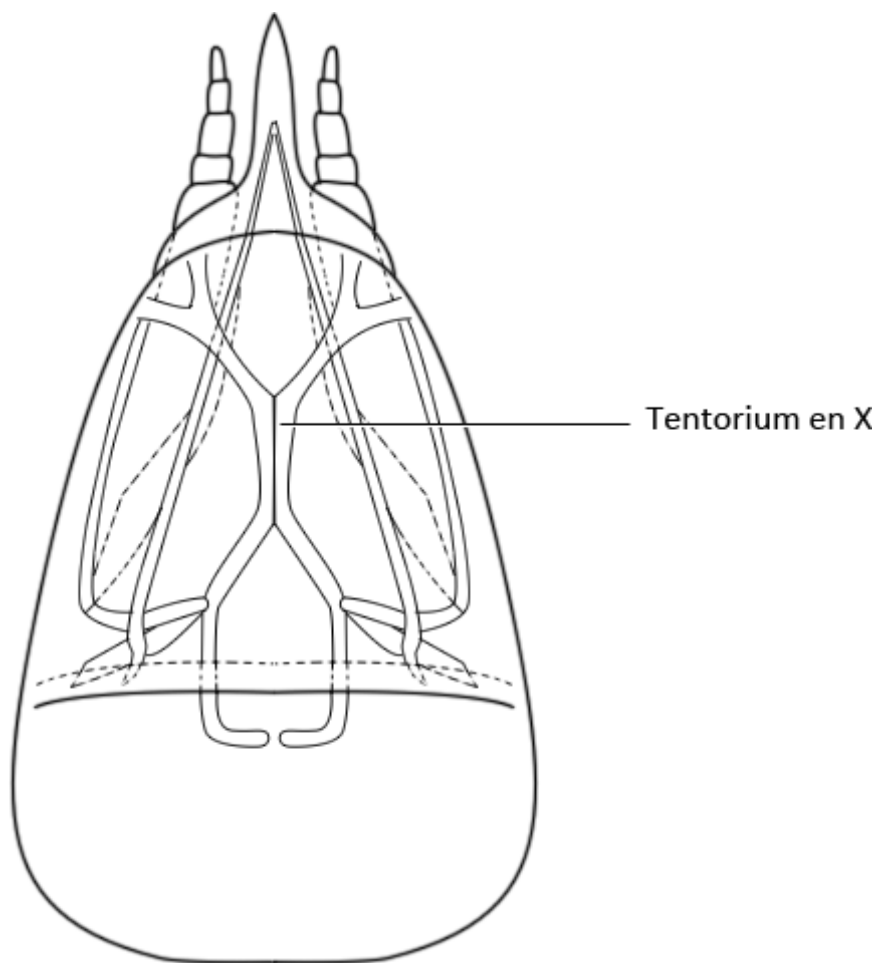


Figure 11 : dessin d'observation d'une tête de protoure en vue supérieure dans laquelle, on aperçoit un tentorium en forme de X

En 2007, Szeptycki définit 3 ordres et 7 familles :

- Acerentomata
 - Acerentomidae
 - Hesperentomidae
 - Protentomidae
- Eosentomata
 - Antelientomidae
 - Eosentomidae
- Sinentomata
 - Fujientomidae
 - Sinentomidae

V. COLLECTE

Les protoures sont facilement capturable avec un appareil de Berlese. La conservation se fait dans de l'alcool 75 -80°.

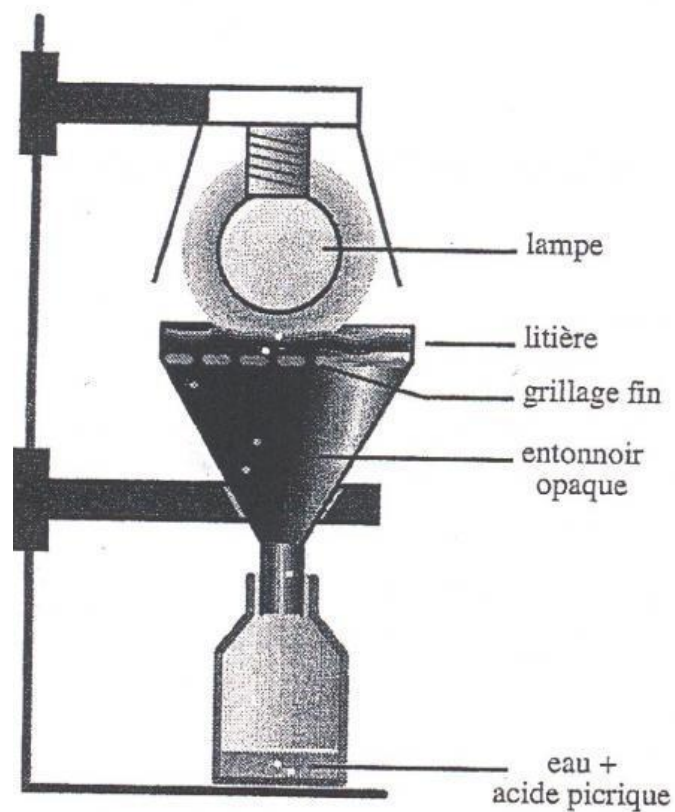


Figure 12 : Appareil de Berlese <http://coursvt.e-monsite.com>

- RAMEL Alain. L'ordre des protoures. Consultable sur internet : <http://aramel.free.fr/INSECTES6ter.shtml>
- WIKIPEDIA. Les protoures. Consultable sur internet : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Protura>
- THE TREE OF LIFE. Protura. Consultable sur internet : <http://tolweb.org/Protura>
- FAUNA EUROPEA. Les protoures. Consultable sur internet : http://www.faunaeur.org/full_results.php?id=12099
- NCBI. Protura (Coneheads) <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>
- TIPPING Christopher. Protura. Consultable sur internet <http://entnemdept.ufl.edu/creatures/misc/proturans.htm>
- What-when-how. Protura (Insects). Consultable sur internet <http://what-when-how.com/insects/protura-insects/>
- MEYER John. Protura. Consultable sur internet. <http://www.cals.ncsu.edu/course/ent425/library/compendium/protura.html>

Günther Pass and Nikolaus Urban Szucsich, 100 years of research on the Protura: many secrets still retained. 2011. SOIL ORGANISMS pp 309-334. ISSN : 1864-6417.

BEAUMONT, André, CASSIER, Pierre. Biologie animale : Des protozoaires aux métazoaires épithélienneuriens. 3^{ème} édition, Paris : 2000, Dunod. ISBN : 2 10 048660 8.

A

Apodème : Il s'agit d'une invagination cuticulaires à l'intérieur du corps permettant l'insertion des muscles.

Apomorphie : Un caractère apomorphe est un caractère dérivé, c'est-à-dire que son état est différent de l'état ancestral.

Aptérygote : Ancien terme taxonomique utilisé pour désigner les insectes sans ailes (aptères). Ce terme n'a plus de valeur phylogénétique mais est encore très utilisé dans la littérature.

B

Berlèse : Antonio Berlese est un célèbre entomologiste italien qui a donné son nom à un piège qu'il a inventé. Ce piège permet de capturer une grande partie de la mésofaune et de la microfaune d'un échantillon de sol.

C

Capsule céphalique : Poche située sous la tête des animaux entomophages qui contient les pièces buccales

Cerque : appendice situé à la fin de l'abdomen de certains animaux, notamment chez les insectes primitifs, les collembolés et les diploures. Chez certains animaux, les cerques sont modifiées, généralement en pinces (Diploures Japyx, Odonates, ou Dermaptères)

E

Endosquelette : éléments chératinisés situés à l'intérieur du corps (Tentorium et apodèmes)

Entognathe ou entotrophe : Animaux présentant des pièces buccales à l'intérieur du corps, les pièces buccales ne sont pas visibles extérieurement, bien souvent, ces animaux possèdent une capsule céphalique permettant de les dissimuler

H

Hexapodes : Terme taxonomique utilisé pour regrouper insectes, protoures et diploures, c'est un groupe de plus en plus contesté car paraphylétique (Voir article sur les bases de la classification).

I

Imago : Forme adulte d'un individu qui se développe en plusieurs phases

L

Labre : pièce buccale

M

Mandibule : pièce buccale

Monophylie : Groupe taxonomique dont la totalité des individus est issu d'un seul ancêtre commun.

Mouvement péristaltique : mouvement réflex qui consiste à faire avancer le contenu du tube digestif.

Mycorhize : association à but réciproque (symbiose au sens écologique) entre un champignon et les racines d'un arbre.

Myriapode : vulgairement, ce sont « les mille-pattes »

S

Sclérifié : dur par la présence d'une épaisse couche cuticulaire

Sensille : soie sensorielle (soie associée à une fibre nerveuse)

Silvestri : Entomologiste italien contemporain de Berlese.

Soies : structure ressemblant à un poil à la surface de la cuticule, cette soie est fabriquée par un ensemble de cellule. Les soies peuvent être liées à des cellules nerveuses et constituent un organe sensoriel.

Sol humifère : sol capable de faire de donner de l'humus (couche superficielle du sol composée de matière organique décomposée)

Stigmate : orifice respiratoire s'ouvrant sur la cuticule

T

Tergite : le corps des arthropodes est composé de métamères, les tergites sont les parties dorsales de ces métamères.

V

Vestigiale : structure qui fait office de vestige. En anatomie, le qualificatif « vestigial » définit un organe qui a perdu sa fonction initiale au cours de l'évolution



Merci d'avoir téléchargé et lu cet article.

Si vous avez des remarques, des questions ou des critiques. N'hésitez pas à me contacter par mail :

entomologic@gmail.com

Ou via la section « contact » du site internet : <http://entomologic.jimdo.com/contacts/>

Si l'article vous a plus n'hésitez pas à le partager en communiquant l'adresse du site ! Et à laisser un petit message dans le livre d'or ☺ <http://entomologic.jimdo.com/livre-d-or/>

