INVERTÉBRÉS D'EAU DOUCE

systématique, biologie, écologie

Henri TACHET

Philippe RICHOUX, Michel BOURNAUD
et Philippe USSEGLIO-POLATERA



NOUVELLE ÉDITION
REVUE ET AUGMENTÉE

CNRS EDITIONS

systématique, biologie, écologie

INVERTÉBRÉS D'EAU DOUCE

Systématique, biologie, écologie

Henri TACHET

Philippe RICHOUX, Michel BOURNAUD et Philippe USSEGLIO-POLATERA

CNRS ÉDITIONS
15, rue Malebranche - 75005 Paris

L0278714

Illustration de couverture :
Larve de Leptophlebiidae (Éphéméroptères).
Cliché : Henri Tachet

En application du Code de la propriété intellectuelle,
CNRS Éditions interdit toute reproduction intégrale ou partielle du présent ouvrage,
sous réserve des exceptions légales.

© CNRS ÉDITIONS, Paris, 2010
ISBN : 978-2-271-06945-0

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 5
PRÉFACE 7
INTRODUCTION 9

CHAPITRE 1 - Spongiaires 53
CHAPITRE 2 - Cnidaires 59
CHAPITRE 3 - Turbellariés 65
CHAPITRE 4 - Némertiens – Némathelminthes 73
CHAPITRE 5 - Bryozoaires 77
CHAPITRE 6 - Oligochètes 89
CHAPITRE 7 - Achètes et Branchiobdellida 107
CHAPITRE 8 - Gastéropodes 119
CHAPITRE 9 - Bivalves 137
CHAPITRE 10 - Crustacés 149
CHAPITRE 11 - Insectes : généralités 175
CHAPITRE 12 - Éphéméroptères 181
CHAPITRE 13 - Plécoptères 215
CHAPITRE 14 - Odonates 243
CHAPITRE 15 - Hétéroptères 277
CHAPITRE 16 - Autres ordres d'insectes 299
CHAPITRE 17 - Coléoptères 311
CHAPITRE 18 - Trichoptères 403
CHAPITRE 19 - Diptères 501
CHAPITRE 20 - Approche écologique 553
CHAPITRE 21 - Compléments 581

REMERCIEMENTS 599

INDEX SYSTÉMATIQUE 601

AVANT PROPOS

2000 - 2010

2000 – 2010, une décennie marquée par des changements dans le monde des macroinvertébrés d'eau douce. Ces changements liés à des révisions taxonomiques ou à l'apparition de nouvelles espèces n'ont pas remis fondamentalement en cause le contenu de la première édition de ce livre, mais nécessitaient de reprendre certains chapitres notamment ceux qui sont consacrés aux Annelides, Crustacés et, parmi les Insectes, aux Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères. Lorsque cela était possible, les modifications ont été effectuées directement dans les chapitres concernés ; lorsque ces modifications impliquaient des développements plus importants, nous les avons réalisées dans un chapitre complémentaire, le chapitre 21.

Cette décennie correspond à l'essor d'*internet* qui offre une ouverture sur le Monde facilitant la recherche documentaire et les possibilités d'échanges via les systèmes de messagerie. Dans la recherche de documents et/ou d'informations, *internet* est un système, par nature, totalement anarchique ; n'importe qui peut mettre à peu près n'importe quoi sur le net. Dans le domaine des macroinvertébrés d'eau douce, pour obtenir une information scientifiquement fiable, il est indispensable de rechercher des sites gérés par des organismes scientifiques : Universités, grands organismes de recherche tels que CNRS, INRA, MNHM (Musée National d'Histoire Naturelle), Ministère de l'environnement ou Association telle que par exemple l'OPIE Benthos en relation avec l'INRA et le MNHM. Chacun des sites ainsi désignés indique des *liens* qui permettent, dans des conditions scientifiques acceptables, d'étendre le champ des recherches au niveau international.

Les systèmes de messagerie par *internet* permettent d'établir de véritables réseaux où l'information circule rapidement. C'est ainsi que nous avons pu avoir connaissance de la découverte de « nouvelles » espèces indigènes, par exemple *Isoptena serricornis* ou *Ametropus fragilis*. Nous avons également été informés de l'arrivée, dans les grands cours d'eau de France, d'espèces invasives comme le Polychète *Hypania invalida*, une espèce devenue très commune.

Avec la présente édition, nous avons voulu offrir aux utilisateurs un outil mieux affûté qui leur permette d'identifier un maximum de taxons, même si, en cas de doute, il est nécessaire de demander confirmation auprès d'un spécialiste dont le nom peut être trouvé dans un des sites web scientifiquement fiable (cf. supra).

Les lecteurs qui souhaiteraient obtenir la version numérisée des tableaux de traits biologiques peuvent contacter Philippe Usseglio-Polatera de l'Université de Metz (usseglio@univ-metz.fr). Compte tenu du temps nécessaire pour construire de tels tableaux, il n'a pas été possible de présenter un tableau de traits biologiques pour les taxons décrits dans le chapitre 21. Ces données seront accessibles ultérieurement sur un site internet.

PRÉFACE

Feuilletant rapidement ce volume et constatant l'abondance des illustrations, figures et clés de détermination, plus d'une page sur deux, un lecteur non averti pourrait croire qu'il s'agit d'un ouvrage de systématique animale, particulièrement attrayant certes, mais destiné à un public de spécialistes, d'hydrobiologistes passionnés par la systématique des macroinvertébrés des eaux douces.

Ouvrage particulièrement attrayant ? Assurément, mais nous y reviendrons. Destiné à des spécialistes? Oui et non, et ce n'est pas l'un des moindres mérites de ce livre. Oui, si l'on considère que s'intéresser aux macroinvertébrés des eaux douces est une spécialisation ; non, car ses qualités pédagogiques en font un guide accessible non seulement aux hydrobiologistes généralistes mais aussi à tout biologiste qui accepte de se laisser guider par la simplicité, la clarté et la logique de l'ouvrage. La biodiversité présentée par les macroinvertébrés des eaux douces est considérable, et la taille volumétrique de ce livre, bien qu'imposante, n'en donne qu'un faible aperçu puisque le niveau d'identification recherché ici n'est pas celui de l'espèce, mais du genre, voire la famille pour certains groupes. On comprend donc aisément que même si le spécialiste de tel ou tel groupe n'est pas le premier public visé, il trouvera lui aussi dans cet ouvrage un instrument de travail apprécié car il ne peut posséder pour tous les groupes de macroinvertébrés le même niveau de connaissances qu'il détient pour son propre groupe. Ainsi apparaît un premier ensemble d'utilisateurs auxquels cet ouvrage est destiné : des scientifiques, qu'ils soient confirmés ou débutants, hydrobiologistes non spécialisés ou même spécialistes d'un groupe donné, jeunes chercheurs, étudiants universitaires ou d'écoles ayant une composante aquatique dans leur cursus.

Il ne s'agit cependant que d'une première catégorie d'utilisateurs souhaitant avant tout une identification systématique à un niveau de détermination ayant une signification écologique. L'un des objectifs majeur de cet ouvrage est de parvenir aisément à un niveau taxonomique qui révèle les informations écologiques les plus pertinentes concernant le milieu dans lequel vivent ces macroinvertébrés, en particulier la qualité de l'eau.

Au cours des récentes décennies, les phénomènes de pollution des eaux sont devenus de plus en plus complexes à apprécier : les pollutions chimiques et physiques s'additionnent et se combinent, les pollutions diffuses de plus en plus fréquentes s'ajoutent aux pollutions ponctuelles qui, même si elles régressent quantitativement, sont encore largement présentes. Dans un tel contexte, les critères de diagnostic et d'évaluation de nature physico-chimique ont montré leur utilité mais aussi leurs limites, et les critères biologiques, par leur caractère intégrateur, ont révélé tout leur intérêt d'indicateurs d'état de la qualité des eaux et de descripteurs de fonctionnement normal ou perturbé des écosystèmes aquatiques. Parmi ces indicateurs, les macroinvertébrés occupent une place de choix et sont à la base de nombreux indices biotiques. Leur biodiversité, leur diversité d'habitats, leurs capacités de déplacement relativement réduites par rapport à celles des poissons, en font d'excellents témoins de la qualité présente et passée de l'eau, de l'habitat, de l'hydrosystème qu'ils occupent. Mais pour interroger ces témoins, il faut savoir les identifier et connaître les informations écologiques que leur présence ou leur absence peuvent nous révéler., Ce sont précisément les moyens d'atteindre aisément ces objectifs que fournit excellemment cet ouvrage. Tous les acteurs engagés dans le diagnostic, la surveillance, la gestion, le suivi de la qualité de l'eau et des milieux aquatiques trouveront là un document précieux qui comblera leur attente. Ces acteurs, publics ou privés,

bureaux d'études, services des Ministères de l'Environnement, de l'Agriculture, de l'Équipement, de l'Industrie...chargés de mission ou techniciens de rivière et de schémas d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE) etc... possèdent maintenant une véritable "bible" sur le sujet, terme qui correspond beaucoup mieux à ce livre que celui de "guide..." utilisé dans le titre et qui témoigne d'une modestie extrême.

Si le contenu intellectuel de ce document est digne d'appréciations élogieuses, la présentation, en particulier l'iconographie, les mérite tout autant, et rend cet ouvrage tout particulièrement attrayant. Il est difficile d'imaginer la patience, la méticulosité, le nombre d'heures qu'ont nécessité la conception et la réalisation des figures dont l'exactitude, la précision et l'esthétique sont remarquables.

C'est donc un réel plaisir de remercier et de féliciter chaleureusement les auteurs de ce livre, en particulier son coordonnateur scientifique H.Tachet et la talentueuse responsable de la mise au point de l'illustration et du texte, J. Tachet.

Le succès rencontré par la première édition de cet ouvrage, plusieurs fois réimprimé, montre que son objectif initial a été largement atteint puisqu'il a touché le double public visé : d'une part les chercheurs scientifiques fournisseurs de données ayant trait à la systématique, la biologie et l'écologie des invertébrés d'eau douce, et d'autre part les acteurs qui utilisent ces données pour traduire et caractériser la qualité de l'eau et des peuplements qu'elle héberge.

Mais cet objectif initial a été dépassé car il a déclenché une véritable stimulation à la fois des chercheurs pourvoyeurs de données et des acteurs-utilisateurs dans leurs activités respectives. De nouvelles données ont alors été acquises tant dans le domaine de la systématique (découvertes de nouveaux taxons, espèces, genres, et même familles !) que celui de la biologie et de l'écologie, augmentant ainsi nos connaissances sur la biodiversité du monde des eaux douces. Depuis la parution de la première édition en 2000, un autre phénomène a aussi participé à l'augmentation de nos connaissances, la mise en évidence de plus en plus fréquente de la présence d'espèces invasives dans les eaux françaises, notamment en provenance de l'Europe centrale et orientale, bassin ponto-caspien en particulier.

Une nouvelle édition, révisée, augmentée, était donc devenue nécessaire. Tous les utilisateurs de la première édition ont particulièrement apprécié les nombreuses qualités de l'ouvrage que la préface correspondante s'était plu à souligner, et nul doute qu'ils auront le plaisir renouvelé de les retrouver dans cette nouvelle édition à laquelle certains d'entre eux ont contribué par leur apport de données, qu'ils en soient sincèrement remerciés. Mais ce sont surtout les auteurs, et en particulier son coordonnateur scientifique Henri Tachet, qu'il faut à nouveau remercier et féliciter chaleureusement, car non seulement ils participent à l'avancement des connaissances scientifiques fondamentales mais fournissent en même temps aux utilisateurs de ces données un « ouvrage technique » sous une forme particulièrement bien adaptée.

Albert-Louis ROUX,
Professeur Emérite Université Lyon 1,
Ancien Président de l'Agence de l'Eau
Rhône-Méditerranée-Corse.

INTRODUCTION

Les eaux continentales se partagent entre eaux salées, eaux saumâtres et eaux douces, celles-ci sont soit souterraines, soit superficielles. Les eaux douces superficielles (par exemple, lacs et rivières) en dépit de leur faible importance en volume (tableau I.T1) hébergent une faune riche et diversifiée comprenant différents niveaux trophiques dont les derniers sont occupés essentiellement par les Poissons. Dans cet édifice trophique, les macroinvertébrés jouent un rôle essentiel dans la transformation de la matière organique en matière vivante qui constitue l'essentiel de la nourriture des Poissons (fig. I.1).

Largement diversifiés, occupant une large gamme d'habitats, les macroinvertébrés constituent d'excellents témoins de la qualité des habitats où ils se rencontrent, d'où leur utilisation de plus en plus fréquente dans différents types d'indices biotiques.

Avant d'aborder dans le détail les points essentiels de cet ouvrage, il est indispensable de reprendre de façon globale les aspects liés à la définition de son cadre spatial (les différents écosystèmes d'eau douce à différentes échelles spatiales) et biologique (les macroinvertébrés).

1 - CADRE SPATIAL

Le cadre spatial correspond à différentes échelles :
- pays et régions ;
- écosystèmes ;
- habitats et microhabitats.

1.1 – PAYS ET RÉGIONS

Le pays concerné par cet ouvrage correspond à la France, c'est-à-dire approximativement aux régions de la Limnofauna Europaea (Illies, 1978) : 2 (Pyrénées), 3 (Corse), 4 (Alpes et Jura), 8 (Massif central et Vosges), 13 (basses terres occidentales subdivisées en 13a : basses terres atlantiques, et 13 b : basses terres méditerranéennes) (fig. I.2). Il est possible, bien entendu, d'utiliser cet ouvrage en dehors de ces régions puisque le niveau systématique retenu est le genre. En effet, si la distribution de certaine espèces varie lorsqu'on va vers le sud (péninsule Ibérique ou Italie), le nord (Scandinavie) ou l'est (pays d'Europe orientale), la distribution du genre est beaucoup plus large. Si l'on se réfère, par exemple, aux seuls Ephéméroptères, près de 75 % des genres présents en Europe se rencontrent dans la zone concernée par cet ouvrage (fig. I.3).

1.2 - ÉCOSYSTÈME

Bien que nous mettions plus particulièrement l'accent sur les eaux courantes, il est indispensable de considérer simultanément eaux courantes et eaux stagnantes dans la mesure où, dans une approche dynamique des eaux courantes, tous les intermédiaires entre eaux courantes et eaux stagnantes existent.

Tableau I.T1 - Volume des eaux douces (état liquide) continentales et temps de renouvellement dans les différents écosystèmes. Adapté de Moss (1988).

Écosystèmes d'eau douce	Volume en %	Temps de renouvellement
Eaux souterraines	98,5	de l'ordre de la décennie ou du siècle
Lacs	1,4	de l'ordre de l'année
Cours d'eau	0,1	de l'ordre de la semaine

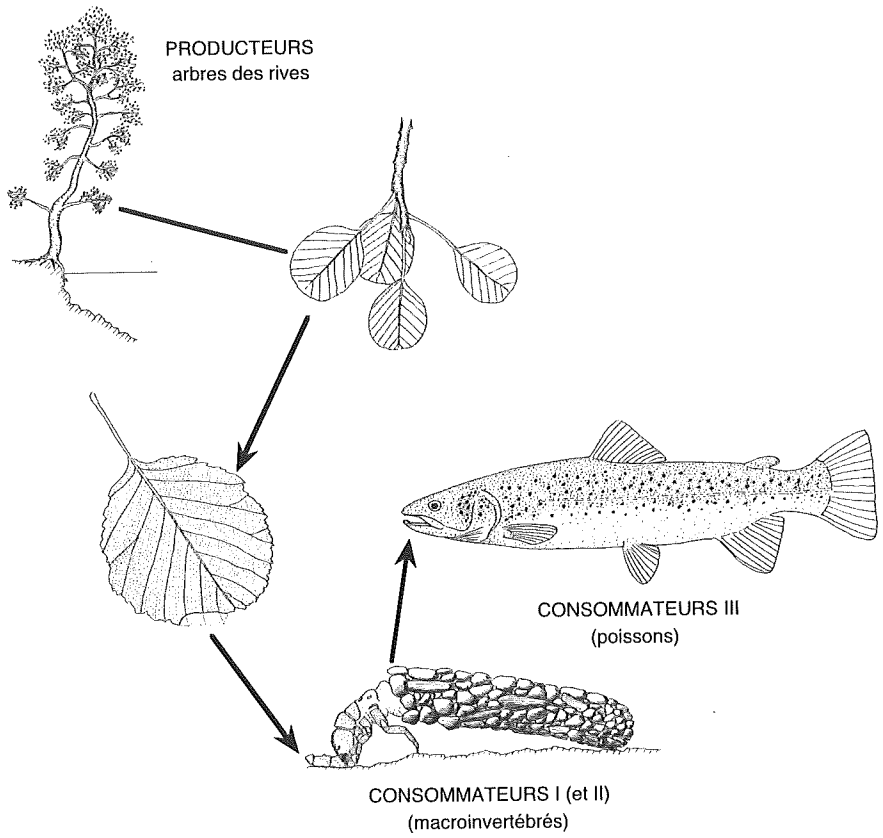


Figure I.1 - Position des macroinvertébrés dans le réseau trophique d'un écosystème d'eau courante.

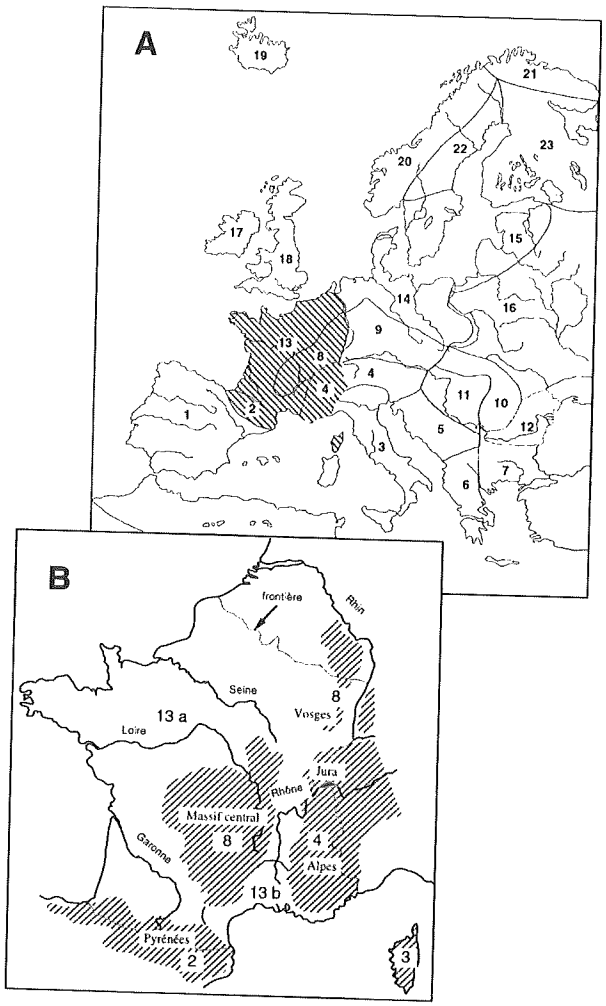


Figure I.2 - A : L'Europe et les différentes régions (numérotées de 1 à 23) de la Limnofauna Europaea (Illies, 1978). En grisé, régions concernées par cet ouvrage. B : la France et les différentes régions de la Limnofauna Europaea. La région 8 correspond aux massifs anciens : Massif Central et Vosges pour la France. La région 13 (basses terres occidentales) a été subdivisée en deux parties : 13a, basses terres océaniques ; 13b, basses terres méditerranéennes

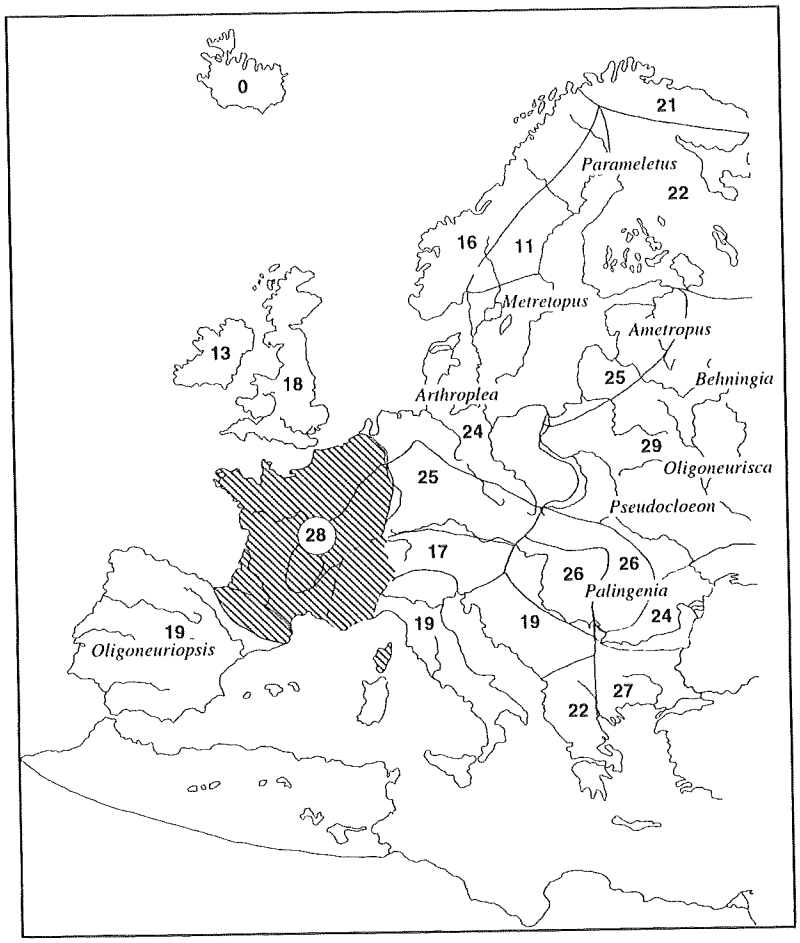


Figure I.3 - Carte de l'Europe avec le découpage en régions réalisé par Illies (1978) (cf. également figure I.2). Pour chaque région, les chiffres correspondent au nombre de genres d'Éphéméroptères (nombre reflétant l'état des connaissances à cette époque).
Sur un total de 37 genres d'Éphéméroptères recensés par Illies, 28 ont été trouvés dans les régions concernées par cet ouvrage (zone en grisé). Les noms figurant sur cette carte d'Europe correspondent à des genres absents de cette zone. Ils sont positionnés approximativement dans les régions où ils se rencontrent.

Les eaux continentales superficielles se répartissent en deux grands ensembles : les eaux stagnantes (3 % des eaux douces continentales) et les eaux courantes (moins de 1 ‰ des eaux continentales). La distinction n'est pas toujours aussi tranchée et il est bien évident qu'il existe des structures intermédiaires. C'est ainsi que certains bords de lac, en raison des vagues, héberge une faune d'eau courante tandis que certains bords de rivière lente héberge une faune d'eau stagnante. On se basera donc plutôt sur des données géomorphologiques pour définir ces différentes structures. Nous distinguerons, dans le contexte régional défini plus haut, d'abord les structures naturelles, puis les structures artificielles.

1.2.1 - Structures naturelles

1.2.1.1 - Eaux stagnantes

Lacs — Ils ont des origines diverses (lacs glaciaires comme le lac Léman, lacs de cratère comme le lac Pavin, etc.). Ils se caractérisent par leur profondeur qui est telle que la végétation ne peut se développer sur le fond, mais il existe normalement une étroite ceinture de végétation dans la zone littorale. Certains lacs sont totalement isolés mais la plupart, comme le Léman, reçoivent des affluents et possèdent un ou plusieurs émissaires.

Mares et étangs — Leurs origines sont très diverses. Il s'agit généralement de simples dépressions sur sol imperméable, maintenues en eau par des apports permanents (sources) ou par des eaux pluviales. Les dimensions sont variées sans qu'il soit possible d'établir une claire distinction entre mares et étangs. La principale caractéristique de ces plans d'eau est leur faible profondeur permettant le développement d'une végétation aquatique sur le fond.

Flaques temporaires — Dans certaines régions sur sol argileux, il peut se former de larges flaques où l'eau peut subsister pendant plusieurs semaines, voire plusieurs mois. C'est dans ces types de flaques temporaires que peuvent se développer des Crustacés Branchiopodes.

Espaces périfluviaux — La dynamique fluviale engendre au cours du temps la formation de structures périfluviales (fig. I.4) (Amoros et Petts, 1993) (bras secondaires de tressage abandonnés, méandres abandonnés) en communication ponctuelle mais permanente avec le fleuve ou en communication avec le fleuve uniquement au moment des crues. Ces milieux présentent, en fonction de leur maturité, tout un éventail de conditions d'habitat allant des eaux courantes jusqu'aux eaux stagnantes. Ces espaces périfluviaux se rapprochent, pour les formes les plus matures, du type mare ou étang.

Marais et tourbières — Ils constituent des milieux intermédiaires entre les milieux strictement aquatiques (étangs et structures périfluviales) et les milieux terrestres. Cependant, ce sont incontestablement des zones humides, même si l'eau libre est toujours fragmentée. Ces milieux représentent, dans l'évolution des étangs ou des structures périfluviales, le dernier stade aquatique avant atterrissement.

1.2.1.2 - Eaux courantes

Les eaux courantes constituent une infime partie des réserves en eau douce, mais leur taux de renouvellement est élevé (tableau I.T1). Elles présentent deux caractéristiques fondamentales : une structure linéaire très marquée (le rapport largeur/ longueur est très petit), souvent fortement ramifiée, et la présence d'un flux hydrique amont-aval.

Un cours d'eau comprend trois éléments fondamentaux (fig. I.5A, B et C) : une source, un cours principal et une embouchure qui peut soit correspondre à une confluence s'il s'agit d'un affluent, soit à une véritable embouchure. En français, le terme de fleuve ne s'applique strictement qu'à un cours d'eau de grande taille (longueur supérieure à 250 km) qui se jette dans la mer ou l'océan. La Loire, le Rhône, la Seine, la Garonne, sont incontestablement des fleuves, pour les autres on parle plutôt de rivières côtières. On réserve en général le terme d'estuaire à l'embouchure d'un fleuve (ou d'une rivière) qui se jette dans une mer à marées (par exemple, la

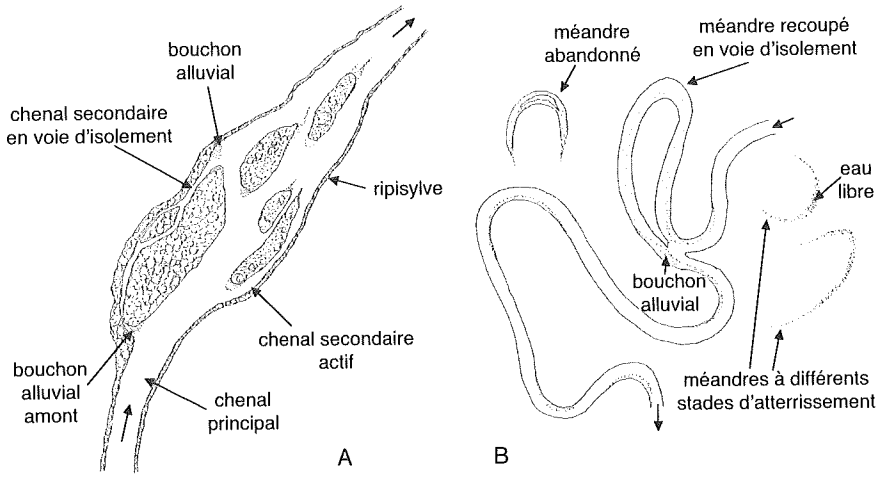


Figure I.4 - Espaces périfluviaux. A : chenaux secondaires dans une zone de tressage sur le Haut-Rhône ; B : méandre recoupé et méandres abandonnés dans une zone de méandrage (cf. également fig. I.5).

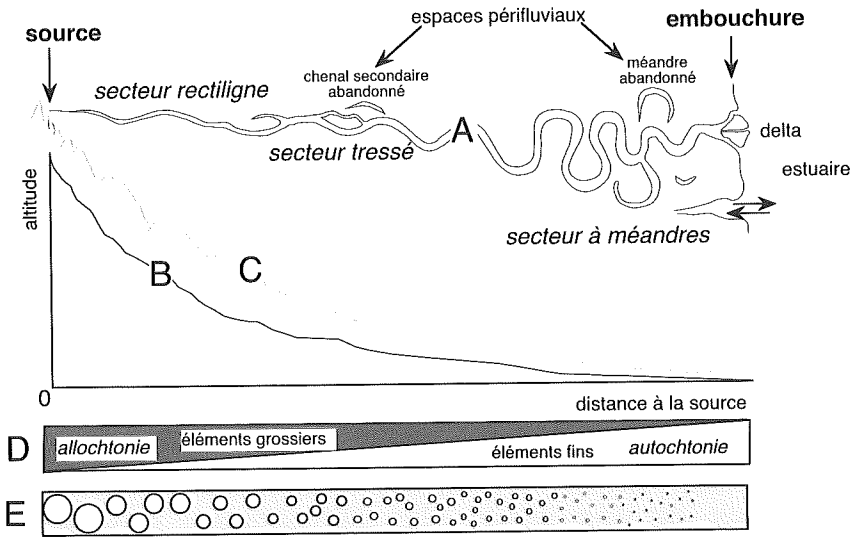


Figure I.5 - Cours d'eau théorique. A : carte ; B : profil longitudinal ; C : cadre géomorphologique ; D : origine et structure de la matière organique ; E : granulométrie.

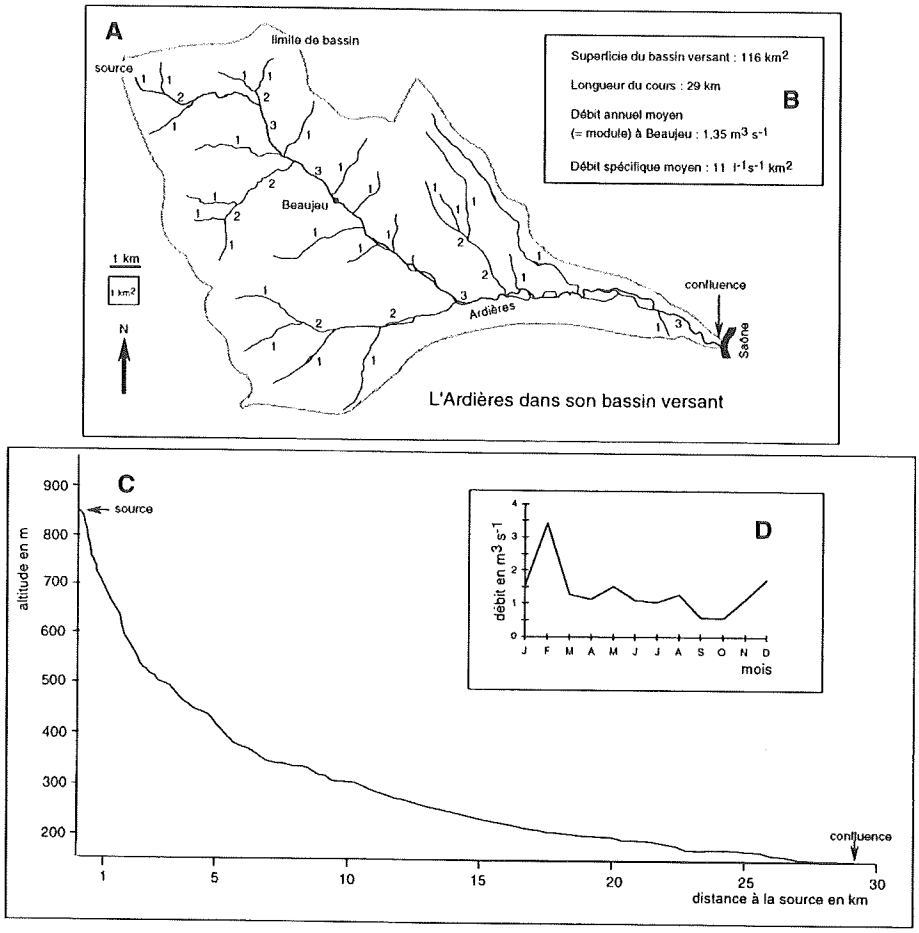


Figure I.6 - Caractéristiques fondamentales d'un cours d'eau (exemple de l'Ardières, affluent rive droite de la Saône). A : carte du cours d'eau dans les limites de son bassin versant ; le système d'ordination du réseau hydrographique adopté est celui de Strahler (cf. Amoros et Petts, 1993) ; B : quelques données numériques fondamentales ; C : profil longitudinal ; D : courbe des débits mensuels moyens.

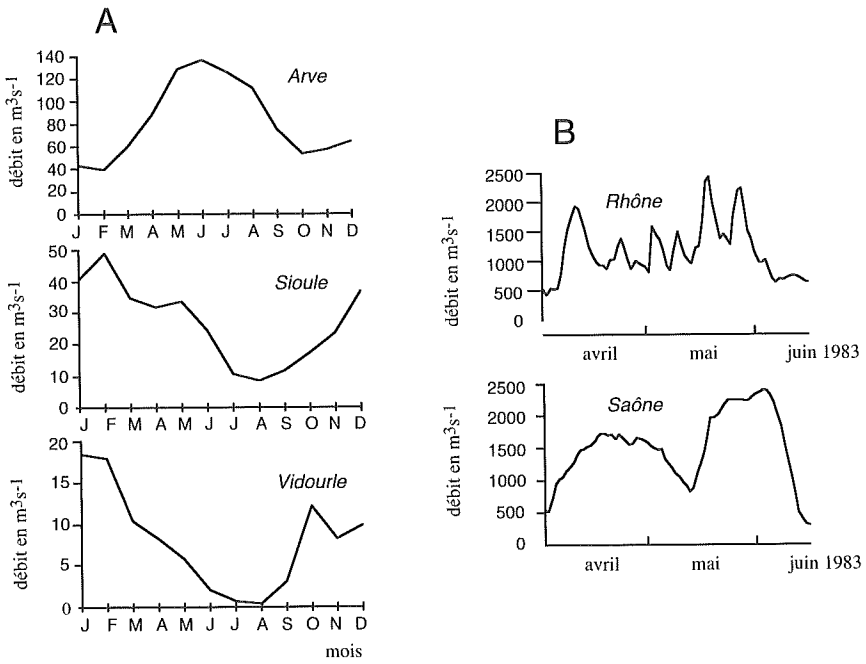


Figure I.7 - A : Courbes des débits mensuels moyens de trois types de rivières. L'Arve à Genève, un exemple de rivière à régime nivo-glaciaire ; la Sioule à Saint-Pourçain, un exemple de rivière à régime pluvio-océanique ; le Vidourle à Marsillargues, un exemple de rivière à régime pluvio-méditerranéen.
B : Influence de la pente sur l'écoulement des crues. Le Rhône et la Saône juste à l'amont de Lyon au printemps 1983. Le Rhône, dont la pente reste assez forte, présente une alternance rapide de crues et décrues ; la Saône, dont la pente est très faible, présente seulement deux épisodes de crues.

Loire dans l'océan Atlantique) et le terme de delta à un fleuve qui se jette dans une mer où l'amplitude de la marée est très faible (par exemple, le Rhône dans la Méditerranée).

Selon la pente et la nature du substrat, un cours d'eau peut avoir des secteurs rectilignes, des secteurs avec tressage ou des secteurs à méandres (fig. I.5).

Pour classer les cours d'eau on peut utiliser comme critères : outre l'arrivée ou non à la mer, des caractéristiques géomorphologiques en considérant quatre éléments fondamentaux : leur longueur, la superficie de leur bassin versant, leur pente et le degré de ramification du réseau hydrographique. La meilleure façon d'exprimer ce dernier aspect est de définir le numéro d'ordre (ordination) des différents affluents (cf. Leopold *et al.*, 1964 ; Amoros et Petts, 1993) (fig. I.6).

Outre ces critères géomorphologiques, il est également nécessaire de prendre en compte des critères hydrodynamiques : notamment le régime hydrologique.

Le régime d'un cours d'eau dépend largement des conditions climatiques. Dans la zone concernée par cet ouvrage on peut distinguer approximativement trois grands types de cours d'eau (fig. I.7A) :

— des cours d'eau de type pluvio-océanique où les écarts entre minima et maxima sont relativement faibles ; l'étiage a lieu en fin d'été ;

— des cours d'eau de type pluvio-méditerranéen où les écarts entre minima et maxima sont très élevés ; les étiages durent tout l'été et sont sévères, les crues d'automne ou d'hiver sont souvent violentes ;

— des cours d'eau de type nivo-glaciaire caractérisés par des maxima de printemps et d'été et des étiages hivernaux.

L'écoulement des crues présente des différences entre des cours d'eau de plaine et des cours d'eau de montagne (ou des cours d'eau dont la majeure partie du bassin versant est en zone de montagne) (fig. I.7B).

Il existe un gradient structural et fonctionnel le long d'un cours d'eau : le cours supérieur est caractérisé par des pentes assez fortes, une granulométrie grossière et une forte tendance à l'allochtonie (la matière organique est surtout d'origine terrestre) ; lorsque localement la pente diminue, le tressage apparaît. Dans le cours inférieur les pentes sont plus faibles, la granulométrie plus fine, et l'autochtonie tend à se substituer à l'allochtonie ; lorsque localement la pente diminue, le méandrage apparaît. Le cours moyen présente des caractéristiques intermédiaires entre ces deux extrêmes (fig. I.5D et E). Le passage de l'allochtonie à l'autochtonie est un aspect qui a été largement pris en compte par les promoteurs du River Continuum Concept (RCC) (Vannote *et al.*, 1980).

1.2.2 - Structures artificielles

L'Homme, soit pour se protéger, soit pour utiliser les rivières et fleuves comme voies d'eau (navigation) ou comme sources d'énergie (aménagements hydroélectriques), a plus ou moins profondément modifié les écosystèmes lotiques. Il a créé des plans d'eau résultant de l'envahissement de gravière par l'eau phréatique et des étangs pour la pisciculture. L'Homme a créé des structures dont le fonctionnement se situe entre celui de véritables eaux stagnantes et celui des eaux courantes.

1.2.2.1 - Structures de types eaux stagnantes

Mares et étangs de pisciculture — Les mares creusées par l'Homme dans les prés (mares artificielles), comme les étangs créés pour la pisciculture, appartiennent à ce groupe. Ces structures sont caractérisées par leur faible profondeur comme les mares et étangs naturels, mais, contrairement à ceux-ci, l'Homme intervient pour bloquer les processus d'atterrissement

Gravières — Les besoins en granulats ont entraîné l'Homme à extraire du gravier du lit majeur des grands cours d'eau. Dès que la nappe phréatique est atteinte les zones d'extraction se remplissent d'eau constituant des gravières. Elles se caractérisent en général par des pentes très fortes interdisant la formation d'une zone littorale.

1.2.2.2 - Structures artificielles liées à l'aménagement des eaux courantes

Endiguement — D'un point de vue chronologique les premières structures réalisées par l'Homme sont des digues. Elles ont pour effet de bloquer les déplacements latéraux des cours d'eau, les réduisant à un chenal unique et isolant plus ou moins définitivement le chenal principal de ses structures périfluviales.

Au niveau des grands cours d'eau, pour améliorer la navigation, l'Homme a mis en place des digues submersibles longitudinales dans le lit même du cours d'eau de manière à entraîner un surcreusement pour faciliter la navigation.

Seuils et barrages — Pour favoriser l'oxygénation de l'eau, alimenter des moulins, protéger les piles des ponts, des seuils ont souvent été établis sur les cours d'eau entraînant la formation d'une zone de sédimentation à l'amont suivie d'une zone d'érosion à l'aval. Ces structures diffèrent peu des seuils naturels qui caractérisent tous les écosystèmes lotiques. Plus tard, l'Homme a mis en place de véritables barrages destinés soit à servir de réserve d'eau (eau potable ou eau pour l'irrigation selon les régions), soit à servir de compensateur de crue (barrages sur la Haute-Seine), soit à fournir de l'énergie hydroélectrique. On distingue deux grands types de barrages : des barrages de hautes et moyennes chutes et des barrages de basses chutes (Ginocchio, 1978).

Les barrages de hautes et moyennes chutes sont généralement installés sur des cours d'eau de montagne ou de région collinéenne (fig. I.8). La mise en place du barrage entraîne la formation d'une retenue (lac-barrage), souvent profonde à pente raide. Le temps de rétention (rapport entre la capacité de stockage d'une retenue et le débit entrant, généralement exprimé en unité de temps : année, mois, jours, heures) est tel (plusieurs mois à une année) qu'une thermocline peut se mettre en place. Ces lacs-barrages fonctionnent en partie comme des lacs, mais la zone littorale est partout abrupte, interdisant la mise en place d'une ceinture de végétation. Par ailleurs, les besoins en eau (pour l'irrigation ou l'eau potable) et les besoins en électricité entraînent d'importantes variations de niveau (marnage) qui peuvent atteindre plusieurs mètres au niveau des berges. À l'aval de ces barrages, il reste un débit minimal (débit réservé) qui est relativement constant, en dehors des périodes de crues, pour des barrages qui servent de réserve d'eau. Ces variations de débits sont très irrégulières pour les barrages hydroélectriques (débits en éclusées).

Les barrages de basses chutes sont installés sur des grands cours d'eau de plaine ou parfois de région collinéenne. Ils se caractérisent par une faible différence de niveau entre la partie en retenue et la partie aval. Le temps de rétention dans la partie amont (retenue) est de l'ordre de quelques heures si bien qu'il n'y a jamais mise en place d'une thermocline. Lorsque les cours d'eau sont très turbides, il y a cependant une sédimentation assez forte juste à l'amont du barrage. En dehors des périodes de crues, les variations de niveau restent faible à l'amont comme à l'aval. Ces barrages sont généralement équipés d'écluses permettant le passage des bateaux.

La Compagnie nationale du Rhône (CNR) a édifié sur le Bas-Rhône et ultérieurement sur le Haut-Rhône une série d'aménagements hydroélectriques avec dérivation dont les caractéristiques sont intermédiaires entre celles des barrages de hautes et moyennes chutes et celles des barrages de basses chutes (fig. I.9).

Canaux artificiels — Dans les aménagements de type CNR, des canaux artificiels ont été édifiés dont les caractéristiques sont similaires à celles des canaux réalisés pour la navigation(ou

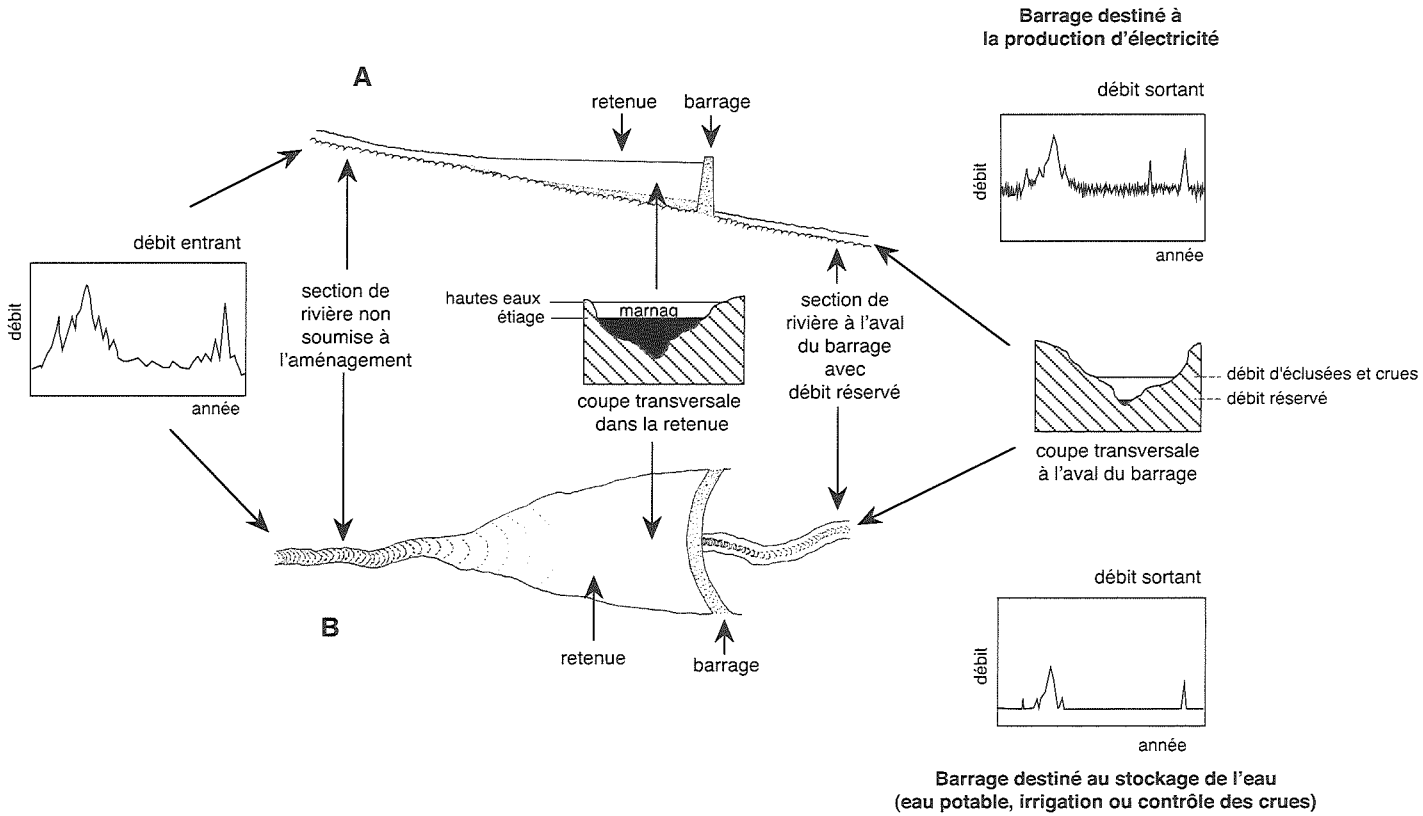


Figure I.8 - Structure fonctionnelle de deux types de barrage de hautes ou moyennes chutes. A : coupe longitudinale simplifiée ; B : vue en plan simplifiée.

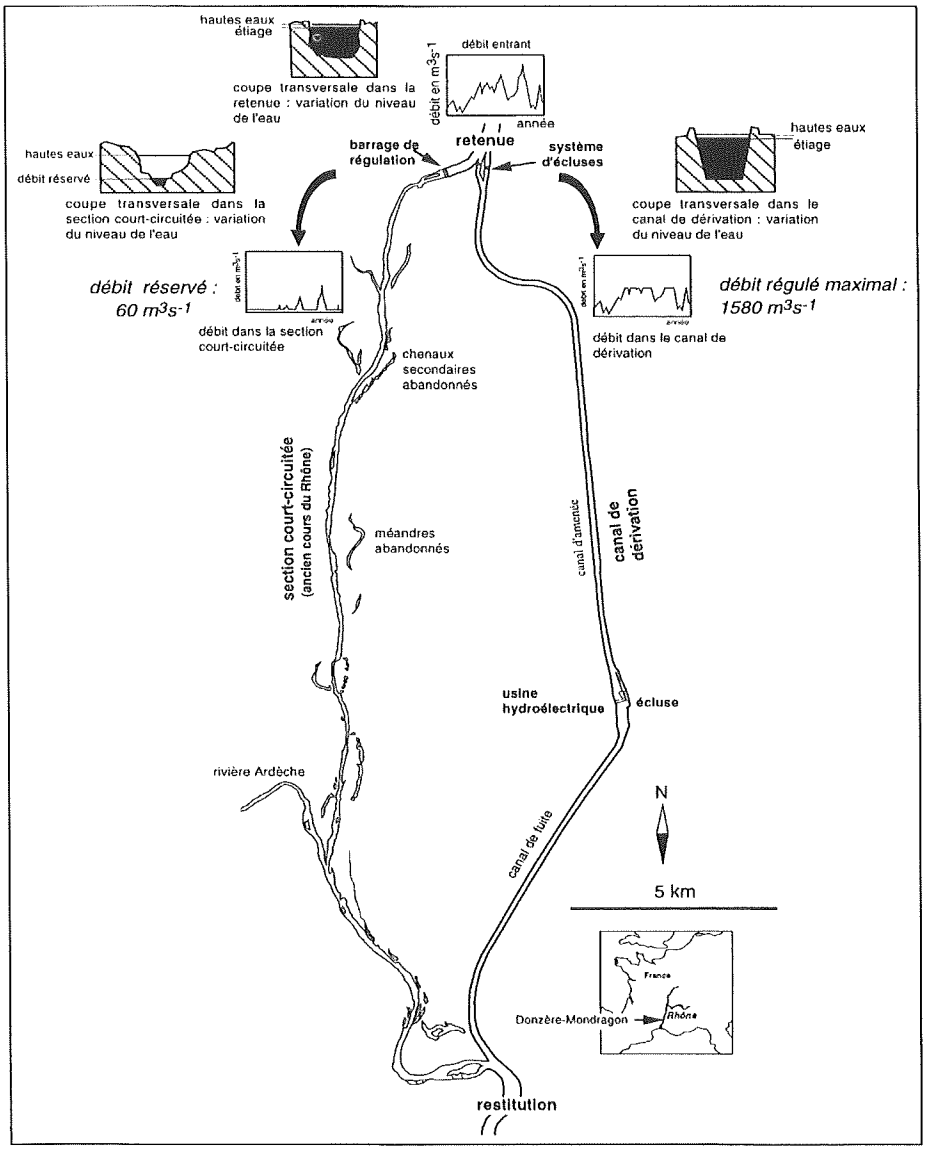


Figure I.9 - Structure fonctionnelle d'un aménagement de type CNR (Compagnie nationale du Rhône) sur le Bas-Rhône à Donzère.

pour l'irrigation dans les régions méridionales). Ces canaux se caractérisent par des berges abruptes, des vitesses de courant variables : presque nulles dans certains anciens canaux de navigation, relativement rapides dans les canaux d'amenée d'aménagements de type CNR ou dans les canaux d'irrigation comme le canal de Provence.

1.3 - HABITATS ET MICROHABITATS

1.3.1 - Habitats

Lorsqu'on change d'échelle, c'est-à-dire lorsqu'on considère seulement une partie d'un écosystème (par exemple un bord de lac ou un tronçon de cours d'eau), les distinctions qui ont été faites précédemment entre les écosystèmes lac, étang, ruisseau ou rivière s'estompent. On distinguera seulement des habitats lentiques et des habitats lotiques.

1.3.1.1 - Habitats lentiques (ou lénitiques)

On distingue dans un lac de type naturel une zone benthique littorale, une zone benthique profonde et une zone pélagique (fig. I.10). La zone littorale présente une ceinture de végétation avec hélophytes et hydrophytes ; la zone pélagique est dépourvue de macrophytes ainsi que la zone benthique profonde. La zone benthique littorale est soumise à l'action des vagues. Un étang, ou une mare, peuvent être assimilés, à la zone littorale d'un lac, mais il n'y a pas de vague. Les espaces périfluviaux matures (bras secondaires de tressage abandonnés, méandres recoupés) ainsi que les rives d'une rivière lente présentent des caractéristiques proches de celles des étangs et des mares.

1.3.1.2 - Habitats lotiques

Structuration longitudinale — On distingue dans un cours d'eau, quelle que soit sa taille, une alternance de seuils (rapides) et de mouilles (fig. I.11). Les seuils sont caractérisés par des courants assez vifs, une profondeur relative faible et une granulométrie grossière (zone d'érosion) ; les macrophytes sont rares ou absents ; les mouilles se caractérisent par des courants plus lents, une profondeur relative plus grande et une granulométrie plus fine (zone de sédimentation) ; les macrophytes peuvent être abondants y compris sur le fond. L'alternance seuil-mouille varie le long d'un cours d'eau ; dans des secteurs à forte pente, il y aura des zones de rapides sur de longues distances tandis qu'en plaine les zones de mouilles domineront.

Structuration transversale — Comme pour les lacs, on peut distinguer dans un cours d'eau une zone littorale (la rive) et une zone profonde (le chenal) (fig. I.12), la zone pélagique étant en général absente (en raison du courant).

Dans les petits cours d'eau la distinction entre rives et chenal n'est pas marquée, notamment la vitesse du courant varie peu entre le centre du chenal et les rives ; par ailleurs, la roche-mère peut affleurer et les blocs peuvent émerger au centre du cours d'eau offrant ainsi, par exemple aux adultes d'insectes qui viennent pondre, comme aux larves ou nymphes qui émergent, un support fonctionnellement identique à celui des rives (fig. I.12C).

Au fur et à mesure que la taille d'un cours d'eau s'accroît, la distinction entre rives et chenal augmente, la vitesse au centre du chenal pouvant être deux à trois fois plus forte que près des rives. Le substrat des rives est en général très différent de celui du fond du chenal avec, selon le découpage des rives, alternance de zone d'érosion et de zones de sédimentation (fig. I.11). Au niveau du chenal, les seuils et les mouilles sont recouverts par plusieurs mètres d'eau ; les seuils ont une disposition obliques. Les pontes des insectes ne peuvent se faire que près des rives, les émergences, bien qu'ayant lieu préférentiellement près des rives, peuvent cependant, pour certaines espèces, se faire à partir de la surface, donc à partir du centre du chenal (fig. I.12D).

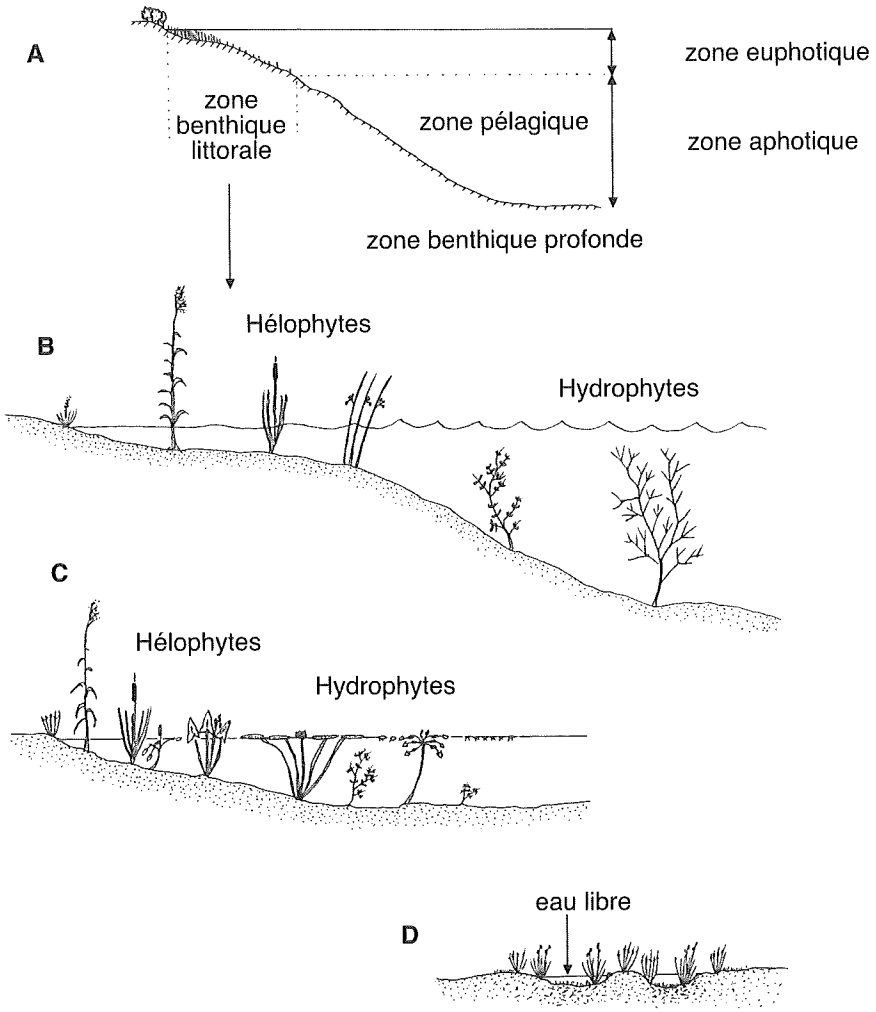


Figure I.10 - Coupes simplifées au niveau de différents types d'habitats lentiques. A : coupe au niveau d'un lac ; B : détail de la zone benthique littorale d'un lac ; C : coupe au niveau d'un étang ou d'une mare ; D : coupe au niveau d'un marais.

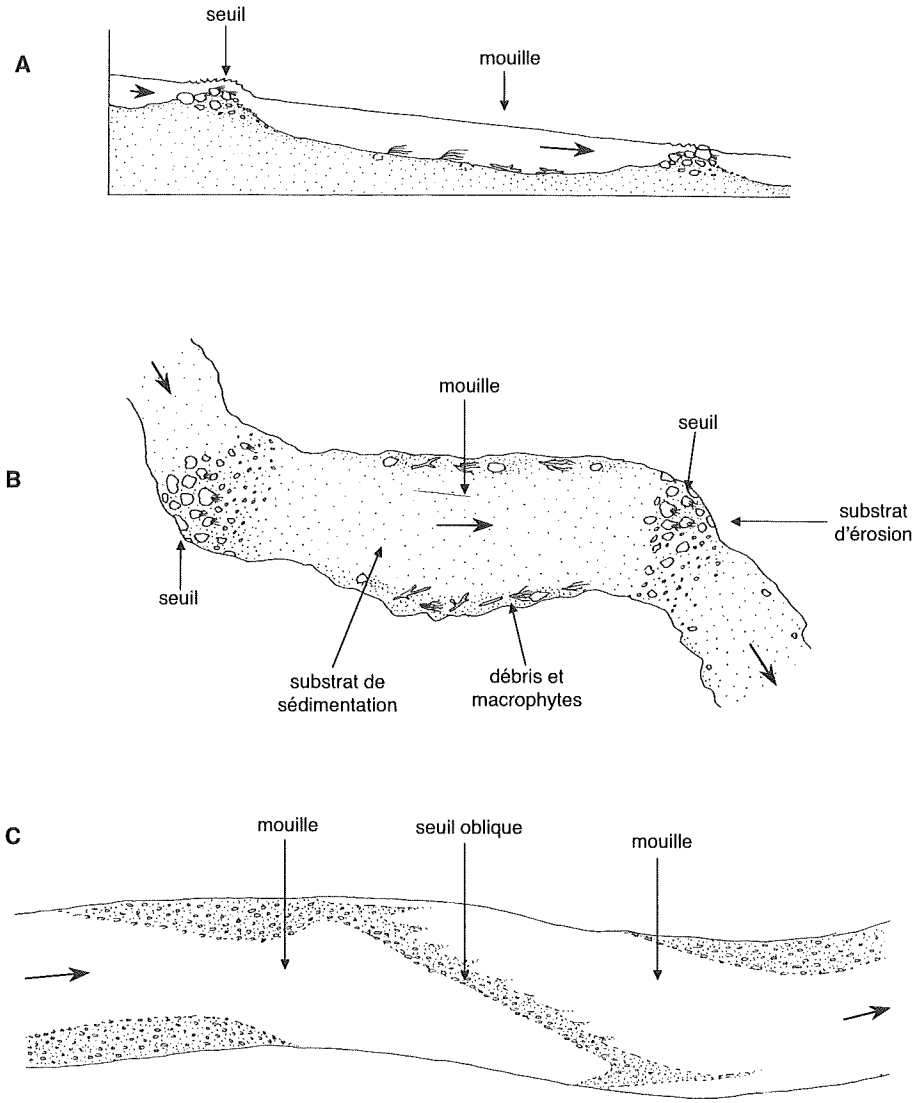


Figure I.11 - Alternance seuils-mouilles. A et B : petits cours d'eau ; C : grands cours d'eau. A : coupe longitudinale simplifiée, les différences de niveau ont été très accentuées ; B et C : vues en plan.

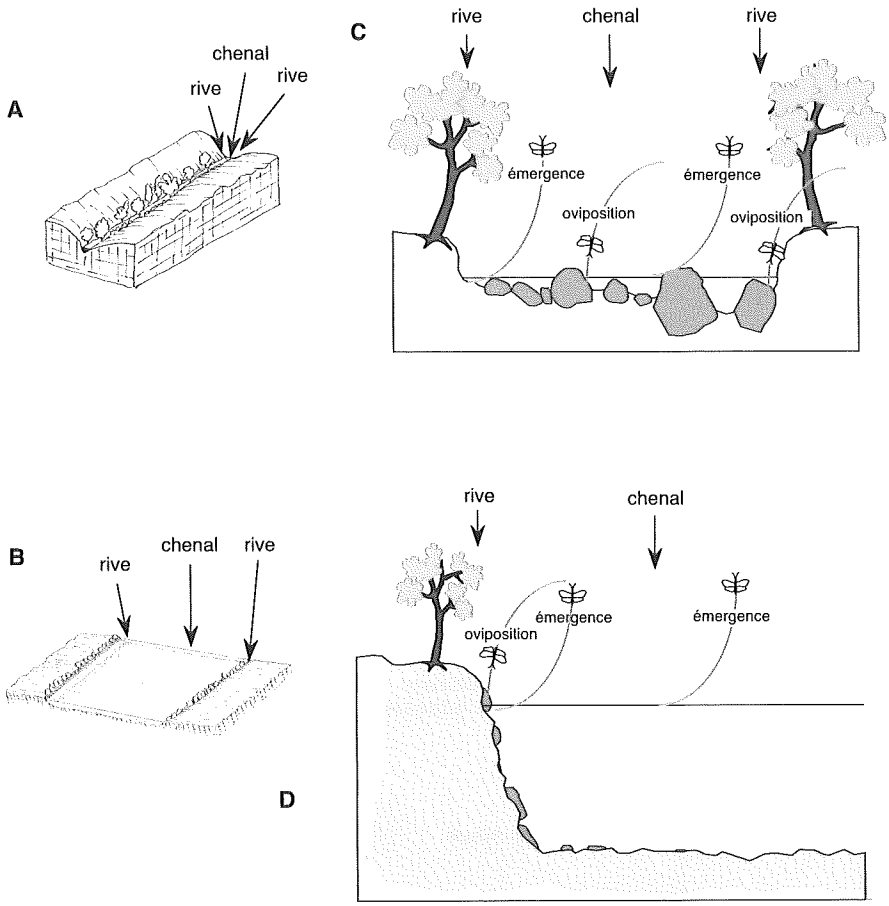


Figure I.12 - Structuration transversale. A : petit cours d'eau ; B : grand cours d'eau ; C : coupe transversale simplifiée d'un petit cours d'eau, faible différence fonctionnelle entre rive et chenal ; D : coupe transversale partielle au niveau d'un grand cours d'eau, fortes différences fonctionnelles entre rives et chenal.

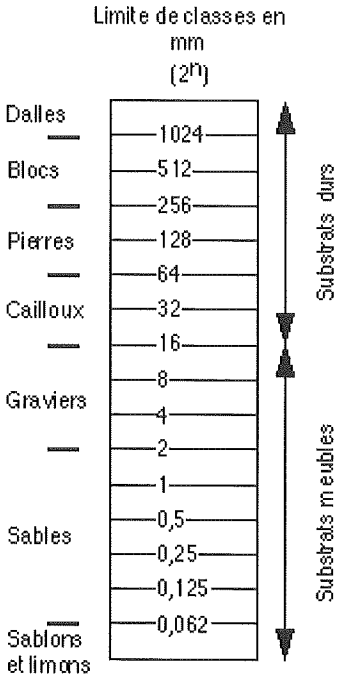
1.3.2 - Microhabitats

À l'intérieur des différents habitats, qu'ils soient en milieu lotique ou lénitique, on peut distinguer différents types de microhabitat : microhabitats minéraux, microhabitats organiques, microhabitats végétaux. Il est bien évident que la subdivision proposée ici est relativement arbitraire : la différence entre un microhabitat de type végétal et un microhabitat de type organique n'est pas toujours très tranchée.

1.3.2.1 - Définition en fonction de la nature du substrat

Microhabitats minéraux — Ils comprennent les microhabitats minéraux allant des dalles jusqu'aux sables, limons et argiles. On pourra se reporter à la nomenclature définie par Prodon (1976) pour la série allant des dalles aux limons (tableau I. T2).

Tableau I.T2 – Classification des substrats minéraux. Adapté de Prodon (1976).



Microhabitats organiques — Ils comprennent tous les substrats où les débris organiques sont dominants, c'est-à-dire que l'on peut y inclure les arbres et branches tombés à l'eau, les feuilles accumulées sur le fond (litière) et les vases.

Microhabitats végétaux — Ils comprennent tous les végétaux vivants (essentiellement des hydrophytes).

1.3.2.2 - Définition en fonction de la profondeur

Dans le domaine des eaux courantes, notamment près des rives, au niveau des sources ou aux abords des cascades, il existe un type de microhabitat particulier caractérisé par la présence

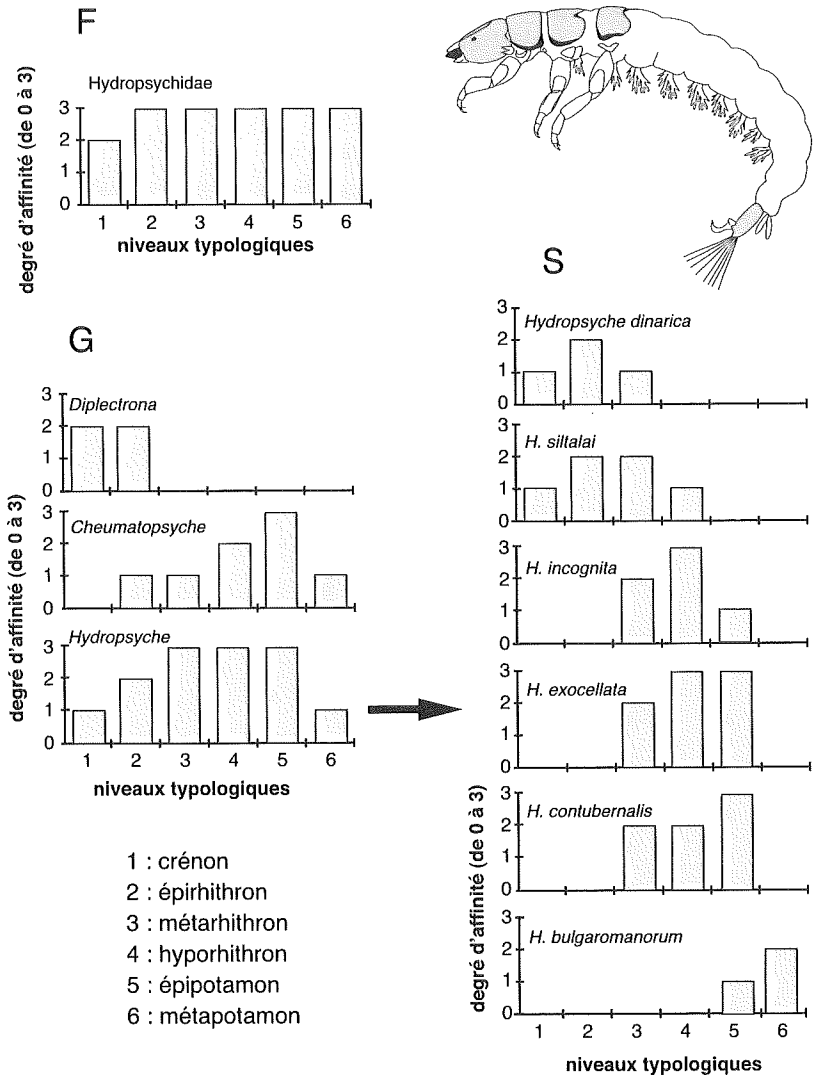


Figure I.13 - Distribution longitudinale (du crénon au métapotamon) des Hydropsychidae (Trichoptères). F : niveau famille ; G : niveau générique ; S : niveau spécifique pour six espèces d'*Hydropsyche* (exemple de la Loire).

permanente d'une mince pellicule d'eau. On parle de zone hygropétrique ou zone madicole (selon Vaillant, 1955).

2 - CADRE BIOLOGIQUE : LES MACROINVERTÉBRÉS

Le cadre biologique de cet ouvrage est limité aux macroinvertébrés. Si le terme de macroinvertébrés est largement employé actuellement, sa définition reste relativement floue selon les auteurs, particulièrement pour les macroinvertébrés de petite taille. Nous suivrons partiellement la définition de Cummins (1975) qui considère que les macroinvertébrés ont au moins 3-5 mm au dernier stade de leur développement, ce qui implique un recouvrement des tailles entre les stades jeunes de macroinvertébrés et les derniers stades de microinvertébrés.

Nous limitant aux eaux superficielles (cf. plus haut), nous ne considérerons que les macroinvertébrés épibenthiques, c'est-à-dire les invertébrés qui vivent à la surface des sédiments ou dans les premiers centimètres de sédiments. Nous les distinguons ainsi des organismes stygobies (phréatobies) qui vivent à plus ou moins grande profondeur à l'intérieur des sédiments. En fait, cette distinction n'est pas toujours aussi aisée car les organismes épibenthiques peuvent parfois s'enfoncer profondément dans le domaine phréatique, c'est le cas par exemple du Plécoptère *Leuctra major* qui passe la majeure partie de sa vie larvaire dans le domaine phréatique. La présence d'organismes stygobies (phréatobies) en surface est généralement liée aux crues.

Cet ouvrage se limite dans la majorité des cas aux genres, de façon exceptionnelle à l'espèce (notamment lorsqu'un genre comprend une seule espèce). Ce choix constitue un compromis entre ce qui est souhaitable d'un point de vue information écologique et ce qui est possible d'un point de vue identification. L'exemple des Trichoptères Hydropsychidae nous permettra d'expliciter cette démarche (fig. I.13).

Il est souvent utile dans une étude écologique sur les eaux courantes de déterminer à quel niveau du continuum fluvial on se situe. Si l'on ne considère que le niveau famille (ici celle des Hydropsychidae), nous n'avons aucune information sur cet aspect, les Hydropsychidae étant présents sur tout le continuum ; si l'on se réfère au niveau spécifique, on obtient une information très détaillée, mais l'identification des différentes espèces d'Hydropsychidae reste difficile pour un non-spécialiste. Le niveau générique reste accessible ; sans être aussi informatif que le niveau spécifique, il donne des informations écologiques exploitables. L'exemple choisi peut, bien entendu, s'appliquer à beaucoup d'autres groupes.

En définitive, il est indispensable, pour des familles multigénériques, d'essayer d'identifier les différents genres si l'on veut obtenir des informations écologiques qui ne soient pas triviales.

Toutes les fois où cela sera possible, nous effectuerons donc des déterminations jusqu'au genre regroupant éventuellement plusieurs genres lorsqu'il est clair que la détermination devient hasardeuse ou impossible. Dans certain cas, particulièrement pour de nombreuses familles de Diptères, nous ne dépasserons pas le niveau de la famille compte tenu des difficultés rencontrées dans la systématique de cet ordre, particulièrement pour les stades immatures (larves et nymphes).

2.1 - ORDRE DE PRÉSENTATION ET ABRÉVIATIONS UTILISÉES POUR LES DIFFÉRENTS NIVEAUX SYSTÉMATIQUES

Les différents groupes seront présentés selon l'ordre habituellement utilisé en zoologie, c'est-à-dire que l'on part des formes les plus primitives (Spongiaires) pour aboutir aux formes

les plus évoluées (Insectes).

Dans les planches de diagnoses et dans les clés, nous utiliserons pour les différents niveaux systématiques les abréviations suivantes :

Embranchement :	E.,
Super Classe, Classe, sous-Classe :	SCl., Cl., sCl.,
Super Ordre, Ordre, sous-Ordre :	SO., O., sO.,
Super Famille, Famille, sous-Famille :	SF., F., sF.,
Tribu :	Tr.,
Genre :	g.

2.2 - ORIGINE DES PEUPLEMENTS DE MACROINVERTÉBRÉS

Remontant pour certains groupes à l'ère primaire, pour d'autres à la fin du primaire ou au début du secondaire (par exemple, pour de nombreux ordres d'Insectes), le peuplement des eaux continentales est suffisamment ancien pour qu'il soit difficile de déterminer l'origine des peuplements. Cependant, suivant en cela Hutchinson (1967), on peut considérer que ce peuplement a une double origine :

— à partir du milieu marin, souvent *via* le milieu saumâtre, par exemple pour les Crustacés, les Mollusques Prosobranches et les Bivalves Dreissenidae ;

— à partir des estuaires ou par isolement d'un bras de mer au cours de périodes de régression marine (faune ponto-caspienne par exemple) ;

Tableau I.T3 - Processus de colonisation et phénomènes d'introduction (quelques exemples). Origine : 1) Amérique du Nord ; 2) Asie ; 3) Europe centrale.

Processus de colonisation accéléré par l'Homme	Introduction involontaire	Introduction volontaire
Dreissena polymorpha	*Dugesia tigrina* (1)	*Orconectes limosus* (1)
Potamopyrgus antipodarum	*Pectinatella magnifica* (1)	*Procambarus clarkii* (1)
Atyaephyra desmarestii	*Menetus dilatatus* (1)	*Pacifastacus leniusculus* (1)
	Corbicula spp (2)	
	Eriocheir sinensis (2)	
	Corophium curvispinum (3)	
	Crangonyx pseudogracilis (1)	

— à partir du milieu terrestre pour les Insectes et les Mollusques Pulmonés.

La colonisation des milieux dulçaquicoles continentaux est donc un phénomène naturel très ancien mais, contrairement à ce que l'on pourrait penser, le phénomène se poursuit actuellement, l'Homme ne venant souvent qu'accélérer un processus naturel en cours. Dans certains cas cependant, l'Homme est directement intervenu dans les processus de colonisation en transportant volontairement ou non des espèces qui n'étaient pas engagées dans un processus de colonisation (tableau I.T3).

Ces phénomènes de colonisation et surtout d'introduction constituent un phénomène mondial. L'Europe a ainsi « exporté » vers l'Amérique du Nord *Bithynia tentaculata* et *Dreissena polymorpha*, cette dernière espèce depuis 1988 seulement) (Hebert et Muncaster, 1989).

2.3 - LES MACROINVERTÉBRÉS ET L'HOMME

2.3.1 - Relations indirectes

Dans ses rapports avec la Nature, l'Homme est intéressé par ce qui le concerne directement : en général dans le domaine des eaux douces, les Poissons et la pollution. De ce fait, les macroinvertébrés, comme d'autres organismes, sont ou mal connus ou ignorés. Ils constituent cependant un groupe essentiel notamment au niveau des trois points suivants : la transformation de la matière organique, la nourriture des poissons et la pollution.

2.3.1.1 - Macroinvertébrés et transformation de la matière organique

Une part importante des feuilles des arbres tombe ou est entraînée par le vent dans les eaux stagnantes ou courantes (fig. I.1). Ces feuilles, dans un milieu aquatique, ne se dégradent que très lentement sous l'action des micro-organismes (bactéries et hyphomycètes) ; les macroinvertébrés vont dissocier ces feuilles en éléments plus fins (le processus est comparable à celui que réalise la faune du sol en milieu terrestre) facilitant ainsi l'action des micro-organismes. Les processus sont en général plus rapides en eau courante qu'en eau stagnante car, dans ce dernier type d'habitat, l'accumulation des débris organiques est très rapide entraînant l'apparition de phénomènes d'anaérobiose ralentissant considérablement la décomposition de la matière organique.

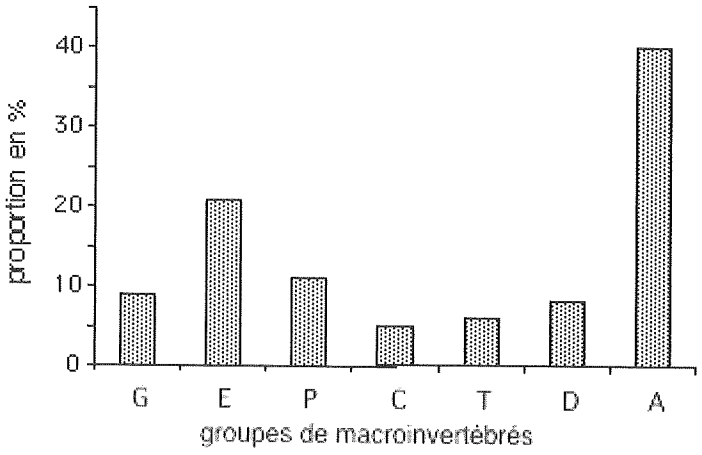


Figure I.14 - Proportion de macroinvertébrés (en %) dans le régime alimentaire de la truite. A : adultes d'insectes aquatiques et insectes terrestres tombés à l'eau ; C : Coléoptères ; D : Diptères ; E : Éphéméroptères ; G : Gammares ; P : Plécoptères ; T : Trichoptères.

2.3.1.2 - Macroinvertébrés et Poissons

En climat tempéré, si l'on excepte le cas particulier du Hotu, la part la plus importante de la nourriture des poissons est fournie par les microinvertébrés et les stades jeunes des macroinvertébrés pour les alevins et juvéniles et par les macroinvertébrés (larves et adultes) pour les formes plus âgées. Les macroinvertébrés constituent donc un élément essentiel de la nourriture des Poissons (fig. I.14).

2.3.1.3 - Macroinvertébrés et pollutions

Comme tous les êtres vivants, les macroinvertébrés sont sensibles à la pollution chimique que celle-ci soit due à des apports organiques excessifs (eutrophie) ou à des apports de substances chimiques toxiques non ou difficilement dégradables. Les macroinvertébrés n'interviennent pas directement dans les phénomènes d'autoépuration qui incombent essentiellement aux micro-organismes (Bactéries notamment), mais présentant une sensibilité différentielle aux diverses formes de pollution, ils peuvent être utilisés comme témoins de ces dernières. En effet, toute pollution entraîne une réduction de la diversité (nombre d'espèces, de genres ou de familles) et l'élimination des espèces, genres ou familles les plus polluo-sensibles. La plupart des indices biotiques basés sur les macroinvertébrés (cf. chapitre 20) prennent en compte ces deux composantes.

Etant donné que la durée de développement de la majorité des macroinvertébrés est de type annuel, les pollutions de type aigu seront perçues même si les substances toxiques responsables ont disparu. La réponse des macroinvertébrés intègre donc la durée permettant de déceler une pollution aiguë plusieurs mois après. Par ailleurs, les possibilités de déplacement des macroinvertébrés (essentiellement des larves) sont faibles ; la recolonisation des secteurs pollués ne pourra se faire qu'à partir des adultes de la génération suivante, issus de secteurs non pollués.

On a cherché à utiliser d'autres « indicateurs biologiques » que les macroinvertébrés pour mettre en évidence une pollution : notamment les poissons et les bactéries. Les poissons sont effectivement décimés lors d'une pollution aiguë, mais leurs capacités de déplacement sont telles qu'ils peuvent recoloniser en peu de temps une zone polluée dès que les effets du polluant ont disparu.

Les bactéries (et des algues unicellulaires comme les Diatomées) sont également sensibles à la pollution, leur capacité de déplacement sont très limitées, mais leur cycle vital étant très court (quelques jours), elles peuvent se multiplier rapidement dès que les effets du polluant cessent.

Les macroinvertébrés représentent donc l'outil le plus pertinent pour mettre en évidence une pollution aiguë (*a fortiori* une pollution chronique). Cependant, la réponse des macroinvertébrés n'est pas spécifique, elle indique seulement une situation anormale. Bien que cela ne soit pas toujours précisé dans les différents indices biotiques, il est évident que les mesures n'ont un sens que si elles se situent dans le même niveau typologique (par exemple, cours supérieur, cours moyen ou cours inférieur) et dans les mêmes habitats ou microhabitats.

2.3.1.4 - Macroinvertébrés et parasites

Les macroinvertébrés interviennent dans le cycle de nombreux parasites comme hôtes intermédiaires. La systématique de ces parasites (qui implique une bonne connaissance du cycle vital) est trop complexe pour être intégrée au présent ouvrage. Cependant, pour donner une idée de ce type de relation, nous prendrons l'exemple de la Bucéphalose larvaire (*Bucephalus polymorphus*, Trématodes). Premier hôte : *Dreissena* (Bivalves), deuxième hôte : un petit Cyprinidae (Poissons), troisième hôte : un poisson carnassier (Kinkelin *et al.*, 1968) (fig. I.15).

2.3.2 - Relations directes

Outre leurs rapports indirects avec l'Homme, les macroinvertébrés peuvent avoir des rapports beaucoup plus directs avec celui-ci. Ces rapports sont de deux types : des rapports négatifs (pour l'Homme) que l'on peut ranger sous le terme général de « nuisances » et des rapports beaucoup plus positifs (toujours pour l'Homme) notamment avec les pêcheurs.

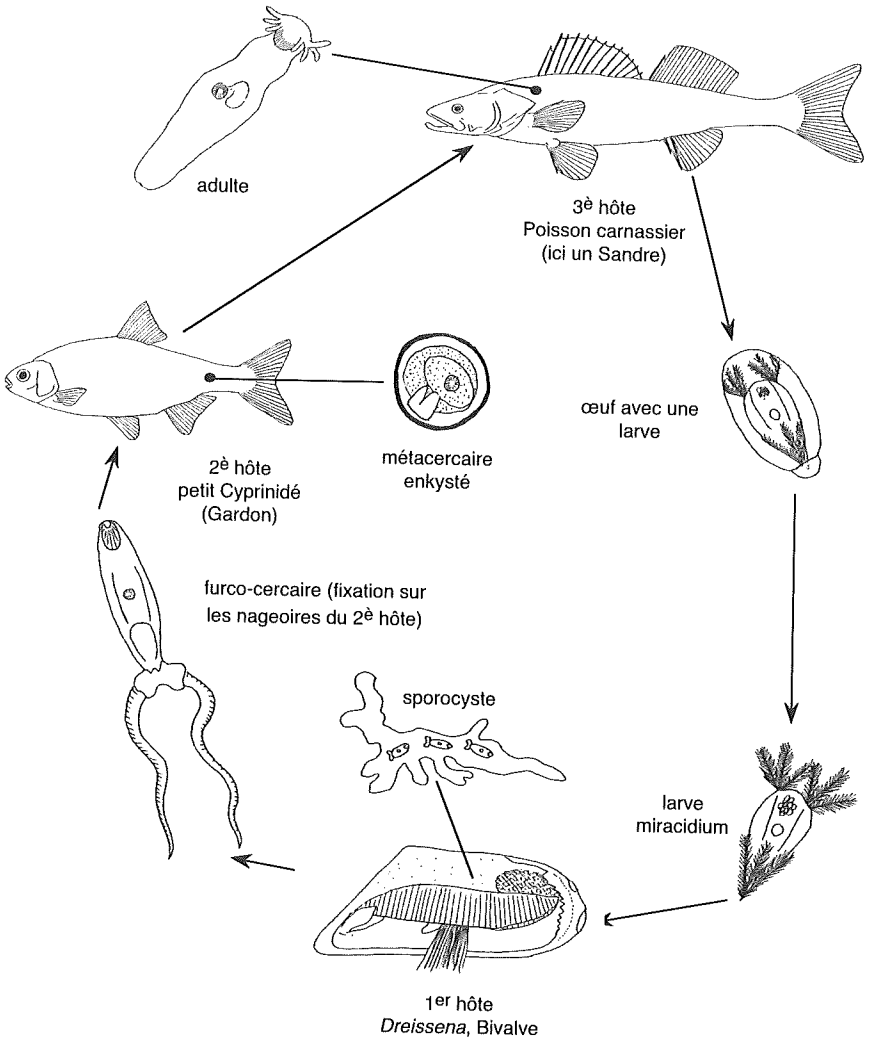


Figure I.15 - Cycle vital de *Bucephalus polymorphus*, Trématode responsable de la bucéphalose larvaire (adapté de Kinkelin *et al.*, 1968).

2.3.2.1 - Nuisances

Les nuisances sont d'abord liées à la présence des adultes des espèces hématophages : Moustiques surtout et dans une moindre mesure Simulies et Tabanides à larves aquatiques. Les attaques des femelles adultes sont en général, en France du moins, plus gênantes que dangereuses dans la mesure où, actuellement, aucun des parasites du type *Plasmodium* (malaria) ou *Onchocerca* (cécité des rivières) n'est transmis.

Dans certains cas exceptionnels, les macroinvertébrés peuvent constituer une gêne pour l'Homme. C'est le cas notamment lorsque les sorties d'adultes de certaines espèces sont simultanées (sorties massives ou « en masse »). Il est alors possible d'avoir des accumulations d'adultes sur plusieurs centimètres d'épaisseur sur les routes situées près des rives. Cela fut le cas, il y a environ quatre décennies en Amérique du Nord sur les bords du Mississippi avec des sorties massives d'*Hexagenia* (un Ephemeridae proche de *Ephemera*) (Fremling, 1960). Ce fut le cas plus récemment sur les bords du Rhin depuis que les populations d'*Hydropsyche contubernalis* (Trichoptères), par suite d'une régression de la pollution et en l'absence de prédateurs ont pu se multiplier de façon considérable (Becker, 1987). En France, il existe aussi des sorties massives d'Éphémères, notamment d'*Ephoron*, mais dans des sites peu fréquentés par l'Homme.

Certaines espèces de Bryozoaires se multiplient rapidement sur différents types de support. Elles peuvent entraîner une nuisance en colmatant rapidement les grilles d'arrivée d'eau notamment des centrales nucléaires (Aprosi, 1988). Il en est de même pour les Dreissènes qui, pendant longtemps, ont entraîné des problèmes analogues.

2.3.2.2 - Macroinvertébrés et pêcheurs

Les adultes d'insectes aquatiques lorsqu'ils émergent vont pondre ou cherchent à s'accoupler. Ils exécutent des vols caractéristiques au-dessus de l'eau souvent très près de la surface de l'eau, ce qui les rend très vulnérables aux attaques des poissons (« gobage »). Cette particularité n'a pas échappé aux pêcheurs qui cherchent à leurrer les poissons en utilisant des imitations des adultes de ces insectes plus particulièrement ceux des Plécoptères, Éphéméroptères et Trichoptères qui constituent la base même d'une technique de pêche (pêche à la mouche) utilisée d'abord par les Anglais et largement utilisée ensuite dans le monde (cf. notamment Del Pozo Obeso, 1991).

Les sorties massives d'adultes ont été utilisées il y a environ une cinquantaine d'années pour servir de nourritures notamment pour les Oiseaux (Fontaine, 1959). L'exploitation de ces sorties massives (« chutes de manne ») sur les bords de la Saône faisait tourner, avant la Seconde Guerre mondiale, une petite industrie.

Par ailleurs, les pêcheurs utilisent comme appâts les larves d'insectes aquatiques soit directement (« vers d'eau », etc.,) soit également sous forme d'imitations.

2.4 - ÉCHANTILLONNAGE DES MACROINVERTÉBRÉS

Le choix des points de prélèvement dépend des objectifs poursuivis. On sélectionne en général un tronçon de cours d'eau dont la longueur représente approximativement dix fois la largeur. Le tronçon ainsi défini constitue une *station de prélèvement*.

Toujours en fonction des objectifs poursuivis, on effectuera des prélèvements qualitatifs ou quantitatifs. S'il s'agit de faire un simple inventaire, un échantillonnage qualitatif suffit ; s'il faut estimer des nombres d'organismes ou des biomasses, il est indispensable de faire un échantillonnage quantitatif.

De très nombreux articles concernent l'échantillonnage ; de ce fait, nous nous contenterons de faire une présentation de quelques techniques qui peuvent être utilisées dans le domaine des eaux courantes. Seules sont présentées ici les techniques permettant de récolter des animaux *in situ* (les systèmes de récoltes des adultes d'insectes ne sont pas figurés, pas plus que les méthodes de substrats artificiels).

2.4.1 - Prélèvements quantitatifs

Lorsque des prélèvements quantitatifs doivent être réalisés, les principaux problèmes à surmonter tiennent au type de microhabitat, à la profondeur et, en milieu lotique, au courant. En raison de l'hétérogénéité des fonds d'un cours d'eau ou d'un étang, il n'y a pas de méthode universelle pour réaliser des prélèvements. La méthode la plus simple consiste à utiliser une épuisette avec un manche (fig. I.16). L'ouverture de l'épuisette doit être approximativement de 20 x 25 cm. Elle doit être pourvue d'un filet de 50 cm de profondeur avec des mailles au minimum de 500 μm, ou 250 μm si les Oligochètes sont pris en compte.

2.4.1.1 - Eaux courantes

Dalles — À l'aide d'un racloir (ou du bord inférieur de l'épuisette formant racloir), on racle une surface prédéterminée. Sédiments et organismes sont entraînés (s'il y a du courant) ou poussés (en l'absence de courant) dans une épuisette (cf. ci-dessus).

Blocs, pierres et cailloux — On dispose le cadre inférieur le plus possible contre le fond. On délimite approximativement une surface en avant de l'épuisette. Les blocs ou/et les cailloux occupant l'espace ainsi délimité sont poussés dans l'épuisette, le fond sur lequel ils reposaient est gratté avec un grattoir ou avec les doigts. Blocs et cailloux entraînés dans le filet sont ensuite soigneusement brossés et mesurés (largeur et longueur

Graviers et sables — On peut utiliser une épuisette, celle-ci est enfoncée dans les sédiments sur 2 ou 3 cm et poussée vers l'avant sur une distance prédéterminée. On prélève ainsi une couche de sédiments de 2 à 3 cm d'épaisseur et d'une surface correspondant à la largeur de l'épuisette et à la distance parcourue. Les résultats sont exprimés en nombre (ou biomasse) d'invertébrés par unité de surface.

Sablons, limons et vases — On peut utiliser la même technique que pour les graviers et les sables mais, compte tenu de l'homogénéité de ce type de sédiment, il est nécessaire au laboratoire de tamiser ces sédiments sur un tamis de 2 mm, de trier intégralement les éléments retenus sur le tamis de 2 mm et de pratiquer un sous-échantillonnage sur les fractions inférieures à 2 mm. Comme dans les cas précédents les résultats peuvent être exprimés, en tenant compte des sous-échantillonnages effectués, en nombre (ou biomasse) d'invertébrés par unité de surface.

Débris organiques — Dans les zones calmes s'accumulent des débris divers (feuilles, fragments de bois ou d'écorces, petites (ou grosses) branches, etc.) Il s'agit en général de zones où le courant est nul ou très faible. Les débris peuvent être poussés dans le filet ; il est parfois nécessaire d'utiliser un sécateur pour réduire la taille des petites branches ou des fragments de bois. Les résultats peuvent être exprimés en nombre (ou biomasse) d'invertébrés par unité de surface, sachant cependant que ces débris occupent un certain volume.

Macrophytes — En zone courante, il s'agit de mousses (par exemple, *Fontinalis*) ou de Dicotylédones. Pour les mousses ou des Dicotylédones à faible développement, il suffit de placer l'épuisette devant la touffe et de couper avec une paire de ciseaux une partie de la touffe sur une longueur d'environ 10 cm. Les résultats peuvent être exprimés en nombre (ou biomasse) d'organismes par volume de mousses ou de Dicotylédones. Pour de grandes Dicotylédones (par

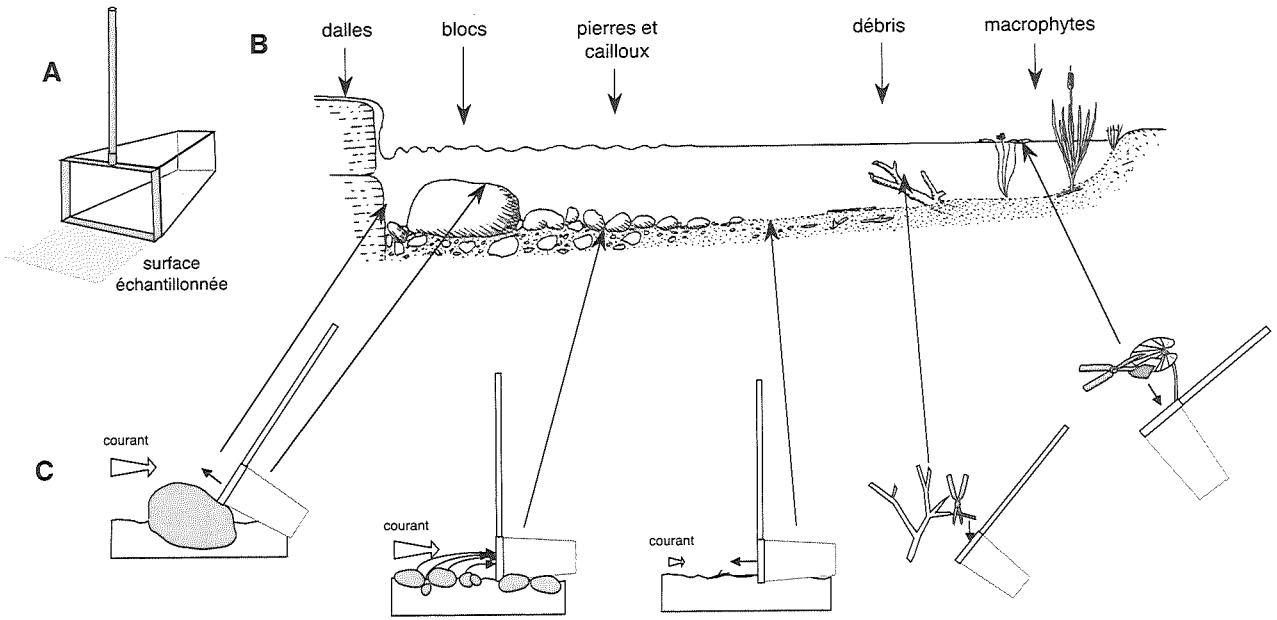


Figure I.16 - A : un modèle d'épuisette ; B : différents types de microhabitats d'un cours d'eau ; C : différentes manières de prélever en fonction du type de microhabitat (cf. également texte).

exemple *Ranunculus fluitans*), la situation est plus complexe puisqu'il peut y avoir des différences entre la partie qui se trouve à (ou près de) la surface et la partie fixée au fond. Il est alors nécessaire de pratiquer un échantillonnage à différents niveaux en coupant de petits fragments ne dépassant pas une dizaine de centimètres. Les résultats peuvent être exprimés en nombre (ou biomasse) d'invertébrés par volume de chaque fraction de macrophytes. Pour des macrophytes comme les Nénuphars, il est nécessaire de distinguer ce qui est tige de ce qui est feuille flottante. Il est toujours possible de couper des tronçons de tiges ou de découper une partie des feuilles.

Systèmes racinaires — Chez certaines plantes des berges (par exemple, les aulnes), une partie du système racinaire est libre dans l'eau. Les prélèvements peuvent être réalisés comme pour les macrophytes de type mousse. D'autres Dicotylédones aquatiques sont enracinées dans le substrat. Il est alors nécessaire de couper la tige située au-dessus des racines et d'arracher la plante réduite à ses racines qui seront déposées dans l'épuisette. Les résultats peuvent être exprimés en nombre (ou biomasse) d'invertébrés par pied de plante.

2.4.1.2 - Eaux stagnantes

La plupart des microhabitats mentionnés ci-dessus se retrouvent en milieu stagnant et peuvent donc être échantillonnés de la même manière ; il est cependant parfois nécessaire d'échantillonner la colonne d'eau avec un filet à plancton.

2.4.2 - Prélèvements qualitatifs

Les techniques utilisées pour un prélèvement quantitatif peuvent également être utilisées pour un prélèvement qualitatif, mais sans les contraintes liées à l'expression des résultats.

2.4.3 - Fixation des échantillons

L'idéal est de pouvoir trier les prélèvements immédiatement après les avoir réalisés. Les organismes sont encore vivants et faciles à repérer parce qu'ils sont, dans la majorité des cas, mobiles, et un organisme de seulement 1 à 2 mm est alors parfaitement repérable. Si cela s'avère impossible il est alors indispensable de fixer le prélèvement sur le terrain en utilisant un liquide fixateur tel que le formol à 10 %. Au laboratoire, il est indispensable d'éliminer le formol en excès (le formol est considéré comme ayant des effets cancérigènes) en le récupérant, puis en lavant le prélèvement déposé sur un tamis dont la maille est identique à celle de l'épuisette utilisée pour réaliser le prélèvement. On peut ensuite procéder au tri en utilisant le faible grossissement d'une loupe binoculaire. Les organismes triés seront déposés dans des piluliers contenant de l'alcool (au minimum à 70 %) avant de procéder à une détermination plus approfondie.

Pour les planaires et les sangsues, lorsque cela est possible, il est préférable de conserver les animaux vivants jusqu'à leur identification.

2.5 - IDENTIFICATION

L'utilisation de cet ouvrage implique des connaissances minimales en zoologie et biologie; pour ceux qui ne disposeraient pas de ce bagage minimal nous suggérons la consultation préalable de l'un des ouvrages suivants : Ridet *et al.* (1992), Beaumont et Cassier (1996), Grassé et Doumenc (1995).

La partie détermination de cet ouvrage se compose pour chaque grand groupe systématique (embranchement, classe ou ordre) de trois parties : 1) une courte introduction rappelant les caractéristiques morphologiques et anatomiques (particulièrement celles qui sont utiles pour

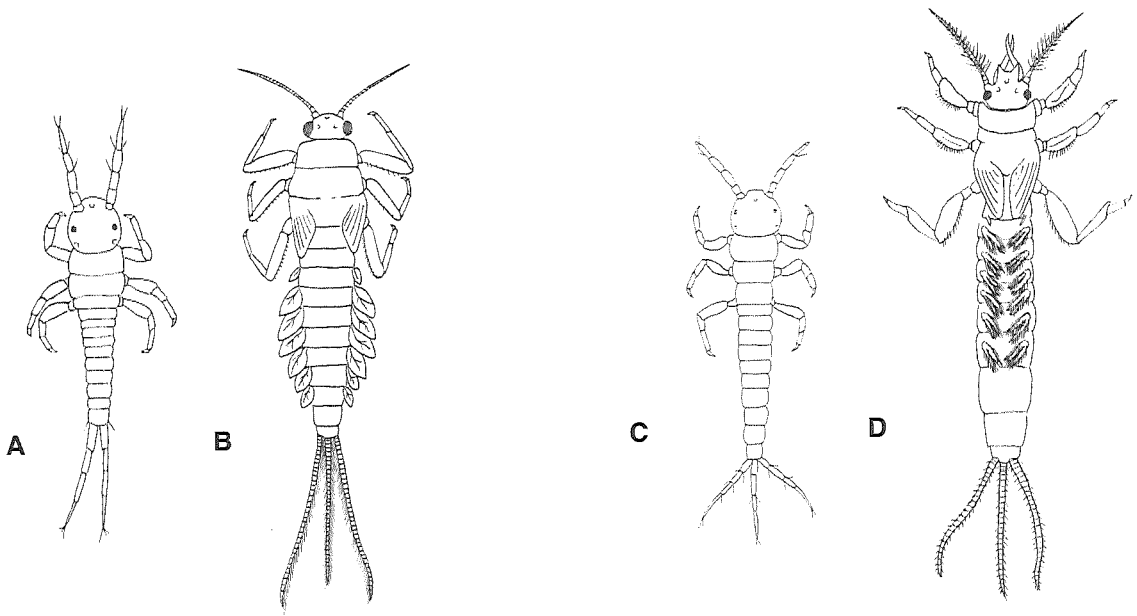


Figure I. 17 - Différenciations morphologiques au cours du développement larvaire, exemple de deux genres d'Éphéméroptères. *Baetis* : A : larve néonate ; B : larve mature. *Ephemera* : C : larve néonate ; D : larve mature. Dessins des larves néonates adaptés de Degrange, 1960.

l'identification), donnant quelques généralités sur la biologie et l'écologie du groupe (notamment reproduction et cycle vital, relations biotiques : prédation et compétition, physiologie, notamment de la respiration) ; 2) une série de brèves diagnoses décrivant les caractères qui peuvent être utilisés pour la détermination et permettant ainsi de vérifier éventuellement une détermination douteuse ; ces diagnoses sont accompagnées d'une série de planches représentant généralement l'habitus des différents genres ; 3) des clés dichotomiques, sauf si le groupe n'est représenté que par deux ou trois genres, permettant une détermination rapide à partir d'un ou deux caractères.

Pour tous les dessins de macroinvertébrés, nous avons utilisé les abréviations suivantes :

cl : coupe longitudinale ; ct : coupe transversale ; va : vue antérieure ; vd : vue dorsale ; vf : vue frontale ; vl : vue latérale ; vp : vue postérieure ; vv : vue ventrale.

Nous conseillons aux débutants pour qui cet ouvrage constitue la première approche du monde des macroinvertébrés :

— d'examiner attentivement les planches avec les habitus. Ces planches ne permettent pas de faire une détermination qui devra toujours être réalisée avec les clés dichotomiques, mais elles offrent la possibilité de vérifier si la détermination est correcte et de se réorienter si, après utilisation de la clé dichotomique, on aboutit manifestement à une impasse ;

— de commencer par déterminer les plus gros individus de leur récolte, car, comme ils le verront par la suite, les caractères présentés ne sont bien visibles que chez des larves de derniers stades (insectes) ou des individus matures (autres invertébrés). Lorsqu'on considère des stades juvéniles (larves néonates, larvules), de nombreux caractères ne sont pas encore apparus (fig. I.17).

À la fin de cette introduction et à propos de chaque groupe, nous donnerons une liste d'ouvrages permettant une détermination plus poussée des formes (en l'occurrence chez les insectes, surtout des larves) effectivement rencontrées. Nous rappelons toutefois que pour les insectes, dans de nombreux cas, une détermination spécifique n'est possible qu'à partir des adultes obtenus après mise en élevage des larves.

2.6 - TRAITS BIOLOGIQUES, PHYSIOLOGIQUES ET ÉCOLOGIQUES

L'identification de l'animal constitue un préalable fondamental, mais la connaissance du nom de l'animal n'a d'intérêt que si nous lui donnons une signification écologique. Outre les caractéristiques biologiques données en introduction pour chaque groupe (cf. *supra*), nous donnerons, après les clés dichotomiques et les diagnoses, un tableau où sont rassemblées les données que nous avons pu recueillir dans la littérature ou d'après nos propres observations sur la biologie, la physiologie et l'écologie des genres étudiés. Chacun de ces traits fondamentaux (biologie, physiologie et écologie) est subdivisé en un ou plusieurs traits secondaires, et pour chacun de ces derniers des modalités ont été définies en utilisant un système de codage flou (Chevenet *et al.*, 1994 ; Dolédec et Statzner, 1994). Dans ce système de codage, pour un trait donné, une valeur 0 indique l'absence d'affinité d'un taxon avec la modalité, une valeur 1 une faible affinité, une valeur 2 une affinité moyenne, et une valeur 3 ou >3 une forte affinité. Ces traits sont ordinaux lorsque leurs modalités correspondent à différentes classes successives le long d'un gradient (par exemple, la taille potentielle maximale) ou purement nominaux (par exemple, le mode de reproduction). De cette manière, on peut prendre en compte les phénomènes d'euryécie comme on peut le voir à partir d'un exemple concernant la distribution longitudinale du genre *Chimarra* (Trichoptères, Philopotamidae) (tableau I.T4). La lecture du tableau montre que *Chimarra* est un genre qui se rencontre de façon préférentielle dans l'hyporhithron et l'épipotamon (codé 3), mais il peut aussi se rencontrer de façon moins

fréquente dans l'épirhithron et le rhithron (codé 1), ainsi que dans le métapotamon (codé également 1) ; il est en revanche absent du crénon, des estuaires et des milieux hors hydrosystèmes fluviaux (codés 0). Ce profil écologique peut être assimilé à une distribution de fréquences de l'affinité du taxon (ici *Chimarra*) pour les différentes modalités du trait envisagé (soit, par exemple : 11 %, 11 %, 33 %, 33 %, 11 %).

Tableau I.T4 – Genre *Chimarra* (Trichoptères, Philopotamidae) : Codage pour les huit modalités de « distribution longitudinale ».

Code de la modalité	Nature de la modalité	Note d'affinité	En %
1	crénon	0	0
2	épirhithron	1	11
3	métarhithron	1	11
4	hyporhithron	3	33
5	épipotamon	3	33
6	métapotamon	1	11
7	estuaire	0	0
8	hors hydrosystème fluvial	0	0
	Total	9	100

Le fait d'envisager un codage réduit à quatre (0 à 3) (exceptionnellement six) valeurs permet d'apporter plus d'informations qu'un codage du type 1/0, tout en réduisant les biais liés au fait que, pour de nombreux taxons, nous ne disposons que de très peu d'informations sur leur relation avec tel ou tel trait. L'adoption d'une échelle [0, 3] ou [0, 5], suivant les traits, a été déterminée par : 1) la quantité d'information disponible et 2) le nombre de modalités exprimant le trait. En effet, le nombre de modalités par trait varie de 2 à 9. Pour conserver aux fortes affinités un même caractère de fréquence dominante quel que soit le nombre de modalités exprimant le trait, il a paru indispensable d'utiliser une échelle de mesure d'autant plus large que le nombre de modalités décrivant le trait est important.

Nous avons défini trois types fondamentaux de traits concernant la biologie, la physiologie et l'écologie. Cette distinction reste relativement arbitraire pour certains traits qui relèvent à la fois de la biologie et de l'écologie.

2.6.1 - Traits liés à la biologie

Trait 1 — Taille maximale

La taille considérée est celle qui est atteinte au dernier stade en milieu aquatique. Pour ce trait, sept modalités ont été définies.

Trait 2 — Cycle vital (durée)

Le cycle vital des macroinvertébrés varie de quelques semaines (par exemple, les Diptères Simuliidae) à plusieurs décennies (par exemple, les Bivalves du genre *Margaritifera*), mais, excepté pour les insectes, cette information reste souvent vague, nous n'avons donc défini que deux modalités.

Trait 3 — Nombre de générations par an

Pour les insectes, l'information apportée par ce trait est en partie redondante avec le trait 2, en revanche pour les autres macroinvertébrés l'information apportée vient compléter celle du trait 2. Trois modalités ont été définies

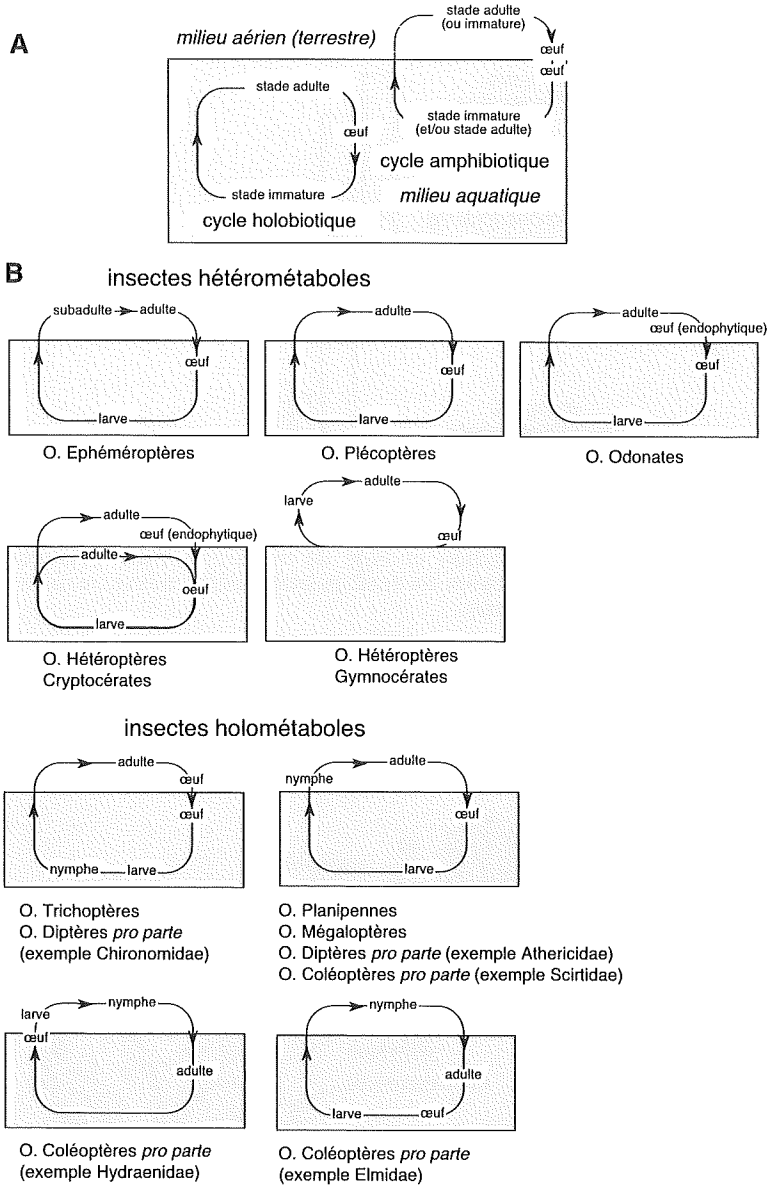


Figure I.18 - Cycles vitaux des macroinvertébrés d'eau douce. A : deux types fondamentaux : holobiotique (cycle vital dans le même milieu) et amphibiotique (cycle vital sur deux types de milieu). B : cycles vitaux chez les insectes.

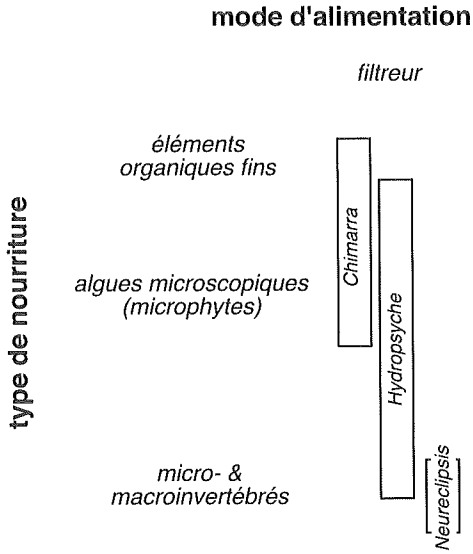


Figure 1.19 - Mode d'alimentation et type de nourriture chez trois genres de Trichoptères. Le mode d'alimentation est fondamentalement le même, mais le type de nourriture varie selon les trois genres.

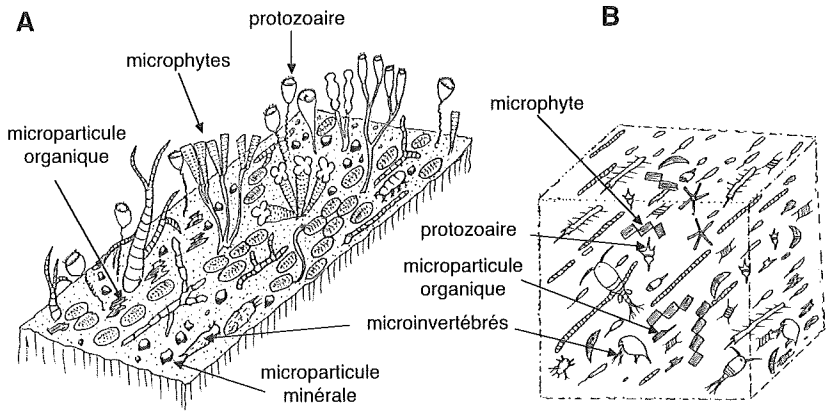


Figure I.20 - Microparticules organiques, microphytes, protozoaires et microinvertébrés constituant A : le périphyton ou périlithon ; B : le plancton ou le seston. Les bactéries ne sont pas représentées.

Trait 4 — Stade aquatique

Si certains organismes passent tout leur cycle vital en milieu aquatique (holobiotique), d'autres ne sont présents qu'à certains stades (amphibiotique) (fig. I.18). Quatre modalités ont été définies sachant que la modalité « nymphe » concerne surtout les Trichoptères et les Diptères.

Trait 5 — Reproduction (sexuée et asexuée)

Ce trait intègre les deux types de reproduction : sexuée et asexuée. La reproduction asexuée qui est fréquente chez les groupes primitifs et qui peut revêtir des aspects très différents : bourgeonnement, scissiparité, paratomie, production de gemmules, etc., n'a pas été définie de façon plus détaillée faute d'information pour de nombreux genres. En ce qui concerne la reproduction sexuée, nous avons plus particulièrement détaillé les différentes modalités de l'oviposition. En effet, au cours de l'évolution, on passe d'une oviposition avec pontes d'œufs isolés au dépôt de véritables pontes regroupant parfois plusieurs centaines d'œufs. Ces pontes peuvent être aquatiques mais, dans certains cas, en réponse à des phénomènes d'assèchement, elles peuvent être terrestres ou endophytiques. Pour prendre en compte ces différents aspects, neuf modalités ont ainsi été définies.

Trait 6 — Dispersion

La dispersion des invertébrés peut être aquatique et passive (notamment par la dérive) ; elle peut cependant être active, notamment pour des organismes occupant des milieux à courant lent ou nul. Pour la majorité des insectes, la dispersion grâce aux adultes se fait de façon active par voie aérienne compensant ainsi, dans certains cas, les phénomènes de dérive. Il arrive également que des organismes strictement aquatiques comme des Crustacés Branchiopodes soient transportés par voie aérienne par les oiseaux (donc de façon passive) d'un point d'eau à un autre. Quatre modalités ont été définies pour ce trait.

Trait 7 — Forme de résistances

Lorsque les conditions deviennent défavorables, notamment en périodes hivernales ou estivales, certains macroinvertébrés ont développé des stratégies de survie. L'œuf avec sa coque protectrice peut constituer une de ces formes de résistance ; il y a dans ce cas arrêt du développement qui reprendra lorsque les conditions redeviendront favorables. Les gemmules des Spongiaires comme les statoblastes des Bryozoaires constituent également une forme de résistance protégeant un amas de cellules indifférenciées qui vont littéralement « germer » lorsque les conditions redeviendront clémentes. Chez les insectes, les larves comme les adultes peuvent élaborer un cocon protecteur. Certains adultes, notamment de Trichoptères Limnephilidae, peuvent estiver dans les grottes en attendant l'automne pour se reproduire. Cinq modalités ont été définies pour ce trait.

Alimentation : Beaucoup d'auteurs ne font pas de distinction entre le type de nourriture ingérée et la manière de l'ingérer (mode d'alimentation). Cette confusion ne porte pas à conséquence si l'on considère un prédateur qui se nourrit par définition d'autres macroinvertébrés (ou de microinvertébrés) ; il y a en revanche une perte d'information si l'on considère, par exemple, le cas des filtreurs (fig. I.19). On peut compter en effet des filtreurs dont la nourriture est composée de débris organiques indifférenciés et d'algues microscopiques (par exemple, les Trichoptères Philopotamidae), des filtreurs comme les Trichoptères Hydropsychidae dont la nourriture est un mélange de débris organiques indifférenciés, d'algues microscopiques et de micro- ou de macroinvertébrés, et enfin un filtreur (prédateur !) comme le Trichoptère Polycentropodidae *Neureclipsis* dont la nourriture est composée presque

exclusivement de micro- ou de macroinvertébrés. Pour prendre en compte ces différences, nous distinguerons le type de nourriture ingérée (trait 8) et le mode d'alimentation (trait 9).

Trait 8 — Type de nourriture

La nourriture peut être constituée d'éléments organiques (en majorité d'origine végétale) contenant une proportion plus ou moins importante d'éléments minéraux fins et de micro-organismes (bactéries notamment). Ces éléments seront séparés en fonction de leur taille en trois modalités.

La nourriture peut être composée d'organismes vivants. On distinguera ainsi les végétaux des animaux. Pour les végétaux, on distinguera les microphytes (algues microscopiques telles que les Diatomées et les Desmidiés, le mycelium d'Hyphomycètes, etc.) des macrophytes (certaines algues, les mousses, les Bryophytes et les Dicotylédones). En ce qui concerne les animaux, on distinguera les animaux (macroinvertébrés) morts depuis peu des animaux vivants. Pour ces derniers, on distinguera les microinvertébrés (Protozoaires, micrométazoaires, Hydracariens, Copépodes, etc.) des macroinvertébrés. Pour prendre en compte certains ectoparasites (par exemple, le Crustacé *Argulus*), on définira une modalité « vertébrés » sachant que dans ce cas seul le sang est utilisé comme source de nourriture.

Trait 9 — Mode d'alimentation

Huit modalités ont été retenues pour ce trait. Les filtreurs, en dépit des différences de stratégie (cf. ci-dessus), constituant une unique modalité, des précisions sont apportées dans ce cas en considérant le trait type de nourriture.

— *Absorbeurs.* Certains Oligochètes absorberaient des macromolécules à travers leur tégument ; ce serait également le cas des larves d'Éristales (Diptères, Brachycères).

— *Mangeurs de sédiments fins.* C'est le cas de certains Oligochètes qui, comme les lombrics en milieu terrestre, absorbent des sédiments. La bouche est inerme, la seule modification est constituée par un renforcement de la musculature pharyngienne. Nous rangeons également dans cette modalité les « deposit feeders » qui se nourrissent des fines particules organiques qui se sont déposées à la surface de sédiments meubles.

— *Broyeurs.* Chez les Arthropodes (Insectes et Crustacés) non spécialisés, l'équipement buccal est proche du type primitif broyeur. Il existe des broyeurs herbivores (par exemple, les Trichoptères Limnephilidae), des broyeurs détritivores (d'autres Limnephilidae). Souvent les broyeurs détritivores sont polyphages, ingérant des microinvertébrés en même temps que des débris.

— *Racleurs et brouteurs de substrat.* Les débris organiques fins, les microphytes et les microinvertébrés peuvent former des dépôts très minces à la surface de l'eau (neuston), sur des substrats durs (périlithon) ou sur des macrophytes (périphyton). Certains auteurs emploient le terme de *Aufwuchs* pour désigner periphyton et périlithon (fig. I.20A). Les macroinvertébrés qui utilisent ce type de nourriture peuvent être des racleurs de substrat qui utilisent par exemple leur radula (exemple, les Gastéropodes Ancylidae) ou leurs pièces buccales transformées pour racler et brosser le substrat (exemple, les Éphéméroptères Heptageniidae et les Trichoptères Glossosomatidae). Lorsque l'accumulation des débris organiques fins, des microphytes et des microinvertébrés à la surface du substrat devient importante on parle plutôt d'organismes brouteurs (exemple les Gastéropodes Lymnaeidae).

— *Filtreurs.* Les débris organiques fins, les microphytes et les microinvertébrés peuvent être présents dans la colonne d'eau : on parle de plancton dans le cas des lacs et des étangs, de seston dans le cas des cours d'eau (fig. I.20B). Ces éléments organiques ou vivants peuvent être

récoltés par les filtreurs. La filtration peut se faire avec des dispositifs morphologiques ou comportementaux.

• Filtration avec modification de structures morphologiques

Il existe des filtreurs chez des organismes aussi différents que les Spongiaires, les Bryozoaires, certains Oligochètes (*Ripistes*), les Bivalves et certains Arthropodes. Chez ces derniers, on trouve une spécialisation vers le type filtreur aussi bien chez les Crustacés (Amphipodes du genre *Corophium*) que chez des Insectes : Éphéméroptères (*Oligoneuriella*, structure utilisée : soies portées par les PI), chez les Trichoptères (*Oligoplectrum*, Brachycentridae, structure utilisée : PI et PII modifiées), (*Drusus discolor*, Limnephilidae, structure utilisée : PI modifiées) et chez les Simulies (structure utilisée : prémandibules).

• Filtration avec sécrétion de structure filtrante

Chez des insectes comme les Trichoptères Philopotamidae ou Hydropsychidae, la filtration est réalisée avec une structure filtrante faite de fils de soie entrecroisés.

— *Perceur*. La nourriture est liquide (ou liquéfiée par action enzymatique). Cette nourriture peut être d'origine végétale : contenu cellulaire d'algues filamenteuses chez certains Hydroptilidae (Trichoptères) ou animale comme chez certains Diptères Brachycères (Tabanidae ou Rhagionidae).

— *Prédateur*. La nourriture est constituée par un animal (micro- ou macroinvertébré) qui est soit avalé tel quel (avaleur) comme chez certains Achètes Erpobdellidae ou découpé (découpeur) comme cela est le cas chez de nombreux insectes (exemple, le Plécoptère *Perla*). Chez de nombreux insectes prédateurs, on observe une spécialisation soit anatomique (par exemple, chez les Odonates, il y a transformation du labium (masque) en organe préhenseur), soit comportementale (« filet à plancton » des larves du Trichoptère *Neureclipsis*).

— *Parasite*. Chez *Piscicola* (Achètes), il existe une trompe qui leur permet de sucer le sang de leur hôte (poisson).

2.6.2 - Traits liés à la physiologie

Trait 10 — Respiration

En raison de la diversité des macroinvertébrés, les modes respiratoires sont très variés (cinq modalités). Cette respiration peut se faire :

— directement à travers les téguments pour des organismes primitifs comme les Spongiaires, les Cnidaires ou les Turbellariés ou pour des organismes de petite taille, notamment chez les insectes ;

— grâce à des branchies « sanguines ». Les échanges gazeux se font au niveau de structures à parois minces : les branchies renfermant de l'hémolymphe. Contrairement aux Vertébrés, il n'y a pas d'éléments cellulaires correspondant aux hématies. Ce type de branchies s'observe chez les Mollusques, chez les Crustacés et certains Oligochètes (par exemple, *Branchiura sowerbyi*). Ce type de branchie est exceptionnel chez les insectes, les larves de *Chironomus* (Diptères) constituant une exception ;

— grâce à des branchies trachéennes. Ce type de branchies n'existe que chez les insectes, notamment les Éphéméroptères, les Zygoptères (Odonates) et chez certains Trichoptères, Coléoptères et Diptères. Les branchies trachéennes sont des structures à parois minces où se ramifient des trachéoles ;

— grâce à des stigmates. Chez des insectes dépourvus de branchie et dont la taille est trop importante pour que les échanges puissent se faire directement à travers les téguments, il existe des stigmates respiratoires soit en communication avec une chambre sous-élytrale où l'air s'accumule (exemple des Coléoptères Dytiscidae), soit grâce à des stigmates s'ouvrant ou non à

la surface de l'eau (exemple, les Nèpes, Hétéroptères ; les larves de Diptères Limoniidae).

— Grâce à un plastron respiratoire (par exemple chez les Coléoptères Elmidae et l'Hétéroptère *Aphelocheirus*). Le plastron respiratoire est une structure constituée d'expansions de la cuticule formant un véritable feutrage où se trouve stocké de l'air gazeux.

Trait 11 —Température

On peut distinguer deux types d'organismes en fonction de leur relation avec la température : des organismes eurythermes, capables de supporter des variations importantes de température, et des organismes sténothermes qui ne peuvent supporter que des variations de température de faible amplitude. Les organismes sténothermes peuvent être soit psychrophiles : la température de l'eau ne dépasse pas en général 15 °C en été comme en hiver (c'est le cas de nombreux organismes présents dans les sources), soit thermophiles : c'est le cas d'organismes qui demandent des températures supérieures à 15 °C (en général de l'ordre de 20 à 30 °C) pour assurer leur cycle vital (exemple, *Dugesia tigrina*, Turbellariés Triclades).

Trait 12 — pH

Selon le substratum (calcaire ou cristallin) et aussi sous l'action de l'Homme (« pluies acides »), les eaux sont plus ou moins acides. Comme pour la température certains organismes sont euryèces ou sténoèces.

Trait 13 — Degré de trophie

En fonction de nombreux paramètres liés à la chimie de l'eau (et notamment la teneur en azote et phosphore), on peut distinguer des eaux eutrophes où ces deux composants sont abondants, des eaux oligotrophes où ces deux composants sont rares, et enfin des eaux mésotrophes où les teneurs de ces deux composants ont des valeurs intermédiaires.

Trait 14 — Valeur saprobiale

Depuis notamment les travaux de Zelinka et Marvan, 1961, et Sladecek, 1973, on peut classer les différentes espèces de macroinvertébrés en fonction de leur polluorésistance à une pollution organique, cette polluorésistance étant déterminée à partir d'observations de terrain et/ou d'expériences de laboratoire. Chaque espèce (genre) se voit affecter un coefficient (cf., par exemple, Moog, 1995). Nous utiliserons le terme de valeur saprobiale.

On distingue ainsi de façon simplifiée des espèces :

— Xénosaprobes (X) : espèce pas du tout polluorésistante (par exemple : *Ptilocolepus granulatus*, Trichoptères : Hydroptilidae).

— Oligosaprobes (O) : espèce faiblement polluorésistante (par exemple : *Gammarus fossarum*, Amphipodes : Gammaridae).

— β–mésosaprobes (β) : espèce relativement polluorésistante (par exemple : *Psychomyia pusilla*, Trichoptères : Psychomyiidae).

— α–mésosaprobes (α) : espèce polluorésistante (par exemple : *Erpobdella octoculata*, Achètes : Erpobdellidae)

— Polysaprobes (P) : espèce très polluorésistante (par exemple : *Psychoda* spp., Diptères : Psychodidae).

Trait 15 — Salinité

Les organismes que nous étudions sont, par définition, d'eau douce, cependant certains d'entre eux peuvent tolérer une certaine salinité (eaux saumâtres).

2.6.3 - Traits liés à l'écologie

Dans cet ensemble de sept traits, nous considérons la distribution spatiale des taxons à différentes échelles de perception : distribution régionale (régions de la Limnofauna Europaea), distribution en fonction de l'altitude, distribution longitudinale et transversale, distribution au niveau des microhabitats, mode de locomotion et relation avec le courant.

Trait 16 — Régions (Limnofauna Europaea)

Nous considérerons la distribution de chaque taxon dans les différentes régions biogéographiques de la Limnofauna Europaea (cf. § 1.1). La Corse (région 3) n'a pas été intégrée dans ce tableau. Les genres endémiques de l'île sont signalés uniquement dans les diagnoses.

Trait 17 — Altitude

La distribution des taxons peut être influencée par l'altitude. Par exemple, les Trichoptères Apataniinae sont typiquement des organismes montagnards, tandis que les Trichoptères du genre *Brachycentrus* sont des organismes de milieux collinéens ou de plaine.

Trait 18 — Distribution longitudinale

La succession longitudinale des peuplements de macroinvertébrés le long du continuum fluvial est un fait bien établi, même si les facteurs qui régissent cette distribution font toujours l'objet de discussions entre spécialistes. Nous avons retenu dans ce découpage longitudinal celui qui a été proposé à l'origine par Illies et Botosaneanu (1963). Outre les zones définies par ces auteurs et correspondant chacune à une modalité, nous avons ajouté deux modalités : estuaires et milieux hors hydrosystème fluvial, c'est-à-dire, dans ce dernier cas, tous les plans d'eau (marais, mares, étangs ou lacs) dont l'origine ne résulte pas d'une action des eaux courantes.

Trait 19 — Distribution transversale (par rapport au chenal)

Les travaux réalisés durant ces dernières décennies sur les grands fleuves (voir notamment Amoros et Petts, 1993) ont permis de prendre conscience non seulement de l'existence au sein d'un fleuve ou d'une rivière d'une structuration transversale (chenal/rives) (cf. également paragraphe 1.3.1.2), mais aussi de l'existence d'espaces périfluviaux engendrés par le cours d'eau au cours de son histoire. Ces espaces périfluviaux sont caractérisés par un atterrissement de plus en plus important pouvant aller jusqu'au stade marais ou tourbière. On passe ainsi d'habitats nettement lotiques (chenal) à des habitats nettement lentiques. Nous avons ajouté trois modalités à ce trait 19 qui ne sont pas explicitement liées à l'aspect transversal. Il s'agit des eaux temporaires, des lacs et des habitats souterrains.

Trait 20 — Microhabitats (préférendum)

Les différents types de microhabitat décrits dans le paragraphe 1.3.2 sont répartis en neuf modalités.

Trait 21 — Mode de locomotion et relation avec le substrat

Les organismes peuvent être libres ou fixés (même temporairement). Lorsqu'un animal est libre pendant la majeure partie de son existence et fixé pendant une courte période, nous considérons qu'il est libre, c'est-à-dire que nous prenons en compte le temps pour définir le type de relation avec le substrat.

• Organismes libres

— *Vol* : il s'agit d'organismes menant normalement une existence aquatique mais capables de voler par leurs propres moyens (exemple, les Hétéroptères Corixidae). Les organismes transportés par les oiseaux (exemple, certaines sangsues ectoparasites de vertébrés) sont inclus dans cette modalité.

— *organisme nageur en surface* : il s'agit d'organismes se déplaçant sur l'eau (par exemple, les Hétéroptères Gerridae), d'organismes nageant sous la surface (exemple, les Diptères Anophelinae) ou d'organismes madicoles (exemple, les Diptères Dixidae) ;

— *organismes nageurs en pleine eau* - il s'agit d'organismes planctoniques (capacité de nage réduite, exemple un Diptère du genre *Chaoborus*) ou nectoniques (capacité de nage plus importante : exemple, les Éphéméroptères Baetidae) ;

— *organismes rampants*. l'animal qui se déplace adhère étroitement au substrat (exemple, Gastéropodes Ancylidae, Diptères Blephariceridae) ;

— *organismes fouisseurs* (épibenthiques) : certains organismes passent l'essentiel de leur existence dans les sédiments à quelques centimètres de profondeur (exemple, les Diptères Tabanidae).

— *organismes endobenthiques* (interstitiels). les organismes interstitiels ne font pas partie du cadre de cet ouvrage, cependant certains organismes épibenthiques peuvent s'enfoncer assez profondément dans les sédiments comme par exemple les larves du Plécoptère *Leuctra major*.

• Organismes fixés

La fixation peut être *temporaire* (exemple, les Simulies et les Hydres), mais ces organismes peuvent quitter leur support si besoin est. La fixation peut être *permanente* ; elle concerne alors la totalité du cycle vital comme chez les Spongiaires et certains Bryozoaires.

Trait 22 — Courant (préférendum)

En fonction de la vitesse du courant nous avons défini quatre modalités.

2.6.4 - Considérations pratiques

Pour chaque taxon, nous avons défini par codage flou sa relation avec ces 22 traits. Partant des Spongiaires pour arriver aux Insectes, il est nécessaire d'envisager tous les traits et modalités possibles, c'est-à-dire un maximum de 22 traits et 119 modalités (tableau I.T5a et b) mais, pour chacun des grands groupes (classes ou ordres), nous n'avons conservé dans chaque tableau que les traits et modalités pertinents, c'est-à-dire ceux qui correspondent effectivement à un trait biologique, physiologique ou écologique du groupe concerné. C'est ainsi par exemple que pour les insectes, la modalité « reproduction asexuée » n'existe pas, de la même manière la modalité « nymphes » (aquatiques) concerne essentiellement les Trichoptères et certains Diptères.

L'intérêt de ce type de tableau, c'est de donner des valeurs chiffrées plus facilement lisibles que des commentaires écrits du type : « genre de grand cours d'eau ou genre limnophile avec des tendances rhéophiles ». L'existence de valeurs chiffrées permet par ailleurs d'envisager différents types de calculs depuis de simples tests statistiques jusqu'à des analyses plus sophistiquées telles que les analyses multivariées (cf. chapitre 20).

Les parties en grisé sur les tableaux indiquent qu'aucune information n'est actuellement disponible.

Tableau I.T5a - Traits 1 à 11 pour tous les macroinvertébrés

N°	Traits	Code de la modalité	Nature de la modalité
1	Taille maximale (mm)	1	<2,5
		2	2,5-5
		3	5-10
		4	10-20
		5	20-40
		6	40-80
		7	>80
2	Cycle vital (durée)	1	≤1 an
		2	> 1 an
3	Nombre générations/an	1	<1
		2	1
		3	>1
4	Stade aquatique	1	œuf
		2	larve
		3	nymphe
		4	adulte
5	Reproduction (sexuée et asexuée)	1	ovoviviparité+soins aux jeunes
		2	œufs isolés, libres
		3	œufs isolés, fixés
		4	pontes (cimentées ou fixées)
		5	pontes, libres
		6	pontes endophytiques
		7	pontes terrestres
		8	reproduction asexuée
		9	parthenogenèse
6	Dispersion	1	aquatique passive
		2	aquatique active
		3	aérienne passive
		4	aérienne active
7	Forme de résistance	1	œufs, gemmules, statoblastes, coques
		2	cocons
		3	logette contre dessiccation
		4	diapause ou quiescence
		5	aucune
8	Type de nourriture	1	sédiments fins + microrganismes
		2	débris <1 mm
		3	débris végétaux > 1 mm
		4	microphytes vivants
		5	macrophytes vivants
		6	animaux morts > 1 mm
		7	microinvertébrés vivants
		8	macroinvertébrés vivants
		9	vertébrés
9	Mode d'alimentation	1	absorption à travers les téguments
		2	mangeur de sédiments fins
		3	broyeur
		4	racleur, brouteur
		5	filtreur
		6	perceur (algivore ou prédateur suceur)
		7	prédateur (découpeur ou avaleur)
		8	parasite
10	Respiration	1	tégument
		2	branchies
		3	plastron
		4	stigmates (respiration aerienne)
		5	vésicules hydrostatiques
11	Température	1	sténotherme : psychrophile (<15 °C)
		2	sténotherme : thermophile (>15 °C)
		3	eurytherme

Tableau I.T5b - Traits 12 à 22 pour tous les macroinvertébrés

N°	Traits	Code de la modalité	Nature de la modalité
12	pH	1	<4
		2	4-4,5
		3	4,5-5
		4	5-5,5
		5	5,5-6
		6	>6
13	Degré de trophie	1	oligotrophe
		2	mésotrophe
		3	eutrophe
14	Valeur saprobiale	1	xénosaprobe
		2	oligosaprobe
		3	béta mésosaprobe
		4	alpha mésosaprobe
		5	polysaprobe
15	Salinité	1	eau douce
		2	eau saumâtre
16	Zones biogéographiques (Limnofauna europaea)	1	2 : Pyrénées
		2	4 : Alpes et Jura
		3	8 : Massif central et Vosges
		4	13a : basses terres (océanique)
		5	13b : basses terres (méditerranéen)
17	Altitude	1	plaine + collinéen (< 1000 m)
		2	montagnard (1000-2000 m)
		3	alpin (> 2000m)
18	Distribution longitudinale	1	crénon
		2	épirhithron
		3	métarhithron
		4	hyporhithron
		5	épipotamon
		6	métapotamon
		7	estuaire
		8	hors hydrosystème fluvial
19	Distribution transversale par rapport au chenal	1	chenal de rivière
		2	rives, chenaux secondaires
		3	étangs, mares, méandres abandonnés
		4	marais, tourbières
		5	eaux temporaires
		6	lacs
		7	habitat souterrain
20	Microhabitats (préférendum)	1	dalles, blocs, pierres, galets
		2	graviers
		3	sable
		4	limon
		5	macrophytes, algues filamenteuses
		6	microphytes
		7	branches, racines
		8	litière
		9	vase
21	Mode de locomotion et relation au substrat	1	vol
		2	nageur en surface
		3	nageur en pleine eau (plancton, necton)
		4	rampant
		5	fouisseur (épibenthique)
		6	endobenthique (interstitiel)
		7	fixation temporaire
		8	fixation permanente
22	Courant (préférendum)	1	nul
		2	lent (< 25 cm/s)
		3	moyen (25-50 cm/s)
		4	rapide (> 50 cm/s)

RÉFÉRENCES (SYSTÉMATIQUE)

Nous présentons ci-après des références concernant la systématique de l'ensemble des macroinvertébrés d'eau douce tels qu'on les observe dans les prélèvements, c'est-à-dire pour les Insectes en particulier (sauf certains Coléoptères et les Hétéroptères) uniquement les formes immatures.

BIOGÉOGRAPHIE

La systématique de certains groupes ayant considérablement évolué et les recherches effectuées au cours des 3 dernières décennies sur la biogéographie de certains groupes ayant souvent élargi la distribution de certaines espèces, le remarquable ouvrage de Illies (Illies J. 1978, *Limnofauna Europaea*) est devenue obsolète. Il est partiellement remplacé par deux sites web. Pour la France, le site de l'OPIE Benthos : invfmr.org consacré plus particulièrement aux Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères et pour l'Europe, le site : freshwaterecology.info pour plusieurs groupes d'invertébrés dont les Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères.

OUVRAGES GÉNÉRAUX DE DÉTERMINATION

Engelhardt W. 1998.- *Guide Vigot de la vie dans les étangs, les ruisseaux et les mares.* Vigot, Paris, 313 p.

Cet ouvrage est consacré aux protistes, algues, plantes, invertébrés et vertébrés des eaux douces d'Allemagne. De nombreuses photographies et planches en couleur.

Gonzales M.A. et Cobo F. 2006. *Macroinvertebrados de las aquas dulces de Galicia.* Hercules de Ediciones, Coruna, 176 p.

Merritt R. W., Cummins K. W. et Berg M.B. (éds.) 2007. *An Introduction to the Aquatic Insects of North America,* 4^{è} édition, Kendall/ Hunt, Dubuque, Iowa, 862 p..

Cet ouvrage est consacré aux insectes aquatiques (larves, nymphes et adultes) d'Amérique du Nord. Dans l'introduction, sont données des informations sur la biologie des insectes, la phylogenèse des principaux ordres, les techniques de prélèvements et d'élevage. Comme tous les autres ouvrages nord-américains, celui-ci peut, avec quelques précautions, être utilisé pour la détermination de certains groupes européens.

Nilsson A. (éd.) 1996. *Aquatic Insects of North Europe. A taxonomic handbook.* Appolo Books, Stenstrup, vol. 1 : 274 p, vol. 2 : 440 p.

Cet ouvrage est consacré aux insectes aquatiques (larves, éventuellement nymphes, et adultes) du nord de l'Europe. Chaque groupe est traité par un spécialiste. Dans la majorité des cas les clés permettent d'atteindre le niveau spécifique.

Puig M.A. 1999. Els macroinvertebrats dels rius catalans. Generalitat de Catalunya, Departament de Medi Ambient, Barcelona, 251 p.

Rozkosny R. (éd.) 1980. *Klic vodnich larev hmyzu.* Ed. Ceskoslovenska Akademie vd., Prague, 521 p.

Le seul ouvrage européen permettant la détermination le plus souvent au niveau spécifique des larves et nymphes d'Insectes aquatiques. Cet ouvrage est entièrement en tchèque et ne concerne que les espèces d'Europe Centrale.

Sansoni G. 1988. *Atlante per il riconoscimento dei macroinvertebrati dei corsi d'acqua italiani.* Servizio Protezione Ambiente, provincia autonoma di Tranto, Trento, 190 p.

Un ouvrage comprenant des diagnoses et des clés des genres (ou familles) de macroinvertébrés aquatiques d'Italie. Chaque diagnose est illustrée de macrophotographies ou de microphotographies en couleurs.

Schmedtje U. et Kohmann F. 1992.*Bestimmungsschlüssel für die Saprobier-DIN-Arten (Makroorganismen).* Heft 2/88. Ed. Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, Munich, 274 p.

Une série de clés dichotomiques en images concernant tous les macroinvertébrés d'eau douce (et quelques poissons) d'Allemagne mais, compte tenu des objectifs de l'ouvrage (calculer un indice), seules les espèces utilisées pour le calcul de cet indice (Saprobier-DIN-Taxa) peuvent être identifiées avec ces clés.

Smith D.G. 2001. *Pennak's freshwater invertebrates of the United States : Porifera to Cristacea.* 4° Edition. J. wiley & Sons, New York : 664 p.

Cet ouvrage, consacré exclusivement à la faune dulçaquicoles d'Amérique du Nord, peut, avec quelques précautions, être utilisé pour la détermination de certains groupes européens.

Thorp J. H. et Covich A. P. (éds). 2009. *Ecology and classification of North American freshwater invertebrates.* 3° édition. Academic Press, New York : 1028 p..

Cet ouvrage est consacré aux microinvertébrés et macroinvertébrés d'Amérique du Nord. Compte tenu de l'existence de l'ouvrage de Merritt et Cummins (1988), seules 70 pages sont consacrées aux Insectes. Comme tous les ouvrages nord-américains, ce livre peut, avec quelques précautions, être utilisé pour la détermination de certains groupes européens.

TERMINOLOGIE

La plupart des termes techniques sont définis la première fois qu'ils apparaissent dans le texte. On pourra cependant consulter l'ouvrage suivant :

Ramade F. 1998. *Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau.* Ediscience international, 786 p.

COLLECTIONS D'OUVRAGES DE DÉTERMINATION

Il existe plusieurs collections d'ouvrages de détermination en Europe. Nous indiquons ci-après les principales collections européennes. Pour chacune des collections nous mentionnons les abréviations utilisées dans le présent ouvrage.

Allemagne

Die Süsswasserfauna Deutschlands, Ed. G. Fischer, Jena. S.D.

Cette collection un peu ancienne est partiellement remplacée par :

Die Tierwelt Deutschlands, Ed. G. Fischer, Jena. T.D.

Die Süsswasserfauna Mitteleuropas. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg S.M.E.

Espagne

Claves de identificacion de la flora y la fauna de las aguas continentales de la Peninsula iberica, Ed. Asociacion espanola de limnologia, Madrid. A.E.L.

France

Faune de France, Ed. Lechevalier, Paris. F.F.

Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises, Ed. Association française de limnologie. A.F.L.

Grande-Bretagne

Scientific publication, Ed. Freshwater Biological Association, Ambleside F.B.A.

Les différents volumes de cette collection sont remarquables, malheureusement compte tenu de la pauvreté de la faune britannique, ils doivent être utilisés avec prudence en Europe continentale (voir le paragraphe Biogéographie).

Italie

Fauna d'Italia, Ed. Calderini, Bologna F.I.

Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane. Ed. Consiglio Nazionale delle Ricerche, Verona. C.N.R.

RÉFÉRENCES CITÉES DANS L'INTRODUCTION

Amoros C. et Petts G. E. 1993. *Hydrosystèmes fluviaux*. Collection « Écologie » n° 24, Éd. Masson, Paris, 300 p.

Aprosi G. 1988. Bryozoans in the cooling water circuits of a power plant. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 23 : 1542-1547.

Beaumont A. et Cassier P. 1996. *Biologie animale. Des Protozoaires aux Métazoaires épihelioneuriens*. Éd. Dunod, Paris, 3^{è} édition. Deux tomes : 970 p.

Becker G. 1987. Lebenszyklus, Reproduktion und ökophysiologische Anpassungen von *Hydropsyche contubernalis* einer Köcherfliege mit Massen-vorkommen im Rhein. Thèse, université de Cologne, 108 p.

Chevenet F., Dolédec S. et Chessel D. 1994. A fuzzy coding approach for the analysis of long-term ecological data. *Freshwater Biology*, 31 : 295-309.

Cummins K. W. 1975. Macroinvertebrates, pp. 170-198, *in* : B. A. Whitton éd. « *River ecology* », Blackwell, London, 725 p.

Degrange C. 1960. Recherches sur la reproduction des Éphéméroptères. Thèse, université de Grenoble, 193 p.

Del Pozo Obeso R. 1991. *Mouches pour la pêche*. Larousse, Paris, 415 p.

Dolédec S. et Statzner B. 1994. Theoretical habitat templets, species traits, and species richness: 548 plant and animal species in the Upper Rhône River and its floodplain. *Freshwater Biology*, 31 : 523-538.

Fontaine J. 1959. Les chutes de manne. *Science et Nature*, 32 : 1-6.

Fremling C. R. 1960. Biology of a large mayfly, *Hexagenia bilineata* (Say), of the upper Mississippi River. *Res. Bull. Iowa Agric. Exp. Sta.*, 482 : 842-852.

Ginocchio R. 1978. *L'Énergie hydraulique*. Eyrolles, Paris.

Grassé P .P. et Doumenc D. 1995. *Abrégé de Zoologie*. Collection « Abrégés de sciences ». Tome 1 : *Invertébrés*. 5^{è} édition. Ed. Masson, Paris, 280 p.

Hebert P. D. N. et Muncaster B. W. 1989. Ecological and genetic studies on *Dreissena polymorpha* (Pallas) : a new mollusc in the Great Lakes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 46 : 1587-1591.

Hutchinson E. 1967. *A Treatise on Limnology*. Vol. II. Ed. John Wiley et sons, New York, 1115 p.

Illies J. 1978. *Limnofauna Europaea*. Ed. G. Fischer, Stuttgart, 523 p.

Illies J. et Botosaneanu L. 1963. Problèmes et méthodes de la classification de la zone écologique des eaux courantes, considérées surtout du point de vue faunistique. *Mitt. Int. Verein. Limnol.* 12 : 1-57.

Kinkelin (de) P., Besse P. et Tuffery G. 1968. Une nouvelle affection nécrosante des téguments et des nageoires : la bucéphalose larvaire à *Bucephalus polymorphus* (Baer, 1827). *Bull. off. Int. Epiz.*, 69, 7-8 : 1207-1230.

Leopold L.B., Wolman M.G. et Miller J.P. 1964. *Fluvial Processes in Geomorphology*, FREEMAN, W.H. &co., San Francisco, 522 p.

Moog O. (éd.) 1995. *Fauna aquatica austriaca*. Katalog zur autökologischen Einstufung aquatischer Organismen österreichs. Teil III B : Saprobielle Valenzen. Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Fostwirtschaft, Wien, 410 p.

Moss B. 1988. *Ecology of Freshwaters, Man and Medium*. 2° édition, Blackwell Scientific, Oxford.
Prodon R. 1976. Le substrat, facteur écologique et éthologique de la vie aquatique : observations et expériences sur les larves de *Micropterna testacea* et *Cordulegaster annulatus* . Thèse, Université de Lyon, 221 p.
Ridet J.M., Platel R. et Meunier F.J. 1992. *Zoologie. Des Protozoaires aux Echinodermes*. Ed. Ellipses, Paris 224 p.
Sladecek V. 1973. Systems of water quality from the biological point of view. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.*, 7, I – IV :1-218.
Vaillant F. 1955. Recherches sur la faune madicole de France, de Corse et d'Afrique du Nord. Thèse, Université de Paris, 252 p.
Vannote R.L., Minshall G.W., Cummins K.W., Sedell J.R. et Cushing C.E. 1980. The River Continuum Concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*,37 : 130-137.
Zelinka M. et Marvan P. 1961. Zur Präzierung der biologischen Klassofokation der Reinheit fliessender Gewässer. *Arch. Hydrobiol.*, 57 :389-407.

CHAPITRE 1

SPONGIAIRES

L'embranchement des Spongiaires est représenté en eau douce par une seule famille : les Spongillidae appartenant à la classe des Démosponges et l'ordre des Haplosclerides. Les Spongillidae sont présents dans tous les milieux d'eau douce (eaux courantes et eaux stagnantes), fixés sur tout type de substrats durs (minéraux ou organiques).

1 - MORPHOLOGIE ET ANATOMIE

Ils forment soit des croûtes blanchâtres, verdâtres ou brunâtres à la face inférieure des pierres dans les zones courantes, ou, près des rives, des manchons autour des branches (figs. 1.1, 1.2). Dans des conditions nettement lentiques, les Spongillidae peuvent avoir un port dressé. En milieu courant, à la face inférieure des pierres, les Spongillidae ont un développement modeste (quelques cm^2) et une épaisseur de l'ordre du millimètre ou du centimètre ; en revanche en milieu stagnant, ils peuvent couvrir plusieurs m^2 sur quelques centimètres d'épaisseur. Hors de l'eau, les Spongillidae ont une odeur caractéristique légèrement piquante.

En coupe (fig. 1.3), les Spongillidae présentent la structure caractéristique des Démosponges avec des corbeilles vibratiles très petites reliées par un système complexe de canaux. La paroi superficielle est percée de nombreux pores microscopiques (ostium) débouchant dans une chambre sous dermique où s'ouvrent de nombreux canaux en relation avec les corbeilles vibratiles. À la surface, çà et là, on trouve des orifices de taille plus importante : les oscules. L'existence de ces différentes chambres et oscules donne un aspect de « mie de pain » aux formes encroûtantes. Dans le mésenchyme, il y a des fibres cornées (essentiellement de la spongine) et des spicules siliceux monaxones (chez toutes les espèces des mégasclères et chez certaines espèces des microsclères) formant une sorte de squelette de structure très irrégulière.

2 - BIOLOGIE

La reproduction chez les Spongillidae est sexuée ou asexuée. Il existe une controverse entre les spécialistes sur la séparation des sexes chez les Spongillidae. Chez *Spongilla lacustris* (Pennak, 1978), on a pu mettre en évidence une alternance : une année l'animal est femelle, l'année suivante il est mâle, etc. Les spermatozoïdes sont libérés par les oscules dans l'eau de mer et capturés par un autre individu, la fécondation et les débuts du développement sont internes. La larve libérée est ciliée, elle nage quelque temps avant de se fixer et de redonner un nouvel individu. La période de reproduction sexuée est estivale.

La reproduction asexuée revêt deux formes :

— une reproduction par fragmentation, particulièrement lorsque les conditions sont favorables. Un individu peut se fragmenter, chaque fragment redonnera un nouvel individu. Par ailleurs chez les Spongillidae les possibilités de régénération sont importantes ;

— une reproduction par gemmulation chez la majorité des espèces à l'automne, mais chez certaines espèces toute l'année. Les Spongillidae produisent des gemmules (fig. 1.4) ; ce sont de petites sphères de 150 à 1000 μm. Ces gemmules sont protégées par une couche pneumatique renfermant des spicules particuliers (gemmosclères) et une enveloppe interne amincie au niveau d'un micropyle. Ces gemmules renferment des cellules indifférenciées (archéocytes). Ces gemmules représentent un stade de résistance. Lorsque les conditions redeviennent favorables, ces gemmules vont « germer », dans certains cas après un processus proche de la vernalisation, redonnant un nouvel individu qui sort par le micropyle.

Dans des conditions normales, un individu s'accroît à la fois en surface et en épaisseur. En milieu calme, les Spongillidae peuvent vivre plusieurs années.

3 - ÉCOLOGIE

Exclusivement filtreurs, les Spongillidae se nourrissent essentiellement de bactéries et d'algues unicellulaires (et peut-être de microparticules organiques) capturées au niveau des corbeilles vibratiles par les choanocytes. La présence d'algues symbiotiques (Chlorelles) est fréquente ; elle donne une coloration verdâtre aux individus.

Peut-être en raison de la présence de spicules siliceux et de substances chimiques répulsives ou toxiques non identifiées, les Spongillidae ne sont consommés que par quelques animaux. On notera le cas des larves de *Sisyra* (Planipennes) qui vivent sur les éponges utilisant leurs stylets maxillo-mandibulaires pour percer l'éponge et s'en nourrir. Il s'agit là d'un phénomène typique de parasitisme, la vie et même la croissance de l'éponge ne sont pas altérées. Les larves de certaines espèces de *Ceraclea* (Trichoptères) sont également spongillicoles, ce qui ne signifie pas nécessairement qu'elles se nourrissent uniquement d'éponge.

4 - TECHNIQUES D'IDENTIFICATION

Au niveau générique, la détermination repose essentiellement sur la structure des gemmosclères. Les gemmules peuvent être placées dans de l'acide nitrique concentré à froid de une à six heures jusqu'à ce qu'elles soient devenues translucides ; le montage peut alors se faire dans un milieu de montage (montage permanent) ou dans l'eau glycérinée pour une observation rapide.

En raison d'un très forte variabilité intra-spécifique, la détermination au niveau spécifique requiert le recours à un spécialiste.

5 - DIAGNOSE

5.1 – Famille des Spongillidae (clé 1.C1)

Quatre genres peuvent être rencontrés : *Spongilla, Trochospongilla, Heteromeyenia* et *Ephydatia.*

Spongilla (figs. 1.6, 1.7)

Selon les conditions de milieu (courant ou stagnant), forme encroûtante ou dressée. Oscules de diamètre variable. Coloration verdâtre en présence de lumière, blanchâtre en absence de lumière. Gemmosclères fusiformes plus ou moins arqués. Micropyle correspondant à une simple ouverture circulaire.

Une seule espèce *S. lacustris*.

Trochospongilla (fig. 1.7)

Éponge généralement collée au substrat. Coloration jaune-marron. Micropyle à ouverture cylindro-conique. Gemmosclères amphidisques non dentés.

Une seule espèce *T. horrida*.

Ephydatia (figs. 1.4, 1.7)

Coloration jaune-verdâtre. Gemmosclères amphidisques courts par rapport au disque et plus ou moins dentés. Micropyle à ouverture circulaire.

Heteromeyenia (figs. 1.5, 1.7)

Gemmosclères amphidisques longs à disque petit, faiblement denté. Micropyle cylindrique faisant saillie à l'extérieur.

Une seule espèce *H. baileyi*.

RÉFÉRENCES

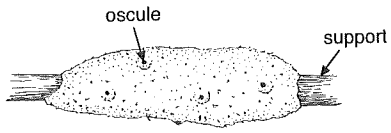
Penney J. T. et Racek A. A. 1968. Comprehensive revision of a worldwide collection of freshwater sponges (Porifera, Spongillidae). *Bull. U. Nat. Mus.* 272 : 184 p.

Traveset A. 1986. *Claves de identificacion de las esponjas de agua dulce de la Peninsula Iberica*. A.E.L., 2 : 25 p.

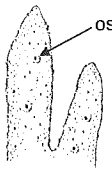
Traits biologiques et écologiques, cf. tableau 5.T1.

E. Spongiaires

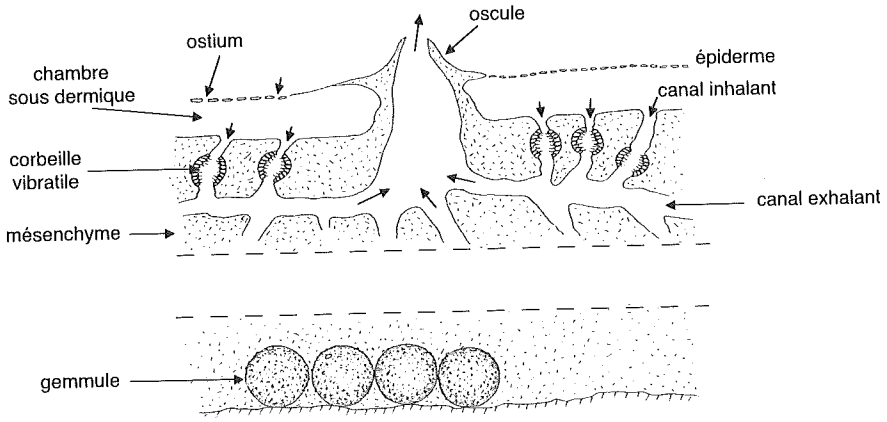
F. Spongillidae



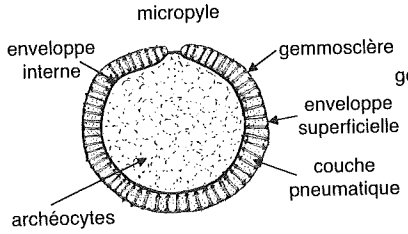
1.1 - Spongillidae, forme encroûtante



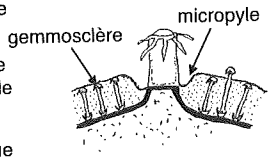
1.2 - Spongillidae, forme dressée



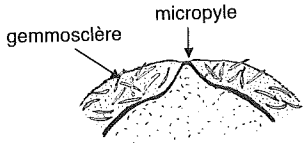
1.3 - Organisation simplifiée d'un Spongillidae. Spicules et fibres cornées non représentées



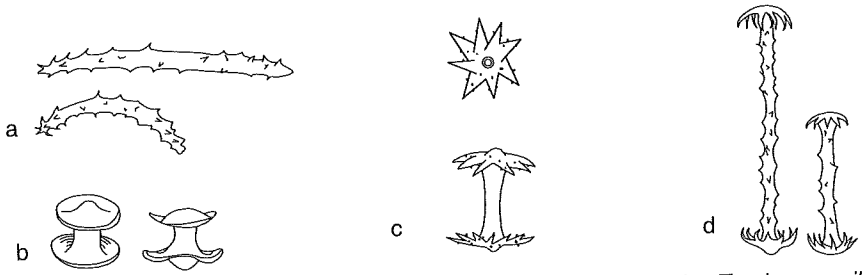
1.4 - Gemmule d'*Ephydatia*, ct simplifiée



1.5 - Gemmule d'*Heteromeyenia*, région du micropyle, ct



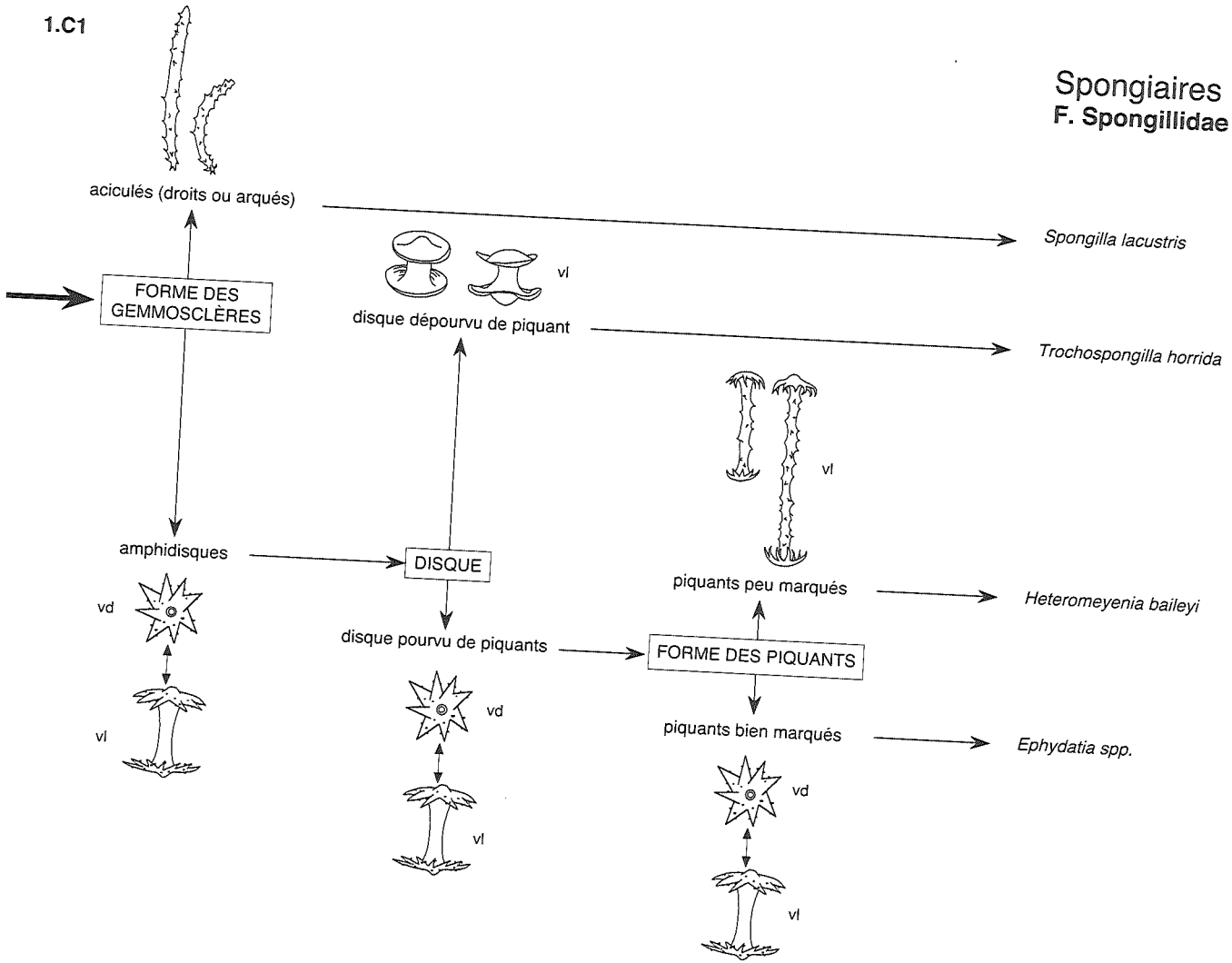
1.6 - Gemmule de *Spongilla*, région du micropyle, ct



1.7 - Différents types de Gemmosclères. a : *Spongilla* ; b : *Trochospongilla* ; c : *Ephydatia* ; d : *Heteromeyenia*.

1.C1

Spongiaires
F. Spongillidae



CHAPITRE 2

CNIDAIRES

Bien que l'embranchement des Cnidaires renferme plus de 9 000 espèces, seulement une vingtaine d'espèces est présente en eau douce dont la majorité appartient au genre *Hydra lato sensu*. Tous les Cnidaires d'eau douce appartiennent à la classe des Hydrozoaires et respectivement à l'ordre des Hydroïdes (deux familles) et celui des Trachylines (une famille). Excepté les méduses de *Craspedacusta* (O. des Trachylines) qui peuvent atteindre 2 cm de diamètre, les Hydres et *Cordylophora* (O. des Hydroïdes) sont des animaux de petite taille ne dépassant pas quelques millimètres ; ils ne peuvent donc être repérés que si les tris ont lieu sous la loupe.

La morphologie, l'anatomie et surtout la biologie des trois familles de Cnidaires présentes en eau douces sont très différentes ; nous considérerons ces différents aspects séparément pour chacune d'entre elles pour terminer par leur diagnose.

ORDRE DES HYDROÏDES

FAMILLE DES HYDRIDAE (figs. 2.1 à 2.4)

1 - MORPHOLOGIE ET ANATOMIE

Les Hydres sont des Hydrozoaires très simples. Seul le stade polype existe. Le polype est un tube creux fixé au substrat par une sole pédieuse et portant à l'autre extrémité une couronne de tentacules encadrant un orifice unique (bouche-anus).

2 - BIOLOGIE

La reproduction est asexuée par bourgeonnement d'individus sur la colonne (particulièrement quand les conditions sont favorables) ou sexuée. Les individus sont, selon les espèces, hermaphrodites, ou à sexes séparés. Les spermatozoïdes sont libérés dans l'eau et viennent féconder les ovocytes matures fixés sur le même individu ou un autre individu. L'œuf sécrète une coque ± collante que le parent va fixer au substrat. Cette thèque va protéger l'embryon de telle sorte que ce dernier peut supporter dessiccation et gel. Lorsque les conditions deviennent à nouveau favorables, l'embryon est libéré et redonne un nouvel individu.

La longévité des Hydres est variable, mais peut atteindre, dans des conditions de laboratoire, plus d'une année.

3 - ÉCOLOGIE

Les Hydres sont strictement carnivores se nourrissant essentiellement d'Oligochètes (surtout Naididae), de microcrustacés et de stades jeunes de larves d'insectes. Bien que pouvant quitter leur support, les Hydres sont en général fixées au substrat et capturent leurs proies lorsque celles-ci viennent heurter les tentacules déployés. Chaque tentacule possède différents types de cellules urticantes ou collantes (cnidocytes sténotèles, desmonèmes isorhizes, etc.) qui paralysent et maintiennent la proie qui sera amenée à l'orifice unique par mouvement des tentacules. Bien que le terme de cnidoblastes soit souvent employé en synonymie avec cnidocytes, le terme de cnidoblaste ne s'applique strictement qu'à des cellules en voie de différenciation. Certaines espèces d'Hydre (parfois rangées dans le genre *Chlorohydra*) renferment des algues symbiotiques (Chlorelles) qui leur donnent une couleur verte.

4 - DIAGNOSE

La détermination des différentes espèces d'Hydre repose notamment sur la présence ou non de chlorelles, la structure des cnidocytes sténotèles et isorhizes, la forme des ovaires et des testicules, le mode d'apparition des tentacules sur les bourgeons et la forme de la thèque protégeant les embryons. L'identification à un niveau spécifique reste donc du domaine du spécialiste.

FAMILLE DES CLAVIDAE (fig. 2.5)

1 - MORPHOLOGIE ET ANATOMIE

Cordylophora caspia est la seule espèce d'Hydrozoaire colonial présente en eau douce. Les polypes sont reliés entre eux par des stolons. Polypes et stolons sont protégés par une gaine protectrice. Les colonies dressées ne dépassent pas 30 mm. Les polypes sont de deux types : des hydranthes qui ont une structure analogue aux hydres et les gonophores qui ont une fonction reproductrice.

Contrairement à ce que l'on observe chez d'autres Hydrozoaires marins comme *Obelia* qui est morphologiquement proche de *Cordylophora*, *C. caspia* ne produit pas de méduses.

2 - BIOLOGIE

C. caspia peut supporter une salinité de 15 ‰. Il peut donc être rencontré aussi bien en grands cours d'eau qu'en zone estuarienne ou deltaïque. Un gonophore femelle produit des ovocytes qui sont fécondés par les spermatozoïdes libérés dans l'eau provenant de gonophores mâles. L'embryon se développe dans le gonophore et quitte celui-ci sous forme d'une larve planula qui va nager, se fixer et redonner une nouvelle colonie. À l'automne, les hydranthes meurent et seul subsistent les stolons rampants qui redonneront de nouveaux polypes au printemps suivant.

3 - DIAGNOSE

Dans la mesure où *C. caspia* est très semblable aux petits Hydrozoaires marins coloniaux, son identification ne pose aucun problème.

ORDRE DES TRACHYLINES

FAMILLE DES PETASIDAE (fig. 2.6)

1 - MORPHOLOGIE ET ANATOMIE

Craspedacusta sowerbyi a été trouvée pour la première fois à Londres en 1880 dans un bassin de plantes exotiques. L'origine de cette espèce, très répandue dans toute la région holarctique, est inconnue. La forme méduse est la plus connue. C'est typiquement une méduse d'hydrozoaires de 10 à 20 mm de diamètre avec une ombrelle bordée de nombreux tentacules, les plus courts portant des cnidocytes. Le bord interne de l'ombrelle est fermé par un velum comme chez toutes les méduses craspédotes. Sous l'ombrelle, un manubrium dont la cavité est reliée à un système de quatre canaux radiaires. Quatre gonades s'insèrent au niveau de chacun des canaux radiaires.

2 - BIOLOGIE

L'apparition des méduses comme leur disparition est toujours brutale. Les méduses se nourrissent de zooplancton. Les sexes sont séparés mais, lors de l'apparition des méduses, soit tous les individus d'une population sont mâles ou femelles, soit les populations sont mixtes. Ovocytes matures et spermatozoïdes sont libérés dans l'eau douce où a lieu la fécondation.

De l'œuf sort un polype de très petite taille (quelques millimètres) qui se fixe sur le fond. Ce polype qui possède des tentacules minuscules se nourrit de micrométazoaires. Le polype se reproduit par voie asexuée : bourgeonnement comme chez les Hydres, libération de sortes de planula qui rampent sur le fond et redonnent de nouveaux polypes, et production de bourgeons médusoïdes.

3 - DIAGNOSE

En raison de leur taille relativement importante (jusqu'à 2 cm), les méduses sont facilement repérables et facilement identifiables (il n'existe pas d'autres espèces de méduse en eau douce), les polypes en revanche, qui ne dépassent pas 1 à 2 mm passent très généralement inaperçus. Avant que ne soit établie la relation entre méduse et polype, ce dernier avait reçu le nom de *Microhydra ryderi*.

RÉFÉRENCES

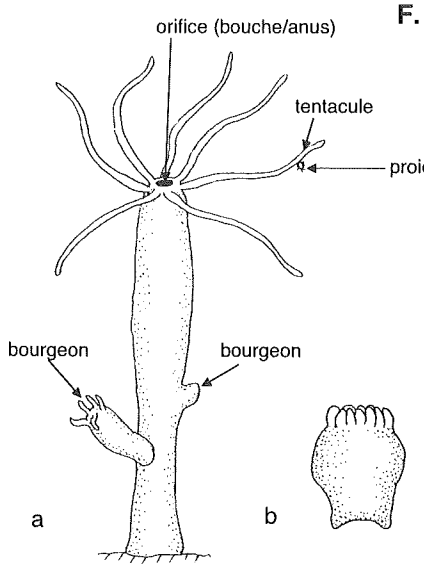
Grayson R. F. 1971. The freshwater Hydras of Europe. 1. A review of the European species. *Arch hydrobiol.* 68 : 436-449.

Heitkamp U. 1986. Bestimmungsschlüssel der mitteleuropaïschen *Hydra* Arten (Cnidaria, Hydrozoa). *Arch. hydrobiol.* 107 : 529-543.

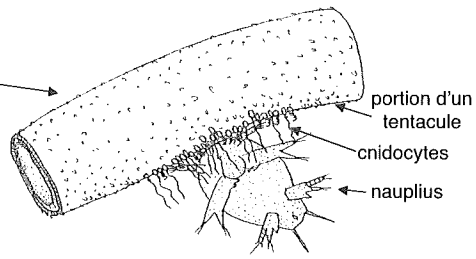
Traits biologiques et écologiques, cf. tableau 5.T1.

E. Cnidaires

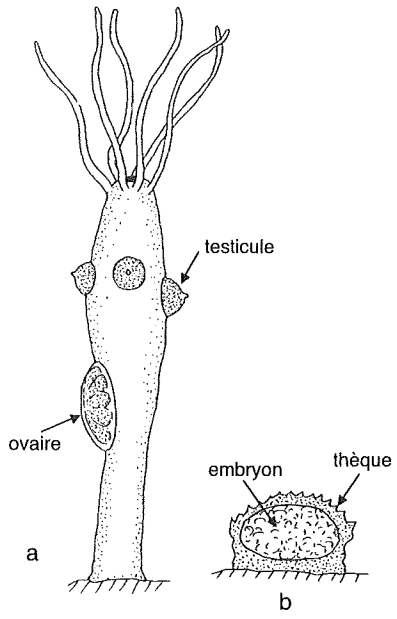
F. Hydridae



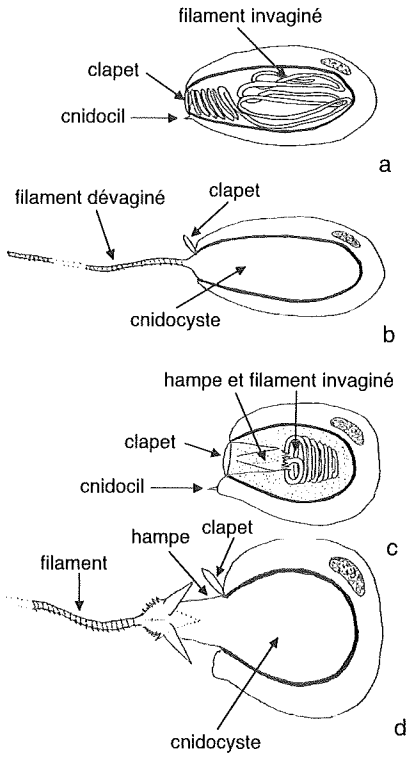
2.1 - *Hydra*. a : individu fixé sur le fond, phase de bourgeonnement ; b : individu plongé dans un liquide fixateur



2.2 - Capture d'une proie (larve nauplius)



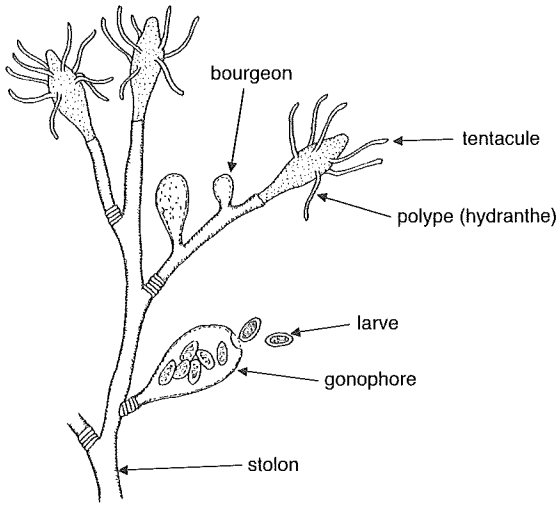
2.3 - *Hydra*. a : individu hermaphrodite mature ; b : embryon dans sa thèque fixé au substrat



2.4 - Deux types de cnidocytes. a et b : cnidocyte isorhize, a : non déchargé, b : déchargé. c et d : cnidocyte sténotèle, c : non déchargé, d : déchargé. Le cnidocyste correspond à la capsule contenant un liquide

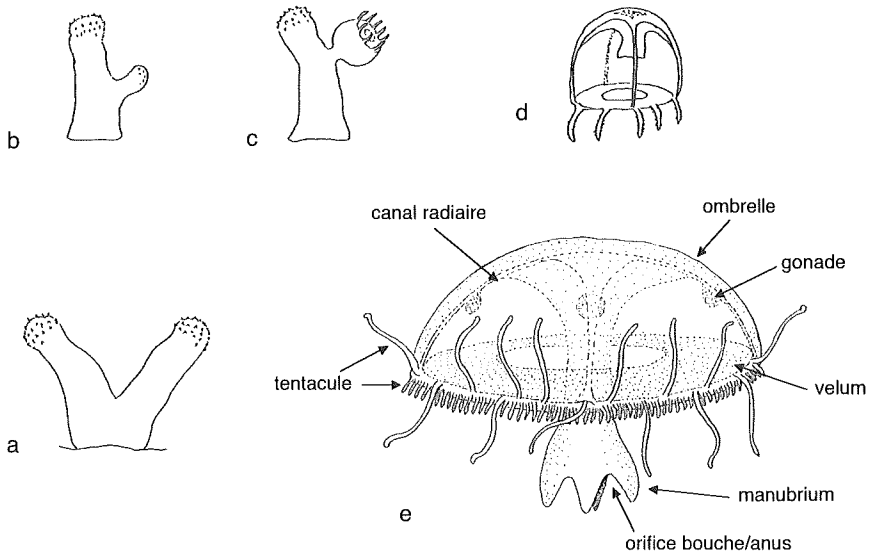
E. Cnidaires 2

F. Clavidae



2.5 - *Cordylophora*, fragment d'une colonie

F. Petasidae



2.6 - *Craspedacusta*. a : polypes ; b : bourgeonnement de polype ; c : production de bourgeon médusoïde ; d : jeune méduse ; e : méduse adulte.

CHAPITRE 3

TURBELLARIÉS

Dans le phylum des Plathelminthes, la classe des Turbellariés renferme des espèces dont la plupart des représentants sont libres. De nombreuses espèces sont marines, quelques-unes vivent en eau douce et enfin quelques rares espèces sont terrestres (mais en habitat humide).

La Classe des Turbellariés est divisée en plusieurs ordres. Parmi ces ordres, seul celui des Triclades, dont la taille des espèces varie entre 5 et 30 mm de long, sera considéré ici. Les représentants des autres ordres vivant en eau douce sont généralement de taille microscopique, atteignant exceptionnellement 1 à 2 mm.

1 - MORPHOLOGIE ET ANATOMIE

Les Triclades sont des vers plats (Planaires) plus ou moins allongés (figs. 3.1, 3.2). Toute la surface du corps est recouverte de cils qui permettent aux Planaires de ramper en glissant sur le substrat ; grâce à la présence d'un système musculaire mésodermique, les Planaires peuvent réaliser des mouvements de contraction particulièrement lorsqu'on cherche à les saisir.

On distingue une région antérieure (« tête ») pourvue d'une paire ou d'une rangée d'yeux. L'orifice bouche-anus est ventral. Un pharynx qui peut se dévaginer à l'extérieur lui fait suite. Le pharynx s'ouvre sur une cavité gastro-vasculaire divisée en trois cæcums (un antérieur et deux postérieurs), chacun présentant de nombreux lobes. Ces cæcums peuvent être visibles sur une Planaire vivante (par exemple, *Dendrocoelum lacteum*) lorsque celle-ci a ingéré un animal dont l'hémolymphe est colorée (larve de *Chironomus* par exemple). Des glandes épidermiques et sous-épidermiques sécrètent du mucus qui facilite les déplacements des Planaires. La coloration varie du blanc (*Dendrocoelum lacteum*) au noir (*Polycelis nigra*) en passant par différentes tonalités de brun. Certaines espèces comme *Dugesia tigrina* présentent des taches brunâtres dont la densité et la distribution varient avec les individus. Les espèces hypogées sont totalement dépigmentées et dépourvues d'yeux.

2 - BIOLOGIE

Toutes les Planaires Triclades sont hermaphrodites. La fécondation est dans le cas le plus général de type croisée. L'orifice génital unique est ventral, situé en arrière de l'orifice bouche-anus (figs. 3.1, 3.2). La structure de l'appareil génital au niveau de l'atrium peut être utilisée pour déterminer les espèces.

La reproduction est :

— uniquement sexuée (tous les Dendrocoelidae et certaines espèces de Dugesiidae et Planariidae) ;

— sexuée et asexuée chez certaines espèces comme *Polycelis felina* ou *Dugesia tigrina* mais seulement en Amérique pour cette dernière espèce ;

— et enfin pour *Dugesia tigrina* en Europe, uniquement asexuée par section transversale postérieure, le fragment caudal abandonné régénérant un nouvel individu.

Lorsqu'il y a reproduction sexuée, il y a ponte d'un cocon renfermant de deux à plusieurs dizaines d'œufs d'où sortiront de nouvelles planaires de quelques millimètres. Le développement est donc de type direct. Les cocons résistent aux températures hivernales, mais pas à la dessiccation. Ces cocons sont jaune orangé au moment de la ponte et brunissent rapidement ensuite.

Pour la majorité des espèces, la durée de vie ne paraît pas dépasser quelques mois.

3 - ÉCOLOGIE

Les Triclades se nourrissent d'autres invertébrés, vivants, malades ou morts. Les proies ne sont pas avalées entières, mais le pharynx libère des protéases qui lysent les téguments de la proie dont les tissus seront alors partiellement désintégrés et absorbés (fig. 3.3). Pour déterminer la nature du régime alimentaire des Planaires, il faut soit faire de l'observation directe, soit faire appel aux techniques d'immunologie (Reynoldson et Sefton, 1976). La digestion se poursuit dans les cæcums.

La dispersion des Planaires est soit active par déplacement, soit passive lorsque des cocons sont entraînés par l'Homme ou des animaux, mais les cocons ne résistant pas à la dessiccation ce mode de dissémination reste limité. *Dugesia tigrina* est une espèce américaine introduite en Europe vers 1920.

4 - TECHNIQUES D'IDENTIFICATION

Pour déterminer les Planaires au niveau spécifique il est indispensable de conserver vivants les animaux (cf. Pattee et Gourbault, 1981). Une détermination au niveau générique reste seule possible lorsque des fixateurs comme l'alcool ou le formol sont utilisés. Nous nous limiterons uniquement aux formes épigées.

5 - DIAGNOSE

La distinction entre les différentes familles reposent sur des caractères histologiques (musculature) et anatomiques (structure de l'appareil génital). Ces caractères ne seront pas utilisés dans le cadre de cet ouvrage. Pour une identification au niveau générique, nous utiliserons les caractères liés aux yeux (nombre, disposition), à la coloration et à la présence ou l'absence de tentacules.

5.1 – Famille des Planariidae (clés 3.C1, 3.C2)

Polycelis (figs. 3.5, 3.6)

De nombreux yeux à disposition marginale (quart antérieur). Coloration généralement sombre. Cocons ovoïdes de 1 mm collés au substrat (5 à 30 jeunes par cocon) (fig. 3.4a). Trois espèces. *P. felina* est aisément reconnaissable grâce à ses tentacules (fig. 3.6), l'identification des

deux autres espèces (*P. tenuis* et *P. nigra*) (fig. 3.5) implique l'examen du pénis (cf. Pattee et Gourbault, 1981). Taille moyenne de 5 à 10 mm.

Crenobia (fig. 3.7)

Seulement une paire d'yeux et une paire de tentacules. Coloration grisâtre ou noirâtre ± uniforme. Cocons libres, sphériques de 2 mm de diamètre (jusqu'à 50 jeunes par cocon) (fig. 3.4c). Taille jusqu'à 15 mm, plus généralement une dizaine de millimètres.

Une seule espèce : *C. alpina.*

Phagocata (fig. 3.8)

Seulement deux yeux. *Phagocata* est une planaire blanche qui ressemble à *Dendrocoelum*, mais chez *Phagocata* la tête est carrée, les yeux rapprochés occupent une position plus postérieure que chez *Dendrocoelum*. L'espèce la plus commune est *P. vitta*. Cocons de 1 à 1,5 mm (4 à 8 jeunes par cocon). Taille jusqu'à 10 mm.

Planaria (fig. 3.9)

Coloration noire ou brune. Tête plutôt carrée ; deux yeux. Cocons ovoïdes du même type que ceux des *Polycelis* (6 à 8 jeunes par cocon) (fig. 3.4a). Taille jusqu'à 10 mm.

Une seule espèce (assez rare) : *P. torva.*

5.2 – Famille des Dugesiidae (clés 3.C1, 3.C2)

Dugesia (figs. 3.10, 3.11)

Deux yeux ; tête soit lancéolée, soit en spatule ; Planaire toujours pigmentée, de coloration variable. Il existe plusieurs espèces. Il s'agit d'un groupe de Planaires très polymorphe, et la détermination à un niveau spécifique implique l'examen de l'appareil génital. Certains individus de l'espèce *D. tigrina* présentent une coloration mouchetée caractéristique (fig. 3.11), mais d'autres individus de cette même espèce ont une coloration plus uniforme et peuvent alors être confondus avec ceux des autres espèces. Excepté chez *D. tigrina* qui se reproduit en Europe uniquement par voie asexuée, toutes les autres espèces de *Dugesia* présentent les deux modes de reproduction. Les cocons (en général 1 mm) sont pédonculés (1 à 20 jeunes par cocon) (fig. 3.4b). Taille jusqu'à 20 mm.

5.3 – Famille des Dendrocoelidae (clés 3.C1, 3.C2)

Dendrocoelum (fig. 3.12)

Une paire yeux disposés près du bord antérieur ; extrémité antérieure avec deux lobes (tentacules) latéraux arrondis ; coloration blanche, bords du corps plissés. Une des rares Planaires (comme l'espèce suivante), capable de s'attaquer à des animaux vivants (Asellidés, par exemple) qu'elle recouvre complètement. Cocons de 2 mm collés au substrat (8 à 10 jeunes par cocon) (fig. 3.4a). L'espèce épigée la plus commune est *D. lacteum*. Taille jusqu'à 30 mm.

Bdellocephala (fig. 3.13)

Une paire d'yeux ; extrémité antérieure avec deux lobes (tentacules) latéraux arrondis ; tête moins large que le reste du corps. Un rétrécissement (« cou ») en arrière de la tête. Face dorsale brun sombre avec de nombreuses taches de coloration noirâtre. Reproduction asexuée et sexuée avec production de cocons collés au substrat (comme ceux de *D. lacteum*) de 2 à 4 mm (fig. 3.4a). Genre d'origine nordique, rare en France où il n'est connu qu'au nord de la Loire. Taille jusqu'à 40 mm.

Une seule espèce *B. punctata.*

RÉFÉRENCES

Gamo J. 1987. *Claves de identificacion de los turbelarios de las aguas continentales de la Peninsula Ibérica e Islas Baleares.* A.E.L., 3, 34 p.

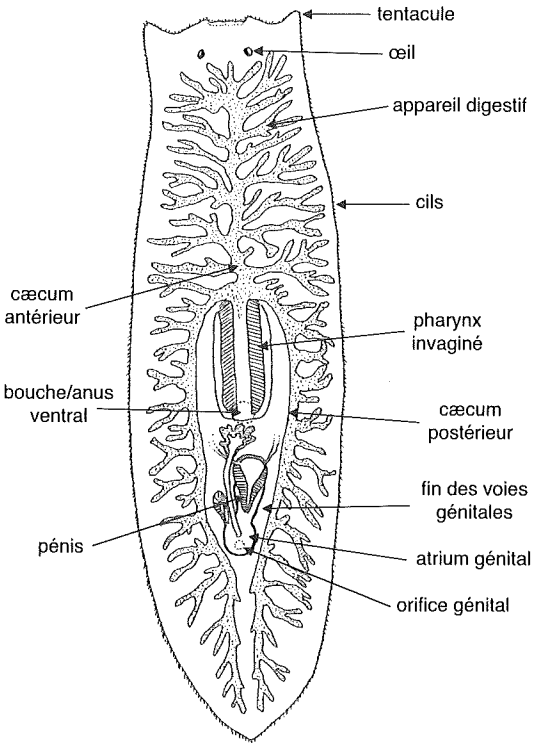
Pattee E. et Gourbault N. 1981. *Turbellariés Triclades paludicoles (Planaires d'eau douce).* A.F.L., 1 , 26 p.

Reynoldson T. B. 1978. *A key to the British species of freshwater Triclads.* F.B.A., 23, 32 p.

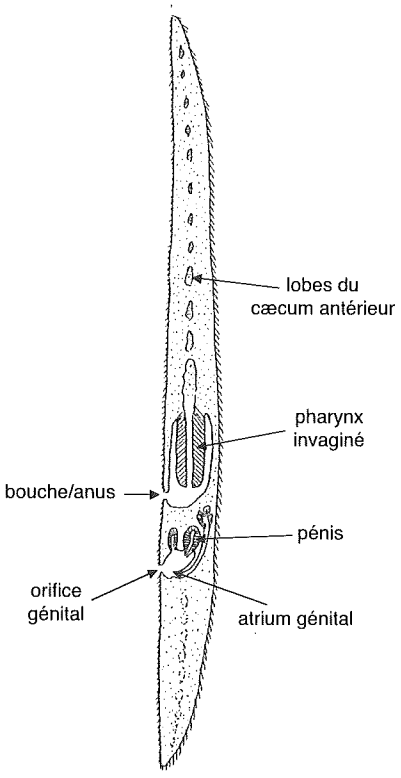
Reynoldson T. B. et Sefton, A. D. 1976. The food of *Planaria torva* (Müller) (Turbellaria Tricladida), a laboratory and field study. *Freshwater biol.*, 6 : 383-393.

Traits biologiques et écologiques, cf. tableau 5.T1.

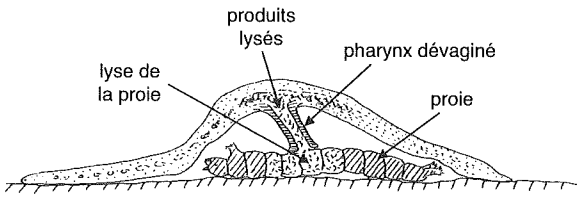
Cl. Turbellariés
O. Triclades (Planaires)



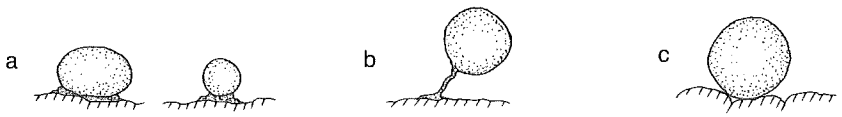
3.1 - Organisation simplifiée d'une Planaire, vd



3.2 - Organisation simplifiée d'une Planaire, cl

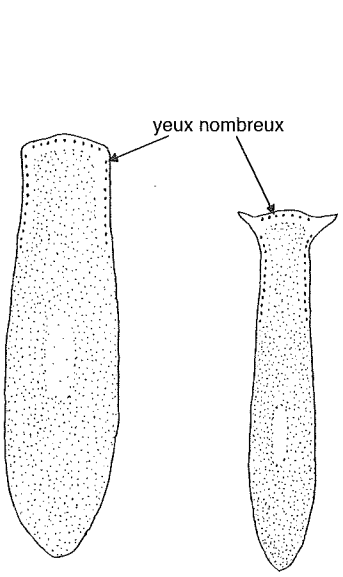


3.3 - Mode d'alimentation, très simplifié, d'une planaire,



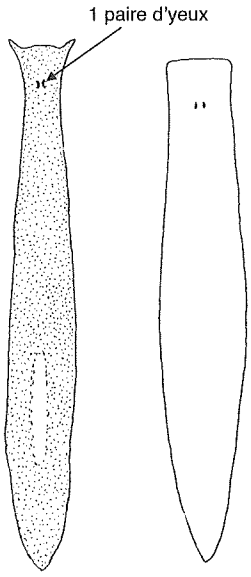
3.4 - Différents types de cocon. a : *Polycelis*, *Planaria*, *Dendrocoelum* et *Bdellocephala* ; b : *Dugesia* ; c : *Crenobia*

F. Planariidae



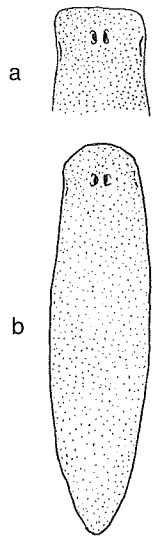
3.5 - *Polycelis* (*nigra-tenuis*) vd

3.6 - *Polycelis felina* vd



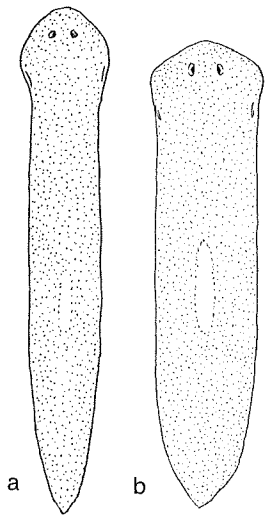
3.7 - *Crenobia* vd

3.8 - *Phagocata* vd



3.9 - *Planaria* vd.
a : forme typique ;
b : forme de tête légèrement bombée

F. Dugesiidae

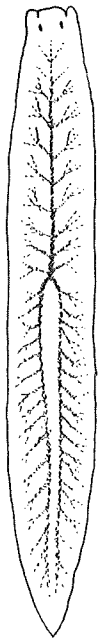


3.10 - *Dugesia* spp. (sauf *D. tigrina*), vd. a et b 2 types d'individus

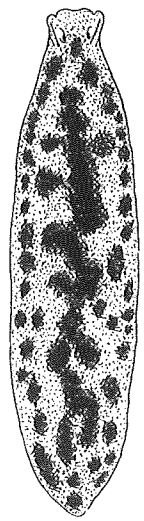


3.11 - *Dugesia tigrina*. Forme typique, vd

F. Dendrocoelidae



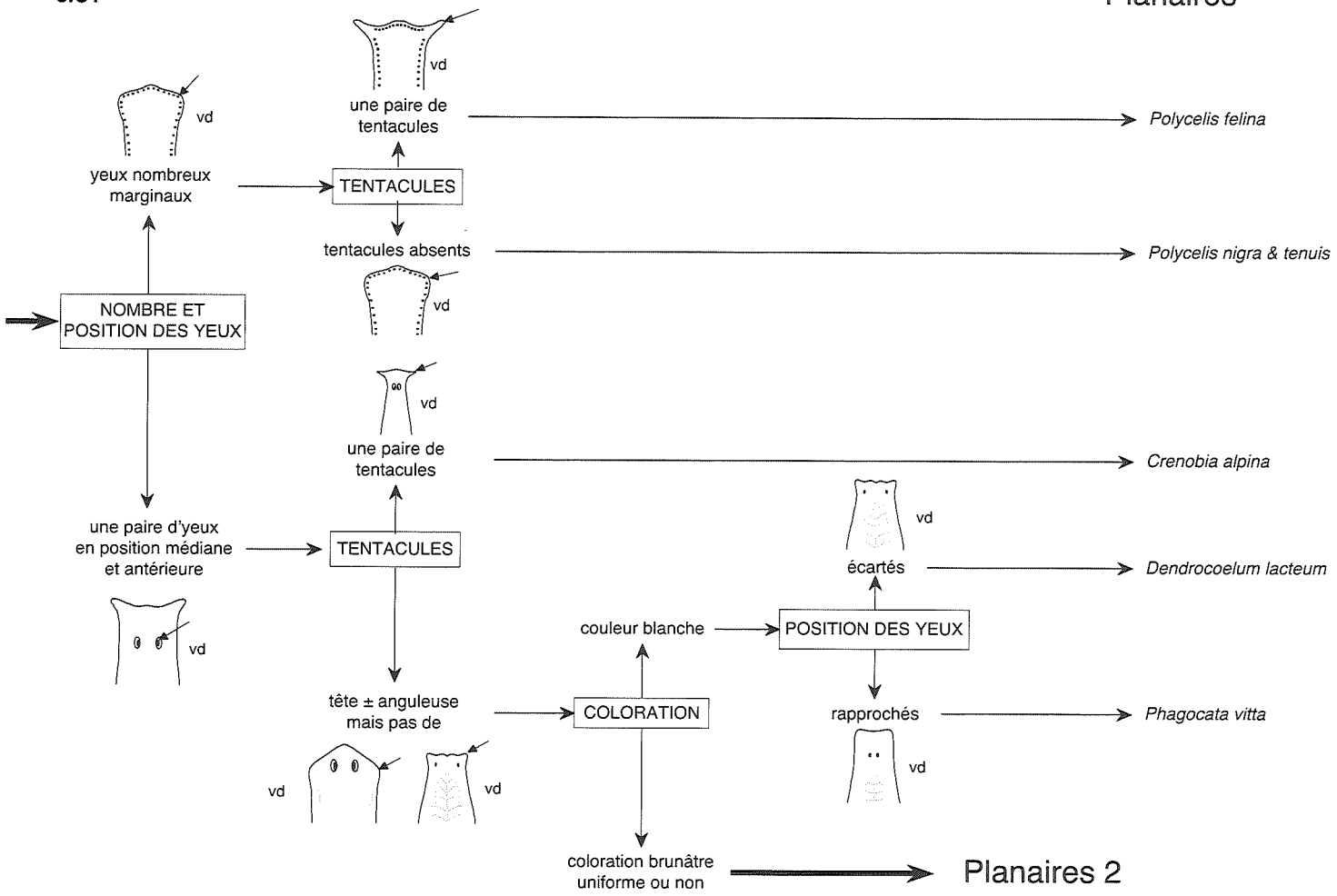
3.12 - *Dendrocoelum*, vd



3.13 - *Bdellocephala*, vd

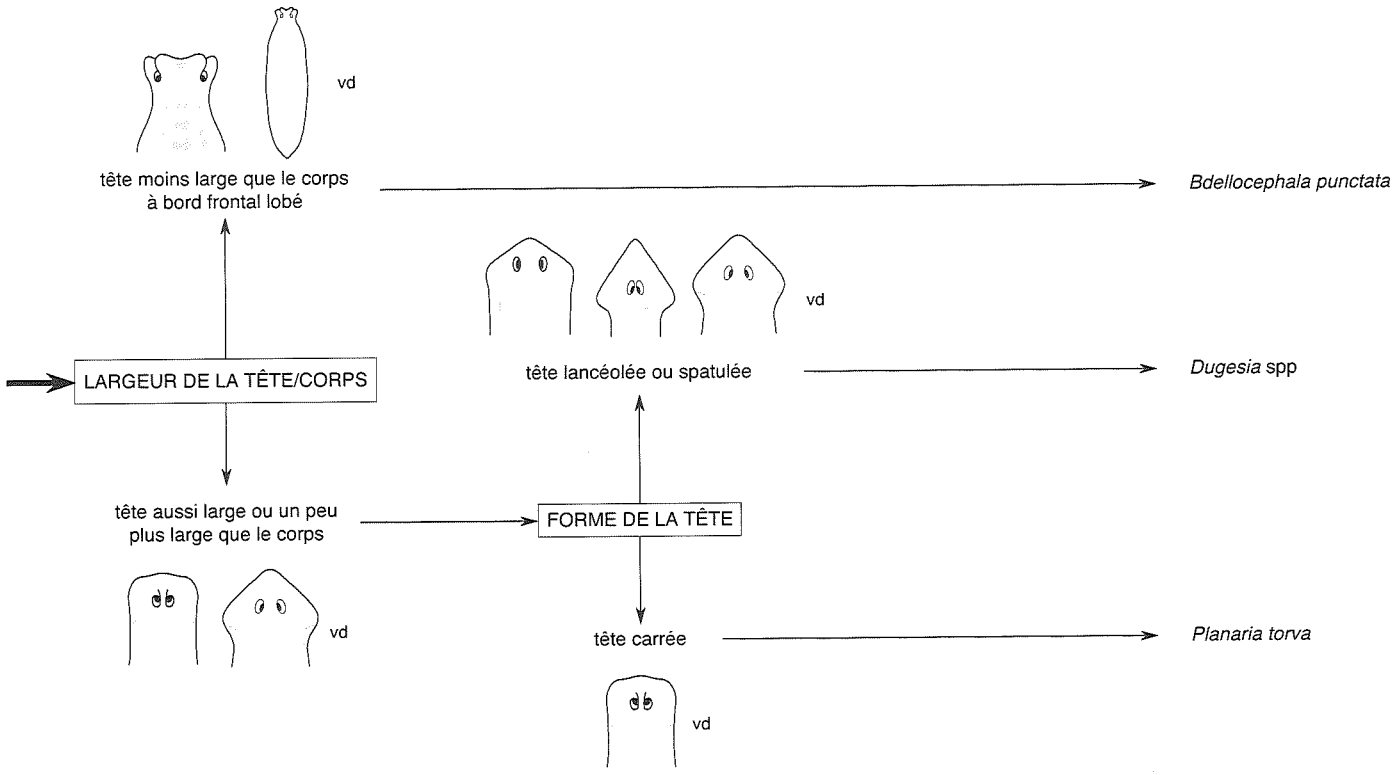
3.C1

Planaires



3.C2

Planaires 2



CHAPITRE 4

NÉMERTIENS et NÉMATHELMINTHES

Les représentants de ces deux embranchements (ou phylum selon les auteurs) appartiennent, d'un point de vue évolutif, à des groupes très différents. Les Némertiens (= Némertes) sont des métazoaires triploblastiques cœlomates (Turbeville et Ruppert, 1985) suffisamment modifiés pour avoir été considérés pendant longtemps comme des acœlomates. Les Némathelminthes sont des métazoaires triploblastiques pseudocœlomates. Seuls quelques genres présents en eau douce et appartenant à ces deux embranchements peuvent être considérés comme des macroinvertébrés.

NÉMERTIENS

Les Némertiens abondants en milieu marin ne sont représentés en eau douce que par une seule espèce qui peut être localement abondante, mais dont la distribution en milieu stagnant est très localisée.

1 - MORPHOLOGIE ET ANATOMIE

Animal à corps allongé, mou, non segmenté et recouvert d'une ciliature, coloration souvent vive (jaune, rouge). Comme les Planaires, les Némertiens peuvent se déplacer en rampant grâce à leur ciliature, mais ils peuvent présenter des mouvements de contractions (musculature) lorsqu'ils sont inquiétés. Ils présentent dans la région antérieure trois (rarement quatre) paires d'yeux (fig. 4.1). Ils possèdent une trompe normalement rétractée dans une gaine située au-dessus du tube digestif. Cette trompe armée d'un stylet peut se dévaginer à l'extérieur pour détecter, frapper (paralyser ?) et saisir leurs proies telles que des micrométazoaires et notamment des Oligochètes qui sont ramenés à la bouche par la trompe, celle-ci peut être utilisée également pour la défense (fig. 4.2).

2 - BIOLOGIE

Les Némertiens sont hermaphrodites. Il y a généralement autofécondation, mais la fécondation peut être également croisée. L'animal sécrète une gaine muqueuse et y dépose sperme et ovocyte ; la fécondation se fait dans cette gaine. Le développement est de type direct. Il n'y a pas de reproduction asexuée.

L'animal peut sécréter une sorte de kyste muqueux qui lui permet de résister à des

conditions défavorables seulement pendant quelques semaines, le kyste ainsi formé n'étant pas imperméable.

3 - DIAGNOSE

Vers de section ± elliptique qui peut atteindre 30 mm de long sur 0,5 à 2 mm de large (fig. 4.1a). Les jeunes individus sont blanchâtres ou jaunâtres, les individus matures de orange à rouge.

Une seule espèce : *Prostoma graecense*.

NÉMATHELMINTHES

Deux classes de Némathelminthes ont des représentants en eau douce : les Nématodes et les Gordiacés.

NÉMATODES

Les Nématodes libres sont très abondants dans les eaux douces, mais la plupart d'entre eux sont de taille microscopique et donc n'entrent pas dans le cadre de cet ouvrage (cf. introduction). Un groupe cependant est fréquemment rencontré, c'est celui qui correspond à la super famille des Mermithoïdea.

1 - MORPHOLOGIE ET ANATOMIE

Les Mermithoïdea sont parasites à l'état larvaire, libres à l'état adulte. Les adultes se présentent comme des Nématodes très allongés et blancs (fig. 4.3).

2 - BIOLOGIE

Ils parasitent surtout des insectes terrestres ou aquatiques, mais ils peuvent être trouvés chez d'autres invertébrés (Sangsues, Mollusques, Crustacés, Araignées).

Les œufs sont déposés dans l'environnement de l'hôte. Ces œufs peuvent résister à la dessiccation. Dans l'œuf, l'embryon se développe et donne une larve qui subira plusieurs mues. L'infestation de l'hôte se fait soit par ingestion d'œuf contenant la larve mature, soit par pénétration directe de la larve à travers la cuticule ; la larve s'installe dans l'hémocèle de son hôte où elle poursuit son développement. La larve mature (exceptionnellement l'adulte) quitte l'hôte par rupture des téguments. Le développement se poursuit jusqu'au stade adulte. Les sexes, comme chez tous les Nématodes, sont séparés.

3 - DIAGNOSE

Seuls les adultes sont identifiables. On peut les observer à travers les téguments de l'hôte ou quand ils quittent leur hôte, notamment lorsque qu'un liquide fixateur est ajouté après échantillonnage (fig. 4.3). Il existe de nombreux genres dont l'identification dépasse largement

le cadre de cet ouvrage.

GORDIACÉS

Les Gordiacés sont des Némathelminthes, qui comme les Mermithoïdea, sont parasites à l'état larvaire et libres à l'état adulte.

1 - MORPHOLOGIE ET ANATOMIE

L'adulte, très allongé, en général une ou plusieurs dizaines de centimètres, pour 0,5 à 1 mm de diamètre, est de couleur brunâtre (fig. 4.4b). Les sexes sont séparés, le mâle du genre *Gordius* présente une extrémité bilobée (fig. 4.4).

2 - BIOLOGIE

Les Gordiacés parasitent des arthropodes terrestres (Myriapodes, Coléoptères, Orthoptères) ou aquatiques (Insectes Trichoptères ou Odonates). De l'œuf sort une larve échinodéroïde (longueur environ 150 μm) qui s'enkyste rapidement (fig. 4.4e). Le kyste peut alors être ingéré par un arthropode. La larve échinodéroïde traverse le tube digestif de son hôte et s'installe dans l'hémocèle où elle va poursuivre son développement. En fin de vie larvaire, lorsque l'hôte est dans l'eau ou à proximité de l'eau, le parasite subit une mue et quitte l'hôte en perforant les téguments. L'adulte ne se nourrit pas ; l'accouplement (« nœud gordien ») se fait dans l'eau ; les adultes meurent après la ponte. Certains hôtes terrestres s'infestent en ingérant des imagos d'insectes aquatiques contenant des larves échinodéroïdes.

3 - DIAGNOSE

Seuls les adultes sont identifiables. Il existe plusieurs genres dont l'identification dépasse largement le cadre de cet ouvrage.

RÉFÉRENCES

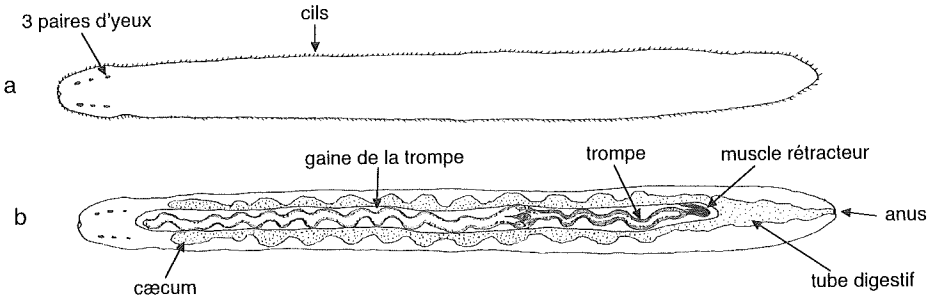
Dorier A. 1930. *Recherches biologiques et systématiques sur les Gordiacés* Trav. lab. hydrobiol. piscicult. Grenoble, 22 : 1-180.

Gibson R. et Moore J. 1976. Freshwater Nemerteans. *J. Linn. Soc. Zool.*, 58 : 177-218.

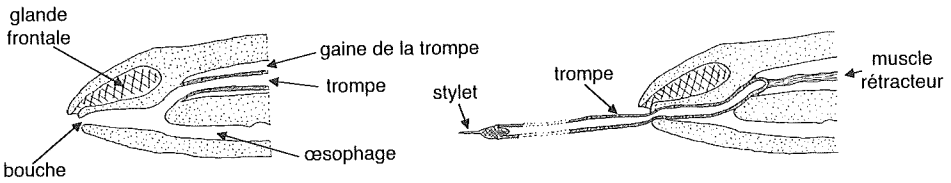
Turbeville J. M. et Ruppert E. E. 1985. Comparative ultrastructure and evolution of Nemertines. *American Zoologist*, 25 : 53-71.

Traits biologiques et écologiques , cf. tableau 5.T1.

E. Némertiens



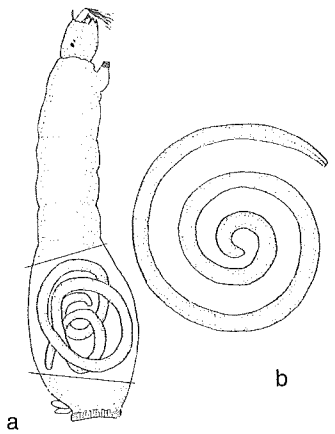
4.1 - *Prostoma*. a : vd ; b : organisation interne simplifiée, vd



4.2 - *Prostoma*. Région antérieure cl simplifiée. a : trompe invaginée b : trompe dévaginée

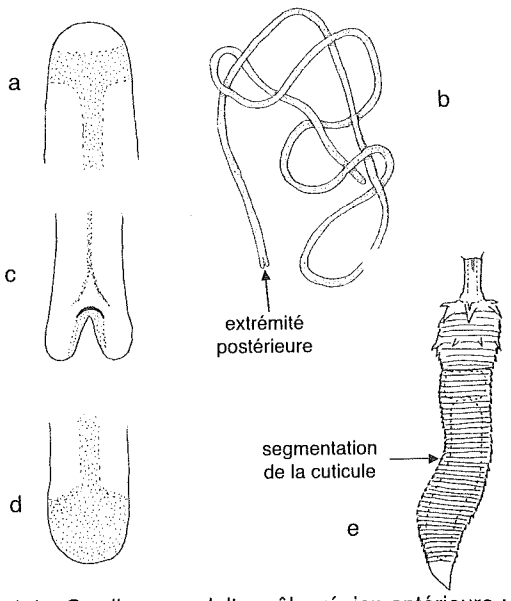
E. Némathelminthes

Cl. Nématodes



4.3 - Mermithidae. a : adulte encore dans son hôte ; b : adulte femelle libre

Cl. Gordiacés



4.4 - *Gordius*. a : adulte mâle, région antérieure ; b : adulte mâle ; c : adulte mâle région postérieure ; d : adulte femelle, région postérieure ; e : larve échinodéroïde

CHAPITRE 5

BRYOZOAIRES

Comme les Spongiaires, les Bryozoaires ne sont représentés en eau douce que par environ 50 espèces contre 4 000 en milieu marin. On distingue deux groupes : les Entoproctes (représentés par une unique espèce : *Urnatella gracilis*) et les Bryozoaires *stricto sensu* comprenant en eau douce uniquement la classe des Ectoproctes. Les Entoproctes constituent un phylum distinct des Bryozoaires (Brien, 1960). Pour des raisons de commodité, nous considérerons que Entoproctes et Ectoproctes constituent deux classes de Bryozoaires.

1 - MORPHOLOGIE ET ANATOMIE

Les Ectoproctes sont des organismes coloniaux, chaque individu (zoécie) étant constitué d'une logette (cystide) dans laquelle le polypide est logé (fig. 5.3) ; le polypide peut se rétracter dans la logette ou au contraire s'épanouir à l'extérieur. Chaque zoécie est en communication avec les autres zoécies par une cavité cœlomique commune. Le polypide présente une structure particulière : le lophophore qui est constitué d'une rangée de tentacules ciliés disposés en cercle ou en fer à cheval (fig. 5.4). La bouche s'ouvre à proximité du lophophore. Le cystide est protégé par une couche cornée, cuticulaire ou gélatineuse : l'ectocyste.

D'un point de vue habitus, on distingue deux types de Bryozoaires : des Bryozoaires fixés présentant une structure ramifiée ou une structure massive et encroûtante, et des Bryozoaires mobiles présentant une structure massive.

La taille des colonies est de 1 à 2 cm pour *Cristatella mucedo* et quelques formes fixées rameuses. Chez certaines espèces de *Plumatella* et chez *Pectinatella magnifica*, une colonie peut recouvrir plusieurs décimètres carrés.

2 - BIOLOGIE

Les individus sont hermaphrodites, la fécondation et le début du développement se font dans le cœlome. La larve ciliée est libérée à l'extérieur par un orifice situé près du lophophore. Elle se fixe rapidement pour donner une nouvelle colonie.

La reproduction asexuée se fait par bourgeonnement (ce qui assure également la croissance de la colonie). Elle peut se faire également par fission, par exemple chez *Cristatella mucedo*, chaque fragment redonne une nouvelle colonie. La reproduction asexuée se fait également par production de statoblastes (fig. 5.3). Les statoblastes sont des bourgeons internes dont les cellules embryonnaires sont enfermées dans une capsule sclérifiée biconvexe (figs. 5.5, 5.6, 5.7). Cette capsule, lorsque les conditions deviennent favorables, va s'ouvrir, libérant une ou deux

zoécies (fig. 5.8). Ces statoblastes sont, chez certaines espèces, de deux types : libres avec ou sans flotteur ou fixés à la paroi du cystide (figs. 5.5, 5.6). Chez *Cristatella* et *Pectinatella*. ces statoblastes possèdent à la fois un système de flotteur et des dispositifs d'accrochage (fig. 5.7). Les statoblastes libres sont libérés dans l'eau et entraînés par le courant. Comme les gemmules des Spongillidae, les statoblastes sont des structures de résistance (à la sécheresse comme au gel). Les statoblastes sont souvent produits à l'automne, mais il peut y avoir production de statoblastes toute l'année. Chez *Paludicella* il n'y a pas production de statoblastes, les polypides élaborent des bourgeons protégés par une thèque (hibernaculum) (fig. 5.9), qui fonctionnellement jouent le rôle des statoblastes. Les colonies meurent à l'automne, les statoblastes (ou les hibernaculums) redonneront de nouveaux polypides au printemps suivant.

3 - ÉCOLOGIE

Les Bryozoaires filtrent leur nourriture grâce au lophophore. Cette nourriture se compose d'algues microscopiques, de Protozoaires, micrométazoaires et de microparticules organiques.

Le développement des colonies de Bryozoaires dans des eaux chargées en matière organique peut entraîner le colmatage de grilles ou de tuyauteries (Aprosi, 1988) (c'est le cas notamment des genres *Paludicella*, *Fredericella* et *Plumatella*), mais généralement les phénomènes de compétition pour l'espace apparaissent plus limités que chez les Spongillidae.

4 - TECHNIQUES D'IDENTIFICATION

Plutôt que de faire intervenir dans la clé la forme du lophophore (circulaire chez les Gymnolèmes ou en fer à cheval chez les Phylactolèmes), caractère fondamental, mais difficile à mettre en évidence sur du matériel fixé, nous avons considéré trois caractères : la forme de la colonie, la consistance de l'ectocyste et la forme des statoblastes (ou la présence d'hibernaculum). Certaines espèces du genre *Plumatella* présentent un polymorphisme ; la détermination des espèces dans ce genre reste donc délicate.

5 - DIAGNOSE

5.1 – CLASSE DES ENTOPROCTES (figs. 5.1, 5.2)

Bouche et anus à l'intérieur de la couronne de tentacules. Polypide ne pouvant se rétracter dans la logette. Animaux ne dépassant pas 5 mm. Le stolon sur lequel se différencient les animaux présente une succession de constrictions et de renflements. Le calice a la forme d'une coupe et porte une série de tentacules marginaux.

Une seule espèce : *Urnatella gracilis*.

5.2 – CLASSE DES ECTOPROCTES (clés 5.C1, 5.C2)

Anus hors du lophophore (fig. 5.4). Polypide pouvant se rétracter dans la logette.

5.2.1 – Sous-classe des Gymnolèmes (figs. 5.4a, 5.9)

Colonies ramifiées constituées par le bourgeonnement des zoécies-filles, celles-ci en forme

de massue. Ce bourgeonnement peut être linéaire ou latéral. Présence à certaines périodes de l'année de structures noirâtres : les hibernaculums.

Une seule espèce : *Paludicella articulata.*

5.2.2 – Sous-classe des Phylactolèmes (fig. 5.4b)

Colonies ramifiées ou massives. Présence constante de statoblastes de forme variée. Exceptés *Hyalinella* et *Plumatella* qui appartiennent à la famille des Plumatellidae, tous les autres genres font partie de familles monogénériques : *Fredericella*, Famille des Fredericellidae, etc.

Fredericella (fig. 5.10)

Lophophore presque circulaire. Colonie ramifiée, les zoécies s'insérant sur un stolon à structure cornée. Statoblastes ellipsoïdaux ou réniformes libres, toujours dépourvus de flotteur.

Une seule espèce : *F. sultana.*

Plumatella (fig. 5.11)

Lophophore en fer à cheval. Forme de la colonie très variée, colonies massives ou buissonnantes, rampantes ou dressées. Ces variations peuvent concerner la même espèce et dépendent, dans ce cas, des conditions mésologiques. Statoblastes toujours de deux types : libres avec flotteur ou fixés. C'est le genre de Bryozoaires qui renferme le plus grand nombre d'espèces.

Hyalinella (fig. 5.12)

Lophophore en fer à cheval. Colonie gélatineuse ramifiée sur le substrat. Statoblastes lisses le plus souvent avec flotteur.

Une seule espèce : *H. punctata.*

Cristatella (fig. 5.15)

Lophophore en fer à cheval. Colonies gélatineuses mobiles de forme allongée. Le déplacement est très lent et ne dépasse pas quelques centimètres par jour. Statoblastes circulaires (diamètre environ 1 mm), pourvus de flotteur et portant de très nombreuses épines en forme de grappin.

Une seule espèce : *C. mucedo.*

Lophopus (fig. 5.13)

Lophophore en fer à cheval. Colonies gélatineuses massives en forme de thalle plus ou moins fortement digité. Statoblastes ovalaires avec flotteur s'étirant en une (ou deux) pointes courtes.

Une seule espèce : *L. crystallinus.*

Pectinatella (fig. 5.14)

Lophophore en fer à cheval. Colonies très massives gélatineuses. Statoblastes du même type que ceux de *Cristatella mucedo* mais le nombre d'épines est plus réduit, et celles-ci sont plus fortes. Cette espèce est d'origine nord-américaine.

Une seule espèce : *P. magnifica.*

RÉFÉRENCES

Aprosi G. 1988. Bryozoans in the cooling water circuits of a power plant. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 23: 1542-1547.

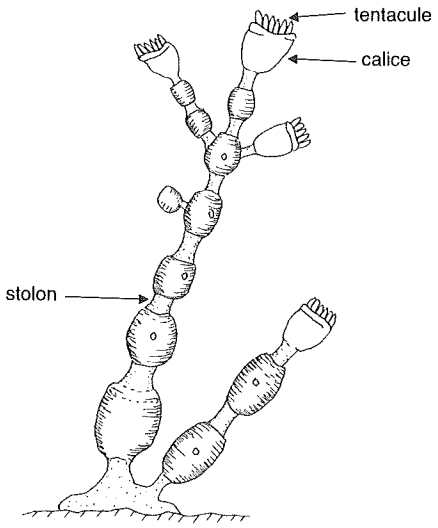
Brien P. 1960. Classe des Bryozoaires. In: « *Traité de zoologie* », tome 5, 2è fascicule, Grassé P. P. éd., Masson, Paris : 1054-1335.

Prenant M. et Bobin G. 1956. *Bryozoaires (Entoproctes, Phylactolèmes, Cténostomes).* F.F. n° 60, I, 398 p.

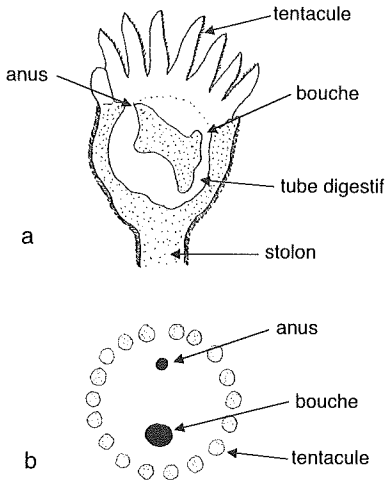
Wood T.S. et Okamura B. 2005. *A new key to the freshwater Bryozoans of Britain, Ireland, and Continental Europe*.FBA :113 p.

E. Bryozoaires

Cl. Entoproctes

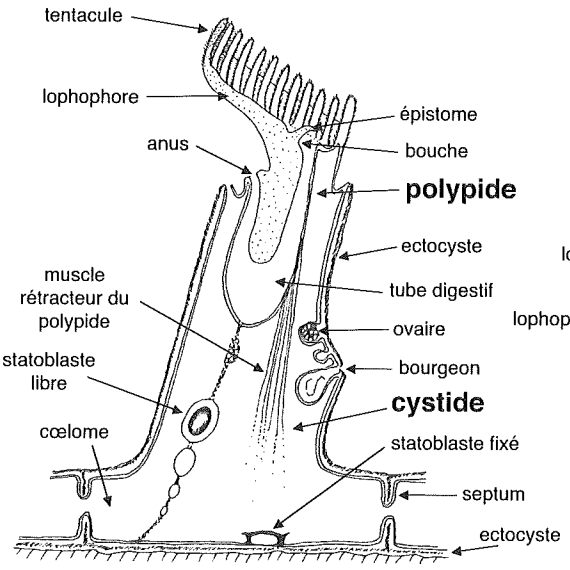


5.1 - *Urnatella*, colonie, vl

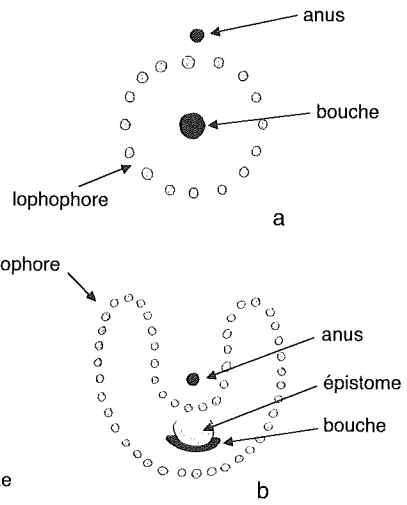


5.2 - a : calice, cl simplifiée ; b : coupe transversale au niveau des tentacules et position de la bouche et de l'anus

Cl. Ectoproctes

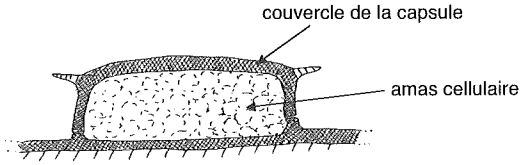


5.3 - Organisation schématique d'un Bryozoaire ectoprocte ; les différentes structures ne sont pas à la même échelle

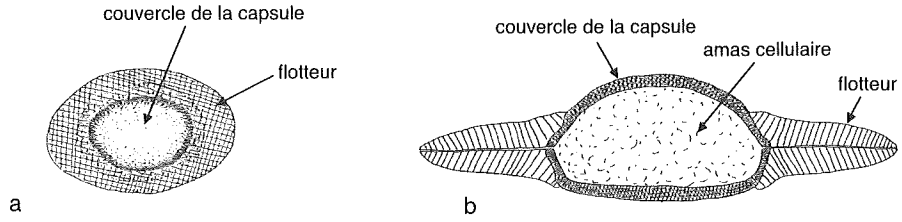


5.4 - Coupe transversale simplifiée au niveau du lophophore et position de la bouche et de l'anus.
a : Gymnolèmes ; b : Phylactolèmes

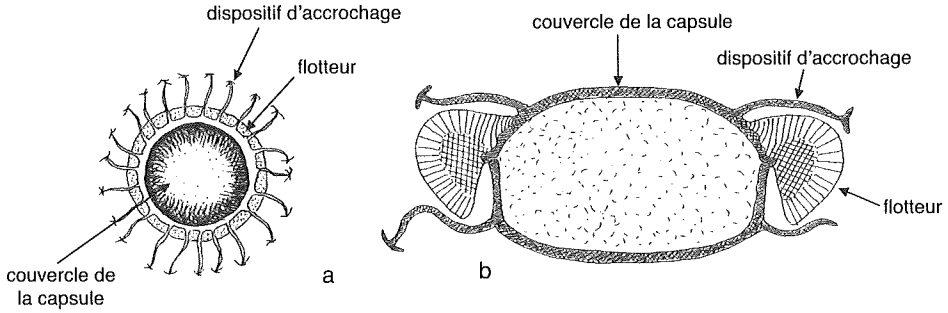
Cl. Ectoproctes 2



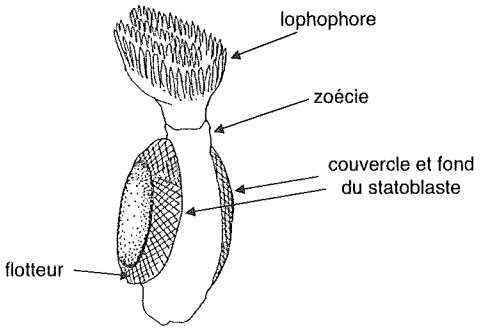
5.5 - Statoblaste fixé, ct



5.6 - Statoblaste libre avec flotteur. a : vd ; b : ct, adapté de Brien (1960)

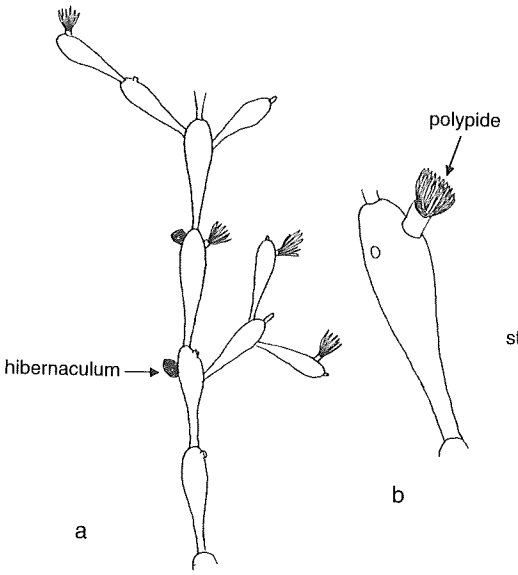


5.7 - Statoblaste libre avec flotteur et dispositifs d'accrochage.
a : vd ; b : ct, adapté de Brien (1960)



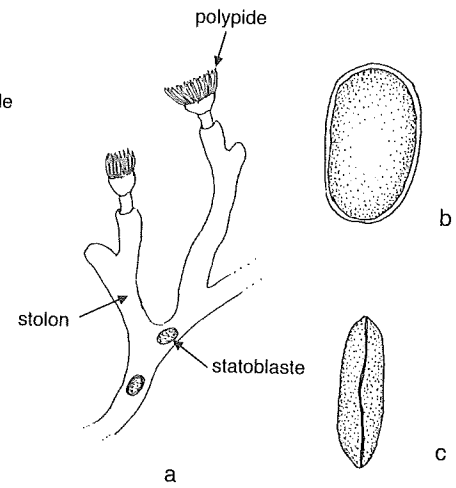
5.8 - Bourgeonnement d'une zoécie à partir d'un statoblaste avec flotteur

F. Paludicellidae



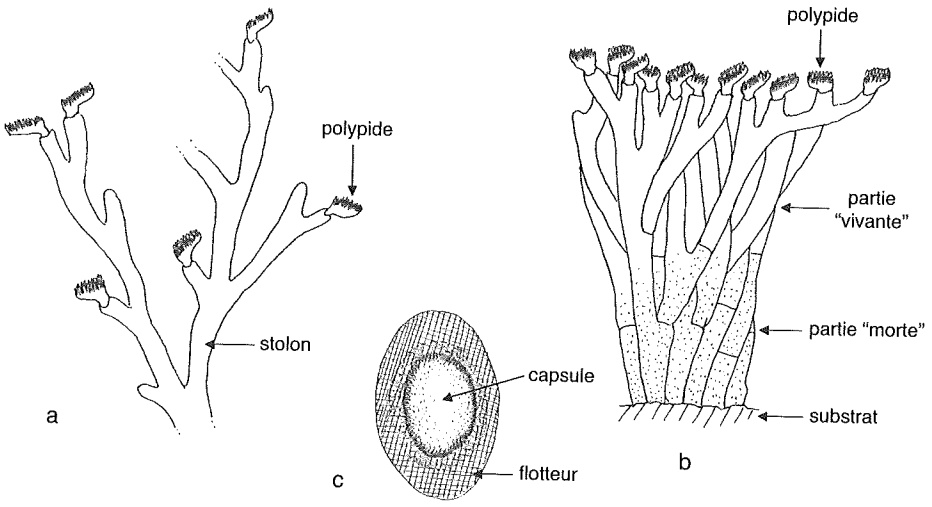
5.9 - *Paludicella*. a : fragment de colonie ; b : détail d'une zoécie

F. Fredericellidae



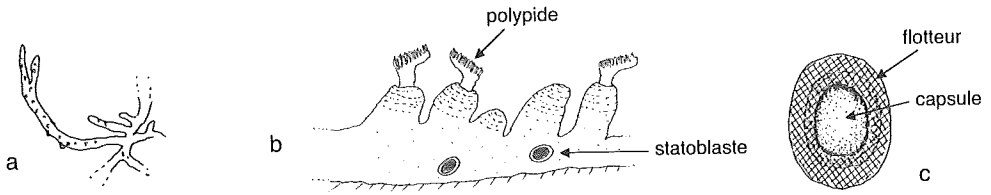
5.10 - *Fredericella*. a : fragment de colonie ; b et c : statoblaste libre, b : vd/vv, c : vl

F. Plumatellidae



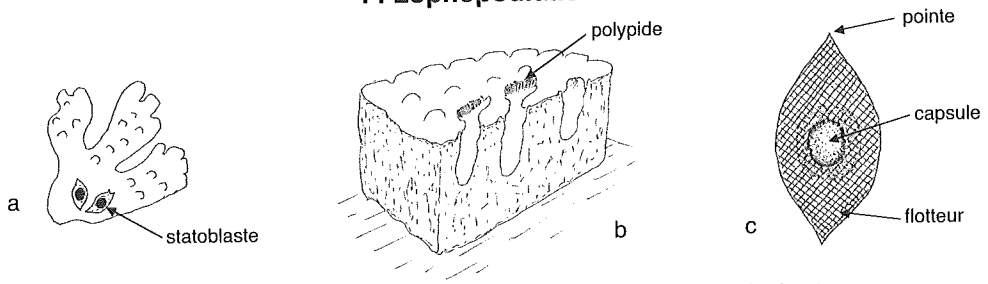
5.11 - *Plumatella*. a : fragment de colonie de type ramifié ; b : fragment de colonie de type encroûtant ; c : statoblaste libre avec flotteur

F. Plumatellidae 2



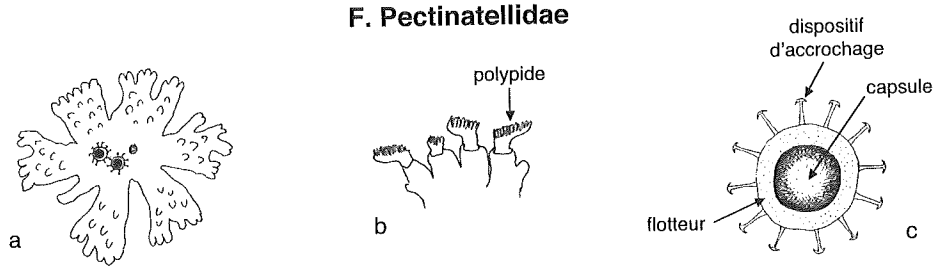
5.12 - *Hyalinella*. a : fragment de colonie ; b : détail de la colonie ; c : statoblaste libre avec flotteur

F. Lophopodidae



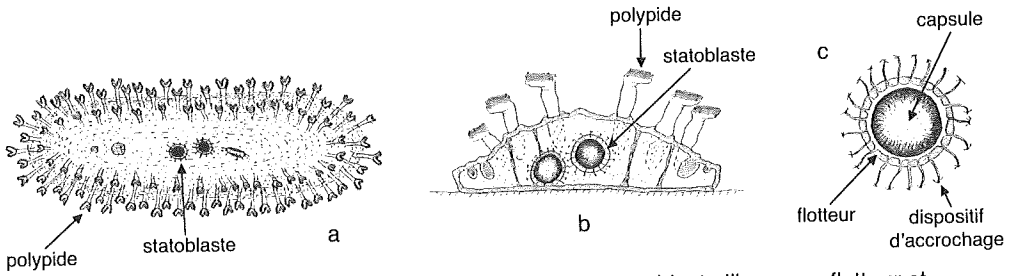
5.13 - *Lophopus*. a : fragment de colonie ; b : détail de la colonie ct ; c : statoblaste libre avec flotteur

F. Pectinatellidae



5.14 - *Pectinatella*. a : colonie étalée sur le substrat ; b : détail de la colonie ; c : statoblaste avec flotteur et dispositif d'accrochage, vd

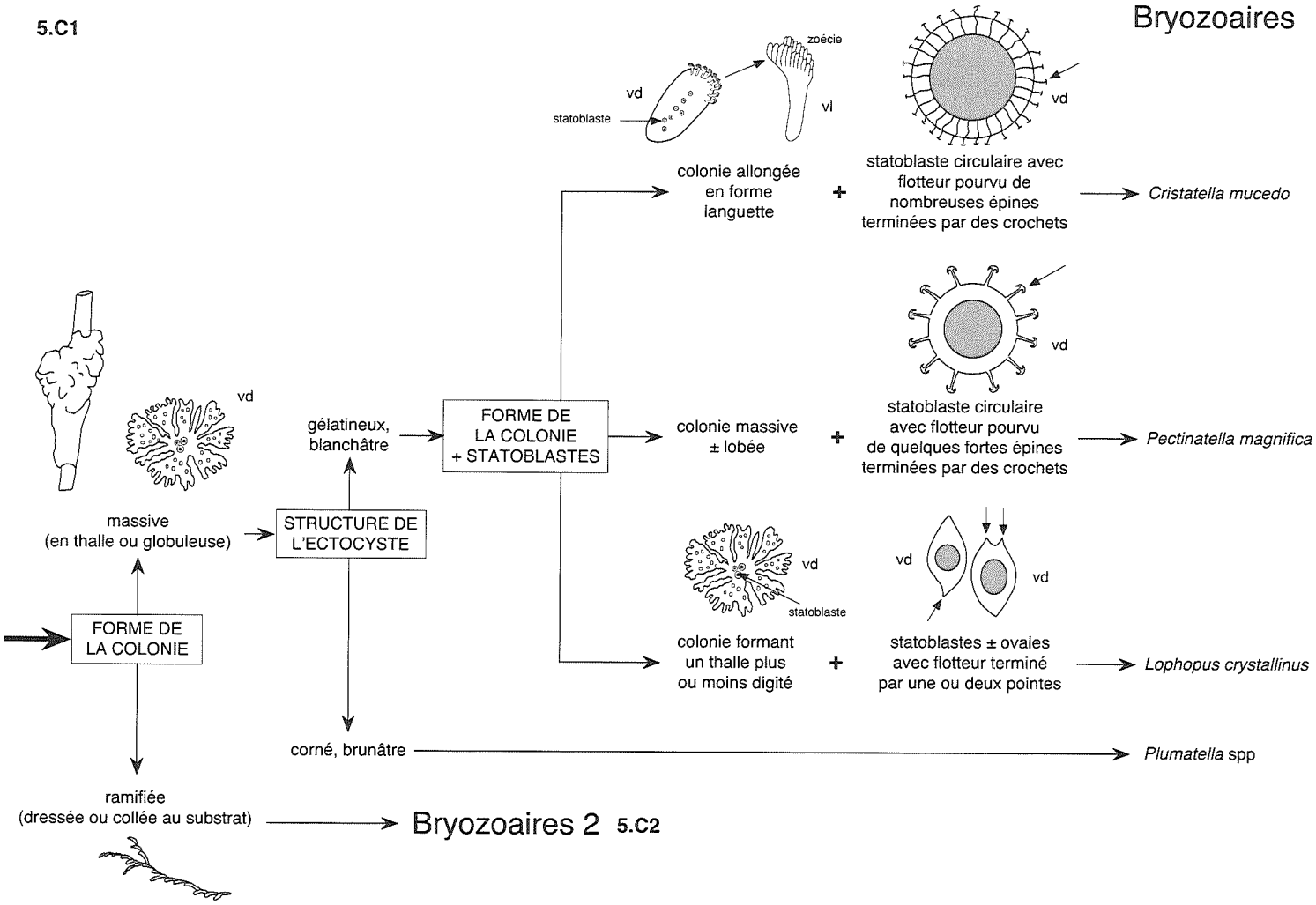
F. Cristatellidae



5.15 - *Cristatella* a : colonie, vd ; b : ct simplifiée ; c : statoblaste libre avec flotteur et dispositif d'accrochage

5.C1

Bryozoaires



5.C2

Bryozoaires 2

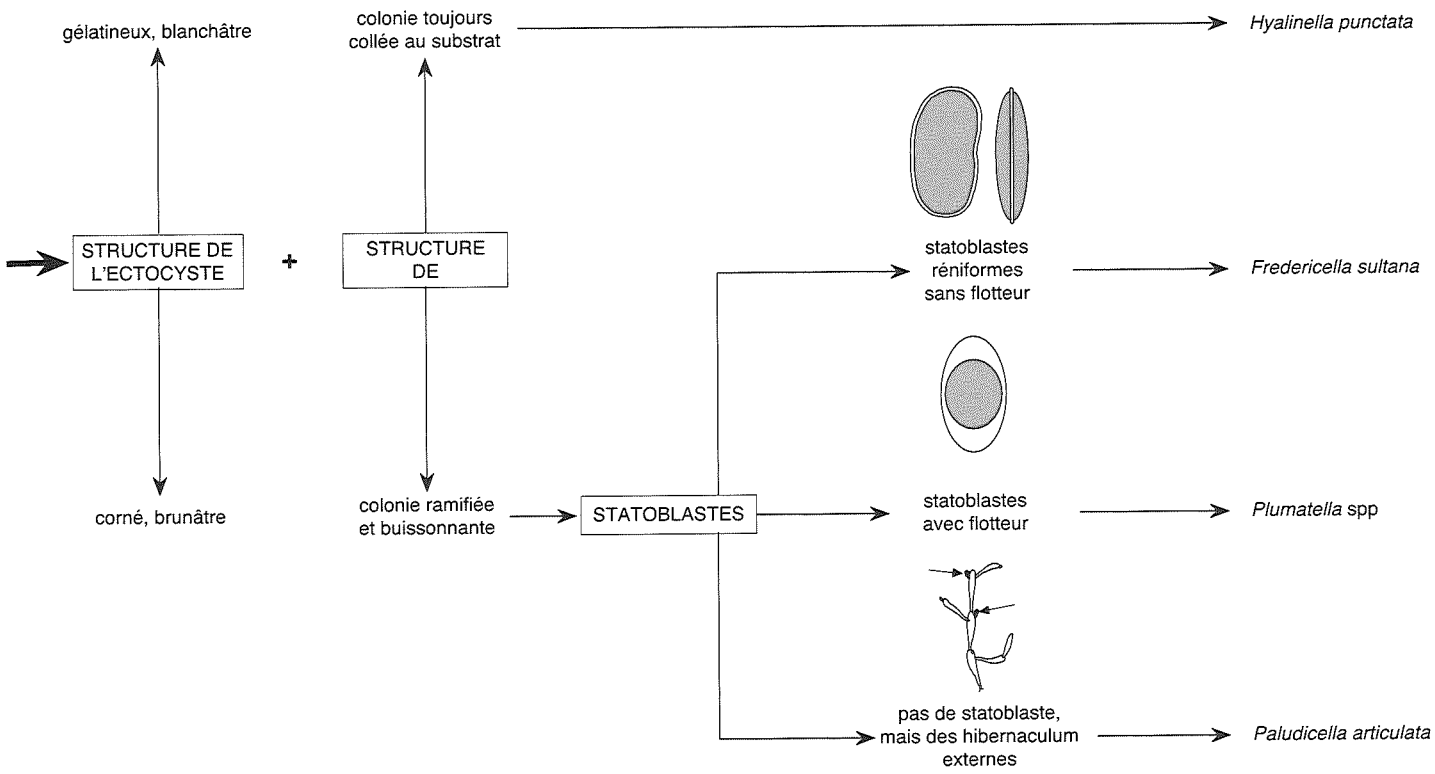


Tableau 5.T1 - Traits biologiques, physiologiques et écologiques : Spongiaires, Cnidaires, Plathelminthes, Némathelminthes et Bryozoaires

Traits N°	1							2		3			4			5				6			7					8					9		
Modalités	1	2	3	4	5	6	7	1	2	1	2	3	1	2	4	1	2	4	8	1	2	3	1	2	3	4	5	2	4	6	7	8	5	7	8
Spongilla lacustris					3	2	1	3			3		3	3	3	3			3	3			3					2	1		1		3		
Trochospongilla horrida					3	2	1	3			3		3	3	3	3			3	3			3					2	1		1		3		
Heteromyenia baileyi					2	1	1	3			3		3	3	3	3			3	3			3					2	1		1		3		
Ephydatia				1	3	1	1	3			3		3	3	3	3			3	3			3					2	1		1		3		
Hydra sl			3	2	1				3		3		3	3	3			2	3	3	1						3				3		1	3	
Cordylophora caspia					3	1		3			3		3	3	3			2	3	3	1		3			1					3			3	
Craspedacusta sowerbyi				3				3			3				3		3		3	3	1						2				3			3	
Polycelis			1	3					3		3		3	3	3			2	1	1	2		3							1		3		3	
Crenobia alpina				2	3				3		3		3	3	3			3	1	1	2		3									3		3	
Phagocata vitta				2	2				3		3		3	3	3			3	3		2		3									3		3	
Planaria torva				3					3		3		3	3	3			3			2		3	2								3		3	
Dugesia			1	2	3				3		3		3	3	3			2	2		2		2				1					3		3	
Dendrocoelum lacteum					3			3	1		3		3	3	3			3			3		3									3		3	
Bdellocephala punctata					3			3			3		3	3	3			3	2		3		3									3		3	
Prostoma graecense				3					3				3		3			3			3			3			3			1		5		3	
Mermithidae				3				1	1		3		3	1	2			3		2	1	1					3					5			3
Gordiacés							3	3	1	1	1	3	2	1	2			3		3	1	1		1	1	1	1					3			3
Urnatella gracilis		3						3		3			3	3	3	3			3	3	1						3		3				3		
Paludicella articulata	3							3		3			3	3	3	3			3	3	1		3					1	3		3		3		
Fredericella sultana					3	1		3		3			3	3	3	3			3	3	1		3					1	3		3		3		
Plumatella					2	3	2	3		3			3	3	3	3			3	3	1		3					1	3		3		3		
Hyalinella punctata					3	2	2	3		3			3	3	3	3			3	3	1		3					1	3		3		3		
Cristatella mucedo							3	3		3			3	3	3	3			3	3	1		3					1	3		3		3		
Lophopus crystallinus					3	1		3		3			3	3	3	3			3	3	1		3					1	3		3		3		
Pectinatella magnifica					3	1		3		3			3	3	3	3			3	3	1		3					1	3		3		3		

Traits N°	10	11			12						13			14				15		16					17		
Modalités	1	1	2	3	1	2	3	4	5	6	1	2	3	1	2	3	4	1	2	1	2	3	4	5	1	2	3
Spongilla lacustris	3		1	3		1	1	2	2	3	1	2				3		3	1	2	2	2	2		3	1	
Trochospongilla horrida	3		1	3				2	3	3	3					3		3		1	1	1	1		3		
Heteromyenia baileyi	3		1	3				2	3	3	3					3		3		1	1	1	1		3		
Ephydatia	3		3	3					2	3	1	3	2			3	1	3	3	2	2	2	2		3		
Hydra sl	3		3	3						3	3				3			3	1	2	2	2	2		3		
Cordylophora caspia	3		3	3						3		3				3		2	3				3		3		
Craspedacusta sowerbyi	3		3	3						3		3				3		3			3	3	3		3		
Polycelis	3	1	2	2	1	1	1	1	2	3	1	2	1		2	2		3	1	3	3	3	3	3	3	1	1
Crenobia alpina	3	3				1	2	3	3	3	3				3			3		3	3	3	1		2	3	2
Phagocata vitta	3	3					1	1	1		2			2	3	3	2	3		3		3	3	2	1	3	
Planaria torva	3	2						1	1	2	1	3	2			3	2	3					1		3		
Dugesia	3	1	2	2	1	2	2	3	3	3	1	2	2	1	2	3	1	3	1	1	3	3	3	1	3	1	
Dendrocoelum lacteum	3			3	1	1	1	3	3	3		2	3			2	1	3	1	3	3	3	3	3	3		
Bdellocephala punctata	3			3						3	1	1	1			1	1	3				3	2		3		
Prostoma graecense	3	1		3						3		1	1			1	1	3		3	3	3	3		3		
Mermithidae	3	1	1	1							1	1	1					3		1	1	1	1	1	3	1	
Gordiacés	3	3									3							3			3	1	3		1	2	
Urnatella gracilis	3		3	2					1	3		3				3		2	1				3		3		
Paludicella articulata	3	1		3						3	1	2			2	3		3	2	1	1	3	3		3		
Fredericella sultana	3			3					1	3	1	2	1			3		3	1	3	3	3	3		3	2	1
Plumatella	3			3		2	3	3	1		1	3	3		2	3	1	3	1	3	3	3	3	1	3	2	
Hyalinella punctata	3			3						3			3		3	1		3	1			1	3	1	3		
Cristatella mucedo	3	1		3						3	3	3			3	3		3		3	1	2	3		3	1	1
Lophopus crystallinus	3	2		2						3	3					3		3		3	1	1	3		3	1	
Pectinatella magnifica	3		3							3	3				3			3		3	1	1	3		3		

Traits N°	18								19							20								21						22			
Modalités	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	5	6	7	8	9	2	3	4	6	7	8	1	2	3	4
Spongilla lacustris				1	1	1		3	1	3	1			3		4	2		1		2		1		1				3	3	2	1	
Trochospongilla horrida								3	1	3	1			3		3			1		2				1				3	3	2	1	
Heteromyenia baileyi								3	1	3	1			3		3			1		2				1				3	3	2	1	
Ephydatia	1							3	1	3	1			3		1			3		2				1				3	3	2	1	
Hydra sl			1	1	1	1		1		4	3			2		3			3		3			1				3			3		
Cordylophora caspia						2	2		1	3						3			5		3				1				3	3	3		
Craspedacusta sowerbyi								3	1		3			3					2			2			3			2		3			
Polycelis	1	4	2	2	1	1		3	2	3	3	1	1	2	1	3			3		3	2		1		5	1			2	3	2	
Crenobia alpina	5	3	2					2	3	3				3		4					2	2				4	1			1	2	2	1
Phagocata vitta	3	1						4	1	1		1	3	1	3	2		2			2	2				4	1					3	1
Planaria torva		2	2	1	1	1		1		1				2		3			1							5					2	1	1
Dugesia		1	3	4	3	2		2	1	4	2			3		4			2			2	1	1		5				3	3	1	
Dendrocoelum lacteum	1	1	2	3	4	3		3		3	2		1	2		4						2				5				2	3	2	
Bdellocephala punctata								5						5		4			3			2				5				3	2		
Prostoma graecense				1	1			1	2	3	3			2		3	3		3		1	3	2		2					2	2	3	
Mermithidae		1	1	1	1				1	3						2			3				2		1	2		2		1	1	1	
Gordiacés	3	2						2		2	3					2	2	2	2						1	2		3		1	1	1	
Urnatella gracilis					1	1		3		3				2		3					3								3	3	2	1	
Paludicella articulata		1	1	1	1	1		1	2	3	1			3		3			1		3	1	1		1				3	2	3	2	1
Fredericella sultana				1	3	2		2		3	2			4		4		1	2		4		2		1				3	2	3	1	
Plumatella		1	1	2	3	2		2		3	2			2		3			4		4	1			1				3	3	3	1	
Hyalinella punctata					1	1		1		1	2			1		3			1		3				1				3	2	1		
Cristatella mucedo		1	1	1	1			1		1	1			1		3			3	1	2				1				3	3	1		
Lophopus crystallinus								5		1	2					3			3		2	2			1				3	3	3	2	1
Pectinatella magnifica				1	2	2		1		2		1		2		3			1		3				1				2	3	1		

CHAPITRE 6

OLIGOCHÈTES

La systématique des Oligochètes a été remaniée par Brinkhurst (1986). Deux « familles », rangées autrefois dans la classe des Oligochètes en ont été retirées ; ce sont les Aeolosomatidae et les Branchiobdellidae. Les Aeolosomatidae constituent maintenant la Classe des Aphanoneura ; ils sont de taille microscopique et ne sont donc pas traités ici. Les Branchiobdellidae constituent maintenant la classe des Branchobdellida.

1 - MORPHOLOGIE ET ANATOMIE

La classe des Oligochètes telle qu'elle vient d'être définie, correspond à des Annélides caractérisés fondamentalement par la présence de deux paires de faisceaux de soies : une paire latéro-dorsale et une paire latéro-ventrale (figs. 6.1, 6.2). Très exceptionnellement, il peut y avoir absence totale de soie comme cela est le cas chez un Enchytraeidae hyporhéique du genre *Achaeta*. Chez les individus sexuellement matures, il y a présence d'un épaississement glandulaire, le clitellum, qui est en relation avec l'appareil génital.

2 - BIOLOGIE

Les Oligochètes sont hermaphrodites. La reproduction sexuée aboutit à la production de cocons libres ou fixés. Le développement est de type direct. Du cocon sortent des Oligochètes miniatures avec en général un nombre réduit de segments.

La reproduction peut être asexuée chez les Naididae, certains Tubificidae et Lumbriculidae. Lorsqu'il y a reproduction asexuée, elle se fait par scissiparité avec, soit fragmentation : un individu se fragmente en plusieurs individus qui après régénération redonneront de nouveaux individus (cas de certains Tubificidae, Lumbriculidae et Naididae), soit paratomie : constitution de chaînes d'individus, les zoïdes (chez les Naididae) (fig. 6.19). Chez certains Naididae, on peut avoir production d'un individu tous les deux ou trois jours.

La croissance des Oligochètes résulte de deux processus : par formation de nouveaux segments et leur agrandissement ultérieur. Chez certains Oligochètes (notamment les Enchytraeidae), l'accroissement peut se poursuivre ainsi et un individu âgé aura un très grand nombre de segments. Chez les Naididae, notamment lorsque le nombre de segments atteint un certain seuil, il y a paratomie.

La durée de vie varie de quelques semaines, à quelques mois, voire quelques années, pour certains Tubificidae. Chez les Naididae, une seule génération par an ; chez les Tubificidae, la

maturité est atteinte entre six mois et deux ans ; chez les Lumbriculidae, le cycle vital est sur deux ans.

3 - ÉCOLOGIE

De nombreuses espèces sont holarctiques, voire cosmopolites. Certaines familles comme les Naididae et les Tubificidae sont exclusivement aquatiques (la majorité des espèces en eau douce, quelques rares espèces en milieu saumâtre ou marin) ; pour d'autres familles, seules quelques espèces sont aquatiques (eau douce, saumâtre ou marine), la majorité est terrestre (Enchytraeidae et Lumbricidae).

De très nombreuses espèces étant fouisseuses, beaucoup d'espèces sont plus ou moins strictement inféodées au milieu souterrain et ne sont donc pas prises en compte dans cet ouvrage (cf. Introduction).

Tubificidae, Enchytraeidae, Proppapidae, Haplotaxidae, Lumbriculidae et Lombriciens sont dans leur immense majorité des détritivores se nourrissant de matières organiques fortement décomposées. Les bactéries ingérées en même temps constituent probablement une part importante de ce régime alimentaire. Chez les Naididae, il y a également des détritivores, mais certaines espèces sont presque exclusivement algivores (*Stylaria lacustris*), d'autres carnivores (par exemple, *Chaetogaster diaphanus*), se nourrissent de protozoaires et de micrométazoaires.

En dépit de la présence de soies, les Oligochètes constituent une source de nourriture importante pour de très nombreux macroinvertébrés et aussi pour les poissons. Lorsque les conditions sont favorables (c'est-à-dire lorsqu'il y a une forte concentration de matière organique), une espèce comme *Tubifex tubifex* peut constituer des concentrations de plusieurs centaines d'individus sur quelques centimètres carrés (fig. 6.21). L'extrémité antérieure de chaque individu est enfoncée dans le sédiment tandis que la partie postérieure ondule à l'extérieur.

La majorité des Oligochètes étant endobenthique leur dispersion reste limitée. La dissémination peut cependant se faire grâce aux cocons qui sont entraînés passivement par le courant ou chez les Naididae grâce aux zoïdes.

4 - TECHNIQUES D'IDENTIFICATION

Les Oligochètes peuvent être fixés au formol à 10 % après la récolte. Ils doivent être ultérieurement stockés dans l'alcool à 70 °C. Les Oligochètes (sauf les Lombriciens) peuvent être montés entre lames et lamelles soit dans une goutte de polyvinyl lactophénol, soit dans un mélange à partie égale d'acide lactique et de glycérine. Dans le premier cas, les préparations peuvent être examinées après quelques jours à la température ambiante ou après quelques heures après passage à l'étuve à 110 °C. La détermination des familles, des genres et *a fortiori* des espèces, ne peut se faire, sauf cas exceptionnels, qu'au microscope.

La systématique, au moins au niveau des familles et de quelques genres, repose sur la structure et la disposition des soies mais, pour de nombreux genres et *a fortiori* la majorité des espèces, la systématique repose sur la structure de l'appareil génital, ce qui implique que seuls des individus matures peuvent être identifiés au niveau spécifique. Il n'est pas possible, dans le

cadre de cet ouvrage, d'atteindre un tel niveau de détermination ; nous nous limiterons donc à la détermination de quelques genres aisément identifiables, et nous regrouperons les autres dans des ensembles supragénériques.

La première difficulté, pour un non spécialiste, est de déterminer la position du prostomium. Celui-ci se reconnaît soit parce qu'il a une forme conique (cas le plus général), soit parce qu'il porte une trompe (cas particulier). S'il ne peut être observé, c'est que l'individu examiné s'est cassé lors du montage et ne peut donc être identifié.

Juste en arrière du prostomium se trouve le péristomium, numéroté I, qui porte une bouche ventrale ; les segments suivants : numérotés II, III, IV, etc., portent toujours des soies ventrales à partir du segment II. La situation est plus complexe dorsalement (cf. ci-après). Il est cependant possible, notamment si les soies capillaires sont présentes, de déterminer si les faisceaux observés sont dorsaux ou ventraux, tout en sachant que, compte tenu des difficultés de montage, il peut y avoir des phénomènes de torsion. Il est important de s'assurer que les soies observées sont bien dans le même plan.

Pour identifier un Oligochète, on peut prendre en compte les caractères décrits ci-après.

4.1 - Structure des soies

Les Oligochètes présentent différents types de soies, la plupart sont observables à un faible grossissement du microscope mais, dans certains cas, il est nécessaire d'utiliser un objectif à immersion (objectif 100 x). On distingue (fig. 6.3) :

— Des soies capillaires.

Elles sont présentes uniquement dans les faisceaux dorsaux. Elles sont soit terminées en pointes simples, soit fourchues dans certains cas. Elles peuvent parfois porter de fines barbules sur les côtés.

— Des soies en forme de crochets (plus simplement crochets).

Même si elles sont terminées en pointe simple, elles ne sont jamais aussi fines et longues que les précédentes. Elles présentent habituellement un léger renflement dans leur partie médiane (nodule) ; du côté interne, une hampe insérée dans un sac sétigère, et du côté externe une pointe présentant quelques différenciations. Ces crochets peuvent être plus ou moins droits, en baïonnette ou de forme sigmoïde.

D'après les différenciations externes, on distingue :

— des crochets en forme d'aiguille, dorsaux. Ils rappellent les soies capillaires, mais ils sont toujours beaucoup plus courts. Ils sont à pointe simple ou bifide ;

— des crochets à pointe simple, sigmoïdes ou droits, ils sont relativement massifs par rapport aux soies capillaires et aux précédents. Ils sont caractéristiques de la plupart des Enchytraeidae ;

— des crochets bifides sigmoïdes avec deux dents : la dent supérieure et la dent inférieure. Cette dernière peut être plus courte ou plus longue que la dent supérieure. Ce type de crochet se trouve dans les faisceaux dorsaux (souvent associés aux soies capillaires) et ventraux ;

— des crochets bifides pectinés ou crochets pectinés. Ils sont pourvus de dents intermédiaires. Ils sont fréquents dans les faisceaux dorsaux des Tubificidae.

4.2 - Implantation des soies

Les soies capillaires sont uniquement dorsales de même que les crochets pectinés, les soies bifides sont présentes dans les faisceaux dorsaux et ventraux. L'implantation des soies débute normalement au niveau du segment II ; cela est valable pour tous les faisceaux ventraux (fig. 6.1) ; au niveau dorsal cela est également vrai pour la plupart des familles sauf chez les Naididae où la présence de soies dorsales sur le deuxième segment constitue une exception

(*Pristina*), les soies débutent sur le segment III (*Amphichaeta*), sur le V (*Paranais*) ; dans les autres genres, les soies débutent au segment VI ; enfin, il existe un genre dépourvu de soies dorsales (*Chaetogaster*).

Outre les soies, quelques caractères peuvent être utilisés pour déterminer un genre (éventuellement une espèce) ou venir confirmer une information apportée par la structure des soies ou leur implantation.

4.3 - Taches oculaires (yeux) (figs. 6.5 à 6.11)

Certains Naididae portent des taches oculaires bien visibles, mais la plupart des Oligochètes sont aveugles.

4.4 - Trompe (figs. 6.5, 6.7, 6.25)

Chez certains Naididae, comme *Stylaria lacustris* et *Pristina*, chez un Lumbriculidae comme *Rhynchelmis* et chez *Propappus* (Propappidae), il y a présence d'une trompe.

4.5 - Papilles épidermiques (fig. 6.8)

Chez certaines espèces comme *Slavina* (Naididae), il existe des papilles sensorielles souvent couvertes de particules minérales. Ces papilles et leur couverture minérale peuvent permettre une détermination rapide de ces espèces.

4.6 - Branchies

Les oligochètes d'eau douce ont généralement une respiration de type intestinale et certains *Tubifex* peuvent être des anaérobies facultatifs. D'autres Oligochètes présentent des branchies anales logées dans une fossette branchiale *Dero* (Naididae) (fig. 6.14b). Chez *Branchiura sowerbyi* (Tubificidae), il existe des filaments branchiaux dans la partie postérieure (fig. 6.23).

4.7 - Appareil génital

Comme nous l'avons indiqué plus haut, nous n'envisageons pas d'utiliser l'appareil génital pour déterminer les Oligochètes à un niveau élémentaire, cependant, chez certaines espèces, cet appareil génital présente un caractère suffisamment spectaculaire pour pouvoir être utilisé par un non spécialiste. C'est le cas des deux pénis constamment saillants de *Stylodrilus heringianus* (Lumbriculidae) (fig. 6.27) ou le pénis qui fait saillie au niveau du segment XI chez *Potamothrix moldaviensis* (Tubificidae) (fig. 6.22).

5 - DIAGNOSE (clés 6.C1 à 6.C4)

La faune française comprend, d'après Giani (1984), 144 espèces réparties en 57 genres. Les trois principales familles sont représentées par les Naididae (17 genres), les Tubificidae (15 genres), les Enchytraeidae (10 genres) et les Lumbriculidae (5 genres). Les autres familles sont souvent représentées par un seul genre et parfois une seule espèce.

5.1 – Famille des Haplotaxidae (fig. 6.4)

Oligochètes très longs jusqu'à 300 mm, minces. Une seule soie par faisceau sétigère. Soies ventrales relativement grandes. Soies dorsales plus petites manquantes dans un certain nombre de segments. Superficiellement, les Haplotaxidae ressemblent à des adultes de Gordiacés, mais

la segmentation et la présence des soies (au moins dans les faisceaux ventraux) chez *Haplotaxis* évitent toute confusion.

Un seul genre *Haplotaxis*, avec une espèce relativement commune : *H. gordioides*.

5.2 – Famille des Naididae

Toujours plus de deux soies par faisceau (comme chez les Tubificidae, les Enchytraeidae et les Proppapidae) mais généralement longueur inférieur à 20 mm. Faisceaux de soies dorsaux débutant au segment VI exceptionnellement au segment II, III ou V ; chez un genre *Chaetogaster*, pas de soies dorsales. Soies capillaires présentes ou absentes. Des yeux peuvent être présents. Sur les 17 genres présents en France (Giani, 1984), 14 sont relativement communs et peuvent être identifiés.

Chaetogaster (fig. 6.12)

Le seul Oligochète sans soies dorsales. Longueur variable de 3,5 à 25 mm. Pharynx très développé, visible par transparence. Plusieurs espèces sont prédatrices.

Amphichaeta (fig. 6.16)

Soies dorsales débutant au niveau du segment III. Soies dorsales et ventrales identiques.

Ophidonais (fig. 6.9)

Soies dorsales droites et courtes débutant au segment VI. Quatre bandes plus sombres dans la région antérieure. Yeux présents. Longueur variable de 6-36 mm. C'est, avec *Chaetogaster*, une des rares espèces de « longs » Naididae.

Une seule espèce : *O. serpentina*.

Paranais (fig. 6.15)

Crochets sigmoïdes identiques ventralement et dorsalement. Soies dorsales débutant au segment V. Yeux absents.

Pristina (fig. 6.13)

Soies dorsales débutant au segment II. Souvent une trompe. Soies dorsales et ventrales peu différentes. Soies en pointe simple. Soies capillaires sur le segment III plus longues que les autres.

Dero (fig. 6.14)

Branchies dans une cupule postérieure. Yeux absents. Animal vivant dans un tube.

Stylaria (fig. 6.5)

Tous les faisceaux sétigères dorsaux avec moins de dix soies. Toujours une trompe et des yeux. Tendance planctonique.

Une seule espèce : *S. lacustris*.

Slavina (fig. 6.8)

Corps recouvert de microparticules minérales et organiques. Soies dorsales du segment VI plus longues que celles des segments suivants.

Une seule espèce : *S. appendiculata*.

Vejdovskyella (fig. 6.18)

Soies des faisceaux dorsaux barbulés. Au moins trois soies capillaires par faisceau.

Specaria et *Piguetiella* (fig. 6.17)

Deux genres (avec chacun une espèce *S. rosinae* et *P. blanci*) très proches. Soies fortes, bifides, fortement arquées. Yeux absents. Deux à six soies par faisceau.

Nais (fig. 6.6)

Soies débutant au segment VI. Soies variant en conformation et structure de l'avant vers l'arrière. Toujours des soies capillaires. Yeux habituellement présents. Très nombreuses espèces.

Uncinais (fig. 6.10)

Soies débutant au segment VI. Présence d'yeux. Crochets identiques dorsalement et ventralement.

Ripistes (figs. 6.7, 6.11)

Soies débutant au segment VI. Très grandes soies capillaires sur les segments VI à VIII. Présence d'yeux. Une trompe. Animal vivant dans un tube et utilisant ses grandes soies dorsales pour récolter des particules en suspension.

Une seule espèce : *R. parasita.*

5.3 – Famille des Tubificidae (fig. 6.20)

Nombre de soies par faisceau toujours supérieur à deux (comme chez les Naididae, les Enchytraeidae et les Proppapidae). Soies dorsales débutant toujours au deuxième segment. Jamais d'yeux. Soies des faisceaux dorsaux bifides ou pectinées. Taille dépassant 20 mm. Soies capillaires présentes ou absentes. La systématique des genres de Tubificidae est basée essentiellement sur la structure de l'appareil génital (donc sur des individus matures). On peut cependant séparer les Tubificidae en deux groupes : Tubificidae avec soies capillaires et Tubificidae sans soies capillaires. Cette distinction, bien qu'en apparence peu précise, a un intérêt comme le montre son utilisation dans un indice biotique proposé par Lafont (1983). Deux espèces présentent des caractères suffisamment originaux pour pouvoir être identifiées :

Potamothrix moldaviensis (fig. 6.22)

Le pénis (chez les individus sexuellement matures) sans gaine fait saillie à l'extérieur. Pas de soies capillaires. Toutes les soies sont bifides avec dent latérale d'égale longueur.

Branchiura sowerbyi (fig. 6.23)

Extrémité postérieure (40 % de la longueur) avec filaments branchiaux dorsaux-ventraux. Faisceaux dorsaux avec jusqu'à trois paires de soies capillaires et dix soies bifides avec une dent supérieure si petite que le crochet apparaît comme à pointe simple.

5.4 – Famille des Lumbriculidae (fig. 6.26)

Jamais plus de deux soies par faisceau (comme chez les Lombriciens), mais corps relativement translucide. Diamètre du corps toujours inférieur à 2 mm. La systématique des genres de Lumbriculidae est basée essentiellement sur la structure de l'appareil génital (donc sur des individus matures). Cependant, une espèce présente des caractères suffisamment originaux pour pouvoir être identifiée :

Stylodrilus heringianus (fig. 6.27)

Les individus sexuellement mûrs présentent deux pénis exertiles. Le corps présente en outre une segmentation superficielle secondaire (alternance de segments étroits et larges).

5.5 – Famille des Enchytraeidae (fig. 6.24)

Des représentants en milieu terrestre et en milieu aquatique. Nombre de soies par faisceau toujours supérieur à deux (comme chez les Naididae, les Tubificidae et les Proppapidae). Toutes les soies sont à pointe simple avec une disposition en éventail caractéristique. Soies dorsales débutant toujours au deuxième segment. Jamais de soies capillaires. Longueur supérieure à 20 mm. Pas d'yeux. Comme pour les Tubificidae et les Lumbriculidae, la systématique des genres et *a fortiori* des espèces reste strictement du domaine du spécialiste.

5.6 – Famille des Proppapidae (fig. 6.25)

Une seule espèce : *Proppapus volki*. Cette espèce faisait partie, jusqu'en 1986, de la famille des Enchytraeidae. Elle est maintenant incluse dans la famille des Proppapidae (Coates, 1986). Corps blanchâtre, présence d'une trompe. Soies en aiguilles disposées en éventail comme chez les Enchytraeidae, mais pointes bifides à l'extrémité.

5.7 – Famille des Lumbricidae

Les Lumbricidae sont essentiellement terrestres, quelques genres sont aquatiques. Ils se caractérisent par la présence de deux soies par faisceau, un corps opaque (et non translucide comme chez les Lumbriculidae) et un diamètre du corps supérieur à 2 mm. Présence d'un gésier en avant de l'intestin.

Deux espèces sont relativement communes :

Eiseniella tetraedra (fig. 6.28)

C'est l'espèce la plus commune et la plus aquatique. Elle est caractérisée par sa section quadrangulaire en arrière du clitellum. Clitellum du segment 22 à 27. Les soies en crochets sigmoïdes sont à pointe simple.

Dendrobaena subrubicunda

C'est une autre espèce de Lumbricidae, à section circulaire de couleur rouge. Clitellum du segment 26 à 32. Cette espèce est plus ripicole qu'aquatique.

5.8 – Famille des Sparganophilidae

Les Sparganophilidae sont essentiellement terrestres ; un genre est aquatique. Ils se caractérisent par la présence de deux soies par faisceau, un corps opaque (et non translucide comme chez les Lumbriculidae) et un diamètre du corps supérieur à 2 mm. Pas de gésier en avant de l'intestin. Il existe une espèce aquatique relativement commune :

Sparganophilus tamesis

Comme *Dendrobaena subrubicunda*, cette espèce est également ripicole et se rencontre dans les sables vaseux des scirpaies et phragmitaies.

RÉFÉRENCES

Brinkhurst R. O. 1971. *A guide for the identification of British Aquatic Oligochaeta.* F.B.A., 22 ,55 p.

Brinkhurst R.O. et Jamieson B. G. M. 1971. *Aquatic Oligochaeta of the World.* Oliver & Boyd, Edinburgh, 860 p.

Coates K. A. 1986. Redescription of the Oligochaeta genus *Propappus*, and diagnosis of the new family Propappidae (Annelida : Oligochaeta). *Proc. Biol. Soc. Wash.*, 99 : 417-428.

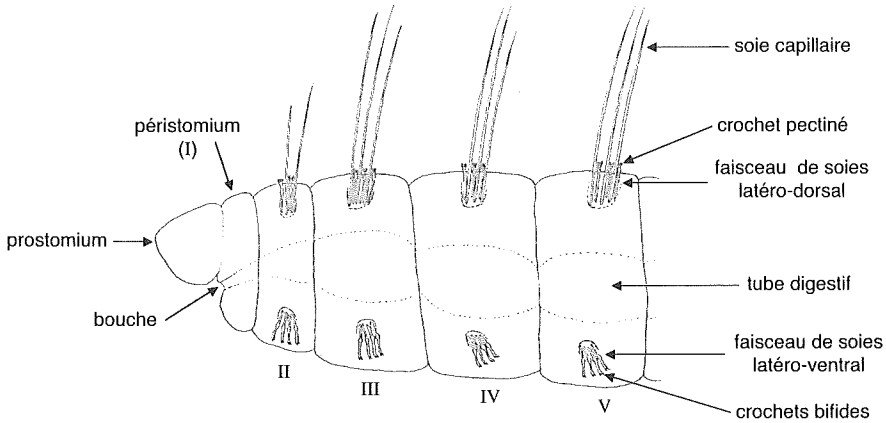
Giani N. 1984. Contribution à l'étude de la faune d'eau douce et plus particulièrement des Oligochètes. II. Les Oligochètes aquatiques : taxinomie, répartition et écologie. Thèse, université P. Sabatier, Toulouse. 165 p.

Lafont M. 1983. *Annélides Oligochètes.* A.F.L., 3, 29 p.

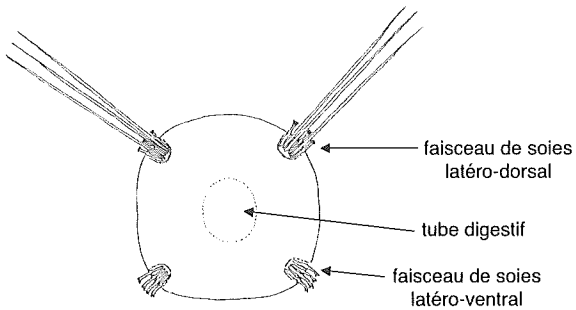
Timm T. 2009. *A guide to the freshwater Oligochaeta and Polychaeta of Northern and Cental Europe.*Lauterbornia, 66 : 1-235.

Traits biologiques et écologiques, cf. tableau 7.T1.

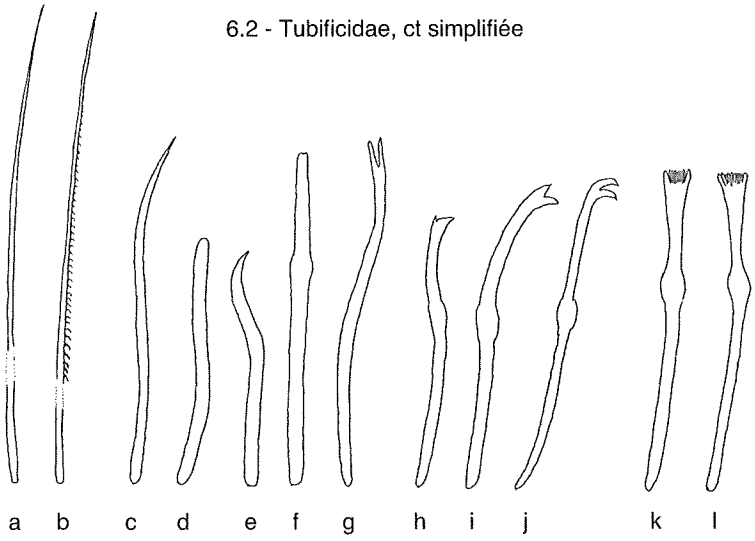
Cl. Oligochètes



6.1 - Tubificidae, région antérieure, vl

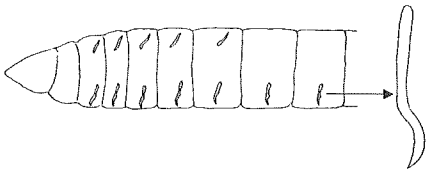


6.2 - Tubificidae, ct simplifiée



6.3 - a et b : soie capillaire simple ou barbulée ; c à g : crochets à pointe simple ou bifide ; h à j : crochets sigmoïdes bifides ; k et l : crochets pectinés

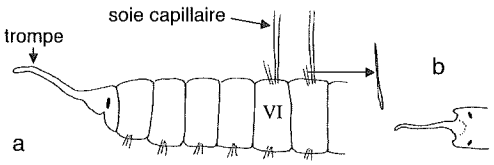
F. Haplotaxidae



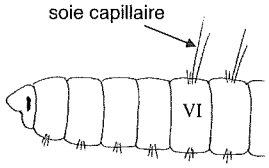
6.4 - *Haplotaxis*, région antérieure vl

F. Naididae

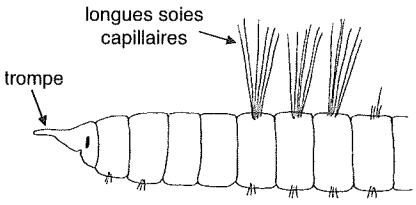
Naididae avec yeux



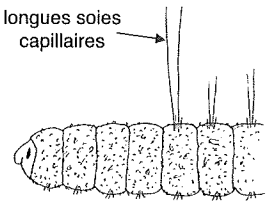
6.5 - *Stylaria*. a : région antérieure vl ; b : région antérieure vd.



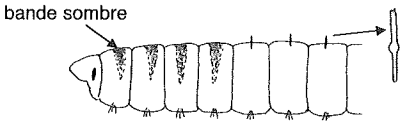
6.6 - *Nais*, région antérieure vl



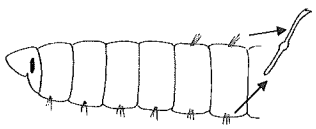
6.7 - *Ripistes*, région antérieure vl



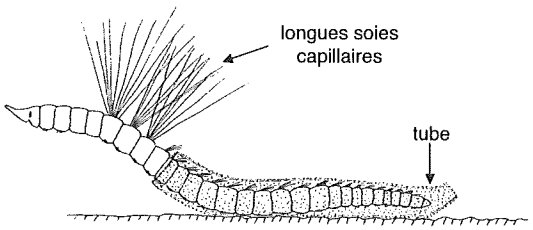
6.8 - *Slavina*, région antérieure vl



6.9 - *Ophidonais*, région antérieure vl



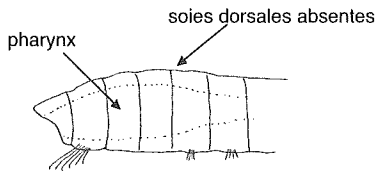
6.10 - *Uncinais*, région antérieure vl



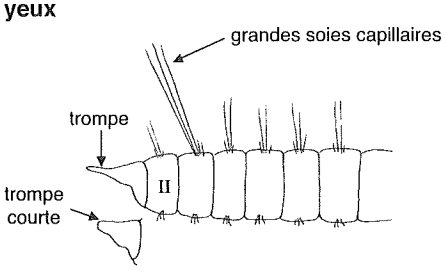
6.11 - *Ripistes* dans son tube, vl

F. Naididae 2

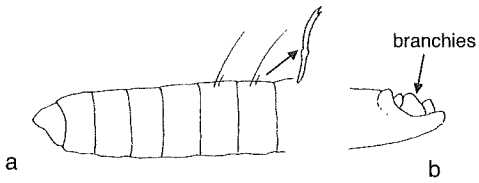
Naididae sans yeux



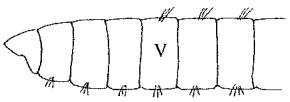
6.12 - *Chaetogaster*, région antérieure vl



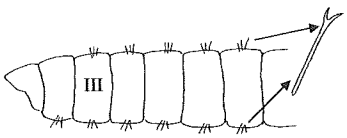
6.13 - *Pristina*, région antérieure vl



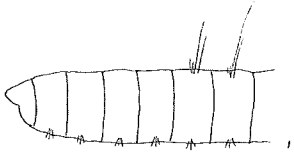
6.14 - *Dero*. a : région antérieure vl ;
b : région postérieure vl



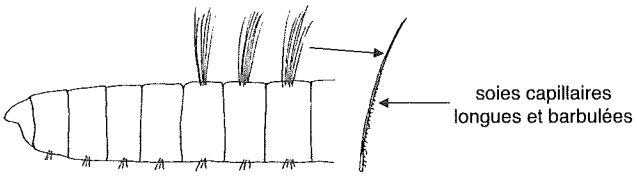
6.15 - *Paranais*, région antérieure vl



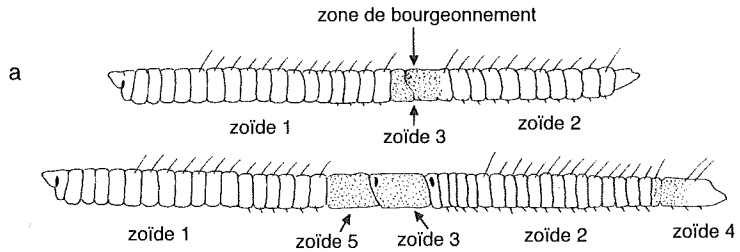
6.16 - *Amphichaeta*, région antérieure vl



6.17 - *Specaria* - *Piguetiella*
région antérieure vl

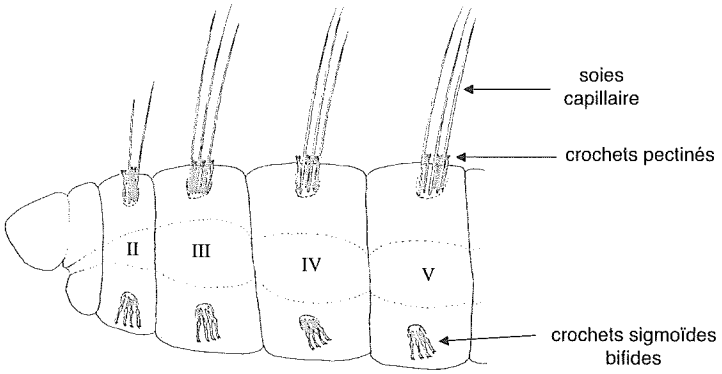


6.18 - *Vejdovskyella*, région antérieure vl

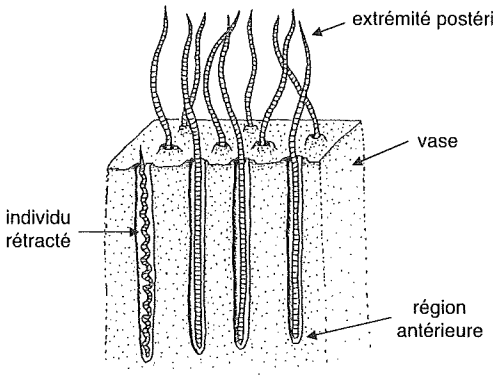


6.19 - Reproduction asexuée par paratomie chez *Nais* aboutissant à la création d'une chaîne de zoïdes. a : première étape ; b : deuxième étape

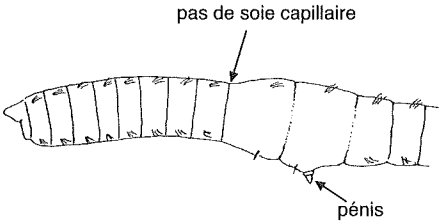
F. Tubificidae



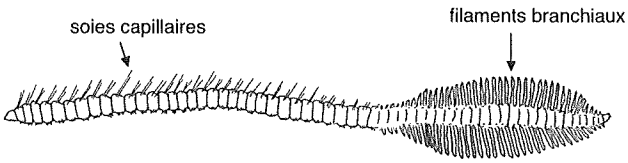
6.20 - Tubificidae avec soies capillaires, région antérieure vl



6.21 - Groupe de *Tubifex* enfoncés dans la vase

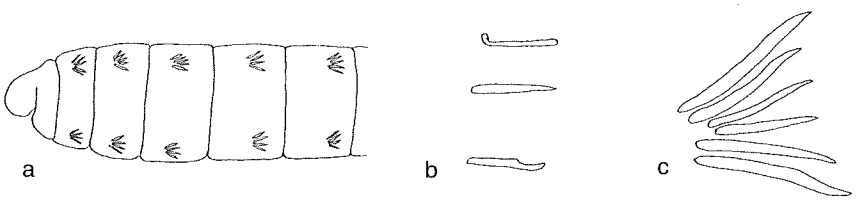


6.22 - *Potamothrix moldaviensis* région antérieure vl



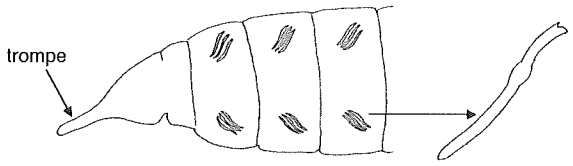
6.23 - *Branchiura sowerbyi*, vl

F. Enchytraeidae



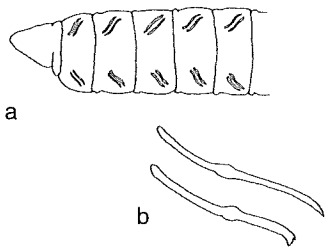
6.24 - Enchytraeidae. a : région antérieure vl ; b : différents types de soie ; c : un faisceau de soies.

F. Proppapidae

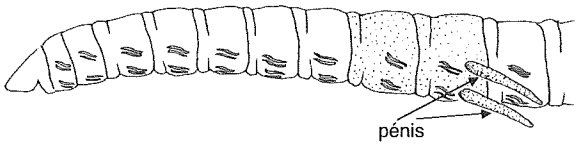


6.25 - *Proppapus*, région antérieure vl

F. Lumbriculidae

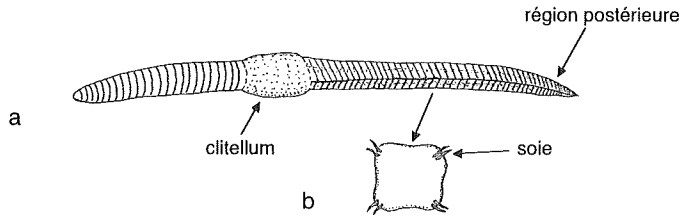


6.26 - Lumbriculidae. a : région antérieure vl ; b : 2 types de crochets



6.27 - *Stylodrilus heringianus*, région antérieure vl

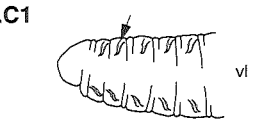
F. Lumbricidae



6.28 - *Eiseniella tetraedra*. a : individu, vue dorso-latérale ; b : ct dans la région postérieure

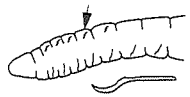
6.C1

Oligochètes



= 1 ou 2

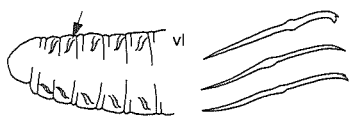
NOMBRE DE SOIES PAR FAISCEAU



1 soie par faisceau (soies parfois absentes de certains faisceaux) → **F. Haplotaxidae**

NOMBRE DE SOIES PAR FAISCEAU

2 soies par faisceau



LONGUEUR + DIAMETRE + TRANSPARENCE DU CORPS

L : 10-40 mm
∅ < 2 mm
corps translucide → **F. Lumbriculidae**

L > 50 mm
∅ > 2 mm
corps opaque → **F. Lumbricidae & F. Sparganophilidae** cf. diagnoses





présente → **F. Proppapidae**

soie à pointe simple (exceptionnellement bifide) + corps de couleur blanchâtre à blanc rosé + premier faisceau de soies dorsales au II^{è}

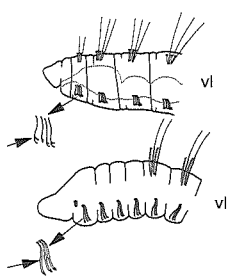
TROMPE

absente → **F. Enchytraeidae**

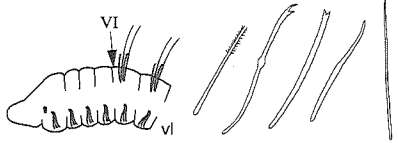


> 2

FORME DES SOIES + COULEUR + PREMIER FAISCEAU DE SOIES DORSALES

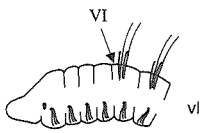


soie de forme variée + corps de couleur rouge ou corps transparent + premier faisceau de soies dorsales du II au VI^{è}



→ **Oligochètes 2**

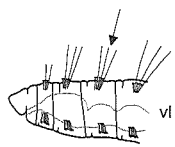
Oligochètes 2



L en général < 20 mm + corps transparent
+ premier faisceau de soies dorsales au VIè
(rarement II, III, V ou absent)

→ **F. Naididae**

LONGUEUR + COULEUR DU CORPS
+ PREMIER FAISCEAU DE SOIES

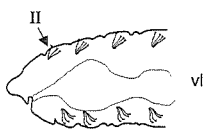


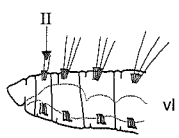
présentes → **F. Tubificidae** avec soies

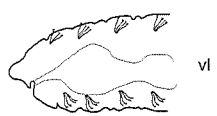
L en général > 20 mm + corps de couleur rouge

→ SOIES CAPILLAIRES

absentes → **F. Tubificidae** sans soies

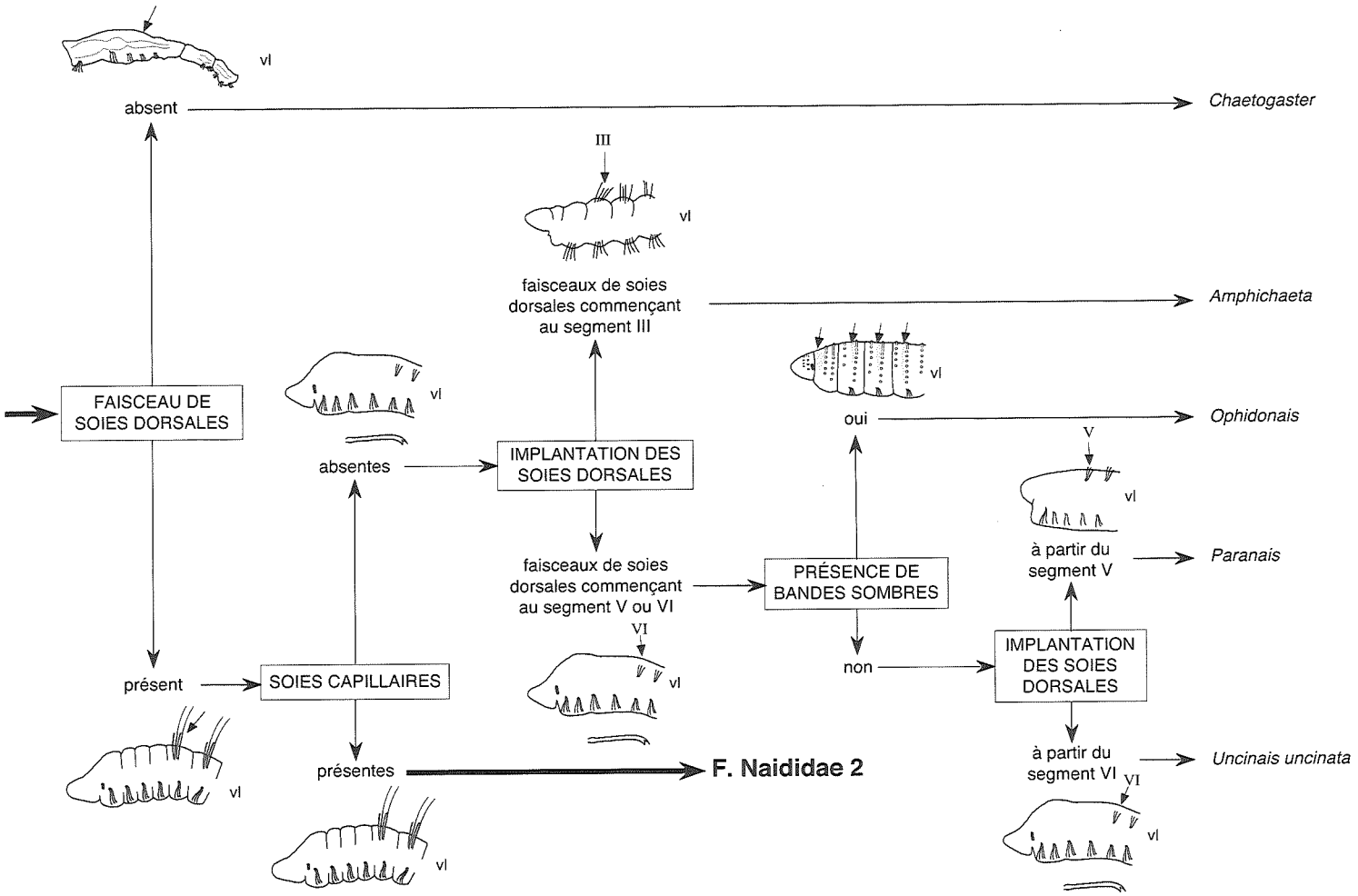






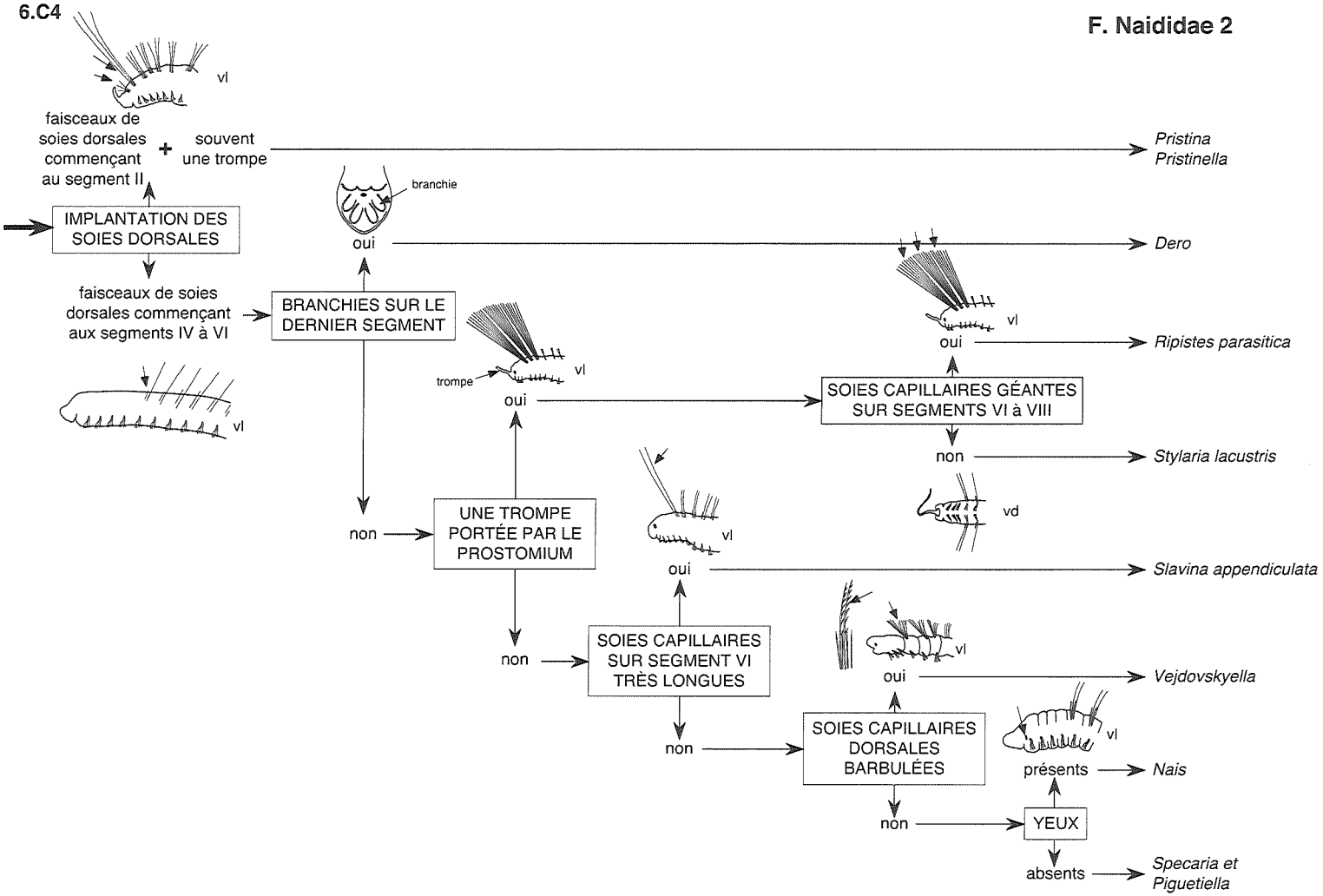
6.C3

F. Naididae



6.C4

F. Naididae 2



CHAPITRE 7

ACHÈTES ou HIRUDINÉES

et BRANCHIOBDELLIDA

ACHÈTES

Les Achètes (ou sangsues) constituent une classe d'Annélides. Les sangsues sont présentes aussi bien en milieu marin qu'en eau douce. Dans les pays tropicaux, certaines espèces sont terrestres. En Europe, une espèce comme *Trocheta bykowskii* peut quitter le milieu aquatique pour aller chercher dans les prairies riveraines les lombrics dont elle se nourrit. Plusieurs espèces sont parasites (ecto- ou mésoparasites), mais peuvent mener une vie libre à la recherche de leur hôte.

1 - MORPHOLOGIE ET ANATOMIE

Tous les Achètes présentent une ventouse antérieure, où s'ouvre la bouche, et une ventouse postérieure (fig. 7.2b). L'anus est dorsal et s'ouvre en avant de la ventouse postérieure. Comme chez tous les Annélides, le corps est segmenté, mais la segmentation superficielle (anneau) ne correspond pas toujours à la segmentation interne.

Les Achètes sont hermaphrodites ; les orifices génitaux sont situés ventralement au niveau du tiers antérieur ; l'orifice génital mâle est situé en avant de l'orifice génital femelle (fig. 7.2b).

Toutes les sangsues ont des yeux ; leur nombre varie de deux à dix.

2 - BIOLOGIE

La reproduction est exclusivement sexuée et croisée. Après la reproduction, il y a formation d'un cocon dans lequel les œufs sont déposés. Le développement est de type direct. Chez les Piscicolidae et les Erpobdellidae, le cocon à paroi relativement épaisse est collé au substrat (fig. 7.16), chez les Glossiphoniidae le cocon est à paroi mince ; il reste fixé sur la face ventrale du géniteur qui va transporter ce cocon jusqu'à éclosion des jeunes sangsues (fig. 7.4).

À partir de l'éclosion, la croissance des jeunes sangsues est relativement rapide et la reproduction prend place avant la fin de la première année. La durée de vie peut être de

plusieurs années, pour des espèces hématophages comme *Hirudo medicinalis*, et en général d'une année chez les autres espèces, les adultes mourant après la reproduction.

3 - ÉCOLOGIE

Les sangsues sont distribuées sous presque toutes les latitudes en milieu stagnant comme en milieu courant. Leur résistance à des conditions d'hypoxie a été souvent testée, ce qui explique que dans des secteurs où la pollution organique est élevée elles sont souvent les seuls prédateurs.

Les sangsues sont soit prédatrices, se nourrissant de proies qu'elles avalent entières ou dont elles perforent les téguments pour aspirer l'hémolymphe, soit « parasites » pompant le sang de leur hôte qui est généralement un vertébré : poisson (*Piscicola geometra*) ou oiseau (*Theromyzon tessulatum*). Chez *Hirudo medicinalis,* les jeunes seraient prédateurs de macroinvertébrés, alors que les adultes sont strictement hématophages.

En milieu lotique, la dispersion est assurée par les jeunes qui peuvent être entraînés par le courant ; elle peut être active grâce au déplacement des adultes ; comme pour d'autres groupes, les cocons fixés sur un support peuvent être emportés par l'Homme ou d'autres animaux, enfin chez *Theromyzon tessulatum*, l'hôte, un oiseau, assure lui-même la dissémination de son parasite.

4 - TECHNIQUES D'IDENTIFICATION

L'identification au niveau spécifique (et dans certain cas générique) ne peut se faire que sur du matériel frais ; elle reste parfois possible avec du matériel fixé, mais requiert alors une bonne connaissance préalable du groupe. Compte tenu de la grande mobilité des sangsues, il est impossible de faire une détermination sur du matériel vivant, il importe donc de tuer les animaux de façon progressive en ajoutant en goutte à goutte de l'alcool à 70° sur une période de 30 minutes environ. Lorsque les mouvements cessent, les sangsues doivent être légèrement pressées pour éliminer le contenu du tube digestif toujours opaque et une partie du mucus. Elles peuvent être placées entre deux lames au moment où l'on ajoute le fixateur. D'autres anesthésiques peuvent être utilisés, mais la technique décrite ci-dessus est la plus simple (Elliott et Mann, 1979).

Au niveau générique, l'identification est basée sur la forme et la consistance du corps, le nombre et la disposition des yeux, la segmentation superficielle (anneaux), et dans certains cas, le nombre d'anneaux séparant les deux orifices génitaux.

5 - DIAGNOSE (Clés 7.C1 et 7.C2)

Les tailles données pour chaque genre correspondent à celles d'individus adultes au repos.

5.1 – SOUS-ORDRE DES RHYNCHOBDELLIFORMES

Sangsues caractérisées par la présence d'une trompe dévaginable (fig. 7.3) qui leur permet de sucer l'hémolymphe (invertébrés) ou le sang (vertébrés) de leurs proies (formes prédatrices) ou de leurs hôtes (formes parasites).

5.1.1 – Famille des Glossiphoniidae

Sangsues aplaties se déplaçant uniquement par reptation en utilisant leurs ventouses au cours de leur déplacement. Ventouse antérieure étroite et peu distincte. Certaines espèces sont prédatrices, d'autres ectoparasites. Le cocon à paroi mince reste fixé au corps de l'adulte dans une dépression ventrale, mais il s'agit seulement d'un transport par l'adulte, il n'y a aucun échange entre l'adulte et les embryons (fig. 7.4).

Glossiphonia (fig. 7.7 a et b)

Trois paires d'yeux avec parfois des fusions réduisant le nombre d'yeux à une paire. Corps de consistance plutôt ferme. Coloration du dos variable selon les espèces. Nourriture surtout basée sur les Mollusques même si la prédation s'exerce sur d'autres invertébrés. Jusqu'à 30 mm.

Helobdella (fig. 7.6)

Une paire d'yeux. Sangsues blanchâtres. Une plaque cornée dorsale dans le quart antérieur. Suce l'hémolymphe des invertébrés, et plus particulièrement des Chironomides. Jusqu'à 15 mm.

Une seule espèce : *H. stagnalis.*

Hemiclepsis (fig. 7.5)

Tête élargie et spatulée. Deux paires d'yeux. Couleur de fond variable, mais toujours présence de sept rangées longitudinales de taches jaunes. Les *Hemiclepsis* sucent le sang des Poissons, des Amphibiens et notamment des têtards. Jusqu'à 20 mm.

Une seule espèce : *H. marginata.*

Haementeria (= Placobdella) (fig. 7.8)

Corps très plat. Une paire d'yeux. Consistance plutôt molle. Bouche située au bord antérieur de la ventouse buccale et non au centre comme chez les autres Glossiphoniidae. *Haementeria* suce le sang des vertébrés (des Poissons jusqu'aux Mammifères). Jusqu'à 70 mm.

Une seule espèce : *H. costata.*

Boreobdella

Trois paires d'yeux comme chez *Glossiphonia*, mais corps de consistance molle. Présence de tubercules sur le dos. Sur la face dorsale deux lignes sombres régulièrement interrompues. *Boreobdella* suce le sang des Amphibiens. Jusqu'à 25 mm.

Une seule espèce : *B. verrucata.*

Batracobdella (fig. 7.7c)

Corps de consistance molle. Pas de tubercule sur la face dorsale. Deux paires d'yeux avec fusion possible des deux premiers. Sur la face dorsale, deux lignes sombres régulièrement interrompues. *Batracobdella* suce le sang des Amphibiens et des Mollusques. Jusqu'à 10 mm.

Une seule espèce : *B. paludosa.*

Theromyzon (fig. 7.9)

Quatre paires d'yeux. Corps de consistance molle, translucide. Parasite les Oiseaux en se fixant au niveau des narines. Cette espèce peut être transportée par son hôte sur de grandes distances. Jusqu'à 30 mm.

Une seule espèce : *T. tessulatum.*

5.1.2 – Famille des Piscicolidae (fig. 7.10)

Corps de section cylindrique. Grande ventouse antérieure. Deux paires d'yeux. Cocon en milieu aquatique fixé au substrat. Parasite des poissons dont elle suce le sang. Déplacement par

reptation ou par nage (ondulation du corps). Jusqu'à 60 mm.

Une seule espèce : *Piscicola geometra.*

5.2 – SOUS-ORDRE DES GNATHOBDELLIFORMES

Présence de mâchoires dentées dans le pharynx (figs. 7.11 et 7.12). En Europe, une seule famille : les Hirudidae.

5.2.1 – Famille des Hirudidae

Sangsues de taille moyenne (*Haemopis*) à grande (*Hirudo*). Toujours cinq paires d'yeux disposés en croissant (fig. 7.13). Bouche pourvue de trois mâchoires dentées occupant toute la ventouse buccale. Déplacement par reptation ou par nage (ondulation du corps).

Hirudo (fig. 7.12b)

Mâchoires avec une rangée de dents nombreuses et aiguës. Dorsalement des bandes longitudinales rougeâtres à jaunâtres. Cocon déposé sur la terre humide. Les adultes sucent le sang des vertébrés (des Poissons aux Mammifères), les jeunes seraient prédateurs d'invertébrés, mais cela n'est apparemment pas confirmé. Sangsues de grande taille (jusqu'à 80 mm).

Une seule espèce devenue très rare dans la nature : *H. medicinalis.*

Haemopis (fig. 7.12c)

Mâchoires avec deux rangées de dents peu nombreuses et à pointe émoussée. Coloration généralement sombre. Cocon déposé sur la terre humide. Se nourrit de macroinvertébrés, d'œufs de Poissons et d'Amphibiens. Les proies sont avalées entières ou sucées selon leur taille. Jusqu'à 60 mm.

Une seule espèce : *H. sanguisuga.*

5.3 – SOUS-ORDRE DES PHARYNGOBDELLIFORMES

Pas de mâchoire ni de trompe dévaginable, mais un pharynx qui peut s'ouvrir largement permettant l'ingestion de proies entières (fig. 7.14). Toujours quatre paires d'yeux en deux séries transversales (fig. 7.17). Cocon en milieu aquatique exclusivement collé au substrat (fig. 7.16). Déplacement par reptation ou par nage (ondulation du corps).

5.3.1 – Famille des Erpobdellidae

L'identification des trois genres reste délicate en raison d'une forte variabilité interindividuelle au sein d'un même genre (notamment *Dina* et *Trocheta*) en ce qui concerne la segmentation superficielle. La même variabilité s'observe quant au nombre d'anneaux séparant les orifices génitaux. L'identification au niveau générique n'est possible qu'avec des individus matures (cf. Nesemann, 1993).

Erpobdella (fig. 7.18a)

Tous les anneaux d'épaisseur égale. Chez les individus matures, coloration dorsale variable : soit coloration homogène brun jaunâtre (*E. testacea*), soit des taches sombres (*E. octoculata*). Cette sangsue se nourrit de différents types de macroinvertébrés qu'elle avale entiers. Jusqu'à 40 mm.

Dina (figs. 7.15, 7.18b, 7.19)

Sur cinq anneaux qui se suivent, quatre sont de même épaisseur, un est plus épais, mais avec une ébauche de division. Chez les individus matures, quatre bandes sombres sur le dos, une bande médiane plus claire. Les *Dina* sont plus effilées que les *Erpobdella*. Jusqu'à 25 mm.

Une seule espèce : *D. lineata.*

Trocheta (fig. 7.20)

Sur huit anneaux : trois épais, cinq plus étroits (d'autres combinaisons existent, mais sont différentes de celle observée pour *Dina*). Coloration uniforme souvent sombre. Les *Trocheta* se nourrissent de macroinvertébrés aquatiques, mais aussi de vers de terre qu'elles vont chercher en milieu terrestre. Sangsues de grande taille (individus matures jusqu'à 15 cm).

BRANCHIOBDELLIDA

Les Branchiobdellida sont de petits Annélides de 1 à 10 mm. Ils constituent phylogénétiquement (Brinkhurst, 1986) une classe distincte entre les Oligochètes et les Achètes, même si, peut-être par un phénomène de convergence, les Branchiobdellida présentent une certaine ressemblance avec les Achètes.

1 - MORPHOLOGIE ET ANATOMIE

Le corps, toujours dépourvu de soie, comprend une tête formée par la fusion de quatre segments (fig. 7.1) ; il n'y a pas d'yeux ; la bouche avec deux lèvres renferme une paire de mâchoires sclérifiées ; le tronc comprend 11 segments, l'anus est dorsal. Il y a une ventouse postérieure. Taille jusqu'à 10 mm (généralement 5 mm).

2 - Biologie

Les Branchiobdellida sont hermaphrodites. Ce sont des commensaux présents sur les branchies et la face interne de la chambre branchiale des Écrevisses. D'après les observations de divers auteurs (Pennak, 1978), ils se nourriraient d'algues et de débris organiques, mais certaines espèces, suçant l'hémolymphe de leur hôte, seraient ectoparasites.

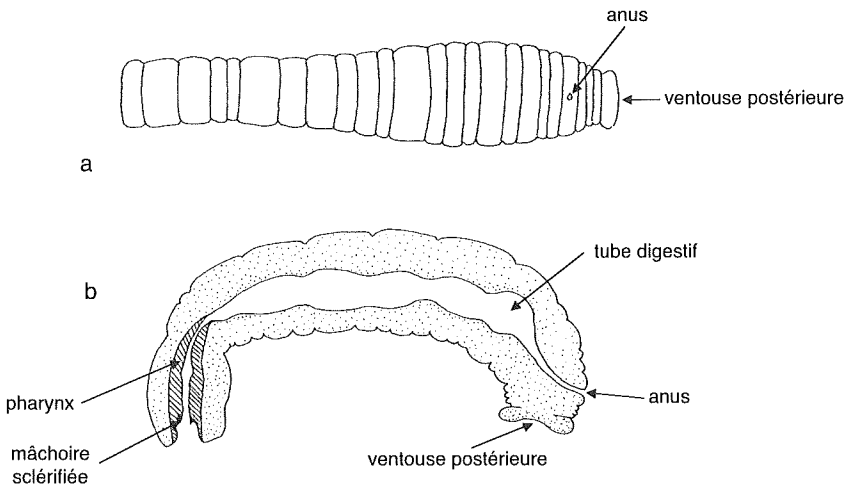
Un seul genre en Europe : *Branchiobdella*

RÉFÉRENCES

Mann K. H. 1962. *Leeches (Hirudinea), their Structure, Physiology, Ecology and Embryology.* Pergamon, Oxford, 201 p.

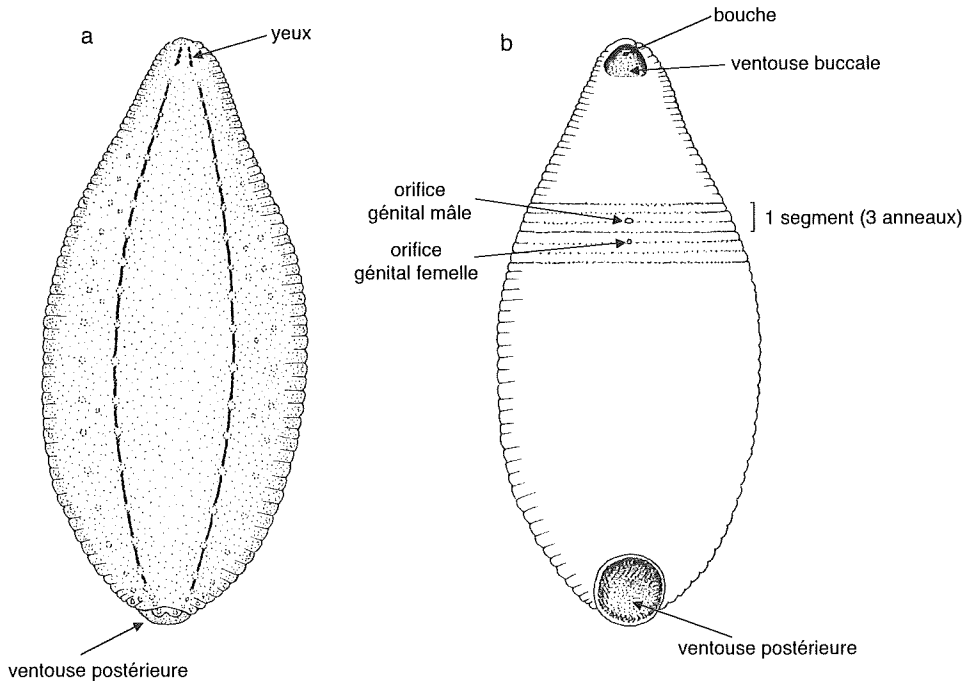
Neubert E. et Nesemann H. 1999. *Annelida, Clitellata. Branchiobdellida, Acanthobdellea, Hirudinae.* SME 6/2. Spektrum Akademischer Verlag : 178 p.

Cl. Branchiobdellida



7.1 - *Branchiobdella*. a : vd ; b : cl simplifiée

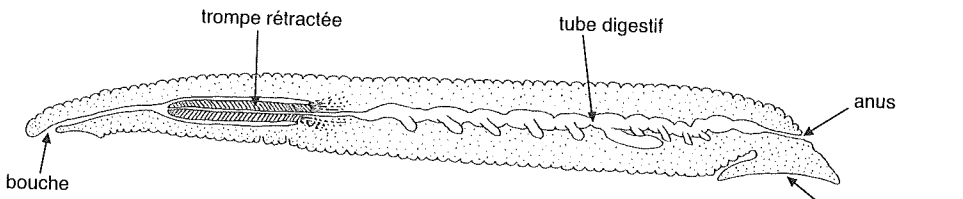
Cl. Achètes = Hirudinea



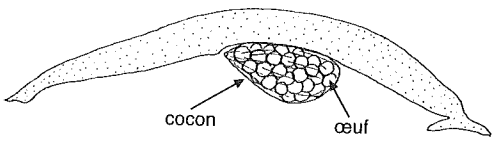
7.2 - *Glossiphonia*. a : vd ; b : vv

sO. Rhynchobdelliformes

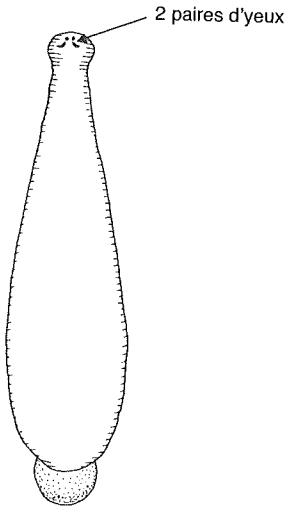
F. Glossiphoniidae



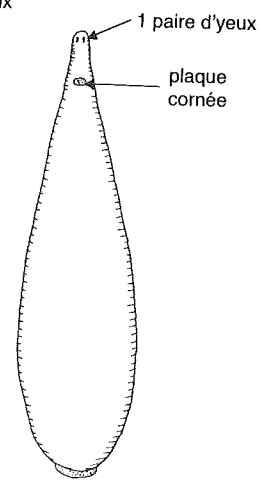
7.3 - Glossiphoniidae, cl simplifiée



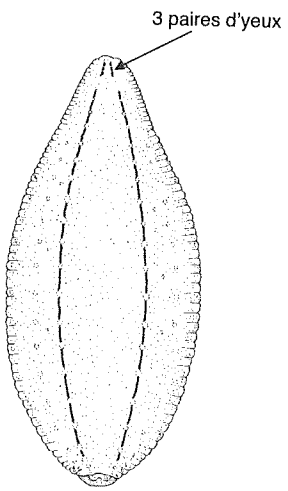
7.4 - Glossiphoniidae. Individu en vl avec cocon

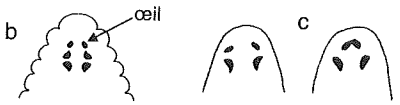


7.5 - *Hemiclepsis* vd



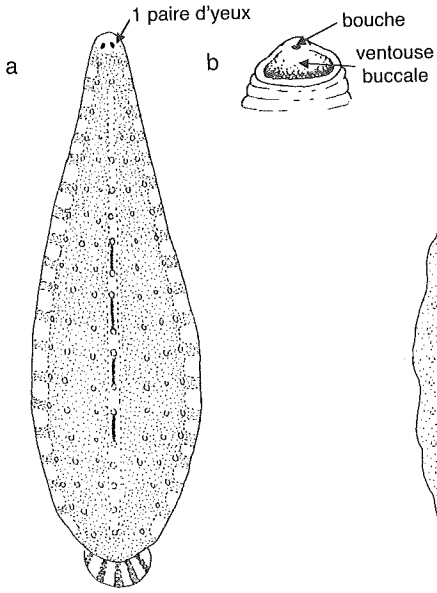
7.6 - *Helobdella* vd





7.7 - a : *Glossiphonia* vd ; b : région antérieure vd ;. c : région antérieure de *Batracobdella*, deux types de disposition des yeux

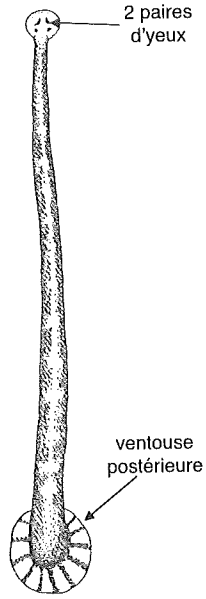
F. Glossiphoniidae 2



7.8 - *Haementeria*. a : vd ; b : ventouse antérieure vv

7.9 - *Theromyzon* vd

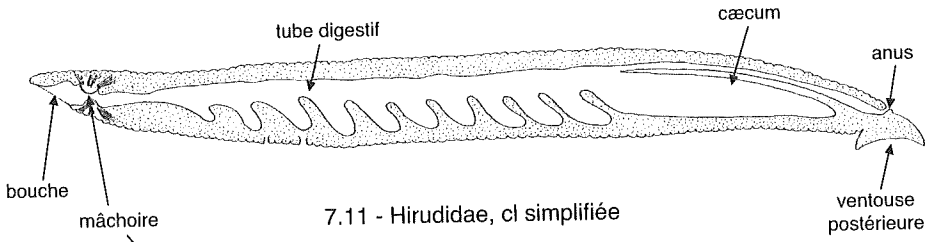
F. Piscicolidae



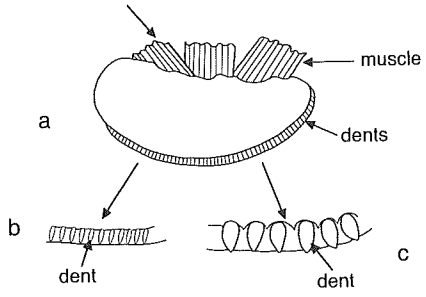
7.10 - *Piscicola*, vd

sO. Gnathobdelliformes

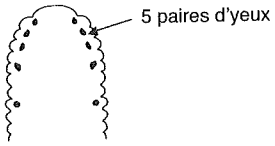
F. Hirudidae



7.11 - Hirudidae, cl simplifiée



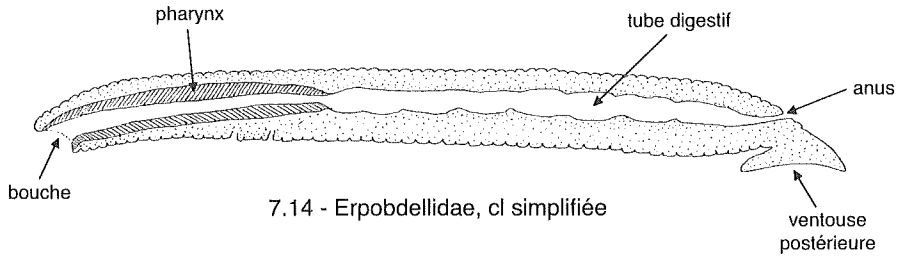
7.12 - Hirudidae. a : mâchoire ; b et c : détail des dents, b : *Hirudo* c : *Haemopis*



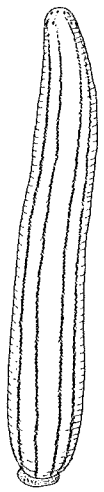
7.13 - Hirudidae, région antérieure, vd

sO. Pharyngobdelliformes

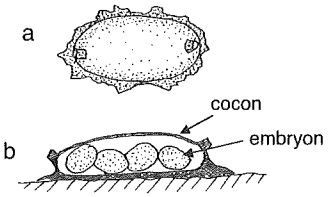
F. Erpobdellidae



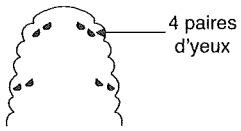
7.14 - Erpobdellidae, cl simplifiée



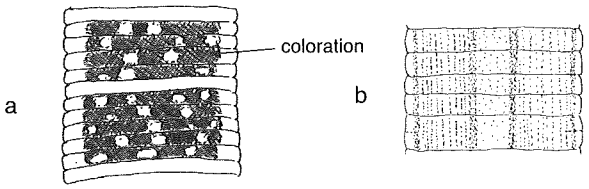
7.15 - *Dina*, vd



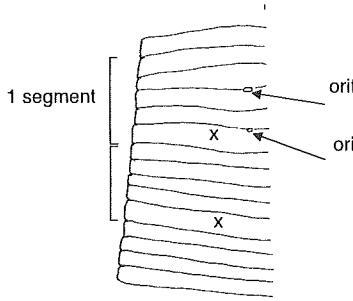
7.16 - Cocon d'Erpobdellidae
a : vd ; b : ct simplifiée



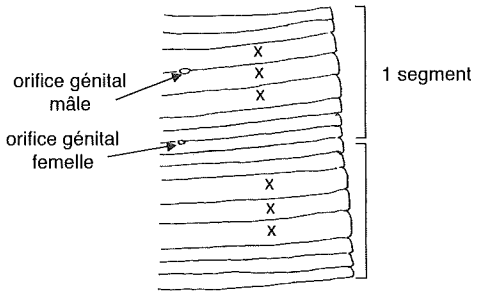
7.17 - Erpobdellidae
région antérieure vd



7.18 - Portion du corps vd. a : *Erpobdella* (cf. *Octoculata*) ;
b : *Dina lineata*



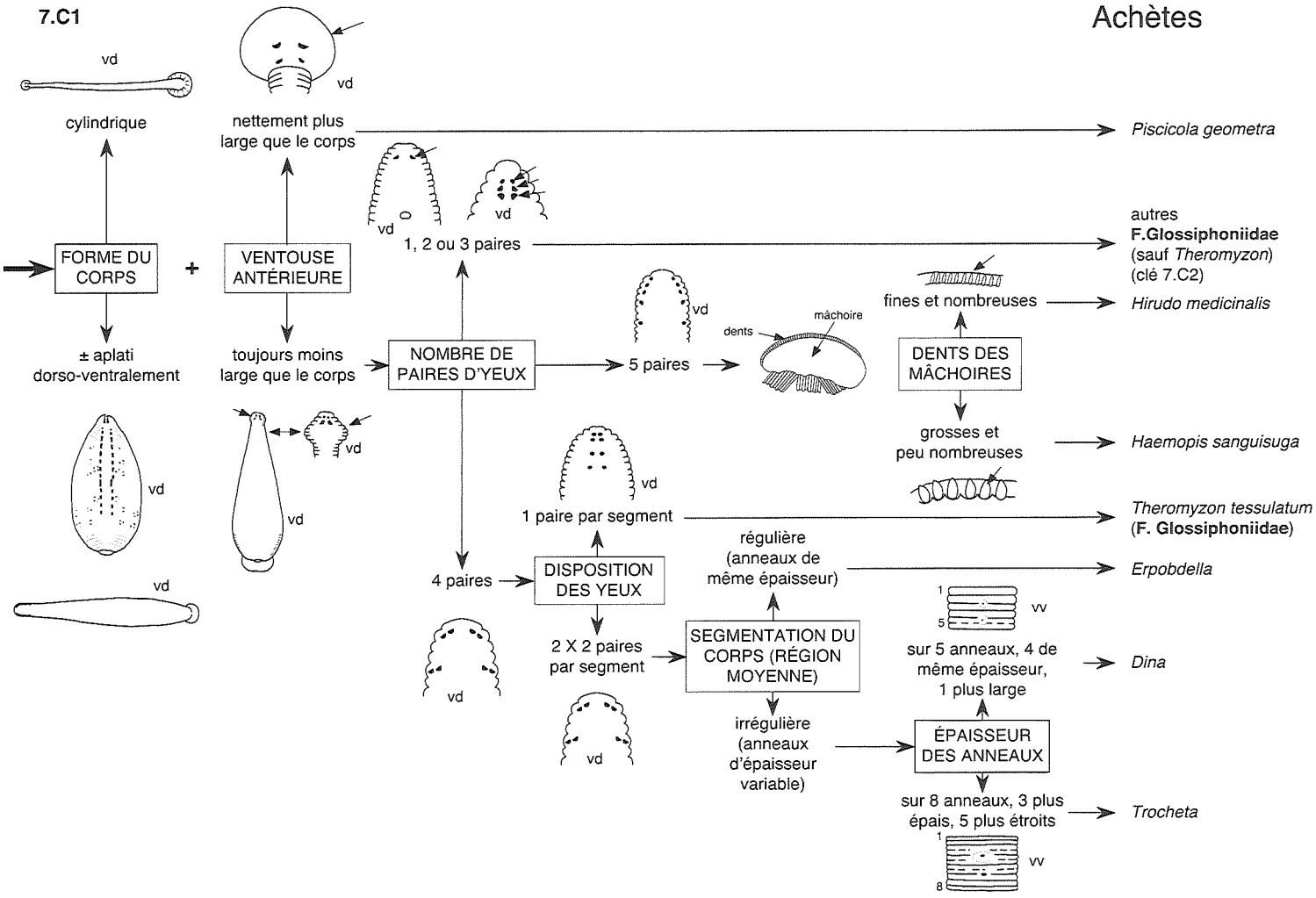
7.19 - *Dina*, région génitale vv,
moitié droite. X : anneaux
plus larges



7.20 - *Trocheta*, région génitale vv,
moitié gauche. X : anneaux plus larges

7.C1

Achètes


vd
vd
cylindrique
nettement plus large que le corps
Piscicola geometra
FORME DU CORPS
+
VENTOUSE ANTÉRIEURE
vd
vd
0
1, 2 ou 3 paires
autres F.Glossiphoniidae (sauf Theromyzon) (clé 7.C2)
± aplati dorso-ventralement
toujours moins large que le corps
NOMBRE DE PAIRES D'YEUX
5 paires
vd
dents
mâchoire
fines et nombreuses
Hirudo medicinalis
DENTS DES MÂCHOIRES
vd
vd
vd
grosses et peu nombreuses
Haemopis sanguisuga
vd
1 paire par segment
Theromyzon tessulatum (F. Glossiphoniidae)
régulière (anneaux de même épaisseur)
Erpobdella
4 paires
DISPOSITION DES YEUX
vd
1
5
vv
2 X 2 paires par segment
SEGMENTATION DU CORPS (RÉGION MOYENNE)
sur 5 anneaux, 4 de même épaisseur, 1 plus large
Dina
vd
irrégulière (anneaux d'épaisseur variable)
ÉPAISSEUR DES ANNEAUX
sur 8 anneaux, 3 plus épais, 5 plus étroits
Trocheta
1
8
vv

7.C2

F. Glossiphoniidae (sauf *Theromyzon*)

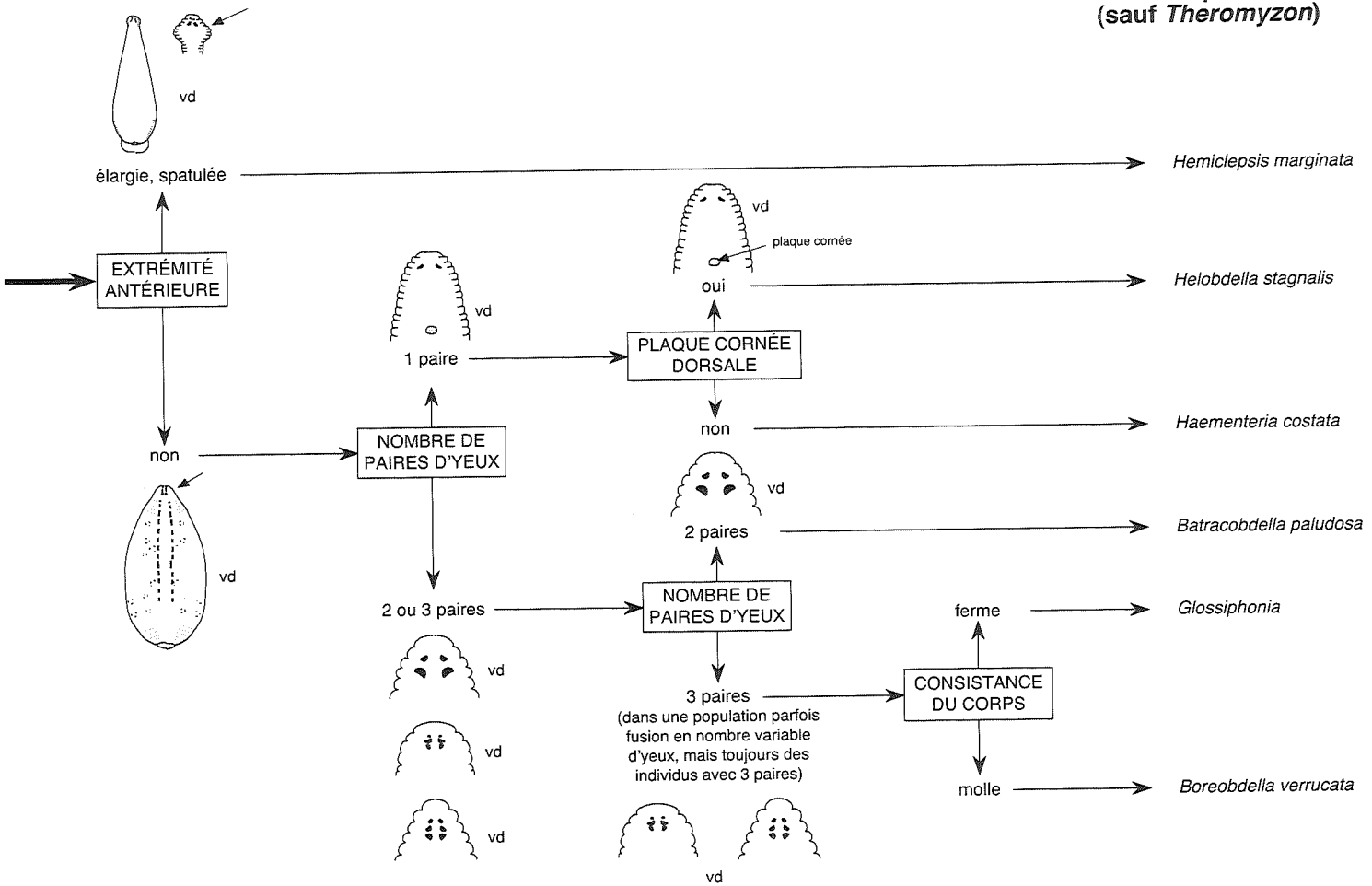


Tableau 7.T1 - Traits biologiques, physiologiques et écologiques : Oligochètes et Achètes

Traits N°	1							2		3			4			5						
Modalités	1	2	3	4	5	6	7	1	2	1	2	3	1	2	4	1	2	3	4	5	7	8
Haplotaxis gordioides							3				3		3	3	2							
Pristina+Pristinella		3	1						1			3	3	3	3		2	1				3
Amphichaeta	3	3							1			3	3	3	3		2	1				3
Chaetogaster	3	3	3	3	1				1			3	3	3	3		2	1				3
Stylaria lacustris				3					1			3	3	3	3		2	1				3
Dero+Aulophorus		3	3	3	3				1			3	3	3	3		2	1				3
Ophidonais serpentina				3	3				1			3	3	3	3		2	1				3
Paranais		3	3	2					1			3	3	3	3		2	1				3
Nais	2	3	3	2					1			3	3	3	3		2	1				3
Slavina appendiculata				3					1			3	3	3	3		2	1				3
Vejdoskyella			3	3					1			3	3	3	3		2	1				3
Specaria josinae			3	3					1			3	3	3	3		2	1				3
Piguetiella blanci			3	3					1			3	3	3	3		2	1				3
Uncinais uncinata			1	3					1			3	3	3	3		2	1				3
Ripistes parasita	1	3	3						1			3	3	3	3		2	1				3
Branchiura sowerbyi (ASC)						3	3		1			3	3	3	3				3			1
autres Tubificidae ASC						3			1			3	3	3	3				3			2
Potamothrix moldaviensis (SSC)				1	1	3			1			3	3	3	3				3			1
autresTubificidae SSC						3			1			3	3	3	3				1			2
Enchytraeidae			3	3					1			3	2	2	2				3			
Propappus volki					3	3			1			3	3	3	3				3			
Stylodrilus heringianus						3			1			3	3	3	3				3			
autres Lumbriculidae					3	3	3		1			3	3	3	3				2			3
Dorydrilus			3	3					1			3	3	3	3				3			
Eiseniella tetraedra						3			1		3		2	2	2				3			
Dendrobaena subrubicunda						3			1		3		2	2	2				3			
Sparganophilus tamesis							3		1				2	2	2				3			
Batracobdella paludosa				3					3		3		3	3	3	2				1		
Boreobdella verrucata					3				3	1	2		3	3	3	2			1			
Branchiobdella		3	2						1				3	3	3				2			
Dina lineata					3			1	3	1	3		3	3	2				3			
Erpobdella					3			1	3	1	3		3	3	2				3			
Glossiphonia				3	3			1	3		3		3	3	2	2				1		
Haementeria costata					1	3			3		3		3	3	2	2				1		
Haemopis sanguisuga						3			3		1		1	3	1				3		2	
Helobdella stagnalis			3	1				3	1		3	1	3	3	3	2				1		
Hemiclepsis marginata				3							1		3	3	2	2				1		
Hirudo medicinalis						3	1		3	3			1	3	2				3		2	
Piscicola geometra					2	3		3			3		3	3	2			3	2			
Theromyzoa tessulatum					3				3		3		3	3	2	2				1		
Trocheta							3		3	3			3	3	1				3			

Traits N°	6			7		8							9						10		11			12					
Modalités	1	2	3	2	5	1	2	4	6	7	8	9	1	2	4	6	7	8	1	2	1	2	3	1	2	3	4	5	6
Haplotaxis gordioides	1	1		1	2	1	2							3					3		2						3	3	2
Pristina+Pristinella	1	1		3			2	2						2					3				3				3	3	2
Amphichaeta	2			3				3						2					3			1	3				2	3	3
Chaetogaster	2	1		3		1	2	2		3	2			2			3		3				3				1	1	3
Stylaria lacustris	2	2		3			2	4						2	3				3				3			2	2	3	3
Dero+Aulophorus	1	1		3			2	2						3	1				3	3			3				1	1	3
Ophidonais serpentina	2			3			3	1						3	1				3				3				1	2	3
Paranais	2			3			2	2						3	1				3				3				1	1	3
Nais	2	1		3		1	2	2						3	2				3		1	1	1	1	2	2	2	2	3
Slavina appendiculata	1			3				2						3	2				3			1	3					1	3
Vejdoskyella	2			3			3	2						3	1				3				3	2	2	2	2	2	2
Specaria josinae	2			3			2	2					1	3	1				3			1	3					1	3
Piguetiella blanci	1			3			3	2					1	3	1				3				3				3	3	2
Uncinais uncinata	1			3		1	2	2						3	1				3				3						3
Ripistes parasita	1			3			3	1						3	1				3			1	3				1	1	3
Branchiura sowerbyi (ASC)	1			3		1	3	1					1	3					3	3		2	1				3	3	3
autres Tubificidae ASC	1			1	3	1	3	1					1	3					3			1					2	1	3
Potamothrix moldaviensis (SSC)	1			1	3	1	3	1					1	3					3			1	3				1	1	3
autresTubificidae SSC	1			1	3	1	3	1					1	3					3			1	1	1	1	1	1	2	3
Enchytraeidae	2			1	3	1	3	1					1	3					3		1		2			2	3	3	3
Propappus volki	2			1	3	1	3	1					1	3					3		3						3	3	2
Stylodrilus heringianus	1			1	3	1	3	1					1	3					3		1		3		2	2	2	1	1
autres Lumbriculidae	1			2	2	1	3	1					1	3					3		1		3	3	3	3	3	3	3
Dorydrilus	2			1	3	1	3	1					1	3					3		1		2				3	3	2
Eiseniella tetraedra	2			1	3	1	3	1					1	3					3				3	1	1	2	3	3	3
Dendrobaena subrubicunda	2			1	3	1	3	1					1	3					3		3						3	3	2
Sparganophilus tamesis	1	1			3	1	3	1						2					3				1				3	3	3
Batracobdella paludosa	2	1		3							3					3			3				3				1	1	3
Boreobdella verrucata	1	1		3							3					3			3				3				1	1	3
Branchiobdella	1	1			3	1	2	2		2	2				2			2	3				2				3	3	3
Dina lineata	1	1		3					2	1	3						3		3				3			1	3	3	3
Erpobdella	1	1	1	3					2	1	3						3		3				3			1	2	2	3
Glossiphonia	1	1		3							3					3		1	3				3		1	1	1	2	3
Haementeria costata	2	1	2	3								3				2		2	3				3						3
Haemopis sanguisuga	1	1	1	3					2	1	3	1				2	2		3				3			1	1	2	2
Helobdella stagnalis	1	1		3							3	1				3			3				3	1	1	1	2	3	3
Hemiclepsis marginata	3	1		3								3				2		2	3				3			1	1	2	2
Hirudo medicinalis	3	1	1	3								3				2		2	3				3			1	1	2	2
Piscicola geometra	3	2		3								3				2		2	3				3				1	1	3
Theromyzoa tessulatum	2	1	3	3								3						3	3				3					1	3
Trocheta	1	1	1	3					2		3						3		3				3	1	1	1	1	1	1

Traits N°	13			14					15		16					17			18							
Modalités	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	1	2	3	4	5	1	2	3	1	2	3	4	5	6	7	8
Haplotaxis gordioides	3				2	2			3		1	3	3	3		3	1		2	1	1	1	1	1		
Pristina+Pristinella	1	2	2		2	3	3		3			2	3	3		3			1	1	1	1	2	2		
Amphichaeta		3	1		1	3	1		2	3		3	3	3		3					1	1	1	1		
Chaetogaster	1	3	1		2	3	1		3	1	3	3	3	3		3			2	2	2	2	2	2		2
Stylaria lacustris		3	3		1	3	2		3	1		3	3	3		3	1			1	1	1	1	1		3
Dero+Aulophorus		2	2			2	3		3	1		3	3	3		3					1	1	2	2		2
Ophidonais serpentina		1	3			1	3	1	3	1		3	3	3		3				1	1	1	1	1		
Paranais			3			2	2		3	3				3		3					1	1	2	2		3
Nais	2	3	1		1	2	2		3	2	2	3	3	3		3	2		2	2	2	2	2	2	1	
Slavina appendiculata		1	2		1	3	2		3		3	3	3	3		3					1	1	2	2		2
Vejdoskyella	3	1			3	3			3		3	3		3		3				1	2	2	2	2		2
Specaria josinae		2	2			3	2		3		3	3	3	3		3				1	1	1	2	1		1
Piguetiella blanci		3			1	2	3	1	3			3		3		3				1	1	1	1	1		
Uncinais uncinata	1	3	1		2	3			3		3	3		3		3					1	1	1	1		
Ripistes parasita	1	3	1		1	3	1		3				3	3		3				1	1	1	1	1		3
Branchiura sowerbyi (ASC)		2	2			3	2		3			3	3	3	2	3						1	1	1		2
autres Tubificidae ASC	1	2	2			1	2	2	3		2	2	2	2	2	3	1		2	2	2	2	3	3		
Potamothrix moldaviensis (SSC)		2	3			2	3	1	3	2		3	3	3		3			1	1	1	2	2	2		3
autresTubificidae SSC		2	2				2	3	3	2		2	2	2	2	3				1	1	1	1	1		
Enchytraeidae	1	1	1	1	3	3	2	1	3		2	2	2	2	2	3	2	2			1	1	1	1		
Propappus volki		1		1	2	3	1		3				2	2		3			1	1	1	1	2	1		
Stylodrilus heringianus	3	1	1		3	3	1		3		3	3	3	3		3	1	1	2	2	2	2	2	2		
autres Lumbriculidae	1	3	2		2	2	3	2	3		2	2	2	2		3	2		2	2	2	2	2	2		
Dorydrilus		1		2	2				3			3	2	2		3				1	1	1				
Eiseniella tetraedra	2	1	1		1	3	1		3		2	2	2	3	2	3	1	1	2	2	2	2	1	1		
Dendrobaena subrubicunda			1			1			3		2						1			1	2	2				
Sparganophilus tamesis			1			1			3			3		3		1					2	2				2
Batracobdella paludosa		1				2	2		3	1		2	1	3	1	3										3
Boreobdella verrucata		1			1	3	1		3	1				3		3					1	1	1	1		4
Branchiobdella	3	1		1	2	3	2		3			3	2			1	1			1	2	2	1			1
Dina lineata		3				3	3		3		3	2	3	3	2	3										5
Erpobdella		3	2			2	3	1	3	1	2	3	3	3	3	3			1	3	3	3	4	4		3
Glossiphonia		3	1		1	3	2		3	1	3	3	3	3	3	3			2	3	3	2	2	2		3
Haementeria costata		1				1	1		3	1	2	1	1	3	1	3			1							3
Haemopis sanguisuga	1	3	1			2	2		3	1	2	3	3	3	3	3					2	2	1			4
Helobdella stagnalis		2	3			1	2		3		3	3	3	3	3	3					2	2	2	2		2
Hemiclepsis marginata		3	1			3	1		3	1	2	3	3	3	3	3					1	1	2	2		2
Hirudo medicinalis	1	3				1	3		3	1	2	3	3	3	3	3				1	1					3
Piscicola geometra		3	1			3	1		3	2	2	3	2	3	3	3					1	2	2	3		2
Theromyzoa tessulatum						3	2		3	1	2	3	3	3	2	3										3
Trocheta		1	2			1	2	2	3			2	3	3	1	3			1	1	1	1	1	1		1

Traits N°	19							20									21						22			
Modalités	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	8	9	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4
Haplotaxis gordioides	3	2		3		1	2	1	2	1	1	1				2	1			3			1	2	2	
Pristina+Pristinella		3	2			2	2	2	3	2	1	2			3	2	2			1			3	2	2	
Amphichaeta		2				1				2	3					1				1			2	2	1	
Chaetogaster		3	2			2	2	2	2	2		5	1			2	3			1	1		2	3	1	1
Stylaria lacustris		4	2			2		2	2	1	1	5	3		2	1	3			1			2	3	1	1
Dero+Aulophorus		2	3			2					2	3				3	2			1	1		3	2		
Ophidonais serpentina	1	1	2			2		2		1	2	5	3		2	2	2		3	1			3	2	1	
Paranais	1	2	2			1			2	5	2	2	2		1	3			3				2	2		
Nais	1	3	2		1	2	2	4	3	2	2	5	2		1	2	2		3	2		1	2	2	2	2
Slavina appendiculata		2	2			2		1	3	3	1	1			3	1				1			2	3	2	
Vejdoskyella		2	1		2	1		1	1	2	2					1				1			2	3	1	
Specaria josinae		2	2			2	2	1	2	3	3	2	1			1			2	1			2	2	1	
Piguetiella blanci		1				3				2		2	2							1			3	1		
Uncinais uncinata		2				2				3	2	2	2			3				1			2	2		
Ripistes parasita		1	3			3						3			3						1		2	1	1	
Branchiura sowerbyi (ASC)	3		3			3			1	2	3			1	1	3			3				2	2	2	
autres Tubificidae ASC		3	2			2	2		1	2	3	2		1	1	5			3	1	2		1	3	1	
Potamothrix moldaviensis (SSC)	2	3	1			3		1	2	3	2			1	1	3			3	1			2	3	3	2
autresTubificidae SSC	3	2	3			3			4	4	2	2	2	1	1	5			3	2			3	3	1	1
Enchytraeidae	1	2				1		1	2	2	1	2			3	3			3	2				2	1	
Propappus volki		2					2	2	4	1										3				2	3	3
Stylodrilus heringianus	3	2		1		2	2	3	5	2		1	1			2				1			1	1	3	3
autres Lumbriculidae		2		1		2	2	1	2	2	2	2		1	2	2				1			2	2	1	
Dorydrilus		3								5										1				2		
Eiseniella tetraedra		3			1	1		3	3	1	1	4		2	2	2			1	1			1	3	2	2
Dendrobaena subrubicunda		3										3				2			1	1			3	1		
Sparganophilus tamesis		3				3		3						3		3			1	1			3	1		
Batracobdella paludosa		2	5	2		2		3				4						4			1		3	2		
Boreobdella verrucata		3	1			3		3				4		1	1			4	1		1		2	2	1	1
Branchiobdella		3	2			1		1		3						3					3		3	2	1	
Dina lineata		1	1	3	4	1		1				3			2	2		4	1		1		3	1	1	
Erpobdella	3	4	2	2		2		4	2	2	1	3		1	2	2	1	3	1		1		1	1	3	2
Glossiphonia	2	2	3			3		4	3			3			1			3			1		2	2	2	1
Haementeria costata	1	2	3			2		3				5						3			1		2	2	1	
Haemopis sanguisuga		2	4		1	4		4				2					1	4	1		1		3	3	2	
Helobdella stagnalis	1	1	2		1	2		2				5			3			4	1		1		2	3	1	
Hemiclepsis marginata		2	2			2		2				3			2			3			1		3	1		
Hirudo medicinalis		1	2	2				3				3						3			2		2	2	2	
Piscicola geometra	4	4	1			2		3	1			5			1			3			2			3	3	2
Theromyzoa tessulatum	1	2	3			2		3				4						3			1		3	3	2	
Trocheta		4		1	1	2		1	1			1						3	1				1	2	1	

CHAPITRE 8

GASTÉROPODES

Les Gastéropodes constituent une classe de Mollusques fondamentalement asymétriques par suite d'une torsion qui affecte l'ensemble de l'anatomie, y compris la coquille qui est généralement spiralée ; cependant, chez les Ancylidae notamment, la coquille présente une symétrie bilatérale acquise secondairement.

Les Gastéropodes d'eau douce appartiennent à deux sous-classes : celles des Prosobranches et celles des Pulmonés. Les premiers sont d'origine marine avec souvent des représentants en eaux saumâtres, les seconds sont d'origine terrestre, l'adaptation à la vie en eau douce étant secondaire. Les Prosobranches appartiennent à deux ordres : les Neritoidea avec uniquement le genre *Theodoxus* et les Mesogastropoda comprenant tous les autres Prosobranches d'eau douce. Les Pulmonés sont représentés uniquement par les Basommatophores.

1 - MORPHOLOGIE ET ANATOMIE

Chez les Prosobranches, la coquille est toujours spiralée, fermée par un opercule calcaire ou corné. Cette coquille peut être conique ou plus ou moins aplatie dans un plan. La coquille est généralement dextre. Il n'y a plus qu'une cténidie dans la cavité palléale, cette cténidie sort à l'extérieur chez *Valvata* (fig. 8.1). Les yeux sont situés à la base des tentacules du côté externe.

Chez les Pulmonés, la coquille est soit spiralée conique (fig. 8.11), soit en forme de « chapeau chinois » (coquille patelliforme des Ancylidae). Lorsque la coquille est spiralée, elle est soit dextre (par exemple, *Lymnaea*), soit senestre (exemple, les Physidae), mais, dans certains cas, il y a quelques rares individus qui peuvent être dextres ou senestres. La cavité palléale est transformée en poumon avec un orifice unique, le pneumostome. Chez les Ancylidae, il n'y a plus de poumon, la respiration se fait directement à travers les téguments. Il n'y a jamais d'opercule. Les yeux sont situés à la base des tentacules (Basommatophores) du côté interne.

2 - BIOLOGIE

Chez les Prosobranches, sauf chez *Valvata*, les sexes sont séparés. Chez les Pulmonés, il y a toujours hermaphrodisme. Comme chez tous les Mollusques, la reproduction est uniquement sexuée. Les femelles (chez les Prosobranches) ou les individus matures (Pulmonés) collent leurs pontes sur le substrat. Les œufs sont pondus isolément chez les Neritidae, regroupés en pontes gélatineuses chez tous les autres Gastéropodes. Il y a viviparité chez *Vivipara*, viviparité et parthénogenèse chez le Prosobranche *Potamopyrgus antipodarum* (= *P. jenkinsi*).

La reproduction a lieu généralement du printemps à l'été sauf pour *P. antipodarum* qui peut se reproduire toute l'année. Chez tous les Gastéropodes d'eau douce le développement est de type direct. La durée de vie est de 9 à 15 mois, c'est-à-dire que les individus meurent après la reproduction. Il y a monovoltinisme chez certaine espèces ou bivoltinisme avec une génération d'été et une de printemps (hivernage). D'autres (*Lymnaea* et certains Planorbidae) peuvent se reproduire également l'année suivante.

Il existe des phénomènes d'hibernation (résistance au gel) ou d'estivation (résistance à la sécheresse) chez les Lymnaeidae qui s'enfoncent dans la boue. Ils sécrètent alors un épiphragme.

3 - ÉCOLOGIE

Les Gastéropodes (d'eau douce) sont fondamentalement herbivores ou détritivores, Ils ne sont jamais prédateurs mais ils peuvent occasionnellement se nourrir d'animaux morts. Enfin, ceux qui sont racleurs de substrats ingèrent en même temps que les algues des microinvertébrés.

Les principaux prédateurs des Gastéropodes sont les Poissons, certains Coléoptères, des Hémiptères, des Achètes Glossiphoniidae et les Diptères Sciomyzidae. Ces derniers sont parasitoïdes de Pulmonés (Berg et Knutson, 1978).

Les Gastéropodes constituent un hôte intermédiaire pour plusieurs espèces de Trématodes ; c'est le cas en Europe de *Fasciola hepatica* dont l'hôte intermédiaire est *Galba truncatula* (=*Lymnaea truncatula*).

La dispersion, notamment des Pulmonés, peut se faire par les oiseaux qui entraîneraient sur leurs pattes un peu de boue contenant de jeunes individus ou des pontes. Cette dispersion est également possible à la faveur de crues. Elle se trouve accélérée par les systèmes de canaux que l'Homme a construits.

Dans certains cas, le processus de colonisation correspond à un changement dans la biologie de l'espèce. *Potamopyrgus antipodarum* a été trouvé d'abord en eau saumâtre en Angleterre en 1889, puis en eau douce en 1893, et on le retrouve depuis dans tous les grands cours d'eau européens.

On peut citer deux exemples de dispersion où l'Homme est intervenu. Un exemple où la dispersion s'est faite à partir de l'Europe orientale vers l'Europe occidentale : *Lithoghyphus naticoides* (Prosobranche originaire du bassin du Danube) est actuellement en extension en France (Mouthon, 1982). La colonisation peut se faire de l'Europe vers d'autres pays, c'est le cas de *Bithynia tentaculata* qui a colonisé l'Amérique du Nord au siècle dernier.

Contrairement à ce qui a souvent été affirmé, le calcium est rarement un facteur limitant pour les Gastéropodes même si les eaux à pH acide sont moins riches en Mollusques que les eaux à pH basique. On a pu montrer que *Lymnaea* exige 15 ppm de carbonates, mais que *Valvata* se contente de seulement 8 ppm.

4 - TECHNIQUES D'IDENTIFICATION

La détermination des espèces est basée sur la structure de l'appareil génital, et dans certains cas de la radula. Pour atteindre le niveau générique, on peut n'utiliser que la morphologie de la coquille et (pour les Prosobranches) celle de l'opercule.

Pour conserver les Mollusques après la récolte, il est préférable de les stocker dans de l'alcool à 70°, le formol attaquant la coquille et durcissant les téguments. Si les déterminations

doivent être faites au niveau spécifique, il est préférable de laisser les animaux dans de l'eau bouillie (donc dépourvue d'oxygène) jusqu'à ce qu'ils meurent ou d'ajouter un anesthésique comme le sulfate de magnésium. Les animaux peuvent ensuite être fixés comme il est indiqué ci-dessus.

5 - DIAGNOSE

5.1 – SOUS-CLASSE DES PROSOBRANCHES (clés 8.C1 et 8.C2)

Toujours présence d'un opercule calcaire ou corné porté par le pied. Lorsque l'animal se rétracte dans sa coquille, l'opercule peut rester au ras de l'ouverture ou peut se rétracter plus ou moins profondément dans le dernier tour de spire. Une ou deux paires de branchies de forme variable.

5.1.1 – Famille des Viviparidae

Viviparus (fig. 8.3)

Coquille haute ; présence de trois bandes sombres sur les différents tours de spire. Opercule corné à anneaux concentriques. Opercule affleurant l'ouverture ; jusqu'à 40 mm.

5.1.2 – Famille des Neritidae

Theodoxus (fig. 8.2)

Coquille épaisse très colorée ; dernier tour très large ; opercule calcaire en demi-lune présentant une apophyse du côté interne ; jusqu'à 12 mm.

Une seule espèce : *T. fluviatilis*.

5.1.3 – Famille des Valvatidae

Valvata (figs. 8.1, 8.5)

Coquille à peine plus haute que large, enroulée chez certaines espèces dans un plan comme une coquille de Planorbe mais la présence de l'opercule évite toute confusion. Opercule corné avec une ligne spirale ; opercule pouvant se rétracter profondément. Ouverture circulaire, ombilic bien marqué ; jusqu'à 8 mm.

5.1.4 – Famille des Bithyniidae

Bithynia (fig. 8.4)

Coquille haute ; opercule calcifié à lignes concentriques ; opercule affleurant l'ouverture ; ouverture ovale ; jusqu'à 15 mm.

5.1.5 – Famille des Hydrobiidae

Comme chez les Bithyniidae, coquille haute, mais opercule corné à ornementations spiralées. Opercule pouvant se rétracter dans le dernier tour de spire au-delà de l'ouverture. Cette famille renferme quelques genres en eau douce dont la majorité correspond à des formes phréatobies ou endobenthiques de très petite taille. Nous ne considérerons ici que cinq genres épibenthiques ; les deux premiers (*Potamopyrgus* et *Lithoglyphus*) correspondent à des formes de taille moyenne (jusqu'à 5 mm) ou grande (jusqu'à 10 mm), les trois autres (*Bythinella*, *Bythiospeum* et *Belgrandia*) à des formes de petite taille (en général moins de 3 mm) vivant dans les sources.

Potamopyrgus (fig. 8.7)

Ombilic fermé ; coquille opaque de teinte brunâtre, soit à surface lisse, soit avec une crête médiane sur les spires portant ou non des épines. six à sept tours de spires ; coquille conique correspondant à un accroissement régulier de la taille des spires. Corps de teinte grisâtre. Jusqu'à 5 mm.

Une seule espèce : *P. antipodarum* (= *P. jenkinsi*).

Lithoglyphus (fig. 8.6)

Test épais, bord columellaire soudé au dernier tour de spire par une forte callosité ; ombilic fermé ; opercule corné. Jusqu'à 10 mm.

Une seule espèce : *L. naticoides.*

Bythinella (fig. 8.8)

Spire très renflée ; quatre à cinq tours de spire visibles ; faible accroissement d'une spire à l'autre ; apex tronqué ; opercule corné, ouverture semi-circulaire. Jusqu'à 4 mm.

Bythiospeum (fig. 8.9)

Coquille conique (comme chez *Potamopyrgus*) mais transparente, au moins six tours de spires visibles, ouverture ovalaire. Ombilic ouvert. Corps dépigmenté. De 2 à 5 mm.

Belgrandia (fig. 8.10)

Dernier tour de spire présentant de nombreux bourrelets transversaux. Jusqu'à 3 mm.

5.2 – SOUS-CLASSE DES PULMONÉS (clés 8.C3, 8.C4, 8.C5)

Jamais d'opercule. Les yeux sont situés à la base des tentacules (Basommatophores) du côté interne (fig. 8.11). Présence d'un poumon chez les Lymnaeidae et les Physidae. Chez les Planorbidae, le poumon a disparu et la respiration se fait grâce à une expansion du manteau qui joue le rôle de branchie. L'hémolymphe des Planorbidae contient de l'hémoglobine. Chez les Ancylidae, Acroloxidae et Ferrissiidae, le poumon a disparu et la respiration se fait directement à travers les téguments. Les tentacules sont courts et larges chez les Lymnaeidae, longs et effilés chez les Physidae et les Planorbidae.

5.2.1 – Famille des Ancylidae

Ancylus (fig. 8.13)

Coquille en forme de chapeau chinois (mini-patelle). Apex de la coquille relativement aigu, dirigé vers l'arrière. Jusqu'à 8 mm de long.

Une seule espèce : *A. fluviatilis.*

5.2.2 – Famille des Acroloxidae

Acroloxus (fig. 8.12)

Coquille également patelliforme, mais plus allongée que chez *Ancylus.* Apex relativement aigu dirigé vers la gauche. Jusqu'à 8 mm de long.

5.2.3 – Famille des Ferrissiidae (=Ancylidae)

Certains auteurs, dont Gloër et Meier-Brook (1994), considèrent que le genre *Ferrissia* fait partie des Ancylidae. Compte tenu de l'originalité de sa biologie et de son écologie, nous avons pensé préférable de maintenir le genre *Ferrissia* dans la famille des Ferrissiidae.

Ferrissia (fig. 8.14)

Coquille très semblable à celle d'*Acroloxus*, mais apex de la coquille fortement émoussé et dirigé vers la droite. En période de sécheresse, existence de forme de résistance avec élaboration d'un septum calcaire. Jusqu'à 8 mm de long.

5.2.4 – Famille des Planorbidae (clé 8.C5)

Coquille enroulée dans un plan (fig. 8.15). De ce fait, il n'est pas toujours évident de déterminer quelle est la face supérieure et la face inférieure (ou ombilicale). Lorsque l'animal se déplace, l'enroulement paraît dextre, mais la disposition de l'orifice génital est senestre.

De très nombreux pulmonés terrestres ont une coquille du même type que celle de certains Planorbidae, mais vivants ils sont aisément identifiés parce que les yeux sont situés à l'extrémité des tentacules (Stylommatophores) et non à leur base (Basommatophores) ; de toute manière, lorsqu'on récolte une coquille de type Planorbidae, toujours s'assurer qu'il y a un animal à l'intérieur. Les caractères donnés ci-après concernent des individus adultes.

Planorbarius (fig. 8.16)

Pas de carène, dernier tour ventru et ouverture subcirculaire. Jusqu'à 35 mm de diamètre.

Une seule espèce : *P. corneus*

Armiger (fig. 8.19)

Spires avec des crêtes transversales plus ou moins saillantes. Jusqu'à 3 mm de diamètre.

Une seule espèce : *A. crista.*

Segmentina (fig. 8.20)

Ouverture cordiforme. Coquille munie de cloisons internes, visibles par transparence. Dernier tour très enveloppant. Face supérieure de la coquille très convexe, face inférieure presque plate. Jusqu'à 5 mm de diamètre.

Une seule espèce : *S. nitida.*

Hippeutis (fig. 8.21)

Coquille translucide. Dernier tour très enveloppant. Pas de cloison. Face inférieure et face supérieure de convexité égale. Ouverture cordiforme. Jusqu'à 6 mm de diamètre.

Une seule espèce : *H. complanatus.*

Planorbis (figs. 8.15, 8.18)

Coquille munie d'une carène médiane ou basale. Trois à six tours de spires à croissance rapide. Jusqu'à 20 mm de diamètre.

Gyraulus (fig. 8.17)

Pas de carène. Trois à six tours de spires à croissance rapide. Jusqu'à 6 mm de diamètre.

Menetus (fig. 8.17)

Pas de carène. Trois à six tours de spires à croissance rapide. Ouverture très évasée. Face inférieure de la coquille aplatie. Jusqu'à 3 mm.

Une seule espèce d'origine nord-américaine : *M. dilatatus.*

Anisus (fig. 8.22)

Spire avec carène ou non. Cinq à neuf tours de spire à croissance lente. Ouverture subcirculaire ou ovalaire. Jusqu'à 12 mm de diamètre.

Bathyomphalus (fig. 8.23)

Hauteur de l'ouverture plus grande que sa largeur en forme de croissant. Cinq à neuf tours de spire à croissance lente. Accroissement régulier de chaque tour de spires. Jusqu'à 6 mm de diamètre.

Une seule espèce : *B. contortus* (= *Anisus contortus*).

5.2.5 – Famille des Lymnaeidae (clé 8.C4)

Coquille toujours à enroulement dextre. Tentacules larges et triangulaires.

Myxas (fig. 8.24)

Coquille à dernier tour de spire très développé (cf. également *Radix*), mais apex très obtus et non en pointe. Coquille jaunâtre, translucide. Manteau recouvrant presque complètement la coquille. Hauteur jusqu'à 17 mm.

Une seule espèce : *M. glutinosa.*

Lymnaea (fig. 8.28)

Coquille allongée à apex relativement aigu. Manteau ne recouvrant jamais la coquille. Hauteur jusqu'à 80 mm.

Une seule espèce : *L. stagnalis.*

Galba (fig. 8.26)

Coquille à tour de spire nettement renflé, apex arrondi. Jusqu'à 12 mm.

Une seule espèce : *G. truncatula.* Cette espèce est l'hôte intermédiaire de la Grande Douve du foie (*Fasciola hepatica*, Cl. Trématodes).

Radix (fig. 8.25)

Coquille à dernier tour de spire très développé à apex en pointe. Manteau ne recouvrant jamais la coquille. Hauteur jusqu'à 25 mm.

Stagnicola (fig. 8.27)

Coquille formant un cône relativement régulier. Hauteur jusqu'à 25 mm.

5.2.6 – Famille des Physidae

Coquille toujours à enroulement senestre. Tentacules étroits et allongés.

Physa (fig. 8.29)

Coquille ovoïde, dernier tour renflé ; manteau avec des digitations disposées de part et d'autre de l'ouverture. Certains auteurs considèrent que *Physa* se partage en deux genres *Physa str. s.* et *Physella.* Les caractères donnés (nombre de tour de spires, apex de la coquille arrondi ou en pointe) ne sont pas toujours évidents, voilà pourquoi nous conservons le genre *Physa l.* s. Hauteur jusqu'à 15 mm.

Aplexa (fig. 8.30)

Coquille fusiforme. Dernier tour peu renflé. Manteau dépourvu de digitation. Corps très sombre presque noir. Hauteur jusqu'à 12 mm.

Une seule espèce : *A. hypnorum.*

La systématique des Pulmonés Basommatophores a essentiellement été basée sur la morphologie et notamment la forme de la coquille. C'est celle qui a été utilisée ici. Elle permet d'identifier les différents genres de Pulmonés Basommatophores. Cependant, au début des années 80, grâce au progrès de la biologie moléculaire, des études phylogénétiques ont été entreprises sur les Pulmonés Basommatophores. Ces études ont considérablement modifié la classification utilisée jusqu'à présent. Elles ne modifient pas, ce qui est essentiel, la définition des genres, mais les niveaux systématiques supérieurs (famille notamment) ont subi des modifications souvent importantes. Si tous les auteurs s'accordent pour considérer que les Acroloxidae constituent une famille distincte, il n'en est pas de même pour les Ancylidae et les Ferrissiidae le plus souvent intégrés à la famille des Planorbidae.. Nous ne contestons pas la validité des arguments avancés, mais manifestement la situation n'est pas stabilisée. En attendant qu'une commission définisse clairement quelle est la véritable Classification des Pulmonés Basommatophores, nous conserverons le *Statu quo*. Il est, bien entendu, toujours possible de regrouper Ancylidae et Ferrissiidae sous l'étiquette Planorbidae.

RÉFÉRENCES

Berg C. O. et Knutson L. 1978. Biology and systematics of the Sciomyzidae. *Ann rev. ent.*, 23 : 239-258.

Girod A., Bianchi I. et Mariani M. 1980. *Gasteropodi. 1 (Gastropoda : Pulmonata, Prosobranchia: Neritidae, Viviparidae, Bithyniidae, Valvatidae).* C.N.R., 7 : 86 p.

Giusti F. et Pezzoli E. 1980. *Gasteropodi. 2 (Gastropoda : Prosobranchia: Hydrobioidea, Pyrguloidea).* C.N.R., 8 : 66 p.

Glöer P. 2002. Die *Süsswassergastropoden Nord- und Mitteleuropas. Bestimmungsschlüssel , Lebenweise, Verbreituung.* TD, ConchBooks, Hackenheim, 73 :327 p.

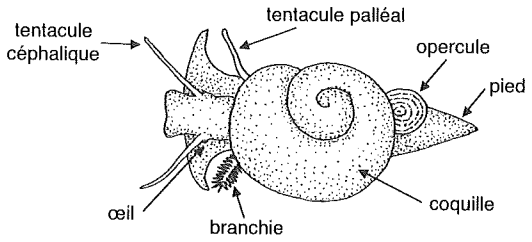
Glöer P. et Meier-Brook C. 2003. *Süsswassermollusken – Ein Bestimmungschlüssel für die Bunderepublik Deutschland.* 13° Edition. Deutscher Jungendbund für Naturbeobachtung, Hamburg : 134 p.

Mouthon J. 1982. Les Mollusques dulcicoles. *Bulletin français de pisciculture*, numéro spécial, 27 p.

Traits biologiques et écologiques, cf. tableau 9.T1.

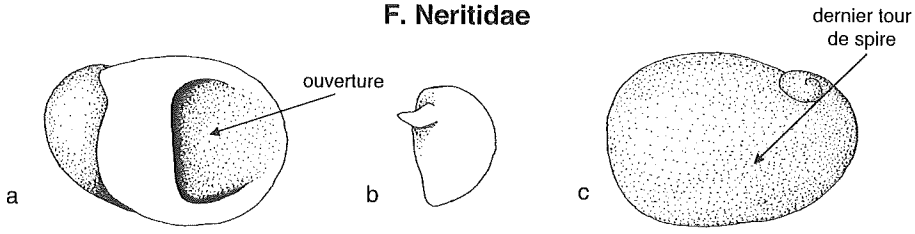
Cl. Gastéropodes

sCl. Prosobranches



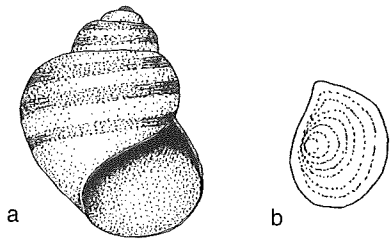
8.1 - *Valvata*, sCl. Prosobranches vd

F. Neritidae



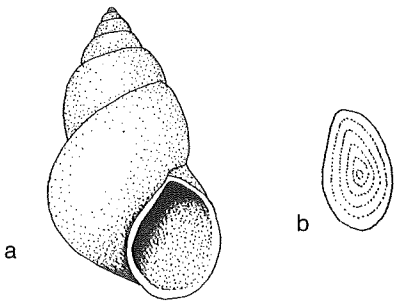
8.2 - *Theodoxus*. a : coquille vv ; b : opercule, face interne ; c : coquille vd.

F. Viviparidae



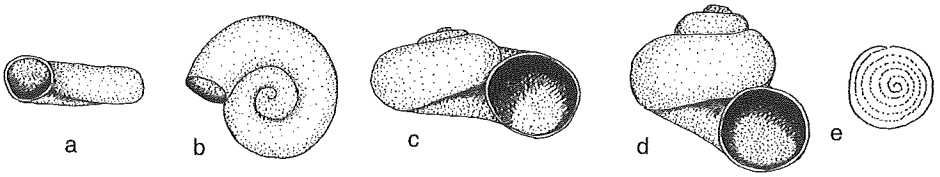
8.3 - *Viviparus*. a : coquille vl ;
b : opercule, face externe

F. Bithyniidae



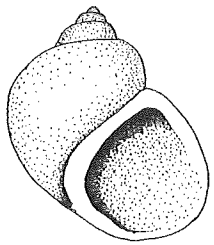
8.4 - *Bithynia*. a : coquille vl ;
b : opercule, face externe

F. Valvatidae

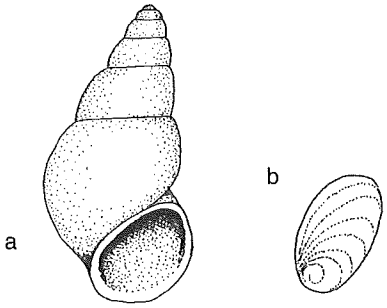


8.5 - *Valvata*. a, c, d : différents types d'enroulement correspondant à différentes espèces, vl ;
b : coquille vd ; e : opercule, face externe.

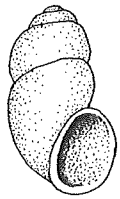
F. Hydrobiidae



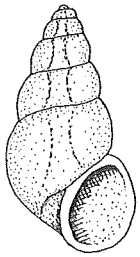
8.6 - *Lithoglyphus*, coquille vl. opercule, cf. fig. 8.7-b



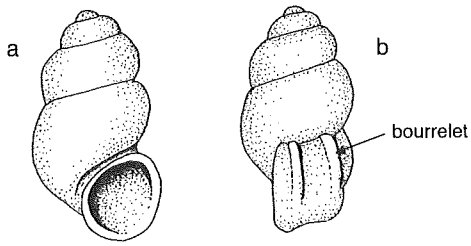
8.7 - *Potamopyrgus*. a : coquille vl ;
b : opercule, face externe.



8.8 - *Bithynella*, coquille vl.
opercule, cf. 8.7-b

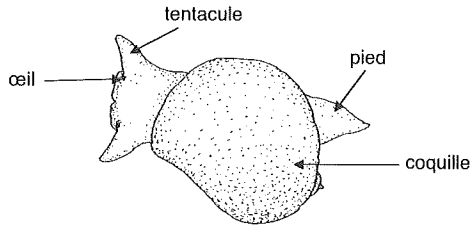


8.9 - *Bythiospeum*, coquille vl.
opercule, cf. 8.7-b



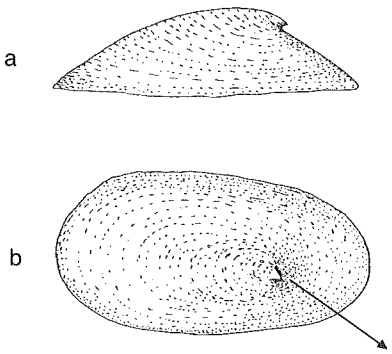
8.10 - *Belgrandia*. a : coquille vl, antérieure ;
b : coquille vl, postérieure. opercule cf. 8.7-b

s.Cl. Pulmonés



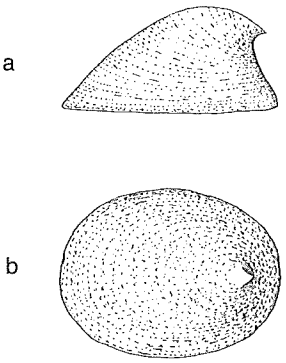
8.11 - *Radix*, s.Cl. Pulmonés

F. Acroloxidae



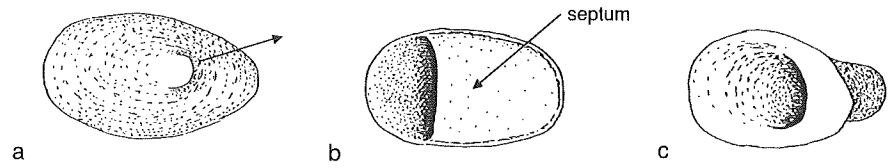
8.12 - *Acroloxus*. a : coquille vl ;
b : coquille vd

F. Ancylidae



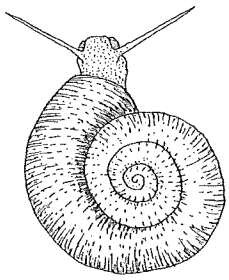
8.13 - *Ancylus*. a : coquille vl ;
b : coquille vd

F. Ferrissiidae

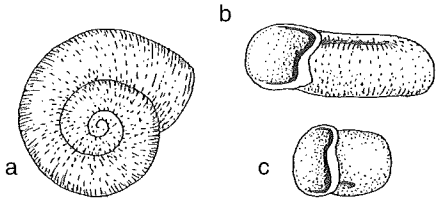


8.14 - *Ferrissia*. a : coquille vd ; b : coquille d'un individu septifère ;
c : coquille d'un individu post-septifère.
Les trois dessins ne sont pas à la même échelle.

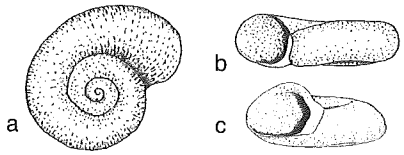
F. Planorbidae



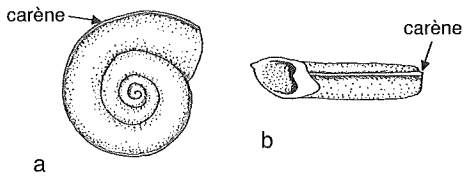
8.15 - *Planorbis*, individu vd, carène non visible



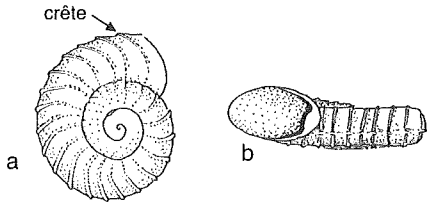
8.16 - *Planorbarius*. a : coquille vd ;
b : coquille vl ; c : coquille vl, jeune individu



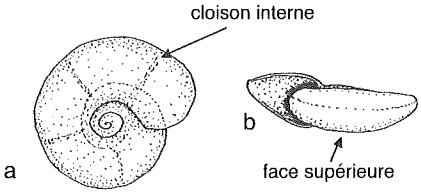
8.17 - *Gyraulus*. a : coquille vd ;
b : coquille vl ; c : *Menetus*
coquille vl



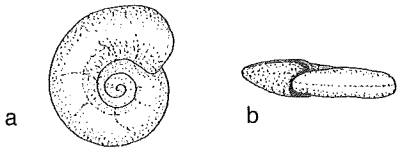
8.18 - *Planorbis*. a : coquille vd ;
b : coquille vl



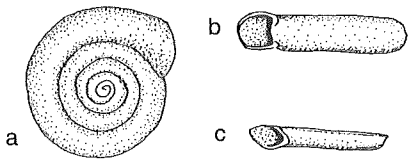
8.19 - *Armiger*. a : coquille vd ;
b : coquille vl



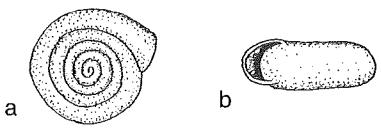
8.20 - *Segmentina*. a : coquille vd ;
b : coquille vl



8.21 - *Hippeutis*. a : coquille vd ;
b : coquille vl

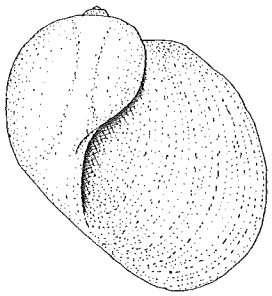


8.22 - *Anisus*. a : coquille vd ;
b et c : deux types de coquille vl

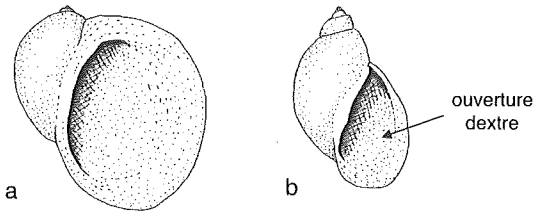


8.23 - *Bathyomphalus*. a : coquille vd ;
b : coquille vl

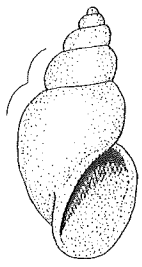
F. Lymnaeidae



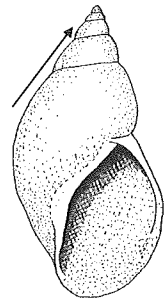
8.24 - *Myxas*, coquille vl



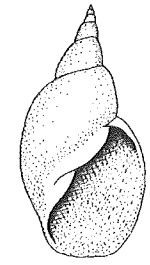
8.25 - *Radix*. a et b : 2 types de coquille (vl) correspondant à deux espèces différentes



8.26 - *Galba*, coquille vl

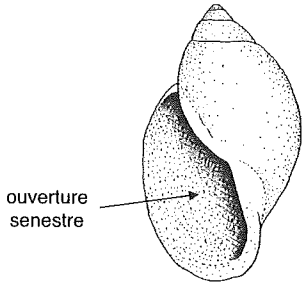


8.27 - *Stagnicola*, coquille vl

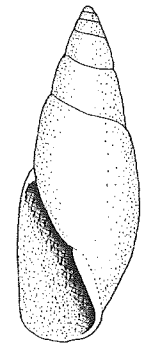


8.28 - *Lymnaea*, coquille vl

F. Physidae



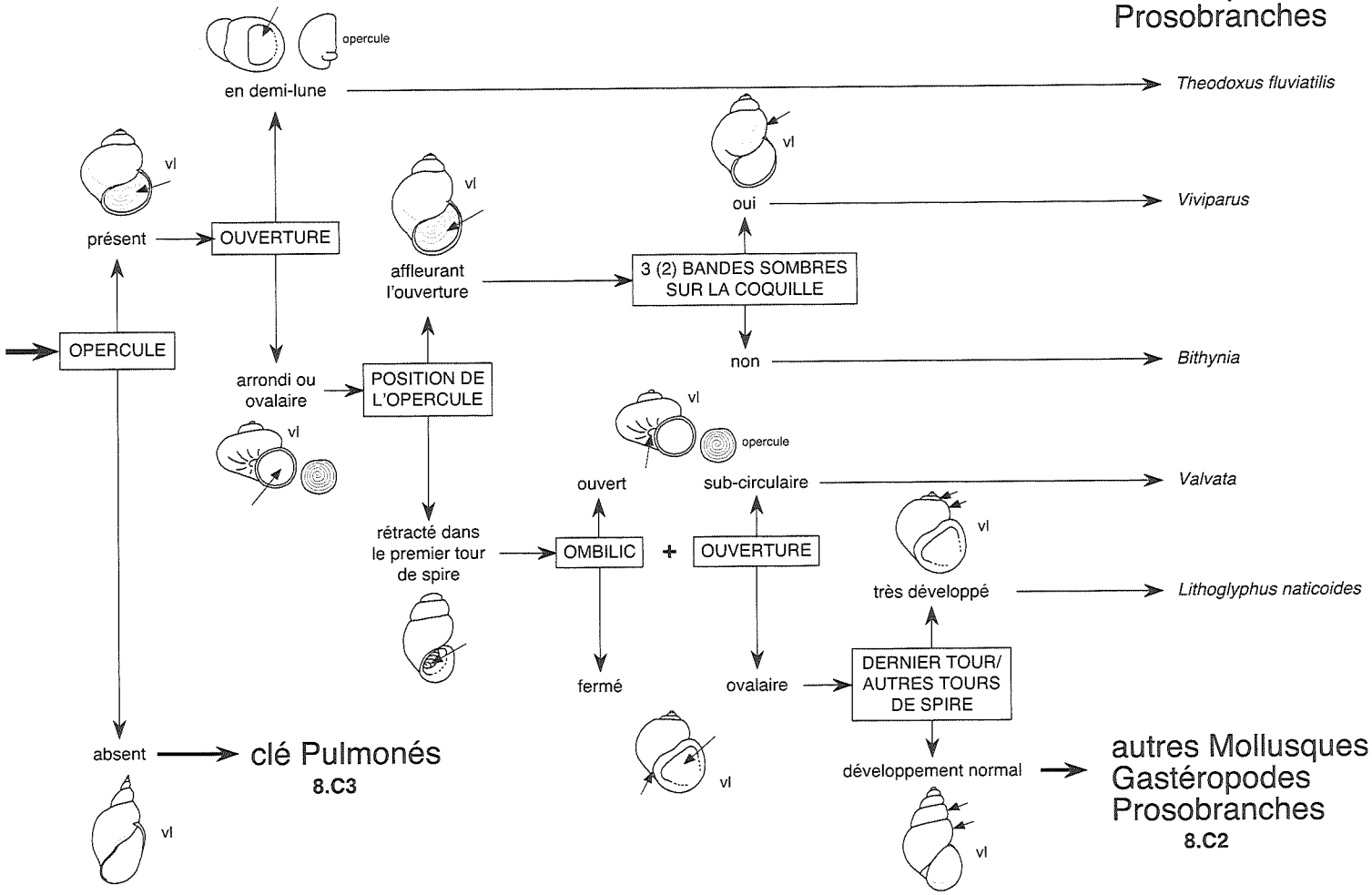
8.29 - *Physa* (et *Physella*, cf. diagnose), coquille vl



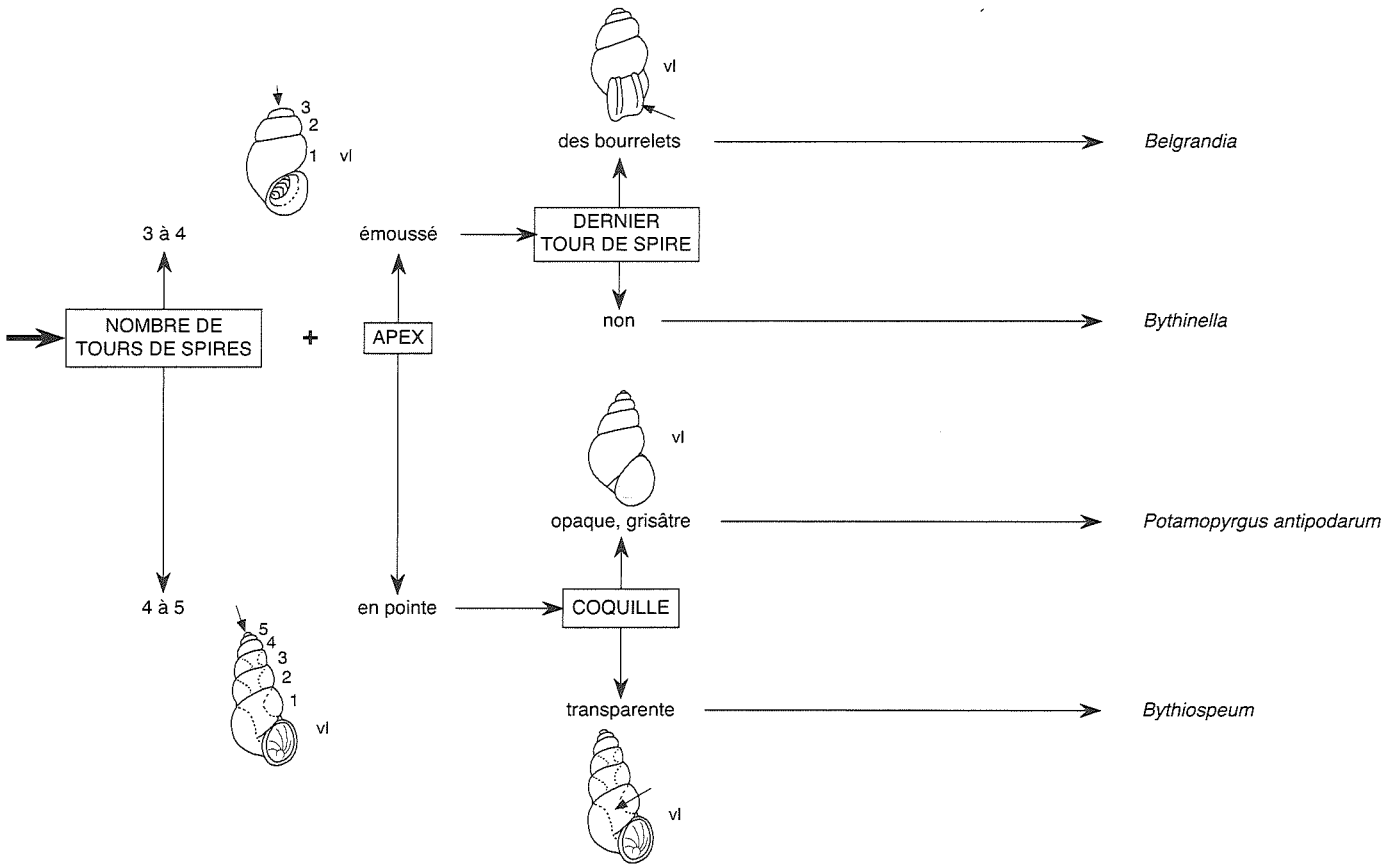
8.30 - *Aplexa*, coquille vl

8.C1

Gastéropodes Prosobranches

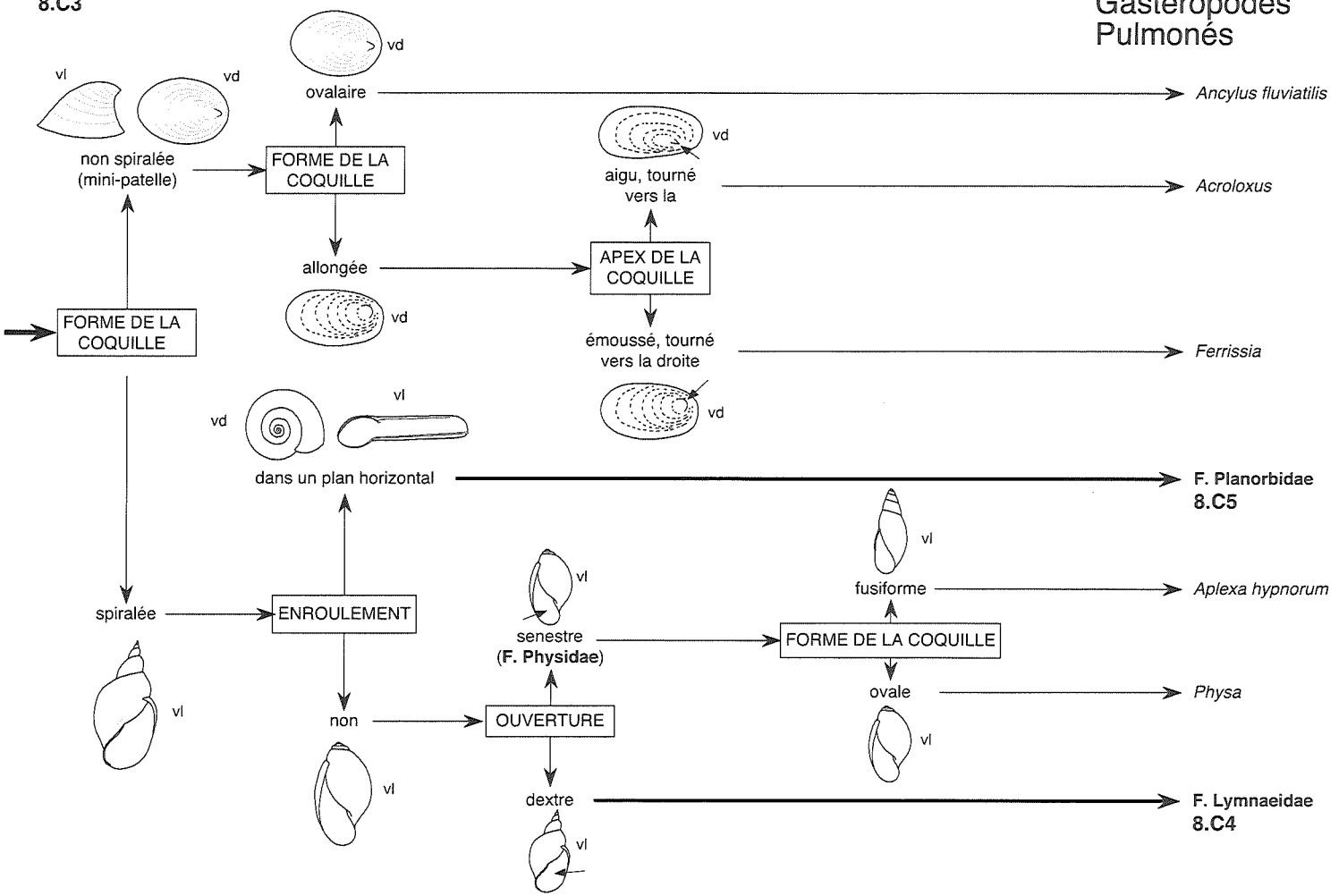


Gastéropodes
Prosobranches 2

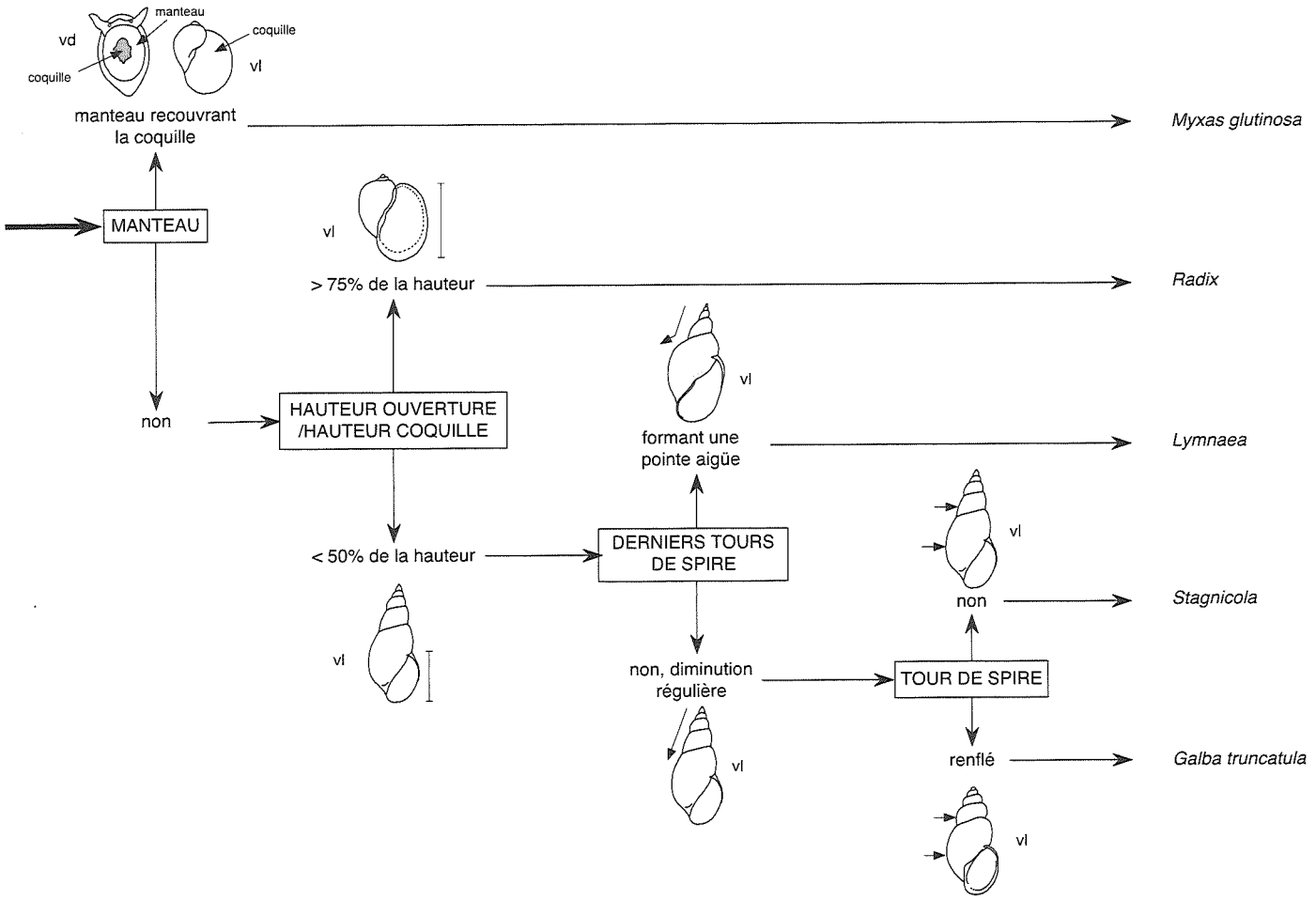


8.C3

Gastéropodes Pulmonés

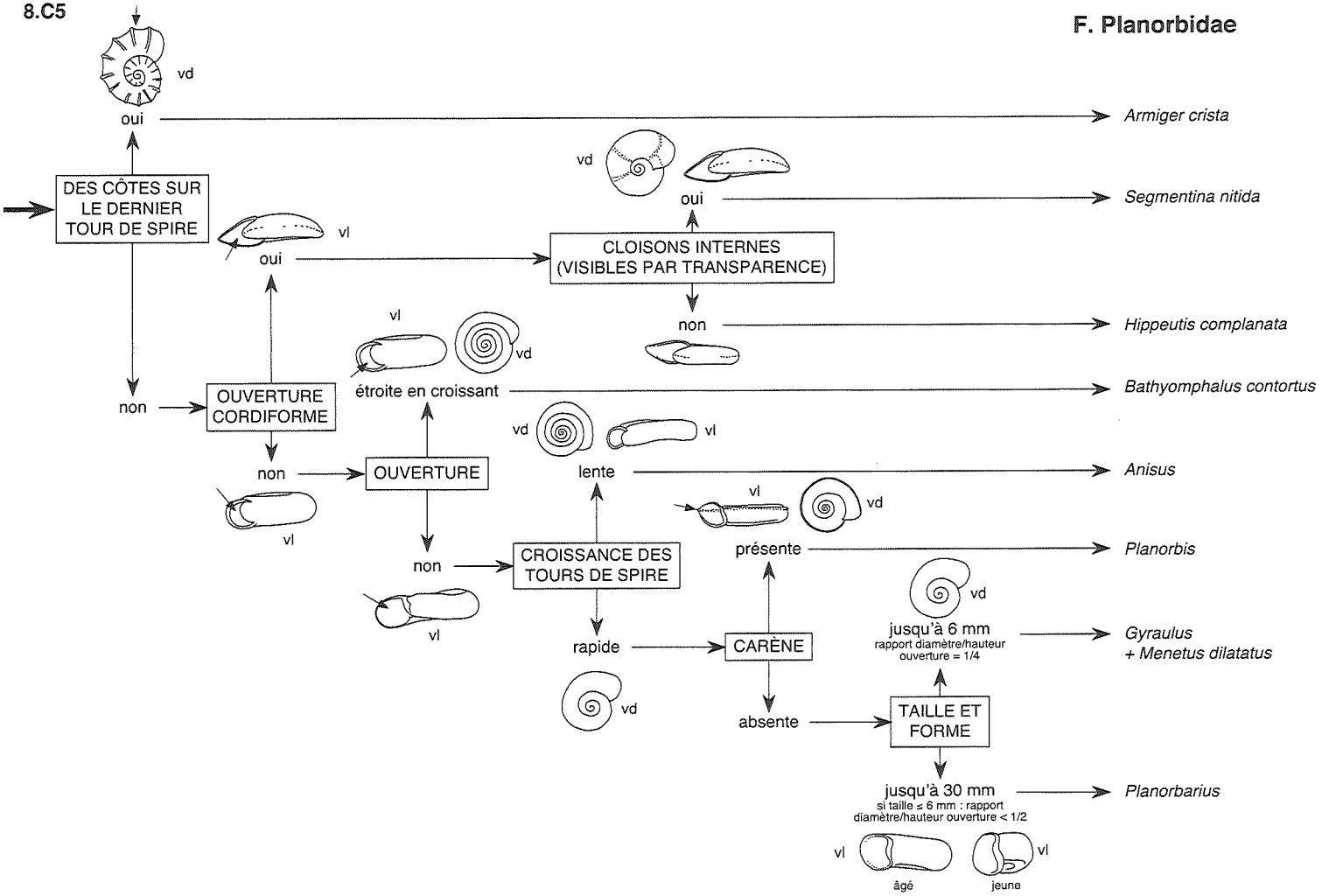


F. Lymnaeidae



8.C5

F. Planorbidae



CHAPITRE 9

BIVALVES ou LAMELLIBRANCHES

Les Bivalves constituent une classe de Mollusques caractérisés par la présence de deux valves. Les Bivalves d'eau douce appartiennent tous à l'ordre des Eulamellibranches. Ils sont représentés par trois superfamilles : les Unionacea avec deux familles, les Unionidae et les Margaritiferidae ; les Corbiculacea, avec les Sphaeriidae et les Corbiculidae, et les Dreissenacea avec les Dreissenidae. Les Bivalves d'eau douce sont soit de grande taille (Unionacea), soit de taille moyenne (Dreissenacea) ou de taille très petite ou moyenne (Corbiculacea). Corbiculacea et Dreissenacea appartiennent à l'ordre des Veneroidea, les Unionacea à l'ordre des Unionoidea. La présence en eau douce des Corbiculacea date au moins du Crétacé (McMahon, 1991) ; la superfamille des Unionacea est connue depuis le Trias. Les Dreissenacea dérivent probablement d'un ancêtre du genre *Mytilopsis* qui vivait en zone estuarienne ; ils sont présents en eau douce seulement depuis la fin du dix-huitième siècle.

1 - MORPHOLOGIE ET ANATOMIE

Chez les Lamellibranches d'eau douce, trois éléments sont essentiels : 1) les deux valves caractérisées par la position du crochet (umbo) (fig. 9.4a), la présence de muscles adducteurs soit identiques ou nettement dissymétriques dont les impressions palléales sont bien visibles sur les valves (fig. 9.1) ; 2) les deux cténidies (branchies) constituées chacune de deux lames doubles (chez les Unionacés et les Sphaeriidae, la lame externe ou les lames internes et externes servent de poches incubatrices) ; 3) la structure du bord postérieur du manteau et la manière dont sont agencées les ouvertures inhalante et exhalante.

2 - BIOLOGIE

Les sexes sont séparés chez les Unionacea et les Dreissenacea. Les Sphaeriidae sont hermaphrodites.

Chez les Unionacea, la maturité sexuelle est atteinte au bout de six à douze ans. La période de reproduction commence à la fin de la période hivernale et se poursuit jusqu'à l'automne. Les Unionacea ne produisent qu'une seule génération par an. Après fécondation, le développement se poursuit dans la demi-cténidie externe (fig. 9.2). À la fin du développement, il y a libération par le siphon exhalant d'une larve particulière la larve glochidium. Cette larve qui ressemble à un minuscule bivalve est pourvue d'un long filament et porte des crochets au bord des valves. En général, de 200 000 à plusieurs millions de glochidies sont libérées (Mouthon, 1982). Cette larve glochidium se fixe sur les ouïes, les nageoires ou les branchies des poissons où elle se

trouve enkystée par une réaction des tissus de l'hôte. Après quelques semaines, elle crève les parois du kyste et tombe sur le fond où elle va poursuivre son développement.

Chez les Sphaeriidae, la maturité sexuelle est atteinte au cours de la première année. Les œufs sont gros : 6 à 24 œufs par adulte pour *Sphaerium*, 3 à 7 pour *Pisidium* (Burkey, 1983, in McMahon, 1991). Les œufs se développent dans une poche incubatrice constituée par les lames externes des cténidies. Les jeunes sont libérés lorsqu'ils atteignent le quart de la taille de l'adulte.

Chez les Dreissenidae, la maturité sexuelle est atteinte au bout de un à deux ans. Il y a libération de sperme et d'ovules dans l'eau. Après fécondation, les œufs (de 30 à 40 000) se développent et libèrent à l'éclosion une larve véligère (fig. 9.9a) qui, après quelque temps, va se laisser tomber sur le fond et se fixer par un byssus (comme les Moules en milieu marin). Si le substrat est défavorable, ces jeunes Dreissènes peuvent couper le byssus et se laisser entraîner à nouveau par le courant jusqu'à ce qu'elles aient trouvé un substrat favorable.

La longévité est de dix à trente ans chez les Unionidae et peut dépasser cent ans chez les Margaritiferidae (Mouthon, 1982). La longévité est de trois à quatre ans pour les Sphaeriidae, elle est de cinq à dix ans pour les Dreissenidae.

3 - ÉCOLOGIE

Les Unionacea et, parmi les Sphaeriidae, les *Pisidium* présentent une grande résistance à l'hypoxie ; les autres Bivalves en revanche n'ont pas cette résistance et occupent donc en milieu lacustre des eaux peu profondes. Certains peuvent également résister au dessèchement.

Les Bivalves d'eau douce sont tous des filtreurs (phytoplancton, mais aussi bactéries et fins débris organiques) de 2,5 à 8 μm pour la majorité des espèces et de seulement 1 μm à quelques μm pour les Dreissenidae. Chez les Unionacea et les Sphaeriidae, l'animal peut se nourrir à partir des particules déplacées par les mouvements du pied.

Les Bivalves sont les hôtes de nombreux parasites (Trématodes notamment) (cf. cycle de la Bucéphalose en Introduction, fig. I.15). Ils peuvent héberger des commensaux comme le Naididae *Chaetogaster* présent dans la cavité palléale. Bien qu'elle n'affecte pas l'hôte, on rappellera pour mémoire la relation essentielle pour les Unionacea entre la larve Glochidium et le Poisson.

La prédation est surtout le fait des Crustacés tels que les Écrevisses, des Poissons et des Oiseaux (notamment les Ardeidae, dont la prédation s'exerce sur les Unionacea) et des Rats musqués.

La compétition est faible pour les Unionacea et les Sphaeriidae. La compétition pour la place est en revanche importante chez les Dreissenidae, qu'elle soit intraspécifique ou interspécifique (notamment, dans ce dernier cas, avec les Spongiaires et les Bryozoaires).

Chez les Unionacés, la dispersion est surtout assurée par les Poissons qui transportent les glochidia. La dispersion est apparemment faible chez les Sphaeriidae. Chez les Dreissenidae, la dispersion est facilitée par l'existence du byssus qui permet aux animaux de se fixer sur un support rigide (par exemple, une coque de bateau), ce qui explique la rapide diffusion des Dreissènes en Europe par le système des canaux.

La dispersion de *Dreissena* en Amérique du Nord (Mac Mahon, 1991) apparaît être liée au remplissage des ballasts de navire avec de l'eau douce contenant des larves véligères ou de jeunes individus. La vidange des ballasts dans un des grands lacs américains a assuré, involontairement, la colonisation du continent nord-américain.

4 - TECHNIQUES D'IDENTIFICATION

La détermination au niveau spécifique est basée uniquement sur les parties molles (bord du manteau et branchies) pour les Unionacea, et sur la structure de la charnière des valves pour les Unionacea et les Sphaeriidae. Il est donc nécessaire, avant d'utiliser un fixateur, de faire ouvrir l'animal soit à chaud, soit en ajoutant goutte à goutte de l'alcool à 70 % dans de l'eau où les animaux vivants ont été déposés. La fixation et la conservation, comme pour les Gastéropodes, se font dans l'alcool à 70 %.

En ce qui concerne les Unionacea, les caractères que nous proposons pour identifier les différents genres sont basés sur la coquille qui présente, pour certains genres, une forte variabilité interpopulationnelle ; c'est le cas notamment pour *Potomida littoralis* et *Unio crassus* et pour *Anodonta* et *Pseudanodonta*. Les spécialistes utilisent la structure des parties molles et la forme de la larve Glochidium pour distinguer ces couples de genres. L'utilisation de la structure des coquilles seule peut entraîner des risques d'erreur.

5 - DIAGNOSE (clés 9.C1, 9.C2)

5.1 – SUPER-FAMILLE DES UNIONACEA

Bivalves pouvant atteindre une grande taille (jusqu'à 200 mm). Coquilles de teinte noirâtre ou verdâtre.

5.1.1 – Famille des Margaritiferidae (fig. 9.3)

Valves épaisses allongées, peu renflées, de teinte noirâtre. Bord ventral des valves droit ou légèrement concave. Chez l'adulte, l'apex des valves est souvent érodé. Chez les individus âgés, dents latérales postérieures indistinctes. Periostracum (bord marginal des valves) mat, noirâtre. Bord postérieur du manteau non soudé et ne présentant aucun épaississement.

Les caractères que nous venons de décrire s'appliquent à l'espèce *Margaritifera margaritifera*. Cette espèce se rencontre dans les cours d'eau de taille moyenne (zone à truite) dont le substratum est siliceux (en France dans les Pyrénées, le Massif central et les Vosges). Jusqu'à 110 mm de long.

M. auricularia = *Pseudunio auricularia* est une espèce à coquille très épaisse, nacrée, pouvant atteindre plus de 180 mm. Les dents latérales postérieures sont bien visibles (comme chez les Unionidae). Le bord ventral des valves est légèrement concave. Cette espèce, que l'on croyait disparue, a été retrouvée dans la Charente (Prié *et al.*, 2008).

5.1.2 – Famille des Unionidae (clé 9.C2)

Valves épaisses comme dans le cas des Margaritiferidae (*Unio* et *Potomida*) ou minces (chez les Anodontes), et, dans ce dernier cas, charnière dépourvue de dent. Periostracum brillant de couleur variable. Chez *Unio* et *Potomida,* dents latérales postérieures bien visibles formant une (valve droite) ou deux (valve gauche) lames allongées. Bords postérieurs du manteau soudés formant une ouverture anale séparée, présence d'épaississements contribuant à la formation d'une paire de siphons (inhalant et exhalant). La distinction entre les genres *Anodonta* et *Pseudanodonta* reste délicate avec des individus de taille moyenne. Nous n'avons conservé, pour ces deux genres, que les caractères les plus constants pour identifier de jeunes individus ou des individus âgés.

Potomida (fig. 9.6)

Valves épaisses (cf. ci-après) relativement rhomboïdales ou sub-circulaires, noirâtres. La hauteur correspond au deux tiers de la longueur. En se basant uniquement sur la coquille, la distinction de ce genre avec *Unio crassus* reste délicate. On notera cependant que chez *U. crassus rhomboïdalis* les valves sont particulièrement épaisses, ce qui n'est pas le cas chez *Potomida littoralis.*

Une seule espèce : *P. littoralis.*

Unio (figs. 9.4, 9.5)

Certaines espèces d'*Unio* ressemblent aux Margaritiferidae, ressemblance aggravée par le fait que l'apex des valves est parfois érodé, mais les valves sont à bord ventral droit ou convexe ; la présence constante de dents latérales postérieures permet d'éviter la confusion avec le genre *Margaritifera.*

Anodonta (fig. 9.7)

Charnière dépourvue de dent. Valves minces fortement bombées (rapport renflement des deux valves / longueur, voisin de un tiers). Chez les jeunes individus, apex garni de fines rides lamelleuses en nombre variables (quatre à douze). Jusqu'à 150 mm de long.

Pseudanodonta (fig. 9.8)

Charnière dépourvue de dent. Valves minces faiblement bombées (rapport renflement des deux valves / longueur, voisin de un cinquième). Chez les jeunes individus, apex garni de fines rides tuberculeuses en nombre variables (trois à cinq). Jusqu'à 90 mm de long.

Une seule espèce : *P. complanata.*

5.2 – SUPER-FAMILLE DES DREISSENACEA

5.2.1 – Famille des Dreissenidae

Allure de petite moule. Byssus toujours présent.

Dreissena (fig. 9.9 c et d)

Allure de petite moule, mais valves carénées. Présence de zébrures sur la coquille chez les jeunes individus (d'où le nom populaire de « moule zébrée »). Adultes, toujours fixés sur un substrat dur par un byssus. Jusqu'à 40 mm.

L'extension de cette espèce dans les eaux douces est récente. Cette espèce n'est apparue en France qu'au début du XIX^{è} siècle. Elle est maintenant présente dans les grands lacs nord-américains (cf. *supra*).

Une seule espèce : *D. polymorpha.*

Congeria (fig. 9.9b)

Aspect de petite moule comme *Dreissena.* Cette espèce est présente surtout en zone saumâtre, elle peut éventuellement se rencontrer en eau douce. Apex arrondi, pas de carène, ni de zébrures sur la coquille comme cela est le cas chez les jeunes Dreissènes. Coloration jaunâtre ou brunâtre. Jusqu'à 30 mm.

Une seule espèce : *C. cochleata.*

5.3 – SUPER-FAMILLE DES CORBICULACEA

Bivalves en forme de lentille ne dépassant pas 15 mm pour les Sphaeriidae, mais pouvant atteindre 35 mm pour les Corbiculidae.

5.3.1 – Famille des Sphaeriidae

Coquille mince de couleur blanchâtre. Ligament de la charnière peu visible extérieurement, valves munies de dents cardinales (une sur la valve droite, deux sur la valve gauche) et de dents latérales lamelliformes.

Sphaerium (fig. 9.11b et c)

Coquille approximativement équilatérale. Bivalve muni de deux siphons (visibles uniquement chez l'animal vivant). Environ cinq espèces. Pour certains auteurs, l'espèce *Sphaerium lacustre* constitue un genre distinct : *Musculium lacustre*. Adulte pouvant atteindre 15 mm et dépassant généralement 10 mm.

Pisidium (fig. 9.11a)

Coquille inéquilatérale, région antérieure plus longue que la région postérieure. Bivalve avec un seul siphon. Taille généralement comprise entre 2 et 5 mm, une seule espèce atteint 10 mm. Environ une vingtaine d'espèces.

5.3.2 – Famille des Corbiculidae

Corbicula (fig. 9.10)

Même aspect général que les Sphaeriidae, mais le ligament de la charnière forme une protubérance saillante, visible même chez les jeunes individus. Les valves sont munies chacune de dents cardinales et de dents latérales, ces dernières fortement crénelées. Les adultes présentent une coquille très épaisse, dont la cuticule extérieure est de teinte sombre avec des stries d'accroissement en relief.

Depuis la fin des années 1980, *C. fluminea* est régulièrement récoltée dqns le bassin rhodanien.

La rapide extension de cette espèce apparaît liée à une grande prolificité et une maturité génitale précoce. Les jeunes individus peuvent élaborer des filaments muqueux leur permettant de se fixer temporairement sur le fond.

RÉFÉRENCES

Castagnolo L., Franchini D. et Giusti F. 1980. *Bivalvi (Bivalvia)*. C.N.R., 10 : 55 p.

Cheng T. C. 1986. *General Parasitology*. Academic Press Inc., London, 827 p.

Ellis A .E. 1978. British freshwater bivalve Mollusca, in « *Synopses British Fauna* », Ed. Academic Press, London, 11, 104 p.

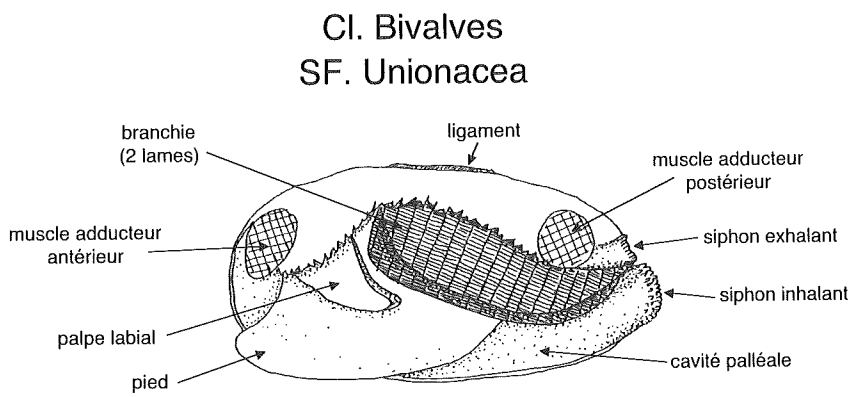
Glöer P. et Meier-Brook C. 2003. *Süsswassermollusken – Ein Bestimmungschlüssel für die Bunderepublik Deutschland*. 13° Edition. Deutscher Jungendbund für Naturbeobachtung, Hamburg : 134 p.

Killeen I., Aldridge D. et Oliver G. 2004. *Freshwater bivalves of Britain and Ireland*. FSC. National Museum of Wales, Shrewsbury : 119 p.

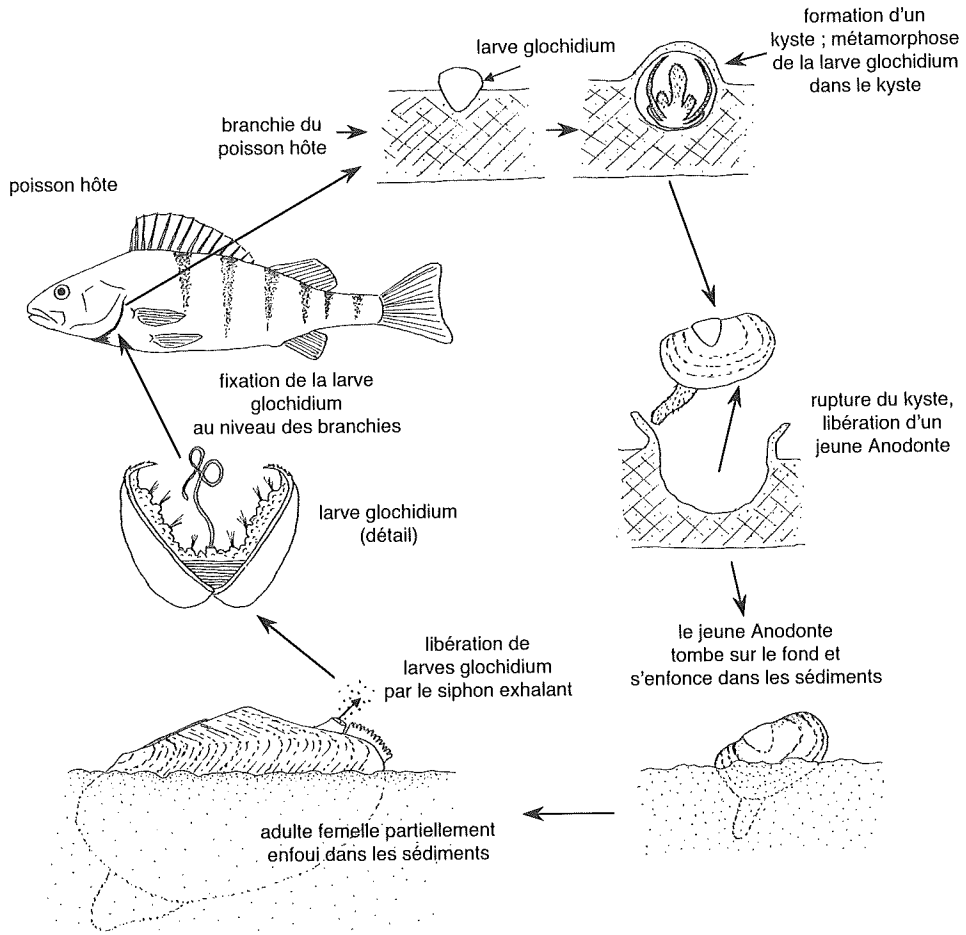
Mc Mahon R. F. 1991. Mollusca - Bivalvia, pp. 315-399. *In* : « *Ecology and Classification of North American Freshwater invertebrates* » Thorp J. H. et Covich A. P. (éds).

Mouthon J. 1982. Les Mollusques dulcicoles. *Bulletin français de pisciculture*, numéro spécial, 27 p.

Prié V., Philippe L., Cochet G., Rethoret H. et Filali R. 2008. Une population majeure de la très rares Grande Mulette *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1793) (Bivalvia : Margaritiferidae) dans le fleuve Charente (France). Site internet : www.journal-malaco.fr, 5 : 231-240.

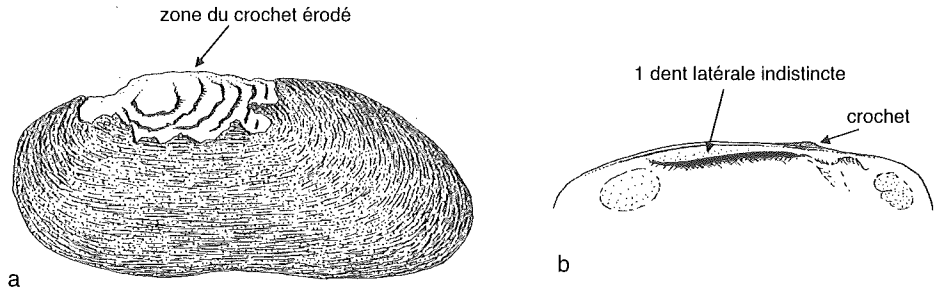


9.1 - *Anodonta*, individu vl, la valve gauche a été enlevée et le manteau partiellement déchiré



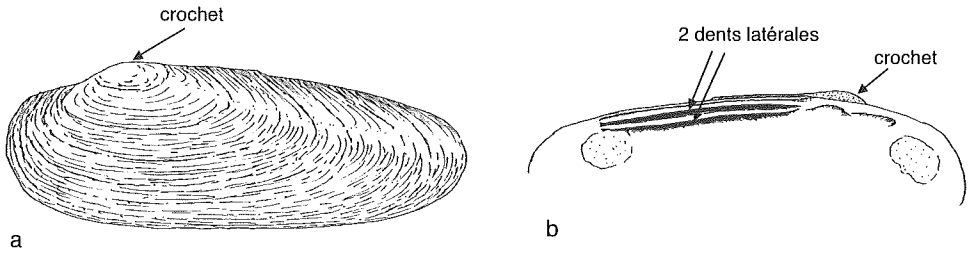
9.2 - *Anodonta*, une partie du cycle vital. Modifié d'après Cheng, 1986

F. Margaritiferidae

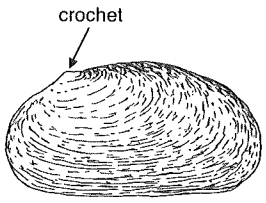


9.3 - *Margaritifera*. a : valve gauche vl ; b : valve gauche, région dorsale, face interne

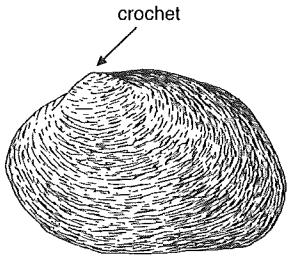
F. Unionidae



9.4 - *Unio*. a : valve gauche vl ; b : valve gauche, région dorsale, face interne

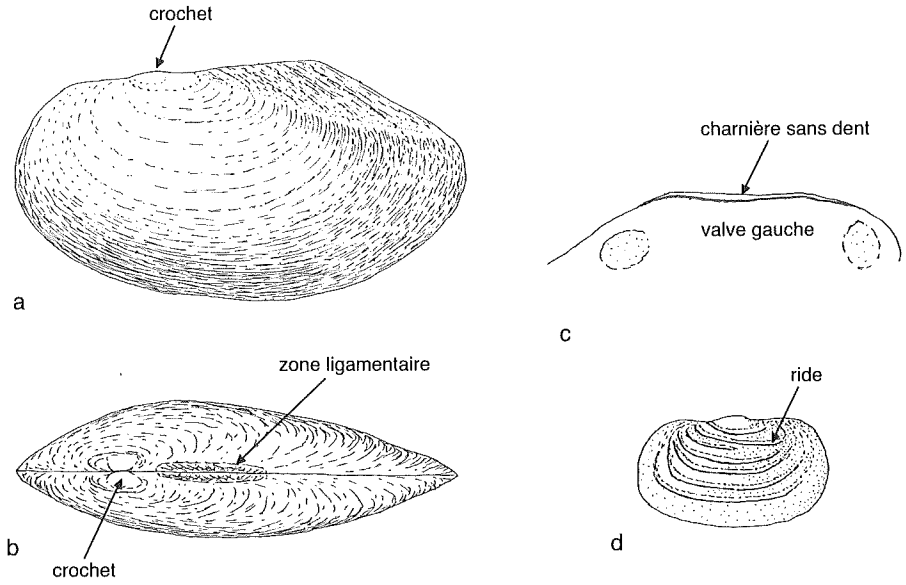


9.5 - *Unio crassus rhomboïdalis*, valve gauche vl

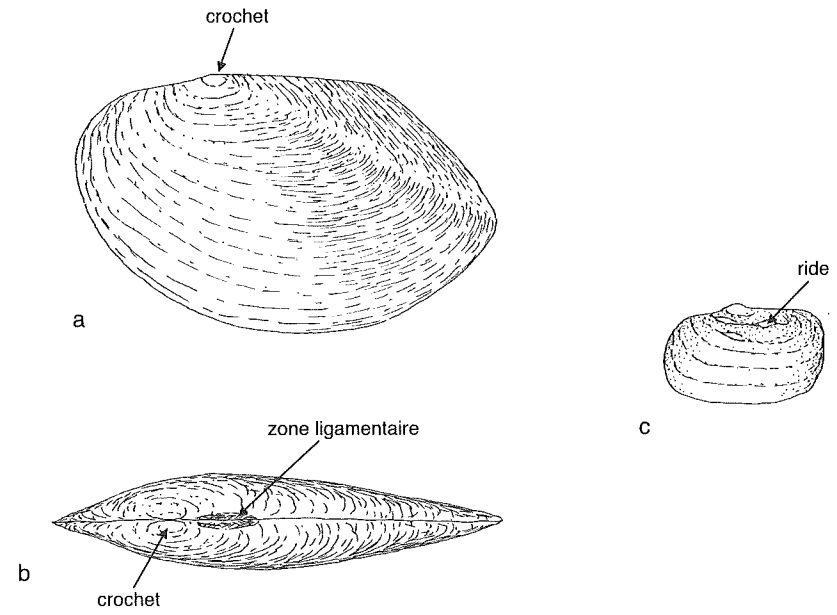


9.6 - *Potomida*, valve gauche vl

F. Unionidae 2

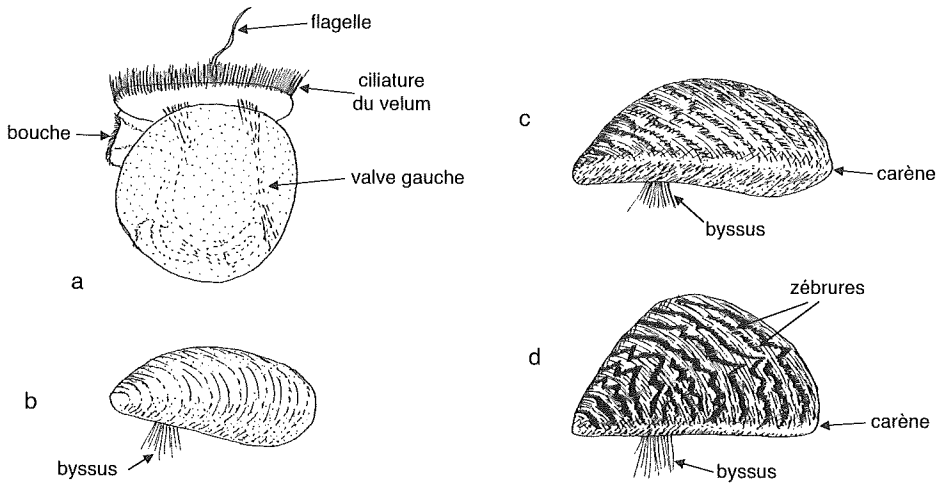


9.7 - *Anodonta*. a : valve gauche vl ; b : vd ; c : valve gauche, région dorsale, face interne ; d : jeune individu vl.



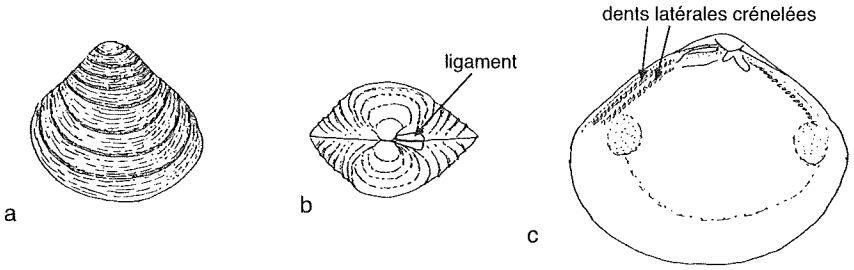
9.8 - *Pseudanodonta*. a : valve gauche vl ; b : vd ; c : jeune individu vl

F. Dreissenidae



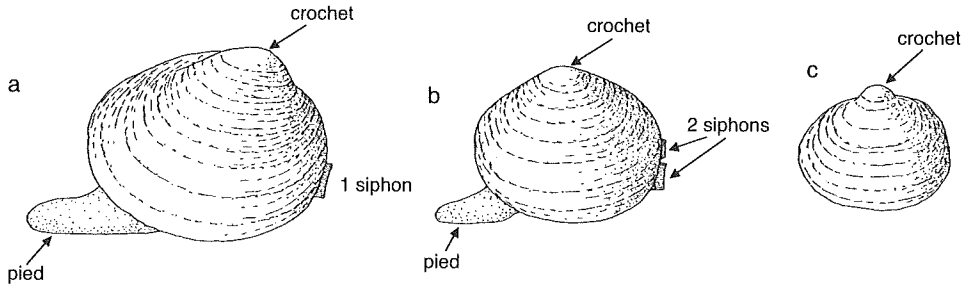
9.9 - a : larve véligère de Dreissenidae vl ; b : *Congeria* vl ; c : *Dreissena* adulte vl ; d : *Dreissena* jeune individu vl. Les deux dessins de *Dreissena* ne sont pas à la même échelle

F. Corbiculidae



9.10 - *Corbicula*. a : vl ; b : vd ; c : valve gauche vue interne

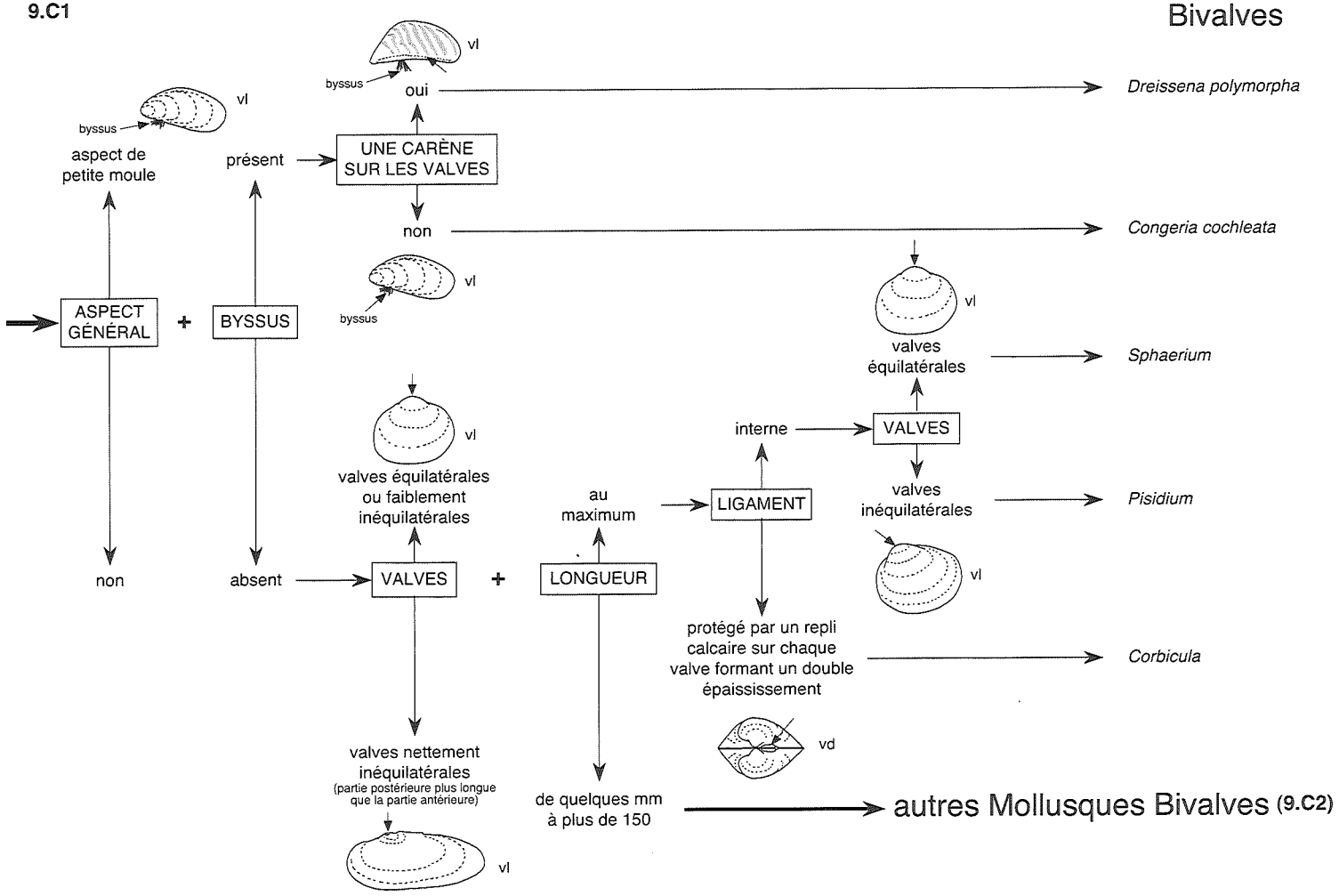
F. Sphaeriidae



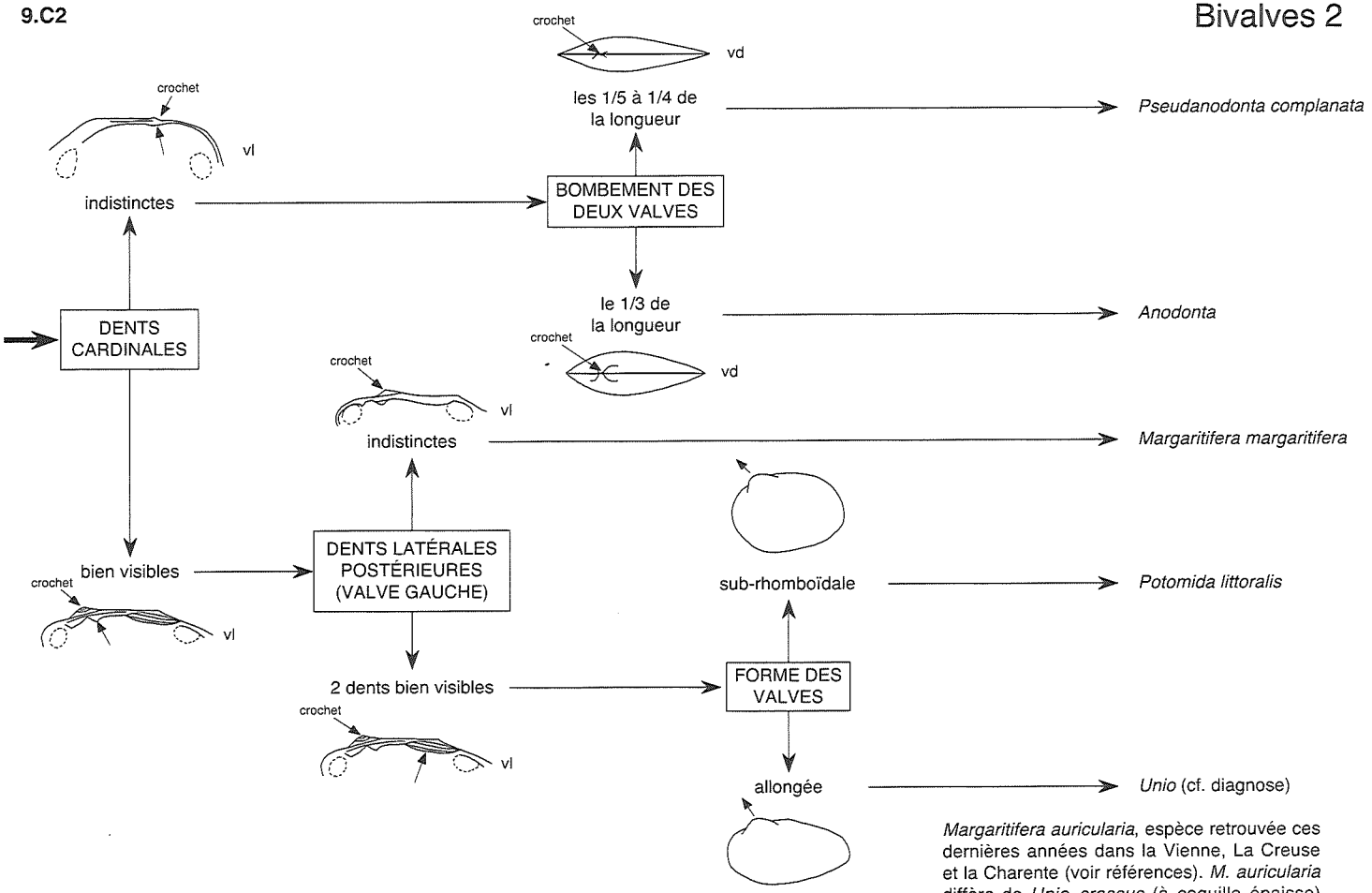
9.11 - a : *Pisidium* vl ; b : *Sphaerium* vl ; c : *Sphaerium lacustre* vl

9.C1

Bivalves



Bivalves 2



Margaritifera auricularia, espèce retrouvée ces dernières années dans la Vienne, La Creuse et la Charente (voir références). *M. auricularia* diffère de *Unio crassus* (à coquille épaisse) par sa forme plus allongée (au moins chez les individus âgé).

Tableau 9.T1 - Traits biologiques, physiologiques et écologiques : Gastéropodes et Bivalves

Traits N°	1							2		3			4			5					6		
Modalité	1	2	3	4	5	6	7	1	2	1	2	3	1	2	4	1	2	3	4	5	1	2	3
Acroloxus lacustris			3					3			3		3		3				3		2	1	
Ancylus fluviatilis			3	3				3			3		3		3				3		2	1	1
Anisus			3	2				3			3		3		1				3		2	1	
Aplexa hypnorum				3				3			3	1	3		2				3		2	1	
Armiger crista		3						3			3		3		3				3		2	1	
Bathyomphalus contortus		3	2					3			3		3		3				3		2	1	
Belgrandia		3						3	1		3		3		3				3		3	1	
Bithynia			3	1				3	3		3		3		3				3		2	1	
Bythinella		3						3			3		3		3			3			3	1	
Bythiospeum		3						3			3		3		3			1	2		3	1	
Ferrissia wautieri		3						3			3		3		2				3		2	1	1
Galba truncatula				3	1			3				3	3		1				3		2	1	
Gyraulus			3					3	1		3		3		3				3		2	2	
Hippeutis complanata		1	3					3			3		3		3				3		2	1	
Lithoglyphus naticoides			3					1	3		3		3		3			3			3	1	
Lymnea stagnalis					3	3		3	2	1	3		3		2				3	1	2	2	
Menetus dilatatus	1	3						3			3		3		3				3		3	1	
Myxas glutinosa				3				3			3		3		3				3		2	1	
Physa fontinalis			1	3				3	1		3		3		3				3		2	1	
Physella				3				3			3		3		3				3		2	1	
Planorbarius corneus					3			1	3	3			3		3				3		2	1	
Planorbis				3				3			3	1	3		3				3		2	1	
Potamopyrgus antipodarum		3	2					3	1		1	3	3		3	3					3	2	2
Radix				1	3			2	3		3		3		3				3		2	1	
Segmentina nitida			3					3			3		3		3				3		2	1	
Stagnicola					3			3			3	1	3		2				3		2	1	
Theodoxus fluviatilis			3	1				3	1		3		3		3			3			2	1	
Valvata		2	3					3	2		3		3		3				3		2	1	
Viviparus					3			1	3	1	3		3		3	3					2	1	
Anodonta							3		3		3		3	3	3	3					3	1	2
Congeria cochleata				3	1				3		3		3	3	3	3					3	1	
Corbicula					1	3			3		2	2	3	3	3	3	1				3	1	
Dreissena polymorpha					3	1			3		3		3	3	3	3					3	1	
Margaritifera margaritifera							3		3		3		3	3	3	3					3	1	
Pisidium		3	2	1				2	3		3	3	3	3	3	3					2	1	1
Potomida littoralis							3		3		3		3	3	3	3					3	1	
Pseudanodonta complanata							3		3		3		3	3	3	3					3	1	
Sphaerium				3	1			1	3		3	3	3	3	3	3					2	1	1
Unio							3		3		3		3	3	3	3					3	1	2

Traits N°	7				8								9						10		11		
Modalité	1	3	4	5	2	3	4	5	6	7	8	9	3	4	5	6	7	8	1	2	1	2	3
Acroloxus lacustris				2		2	4		1				1	3					3				3
Ancylus fluviatilis				2		2	5	2						3					3				3
Anisus	1	1	3			3	4	3	1				1	2					3				3
Aplexa hypnorum	1		3			2	3	1	1		1		1	2					3				3
Armiger crista			1	1		1	3		1				1	3					3				3
Bathyomphalus contortus			1	1	3	2			1				2						3				3
Belgrandia			1	1		3	2	3	1				1	3	1				1	3	3		
Bithynia			1	1	1	2	5	1	1	2	1			1	2				1	3			3
Bythinella			1	1		2	1	3	1					3					1	3	3		
Bythiospeum			1	1		3	2	3	1				1	3	1				1	3	2		1
Ferrissia wautieri				2		2	2		2				1	3					3				3
Galba truncatula			1		1	3	4	2	1				1	3					3				3
Gyraulus			1	1		1	4	1	1				1	3					3				3
Hippeutis complanata			1			1	1	3	1				1	2					3				3
Lithoglyphus naticoides			1	1		3	2	3	1				1	3	1				1	3			3
Lymnea stagnalis			2		1	2	3		3		2		1	3			2		3			2	3
Menetus dilatatus					1	1	1	1						3					3			2	1
Myxas glutinosa			1			2	2	3	1				1	3					3				3
Physa fontinalis			1	1		3	5	1	1		1		1	3					3	1		2	3
Physella			1	1		2	3	3	1		1			3					3			2	3
Planorbarius corneus			1	1	2	4	2	3	2		1		3	1					3			1	3
Planorbis		1	1			3	2	2	1				1	2					3	2		1	3
Potamopyrgus antipodarum			1			4	2	3					3	2					1	3		1	3
Radix			2			3	5	3	1	3	1		1	3					3				3
Segmentina nitida			1	1		1	1	3	1				1	2					3			1	3
Stagnicola			1			2	2	3	1				1	3					3				3
Theodoxus fluviatilis			1			3	5	3	1	2	2		1	3					1	3		1	3
Valvata			1	1	2	3	5	3	1	1			1	2	2				1	3			3
Viviparus			1	1	3	2	1	1	1	2			1	2	2				1	3			3
Anodonta				3		3	3	2		3		3			3	1		1	1	3			3
Congeria cochleata				3	2		1			2					3				1	3		1	3
Corbicula		1		3	3		3			3					3				1	3		3	
Dreissena polymorpha				3	3		2			3					3				1	3			3
Margaritifera margaritifera				3	3	2	2					3			3	1		1	1	3	2		2
Pisidium	1		1		3		5			2					3				1	3	1		3
Potomida littoralis				3		3	3	2		3		3			3	1		1	1	3			3
Pseudanodonta complanata				3		3	3	2		3		3			3	1		1	1	3			3
Sphaerium			1		3		5	1		2					3				1	3			3
Unio				3		3	3	2		3		3			3	1		1	1	3		1	3

Traits N°	12						13			14					15		16					17		
Modalité	1	2	3	4	5	6	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	1	2	3	4	5	1	2	3
Acroloxus lacustris			1	1	2	3		3	2		1	2	2		3	1	3	3	3	3	3	3		
Ancylus fluviatilis				1	1	3	2	1		1	2	2	2		3	2	3	3	3	3	3	3	2	1
Anisus			1	1	1	3	3	2			1	3	1		3	2	3	3	3	3	3	3		
Aplexa hypnorum			1	1	2	3		3	1		2	3			3	1	3	3	3	3	1	3		
Armiger crista		1	1	1	2	3		2	2			3			3	1	2	2	2	2	1	3		
Bathyomphalus contortus	1	1	1	1	3	3	3	1			2	3	1		3	1	3	3	3	3	3	3		
Belgrandia							3			1	2				3		3				3	3		
Bithynia		1	1	1	2	3		3	2			3	2		3	3	3	3	3	3	3	3	2	
Bythinella							3			3	1				3		3	3	3	1	3	1	1	
Bythiospeum							3			3	1				3			2	3	1	2	3		
Ferrissia wautieri				1	3	3	3	2			1	2	2		3	1		3	3	3	3	3		
Galba truncatula	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2	1	1	3	1	3	3	3	3	3	3	3	1
Gyraulus			1	1	3	3	1	3	1		2	2	1		3	1	3	3	3	3	3	3		
Hippeutis complanata					1	3		1	3		2	2	1		3	1	2	2	2	2	2	3		
Lithoglyphus naticoides						3		1	3			3	1		3	1			1	2		3		
Lymnea stagnalis				1	2	3	1	3	2		1	3			3	3	3	3	3	3	3	3	2	1
Menetus dilatatus																		1	1			3		
Myxas glutinosa			1	1	1	3		3				3	1		3		3	3	3	2		3		
Physa fontinalis					1	3	1	2	2		1	3	2		3	3	3	3	3	3	3	3		
Physella						3		3	1			2	3	1	3	1			2			3		
Planorbarius corneus			1	1	1	3		2	3		1	2	2		3	2	3	3	3	3	1	3		
Planorbis					1	3		3	2		1	3	1		3	2	3	3	3	3	3	3	1	
Potamopyrgus antipodarum						3		2	3			2	2	1	2	3	3	3	2	3	3	3		
Radix				1	2	3		3	1		1	3	2		3	2	3	3	3	3	3	3	3	1
Segmentina nitida		1	1	1	1	3	1	3	1		1	1	1		3	1	2	2	2	2	2	3		
Stagnicola			1	2	2	3		2	1		2	3	1		3	2			2			3		
Theodoxus fluviatilis					1	3	3	3	1		1	3			3	3	3	3	3	3	3	3		
Valvata			1	1	1	3	2	3	1		1	3	1		3	2	3	3	3	3	3	3		
Viviparus						3	2	3	1			3	1		3	1	3	3	3	3	3	3		
Anodonta					1	3	1	2	1		1	2	2		3	1	3	3	3	3	3	3		
Congeria cochleata					1	3		3				2	2		3	3				3		3		
Corbicula					1	3		1	2				1	2	3	3		1	3	3	3	3		
Dreissena polymorpha					1	3		2	1		1	3	1		3	2	3	3	3	3	3	3		
Margaritifera margaritifera					1	3	3			1	3				3		1		2			3		
Pisidium		1	2	3	3	3	3	1	1		3	2	1		3	1	3	3	3	3	3	3	2	2
Potomida littoralis						3	2				3				3	1	3	3	3	3	3	3		
Pseudanodonta complanata						3	2				1	3			3	1	3	3	3	3	3	3		
Sphaerium			1	2	3	3	1	3	1		1	3	2		3	1	3	3	3	3	3	3		
Unio						3	2	3	2		2	3	1		3	1	3	3	3	3	3	3		

Traits N°	18								19						
Modalité	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7
Acroloxus lacustris			1	2	3	2		3		1	3				
Ancylus fluviatilis	2	3	4	1	1	1		1	3	3			1	1	
Anisus			1	2	2	1		4		3	2		3		
Aplexa hypnorum	2				1			3		1	2		3		
Armiger crista				1	3	1		1		2	1				
Bathyomphalus contortus			3	2	2			5		2	3		3		
Belgrandia	3	2	1	1					2						
Bithynia			1	2	3	3		2		3	3	1	1	1	
Bythinella	4	1							2	1					
Bythiospeum	4	2							2	2					3
Ferrissia wautieri				1	2	3		1		1	1				
Galba truncatula	1	3	2	1	1	1		4		3	2	2	3		
Gyraulus	1	1	1	2	3	2		4		3	5		1		
Hippeutis complanata			1	2	3	1		3		1	3				
Lithoglyphus naticoides			1	1	1			3	2	2	4				
Lymnea stagnalis	1	2	2	3	3	1		5		3	5	1	1	2	
Menetus dilatatus										1				1	
Myxas glutinosa				1	3	1		3		2	3	1			
Physa fontinalis		1	2	3	3	3	1	5		2	5	1	1		
Physella	1	1	1	1	1	1		1		2				2	
Planorbarius corneus			1	2	3	1		5		1	3	1	2		
Planorbis	1	1	1	3	3	1		4	1	3	3	2	1	1	
Potamopyrgus antipodarum					2	4	3	2	2	3	1			1	
Radix	1	2	3	2	3	1		2		3	2		1		
Segmentina nitida	2	1	1	2	3	1		5		1	4		1		
Stagnicola			1	2	3	2		4		3	3	2	2	1	
Theodoxus fluviatilis				1	3	2	2	2	2	4				3	
Valvata	1	1	1	2	2	1		3		2	2	1		2	
Viviparus			1	1	2	3		3	3	5	1	1		2	
Anodonta			1	2	4	4		1		1	2			1	
Congeria cochleata					2	2	2		1	2					
Corbicula					4	4	3		1	3				1	
Dreissena polymorpha				1	4	5	2	1	3	2	2			2	
Margaritifera margaritifera					2	2			3						
Pisidium	1	2	3	3	3	3		3		3	2	1	1	2	
Potomida littoralis				2	3	3			2	2	1				
Pseudanodonta complanata				2	3	3				2				1	
Sphaerium		1	1	3	3	3		2		1	2	1	1	1	
Unio			1	2	4	4		2	2	2	1			1	

Traits N°	20									21							22			
Modalité	1	2	3	4	5	6	7	8	9	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4
Acroloxus lacustris	1				5	2		2	3			1	3				3	2		
Ancylus fluviatilis	5	4			2	2	1					3			2		1	1	3	2
Anisus	3	1			5	1			3	1		3					3	1		
Aplexa hypnorum	3	1			4	1		2	3	1		3					2	2		
Armiger crista					4		1	1		1		3					3	1		
Bathyomphalus contortus	3	1			5	1			3	1		3					3	2		
Belgrandia	4	2	2	2	4	3		1	2	1		3	1					3	1	
Bithynia	4	1	1	2	5	3			3			3	1				3	2		
Bythinella	4				4				2			3	1					1	2	1
Bythiospeum			2	3								1		2				2	1	
Ferrissia wautieri	1	1			4		2	3	3			2	3				2	2		
Galba truncatula	3	1			4	1	2		3			3					1	1	2	
Gyraulus	3	1		1	5	1		3	4	1		3					3	2	1	
Hippeutis complanata	2	1			4	1			3	1		3					3			
Lithoglyphus naticoides	4						2		2			3	1				3	3	1	
Lymnea stagnalis	1	2	1	1	5	1		2	3	1		3					3	3	1	
Menetus dilatatus												3					3	1		
Myxas glutinosa	3	1			4	1			3			3					3	1	1	
Physa fontinalis	3	1		1	5	1		1	2	2		4					3	1		
Physella					5							3					3	3		
Planorbarius corneus	3	1			4	1			3	1		3					3	1		
Planorbis	3	1	1	1	5	1		2	3	2		4					3	1		
Potamopyrgus antipodarum	3	2	1	1	3	3			4			3	1				2	3	3	
Radix	3	1	1	1	5	1			3	1		3					3	3		
Segmentina nitida	3	2	2		3	1			3	1		3					3	1		
Stagnicola					3				2			3					3	1		
Theodoxus fluviatilis	5	1			1		2					3			2			2	3	2
Valvata	3	2	1	1	5	2	3	1	4			2	3				3	3		
Viviparus	4	3			2				3			3	1				2	3	1	
Anodonta		2	5	4	2				4				3		1		3	3		
Congeria cochleata	4						2				1	1				3	3	3		
Corbicula	1	2	5	2					3		1	1	4				3	3		
Dreissena polymorpha	5						2				1	1				3	3	3		
Margaritifera margaritifera		2	4										3		1				3	
Pisidium	1	1	4	4	3		1	3	4			1	4	1	2		2	2	1	
Potomida littoralis			5	3					3				3		1			1	2	
Pseudanodonta complanata			5	4					4				3		1		1	3		
Sphaerium	2		4	2	2	1			4			1	4		2		3	2	1	
Unio	2	2	5	4					3				3		1		2	3	1	1

CHAPITRE 10

CRUSTACÉS

La classe des Crustacés comprend un très grand nombre d'espèces en milieu marin. En eau douce, trois sous-classes correspondent à des macroinvertébrés :

1) sous-classe des Branchioures, tous ectoparasites de Poissons, avec un unique genre : *Argulus*.

2) sous-classe des Branchiopodes avec plusieurs familles dont les représentants sont surtout présents en eau stagnante et dans les mares temporaires ; un genre est présent en eau saumâtre (donc *a priori* ne rentre pas dans le cadre de cet ouvrage).

3) sous-classe des Malacostracés correspondant à la sous-classe la plus importante (diversité) avec des animaux de taille moyenne (Péracarides) ou grande (Décapodes).

Le corps peut-être divisé en trois parties : le céphalon, le thorax et l'abdomen. Céphalon, thorax et abdomen portent fondamentalement une paire d'appendices. Chez les formes primitives, la distinction entre thorax et abdomen n'est pas toujours évidente et certains auteurs parlent d'un « tronc » segmenté. Suivant en cela la majorité des auteurs, nous continuerons à employer, pour les crustacés primitifs, la distinction thorax-abdomen. Le dernier segment est le telson qui porte l'anus, mais jamais d'appendice ; le telson peut se prolonger par une furca. Le céphalon porte dorsalement les yeux, deux paires d'antennes (antenne 1 ou antennules et antenne 2 ou antenne), autour de la bouche, trois paires d'appendices : les mandibules, les maxilles 1 et 2. Le nombre de segments qui composent le thorax et l'abdomen est variable chez les formes primitives, Branchiopodes notamment, et devient fixe chez les Malacostracés. Dans ces trois sous-classes de Crustacés, les sexes sont séparés. Il existe des phénomènes de parthénogenèse chez les Branchiopodes. Le développement est de type direct (épimorphique) chez les Malacostracés et les Branchioures, et de type indirect (anamorphique) chez les Branchiopodes chez lesquels, de l'œuf, sort une larve nauplius. La respiration est de type branchial (Kaestner, 1970 ; Forest, 1994).

SOUS-CLASSE DES BRANCHIOURES

1 - MORPHOLOGIE ET ANATOMIE (fig. 10.1)

C'est un groupe homogène présent en milieu marin et en eau douce. Présence d'yeux composés. Le corps est aplati dorso-ventralement et présente une carapace dorsale. La partie antérieure est modifiée pour (par ?) le parasitisme et la partie postérieure est locomotrice. Les antennes sont transformées en crochets, les maxilles 1 en ventouses, les mandibules sont vestigiales et situées près de l'extrémité de la trompe. Le thorax porte quatre paires de thoracopodes, la première paire est annexée à la tête (maxillipèdes), les trois autres paires sont

biramées et locomotrices. L'abdomen n'est pas segmenté.

2 - BIOLOGIE

Les sexes sont séparés. La femelle pond ses œufs sur des plantes aquatiques (de 20 à 500 œufs) ; les œufs sont à coquille épaisse disposés en deux rangées. De l'œuf sort une larve qui possède les organes de l'adulte mais la plupart sont ou très courts (thoracopodes postérieurs) ou incomplètement transformés pour le parasitisme (maxille 1 en crochet et non en ventouse par exemple). La larve se fixe sur un hôte dès l'éclosion. La croissance est rapide et le stade adulte est atteint en quelques mues ; l'adulte continue de muer.

3 - ÉCOLOGIE

Les *Argulus* se nourrissent du sang et du mucus de poissons d'eau douce, de têtards. Il n'y a pas de spécificité parasitaire. Il n'y a apparemment aucune compétition même si, sur une tanche, on a dénombré jusqu'à 4 250 individus (in Kaestner, 1970).

L'animal peut nager d'un hôte à l'autre. Le principal stimulus déclenchant la fixation est, comme chez la Sangsue *Piscicola*, le mouvement du poisson qui passe à proximité.

4 - DIAGNOSE

Il existe un seul genre (*Argulus*) dont les caractères correspondent à ceux qui ont été donnés pour les Branchioures. Taille jusqu'à 10 mm.

SOUS-CLASSE DES BRANCHIOPODES

1 - MORPHOLOGIE ET ANATOMIE

Les antennes sont réduites. Il y a présence d'œil nauplien et d'yeux composés, ces derniers sont pédonculés ou sessiles. Il y a toujours présence d'une furca. Chez les Anostracés, il y a de nombreux segments sans bouclier dorsal ; chez les Notostracés, il y a un bouclier dorsal. Chez les Conchostracés deux valves maintenues par un muscle adducteur antérieur enferment complètement le corps ; les valves persistent après chaque mue et présentent des stries d'accroissement.

2 - BIOLOGIE

Chez les Conchostracés, la reproduction est sexuée mais il y a aussi parthénogenèse. Les œufs se développent dans une poche incubatrice dorsale comme chez les Cladocères (éclosion). De l'œuf sort une larve nauplius. Les oeufs peuvent résister au gel et rester viables de sept à neuf ans (Kaestner, 1970).

Chez les Anostracés, il y a reproduction sexuée avec parthénogenèse chez *Artemia* et

libération de 10 à 250 œufs. En milieu temporaire les œufs peuvent résister à la dessiccation et survivre de trois à cinq ans. La reprise du développement se fait avec la remise en eau.

Chez les Notostracés, de l'œuf sort une larve nauplius.

3 - ÉCOLOGIE

Les Anostracés se nourrissent par filtration de fines particules et de micro-organismes. Les Notostracés sont occasionnellement nécrophages, plus classiquement, ils mettent en suspension les sédiments et se nourrissent de diatomées et d'algues ayant au minimum 3 μm de long. *Triops cancriformis* est nuisible dans les rizières de certains pays car il met les sédiments en suspension (augmente la turbidité) et endommage les feuilles. Les Conchostracés, comme les Notostracés, se nourrissent des bactéries qui prolifèrent à la surface des sédiments.

La dispersion, pour des organismes *a priori* étroitement liés à leur mare ou leur flaque temporaire, est assurée par les oiseaux qui dispersent les œufs de durée.

4 - TECHNIQUES D'IDENTIFICATION

L'identification des trois ordres de Branchiopodes ne pose pas de problème compte tenu des différences existantes. La distinction des deux genres de Notostracés est également simple, en revanche, l'identification des différentes familles et genres d'Anostracés et de Conchostracés repose sur l'utilisation de caractères moins évidents, nécessitant souvent des montages d'appendices. Nous nous limiterons donc aux trois ordres et aux deux genres de Notostracés. Les lecteurs qui souhaiteraient réaliser une identification des Anostracés et des Conchostracés au niveau générique et *a fortiori* spécifique pourront se reporter à l'ouvrage de Nourrisson et Thiery (1988) ou celui de Defaye *et al.*, (1998).

5 - DIAGNOSES

ORDRE DES ANOSTRACÉS (fig. 10.2)

Les Anostracés sont allongés et dépourvus de carapace. Ils possèdent un nombre variable de thoracopodes (de 11 à 17) et huit paires d'appendices abdominaux. Le telson se prolonge par une furca. Les thoracopodes sont biramés avec une structure foliacée. Les Anostracés nagent le ventre en l'air. Le dimorphisme sexuel est marqué et porte notamment sur la structure des antennes (antennes 2) modifiées chez le mâle pour maintenir la femelle durant la copulation. Chez les mâles, sur l'article basilaire de l'antenne, chez plusieurs genres, présence d'un organe frontal. Chez les femelles, les antennes sont réduites et il n'y a pas d'organe frontal.

Cet ordre est divisé en quatre familles comprenant chacune un ou deux genres. Parmi ces différents genres, le genre *Artemia* se rencontre normalement dans les milieux saumâtres côtiers ou continentaux ; on peut rencontrer des *Artemia* dans des milieux sursaturés (jusqu'à 200 ‰). Taille de 10 à 40 mm.

ORDRE DES NOTOSTRACÉS (fig. 10.3)

Corps toujours recouvert d'une carapace en forme de bouclier. L'abdomen dépasse de la carapace. Le thorax comprend onze segments et porte des thoracopodes foliacés ; les deux premiers sont locomoteurs ; l'abdomen comporte jusqu'à 30 segments, les derniers sont dépourvus d'appendices ; l'abdomen se prolonge par une furca formée de deux cercopodes multiarticulés. Le dimorphisme sexuel est peu marqué. Les Notostracés nagent le ventre en l'air. Taille de 10 à 40 mm (sans les cercopodes). Une seule famille : les Triopsidae.

Lepidurus

Telson prolongé par une lame médiane dont les bords sont denticulés. Cercopodes plus courts que le corps.

Une seule espèce : *L. apus.*

Triops

Telson quadrangulaire dépourvu de lame médiane. Cercopodes aussi longs que le corps.

Une seule espèce : *T. cancriformis.*

ORDRE DES CONCHOSTRACÉS (fig. 10.4)

Le corps comprimé latéralement est enfermé entre deux valves. Celles-ci sont souvent ornées de stries d'accroissement. Il y a un muscle adducteur dans la région antérieure. Cette carapace n'est pas rejetée à chaque mue et s'accroît comme celle des Lamellibranches. Le nombre de segments du thorax est variable (de 10 à 30 segments). L'abdomen est court, il se termine par un telson portant une furca formée de deux pointes arquées. Cet ordre est composé de trois familles comprenant chacune un ou deux genres. Taille de 3 à 15 mm.

SOUS-CLASSE DES MALACOSTRACÉS

Le nombre de segments du corps devient fixe. Le corps peut être divisé en trois parties : le céphalon, le péréion avec huit segments portant chacun huit paires de péréiopodes fondamentalement biramés (de Pe1 à Pe8) et le pléon avec six segments portant six paires de pléopodes fondamentalement biramés (de pl1 à pl6, pl6 = uropodes). Le corps se termine par le telson qui porte l'anus. Deux super-ordres sont présents en eau douce : les Péracarides avec les Amphipodes, Isopodes et les Mysidacés (Chapitre 21) et les Eucarides avec les Décapodes.

Chez les Péracarides, la première paire de péréiopodes est annexée aux pièces buccales (maxillipèdes), les autres péréiopodes (de pe2 à pe8) ont des fonctions locomotrices (Isopodes) ; chez les Amphipodes, et notamment les Gammaridae, les Niphargidae et les Crangonyctidae, les péréiopodes 2 et 3 sont transformés en pinces : les gnathopodes. Chez les femelles, les péréiopodes antérieurs présentent du côté interne une lame à disposition horizontale (oostégite) ; ces oostégites forment un marsupium où les œufs sont déposés et vont se développer jusqu'à l'éclosion. Les yeux sont sessiles. Les uropodes encadrent le telson.

Chez les Eucarides, les trois premiers péréiopodes viennent compléter les pièces buccales proprement dites et constituent des maxillipèdes. Une carapace céphalothoracique recouvre la tête et le péréion. Les yeux sont pédonculés. Chez les mâles, les deux premiers pléopodes sont

modifiés en organe copulateur : gonopodes; chez les Macroures, le dernier pléopode (uropode) forme avec le telson une palette natatoire.

ORDRE DES AMPHIPODES (clés 10.C1, 10.C2)

1 - MORPHOLOGIE ET ANATOMIE (fig. 10.5)

Les Amphipodes se caractérisent par un aplatissement latéral du corps sauf chez *Corophium* où le corps est subcylindrique. Les antennes sont sensiblement de même taille chez les Gammaridae, les Niphargidae et les Crangonyctidae, mais chez les Corophiidae les antennes 2 présentent un très fort développement. Chez les Gammaridae, les Niphargidae et les Crangonyctidae, les péréiopodes 4 à 8 présentent deux types d'orientation : les péréiopodes 4 et 5 sont dirigés vers l'avant et les péréiopodes 6, 7 et 8 sont dirigés vers l'arrière.

2 - BIOLOGIE

Chez *Corophium curvispinum,* le nombre d'œufs par femelle varie de 2 à 35. Chez *Crangonyx pseudogracilis,* il y a jusqu'à huit portées par femelle et par an. En général, chez les Gammaridae, il y a jusqu'à six « portées » par an.

Les Amphipodes muent pendant toute leur vie. Le développement est de type annuel pour les espèces épibenthiques ; la durée de vie est plus longue chez les formes hypogées. Chez *Crangonyx pseudogracilis,* durée de vie de deux ans. Chez les Gammaridae, durée de vie limitée à un ou deux ans.

3 - ÉCOLOGIE

Les différentes espèces sont détritivores, errant à la recherche de leur nourriture, mais *Corophium* est tubicole et serait plutôt *deposit-feeder.* Les Amphipodes servent de proies notamment aux planaires, sangsues, poissons et oiseaux aquatiques. Les Gammares sont souvent parasités par des larves d'Acanthocéphales, dont l'hôte définitif sera un poisson ou un oiseau. Cette larve d'Acanthocéphale de couleur jaune orangé est visible à travers les téguments de son hôte.

Les Gammaridae occupent tous les types d'habitats : des lotiques aux lénitiques et des eaux saumâtres aux eaux douces acides ou calcaires, mais les espèces d'*Echinogammarus* sont plus nombreuses à la limite eau douce-eau saumâtre.

4 - DIAGNOSE

4.1 – Famille des Gammaridae

Le flagelle accessoire de l'antenne 1 est uni- ou biarticulé. Les gnathopodes sont ovalaires et non sub-carrés (différences avec les Niphargides). La femelle est beaucoup plus petite que le mâle. Les couples sont souvent (mâle chevauchant la femelle) en précopula.

Les Gammaridae ont des représentants en milieu marin, en milieu saumâtre et en eau douce. Trois genres en eau douce : *Gammarus*, *Echinogammarus* et *Dikerogammarus* (Ch. 21) .

Gammarus (figs. 10.5, 10.7, 10.9, 10.11, 10.13a)

L'endopodite des uropodes représente la moitié ou les deux tiers de l'exopodite. Les espèces sont très nombreuses ; par ailleurs, à côté d'espèces indigènes comme par exemple *G. pulex* et *G. fossarum*, il existe de nombreuses espèces introduites (involontairement) : par exemple, *G. tigrinus* d'origine américaine. L'identification des espèces de *Gammarus* ne peut se faire que chez des individus matures et de préférence avec des mâles ; *G. roeseli* est cependant aisément identifiable grâce aux prolongements en pointe des tergites du pléon (fig. 10.11). Taille jusqu'à 20 mm.

Echinogammarus (figs. 10.10, 10.12)

L'endopodite des uropodes est cinq fois plus court que l'exopodite. Les espèces sont également très nombreuses. L'identification des espèces d'*Echinogammarus* ne peut se faire que chez des individus matures et de préférence avec des mâles ; cependant, les mâles de *E. berilloni* peuvent être identifiés car ils présentent des soies très longues sur les tergites du pléon (fig. 10.12). Taille jusqu'à 20 mm.

4.2 – Famille des Niphargidae (fig. 10.8)

Les Niphargides (*Niphargus* et genres voisins) sont typiquement des stygobies présents dans les grottes ou dans le domaine phréatique. Certains peuvent cependant se rencontrer en milieu superficiel à la suite de crues du réseau karstique. Ils se différencient des Gammares, auxquels ils ressemblent superficiellement, parce qu'ils sont aveugles (mais certains Gammares peuvent être aveugles), parce que le propodite des gnathopodes est sub-carré et non allongé comme chez les Gammares, parce que le flagelle accessoire de l'antenne 1 est mono ou biarticulé (et non multiarticulé : cinq à six segments comme chez les Gammares). Taille très variable (selon les genres de 3 à 15 mm).

4.3 – Famille des Crangonyctidae

Crangonyx (figs. 10.13b, 10.14)

Aspect de Gammare, mais *Crangonyx pseudogracilis* se déplace normalement sur le ventre et non de côté comme les Gammaridae et Niphargidae. Endopodite des uropodes, cinq fois plus court que l'exopodite (cf. *Echinogammarus*), mais bord postérieur des coxa des péréiopodes 8 denté. Les femelles sont plus grandes que les mâles. Pas de précopula. Il existe des Crangonyctidae stygobies, mais ces derniers sont aveugles. Taille jusqu'à 11 mm. L'espèce est américaine, elle a été introduite involontairement en Angleterre vers 1930. *C. pseudogracilis* a été observé au Pays-Bas en 1979, il a été trouvé dans le Rhône en 1995 (J.-F. Fruget, J.-P. Jolivet, communication personnelle).

Une seule espèce (épigée) : *C. pseudogracilis.*

4.4 – Famille des Corophiidae (figs. 10.6, 10.15)

Les Corophiidae se distinguent aisément des autres Amphipodes par leurs antennes 2 très développées et modifiées pour former une sorte de patte. L'aplatissement latéral est moins marqué que chez les autres Amphipodes d'eau douce. Les péréiopodes 2 et 3 ne sont pas transformés en gnathopodes comme chez les autres Gammarides, mais portent des soies fines et nombreuses. . Taille jusqu'à 9 mm.

C. curvispinum est une espèce d'origine ponto-caspienne ; elle est en extension vers l'Ouest

de l'Europe depuis le début de ce siècle. Ses déplacements se sont faits par les canaux. Les bateaux ont sans doute accéléré le processus de colonisation, car cette espèce vit dans des tubes qu'elle fixe au substrat (donc éventuellement sur la coque d'un bateau). Elle est actuellement présente dans le bassin du Rhin et récemment dans le bassin de la Saône

Une seule espèce en France actuellement : *C. curvispinum.*

4.5 – Famille des Talitridae

Les Talitridae sont bien représentés en milieu marin littoral. Ce sont les « puces de mer ». En milieu continental, à la limite des milieux terrestres et aquatiques d'eau douce, on peut rencontrer *Orchestia cavimana* ; cette espèce, qui se caractérise par des antennes 1 très courtes, n'a pas été incluse dans la clé compte tenu d'une distribution ripariale.

ORDRE DES ISOPODES (clés 10.C1, 10.C2)

1 - MORPHOLOGIE ET ANATOMIE (fig. 10.16)

Aplatissement dorso-ventral, yeux sessiles, antennes 1 et 2 uniramées ; antenne 1 relativement courte par rapport aux antennes 2. Un maxillipède suivi de sept péréiopodes semblables (d'où le nom de isopodes). Pléon avec cinq segments libres, le sixième est uni au telson et forme avec lui un pléotelson. Les cinq premiers pléopodes ont des fonctions respiratoires, le sixième plutôt natatoire. Les œufs sont déposés dans un marsupium (fig. 10.19). Le développement est de type direct, mais à l'éclosion certains appendices sont incomplètement développés.

Le mâle présente des pléopodes 1 et 2 de forme complexe et caractéristiques du genre et de l'espèce, tandis que la femelle, dépourvue de pléopodes 1, présente des pléopodes 2 de forme foliacée.

2 - BIOLOGIE

Chez *Proasellus,* maximum de 120 œufs par ponte, chez *Asellus* 100 à 200 œufs par ponte. Mue pendant toute la vie. Développement de type annuel pour les espèces épibenthiques, durée de vie plus longue chez les formes hypogées. En général, deux générations par an. Reproduction toute l'année dans le sud de la France.

3 - ÉCOLOGIE

Les Asellides sont détritivores ; ils sont la proie notamment des planaires, des sangsues, des poissons et des oiseaux aquatiques.

Occupant des habitats plutôt lénitiques, les Asellidae sont apparemment peu aptes à coloniser de nouveaux milieux, mais étant souvent abondants dans les lacs-barrages, ils sont souvent entraînés en dérive dans les cours d'eau, ce qui facilite les processus de colonisation.

4 - DIAGNOSE

Il existe deux familles dans les eaux douces superficielles : les Asellidae avec deux genres principaux : *Asellus* et *Proasellus* et les Janiridae (Chapitre 21).

4.1 – Famille des Asellidae

Asellus (figs. 10.17, 10.18, 10.20, 10.22)

Face dorsale du céphalon avec deux taches blanches mais, compte tenu de la fusion possible de ces deux taches en une seule tache blanche (caractère que l'on retrouve chez *Proasellus meridianus*), il est nécessaire de monter les pléopodes 2 des mâles. Une seule espèce (*A. aquaticus*) d'origine asiatique (Henry et Magniez, 1983), en compétition avec les espèces indigènes de *Proasellus*. Taille jusqu'à 15 mm.

Proasellus (figs. 10.21, 10.23)

Deux espèces sont présentes en milieu superficiel. Soit face dorsale du céphalon avec une plage blanche impaire (*P. meridianus*, cf. *Asellus*), soit céphalon avec une coloration sombre plus uniforme avec de petites taches blanches éparses (*P. coxalis*). Comme pour *Asellus*, il est nécessaire de monter les pléopodes 2 des mâles pour confirmer l'identification. Taille jusqu' à 9 mm.

ORDRE DES DÉCAPODES (clés 10.C1, 10.C3)

1 - MORPHOLOGIE ET ANATOMIE

La carapace céphalo-thoracique recouvre complètement les bases des péréiopodes et les branchies situées à leur base. Le péréion comprend huit segments, le pléon six. La dernière paire de pléopodes (uropodes) constituant avec le telson, chez les Macroures, une palette natatoire. Les trois premiers péréiopodes sont annexés à la bouche (maxillipèdes). Très souvent, le quatrième péréiopode est transformé en pince. Les yeux sont toujours pédonculés. On distingue deux types de Décapodes : les Macroures (crevettes, écrevisses) (figs. 10.24, 10.25) et les Brachyoures (crabes) (figs. 10.34, 10.35).

2 - BIOLOGIE

La reproduction est sexuée. Les œufs sont pris en charge par la femelle qui les recueille sur ses pléopodes auxquels ils restent fixés jusqu'à l'éclosion. Chez *Atyaephyra,* le nombre d'œufs par femelle varie entre 300 et 1500 (Meurisse-Genin *et al.*, 1985), chez *Astacus* de 50 à 250. De l'œuf sort une post-larve (décapodite) qui a tous les appendices de l'adulte.

Chez *Eriocheir sinensis*, il y a ponte de 300 à 900 000 œufs ; de l'œuf sort une larve au stade zoé. *E. sinensis* libère ses œufs en mer (les adultes doivent donc exécuter une migration vers la mer pour la reproduction). Ce sont des larves mégalopes qui reviennent près des côtes où elles se transforment en jeunes crabes qui vont remonter les rivières et vont s'installer dans les bas cours. *Potamon ibericum* pond de 50 à 200 œufs ; le développement est de type direct ; les jeunes restent près de la mère.

La durée de vie des *Atyaephyra* est de un à deux ans. Chez *Eriocheir sinensis,* de trois à

cinq ans. La durée de vie chez *Astacus* peut aller jusqu'à vingt ans, maturité vers quatre ans. Vers les années 1870, les Astacidae européens ont été décimés par un Phycomycète (*Aphanomyces astaci*) qui vit dans l'hypoderme et le système nerveux central. Un des buts de l'introduction de *Orconectes limosus* était le remplacement des espèces indigènes décimées par la maladie.

3 - ÉCOLOGIE

Les *Atyaephyra*, les écrevisses et les crabes sont omnivores (Meurisse-Genin *et al.*, 1985 ; Gledhill *et al.*, 1993). Certaines espèces s'attaquent aux pontes de poissons. Les Décapodes d'eau douce sont la proie de nombreux prédateurs, et notamment des poissons et des oiseaux aquatiques.

Les phénomènes de compétition sont importants chez les écrevisses où l'introduction (volontaire ou non) d'espèces étrangères (notamment américaines) a entraîné des phénomènes de compétition avec les espèces indigènes. Par ailleurs, plusieurs espèces américaines dont *Orconectes limosus*, introduites pour compenser la disparition d'espèces indigènes dans de nombreux cours d'eau après l'épidémie liée à *Aphanomyces*, sont porteurs sains de ce Phycomycète qu'ils contribuent donc à répandre dans les cours d'eau.

Les déplacements se font grâce aux pattes locomotrices, mais en cas de danger les déplacements peuvent être accélérés grâce à des mouvements rapides de rabattements et d'extensions du pléon.

Certaines espèces d'écrevisses d'origine américaine et le crabe chinois sont fouisseurs. Ils creusent des terriers dans les berges des cours d'eau fragilisant ainsi les berges.

4 - TECHNIQUES D'IDENTIFICATION

La distinction entre crevettes (Atyidae), écrevisses et crabes ne pose pas de problème. En revanche, en ce qui concerne les écrevisses, la distinction entre les différents genres n'est aisée qu'avec des mâles adultes ; pour les femelles et *a fortiori* pour les jeunes individus, l'identification reste plus délicate. Pour distinguer les deux familles d'Écrevisses (Astacidae et Cambaridae), nous n'avons pas utilisé le caractère des pléopodes 1 des mâles qui reste difficile à observer. La combinaison des caractères du quatrième péréiopode (portant des pinces), du rostre, et la présence ou l'absence d'épine sur le céphalothorax permettent une identification plus facile (cf. Vigneux *et al.*, 1993).

5 - DIAGNOSE

5.1 - MACROURES

5.1.1 – Famille des Atyidae (fig. 10.24)

Aspect typique d'une crevette. Péréiopodes 4 et 5 terminés par des pinces dont les pointes sont garnies d'un pinceau de soies, péréiopodes 6 à 8 terminés par une griffe. Taille de 25 à 40 mm pour les femelles et de 15 à 25 mm pour les mâles.

Une seule espèce en eau douce (si l'on excepte une espèce troglobie comme *Troglocaris inermis* (Vigneux *et al.*, 1993) : *Atyaephyra desmarestii*.

5.1.2 – Famille des Astacidae

Pas d'éperon sur l'ischiopodite de la deuxième paire de pattes locomotrices des mâles (Pl2) (fig. 10.26). Pas d'épine incurvée à la face interne du carpopodite des pinces (fig. 10.27). Les deux espèces d'*Astacus* présentent entre elles des différences presque aussi importantes que celles observées avec les autres genres d'Astacidae ; voilà pourquoi, nous les présentons séparément.

Astacus

Deux espèces :

— *A. astacus* (fig. 10.27)

« Écrevisse à pied rouge » parce que la face inférieure des pinces est rouge. Une seule rangée d'épines en arrière du sillon cervical. Rostre à bords lisses sub-parallèles. Crête rostrale bien développée et crénelée. Pinces massives. Espèce sensible à *Aphanomyces*. Espèce indigène surtout abondante dans le nord-est de la France et dans le bassin de la Garonne. Longévité de 15 à 20 ans. Taille jusqu'à 160 mm.

— *A. leptodactylus* (fig. 10.30)

« Écrevisse à patte grêle » car les pinces sont allongées et grêles par rapport à *A. astacus*. Espèce originaire de la région de la mer Noire et de la mer Caspienne. Céphalothorax avec de nombreuses épines en avant et en arrière du sillon cervical. Rostre à bords parallèles et dentés. Espèce sensible à *Aphanomyces*. En compétition avec *Astacus astacus*, mais moins rhéophile que cette dernière. Taille jusqu'à 140 mm.

Austropotamobius (fig. 10.28)

« Écrevisse à pieds blancs » car la face inférieure des pinces est claire. Céphalothorax avec une seule rangée d'épines en arrière du sillon cervical. Rostre à bords lisses convergents. Crête rostrale peu développée et non crénelée. Pinces massives. Excepté l'ouest et le nord, espèce indigène présente dans toute la France, surtout abondante dans la zone à truite. Taille jusqu'à 135 mm.

L'espèce *A. torrentium* semble avoir disparu de France (Vigneux *et al.*, 1993) ; il n'y aurait donc actuellement qu'une seule espèce : *A. pallipes*.

Pacifastacus (fig. 10.29)

« Écrevisse de Californie ». Introduction en France vers le milieu des années 1970. Céphalothorax sans épines de part et d'autre du sillon cervical. Rostre à bords lisses présentant une crête médiane lisse. Une tache blanche ou bleu-vert à la base du dactylopodite des pinces. Porteur sain d'*Aphanomyces*. Large amplitude écologique puisque l'espèce peut se rencontrer aussi bien dans les étangs (si les conditions d'oxygénation sont satisfaisantes) que dans les cours d'eau à truite. Taille jusqu'à 140 mm.

Une seule espèce : *P. leniusculus*.

5.1.3 – Famille des Cambaridae

Famille d'origine nord-américaine. Un éperon à la base de la deuxième paire de pattes locomotrices des mâles (Pl2) (fig. 10.31). Une épine incurvée à la face interne du carpopodite des pinces (fig. 10.32a). Deux espèces introduites.

Procambarus (fig. 10.32)

« Écrevisse de Louisiane ». Coloration allant de rougeâtre à gris bleuâtre. Carapace céphalo-thoracique avec de nombreuses épines de part et d'autre du sillon cervical. Rostre avec une gouttière très marquée à bords convergents. Un éperon sur le carpopodite des pinces. Un

éperon sur l'ischiopodite des péréiopodes 6 et 7. Porteur sain d'*Aphanomyces*. Espèce originaire du nord du Mexique introduite en Europe vers 1970. Cette espèce vivait dans les zones marécageuses ; elle présente donc une grande résistance au déficit en oxygène et aux températures élevées. Elle creuse des terriers. Elle est en compétition avec *Orconectes limosus*. Taille jusqu'à 120 mm.

Une seule espèce : *P. clarkii*.

Orconectes (fig. 10.33)

« Écrevisse américaine ». Bords du rostre parallèles, formant une gouttière faiblement marquée. Epines nombreuses et acérées en avant et en arrière du sillon cervical. Une forte épine sur le carpopodite des pinces. Un éperon sur l'ischiopodite des péréiopodies 6 des mâles. Des taches brunes (sur le vivant, virant au rouge sur l'animal fixé) sur la face dorsale du pléon. Porteur sain d'*Aphanomyces*. Cette espèce fut introduite vers 1880 en Europe. Elle préfère les eaux calmes. Elle est originaire de la côte est des États-Unis. Activité plutôt diurne. Cette espèce ne creuse pas de terrier. Taille jusqu'à 140 mm.

Une seule espèce : *O. limosus*.

5.2 - BRACHYOURES

5.2.1 – Famille des Grapsidae (fig. 10.34)

Chez *Eriocheir sinensis,* pince du mâle présentant une pubescence laineuse sur le propodite. Céphalothorax avec quatre dents. Taille jusqu' à 50 mm pour les mâles. Cette espèce creuse des terriers dans les berges où elle se réfugie le jour ; l'activité est surtout nocturne. Cette espèce est originaire de Chine, elle fut introduite en Europe vers 1910. L'espèce, dont les populations sont en régression, est surtout présente sur la façade atlantique ; elle aurait disparu de l'est de la France (Vigneux *et al.*, 1993).

Une seule espèce : *E. sinensis*.

5.2.2 – Famille des Potamonidae (fig. 10.35)

Cuticule lisse. Taille jusqu'à 50 mm pour les mâles. Activité surtout nocturne. *Potamon* tend à se cacher sous les galets des rivières. Une population dans le Languedoc (Vigneux *et al.*, 1993) et une autre dans les Alpes Maritimes (Noël et Guinot, 2007).

RÉFÉRENCES

Argano R. 1979. *Isopodi (Crustacea Isopoda)*. C.N.R., n°5, 64 p.

Arrignon J. 1992. *L'Écrevisse et son élevage*. Gauthier-Villars Éd., Paris 2e éd., 178 p.

Defaye D., Rabet N. et Thiery A. 1998. *Atlas et bibliographie des crustacés Branchiopodes (Anostraca, Notostraca, Spinicaudata) de France métropolitaine*. Éd. Muséum national d'histoire naturelle, Paris : 62 p.

Eggers T.O. et Martens A. 2001. *Bestimmungsschlüssel des Süsswasser-Amphipoda (Crustacea) Deutschlands. Key to the freshwater Amphipoda (Crustacea) of Germany*. Lauterbornia, 42 (1), 68 p.

Forest J. 1994. *Crustacés. Traité de Zoologie*, vol. VII, fascicule 1, Masson, Paris, 917 p.

Froglia C. 1978. *Decapodi (Crustacea Decapoda)*. C.N.R., n°4, 41 p.

Gledhill T., Sutcliff D. W. et Williams W. D. 1993. *British Freshwater Crustacea Malacostraca : a Key with ecological notes*. F.B.A., n° 52, 173 p.

Henry J. P. et Magniez G. 1983. *Crustacés Isopodes (principalement Asellotes)*. A.F.L., n°4, 39 p.

Kaestner A 1970. *Invertebrate Zoology.* volume 3. Traduction de l'allemand par Levi, H. W. et Levi, L. R. J. Wiley et sons, New York, 523 p.

Meurisse-Genin M., Reydams-Detollenaere A., Donatti O. et Micha, J.-C. 1985. Caractéristiques biologiques de la crevette d'eau douce *Atyaephyra desmarestii* Millet dans la Meuse. *Annales limnol.*, 21 : 127-140.

Newell R. C. 1970. *Biology of Intertidal Animals.* Paul Elek Ltd, London, 555 p.

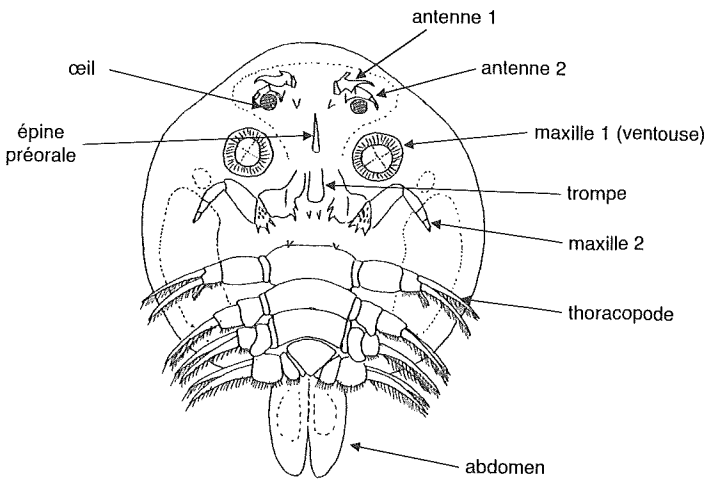
Noël P.Y. et Guinot D. 2007. Non indigenous freshwater crabs in France : a new occurrence of a potamid near Nice. Pp. 77-90 in Biological invaders in Inland waters : profiles, distribution and Threats. Gherardi F. Editeur. Springer Verleg, France, 725 p.

Nourrisson M. et Thiery A. 1988. *Crustacés Branchiopodes (Anostracés, Notostracés, Conchostracés).* A.F.L., n° 9, 53 p.

Vigneux E. 1981. Écrevisse n° 1. Aperçu des problèmes astacicoles, information générale. *Bulletin français de pêche et pisciculture*, 281 : 189-195.

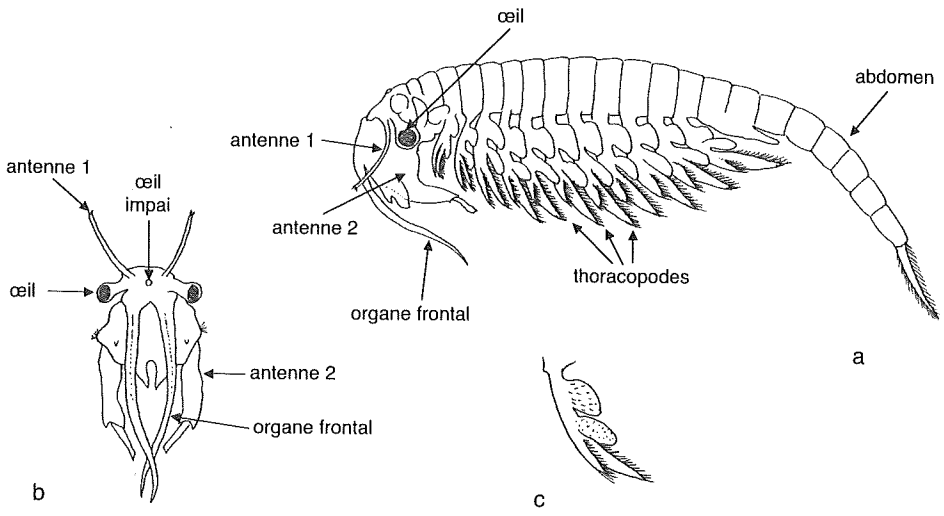
Vigneux E., Keith P. et Noël P. 1993. *Atlas préliminaire des Crustacés Décapodes d'eau douce de France.* Muséum national d'histoire naturelle, Paris : 12-43.

sCl. Branchioures



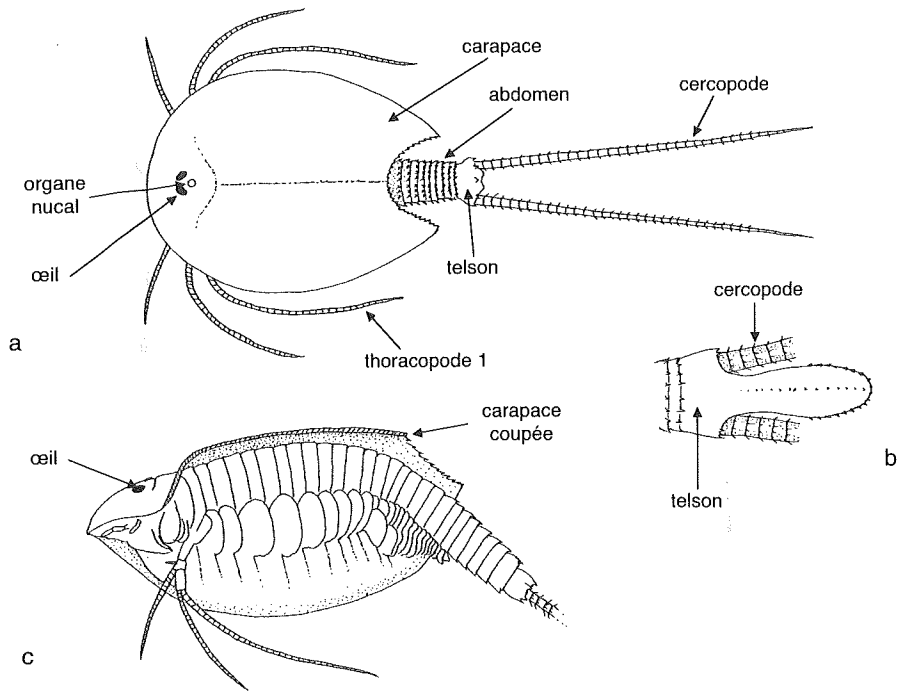
10.1 - *Argulus* vv

sCl. Branchiopodes

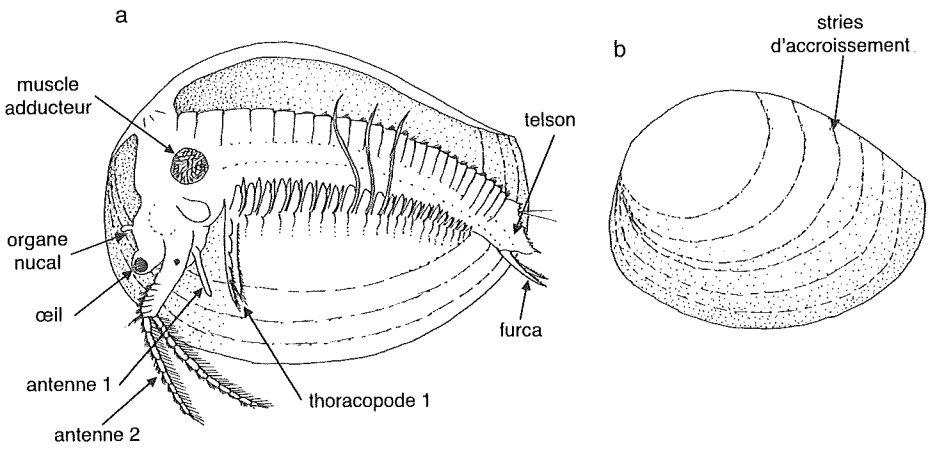


10.2 - O. Anostracés. a : adulte mâle vl ; b : tête d'un adulte mâle va ; c : thoracopodes vl

sCl. Branchiopodes 2

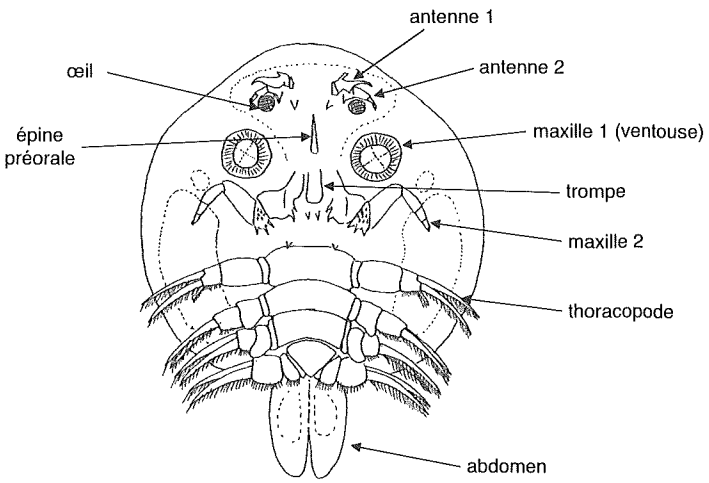


10.3 - O. Notostracés. a : *Triops* vd ; b : *Lepidurus*, extrémité de l'abdomen.
c : vue latérale de *Triops*, la carapace dorsale partiellement coupée,
l'extrémité distale des thoracopodes, sauf le premier, non représentée.



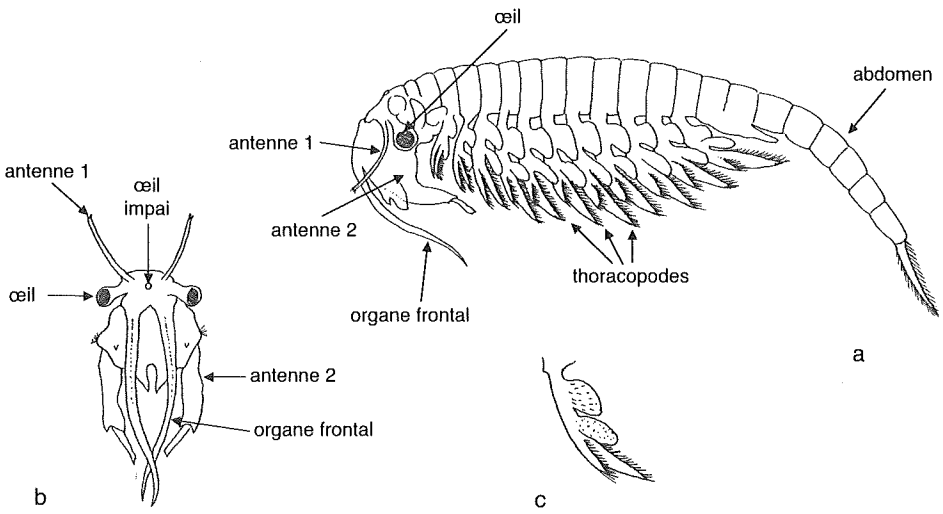
10.4 - O. Conchostracés. a : individu vl dans sa valve droite (valve gauche enlevée)
extrémité distale des thoracopodes non représentée sauf celle du premier ;
b : valve gauche vue latérale externe.

sCl. Branchioures



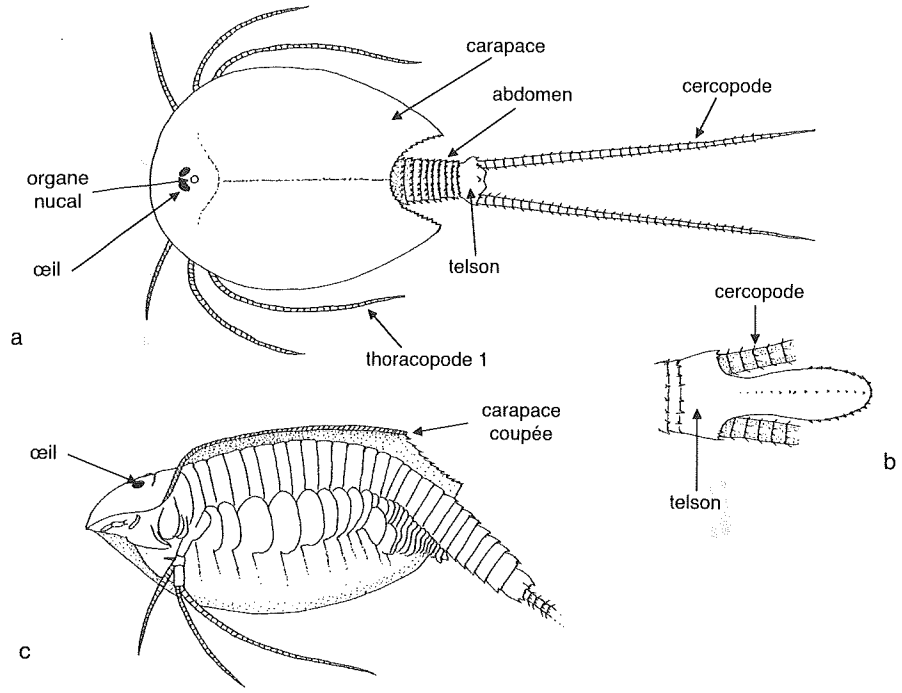
10.1 - *Argulus* vv

sCl. Branchiopodes

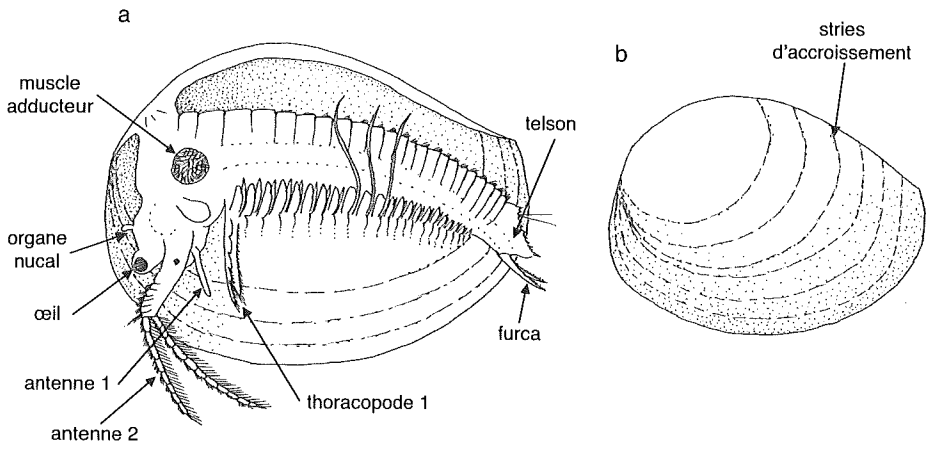


10.2 - O. Anostracés. a : adulte mâle vl ; b : tête d'un adulte mâle va ; c : thoracopodes vl

sCl. Branchiopodes 2

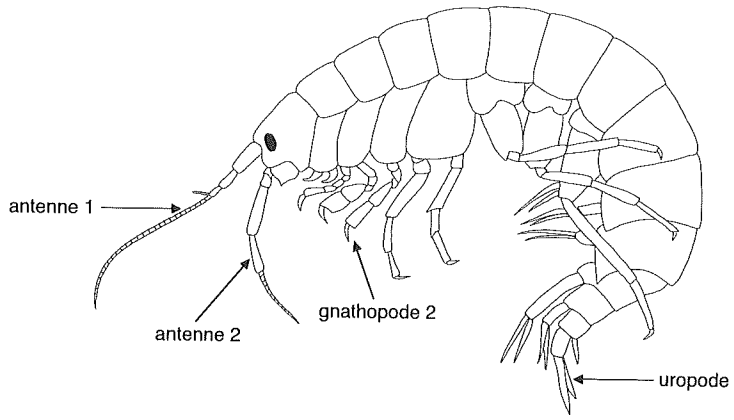


10.3 - O. Notostracés. a : *Triops* vd ; b : *Lepidurus*, extrémité de l'abdomen.
c : vue latérale de *Triops*, la carapace dorsale partiellement coupée,
l'extrémité distale des thoracopodes, sauf le premier, non représentée.

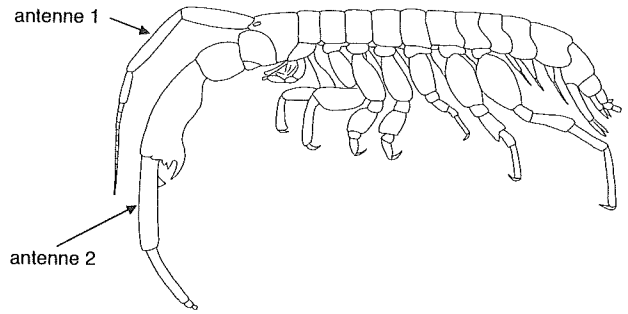


10.4 - O. Conchostracés. a : individu vl dans sa valve droite (valve gauche enlevée)
extrémité distale des thoracopodes non représentée sauf celle du premier ;
b : valve gauche vue latérale externe.

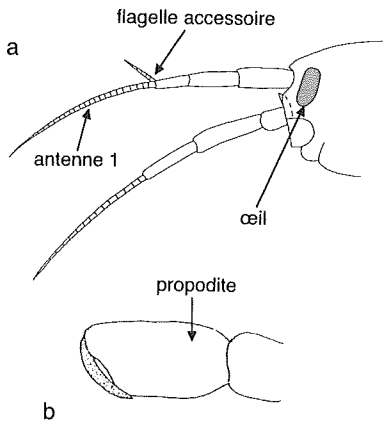
O. Amphipodes



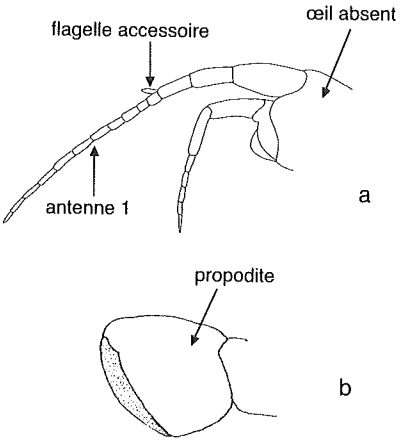
10.5 - *Gammarus*, F. Gammaridae vl



10.6 - *Corophium*, F. Corophiidae vl

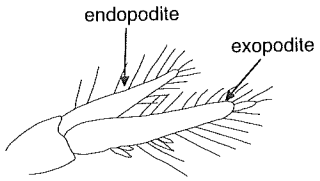


10.7 - *Gammarus*, F. Gammaridae
a : tête vl ; b : gnathopode 2 vl

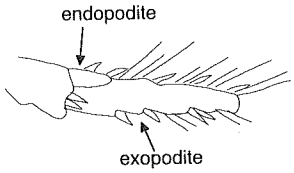


10.8 - *Niphargus*, F. Niphargidae
a : tête vl ; b : gnathopode 2 vl

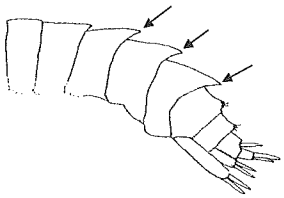
O. Amphipodes 2



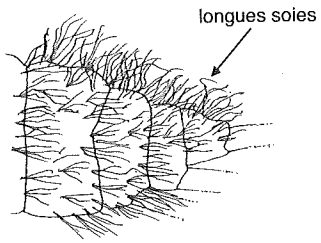
10.9 - Uropode de *Gammarus*



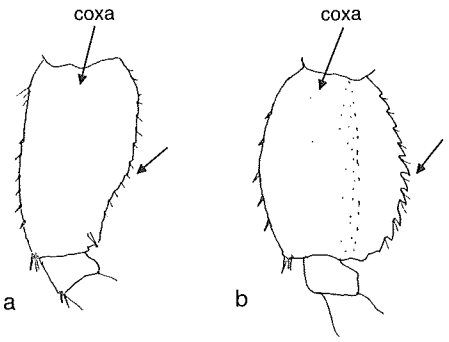
10.10 - Uropode d'*Echinogammarus*



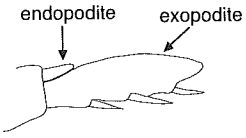
10.11 - Extrémité postérieure de *Gammarus roeseli*



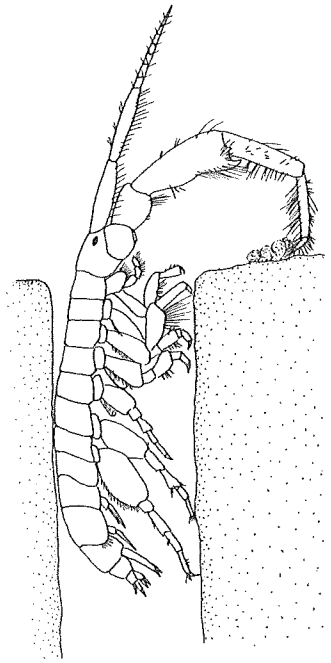
10.12 - Extrémité postérieure d'*Echinogammarus berilloni* mâle



10.13 - Péréiopode 8. a : *Gammarus* ; b : *Crangonyx pseudogracilis*

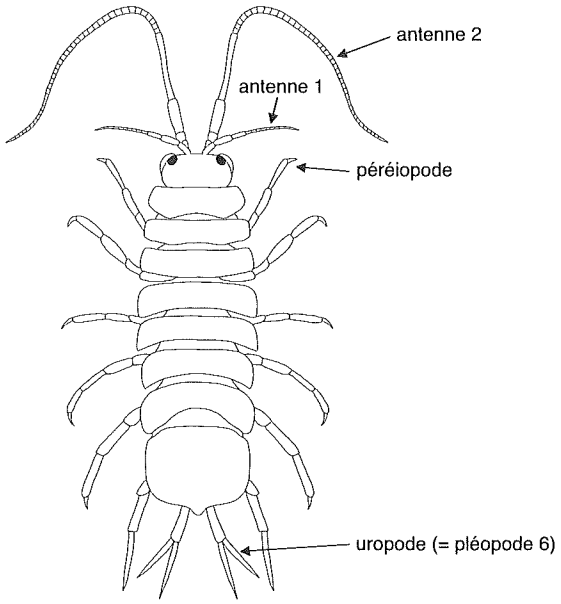


10.14 - Uropode de *Crangonyx pseudogracilis*

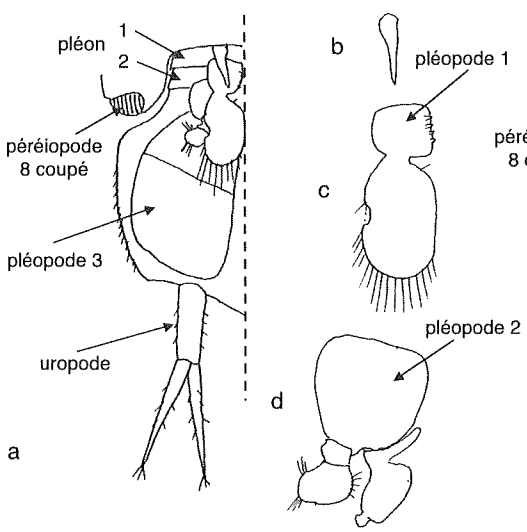


10.15 - *Corophium* dans son tube. Les antennes 2 servent à racler la surface des sédiments (deposit-feeder). Modifié à partir de Newell, 1970.

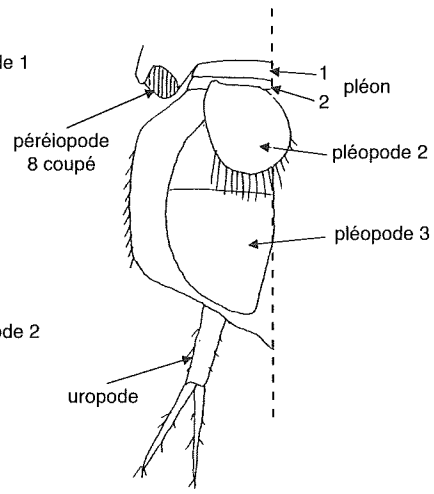
O. Isopodes



10.16 - Asellidae vd

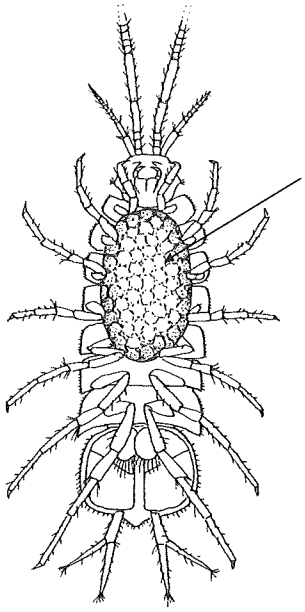


10.17 - Asellidae mâle, pléon vv. a : aspect général, pléopodes en place. b : papille génitale du péréion 8 ; c et d : pléopodes isolés du pléon

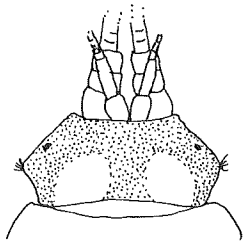


10.18 - Asellidae femelle. Pléon vv, pléopodes en place

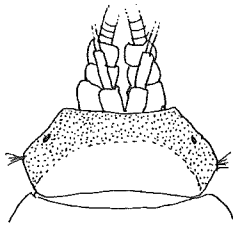
O. Isopodes 2



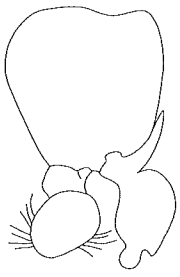
10.19 - Asellidae femelle vv



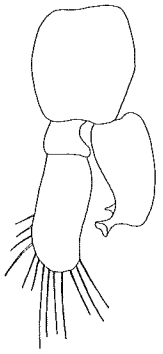
10.20 - Tête d'*Asellus* vd



10.21 - Tête de *Proasellus* vd
(ou *Asellus,* cf. diagnose)

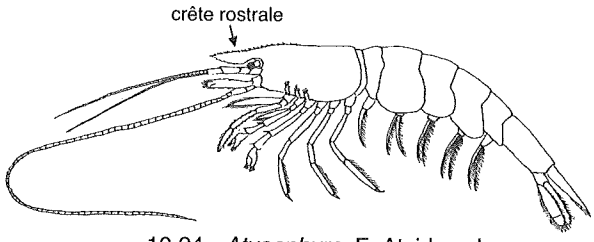


10.22 - Mâle d'*Asellus*, pléopode 2

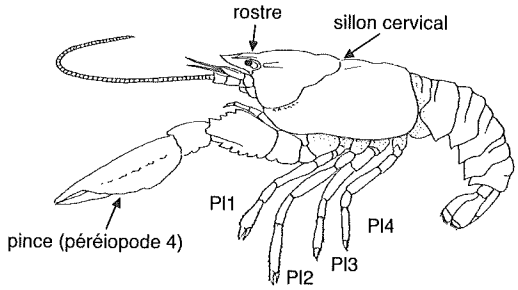


10.23 - Mâle de *Proasellus*, pléopode 2

O. Décapodes
sO Macroures

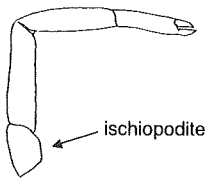


10.24 - *Atyaephyra*, F. Atyidae vl

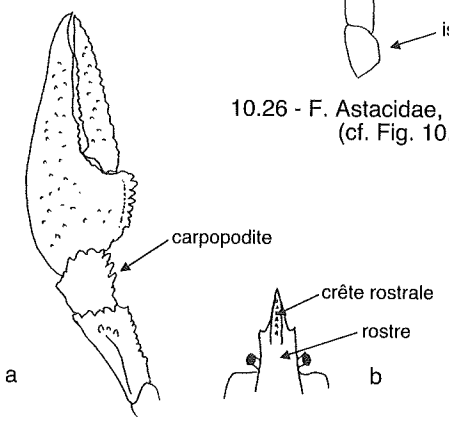


10.25 - *Austropotamobius pallipes*, F. Astacidae vl. PI1 à PI4 (pattes "locomotrices") correspondant respectivement aux péréiopodes 5 à 8.

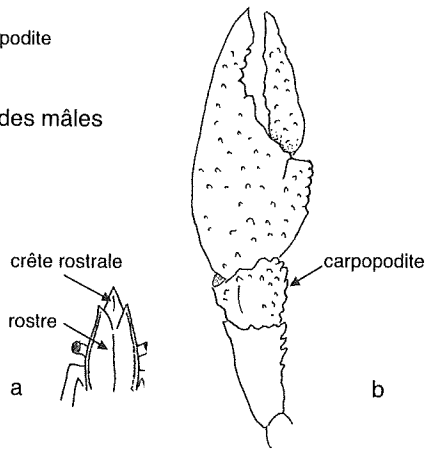
F. Astacidae



10.26 - F. Astacidae, PI2 des mâles (cf. Fig. 10.25)

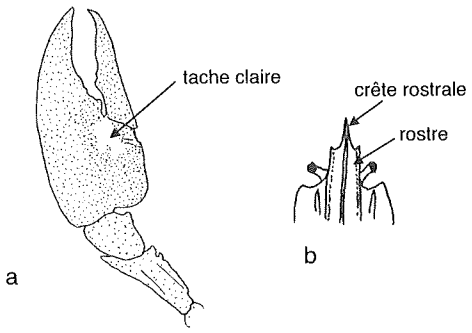


10.27 - *Astacus astacus*. a : pince de mâle ; b : rostre vd

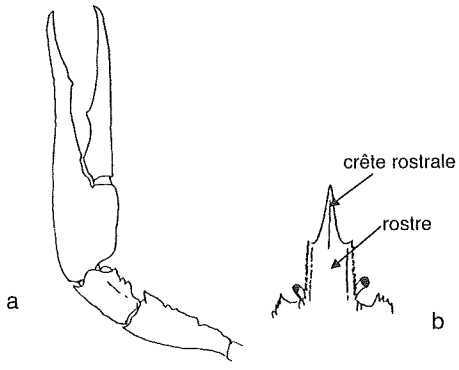


10.28 - *Austropotamobius pallipes*. a : rostre vd ; b : pince du mâle

F. Astacidae 2

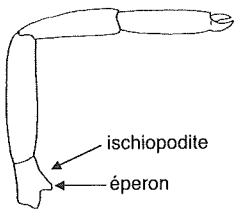


10.29 - *Pacifastacus*. a : pince du mâle ; b : rostre vd

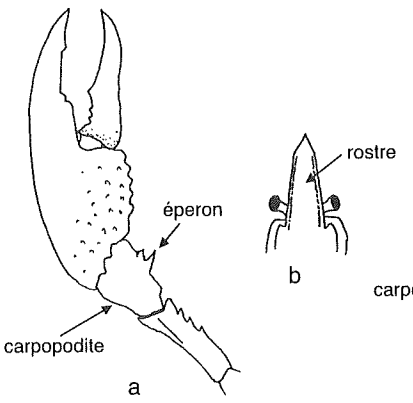


10.30 - *Astacus leptodactylus*. a : pince du mâle ; b : rostre vd

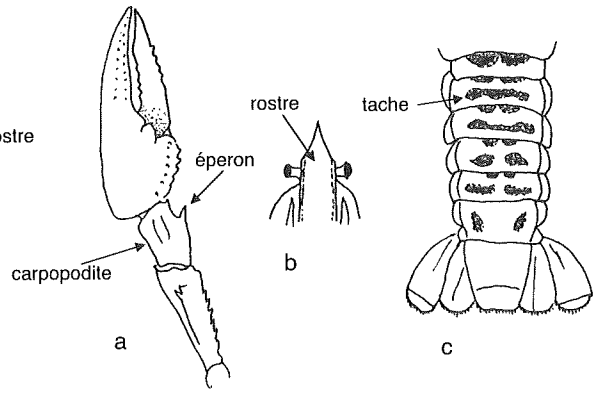
F. Cambaridae



10.31 - F. Cambaridae, PI2 des mâles (cf. fig. 10.25)



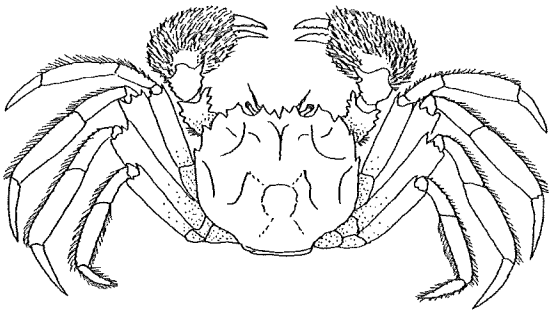
10.32 - *Procambarus*. a : pince du mâle ; b : rostre vd



10.33 - *Orconectes*. a : pince du mâle ; b : rostre vd ; c : pléon vd

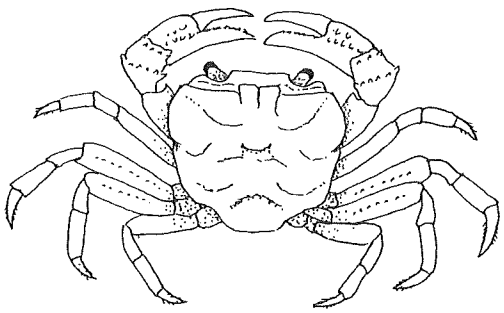
O. Décapodes
sO. Brachyoures

F. Grapsidae



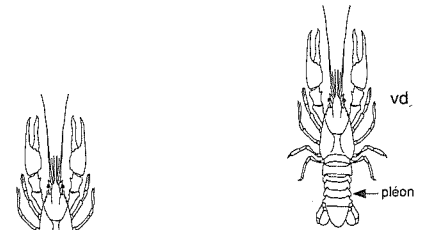
10.34 - *Eriocheir* mâle vd

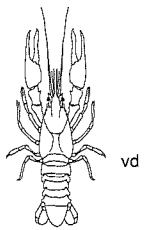
F. Potamonidae



10.35 - *Potamon* vd

Malacostracés



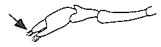




fortes, pas de pinceau de soies → Écrevisses (10.C3)

bien développé et allongé → PINCES DES PÉRÉIOPODES

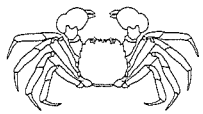
petites, terminées par un pinceau de soies → *Atyaephyra desmarestii*

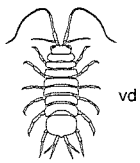


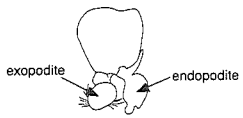
oui → PLÉON

CARAPACE CÉPHALOTHORACIQUE

réduit, rabattu sous le péréion → (Brachyoures, cf diagnoses d'*Eriocheir* et *Potamon*)





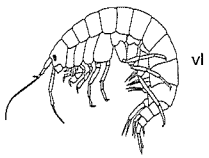


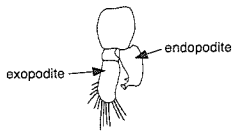
exopodite ovalaire, endopodite court → *Asellus aquaticus*

aplatissement dorso-ventral marqué → PLÉOPODES 2 DES MÂLES

exopodite et endopodite allongés → *Proasellus*

non → FORME DU CORPS

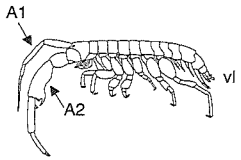




non → Malacostracés 2 (10.C2)

10.C2

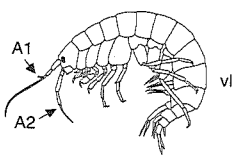
Malacostracés 2

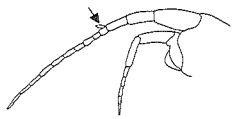


très développées → *Corophium curvispinum*

ANTENNES 2

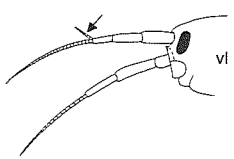
développement normal → FLAGELLE ACCESSOIRE DES ANTENNES 1





1 ou 2 articles

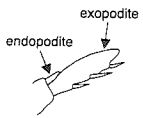
4 à 5 articles



\+ YEUX

toujours absents → **F. Niphargidae**

normalement présents → UROPODE 3

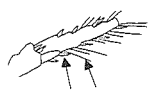


longueur endopodite = 1/5 celle de l'exopodite → UROPODE 3

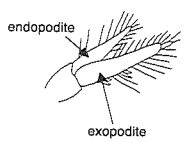


exopodite avec des épines → *Crangonyx pseudogracilis*

exopodite avec des épines + des soies → *Echinogammarus*



longueur endopodite = 1/2, 2/3 celle de l'exopodite → *Gammarus*



10.C3

Décapodes "Écrevisses"

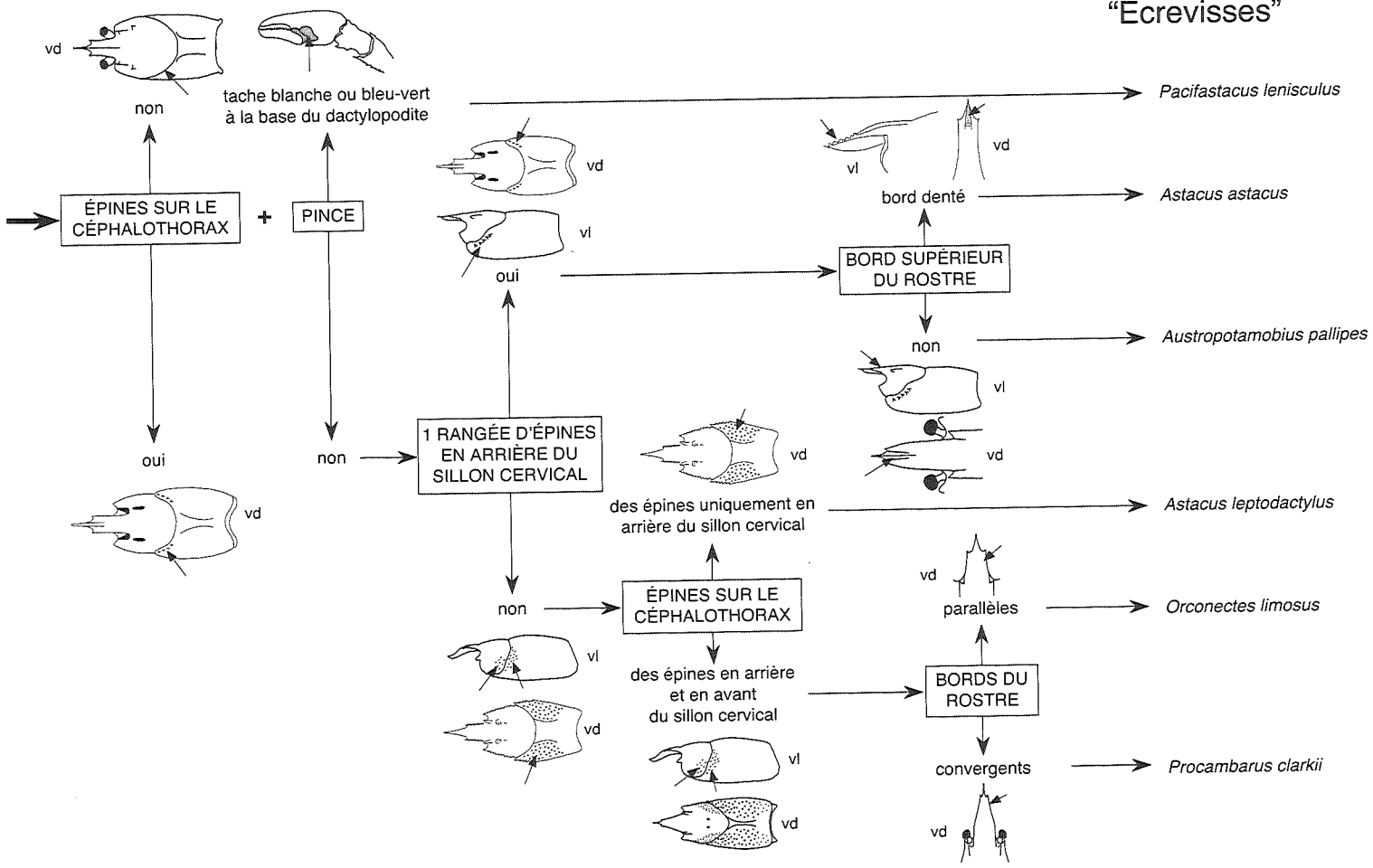


Tableau 10.T1 - Traits biologiques, physiologiques et écologiques : Crustacés

Traits N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Modalité N°	2 3 4 5 6 7	1 2	1 2 3	1 2 4	1 3 4	1 2 3	1 4 5	2 3 4 5 6 7 8 9	2 3 4 5 6 7 8	1 2	1 2 3	1 2 3 4 5 6	1 2 3	1 2 3 4 5	1 2	1 2 3 4 5	1 2 3	1 2 3 4 5 6 7 8	1 2 3 4 5 6 7 8 9	1 2 3 4 5 6 7 8 9	3 4 5 6 7	1 2 3 4
Anostraca	2 3 1	3	3	2 3 3	1	3	3	3 3	2 3	1 3	2 3		3	1 1 1 1 1	3 2	2 2 2 2	3 3 2	3	2 2 3	2 2 3	3	3
Argulus	3 1	3	3	2 3 3	3	3 1	3	3	3	1 3	2 2		1 1 1	3	1 2	3 1 3	3	1 1 3	1 3 3	1 1 1 1 1 1 1 1	1	3 3 2
Asellus aquaticus	3	3 1	1 3	3 3 3	3	3	2 2	1 3 1 1	3	1 3	2 2	1 1 1 2 3 3	1 3 2	2 3 1	3 2	3 3 2	3	2 2 2 2 2 2 2 2	3 5 3 2	1 1 1 5 3 2 3 1	3 2	3 3
Astacus	3	3	3	3 3 3	2	2	3	1 1 2 2	3	2 2	1	1 1 1 1	3 1	1 2 1	3 1	2 1 2 2 1	3	1 2 2 1 1	2 2 1	1	1 4 2	2 2 1
Atyaephyra desmarestii	3	1 3	3	3 3 3	3	1 1	3	1 3 1	3 1	3	1 3	1 3	2 3	1 3 1	3	1 1 3 1	3	2 3	1 3 1 3 1 2	5	3 2	2 2 1
Austropotamobius	3	3	3	3 3 2	3	2	2 2	3 2 2	3 1	3	1 3		3	1 1	3	3 3 3 3	3	3 3	1 2 2 1	1 4 1	1 3 2	
Conchostraca	3	3	3 3 3	3	2 2	3 3	3 3	3	3	3 1 1			3	1 2 1	3	1 2 2 1	3	3	1 2 2 1	3	3 2	
Corophium	3	3	3 3 3	3	2 2	3	3 3	3	3	1 3	2 2		3	1 1 1 1 1	3	1 2 2	3	3	3	1 3 1	3	3
Crangonyx	2 2	3	3 3 3	3	2 2	3	3 2 2 1	2 3	3	1		3	2 1	1 3 1	3 3	3	3	2 2 2	2 2	3 3	3 2	3
Echinogammarus	3	3	3 3 3	3	1	3	4 3	3	3	1		3	2 1		3 1	3 3	2	1 1 1	3 2 3	3	1 3 1	3 3
Eriocheir sinensis	3 2	3	3 3 2	3	3	3	3	3 1 5 2 1 2 2 1	3	3	1	1 1 2 2	2 2	2 2	3 1	2 2 2 2 2	3	1 3 2	3 4	5 3 1 1 5 2 4 4	2 3	2
Gammarus	2 2	1 3	3	3 3 3	3	3 2	3	1 5 2 1 2 2 1	3 1	3	1 3	1 1 2 2 2 3	3 3	1 2 3 2	3 1	2 2 2 2 2	3 3	2 2 2 2 2 2 2 1	3 4 1 1 2	5 3 2 1 3 2 4 4	2 3 1	1 2 3 1
Lepidurus apus	3	3	3	2 3 3	1	3	3	3 3 1 1	3	1 3	2 3	1 3	3	1 1 1	3	3 3 3	3		3	2	1 3 3	3 2
Niphargidae	3	3	3 3 3	3	3	3	3 5 1	1 1	3	1 3 3	1 3	1 3	3	1 1 1 1 1	3	3 3 3	3		3	2	2 3	1 2 3 1
Orconectes limosus	1 3	3	3 3 3 3	3	2	3	3	3	3	1 3	3	1 1 1 3	2	3 1 1	3	3 3 3 3 3	3 1		3	1 1 5	2 3	3
Pacifastacus leniusculus	3	3	3 3 3 3	3	2	3	3	2 2	2	3	3	3	2 3	3 2	3	1 2 3 3 2	3	1 2 2 2 2	1	1 3 5	2 3 1	3 1
Potamon ibericum	3	3	3 3 2	3	1	3	3	3 1 2	3	2	3	3	3		3	3 2 1	3 1	1 1 1	1	2 2 1	1 4	2 3 1
Proasellus	3	1 3	1 2	3 3 3	3	3	3	2 1 2 3	3	3 2	3	3	3	3 2	3 2	3 3	3		1	3 2 1	1 4 1	2 2
Procambarus clarkii	3	3	3 3 2	3	3	1	3	3	3	3	1 1 2 2 3 3	1 3 1	1 3	3 1	3	2 2 2	3	3 1 1 1 1 1 1	3	3	2 3	3 2
Triops cancriformis	2 3	3	3 2 3 3	1	3	3	3 3 1	1	3	1 3	2 3		1 3	3	3	2 1	3		1 3 1	3	1 3	3 2 1
													3	1 1 1 1 1	3	3 3	3		3	2 2 3	2 3 1	3

CHAPITRE 11

INSECTES

GÉNÉRALITÉS

La majorité des macroinvertébrés d'eau douce appartiennent à la classe des Insectes. Contrairement aux Crustacés, les Insectes sont tous d'origine terrestre, la colonisation des eaux douces étant secondaire. Cette colonisation remonte au milieu du Primaire pour les hémimétaboles (Odonates, Éphéméroptères et Plécoptères), à la fin du Primaire et au début du Secondaire pour la majorité des paurométaboles et holométaboles. Chez la majorité des insectes aquatiques, les stades immatures (œufs et larves) sont aquatiques (fig. I. 18). L'adaptation au milieu aquatique est rarement totale et chez la très grande majorité des insectes la reproduction implique le passage par un stade terrestre (adulte).

Onze ordres d'Insectes sont présents en eau douce. Les larves de cinq de ces onze ordres sont exclusivement aquatiques (Éphéméroptères, Plécoptères, Odonates, Mégaloptères et Trichoptères — sauf une espèce pour ce dernier groupe). Les autres ordres n'ont que quelques familles ou quelques espèces en milieu aquatique, les autres familles ou espèces étant terrestres. Les différents aspects que nous allons considérer et les exemples que nous allons présenter ne concernent que les insectes aquatiques.

1 - MORPHOLOGIE ET ANATOMIE

Le corps d'un insecte comprend fondamentalement :

— une tête portant une paire d'antennes, les yeux (œil composé et ocelles chez les larves et adultes d'hétérométaboles et chez les adultes d'holométaboles) ou simplement des stemmates chez les larves d'holométaboles ;

— un thorax constitué de trois segments (que nous numéroterons I, II, III) portant chacun fondamentalement une paire de pattes articulées (et chez l'adulte normalement deux paires d'ailes) ;

— et un abdomen de 11 segments (que nous numéroterons 1, 2, ..., 11) ne portant pas d'appendice articulé si l'on excepte une paire de prolongements tels que les cerques (segment abdominal 11) chez certains hémimétaboles et les appendices génitaux chez les adultes (segments abdominaux 8 et 9).

Si ce schéma correspond, dans ses grandes lignes, à celui des larves (et des adultes) d'insectes hétérométaboles (fig. 11.1), il est souvent considérablement modifié chez les holométaboles où la larve est souvent très différente du schéma fondamental, tel qu'il vient d'être décrit (cf. la larve des Diptères Muscidae).

Chez les larves d'holométaboles, de fausses pattes (pseudopodes, pygopodes) ou des bourrelets locomoteurs peuvent se mettre en place au niveau du thorax comme au niveau de l'abdomen, mais ils ne correspondent pas aux appendices fondamentaux définis ci-dessus ; par ailleurs, il y a souvent réduction du nombre de segments abdominaux et, dans les cas extrêmes (les larves de nombreux Diptères Brachycères), il y a régression de la capsule céphalique (fig. 11.1) et transformation des pièces buccales (notamment des mandibules).

Nous ne détaillerons pas plus avant les différentes structures de la tête, du thorax et de l'abdomen, qui seront présentées de façon plus précise en introduction de chacun des ordres d'insectes.

2 - TECHNIQUES D'IDENTIFICATION

Les caractères présentés dans les clés et les diagnoses concernent des larves au dernier stade. Les caractères deviennent beaucoup moins évidents pour des larves à de jeunes stades (*a fortiori* pour des larves néonates) (fig. I. 17). Le niveau de détermination passera donc du genre (larve de dernier stade) à la famille (larve de stade intermédiaire), puis à l'ordre (larvule). Il est donc indispensable de commencer le travail d'identification d'un prélèvement en examinant d'abord les individus les plus grands pour terminer par les individus les plus petits.

Dans le cas d'espèces poly-cohortiques ou polyvoltines, plusieurs stades sont présents simultanément dans un prélèvement, ce qui permet d'avoir des tailles intermédiaires et ce qui facilite ainsi les déterminations au niveau générique des petits individus.

L'utilisation de fixateurs tels que l'alcool ou le formol complique le travail d'identification. En effet, on fixe en même temps des insectes aquatiques et des insectes terrestres tombés à l'eau. Les premiers sont aisément identifiés grâce aux clés, les seconds pourront être identifiés *a posteriori*, parce qu'ils ne correspondent à aucun des animaux décrits dans les clés et les diagnoses.

Nous donnons une clé (11.C1) qui permet l'identification des principaux ordres d'insectes aquatiques. Nous rappelons, puisqu'il s'agit de l'un des premiers caractères utilisés dans la clé, que l'œil composé chez un insecte est un œil constitué de plusieurs dizaines à plusieurs centaines d'ommatidies jointives, chaque ommatidie, qui présente en surface une lentille, étant elle-même constituée de 8 à 9 cellules visuelles. Chez les larves d'insectes holométaboles, les yeux composés n'existent pas, ils sont remplacés par des stemmates constitués de 4 à 6 yeux simples le plus souvent non jointifs, disposés en couronne. Chez de nombreuses larves d'insectes holométaboles, les yeux sont réduits à de simples taches oculaires.

Pour ne pas compliquer inutilement cette clé, nous n'avons pas inclus certains ordres d'insectes ou les stades adultes de certains ordres dont l'identification est aisée même pour un non spécialiste (fig. 11. 1). Il s'agit des quatre ordres suivants :

Coléoptères adultes (fig. 11.2b)

Tous les adultes de Coléoptères aquatiques correspondent au « Coléoptère type », c'est-à-dire que les élytres notamment sont normalement développés.

Larves de Lépidoptères (fig. 11.2d)

Les Lépidoptères sont rares en milieu aquatique. Toutes les chenilles rencontrées correspondent également à la « chenille type » avec plusieurs stemmates, quatre paires de pseudopodes abdominaux et une unique paire de pseudopodes anaux.

Hyménoptères (fig. 11.2c)

Comme les Lépidoptères, les Hyménoptères sont rares en milieu aquatique. Le genre le mieux adapté à la vie aquatique est *Agriotypus*, un parasitoïde de nymphes (et prénymphes) de certains genres de Trichoptères. Il correspond là encore à un « Hyménoptère type ».

Hétéroptères adultes (fig. 11.2a)

Les Hétéroptères adultes sont identiques aux larves, les seules différences portent sur la présence d'ailes normalement développées (chez les formes macroptères) et d'un appareil génital bien développé.

Cette clé ne comprend pas également les nymphes de Trichoptères, de Diptères et de Lépidoptères (aquatiques). Les nymphes de Lépidoptères aquatiques et de Trichoptères se reconnaissent aisément parce qu'elles ont deux paires de fourreaux alaires et qu'elles sont toujours dans un cocon. Les nymphes de Diptères (fig. 11.1d) n'ont qu'une paire de fourreaux alaires, elles sont libres ou dans un cocon partiellement ouvert.

RÉFÉRENCES

Les références concernant l'identification de l'ensemble des insectes aquatiques ont été données en introduction, on trouvera ci-après quelques références concernant la biologie et l'écologie des insectes aquatiques.

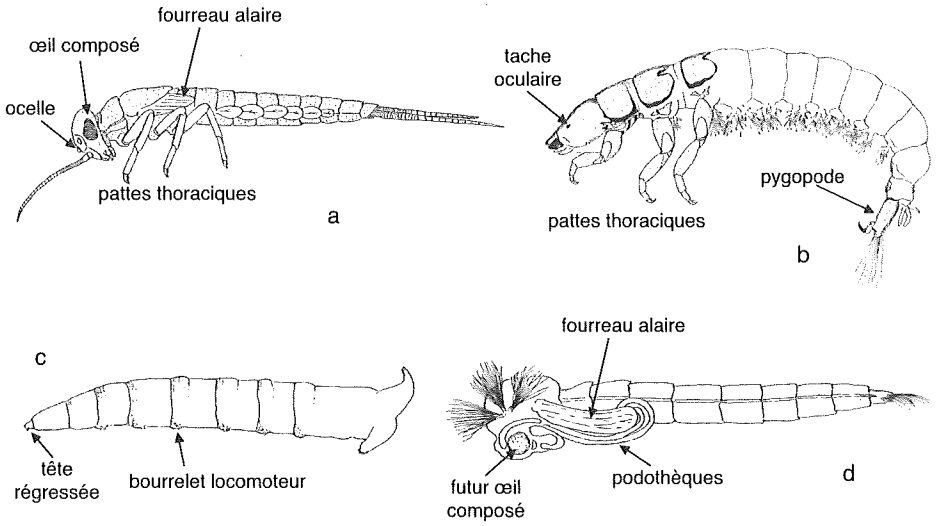
Resh V. H. et Rosenberg D. M. 1984. *The Ecology of Aquatic Insects*. Praeger, New York, 625 p.

Ward J. V. 1992. *Aquatic Insect Ecology. 1 - Biology and Habitat*. J. Wiley & sons, New York, 438 p.

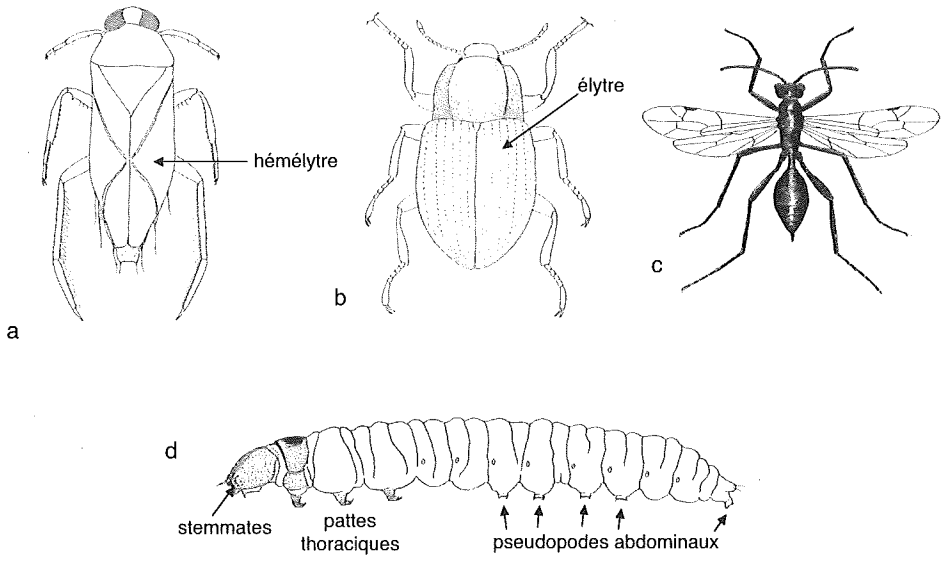
Wesenberg-Lund C. 1943. *Biologie der Süsswasserinsekten*. Verlag J. Springer, Berlin, Wien, 682 p.

Williams D. D. et Felmate B. W. 1992. *Aquatic Insects*. C.A.B. International, Wallingford, UK, 358 p.

Cl. Insectes : généralités



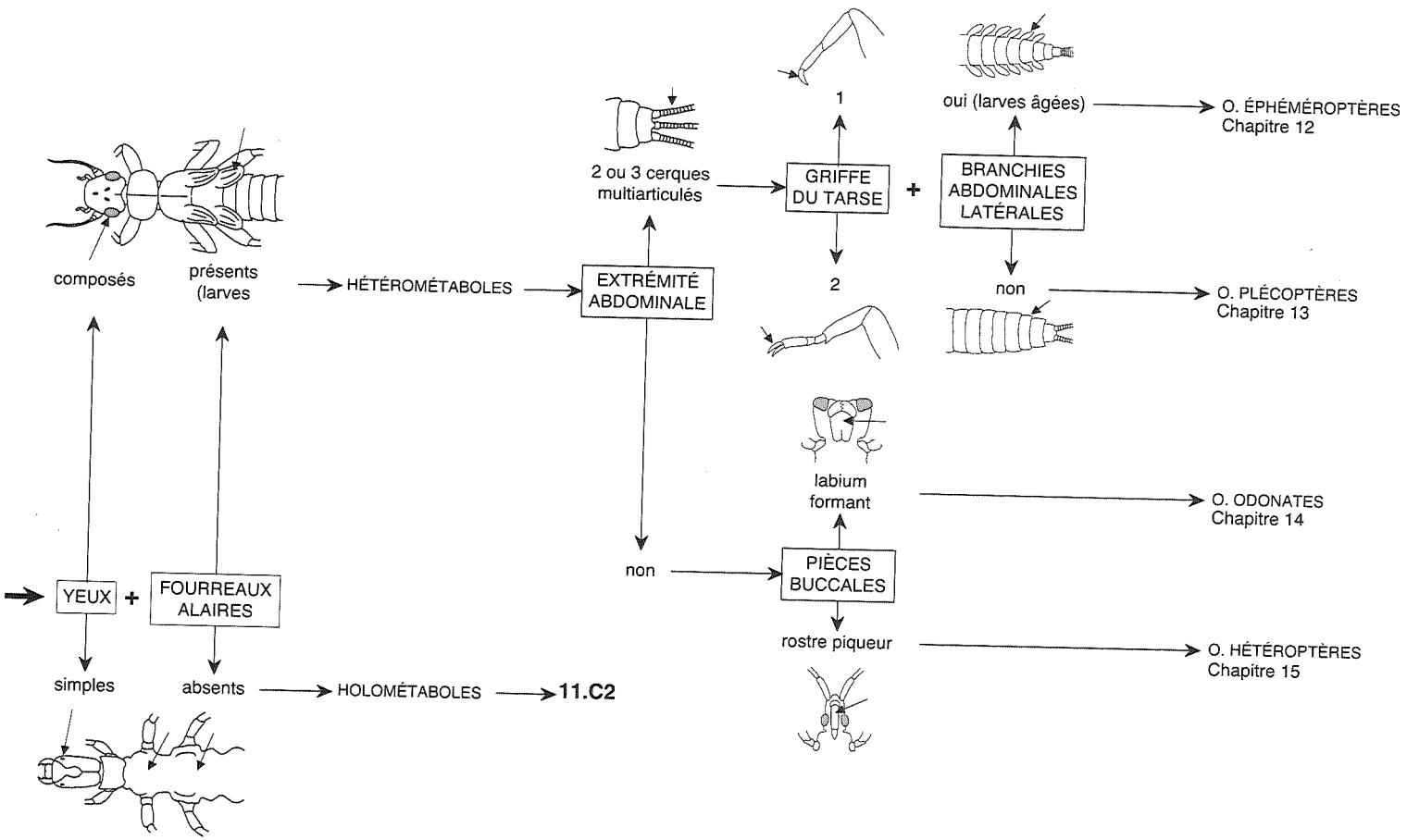
11.1 - a : une larve d'hétérométabole (Éphéméroptère), vl ; b : une larve d'holométabole (Trichoptère), pattes thoraciques présentes, vl ; c : une larve d'holométabole (Diptère, Brachycères), pattes thoraciques absentes, tête régressée, vl ; d : nymphe libre de Diptère Nématocère, vl.



11.2 - a : adulte d'Hétéroptère, vd ; b : adulte de Coléoptère aquatique, vd ; c : adulte d'Hyménoptère, vd ; d : larve de Lépidoptère aquatique (chenille), vl.

Larves d'insectes aquatiques (Ordres)

(cf. également Fig. 11.1)



11.C2

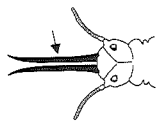
Larves d'insectes Holométaboles

(cf. également fig. 11.1)



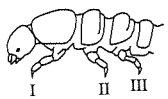
absentes → O. DIPTÈRES
Chapitre 19
(+ Coléoptères Curculionidae)

PATTES THORACIQUES

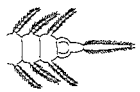


L. mandibules > L. tête → O. PLANIPENNES
Chapitre 16

présentes parfois très courtes

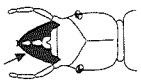


LONGUEUR DES MANDIBULES /LONGUEUR DE LA TÊTE

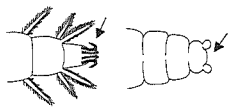


1 prolongement effilé + branchies latérales → O. MÉGALOPTÈRES
Chapitre 16

L. mandibules ≤ L. tête



EXTRÉMITÉ ABDOMINALE

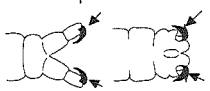


absents ou 4 crochets → O. COLÉOPTÈRES (LARVES)
(sauf Curculionidae)
Chapitre 17

ces 2 caractères

CROCHETS ANAUX

1 paire → O. TRICHOPTÈRES
Chapitre 18



CHAPITRE 12

EPHÉMÉROPTÈRES

Les Éphéméroptères correspondent à un ordre d'insectes hémimétaboles dont les larves sont exclusivement aquatiques. Celles-ci se caractérisent typiquement par la présence d'yeux composés, de trois (plus rarement deux) cerques multiarticulés, de pattes portant une seule griffe au tarse et de branchies abdominales (au moins chez les larves âgées) en position latérale ou latéro-dorsale.

Les Éphéméroptères sont les plus anciens des insectes aquatiques (Merritt *et al.*, 2007), probablement issus d'une forme ancestrale proche des Thysanoures. Ils sont connus depuis le Carbonifère.

1 - MORPHOLOGIE ET ANATOMIE

1.1 - LARVES (figs. 12.1, 12.2, 12.3, 12.4)

La tête porte une paire d'antennes de longueur variable, trois ocelles et des yeux composés. Cette tête peut présenter un aplatissement dorso-ventral marqué chez les Heptageniidae et les Prosopistomatidae. Les pièces buccales correspondent au type primitif broyeur ; cependant, les mandibules et les maxilles présentent certaines variations en liaison avec les adaptations à la vie fouisseuse (Ephemeridae et Polymitarcyidae) ou un régime alimentaire particulier : carnivore (*Baetopus*), racleur de substrat (Heptageniidae). Les mandibules comprennent une partie molaire, une prostheca, et une partie incisive. Parfois une des dents incisives prend un développement extraordinaire (Ephemeridae et Polymitarcyidae). L'hypopharynx présente un lobe médian et deux lobes latéraux.

Excepté chez *Prosopistoma* où le thorax forme une carapace dorsale, chez les autres Éphéméroptères les trois segments thoraciques sont visibles. Le prothorax est réduit, le mésothorax bien developpé et le métathorax également réduit. Le méso- et le métathorax portent dorsalement les fourreaux alaires (normalement deux paires, exceptionnellement une paire chez les Caenidae et chez les *Cloeon*, chez lesquels les ailes postérieures ont disparu). Les pattes présentent la structure fondamentale : hanche, trochanter, fémur, tibia et un tarse d'un seul article portant une seule griffe (caractère qui distingue les Éphéméroptères des Plécoptères auxquels ils ressemblent superficiellement, particulièrement lorsqu'il s'agit d'Éphéméroptères à deux cerques). Les trois paires de pattes sont en général très similaires sauf chez les formes fouisseuses où il y a un fort développement des PI et un aplatissement des fémurs des PIII. Chez *Oligoneuriella* et *Isonychia ignota,* le fémur et le tibia des PI portent de très longues soies, caractères en rapport avec un comportement filtreur.

L'abdomen comprend dix articles, il se termine par deux cerques multiarticulés. Dans la

plupart des cas, il existe un paracerque médian également multiarticulé. Ces cerques portent des soies qui sont disposées soit de part et d'autre de l'axe du cerque, soit uniquement du côté interne. L'abdomen porte toujours latéralement (au niveau des pleurites), fondamentalement, sept paires de branchies (segment abdominaux 1 à 7) de forme très diverse. La première paire de branchies est parfois atrophiée ou du moins de taille réduite par rapport aux autres paires, alors qu'elle présente un développement important chez *Rhithrogena*. Des réductions dans le nombre de branchies peuvent apparaître chez certaines espèces. Ces branchies sont mobiles chez certaines espèces. Chez *Oligoneuriella* et *Isonychia ignota,* il existe en outre une touffe de filaments branchiaux à la base des maxilles.

Chez les larves néonates (fig. I.17), les branchies ne sont pas encore développées et chez certaines familles (Baetidae) le paracerque n'est pas encore présent, on peut cependant reconnaître une larve d'Ephéméroptère grâce aux cerques et à la griffe unique (cf. ci-dessus), mais dans ce cas on ne peut définir qu'une appartenance à l'ordre.

1.2 - ADULTES

L'adulte a normalement deux paires d'ailes qu'il tient verticalement au-dessus du corps (fig. 12.5). Les yeux composés sont grands, de structure souvent complexe chez les mâles de *Baetis*. Les antennes sont réduites. Les pattes antérieures des mâles sont grêles et longues, dirigées vers l'avant ; les pattes méso et métathoraciques sont plus courtes. L'adulte a des pièces buccales atrophiées et un tube digestif incomplet, et de ce fait il ne se nourrit pas.

2 - BIOLOGIE

Les Éphéméroptères constituent un groupe très diversifié à la fois sur le plan distribution (eau courante, eau stagnante), relation avec le substrat (fouisseurs, rampants et nageurs) et alimentation (broyeurs détritivores, racleurs de substrat, filtreurs, prédateurs).

Le nombre de mues est variable selon les groupes ; certaines espèces n'ont qu'une douzaine de mues, plus généralement une vingtaine, exceptionnellement une quarantaine. La durée de vie larvaire varie de quelques semaines à plus de deux ans, mais la règle générale est de trois à six mois. Il y a dans ce dernier cas plusieurs générations par an. Il y a des espèces monovoltines (par exemple, *Potamanthus luteus*, *Ephoron virgo*, *Oligoneuriella rhenana*) et des espèces polyvoltines (ou polycohortiques) (*Caenis* et *Baetis*).

La larve de dernier stade donne naissance à un subimago (subadulte) aérien aux ailes encore opaques et dont les appendices génitaux ne sont pas pleinement développés, notamment chez les mâles. Cette émergence présente différents aspects ; elle se fait soit sous l'eau (*Electrogena*) (Studemann *et al.*, 1992), soit à la surface de l'eau (*Baetis* et Ephemeridae), ou bien la larve de dernier stade s'agrippe à un support et sort ainsi de l'eau où elle subira sa mue (*Paraleptophlebia*). La véritable mue imaginale peut survenir dans les minutes qui suivent, mais chez la plupart des espèces le subimago s'accroche à un support et va subir sa mue imaginale dans les 24 ou 48 h qui suivent. Les phénomènes d'émergence peuvent être synchrones pour des espèces monovoltines : tous les adultes émergent en même temps donnant lieu à ce que l'on nomme des chutes de « mannes », c'est le cas des *Ephoron* et *Oligoneuriella* (« manne blanche ») et des *Potamanthus* (« manne jaune »). Les adultes de la plupart des espèces vivent de deux à trois jours, mais chez d'autres espèces la vie imaginale ne dépasse pas une heure, voire quelques minutes.

La ponte chez les adultes présente différents aspects :

— les femelles laissent tomber les œufs en volant (par exemple, *Ephemera*, *Leptophlebia*,

Ecdyonurus, etc) ;

— les femelles lâchent des masses d'œufs à la surface ou dans l'eau. Les masses se désagrègent libérant les œufs : exemple *Ephemerella* ;

— les femelles pénètrent sous l'eau et collent leurs œufs sur le substrat : cas de certains *Baetis*, etc.

Le nombre d'œufs varie de 6 000 et plus, par exemple chez *Ephemera* et *Epeorus*, à 1 500 à 2 000, par exemple chez *Siphlonurus* et *Paraleptophlebia,* ou 500 à 1 000 chez *Ephoron*. La plupart des Éphéméroptères sont ovipares, quelques rares espèces sont ovovivipares (*Cloeon*). Beaucoup d'œufs sont munis de filaments (fig. 12.6) qui facilitent leur accrochage au substrat.

La parthénogenèse est rare, elle est connue chez plusieurs espèces de *Baetis* et chez *Ameletus*. Il y a une diapause embryonnaire chez *Baetis vernus* et *Serratella ignita*.

3 - ÉCOLOGIE

Les Éphéméroptères sont présents dans le monde entier à l'exception de quelques îles du Pacifique et, bien entendu, des zones polaires. En Europe, ils sont absents d'Islande.

La plupart des larves sont détritivores, raclant (Heptageniidae par exemple) ou ingérant sans dispositifs morphologiques particuliers de fines particules. Chez les Ephemeridae, les Polymitarcyidae et Oligoneuriidae, il y a filtration, enfin *Baetopus tenellus* et *Prosopistoma* sont carnivores.

Il y a des relations de phorésie (commensalisme ?) entre les larves de certaines espèces de Chironomides Orthocladiinae et celles des Ephemeridae et des Heptageniidae.

Les subimagos et adultes sont bien connus des pêcheurs « à la mouche » qui réalisent à partir de morceaux de plumes et de fils des imitations des subimagos, (= dun) et des adultes (= spinner) qui correspondent plus ou moins bien aux différentes espèces d'Éphéméroptères.

La dispersion est assurée surtout par les larves grâce à la dérive ; la vie des adultes est souvent trop brève pour permettre une dispersion efficace ; certaines espèces de *Baetis* peuvent cependant réaliser des vols de remontée de plusieurs kilomètres.

4 - TECHNIQUES D'IDENTIFICATION

La détermination des larves est possible avec du matériel fixé ; on notera cependant que les Baetidae, particulièrement, sont très fragiles et perdent rapidement pattes, branchies et cerques, si la fixation n'a pas été suffisante ou pas assez rapide. Le fixateur peut être de l'alcool à 80 %.

La plupart des caractères utilisés pour réaliser des déterminations au niveau générique sont visibles à la loupe binoculaire ; en revanche si l'on souhaite effectuer une détermination à un niveau spécifique, il est indispensable de réaliser des montages (cf. exposé de la technique dans Studemann *et al.*, 1992).

Comme pour tous les insectes aquatiques, sauf dans le cas où une famille ne comprend qu'un seul genre et qu'une seule espèce (exemple Potamanthidae, *Potamanthus luteus*), dans tous les autres cas pour aboutir à une détermination au niveau spécifique il existe deux solutions : 1) récolter des larves de dernier stade (fourreaux alaires très sombres) et les mettre en élevage ; il suffit ensuite de récolter l'exuvie larvaire, l'exuvie du subimago et l'imago, et ainsi d'établir la relation larve (exuvie larvaire) - imago ; 2) récupérer des subimagos ou des adultes dans la nature à proximité du lieu où vivent les larves ; s'il n'y a pas trop de phénomènes de sympatrie, l'espèce peut alors être identifiée. L'identification n'est généralement possible

qu'avec des imagos mâles, les femelles n'étant identifiables que pour certaines espèces.

5 - DIAGNOSE (clés 12.C1 à 12.C7)

Les familles sont présentées dans l'ordre adopté par Thomas et Masselot (1996).

5.1 - Famille des Leptophlebiidae (clé 12.C7)

Cerques et paracerques avec des soies du côté interne et externe. Sept paires de branchies doubles, digitées, foliacées ou lobées. La morphologie des branchies et secondairement celle de l'hypopharynx permettent de différencier les différents genres. Jusqu'à 12 mm.

Leptophlebia (fig. 12.10b)

Branchies doubles foliacées se prolongeant par une longue digitation.

Habroleptoides (figs. 12.8, 12.10a)

Branchies doubles allongées mais coalescentes à leur base (comme chez *Paraleptophlebia*) ; lobes latéraux de l'hypopharynx terminés en pointe et base des antennes partiellement recouverte par le front.

Paraleptophlebia (figs. 12.7, 12.9, 12.10a)

Branchies doubles allongées mais coalescentes à leur base (comme chez *Habroleptoides*) ; lobes latéraux de l'hypopharynx arrondis. Insertion des antennes nettement dorsale.

Habrophlebia (fig. 12.10c)

Branchies composées d'une ramification principale portant elle-même une ramification secondaire de taille plus réduite. Selon les espèces la ramification principale porte de 3 à 11 filaments et la ramification secondaire de 1 à 6 filaments.

Choroterpes (fig. 12.11)

Branchies doubles foliacées (sauf la première paire qui est simple), terminées par un lobe allongé. Tête presque quadrangulaire.

Une seule espèce : *C. picteti*.

Thraulus (fig. 12.12)

Branchies doubles foliacées (sauf la première paire qui est bifide), prolongées par de très nombreuses digitations. Tête presque quadrangulaire.

Une seule espèce : *T. bellus*.

5.2 - Famille des Potamanthidae (fig. 12.15)

Sept paires de branchies, la première très réduite, les autres paires bifides en plume d'oiseau à disposition latérale. Mandibules présentant un court processus externe à peine plus long que les dents du lobe incisif. Les émergences chez cette espèce sont souvent synchrones et donnent alors lieu à des phénomènes de « manne » (« manne jaune »). Jusqu'à 18 mm.

Une seule espèce : *Potamanthus luteus*.

5.3 - Famille des Polymitarcyidae (= Polymitarcidae) (fig. 12.14)

Branchies disposées comme chez les *Ephemera*, mais rachis médian plus large frangé de digitations courtes. Mandibules portant un long processus externe, dépassant nettement la tête,

incurvé vers l'intérieur (convergent) et présentant de nombreux tubercules. Comme chez les *Ephemera*, les pattes antérieures sont considérablement modifiées (sclérification plus marquée) ; elles jouent un rôle dans l'activité de fouissage. Les émergences chez cette espèce sont synchrones et donnent lieu à des phénomènes de « manne blanche ». Jusqu'à 15 mm.

Une seule espèce : *Ephoron virgo*.

5.4 - Famille des Ephemeridae (fig. 12.13)

Sept paires de branchies, la première réduite, les six autres semblables, bifides, frangées en deux séries de digitations leur donnant un aspect de duvet d'oiseau. Les branchies sont rejetées sur la face dorsale (adaptation liée à la vie fouisseuse). Mandibules portant un long processus externe dépassant nettement la tête et incurvée vers l'extérieur (divergents) ; ces processus portent des soies mais aucun tubercule contrairement aux *Ephoron*. Les pattes prothoraciques sont considérablement modifiées (sclérifications plus marquées) ; elles jouent un rôle dans l'activité de fouissage. Jusqu'à 30 mm.

Un seul genre : *Ephemera*.

5.5 - Famille des Prosopistomatidae (fig. 12.16)

Corps aplati dorso-ventralement. Une carapace recouvre le thorax et la partie antérieure de l'abdomen, ne laissant apparents que les derniers segments abdominaux et les cerques qui sont très courts ; branchies cachées sous la carapace ; yeux composés nettement dorsaux. Jusqu'à 8 mm.

Une seule espèce trouvée toujours en très petit nombre dans les grands cours d'eau *Prosopistoma pennigerum (= P. foliaceum)*.

5.6 - Famille des Caenidae

Six paires de branchies, la première est réduite à un petit prolongement portant des soies, la deuxième assez épaisse forme une grande plaque quadrangulaire dont les angles postérieurs internes sont arrondis. Ces plaques branchiales recouvrent les quatre dernières paires de branchies. Celles-ci sont foliacées et frangées de longues digitations. Cerques et paracerques avec des soies du côté interne et externe. (voir également la diagnose de la famille des Neoephemeridae, chapitre 21). Jusqu'à 8 mm.

Caenis (fig. 12.17a)

Tête normalement arrondie, pas de prolongement au niveau des segments abdominaux. Fémurs élargis.

Brachycercus (fig. 12.17b)

Tête avec trois protubérances, segments abdominaux avec angles postéro-externes terminés en pointe. Pattes relativement grêles.

Trois espèces.

5.7 - Famille des Ephemerellidae

Cerques et paracerques avec des soies du côté interne et externe. Cinq paires de branchies formées d'une lame dorsale et d'un tronc trachéen ventral bifide. Jusqu'à 9 mm.

Ephemerella (fig. 12.19)

Quatre paires de branchies visibles dorsalement. Voir commentaires chapitre 21 (p. 582).

Torleya (fig. 12.20)

Larve trapue, forte pilosité. Branchies allongées, la première paire recouvrant largement les

branchies suivantes.

Une seule espèce : *T. major* (= *E. major*).

5.8 - Famille des Ameletidae (clé 12.C5)

Cette famille comprend deux genres autrefois rangés dans les Siphlonuridae. Les deux genres de cette famille se caractérisent par leurs maxilles tronquées à l'apex qui portent une brosse de soies pectinées. Les branchies sont simples à extrémité arrondie ; elles portent des bandes sclérifiées sur leurs bords antérieur et postérieur chez *Ameletus*, sur le bord antérieur et à une certaine distance des marges postérieures chez *Metreletus*. Taille jusqu'à 12 mm.

Ameletus (fig. 12.21a et d)

Cerques plus courts que l'abdomen et frangés sur toute leur longueur. Branchies simples à extrémité arrondie portant des bandes sclérifiées sur leurs bords antérieur et postérieur. Antennes de même longueur que la tête.

Une seule espèce : *A. inopinatus*.

Metreletus (fig. 12.21b et c)

Cerques aussi longs que l'abdomen et frangés sur les deux tiers de leur longueur. Branchies simples à extrémité arrondie avec des bandes sclérifiées sur leur bord antérieur et à une certaine distance des marges postérieures. Antennes plus longues que la tête.

Selon les auteurs, une seule espèce en France (*M. balcanicus*) ou plusieurs espèces.

5.9 - Famille des Baetidae (clés 12.C5, 12.C6)

Corps plutôt cylindrique. Yeux latéro-dorsaux. Cerques frangés de soies uniquement sur leur bord interne ; segments abdominaux avec angles postéro-externes droits. Les griffes sont ou allongées avec amincissement progressif ou relativement courtes se terminant par une pointe arquée aiguë. Les antennes sont nettement plus longues que la longueur de la tête. Les Ameletidae sont morphologiquement proches des Baetidae mais s'en distinguent par leurs maxilles tronquées à l'apex. Les maxilles des Ameletidae portent des soies pectinées alors que celles des Baetidae sont pointues à l'apex et portent une ou plusieurs dents apicales. Les trois genres : *Baetis*, *Acentrella* et *Baetopus* correspondent à des formes rhéophiles, les quatre autres (*Cloeon*, *Procloeon*, *Centroptilum* et *Pseudocentroptilum*) à des formes plutôt limnophiles.

Baetis lato sensu (fig. 12.24)

Les larves de *Baetis* se caractérisent par leurs branchies simples (et non doubles comme pour d'autres genres). Les griffes sont relativement courtes et se terminent par une pointe aiguë. Ventralement, les griffes portent des dents assez fortes. Les cerques sont plus longs que le paracerque. Chez certaines espèces (et de façon plus générale chez les jeunes individus), le paracerque est très court ; ces *Baetis* ressemblent dans ce cas à *Acentrella*, mais les soies portées par les fémurs ne sont jamais aussi longues que chez *Acentrella*. Branchies simples, arrondies. Vivantes, les larves de *Baetis* se déplacent par ondulation dorso-ventrale du corps. Les espèces sont nombreuses, mais grâce aux travaux de Müller-Liebenau (1969, 1974), la majorité d'entre elles peuvent être identifiées. Le genre *Baetis* tel qu'il est défini par Müller-Liebenau (1969) a depuis été subdivisé en cinq genres (cf. Thomas et Masselot, 1996) : *Alainites* correspond à *Baetis muticus, Labiobaetis* à *B atrebatinus* et *B. neglectus* et *Nigrobaetis* à *B. digitatus* et *B. incurvus,* les autres espèces appartenant au genre *Baetis*. Compte tenu des difficultés pour identifier ces différents genres, nous conserverons le genre *Baetis lato sensu*. Jusqu'à 12 mm.

Acentrella (fig. 12.26)

Caractères de *Baetis*, mais l'absence de paracerque et la présence d'une rangée de longues soies de même longueur à l'arrière des fémurs et des tibias des trois paires de pattes sont caractéristiques. Le bord interne des cerques est presque glabre. Jusqu'à 10 mm.

Une seule espèce : *A. sinaica.*

Baetopus (= Raptobaetopus) (fig. 12.25)

Labre sans échancrure médiane chez *B. tenellus* (fig. 12.25) ; l'article terminal du palpe labial est allongé et porte de longues soies. L'article terminal du palpe maxillaire est également long et porte de nombreuses soies. Jusqu'à 10 mm.

Deux espèces : *B. tenellus* et *B. wartensis.*

Centroptilum (fig. 12.28)

Cerques de même longueur que les paracerques. Pas de zone sombre sur les cerques. Branchies simples, acuminées. Article terminal des palpes labiaux concave. Bord postérieur du dernier segment abdominal arrondi avec seulement de nombreuses petites épines. Quelques soies sur les bords latéraux des segments abdominaux 8 et 9. Jusqu'à 8 mm.

Une seule espèce : *C. luteolum.*

Cloeon (figs. 12.30, 12.31a, 12.32a)

Cerques de même longueur que les paracerques. Branchie 2 à 6 doubles, plutôt rondes ou presque rondes. Des épines sur les bords latéraux des segments abdominaux 5 à 9. Jusqu'à 10 mm.

Procloeon (figs. 12.27, 12.29, 12.31b, 12.32 b et c)

Cerques de même longueur que les paracerques. Une bande sombre sur les cerques et paracerques. Branchies simples arrondies. Présence d'épines sur les bords latéraux des segments abdominaux 8 et 9. Bord postérieur du dernier segment abdominal rectiligne avec deux fortes épines à chaque extrémité. Jusqu'à 8 mm.

Pour *P. pennulatum* uniquement (figs. 12.31 b, 12.32 b et c). Branchies 2 à 6 doubles plutôt allongées. Cerques frangées de soies dans leur partie distale. Des épines uniquement sur les bords latéraux.

5.10 - Famille des Siphlonuridae (fig. 12.22)

Cerques frangés de soies uniquement sur leur bord interne, segments abdominaux avec angles postéro-externes terminés en pointe. Antenne de même longueur que la tête. Branchies en lamelles simples ou doubles. Jusqu'à 18 mm.

Un seul genre : *Siphlonurus.*

5.11 - Famille des Oligoneuriidae (figs. 12.33, 12.35)

Corps à section triangulaire, une des faces du triangle correspondant au ventre. Yeux composés nettement dorsaux. Branchies petites. Deux touffes de fibrilles trachéennes à la base des maxilles. Tête triangulaire étirée dans le sens longitudinal. Des soies très longues sur les fémurs et tibias des PI (voir également la diagnose de la famille des Isonychiidae, 5.13). La larve recueille du seston sur ces soies, celles-ci sont régulièrement brossées par les pièces buccales. Espèce monovoltine. Emergences synchrones donnant lieu à des phénomènes de « mannes » (« manne blanche ») (cf. aussi *Ephoron virgo*). Jusqu'à 20 mm.

Deux espèces : *Oligoneuriella rhenana* commune et *O. pallida*, plus rare, disparue depuis deux décennies.

5.12 - Famille des Heptageniidae (clé 12.C4)

Aplatissement dorso-ventral très net. Les yeux sont rejetés sur la face dorsale. La tête n'est pas en forme d'ogive comme chez *Oligoneuriella*. Les branchies sont bien développées. La première paire de branchies est ventrale et réniforme chez *Rhithrogena* et une espèce d'*Epeorus*. Chez *Epeorus*, il n'y a pas de paracerque. Jusqu'à 15 mm.

Heptagenia, Dacnogenia, Kageronia (figs. 12.39, 12.41, 12.42, 12.40 a, b, c)

Glosses allongées digitiformes (et non quadrangulaires comme chez *Electrogena*). On distingue actuellement 3 genres : *Heptagenia* spp., *Dacnogenia coerulans* et *Kageronia fuscogrisea*, que l'on peut identifier en considérant les figures 12.40, 12.41, 12.42.

Electrogena (figs. 12.39, 12.41, 12.40c et d)

Glosses quadrangulaires (et non digitiformes comme chez *Heptagenia*). Septième branchie dépourvue de filaments branchiaux (c'est le cas également *d'Heptagenia fuscogrisea* dont les branchies se terminent en pointe). Ce genre a été créé récemment (Zurwerra et Tomka, 1985 ; Tomka et Zurwerra, 1985) à partir de l'ancien genre *Heptagenia*. Il comprend des espèces comme *E. lateralis* et *E. ujhelyii (= E. quadrilineata)*. L'espèce *Afronurus zebratus*, endémique en Corse (Hefti et Tomka, 1989), présente de nombreux caractères du genre *Electrogena*.

Ecdyonurus (fig. 12.37)

La présence d'expansions sur les bords latéro-postérieurs du pronotum est caractéristique de ce genre qui comprend de très nombreuses espèces dont l'identification à l'état de larve, en dépit de mises au points récentes, reste difficile.

Epeorus (fig. 12.36)

Le seul Heptageniidae dépourvu de paracerque.

Rhithrogena (fig. 12.38)

Les larves sont caractérisées par leur première paire de branchies très développées, rejetées ventralement et réniformes. Dans certains groupes d'espèces, il existe sur les fémurs une tache rougeâtre sur un fond plus clair. Ce caractère ne permet d'identifier que certaines espèces, d'autres espèces ne présentent pas ce caractère. Comme pour les *Ecdyonurus*, les espèces sont nombreuses et leur identification en tant que larve reste difficile.

Quatre espèces ont récemment été découvertes en France : *Isonychia ignota* (Papazian *et al.*, 1999), *Neoephemera maxima* (Fontan *et al.*,1999), *Arthroplea congener* [Julienne et Brulin, 2005 (2007)] et *Ametropus fragilis* (Chovet et Lécureuil, communication personnelle). Ces quatre espèces n'ont pas été incluses dans les clés pour éviter de les compliquer inutilement. Nous ne verrons ici que le cas d'*Isonychia ignota* (F. Isonychiidae), le cas des trois autres espèces : *Neoephemera maxima* (F. Neoephemeridae) et *Arthroplea congener* (F. Arthropleidae) et *Ametropus fragilis* (F. Ametropodidae) sera abordé au chapitre 21.

5.12 - Famille des Isonychiidae (fig. 12.34)

La larve est proche des Oligoneuriidae avec notamment de longues soies sur les tibias et fémurs de PI, mais elle est beaucoup moins massive (habitus de Baetidae). Les branchies abdominales ressemblent à celles des Baetidae, mais portent ventralement des filaments branchiaux. La larve porte des branchies en touffe à la base des maxilles (cf. *Oligoneuriella*), ainsi que sur les coxa des PI. Taille jusqu'à 14 mm. Une seule espèce *Isonychia ignota* (= *Chirotonetes ignotus*).

RÉFÉRENCES

Bauernfeind E. et Humpesch U.H. 2001. *Die Eintagsfliegen Zentraleuropas (Insecta : Ephemeroptera) : Bestimmung und Ökologie.* Verlag des Naturhistorischen Museums, Vienne : 239 p.

Belfiore C. 1983. *Efemerotteri (Ephemeroptera).* C.N.R., 24 :113 p.

Buffagni A., Cazzola M., Lopez-Rodriguez M.J., Alba-Tercedor J. et Armanini D.G. 2009. *Distribution and Ecological Preferences of European Freshwater Organisms. Volule 3 : Ephemeroptera.* Schmidt-Kloiber A.et D. Hering (Editeurs, Pensoft Publishers (Sofia-Moscou), 254 p.

Brulin M. 2006 (2007). Atlas de distribution des Ephémères de France. Première partie : hors Baetidae et Heptageniidae (Insecta : Ephemeroptera, 8 (1) : 73 p.

Eiseler B. 2005. *Bildbestimmungsschlüssel für die Eintagsfliegenlarven der deutschen Mittelgebirge und des Tieflandes.* Lauterbornia, 53 : 112 p.

Elliott J. M., Humpesch U. H. et Macan T. T. 1988. *Larvae of the British Ephemeroptera: a key with ecological notes.* F.B.A., 49, 145 p.

Fontan B., Brulin M. et Masselot G. 1999. Redécouverte de *Neoephemera maxima* (Joly, 1870) pour la France (Ephemeroptera : Neoephemeridae). *Ephemera*, 1 : 31-34.

Hefti D. et Tomka I. 1989. Comparative morphological and electrophoretic studies on *Afronurus zebratus* (Hagen 1864) Comb. n. and other european Heptageniidae (Ephemeroptera), including a key to the european genera of Heptageniidae. *Aquatic Insects*, 11: 115-124.

Haybach A. 2008. Katalog der aus Deutschland, Österreich und der Schweizbekannten Eintagsfliegen und ihrer synonyme (Insecta, Ephemeroptera). *Mainzer Naturwissenschaftliches Archiv*, 32 :1-73.

Julienne L. et Brulin M. 2005 (2007). Additions à la faune des Ephémères de France (11) : *Arthroplea congener* Bengtsson, 1908 (Ephemeroptera, Arthropleidae). Ephemera, 7 (2) : 89-94.

Landa V. 1969. Jepice. Ephemeroptera in Fauna CSSR, 18, Praha, *Ceskol. Akad. Ved.*, 350 p.

Malzacher P. 1984. Die europäischen Arten der Gattung *Caenis* Stephen (Insecta : Ephemeroptera). *Stuttgarten Beitr. Naturd.*, 373 : 48 p.

Müller-Liebenau I. 1969. Revision der europäischen Arten der Gattung *Baetis* Leach, 1815 (Insecta : Ephemeroptera). *Gewässer und Abwässer*, 48/49 : 214 p.

Müller-Liebenau I. 1974. Baetidae aus Südfrankreich, Spanien und Portugal. *Gewässer und Abwässer*, 53/54: 4-42.

Papazian M., Masselot G. et Brulin M. 1999. Redécouverte d'*Isonychia ignota* (Walker, 1853) pour la France (Ephemeroptera : Isonychiidae). *Ephemera*, 1 : 35-39.

Studemann D., Landolt P., Sartori M., Hefti D. et Tomka I. 1992. *Ephemeroptera (version française)*. Insecta helvetica Fauna, Ed. Société entomologique suisse, 173 p.

Thomas A. et Masselot G., 1996. Les Éphémères de France : inventaire des espèces signalées et des espèces potentielles par département (Ephemeroptera). *Bulletin de la Société entomologique de France*, 101 (5) : 467-488.

Tomka I. et Zurwerra A. 1985 - A key to the genera of the Heptageniidae (Ephemeroptera) of the Holarctic, Oriental and Ethiopian region. *Entomol. Ber. Luzern*, 14: 113-126.

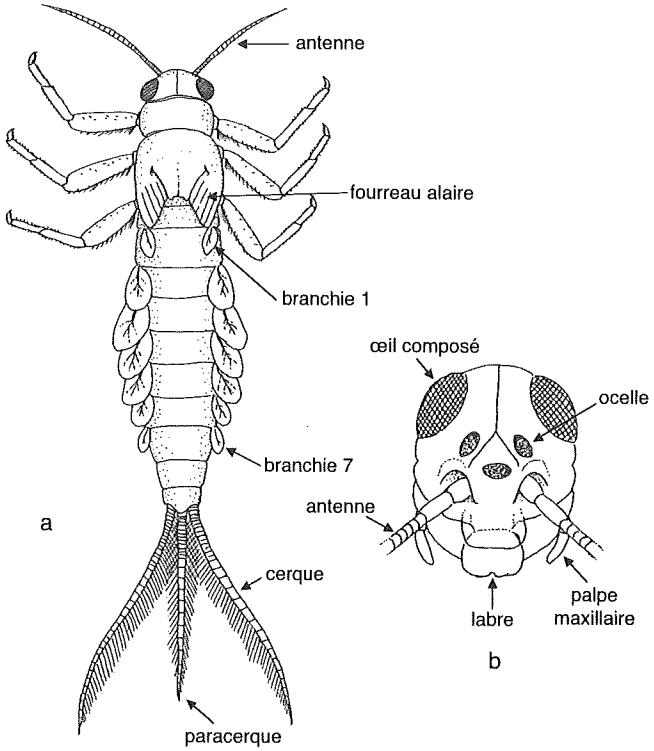
Zurwerra A., Metzler M. et Tomka I. 1987 ; Biochemical systematics and evolution of the European Heptageniidae (Ephemeroptera). *Arch. hydrobiol.*, 109, 4 : 481-510.

Zurwerra A. et Tomka I. 1985. *Electrogena* gen. nov., eine neue Gattung der Heptageniidae (Ephemeroptera). *Entomol. Ber. Luzern*, 13: 99-104.

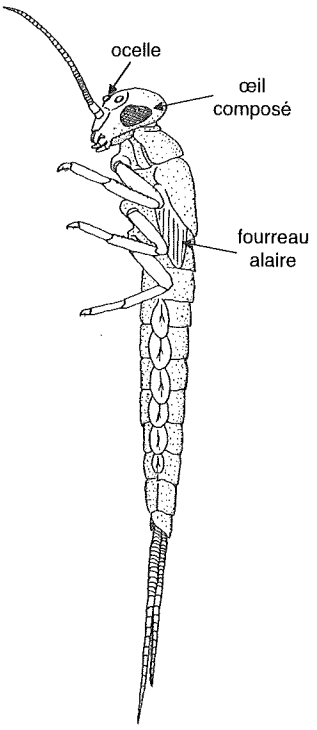
O. Éphéméroptères

Larve

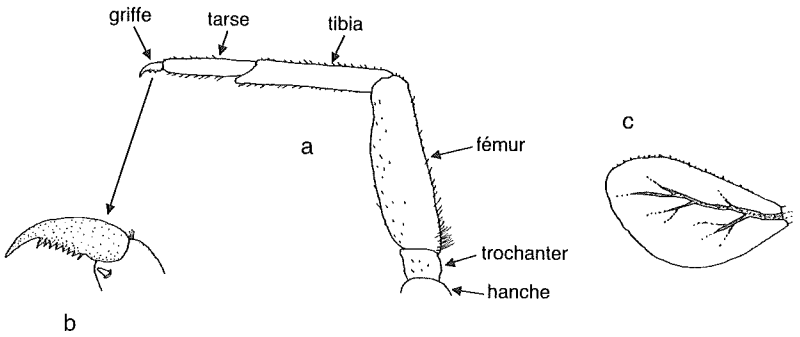
(*Baetis* sp., F. Baetidae)



12.1 - a : larve, vd ; b : tête, vf



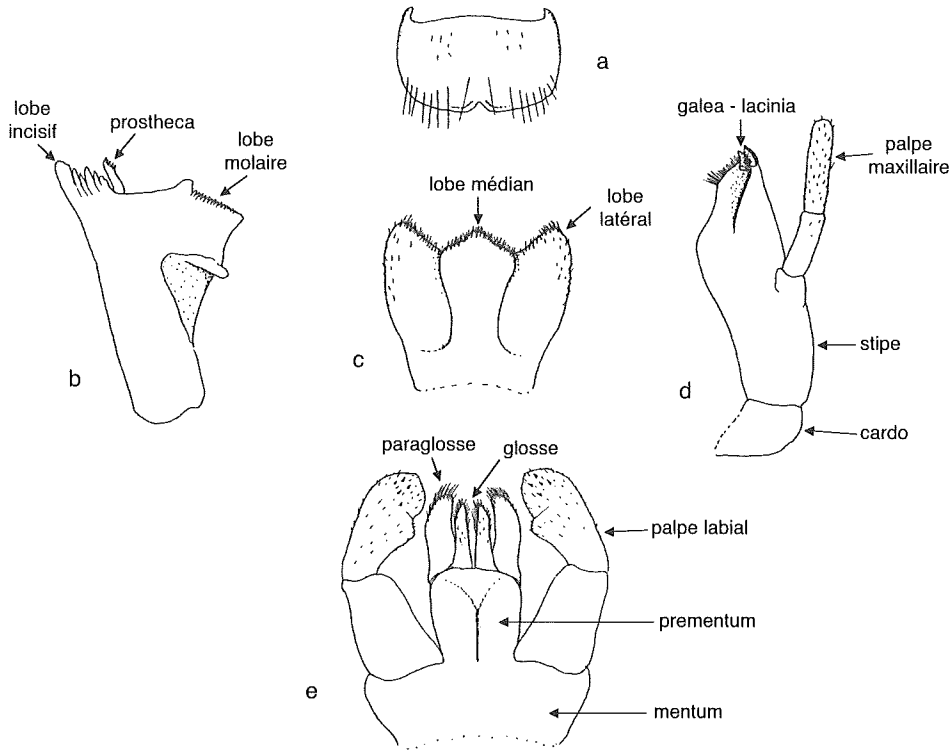
12.2 - Larve, vl



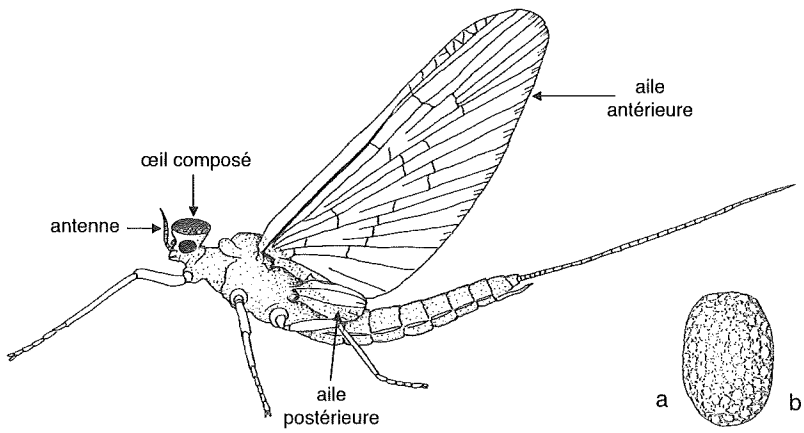
12.3 - a : patte ; b : griffe ; c : branchie

O. Éphéméroptères

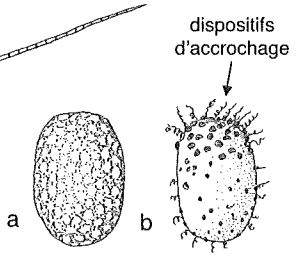
Larve, adulte et œufs



12.4 - *Baetis*, pièces buccales. a : labre ; b : mandibule ; c : hypopharynx ; d : maxille ; e : labium

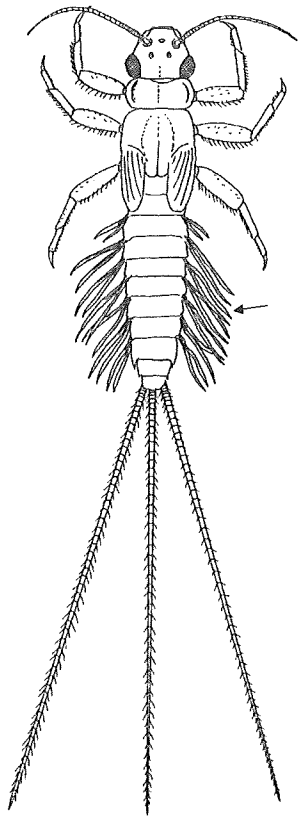


12.5 - *Baetis*. Adulte mâle, vl.

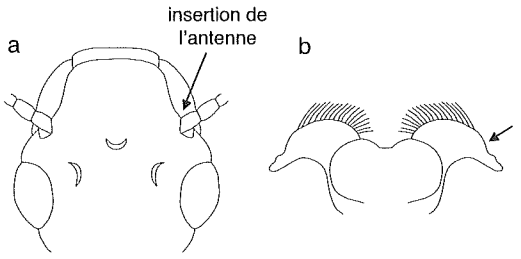


12.6 - Œufs. a : *Ephemerella* ; b : *Heptagenia*.

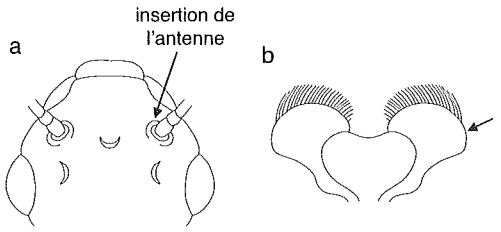
F. Leptophlebiidae 1



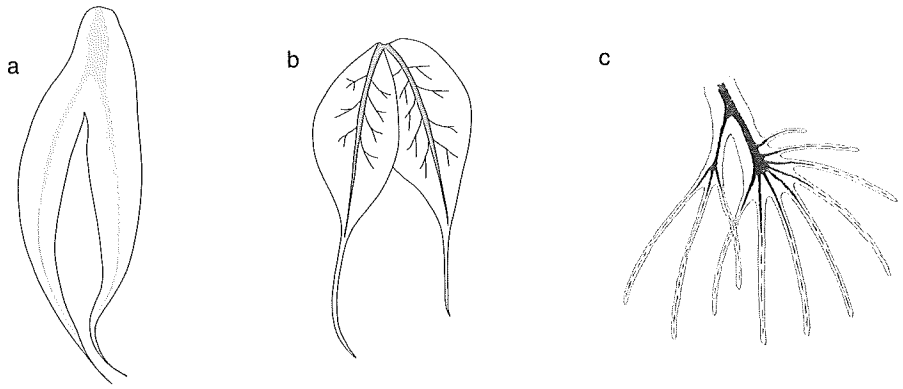
12.7 - *Paraleptophlebia*, larve vd.



12.8 - *Habroleptoides*. a : tête, vd ; b : hypopharynx

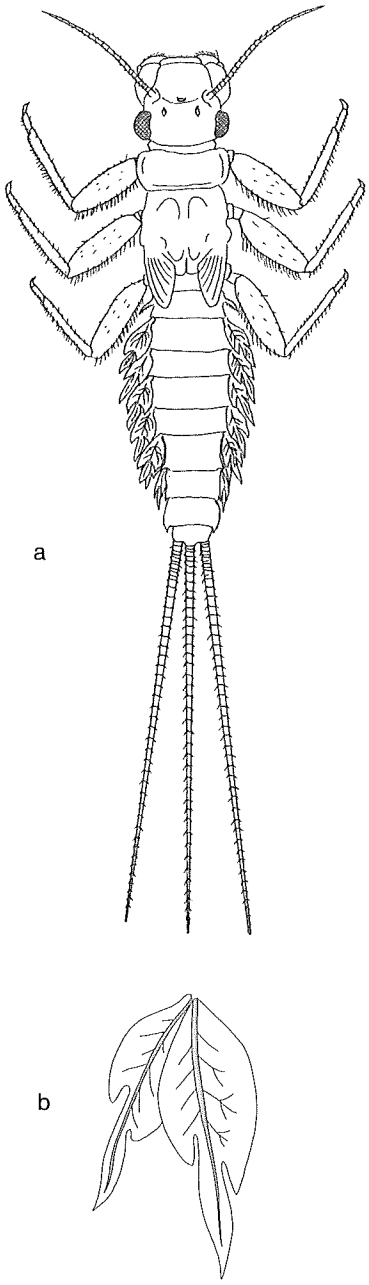


12.9 - *Paraleptophlebia*. a : tête, vd ; b : hypopharynx

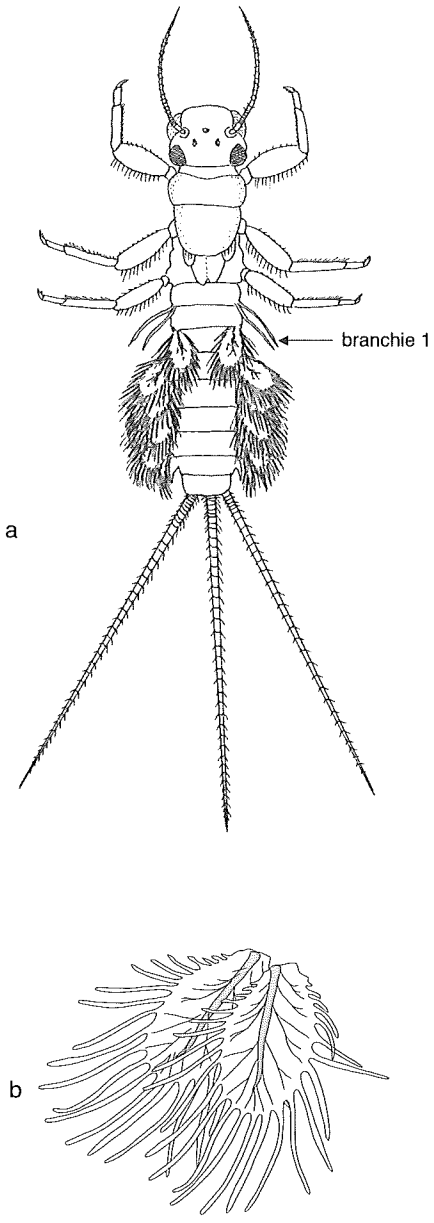


12.10 - Branchies. a : *Paraleptophlebia* et *Habroleptoides* ; b : *Leptophlebia* ; c : *Habrophlebia*

F. Leptophlebiidae 2

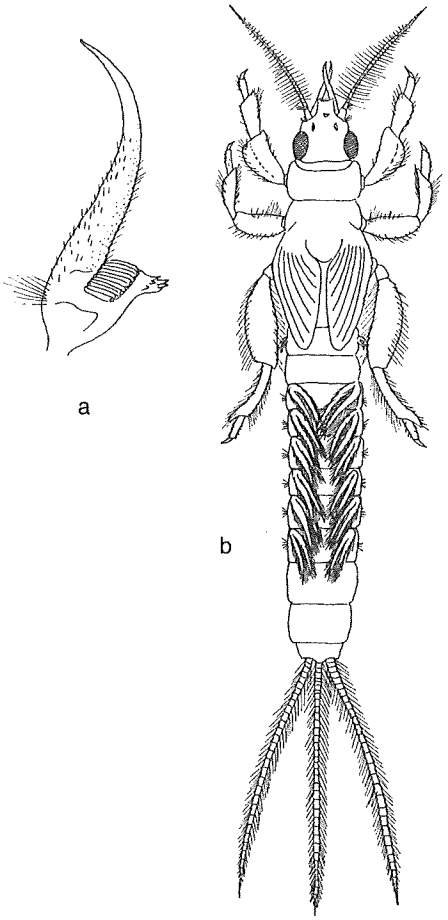


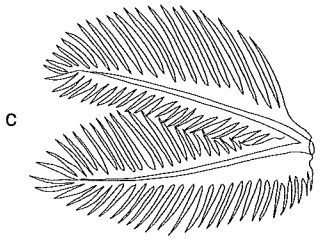
12.11 - *Choroterpes*. a : larve, vd ; b : branchie.



12.12 - *Thraulus*. a : jeune larve, vd ; b : branchie.

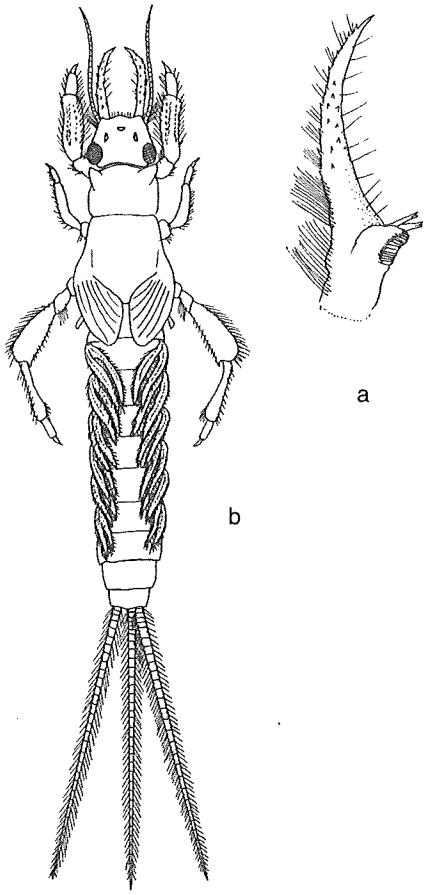
F. Ephemeridae

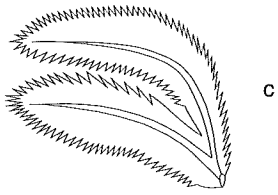




12.13 - *Ephemera*. a : mandibule ; b : larve, vd ; c : branchie

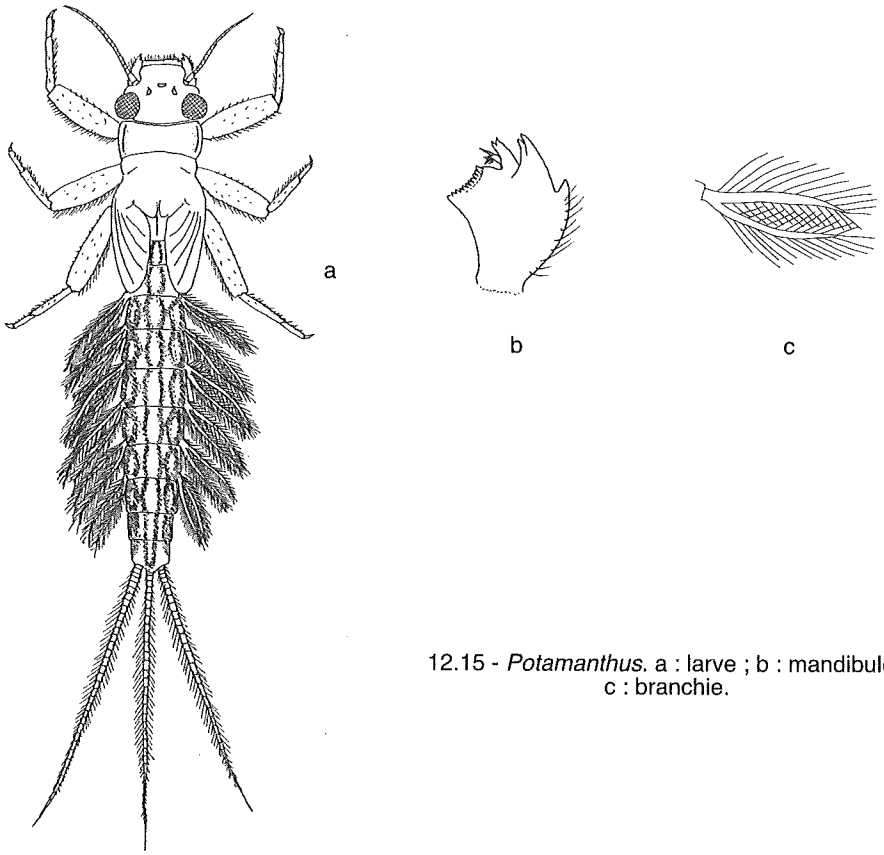
F. Polymitarcyidae





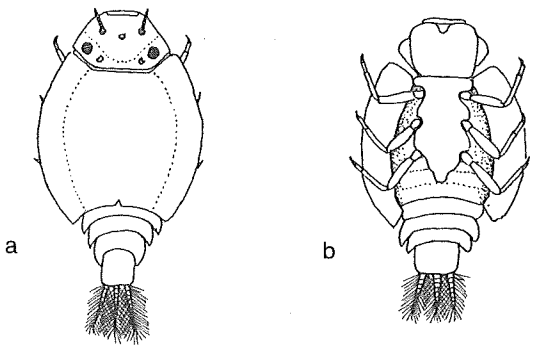
12.14 - *Ephoron*. a : mandibule ; b : larve, vd ; c : branchie

F. Potamanthidae



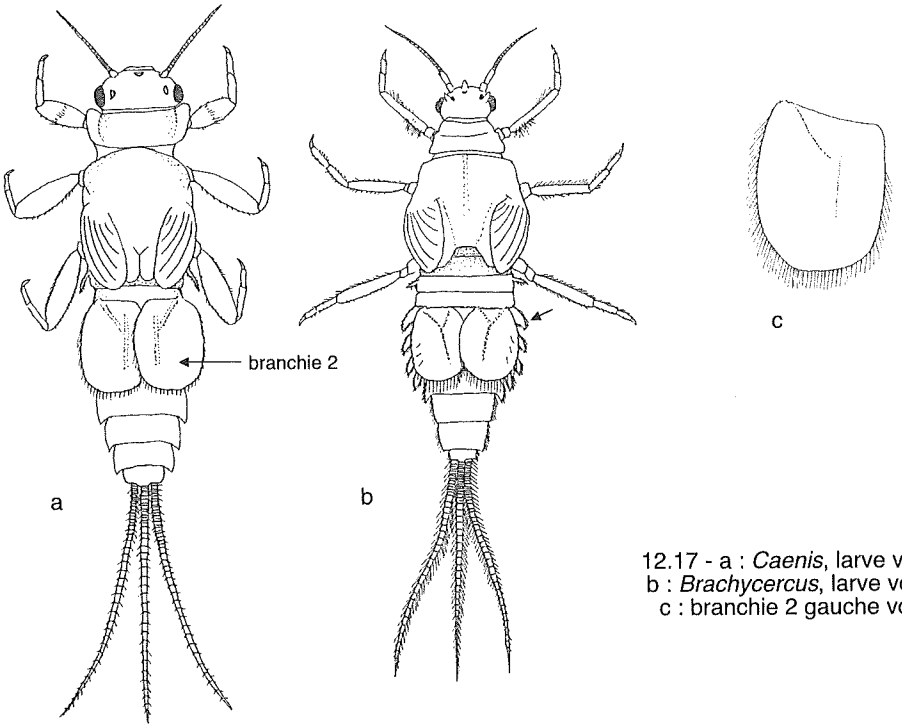
12.15 - *Potamanthus*. a : larve ; b : mandibule ; c : branchie.

F. Prosopistomatidae



12.16 - *Prosopistoma*. a : larve, vd ; b : larve, vv.

F. Caenidae

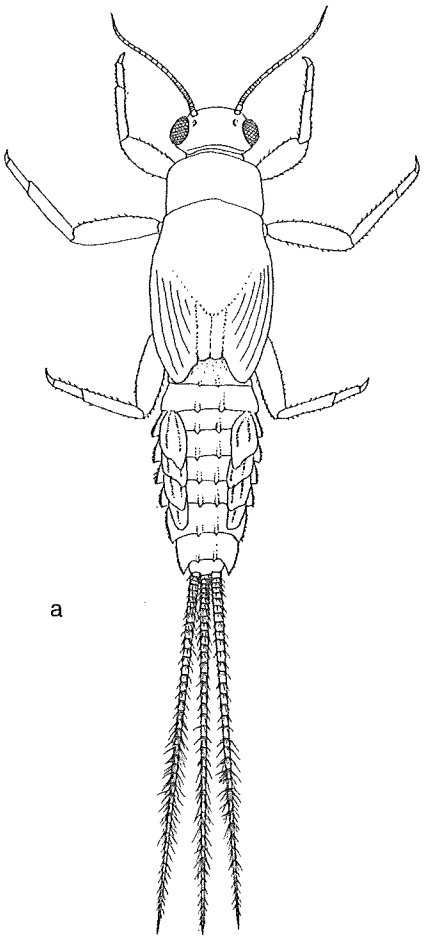


12.17 - a : *Caenis*, larve vd ;
b : *Brachycercus*, larve vd ;
c : branchie 2 gauche vd

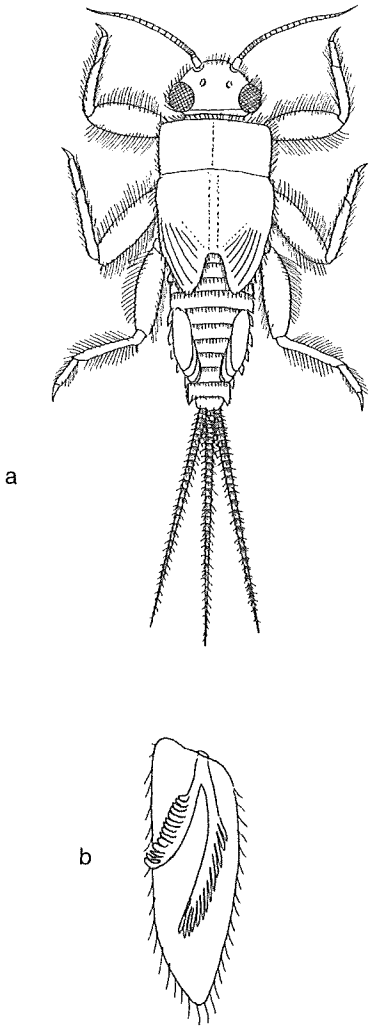
F. Neoephemeridae

Voir diagnose détaillée, chapitre 21, page 590

F. Ephemerellidae

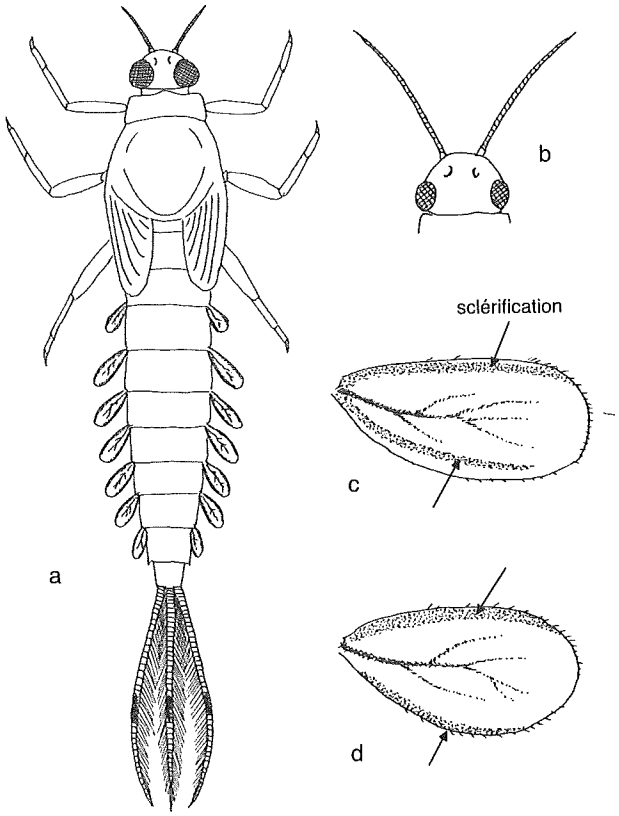


12.19 - *Ephemerella sensu lato.*
a : larve vd ; b : branchie vv
(distinction *Serratella / Ephemerella*, voir chapitre 21, page 582)



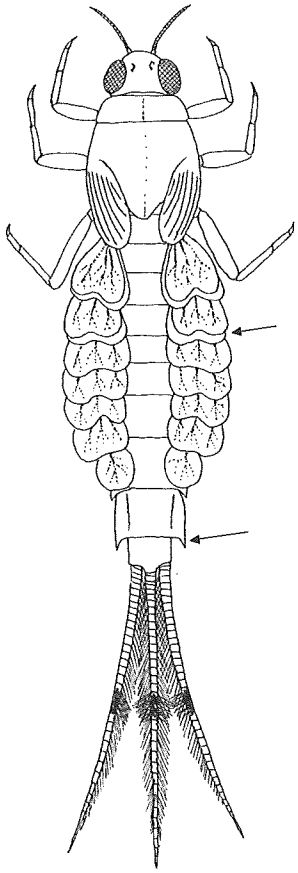
12.20 - *Torleya*. a : larve vd ;
b : branchie vv

F. Ameletidae

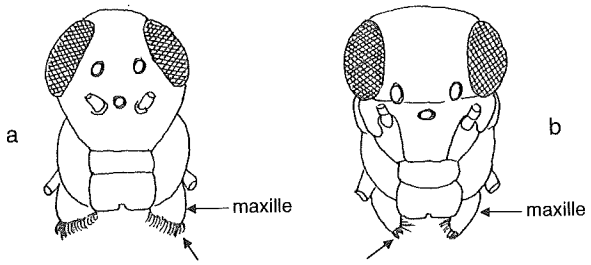


12.21 - Ameletidae. a : *Ameletus*, larve vd ; b : *Metreletus*, tête vd ; c : branchie de *Metreletus* ; d : branchie d'*Ameletus*.

F. Siphlonuridae

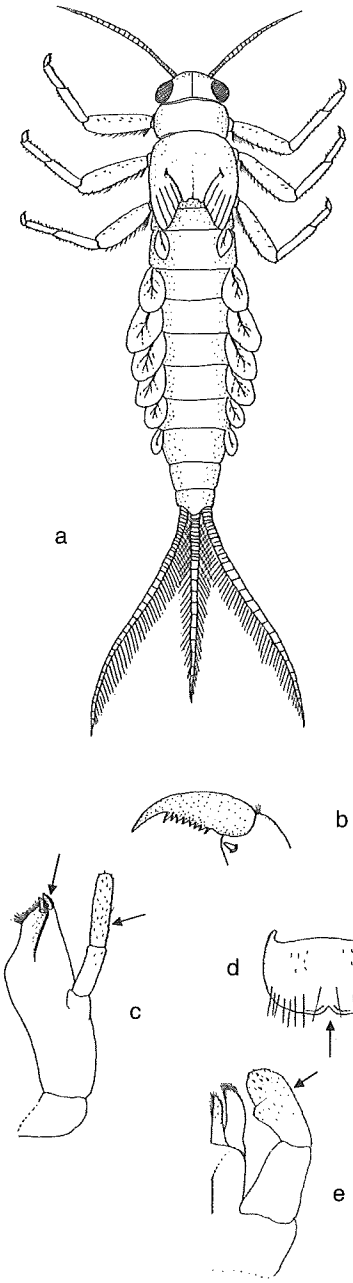


12.22 - *Siphlonurus*, larve vd.

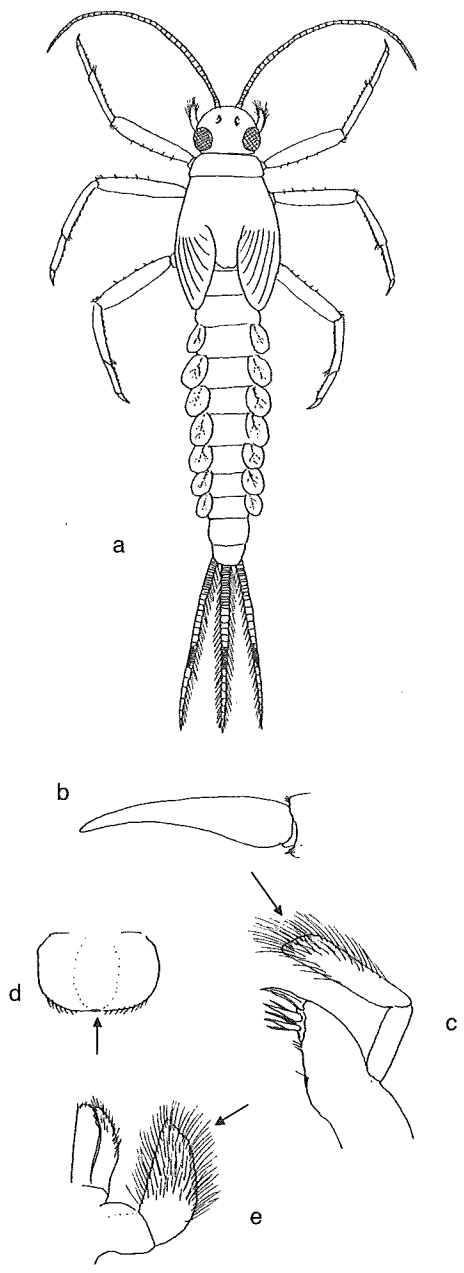


12.23 - Capsule céphalique, vf. a : Ameletidae ; b : Baetidae. Antennes et palpes maxillaires coupés.

F. Baetidae 1

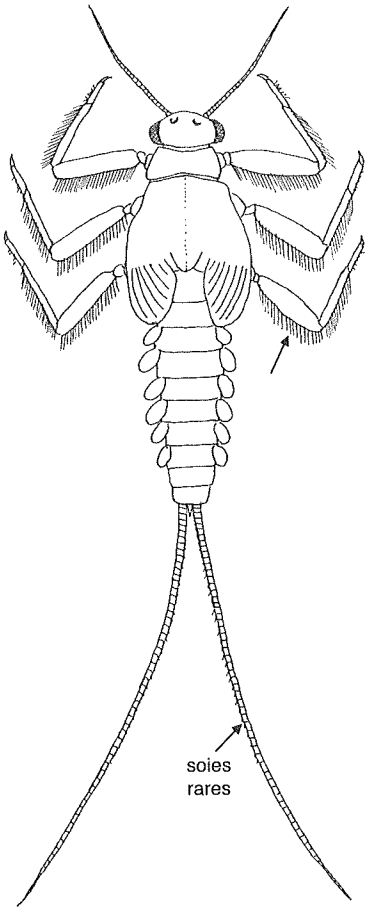


12.24 - *Baetis s.l.* a : larve vd ; b : griffe ; c : maxille ; d : labre ; e : 1/2 labium

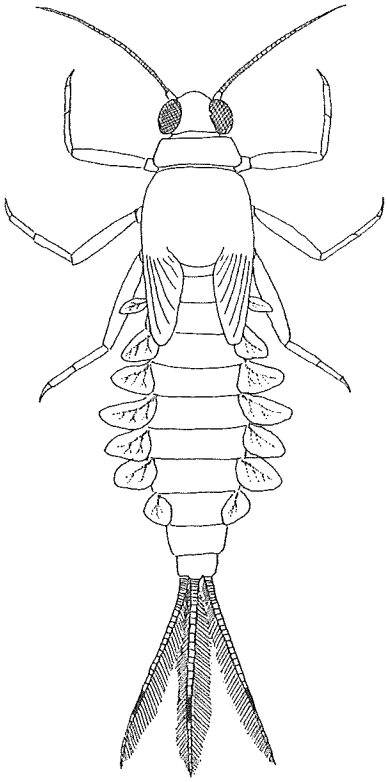


12.25 - *Baetopus tenellus.* a : larve vd ; b : griffe ;c : maxille ; d : labre ; e : 1/2 labium

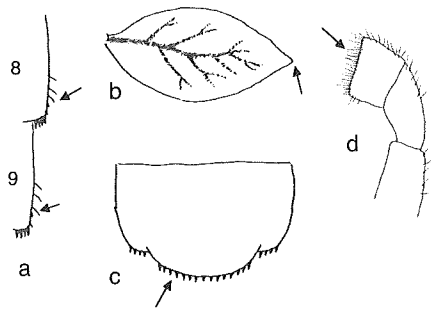
F. Baetidae 2



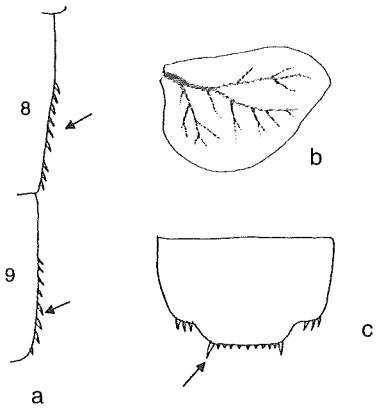
12.26 - *Acentrella*, larve vd



12.27 - *Procloeon*, larve vd

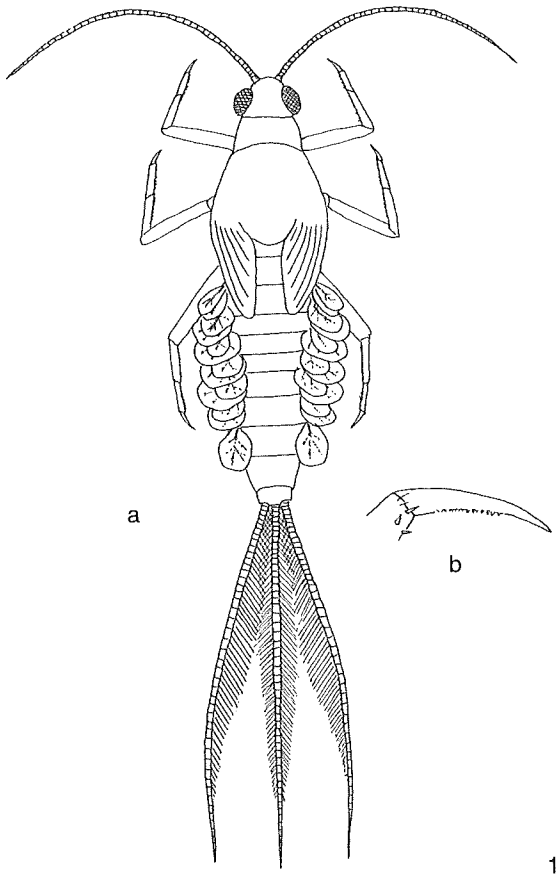


12.28 - *Centroptilum*. a : bord latéral droit des segments abdominaux 8 et 9 ; b : branchie ; c : segment abdominal 10 vd ; d : palpe labial

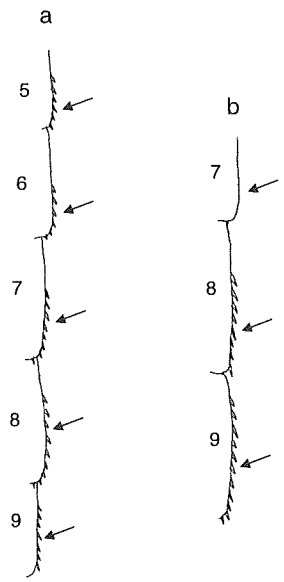


12.29 - *Procloeon*. a : bord latéral droit des segments abdominaux 8 et 9 ; b : branchie ; c : segment abdominal 10 vd

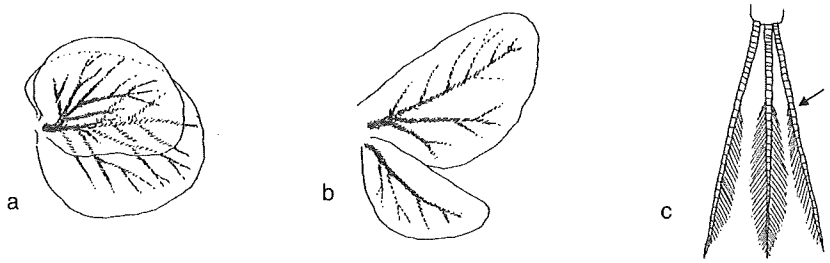
F. Baetidae 3



12.30 - *Cloeon*. a : larve ; b : griffe

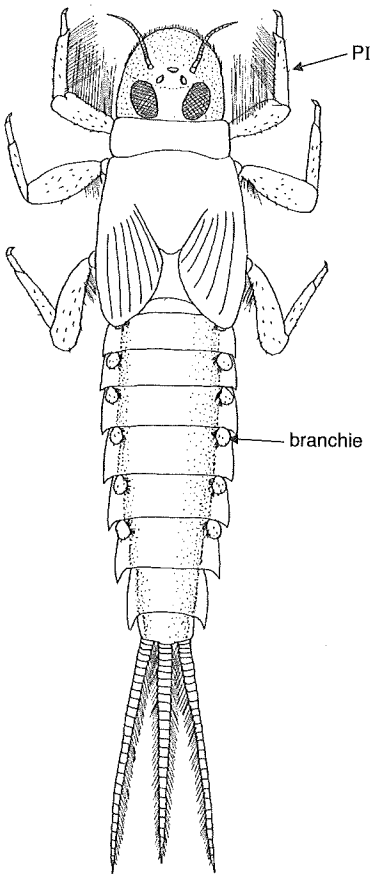


12.31 - bord latéral droit des segments abdominaux. a : *Cloeon*, segments 5 à 9 ; b : *Procloeon pennulatum*, segments 7 à 9



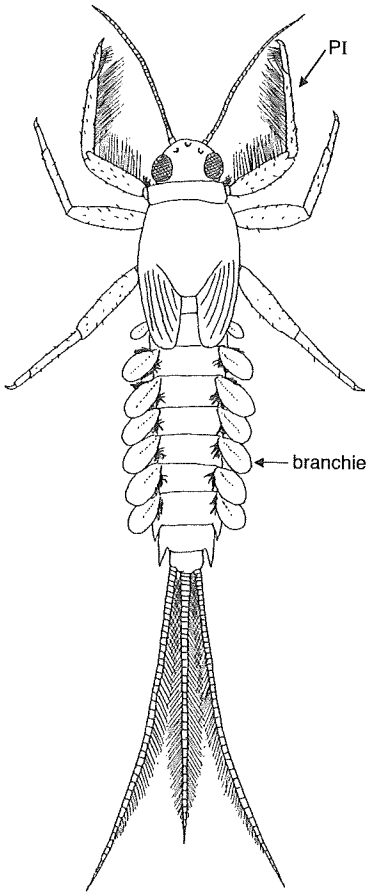
12.32 - a : *Cloeon*, branchie ; *Procloeon pennulatum* ; b : branchie ; c : cerques et paracerque vd

F. Oligoneuriidae

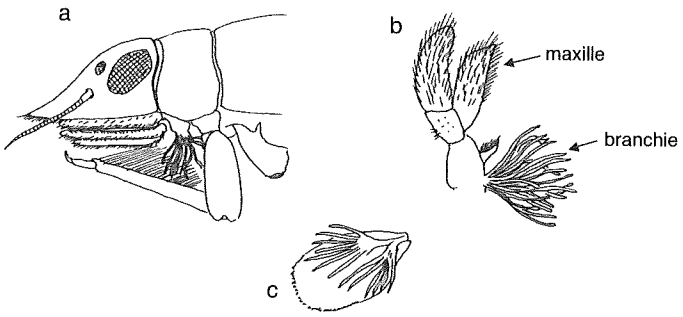


12.33 - *Oligoneuriella rhenana*, larve vd

F. Isonychiidae

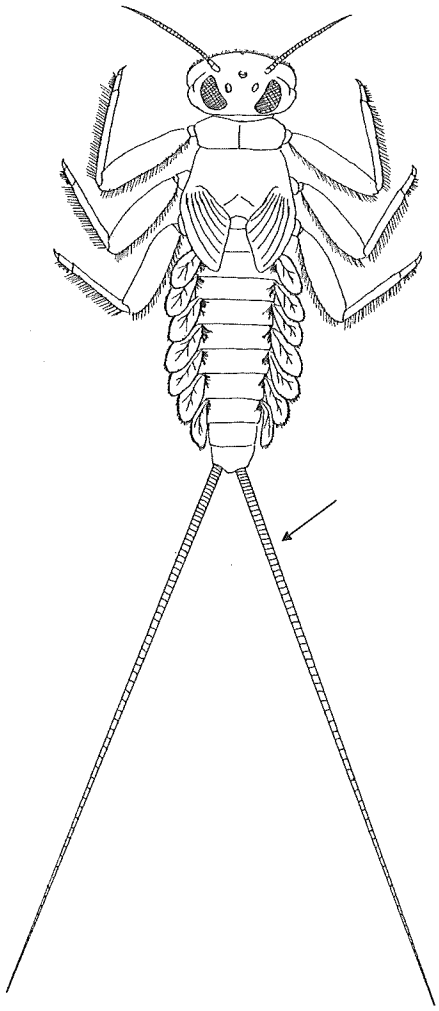


12.34 - *Isonychia ignota*, larve vd

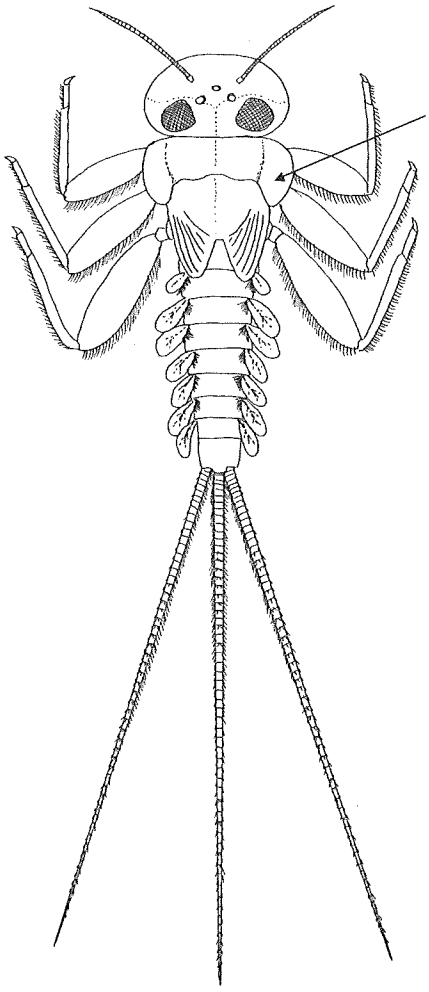


12.35 - *Oligoneuriella rhenana*. a : larve, région antérieure vl ;
b : maxille et branchie maxillaire ; c : branchie abdominale vv

F. Heptageniidae 1

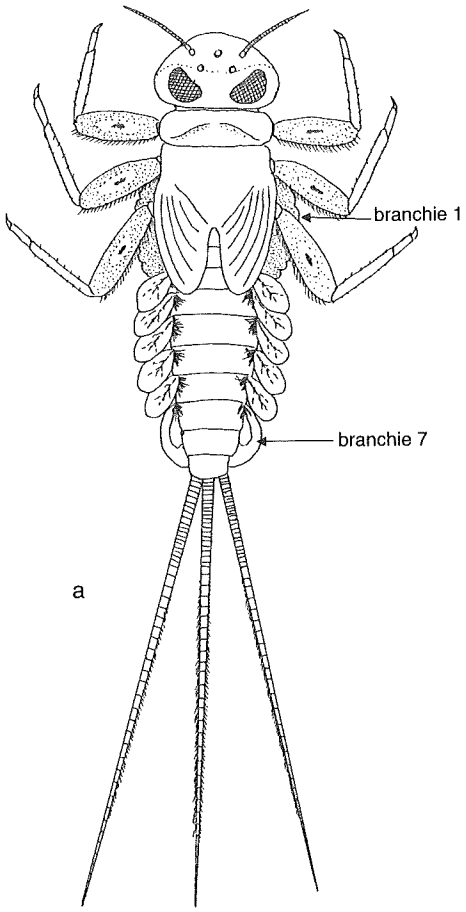


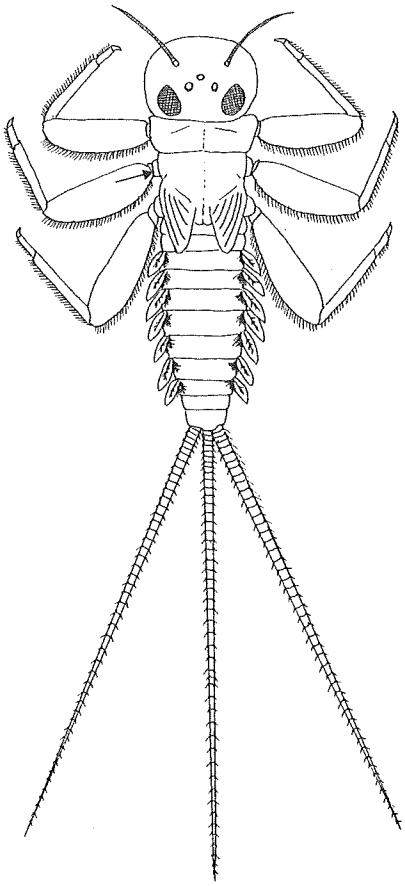
12.36 - *Epeorus*, larve vd.



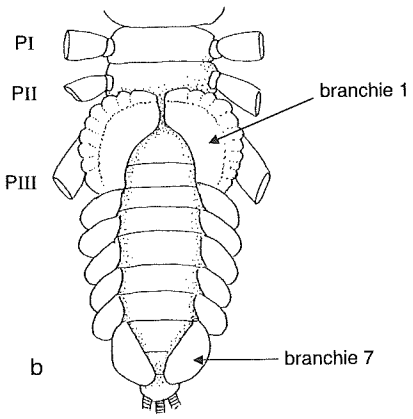
12.37 - *Ecdyonurus*, larve vd.

F. Heptageniidae 2

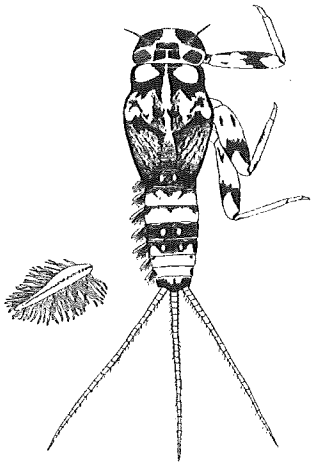




12.39 - *Heptagenia* et *Electrogena*, larve vd.

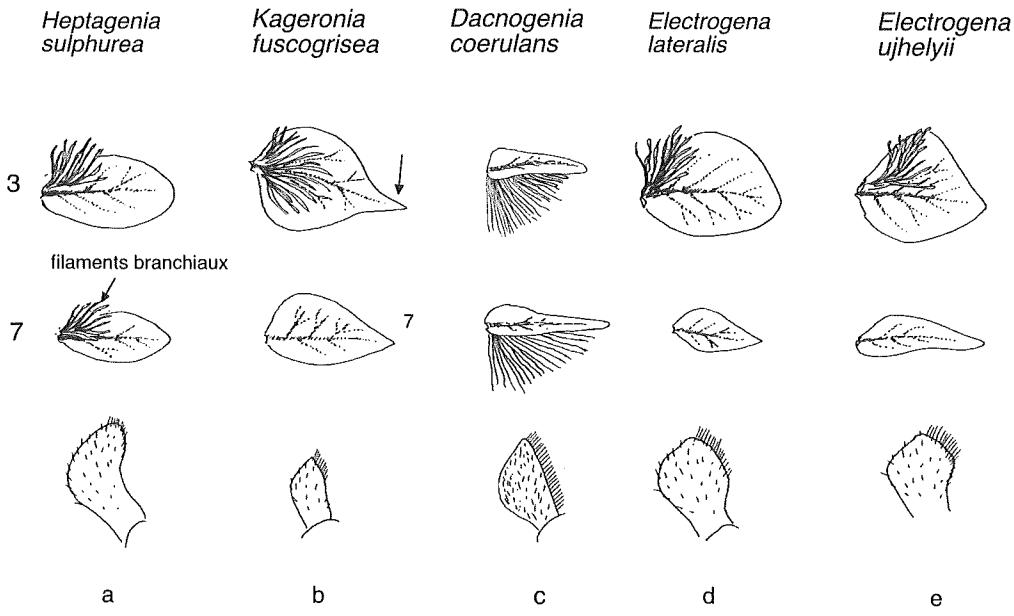


12.38 - *Rhithrogena*. a : larve vd ;
b : larve vv, pattes coupées

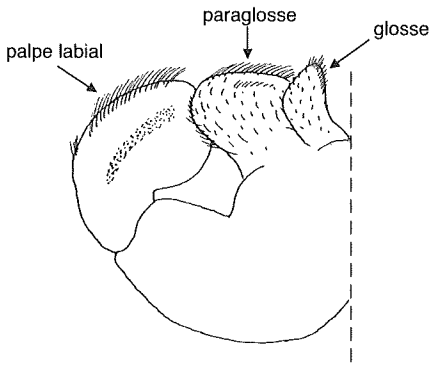


12.42 - *Dacnogenia coerulans*, vd + branchie

F. Heptageniidae 3



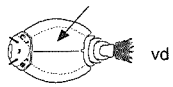
12.40 - Branchies 3 et 7 et glosses (cf. 12.41). a : *Heptagenia sulphurea* ; b : *Kageronia fuscogrisea* ; c : *Dacnogenia coerulans* (voir également pattern de coloration figure 14.42) ; d : *Electrogena lateralis* ; e : *E. ujhelyii*



12.41 - Labium (moitié gauche)

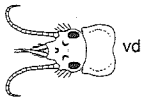
12.C1

Éphéméroptères

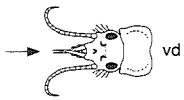


oui → *Prosopistoma pennigerum*

CARAPACE DORSALE COUVRANT LE THORAX ET UNE PARTIE DE L'ABDOMEN



divergent et lisse → *Ephemera*

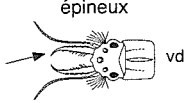


un processus dépassant la tête → PROCESSUS



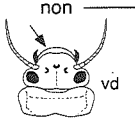
bifides et plumeuses → MANDIBULES

convergent et épineux → *Ephoron virgo*

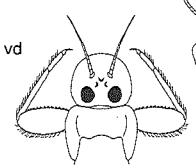


non → *Potamanthus luteus*

non → BRANCHIES







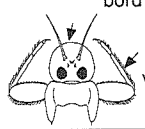
totalement dorsaux → TÊTE + TIBIA DES PI

en ogive

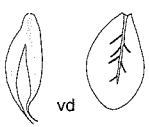
longues soies bord antérieur → *Oligoneuriella*

non

soies courtes bord postérieur → **F. Heptageniidae 12.C4**



simples, bifides ou multifides mais jamais bifides et plumeuses → POSITION DES YEUX

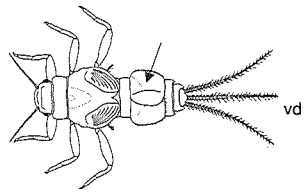


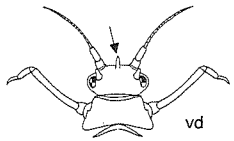
latéro-dorsaux → Éphéméroptères 2



12.C2

Éphéméroptères 2





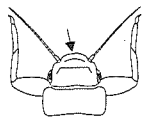
3 protubérances → *Brachycercus harrisella*

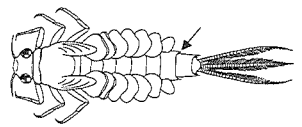
deuxième paire en plaques → TÊTE

non → *Caenis*

(*Neophemera*, espèce très rare, présente les mêmes caractères, voir diagnose chapitre 21, page 583)

BRANCHIES



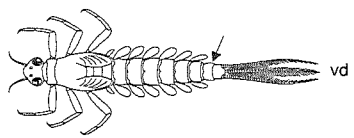


angle postérieur en pointe → *Siphlonurus*

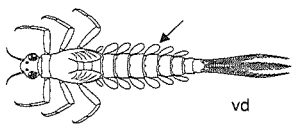


bord interne seulement → SEGMENTS ABDOMINAUX

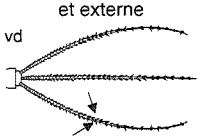
non → **F. Baetidae & F. Ameletidae 12.C5**



non → SOIES DES CERQUES

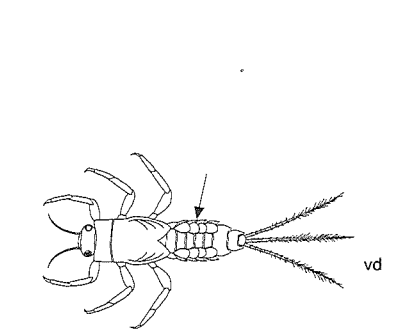


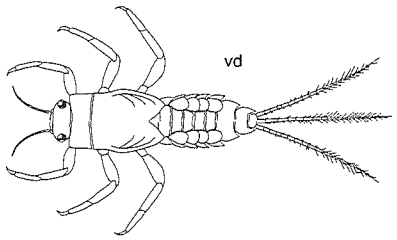
bords interne et externe → Éphéméroptères 3



(*Ametropus fragilis*, espèce très rare, découverte en 2009 par M. Chovet et J.Y. Lécureuil, présente un habitus de Baetidae, voir diagnose, chapitre 21, page 584)

Éphéméroptères 3





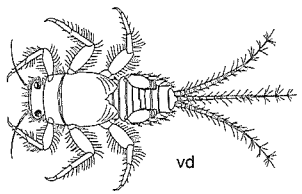
5 paires dorsales → FORME DU CORPS + SOIES SUR LES PI, II & III + BRANCHIES

FORME DU CORPS: non → peu nombreuses et courtes; trapue

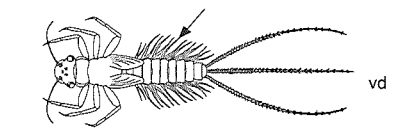
SOIES SUR LES PI, II & III: peu nombreuses et courtes; nombreuses et longues

BRANCHIES: courtes → *Ephemerella sensu lato* voir chapitre 21, page 582; longues → *Torleya major*

BRANCHIES

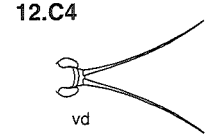


7 paires latérales → **F. Leptophlebiidae** **12.C7**



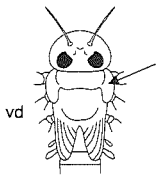
12.C4

F. Heptageniidae



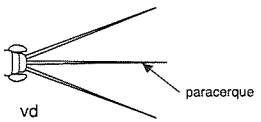
deux cerques → *Epeorus*

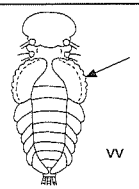
CERQUES



bords latéro-postérieurs formant une expansion → *Ecdyonurus*

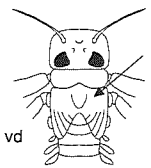
deux cerques et un paracerque → PRONOTUM

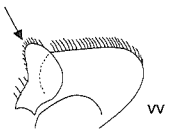




grande, réniforme → *Rhithrogena*

non → PREMIÈRE BRANCHIE



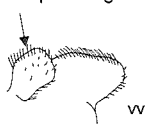


glosse allongée → *Heptagenia sl*

(voir diagnoses page 205)

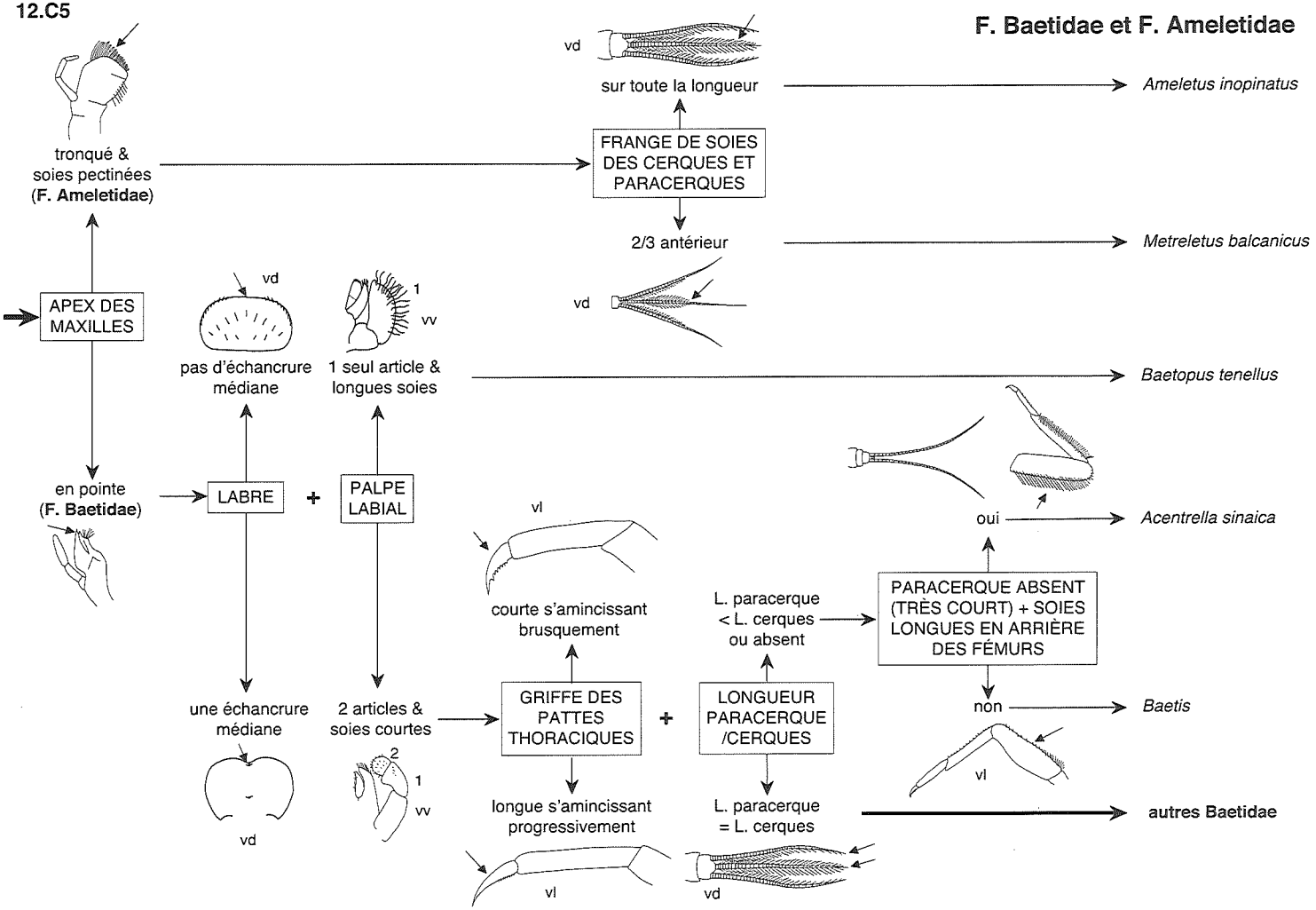
normale → LABIUM

glosse quadrangulaire → *Electrogena*



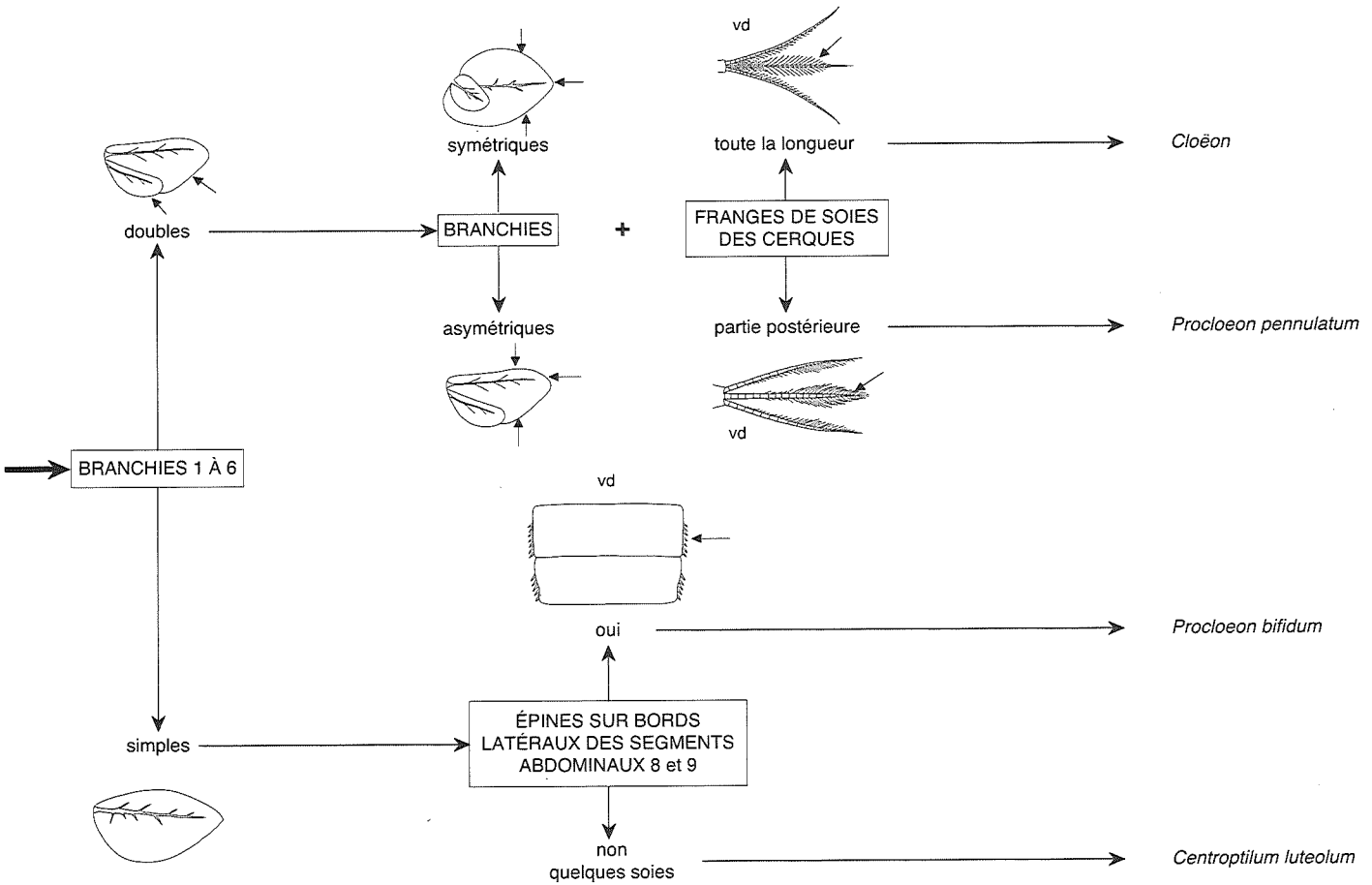
12.C5

F. Baetidae et F. Ameletidae



12.C6

autres Baetidae



12.C7

F. Leptophlebiidae

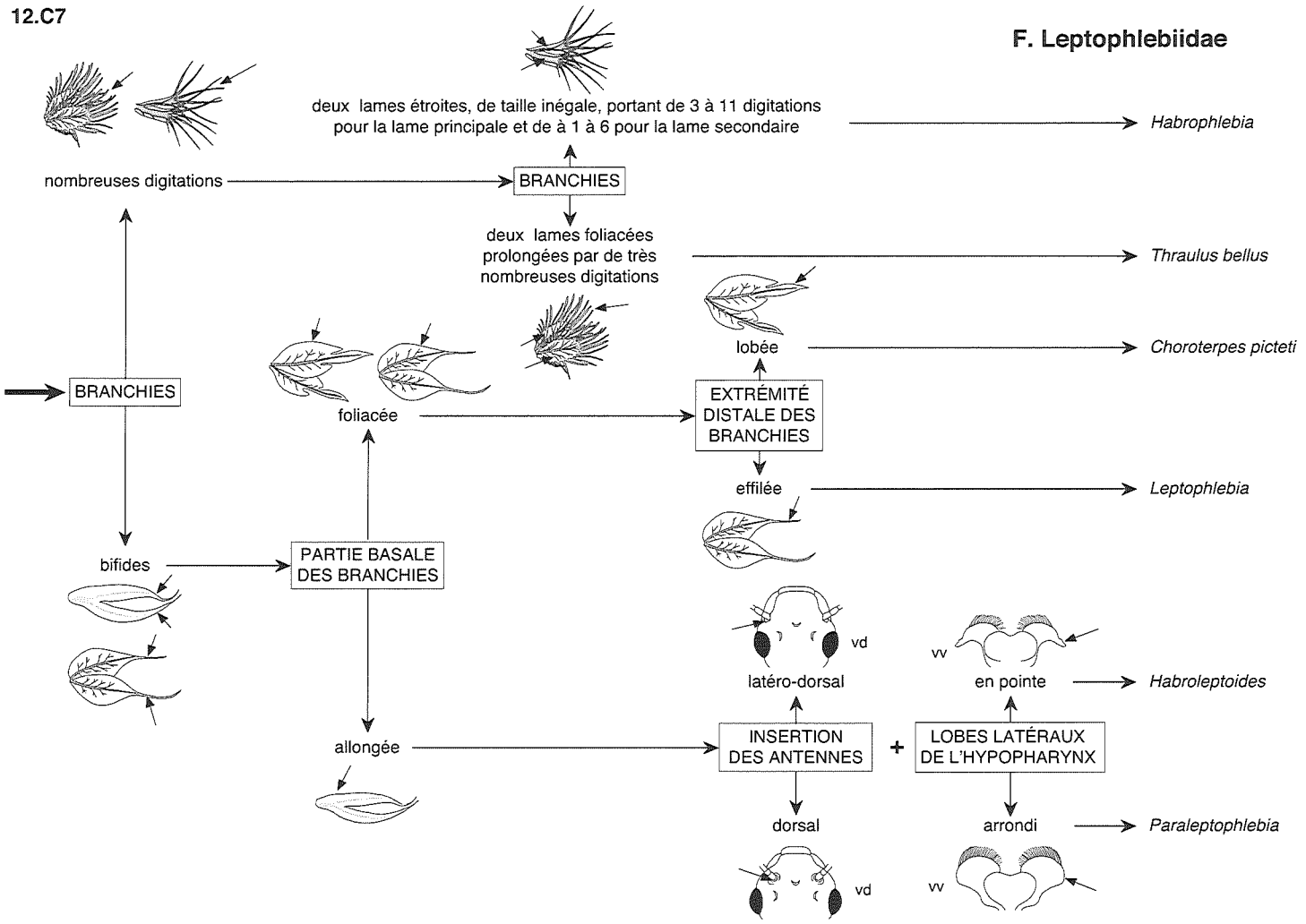


Tableau 12.T1 - Traits biologiques, physiologiques et écologiques : Ephéméroptères

Traits N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Modalités N°	2 3 4 5	1 2	1 2 3	1 2	1 2 3 4 6	1 2 3 4	1 4 5	1 2 3 4 5 6 7 8	2 3 4 5 7	1 2	1 2 3	1 2 3 4 5 6	1 2 3	1 2 3 4	1 2	1 2 3 4 5	1 2 3	1 2 3 4 5 6 7 8	1 2 3 4 5 6	1 2 3 4 5 7 8 9	3 4 5 6	1 2 3 4
Acentrella sinaica	3	3	3	3 3	3	2 1 1 2	2	2 1 3 1	1 3	1 2	3	3	3	1 3 1	3	1 2 1 1	3 1	2 3 2	3	3	1 4	3
Ameletus inopinatus	3	3	3	3 3	1 3	1 3 1 3	2 2	1 2 3 2	2 1 3	1 2	3	1 1 1 3 3	3	3 3	3	2	2 2	2 3 1 1	1	3 1 1 1 2 1 2	5 1	1 1 3 1
Baetis	3 1	3	2 3	3 3	1 3	3 2 1 3	2 2	2 2 5 1 1	1 3	1 2	3	1 1 1 2 3 3	3 3 3	1 2 3 1	3 1	3 3 3 3 1	3 2 1	3 4 4 4 3 2 1	1 4 3 1 1	4 2 1 5 3 1	3 4 1	2 3 2
Baetopus tenellus	3	3	3	3 3	3	3 2 1 2	3	1 5	3 3	1 2	3	1 3	3 2	3 1	3	1 2 3	3	1 3 3	2 2	3 2 1	3 1	2 1
Brachycercus	3	3	3	3	1 2	1 1 1 1	3	3 1	3	1 3	3	3	3	1 3 2	3	2 2	3	2 2	3	3 1 3 2 1 3	5	3
Caenis	2 3	3	1 3	3 3	1 2	2 1 1 1	2 1 2	1 4 2 1 1 1	3 1	1 3	1 3	1 1 2 3	1 3 2	1 3 1	3 1	1 2 2 3	3 1	1 2 3 3 4	4	2 4 2 1 1 3	2 2 3 3 4 2 3 5	5 1 1
Centroptilum luteolum	3	3	3	3 3	3	2 2 1 2	1 3	2 3	2 3	1 2	3	1 1 1 3	2 3	1 3 1	3	2 2 2 3	3 1	1 2 2 4 2	2	3 1 2	1 2 1 5 1 2	3 1 1
Choroterpes picteti	3	3	3 1	3 3	3	1 1 1 1	3 1	3 1 3	3 2 1	1 3	3	1 3	1 1 2	2 1	3	2 3 1 1	3	2 3 3 1	1	3 1 2	2 2 2 2 1	5 1 3
Cloëon	3	3	1 3	3 3	3 1 1	1 2 1 2	3	3 1 3 1 1	3 1 3	1 2	1 3	1 1 2 3 3	3 3	3 2	3 2	2 3 3 3 3	3 2	1 1 2 3 3 3 1 5	3 4 4 3	1 1 1 5 2 1	3 1	3 1
Ecdyonurus	3	3 1 1 3	3 3	2 3	3 1 1 3	2 1 2	1 2 3 2	2 3	1 3	1 1 3	1 1 3	2 3	1 3 3	1 3 1	3	3 3 2 2 1	3 2 1	3 5 2 2 1	1 3 2	1 4 1 1 1	1 5	1 2 3 2
Electrogena	3	3	3	3 3	1 2	3 1 1 3	2 1 2	3 1 3	3	1 3	3	1 3	1 3	1 3 2 1	3	2 2 2 1	3 1 1	2 2 2 2 1	1 3 2	1 4	1 5	3
Epeorus	3	3	3	3 3	3	2 1 1 3	1 1 3	1 3 1	1 3	1 3	1	1 1 3 3	1 2 1	2 3 1	3	3 3 2 2	2 3 2	1 4 3 1		5	5	1 3
Ephemera	3	1 3 3 1	3 3	3 1	1 1 1 3	2 3	3 2 1 2	1 3 3 1	1 3	3	1 3 3	1 2 1	1 1 3 1	3	3 3 3 3	3	2 2 3 4 4	2	3 2 1 2	4 5 1 1 1 1 3	1 4	1 3 2
*Ephemerella**	3	3	3 1	3 3	1 3 1	2 3 1 3	2 1 1	1 1 4 3 1	1 2 2 1	1 3	1 2	1 1 3 3 3	2 3	1 2 3 1	3	2 2 3 3	3 2	1 4 5 5 4 1	2	3 4 1 1	1 5	3 3 1
Ephoron virgo	3	3 1	3	3 3	3	1 3 1 3	3	5	1 3	1 3	3	3	2	2 1	3	3 3 1	3	1 3 4 4		3	5	1 1
Habroleptoides	1 3	3	3	3 3	3	2 1 1 1	3	1 3 1 3	2 3	1 3	3	1 3	1 3	2 2 1	3	2 3 3 3	3 1	2 3 4 1 1	1	1 3 3 1 1	1 3	3
Habrophlebia	3	3	3	3 3	1 3	1 1 1 1	2 1 1	1 3 3	1 3	1 3	3	1 3	1 3	2 2 1	3	2 3 3 3	3 1	2 3 4 1 1	1	1 1 2 2 3 1	1 3	3
*Heptagenia***	3	3 1 1 3	3 3	1 2	3 1 1 3	1 2 2	1 2 2 3 1	1 2 3	3 1	1 3	3	1 1 1 2 2 3	3 1	1 3 1	3	2 3 3	3 1	2 3 2 2	2	1 3 1 1 3 1	2 1 1 3 2 3	2 4 1	3 2
Leptophlebia	3 1	3	3	3 3	1 3	2 1 1 3	3	1 3 1 2	3 1	1 3	3	1 1 3 3 3	1 3	1 3 1	3	2 3 3	3 1	2 3 2	2	2 2	1 1	1 5	1 3 1
Metreletus balcanicus	3	3	3	3 3	1 3	1 3 1 2	2 2	1 1 1	1 1 1	1 2	2	1 1 3	1 1	1 3	3	1 1 3 3	3	1 1 3 3 2		2 2	3 3 2	1 4	2 3
Oligoneuriella rhenana	3	3	3	3 3	3 1	3 1 1 2	3	1 2 3	2 2 3	1 3	1 3	3	3	1 3	3	1 1 3 3	3	1 1 3 3 2		2 2	3	1 4 1	2 3
Paraleptophlebia	2 2	3	3	3 3	3	2 1 1 3	3	3 2 2	2 2 1	1 3	3	1 1 3 3	2 2 1	3 2 1	3	2 3 2 2	3 2 1	1 2 3 2 1	1	3 3	1 2 2 1	2 2 2	1 4 1	1 3
Potamanthus luteus	3	3	3	3 3	1	2 1 1 3	1 2	3 3 2 1	2 3	1 3	3	3	2 2	3 2	3	3 3 3 3	3	4 2		2 3	3 3 2 1	3 2	1 4 1 2	2 3 2 1
Procloeon pennulatum	3	3	2 3	3 3	3	2 2 1 2	3	1 2	1 2	1 2	1 3	1 2 3 3	3 1	3 3	3	2 2 2	3	2 2 4 2		3	3 1 1	3 1	3
Procloeon sp	3	3	3	3 3	3	1 2 1 2	3	1 2	1 2	1 2	3	1 3	3 2	1 2 2	3	1 1 1 3	3 1 1	1 3 3	2	3 1 1	3 1 2	3 1	1 3
Prosopistoma pennigerum	1 3	3	3	3 3	1 1	1 1 1 1	3	2 2 1 4	2 1 2	1 3	3	3	1	1 3 1	3	1 1 1	3	2 2		2 1	3 2 1	5	1 3
Rhithrogena	1 3	3 1 1 3	3 3	1 1 3	3 2 1 3	2 2	1 3 1	1 3	1 3	2 1	1 3 3 1	2 3 2	3	3 3 2 2	3	3 3 2 2	3 3 2	1 2 3 3 2		4 1	1 5	2 3
Siphlonurus	3	3	3	3 3	1 3 1	1 2 1 3	3	1 3 1 1 3 2 2	2 1 3 1	1 2	3	1 1 1 2 3 3	2 2	3 3 1	3	1 2 2 3	3 2 2	1 2 3 3 1 1 5	3 1 2 1 3	1 1 4 1	3 1 1	3 3
Thraulus bellus	3 1	3	3	3 3	1 1	1 1 1 2	2	1 1	1 1	1 3	3	1 3	3	3	3	2 1 1 1 2	3 2	1 1 1 4	1 3	3 2 1	3 2	2 2
Torleya major	3	3	3	3 3	3	2 1 1 2	3	3	1 3	1 3	3	3 2 1	3	3	3	2 2 3 2	3	1 3 5 3 1	3	3 1 1	5	2 2

*Ephemerella * : Ephemerella ss + Serratella*
*Heptagenia ** : Heptagenia ss + Dacnogenia +Kageronia*

CHAPITRE 13

PLÉCOPTÈRES

Les Plécoptères constituent un groupe d'insectes hémimétaboles à larves exclusivement aquatiques. Paléontologiquement un peu plus récents que les Éphéméroptères, ils sont connus depuis le Permien. Contrairement au polymorphisme qui caractérise les larves d'Éphéméroptères (larves plates, larves fouisseuses, larves cuirassées, etc.), les Plécoptères constituent morphologiquement un groupe relativement homogène. De ce fait, même pour établir des distinctions majeures, il est nécessaire de faire appel à des caractères concernant la structure du labium.

1 - MORPHOLOGIE ET ANATOMIE

1.1 - LARVES (fig. 13.1, 13.4, 13.9)

La tête porte des antennes multiarticulées nettement plus longues que la tête (parfois presque aussi longues que l'abdomen). Les yeux composés sont latéro-dorsaux. Trois ocelles sont présents. Le labre est subcarré ou allongé transversalement (figs. 13.5, 13.10). Les mandibules sont courtes (contrairement à celles des Éphéméroptères) de type broyeur (figs. 13.6, 13.11). Les maxilles comprennent un palpe maxillaire de cinq articles, une galéa étroite et une lacinia (galéa et lacinia sont distinctes chez les Plécoptères, contrairement à ce qui se passe chez les Éphéméroptères). La lacinia bien développée porte des soies au bord interne et présente parfois deux dents : une apicale et une subapicale (figs. 13.7, 13.12). Le labium présente du côté externe deux palpes labiaux de trois articles et du côté interne des glosses et des paraglosses. La forme et la taille relative des glosses et paraglosses permettent un découpage majeur au sein des Plécoptères. On distingue ainsi deux grandes superfamilles : les Nemouroidea chez lesquels le développement des glosses est identique à celui des paraglosses (fig. 13.8) et les Perloidea chez lesquels les glosses sont très réduites (fig. 13.13).

Le développement des trois notums thoraciques est sensiblement identique. Les pattes comprennent classiquement hanche, trochanter, fémur, tibia, un tarse de trois articles terminé par deux griffes (fig. 13.1) ; la présence de ces deux griffes constitue un caractère fondamental pour séparer les larves d'Éphéméroptères (une seule griffe) des larves de Plécoptères (deux griffes) même lorsqu'il s'agit de larvules.

L'abdomen comprend dix segments et se termine toujours par deux cerques multiarticulés (jamais de paracerque) (fig. 13.1). Tergites et sternites sont normalement séparés par des pleurites membraneux, mais très souvent tergites, pleurites et sternites se soudent, formant ainsi un anneau sclérifié continu. Les branchies peuvent être absentes (par exemple chez *Nemoura* ou *Perlodes*) ou présentes mais, dans ce cas, leur disposition n'est jamais celle des Éphéméroptères. Ces branchies peuvent être prosternales (c'est-à-dire situées sous le cou, par exemple chez

Protonemura et *Amphinemura* [figs. 13.25, 13.26], coxales (au niveau des coxa, par exemple chez *Taeniopteryx* et *Perla* [figs. 13.16, 13.56], anales (au niveau de l'anus chez certaines espèces de *Perla*). Les pièces périanales (paraproctes, épiproctes) et les pièces génitales en formation (par exemple, la plaque sous-génitale chez *Brachyptera* et *Rhabdiopteryx* [fig. 13.19] sont visibles au niveau du dixième segment abdominal et peuvent aider à l'identification des larves.

1.2 - ADULTES (fig. 13.2)

L'adulte a conservé de nombreux caractères larvaires, mais ce qui le différencie, c'est la présence d'un appareil génital mature et de deux paires d'ailes repliées sur le dos au repos, contrairement à ce que l'on observe chez les Éphéméroptères. Ces deux paires d'ailes sont de taille très similaire (fig. 13.3). Chez certaines espèces, il y a des phénomènes de brachyptérie. L'adulte peut posséder des pièces buccales régressées ou complètement développées.

2 - BIOLOGIE

Certaines espèces sont monovoltines avec un cycle vital de six mois à un an, d'autres (en général les plus grandes) demandent plus de deux ans pour achever leur développement. Il existe des phénomènes de diapause soit embryonnaire chez certaines espèces de Leuctridae soit larvaire, notamment chez certaines espèces de Taeniopterygidae, Leuctridae et Capniidae. Le nombre de mues varie de six à plus de vingt. À l'émergence, la larve de dernier stade sort de l'eau, s'accroche à un support et effectue sa mue imaginale. L'adulte vit de une à quatre semaines. Certaines espèces émergent en hiver et peuvent avoir une durée de vie plus longue.

Chez plusieurs espèces (notamment chez *Isoperla* et *Diura*), les mâles frappent le sol avec l'extrémité de leur abdomen attirant ainsi des femelles vierges. De 100 à 400 œufs sont produits par femelle. Les œufs sont soit lâchés à la surface de l'eau ou déposés dans l'eau. Certains œufs disposent de systèmes d'accrochage. Ils peuvent également être fixés à un substrat immergé à l'aide de sécrétions gélatineuses.

3 - ÉCOLOGIE

L'alimentation larvaire est composée soit de débris organiques plus ou moins fins récoltés par des espèces broyeuses ou racleuses de substrat (la majorité des Nemouroidea), soit d'invertébrés consommés par des espèces prédatrices telles que *Perla* ou *Dinocras*.

Les Plécoptères sont consommés par de nombreux prédateurs (macroinvertébrés ou poissons) pendant la phase aquatique ; pendant la phase aérienne, en dépit d'une activité surtout nocturne, ils sont capturés par de nombreux vertébrés : oiseaux et chiroptères.

La distribution mondiale des Plécoptères est du même type que celles des Éphéméroptères ; les Plécoptères sont cependant nettement plus abondants dans les eaux courantes que dans les eaux stagnantes ; en effet, en Europe, une seule espèce (*Nemoura cinerea*) se rencontre dans des fossés en forêt ou dans des prairies humides, toutes les autres espèces sont rhéophiles, avec des degrés dans cette rhéophilie.

Longitudinalement, les Plécoptères sont nettement plus diversifiés dans le cours supérieur des cours d'eau (zone à truite notamment) où les Nemouroidea sont très diversifiés ; le nombre d'espèces décroît vers l'aval et seules quelques espèces se rencontrent (ou se rencontraient) dans les grands cours d'eau de plaine (différentes espèces de Chloroperlidae, Perlidae et Perlodidae).

Cette distribution nettement dissymétrique peut introduire un biais dans l'utilisation d'indices biotiques dont les « groupes repères » sont surtout basés sur les Plécoptères.

Les processus de dispersion sont assurés au niveau larvaire par la dérive, au niveau des adultes par les femelles qui en raison d'une durée de vie relativement importante et en dépit de capacités de vol limitées, peuvent s'éloigner de plusieurs kilomètres de leur lieu d'émergence.

4 - TECHNIQUES D'IDENTIFICATION

Comme pour les Éphéméroptères, l'identification au niveau spécifique implique l'examen des génitalias des mâles. Il faut donc soit capturer des adultes, notamment au filet, soit utiliser des trappes à émergences en recueillant simultanément l'exuvie larvaire et l'adulte, soit réaliser des élevages à partir de larves en fin de développement. Cet élevage reste cependant difficile pour les espèces très rhéophiles.

En 2000, lorsque la première édition est parue, l'identification des larves de Plécoptères restait difficile parce que les ouvrages consacrés aux Plécoptères portaient essentiellement sur les adultes, les larves ne recevant que peu d'attention. Par ailleurs les ouvrages fondamentaux comme ceux de Despax (1951), Illies (1955) et Aubert (1959) dataient des années 50. Les ouvrages qui ont paru dans les années 70-80 ont certes pris en compte les progrès de la systématique, mais ne concernaient que des pays particuliers : Scandinavie, Italie, Grande-Bretagne, Tchécoslovaquie. Un premier travail de révision a été réalisé pour les Perlodidae par P. Zwick, travail que nous avons pu utiliser pour cette famille dans la première édition. Depuis Zwick (2004) a publié une clé des genres des larves de Plécoptères pour la région Ouest Paléarctique permettant d'identifier enfin les 4 genres de Perlidae.

5 - DIAGNOSES

5.1 – SUPER-FAMILLE DES NEMOUROIDEA (clé 13.C1)

Article distal du palpe maxillaire arrondi, trapu, aussi large que les articles proximaux. Glosses aussi développées que les paraglosses. Labre au plus deux fois plus large que long. (figs. 13.4 à 13.8).

5.1.1 – Famille des Taeniopterygidae (clé 13.C1)

Articles des tarses de longueur progressivement croissante (fig. 13.18). Fourreaux alaires des larves âgées divergents.

Taeniopteryx (figs. 13.15, 13.16)

Tergites abdominaux hérissés de tubercules. Présence de branchies coxales articulées. Espèces présentes dans la végétation des rivières lentes. Jusqu'à 12 mm.

Pour les deux genres suivants : antennes aussi longues que les cerques et présence d'une plaque sous-génitale recouvrant les deux derniers sternites abdominaux. Mortes, les larves peuvent se rouler en boule.

Brachyptera (figs. 13.14, 13.17, 13.19)

Plaque sous-génitale relativement étroite ne recouvrant pas complètement les deux derniers sternites abdominaux. Des soies ± dressées sur les derniers tergites abdominaux (visibles de profil) et sur la partie proximo-dorsale des cerques. Corps plus sombre dorsalement que

ventralement. Jusqu'à 13 mm.

Rhabdiopteryx (figs. 13.14, 13.17, 13.19)

Plaque sous génitale large recouvrant complètement les deux derniers sternites abdominaux. Des soies uniquement sur le bord postérieur des tergites abdominaux. Absence de soies sur la partie proximo-dorsale des cerques. Corps de coloration uniforme. Jusqu'à 10 mm.

5.1.2 – Famille des Nemouridae (clé 13.C3)

Deuxième article du tarse plus court que le premier. Larves trapues à fourreaux alaires, chez les larves âgées, divergents. Pattes métathoraciques dépassant l'abdomen quand elles sont en extension. Segments abdominaux nettement plus larges que longs (figs. 13.22, 13.23).

Amphinemura (figs. 13.23, 13.26)

Branchies prosternales composées de deux faisceaux d'une dizaine de digitations. Jusqu'à 7 mm.

Protonemura (figs. 13.22, 13.25)

Branchies prosternales composées de deux faisceaux de trois digitations d'aspect boudiné. Jusqu'à 11 mm.

Nemoura

Pas de branchie prosternale, troisième article du tarse des pattes métathoraciques plus long que le premier (fig. 13.27). Une espèce en milieu « stagnant » (fossés en forêt, prairies humides) : *Nemoura cinerea*. Jusqu'à 10 mm.

Nemurella

Pas de branchie prosternale, troisième article du tarse des pattes métathoraciques aussi long que le premier (fig. 13.28). C'est une espèce crénophile. Jusqu'à 9 mm.

Une seule espèce : *N. picteti*.

5.1.3 – Famille des Leuctridae (clé 13.C1)

Deuxième article des tarses plus court que le premier. Larve allongée à fourreaux alaires, chez les larves âgées, parallèles. Pattes métathoraciques en extension ne dépassant pas l'extrémité de l'abdomen. Segments abdominaux presque aussi longs que larges. Tergites et sternites abdominaux séparés au niveau des segments 1 à 4. Paraproctes (« sclérites » visibles ventralement à l'extrémité de l'abdomen) plus longs que larges (fig. 13.29).

Leuctra

Dixième sternite interrompu au milieu (fig. 13.32). Ce genre renferme de nombreuses espèces dont la taille moyenne est de l'ordre de 8 mm, une seule espèce de grande taille (16 mm) : *L. major* (fig. 13.33) ; cette espèce qui se caractérise par un pronotum glabre nettement plus long que large est inféodée au milieu phréatique des grands cours d'eau ; elle présente souvent une dépigmentation des yeux.

Leuctra geniculata (fig. 13.29)

Cette espèce est aisée à identifier parce que les larves âgées présentent des excroissances sur les articles proximaux des antennes. Sur l'animal vivant, les antennes sont maintenues perpendiculaires au plan du corps. Jusqu'à 12 mm.

Pachyleuctra

Dixième sternite formant un seul anneau (fig. 13.34). Genre endémique des Pyrénées, uniquement présent en haute montagne au niveau des sources. Jusqu'à 11 mm.

5.1.4 – Famille des Capniidae (clé 13.C4)

Deuxième article des tarses plus court que le premier. Segments abdominaux presque aussi longs que larges. Tergites et sternites abdominaux séparés au niveau de tous les segments de l'abdomen à la différence des Leuctridae et Nemouridae, mais ce caractère n'est bien visible que chez *Capnia*. Paraproctes (« sclérites » visibles ventralement à l'extrémité de l'abdomen) plus larges que longs (fig. 13.35, 13.36, 13.39).

Capnia (fig. 13.35)

Fourreaux alaires parallèles (comme chez les Leuctridae). Pattes métathoraciques en extension ne dépassant pas l'extrémité de l'abdomen. Séparation des tergites et sternites abdominaux bien visible. Cerques étroits munis de soies verticillées. Jusqu'à 9 mm.

Capnioneura (fig. 13.37)

Fourreaux alaires légèrement divergents. Séparation des tergites et sternites abdominaux indistincte. Coloration très pâle. Cerques glabres relativement larges (pour la taille de l'animal). Jusqu'à 5 mm.

Capnopsis (fig. 13.38)

L'espèce est présente au Maroc, en Espagne, en Italie, en Allemagne et en Scandinavie. Elle n'a pas encore été trouvée en France. Elle se caractérise par une dense pilosité. Jusqu'à 5 mm.

Une seule espèce : *C. schilleri*.

5.2 – SUPER-FAMILLE DES PERLOIDEA (clés 13.C1, 13.C2)

Article distal du palpe maxillaire pointu, souvent plus étroit que les articles proximaux. Glosses réduites, nettement moins grandes que les paraglosses ; de ce fait, l'hypopharynx est souvent visible entre les paraglosses. Labre deux fois plus large que long (fig. 13.9 à 13.13).

5.2.1 – Famille des Chloroperlidae (clé 13.C5)

Pas de trachéobranchies coxales. Article distal du palpe maxillaire très étroit (un quart de la largeur des autres articles). Fourreaux alaires antérieurs à bord extérieur semi-circulaire chez les larves âgées. Cerques pas plus longs que les trois quarts de la longueur de l'abdomen (fig. 13.40, 13.41, 13.42). Un nouveau genre en France (*Isoptena*), voir Chapitre 21.

Xanthoperla (fig. 13.41, 13.44)

Des soies longues aux quatre angles du pronotum, plus courtes ailleurs ; suture coronale plutôt longue. Partie sclérifiée (et non les membranes articulaires) des tergites abdominaux avec des bandes sombres à l'avant, plus claires à l'arrière, donnant un aspect annelé à l'abdomen. Soies verticillées dans la partie médiane des cerques peu nombreuses et de longueur inférieure ou égale à la longueur de l'article correspondant. Espèce de grands cours d'eau, présente notamment dans le cours inférieur de L'Allier. Jusqu'à 7 mm.

Une seule espèce : *X. apicalis*.

Siphonoperla (figs. 13.40, 13.44)

Pronotum portant des soies marginales de longueur variable et à disposition relativement régulière ; suture coronale courte. Jusqu'à 12 mm.

Chloroperla (fig. 13.44)

Pronotum portant de longues soies aux quatre angles, soies plus rares et plus courtes sur les bords latéraux ; suture coronale plutôt longue. Soies verticillées dans la partie médiane des cerques relativement nombreuses (de trois à neuf) et une à cinq fois plus longues que la longueur de l'article correspondant. Jusqu'à 8 mm.

5.2.2 – Famille des Perlodidae (clés 13.C6, 13.C7)

Pas de trachéobranchies coxales, mais chez *Arcynopteryx compacta* des branchies au niveau du submentum. L'article distal du palpe maxillaire a seulement la moitié de la largeur des autres articles. Fourreaux alaires légèrement divergents. Cerques plus longs ou aussi longs que l'abdomen (fig. 13.46). La systématique des genres européens de Perlodidae est complexe, elle a été revue par Zwick (2004. Il est essentiel de se référer à cette dernière mise au point dans la mesure où certaines espèces appartenant à un genre donné ont été placées dans un autre genre, tandis que d'autres genres changeaient de nom.

Perlodes (figs. 13.46 à 13.49)

Séparation des tergites abdominaux 1 à 4. Lacinia des maxilles s'amincissant progressivement à l'apex, bord interne presque glabre.Tête massive plus large que le pronotum. Jusqu'à 25 mm.

Diura (figs. 13.52a, 13.54c)

Séparation des tergites abdominaux 1 à 2. Lacinia formant un angle droit sous la dent subapicale. Un espace nu entre la dent subapicale et les soies marginales. Paraproctes à extrémité postérieure arrondie. Présence dans les Vosges et les Ardennes. Jusqu'à 24 mm.

Une seule espèce : *D. bicaudata.*

Isoperla (fig. 13.52)

Séparation des tergites abdominaux 1 à 2. Pronotum couvert d'une fine pilosité. Paraproctes à extrémité postérieure pointue ; des soies marginales. Jusqu'à 16 mm.

Arcynopteryx (fig. 13.51)

Séparation des tergites abdominaux 1 à 3. Sur le mésosternum, un épaississement en Y dont les branches atteignent le bord antérieur des fossettes disposées obliquement. Sous la dent subapicale, la lacinia présente un épaulement marqué. Une paire de branchies digitiformes de part et d'autre du submentum. Jusqu'à 25 mm.

Une seule espèce à distribution holarctique : *A. compacta.*

Besdolus (fig. 13.54b)

Soies des tergites abdominaux très courtes ou très longues selon les espèces. Lacinia de forme variable, souvent à angle presque droit sous la dent subapicale ; toujours une touffe de soies (et non une rangée) sous la dent subapicale. Genre devenu très rare. Jusqu'à 25 mm.

Isogenus (fig. 13.53)

Pronotum avec quelques soies éparses. Lacinia s'amincissant progressivement sans épaulement marqué. Une simple rangée de soies sur le bord interne. Espèce de grands cours d'eau devenue très rare. Jusqu'à 21 mm.

Une seule espèce : *I. nubecula.*

Dictyogenus (fig. 13.54a)

Soies marginales des tergites abdominaux toujours très longues (= la moitié de la longueur du segment abominal comme chez certaines espèces de *Besdolus*). Lacinia avec un épaulement marqué comme chez *Besdolus,* mais soies sur le bord interne disposées sur une seule rangée. Jusqu'à 25 mm.

5.2.3 – Famille des Perlidae (clé 13.C8)

Des trachéobranchies coxales et parfois anales (figs. 13.55, 13.56). En se basant sur la structure du submentum, le pattern de coloration du pronotum, la forme de l'arête occipitale et les articles distaux des cerques, on peut distinguer deux groupes de genres.

Angles antéro-latéraux du submentum non séparés par une suture (clé 13.C8).

Perla/Marthamea

Angles antéro-latéraux du submentum non séparés par une suture (fig. 13.59). Arête occipitale presque horizontale. Pronotum avec une tache claire de part et d'autre de l'axe médian avec une bande sombre aux contours souvent indistincts au milieu de chaque tache claire. Une couronne de courtes épines à la base des articles des cerques distaux (fig. 13.58C).

—Perla

Les deux ocelles postérieurs séparés par une zone claire (clé 13.C8). Arête occipitale sans interruption en arrière des yeux (clé 13.C8). Jusqu'à 38 mm.

—Marthamea

Les deux ocelles postérieurs intégrés à une zone sombre (clé 13.C8). Arête occipitale avec une interruption en arrière des yeux (clé 13.C8). Plusieurs espèces de grands cours d'eau (Zwick, 1984). Genre devenu très rare. Taille jusqu'à 20 mm.

Dinocras/Eoperla

Angles antéro-latéraux du submentum séparés par une suture (clé 13.C8). Arête occipitale formant un angle très ouvert (clé 13.C8). Pronotum avec des taches plus ou moins arrondies et des bandes allongées plus ou moins contournées, claires sur un fond plus sombre. Outre une couronne de courtes épines à la base des articles des cerques distaux, de fines et longues soies disposées en verticille (clé 13.C8).

—Dinocras

Excepté quelques taches claires, face dorsale de la capsule céphalique de teinte uniformément sombre. Jusqu'à 35 mm.

—Eoperla

Une plage claire entre l'œil et l'ocelle limitée à l'arrière par l'arête occipitale (clé 13.C8). L'aire normale de distribution de cette espèce est le Maroc et la péninsule Ibérique, mais elle est (ou était) également présente dans le Languedoc et dans le Var. Jusqu'à 17 mm.

Une seule espèce : *E. ochracea.*

Pour ne pas confondre une larve de *Marthamea* ou d'*Eoperla* avec une jeune larve de *Perla* ou *Dinocras*, il est **impératif** qua la larve examinée présente des fourreaux alaires bien développés.

RÉFÉRENCES

Aubert J. 1959. *Plecoptera. In « Insecta helvetica fauna »*, 1, Lausanne, 140 p.

Consiglio C. 1980. *Plecotteri (Plecoptera).* C.N.R., 9 : 68 p.

Despax R. 1951. *Plécoptères.* F.F., 55 : 280 p.

Hynes H. B. N. 1977. *A Key to the Adults and Nymphs of British Stoneflies (Plecoptera).* (réimpression, 1993). F.B.A., 17 : 91 p.

Illies J. 1955. *Steinfliegen oder Plecoptera.* T.D. 43 : 150 p.

Koese B. 2008. De Nederlandse steenvliegen (Plecoptera) Entomologische Tabellen I supplement bij. Nederlandse Faunitische Mededelingen : 158 p.

Lillehammer A. 1988. Stoneflies (Plecoptera) of Fennoscandia and Denmark. *Fauna Entomologica Scandinavica*, 21 : 1-165.

Rauser J. 1980. Rad Posvatky Plecoptera. Pp. 86-132 in Rozkosny R. (Ed. Klic vodnich larev hmyzu. Cesk. Akad. Ved., Prague : 521 p.

Tierno de Figueroa J.M., Sanchez-Ortega A., Mambiela-Iglesia P. & Luzon-Ortega J.M. 2003. *Plecoptera.* In : Ramos M.A. *et al.* (Editors). *Fauna Iberica*, vol. 22. Museo de Ciencias Naturales. CSIC. Madrid, 404 p.

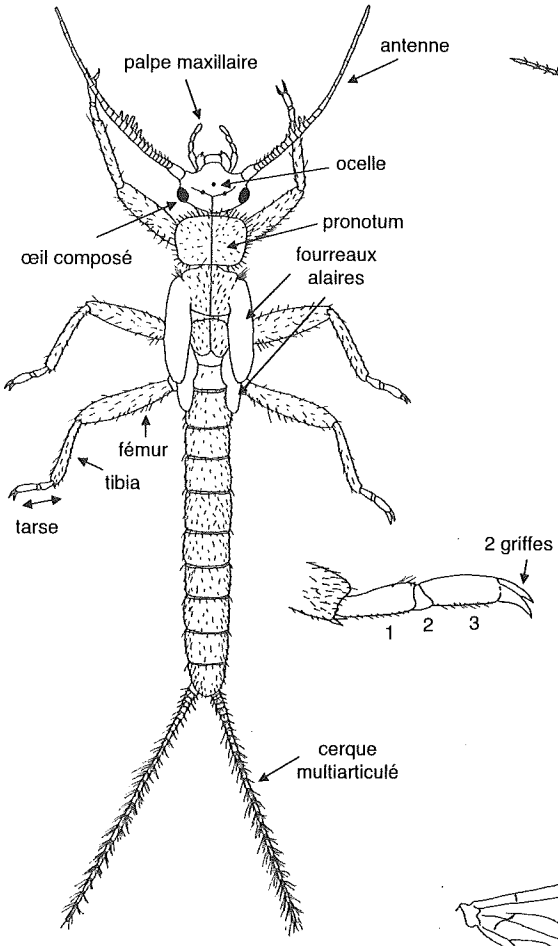
Zwick P. 1984. *Marthamea beraudi* (Navas) and its european congeners (Plecoptera : Perlidae). *Annales limnol.* 20 : 129-139.

Zwick P. et Weinzierl A. 1994. Reinstatement and revision of genus *Besdolus* (Plecoptera : Perlodidae). *Entomologica Scandinavica*, 26 : 1-16.

Zwick P. 2004. Key to the West Palearctic genera of stone flies (Plecoptera) inthe larval stage. *Limnologica*, 34 : 315-348.

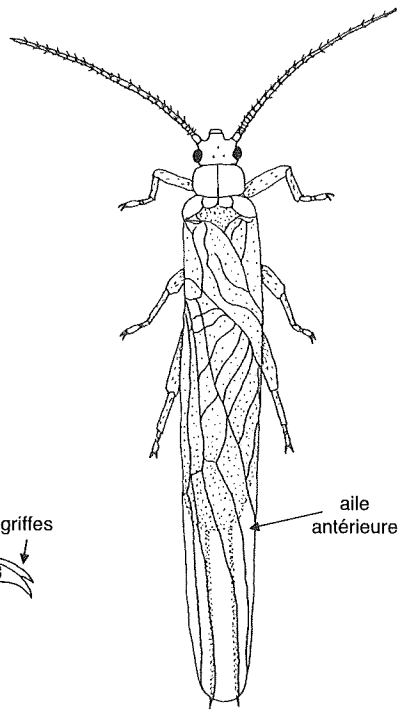
O. Plécoptères

Larve et adulte



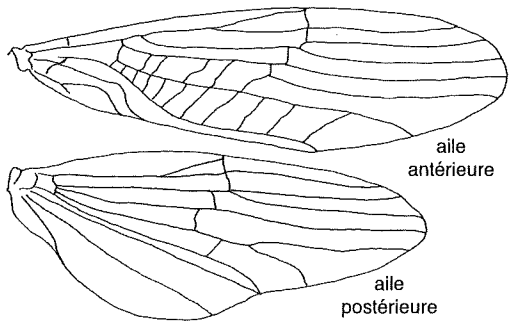
13.1 - Larve vd

Leuctra geniculata, F. Leuctridae)



13.2 - Adulte vd

(*Leuctra geniculata*, F. Leuctridae)

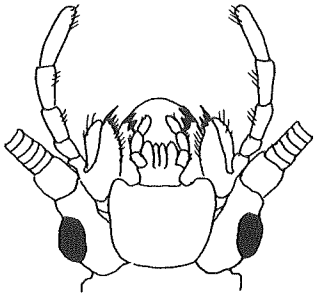


13.3 - Ailes

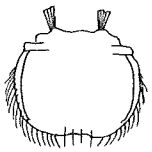
(*Leuctra geniculata*, F. Leuctridae)

O. Plécoptères (tête et pièces buccales)

S.F. Nemouroidea



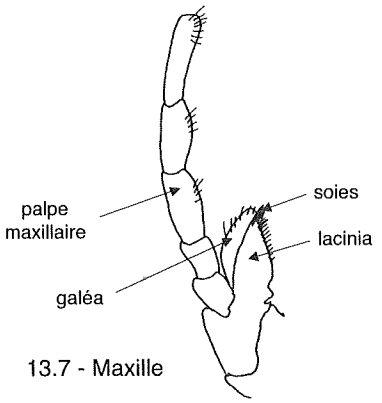
13.4 - Tête vv



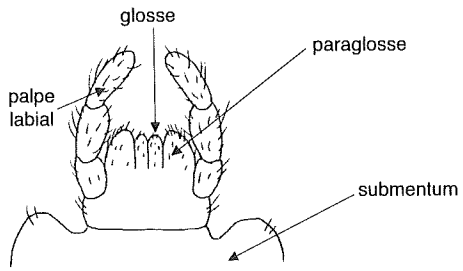
13.5 - Labre



13.6 - Mandibule

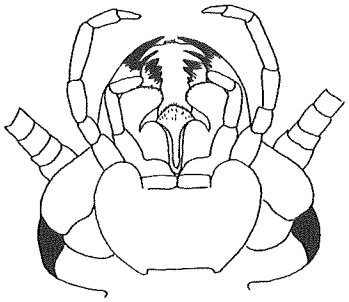


13.7 - Maxille



13.8 - Labium

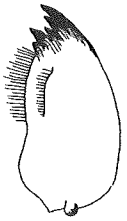
S.F. Perloidea



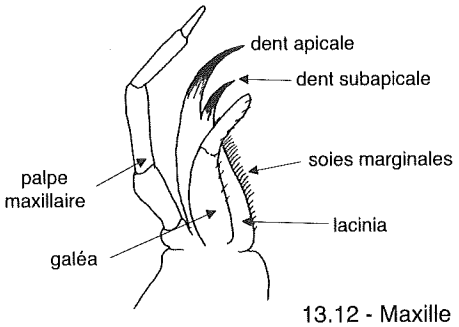
13.9 - Tête vv



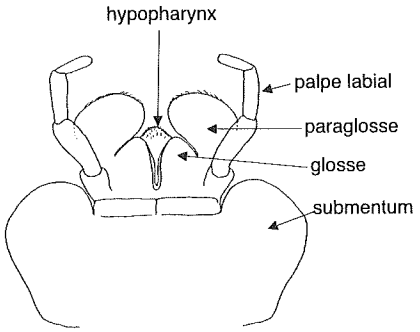
13.10 - Labre



13.11 - Mandibule

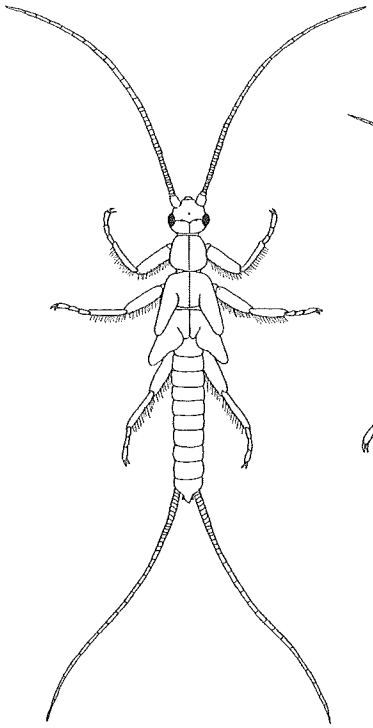


13.12 - Maxille

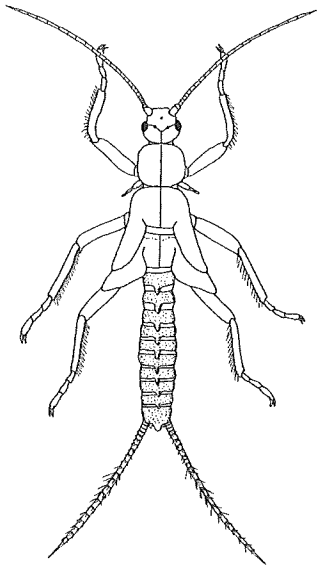


13.13 - Labium

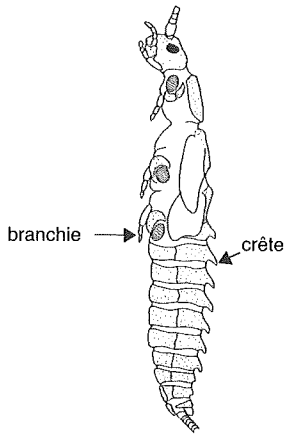
F. Taeniopterygidae



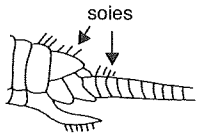
13.14 - *Brachyptera* - *Rhabdiopteryx* vd



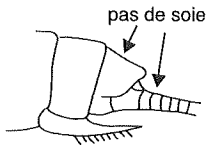
15 - *Taeniopteryx* vd



13.16 - *Taeniopteryx* vl
(pattes coupées)

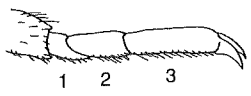


Brachyptera

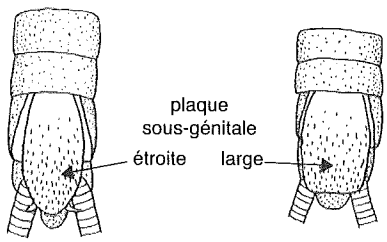


Rhabdiopteryx

13.17 - Extrémité de l'abdomen vl



13.18 - Tarse vl



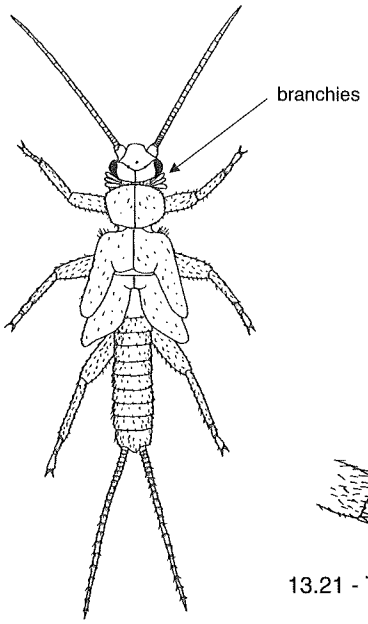
Brachyptera *Rhabdiopteryx*

13.19 - Extrémité de l'abdomen vv

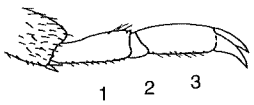


13.20 - Posture post-mortem de
Brachyptera - *Rhabdiopteryx* vl

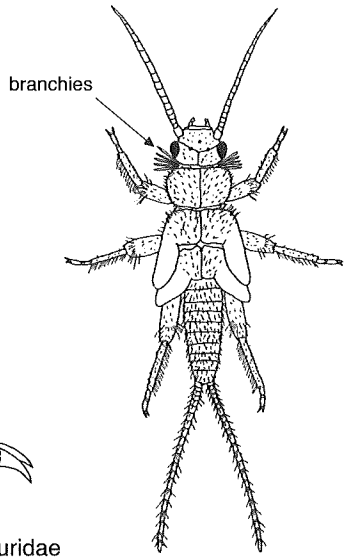
F. Nemouridae



13.22 - *Protonemura* vd



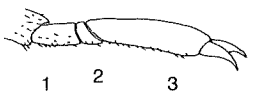
13.21 - Tarse de Némouridae



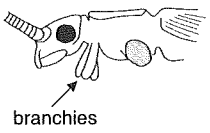
13.23 - *Amphinemura* vd



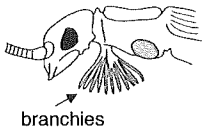
13.24 - *Nemoura-Nemurella* vl
(P1 coupée)



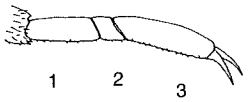
13.27 - Tarse de *Nemoura*



13.25 - *Protonemura* vl
(P1 coupée)

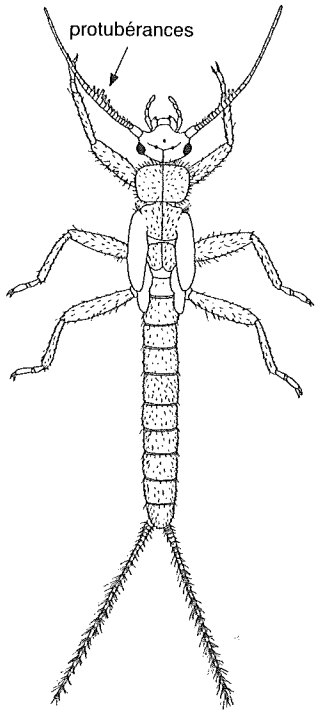


13.26 - *Amphinemura* vl
(P1 coupée)

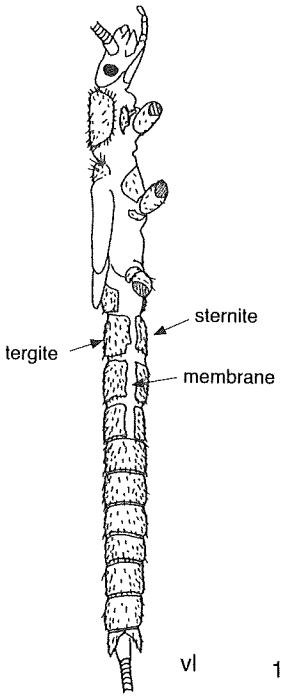


13.28 - Tarse de *Nemurella*

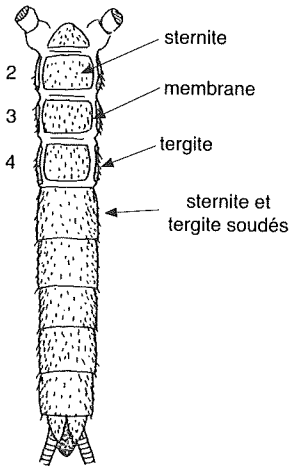
F. Leuctridae



13.29 - *Leuctra geniculata* vd

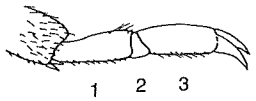


vl

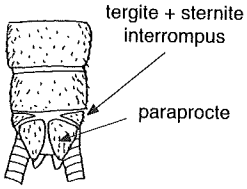


vv

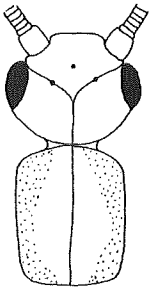
13.30 - *Leuctra*



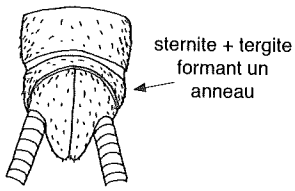
13.31 - Tarse de Leuctridae



13.32 - Extrémité de l'abdomen vv
Leuctra



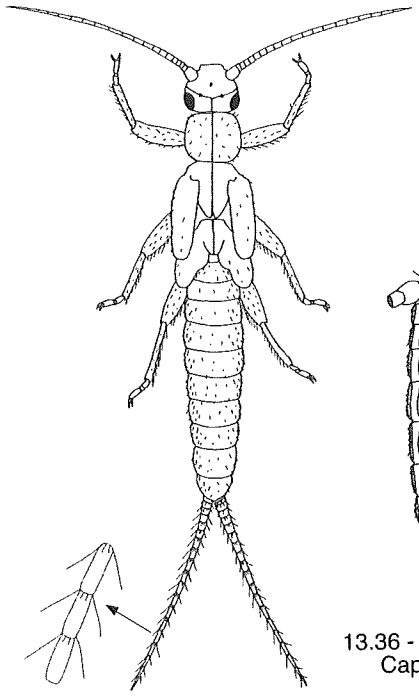
13.33 - Tête + pronotum vd
Leuctra major



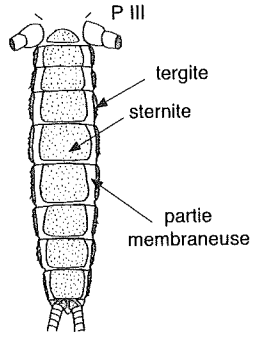
13.34 - Extrémité de l'abdomen vv
Pachyleuctra

Thyrrenoleuctra, voir chapitre 21

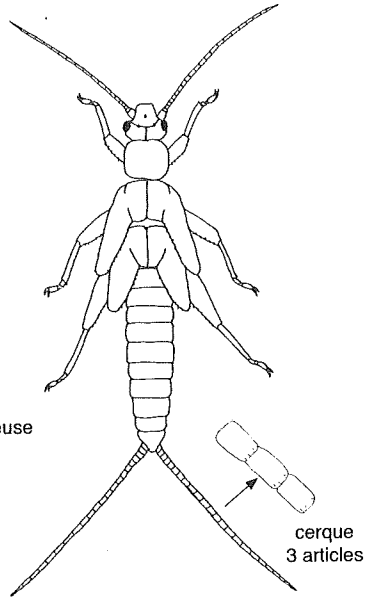
F. Capniidae



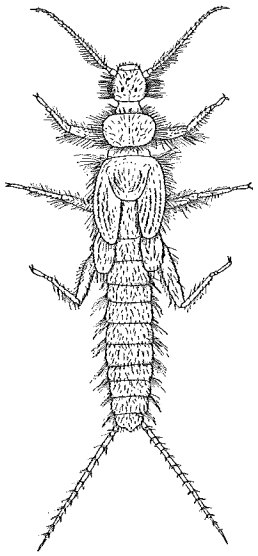
13.35 - *Capnia* vd



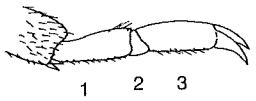
13.36 - Abdomen de Capniidae vv



13.37 - *Capnioneura* vd

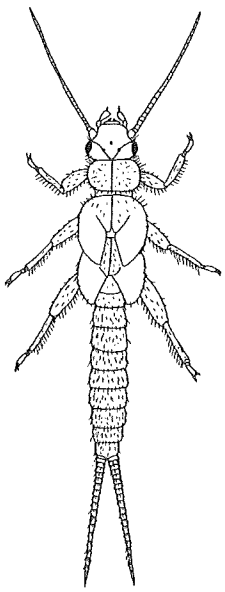


13.38 - *Capnopsis schilleri* vd

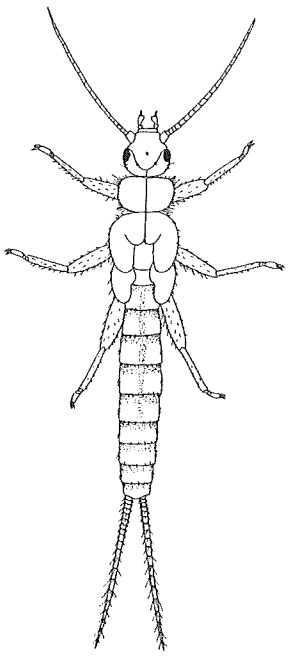


13.39 - Tarse de Capniidae

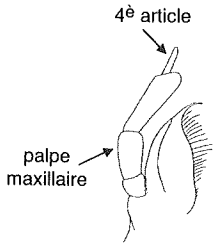
F. Chloroperlidae



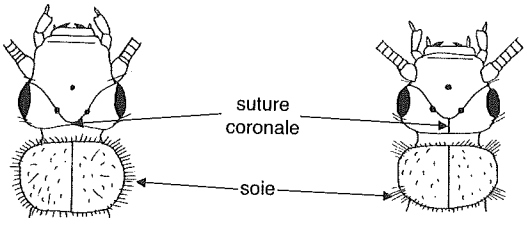
13.40 - *Siphonoperla* vd



13.41 - *Xanthoperla apicalis* vd

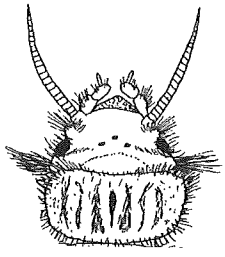


13.42 - Maxille de Chloroperlidae



Siphonoperla

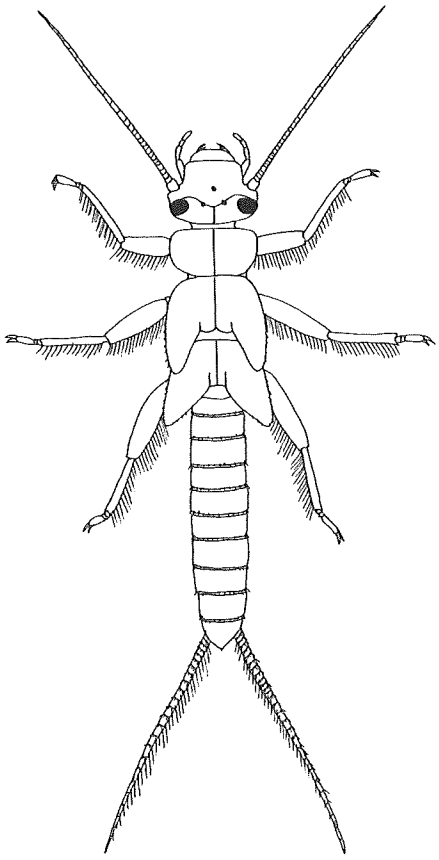
Chloroperla - Xanthoperla



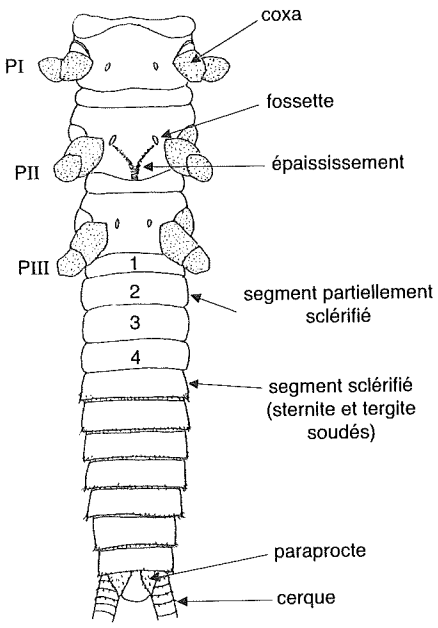
Isoptena
(voir diagnose , chapitre 21, page 584)

13.44 - Tête + prothorax vd

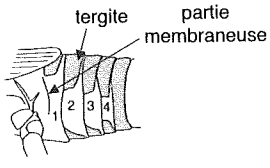
F. Perlodidae



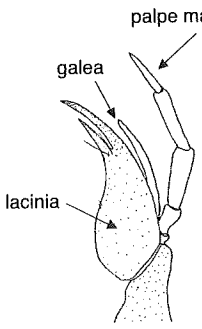
13.46 - *Perlodes* vd



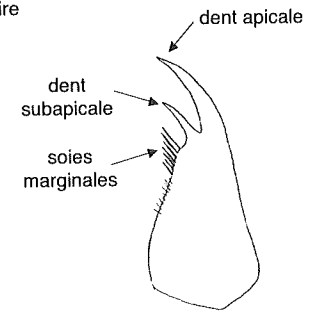
13.47 - *Perlodes*, vv, tête non représentée, pattes et cerques coupés



13.48 - Début de l'abdomen vl

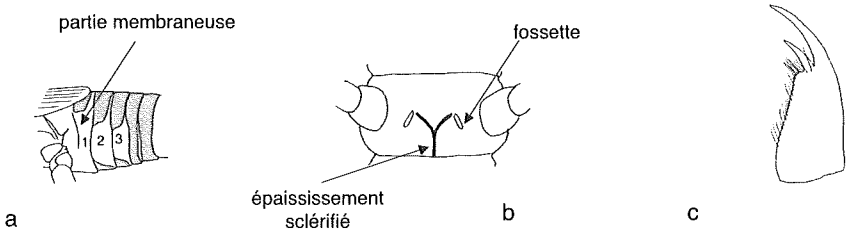


13.49 - *Perlodes*, maxille gauche, vv

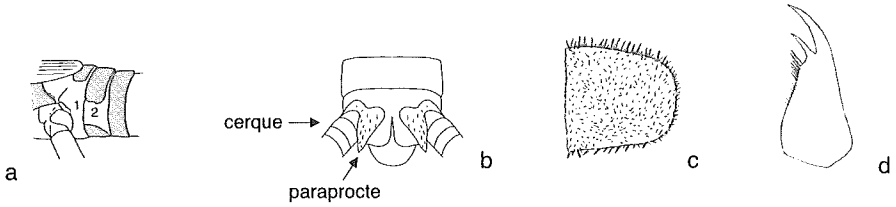


13.50 - *Isoperla*, lacinia

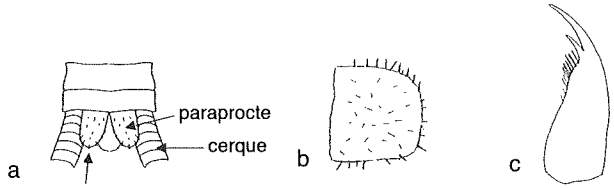
F. Perlodidae 2



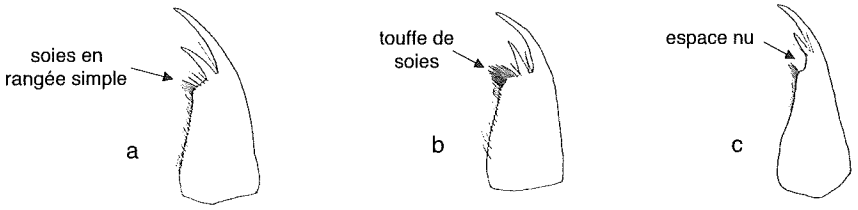
13.51 - *Arcynopteryx*. a : début de l'abdomen, vl ; b : mésosternite, vv ; c : lacinia.



13.52 - *Isoperla*. a : début de l'abdomen, vl ; b : extrémité de l'abdomen, vv ; c : 1/2 pronotum, vd ; d : lacinia

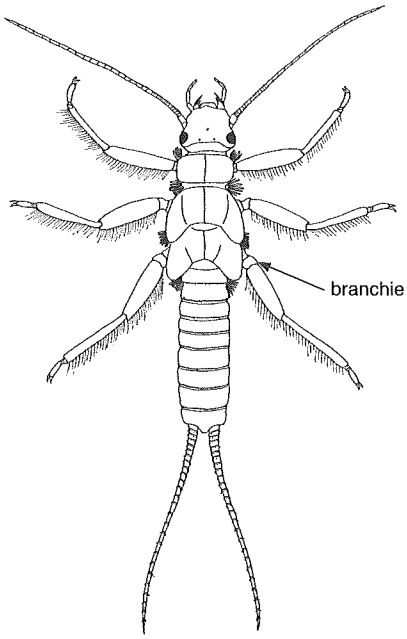


13.53 - *Isogenus*. a : extrémité de l'abdomen, vv ; b : 1/2 pronotum, vd ; c : lacinia.

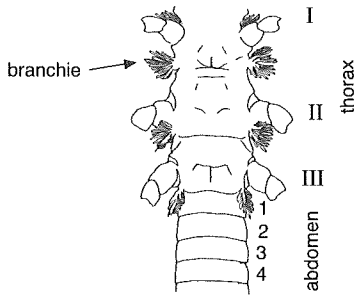


13.54 - Lacinia. a : *Dictyogenus* ; b : *Besdolus* ; c : *Diura*

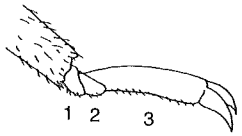
F. Perlidae



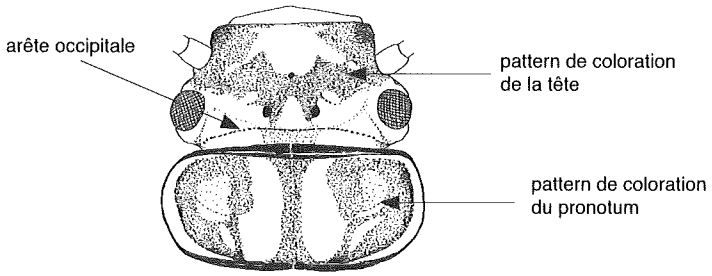
13.55 - *Perla* vd



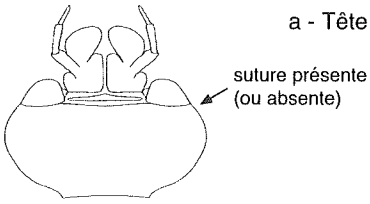
13.56 - *Perla* vv



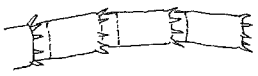
13.57 - Tarse



a - Tête et pronotum, vd



b - Labium vv

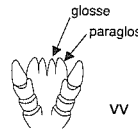


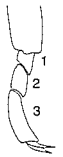
c - Articles distaux des cerques

13.58 - Caractères distinctifs à prendre en compte pour identifier les 4 genres de Perlidae : 13.C8, page 240. a : tête et pronotum, vd, b : labium, vv; c : articles distaux des cerques

13.C1

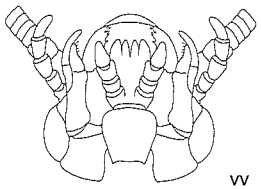
O. Plécoptères





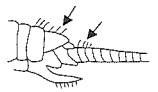


oui → *Taeniopteryx*



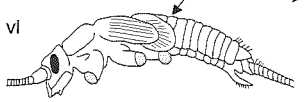
articles longueur croissante
F. Taeniopterygidae

PROTUBÉRANCES ABDOMINALES DORSALES



soies dressées → *Brachyptera*

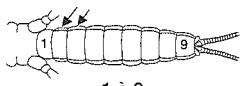
non → TERGITES ABDOMINAUX



non → *Rhabdiopteryx*



même taille → TARSE

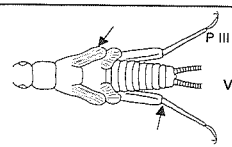


1 à 9 → **F. Capniidae 13.C4**

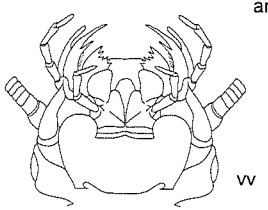
GLOSSES/PARAGLOSSES

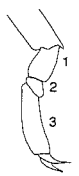
paraglosses + grandes que glosses

article 2 toujours < 1 ou 3 → SÉPARATION TERGITES-STERNITES ABDOMINAUX

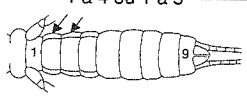


plus longues → divergents → **F. Nemouridae 13.C3**

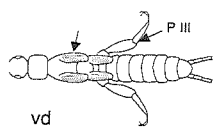




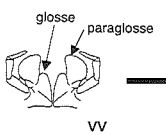
1 à 4 ou 1 à 5 → L. PIII/ L. ABDOMEN + FOURREAUX ALAIRES



plus courtes → parallèles → **F. Leuctridae***



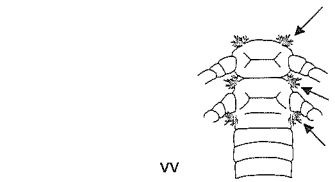
* cf. Diagnose pour les trois genres



→ Perloidea 13.C2

13.C2

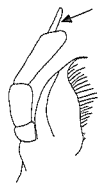
SF Perloidea



vv

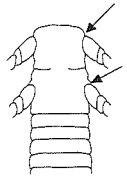
présentes → **F. Perlidae 13.C8**

BRANCHIES COXALES



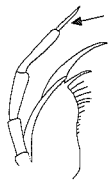
1/4 du précédent → **F. Chloroperlidae 13.C5**

absentes → DERNIER ARTICLE DES PALPES MAXILLAIRES

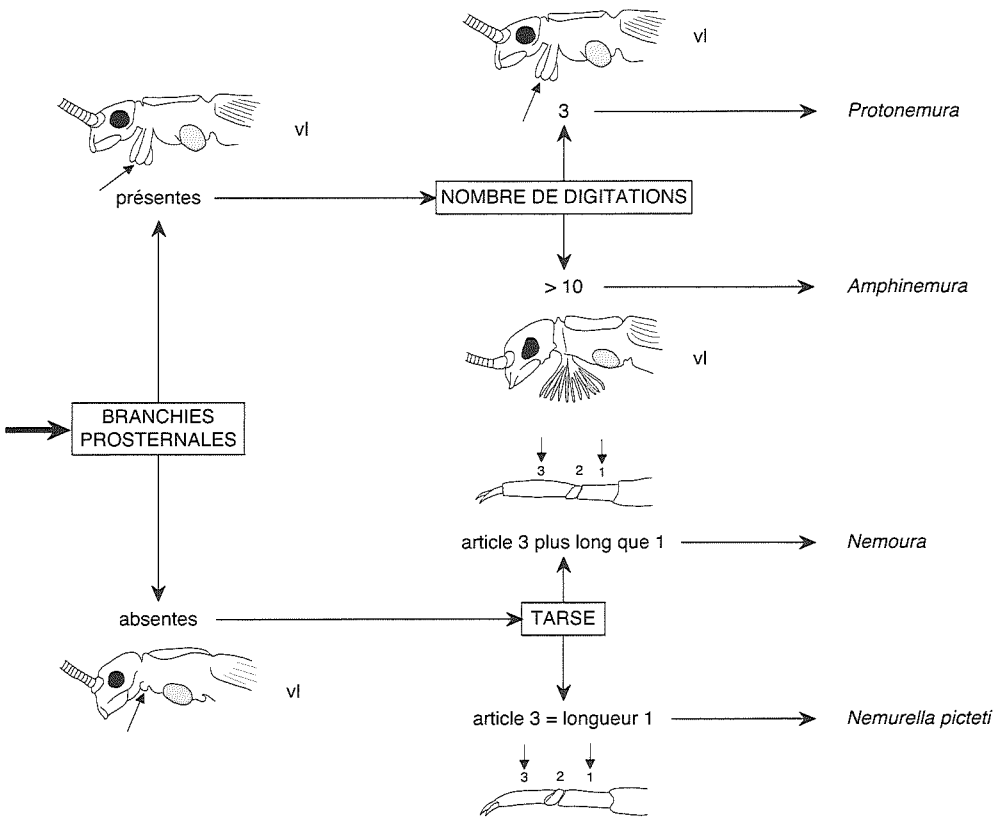


vv

au plus 1/2 du précédent → **F. Perlodidae 13.C6**

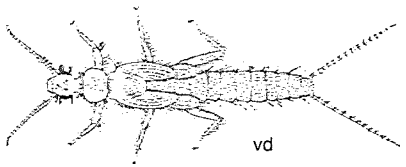


F. Nemouridae



13.C4

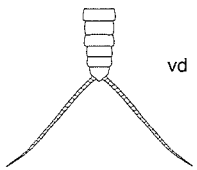
F. Capniidae



très dense → *Capnopsis schilleri*

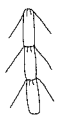
PILOSITE

non → FOURREAUX ALAIRES + CERQUES





parallèles



des soies verticillées → *Capnia*

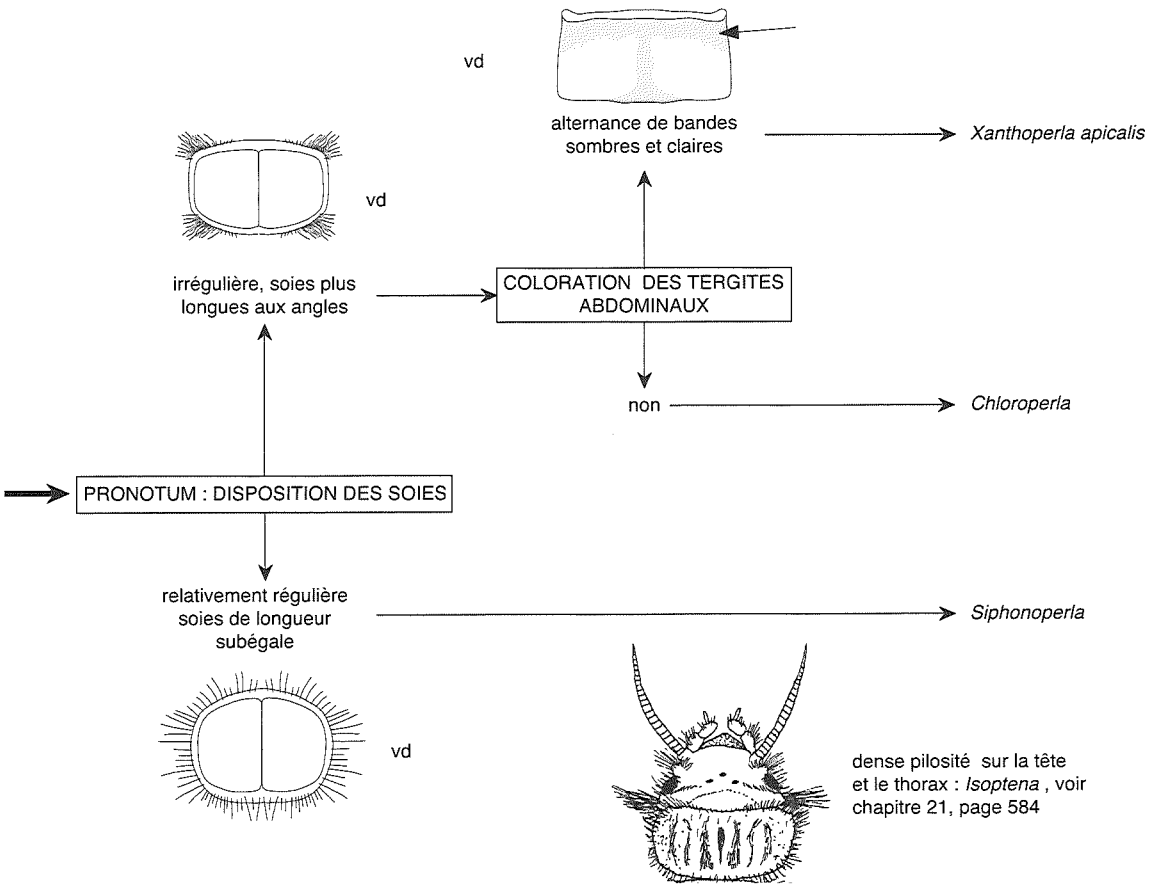
divergents

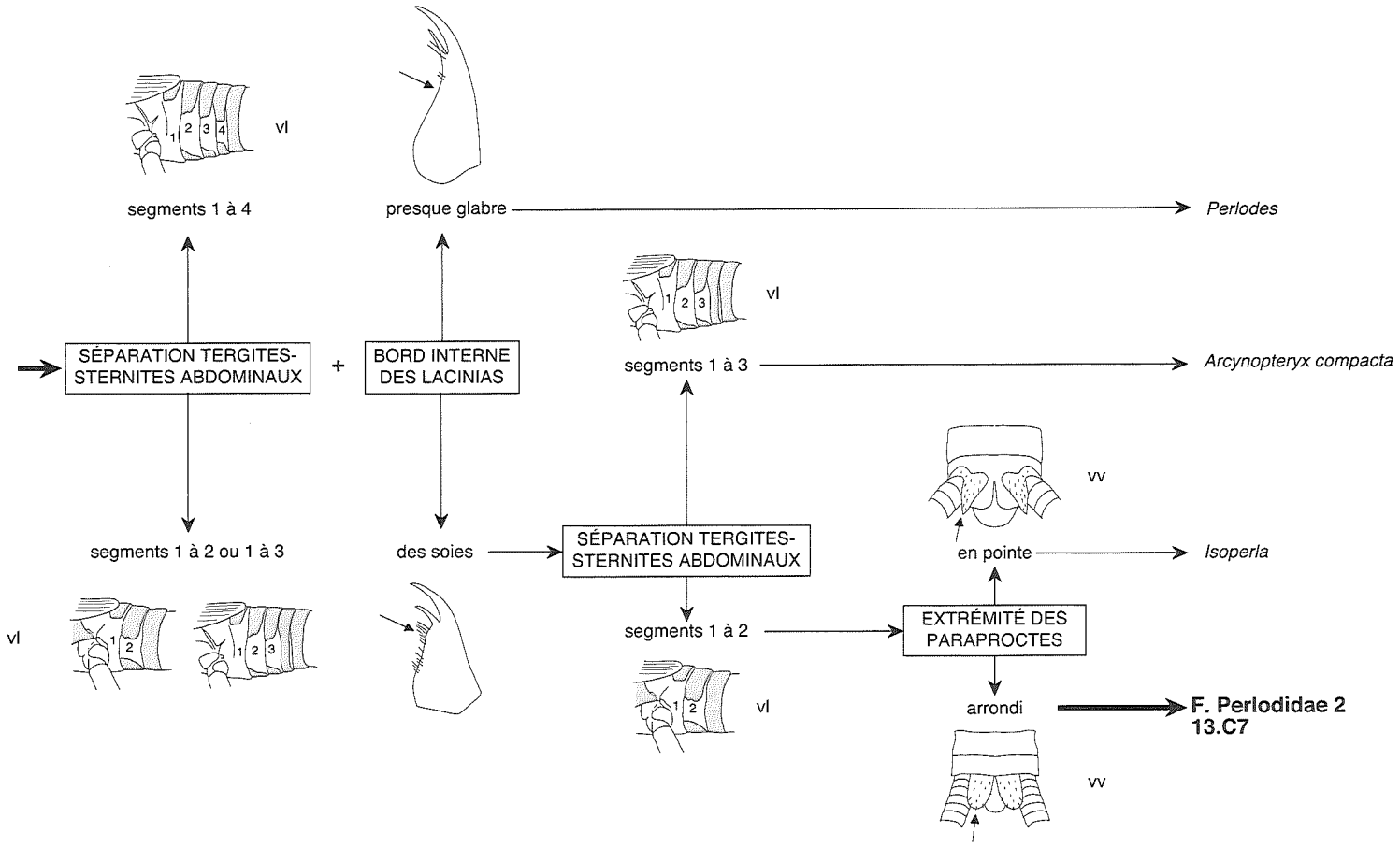


glabres → *Capnioneura*



13.C5


vd
alternance de bandes sombres et claires
Xanthoperla apicalis
vd
irrégulière, soies plus longues aux angles
COLORATION DES TERGITES ABDOMINAUX
non
Chloroperla
PRONOTUM : DISPOSITION DES SOIES
relativement régulière soies de longueur subégale
Siphonoperla
vd
dense pilosité sur la tête et le thorax : Isoptena , voir chapitre 21, page 584


1 2 3 4
vl
segments 1 à 4
presque glabre
Perlodes
SÉPARATION TERGITES-STERNITES ABDOMINAUX
+
BORD INTERNE DES LACINIAS
1 2 3
vl
segments 1 à 3
Arcynopteryx compacta
vv
segments 1 à 2 ou 1 à 3
des soies
SÉPARATION TERGITES-STERNITES ABDOMINAUX
en pointe
Isoperla
vl
1 2
1 2 3
segments 1 à 2
EXTRÉMITÉ DES PARAPROCTES
1 2
vl
arrondi
F. Perlodidae 2
13.C7
vv

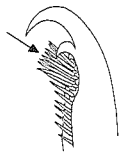
13.C7

F. Perlodidae 2



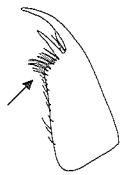
un espace nu entre la dent subapicale et les soies du bord interne → *Diura bicaudata*

BORD INTERNE DES LACINIAS

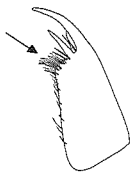


formant une touffe → *Besdolus*

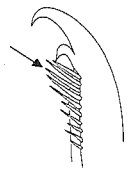
soies débutant juste sous la dent subapicale → SOIES SOUS LA DENT SUBAPICALE



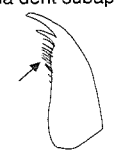
un angle bien marqué sous la dent subapicale → *Dictyogenus*



formant une rangée simple → BORD INTERNE DE LA LACINIA



régulièrement arrondi sous la dent subapicale → *Isogenus nubecula*



13.C8

F. Perlidae

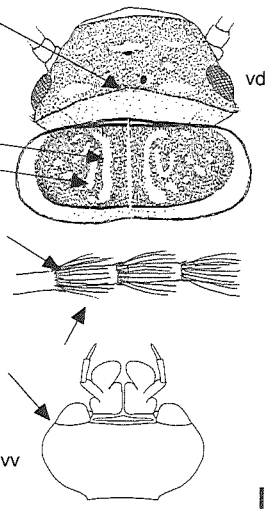
Dinocras - Eoperla

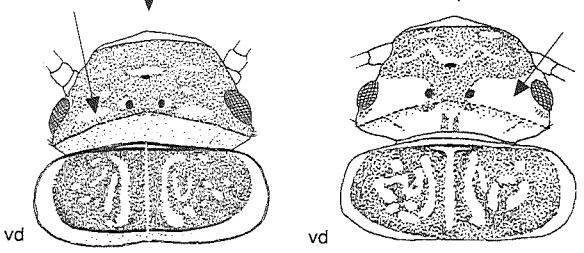
crête occipitale au niveau des ocelles postérieurs anguleuse

pronotum avec des taches claires allongées

articles distaux des cerques avec des épines et des soies verticillées

angle antérieure du submentum avec une suture





Entre l'œil, l'ocelle postérieur et la crête occipitale une petite zone claire aux contours indéfinis

Dinocras

Entre l'œil, l'ocelle postérieur et la crête occipitale une grande zone claire aux contours bien marqués

Eoperla

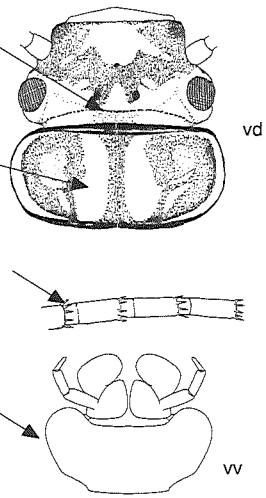
Perla - Marthamea

crête occipitale au niveau des ocelles postérieurs rectiligne

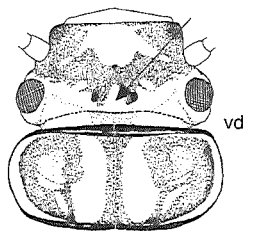
pronotum avec de larges plages claires près de la zone médiane

articles distaux des cerques avec uniquement des épines

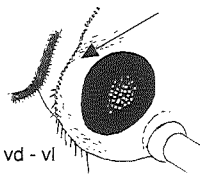
angle antérieur du submentum sans suture



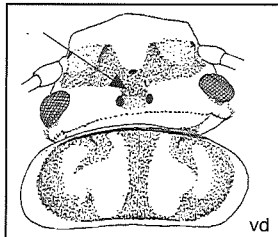
Marthamea *Perla*



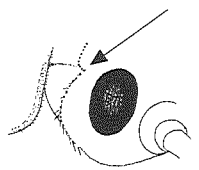
deux ocelles postérieurs séparés par une zone claire



crête occipitale sans discontinuité en arrière de l'œil



deux ocelles postérieurs intégrés à une zone sombre



crête occipitale avec une discontinuité en arrière de l'œil

Tableau 13.T1 - Traits biologiques, physiologiques et écologiques : Plécoptères

Traits N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Modalités	2 3 4 5	1 2	1 2	1 2	1 2 3 4 5	1 2 4	1 4 5	1 2 3 4 5 6 7 8	2 3 4 7	1 2	1 2 3	1 2 3 4 5 6	1 2 3	1 2 3 4	1	1 2 3 4 5	1 2 3	1 2 3 4 5 6 7 8	1 2 3 4 5 6 7	1 2 3 4 5 6 7 8 9	4 5 6	1 2 3 4
Amphinemura	1 3	3	3	3 3	3	2 2 1	1 2 2	1 2 1	1 3	3 2	3	1 2 2 3 3	3	1 3 1	3	2 2 2 2 1	3 1 1	2 4 3 1 1	4 3 1	3 4 2	5	1 2 1
Arcynopteryx compacta	3	3	3	3 3	3	2 2 1	3	1 1 2 1 2 5	1 2	3	3 1	2 3 3	3	3 1	3	3 1	2 3	3 2 1 4	2 2 3	5		2 2 1
Besdolus imhoffi	2 3	3	3	3 3	3	1 2 1	3	1 5	3	3	2 1	1 3 3	3	1 1	3	1 3 3 1	2 1	2 5 2	3 3	2 1 2 1 1 1 1	5	3
Brachyptera	1 3	3	3	3 3	3	2 2 1	1 2 3	2 3 2 1 3	3	1	3	1 1 1 3 3	3 1 1	1 3 3	3	2 2 3 2	3 2	1 2 4 3 1 1 1	5 3 1	4 1 2 2	5 1 1	3 2
Capnia	3	3	3	3 3	3 1	1 2 1	3 1	1 2 2 3	3	3	1 1 2	1 1 2 3 3	2 2 1	1 3 2	3	2 2 2 2	2 3 2	2 5 3 1 2	3 1 3	3 1 1	5 1 1	2 1
Capnioneura	1 3	1 2	2 1	3 3	1	2 2 2	2 1	1 2 3	3	3	3	1 2 3 3 3	3 1	1 3 1	3	2 3 2 2 1	1 3 1	1 1 2 1	3 1	3 2 1 1 2 2	5 1 1	2 3
Capnopsis schilleri	3	3	3	3 3	1	2 2 1	3	2 2 1 2 3 3	1 2	3	3 1	1 2 3 3 3	1 1 1	1 3 1	3	1	3	1 1 1 1	3	3 4	5	1 2
Chloroperla	3	1 3	3 1	3 3	2 2	3 2 1	3	1 1 1 1 1 5	1 3 1 1	3	2 2	1 1 3 3 3 3	3 1	1 3 2	3	2 3 2	3 3 1	1 3 5 1	5	2 3 1 2 1 3	4 2	2 2 1
Dictyogenus	3 1	3	3	3 3	3	1 2 1	3	1 5	3	3	3	1 3 3 3	3	3 3 1	3	1 3	1 3 3	2 3 2 1	3 3	3 2 3	5	2 2
Dinocras	3	3	3	3 3	3	1 2 1	2 2 1	1 4	3 1	3 1	1 2	2 3 3 3	3	1 3	3	2 2 2 1 2	3 2 1	1 4 3 3 1	4 1	4 1 1 2 1	5	1 3 3
Diura bicaudata	1 2	1 3	3 2	3 3	1 3	1 2 1	3 2	1 5	3	3	1 3	1 3 3 3	3	3 3	3	3	1 3	1 1 1 1 1	3 1	2 3 3 1	5	1 2 2
Eoperla	3	3	3	3 3	3	1 2 1	3	1 3	3 1	3	1 3	2 3 3 3	3	3	3	3	1 3 2	2 2 2	4	2 1 1 1	5	3
Euleuctra geniculata	1 3	3	3	3 3	3	3 2 1	3	1 3 1 2 1	3	3	1 3	1 3 3 3 3	2 2 1	1 3 1	3	1 1 2 2 1	3 1	2 4 2	5 3	2 4 1 2 4 2 1	5 3	2 2 1
Isogenus nubecula	3 1	3	3	3 3	3	1 2 1	3	1 4	1 3	3	3	2 3 3	1 1	1 3	3	3 3	3	2 1 1 1	3	3 2 2 3 1 2	4 1	1 3 2
Isoperla	1 3	1 3	2 3	3 3	1 2	2 2 2	2 1 1	2 1 4	3 1 1	3	2 1	1 3 3	3 2	2 3 1	3	3 3 3 2	2 2 1	2 4 4 4 1 1	2	4 2 1 1 1	4 3 2 2 4 4 2	5 2 1 1 2 2 2
Leuctra	3 1	3 1	1 3	3 3	3	2 2 1	1 3	1 1 2 2 1	1 3 1	3	2 3	1 1 2 3 3 3	3 1	2 3 2	3	2 3 2 2 1	3 2 1	2 4 5 4 3	1	5 3 1 1 1	5 2 1	1 2 2 2
Marthamea	3 1	3	3	3 3	3	1 2 1	3	1 3	3 1	3	1 1 3	1 3 3	3	3	3	1 2 2	2 3 2	2 1	1	4 1 2 1 1	5	3
Nemoura	1 3	2 2	2 2	3 3	3 1	2 2 2	1 3	1 2 1	3	3	2 1	1 2 3 3 3 3	2 3 1	1 2 1	3	2 3 3 2	1 3 1	3 5 2 1 1 1	1	5 3 1 2 2	5	1 1 2 2
Nemurella picteti	3	3 1	1 3	3 3	2 2	3 2 1	1 2	1 2 1	3	3	1 3	1 3 3 2 2 2	3	3 2	3	3 3 3 3	2 2 1	2 3 1	1	5 1 1 1	5	1 2 3
Pachyleuctra	3	3	3	3 3	3	1 1 1	3	2 2 3 1 1	1 3	3	1	1 3 3 3 3	3	3	3	3	3 2	2 3 1	1	2 5 1 3	5	1 2 3
Perla	3	3	3	3 3	3	1 2 1	2 2	1 4	3 1	3	1 1 3	1 3	3	1 2 1	3	2 2 2 1	2 3 2	1 2 2 4 2 1	1	4 1 4 1	5	1 3
Perlodes	1 3	3	1 3	3 3	3	1 2 1	2 3	1 1 1 5	3 1	3	2 1 1	1 3	2 1	1 3 2	3	2 2 3 2	3 3 1	2 4 2 1 1 1	1	4 1 1 3 2	5	2 1
Protonemura	3 1	3	3	3 3	3	2 2 1	1 1 3	1 2 1	3	3 2	2 1	1 2 3 3 3 3	3	3 3	3	3 3 2 2	3 3 1	4 5 1 1 1	1	5 2 1 1	5	2 2 2
Rhabdiopteryx	3 3	3	3	3 3	3	2 2 1	3	1 2	2	3	1 3	1 2 3 3	2 2 1	1 3 3	3	3 2 2 1	1 3 3	2 3 1 1 1	1	3 3 1	5	3
Siphonoperla	3 2	2 1	1 2	3 3	3	2 2 1	3	1 1 2 1 1 5	1 3 1 1	3	2 1	1 2 3 3 3	3	1 2 1	3	2 3 2	2 1 1	2 5 2 1 1	5	4 3 3 3 2 2	4 1 1	2 1
Taeniopteryx	1 3	3	3	3 3	3	2 2 1	1 2	2 2	3	3 2	3	1 2 3 3 3	2 3 1	2 3 2	3	2 2 2 2	2 2	1 2 4 4 1	1	3 3 1	2	3 3 1
Xanthoperla apicalis	3	3	1 3	3 3	3	2 2 1	3	2 1 2 5	1 3	1 3	3	3 3 3 3	3	2 3 1	3	3 3	3 2	2 2 1 1	5	3 3	5	2 1

CHAPITRE 14

ODONATES

Les Odonates constituent un ordre d'insectes hémimétaboles à larves exclusivement aquatiques. Ils sont paléontologiquement un peu plus récents que les Éphéméroptères. Ils sont connus depuis le Carbonifère, notamment par les gigantesques Méganisoptères (75 cm d'envergure contre environ 15 cm pour l'actuel *Anax imperator*) qui disparaîtront au Jurassique. C'est au Permien qu'apparaissent les véritables Odonates avec trois sous-ordres : Zygoptères, Anisozygoptères et Anisoptères. Les Anisozygoptères vont se diversifier très fortement au Jurassique, puis disparaître presque complètement au Crétacé ne laissant que deux espèces aujourd'hui (au Japon et dans l'Himalaya). Les seuls sous-ordres dominants aujourd'hui sont les Zygoptères et les Anisoptères. D'un point de vue phylogénétique, les Zygoptères sont plus primitifs que les Anisoptères.

1 - MORPHOLOGIE ET ANATOMIE

1.1 - LARVES (figs. 14.1 à 14.8)

Les larves sont de teinte relativement terne comparées aux adultes. Leur caractéristique fondamentale, quel que soit le sous-ordre, est la présence d'un labium transformé en organe préhenseur (le masque).

La tête des larves est peu mobile comparée à celle des adultes ; elle porte des antennes multiarticulées, mais le nombre d'articles ne dépasse pas sept. Les yeux composés sont bien développés. Les ocelles sont peu visibles. Le labre est transversal, les mandibules présentent un lobe incisif avec de nombreuses dents aiguës, les maxilles possèdent un palpe uniarticulé avec un apex sclérifié ; le complexe galéa-lacinia présente de nombreuses dents sclérifiées, l'hypopharynx est massif. Le labium comprend un mentum (= postmentum) et un prémentum ; ce dernier porte une paire de palpes labiaux modifiés portant eux-mêmes du côté interne des dents plus ou moins développées. À l'extrémité supérieure des palpes labiaux, on trouve une forte soie ou une griffe articulée. Sur le prémentum, des soies prémentales sont présentes en position dorsale ; la griffe articulée peut également porter des soies. Ce labium est triplement articulé. Le premier point d'articulation est constitué par la jonction mentum-tête, le deuxième par la jonction mentum-prémentum et le troisième par la jonction prémentum-palpes labiaux. Mentum et prémentum sont normalement repliés sous la tête, et les palpes labiaux affrontés dans le plan médian. Chez les Gomphidae et les Aeshnidae, le prémentum et les palpes labiaux sont disposés dans un plan horizontal (masque plat). Chez les Cordulegasteridae, les Libellulidae et les Corduliidae, les palpes labiaux ont une disposition verticale, le prémentum étant lui-même incliné vers le bas (masque en cuillère) ; dans ce cas, vue de face, la partie inférieure de la tête (le labre notamment) est masquée.

Les trois segments thoraciques des larves présentent sensiblement le même développement.

Les pattes sont relativement longues et servent essentiellement à la locomotion ; cependant, chez les Gomphidae dont les larves sont fouisseuses, l'extrémité distale des tibias I et II présente une saillie. Chez les larves matures, les fourreaux alaires sont généralement parallèles. Les tarses sont généralement de trois articles et se terminent par deux griffes.

L'abdomen est toujours plus court que chez l'adulte, il porte souvent des épines (protubérances épineuses) sur l'axe médio-dorsal et sur les bords latéraux postérieurs des derniers segments abdominaux.

L'extrémité de l'abdomen permet de différencier Zygoptères et Anisoptères. Chez les Zygoptères, l'extrémité de l'abdomen comprend deux pièces latérales très courtes : les paraproctes, chacun prolongé par une lamelle branchiale (=lamelle caudale), dorsalement un épiprocte court, également prolongé par une lamelle branchiale. Ces lamelles branchiales ont des formes variées selon les genres et sont de ce fait utilisées en systématique. Les paraproctes sont flanqués latéralement d'une paire de cerques uniarticulés courts. Chez les Coenagrionidae, chaque lamelle branchiale présente un node marquant une coupure morphologique entre une partie distale et une partie proximale.

Chez les Anisoptères, l'extrémité de l'abdomen constitue une pointe conique (pyramide anale) constituée de deux paraproctes latéraux, flanqués de deux cerques uniarticulés et dorsalement d'un épiprocte impair.

1.2 - ADULTES (figs. 14.9 à 14.14)

Les adultes, contrairement à de nombreux adultes d'insectes aquatiques, sont souvent très colorés, la coloration concernant le corps et parfois les ailes.

La tête est volumineuse. Les yeux composés sont très développés. Ils sont séparés dans le plan médian chez les Zygoptères et les Gomphidae ; ils se touchent dans le plan médiodorsal chez les autres Anisoptères. Les antennes sont courtes, les ocelles sont présents et visibles. Labre, maxilles et mandibules sont du même type que ceux des larves ; en revanche le labium est court, non protractile. La tête est très mobile par rapport à l'axe du corps.

Le prothorax est réduit, le méso- et le métathorax constituent un synthorax abritant de puissants muscles alaires. Les pattes sont allongées, relativement grêles et peu différentes les unes des autres. Les ailes sont membraneuses subégales, faiblement nervurées et rabattues latéralement chez les Zygoptères autres que les Calopterygidae. Chez ces derniers, les ailes sont rabattues dorsalement les unes contres les autres, la nervation est assez dense. Chez les Anisoptères, les ailes antérieures sont plus étroites que les ailes postérieures ; les deux paires d'ailes possèdent une nervation très dense. Au repos, les ailes des Anisoptères sont toujours disposées dans un plan horizontal. Chez tous les Odonates, chaque aile porte près du bord antérieur externe un ptérostigma.

L'abdomen est toujours plus long que chez les larves, souvent cylindrique. Il porte à l'extrémité différentes pièces de l'armature génitale et des cerques courts uniarticulés. Chez les mâles, comme chez les femelles, l'orifice génital est situé à l'extrémité de l'abdomen, mais le mâle porte en outre ventralement au niveau du deuxième segment un pénis de structure complexe. Il y a donc chez les mâles séparation entre l'orifice génital et l'appareil copulateur.

2 - BIOLOGIE

Les larves sont exclusivement prédatrices. Elles détectent leurs proies grâce à leurs yeux composés, mais aussi grâce aux antennes et aux nombreuses soies portées par les pattes prothoraciques. Lorsque la proie est suffisamment proche, la larve projette brutalement mentum et prémentum vers l'avant, écarte largement les palpes labiaux, qui se referment sur la proie (fig.

14.6). Prémentum et mentum reprennent leur position initiale, ce qui permet de ramener la proie vers les autres pièces buccales. La proie fermement maintenue par les palpes labiaux est prise en charge par les maxilles et les mandibules.

À la fin de la vie larvaire, les larves, telles celles des Plécoptères, gagnent un support émergé et subissent alors la mue imaginale ; cette émergence a lieu généralement au crépuscule ou la nuit.

L'adulte est plutôt diurne. Il est également prédateur d'insectes ailés, surtout des Diptères. La vue est le principal système sensoriel. Les yeux composés peuvent comporter chez certains Anisoptères jusqu'à 30 000 ommatidies par œil. La durée de vie imaginale est de l'ordre de quelques semaines.

La reproduction est tout à fait originale. Le mâle, avant l'accouplement, doit transférer le sperme depuis l'extrémité de l'abdomen vers l'orifice génital secondaire pourvu d'un pénis situé sur le segment abdominal 2. Ensuite, grâce à des pièces sclérifiées présentes à l'extrémité de l'abdomen, le mâle saisit la femelle au niveau du prothorax chez les Zygoptères, en arrière de la tête chez les Anisoptères. La femelle recourbe l'abdomen vers l'orifice génital du mâle situé sur le deuxième segment abdominal (fig. 14.14). Mâle et femelle peuvent voler « en tandem » avant et après l'accouplement. Chez les Zygoptères et les Aeshnidae, les pontes sont endophytiques (fig. 14.11) ; chez tous les autres Anisoptères, les pontes ne sont pas endophytiques. La femelle de *Cordulegaster* dépose ses œufs dans le sable, les femelles de Libellulidae les déposent à la surface de l'eau. Le nombre d'œufs par ponte varie de quelques centaines à plusieurs milliers.

De l'œuf sort une « prolarve » qui, essentiellement par des mouvements de contraction de tout le corps, va s'extraire d'une enveloppe et libérer une véritable larve de premier stade (le processus relève plus d'une éclosion en deux temps que d'une véritable mue). Il y a de sept à quinze stades larvaires ; la durée du développement larvaire varie de un an à cinq ans (Tableau 14.T1). Beaucoup d'espèces sont monovoltines et polycohortiques.

Tableau 14.T1 - Nombre de mues et durée de vie larvaire de quelques genres (données extraites de Robert, 1958).

Genre	Nombre de mues	Durée de vie larvaire (en année)
Calopteryx	11	2
Lestes	8	1
Coenagrion	9	1
Aeshna	10-11	2
Gomphus	14-15	3 ou 4
Cordulegaster	12	4 ou 5
Cordulia	11	2 ou 3
Libellula	10	1 à 2
Sympetrum	9 à 10	1 à 2

La respiration est de deux types. Chez les Zygoptères, ce sont les lamelles caudales qui jouent un rôle essentiel dans la respiration (fig. 14.1). Chez les Anisoptères, c'est le rectum, à la surface duquel se ramifient quatre troncs trachéens, qui joue le rôle essentiel dans la respiration ; un système de muscles permet à ces larves de faire rentrer ou sortir l'eau du rectum (fig. 14.8).

3 - ÉCOLOGIE

Les Odonates sont surtout présents en milieu stagnant, *Cordulegaster* et *Calopteryx* sont cependant toujours trouvés dans les cours d'eau. La plupart des espèces sont trouvées dans la végétation ou à la surface des sédiments, mais *Cordulegaster* (fig. 14.5) et les Gomphidae sont fouisseurs.

4 - TECHNIQUES D'IDENTIFICATION

La plupart des ouvrages de détermination concernent les adultes qui, au même titre que les papillons et les coléoptères, ont toujours exercé une véritable fascination. Les noms de certaines espèces sont à cet égard très révélateurs : *elegans*, *pulchellus*, *speciosa*, *splendens*, etc. Souvent richement colorés, les adultes peuvent dans certains cas être identifiés sans qu'il soit nécessaire de les capturer. Les larves, plus ternes, morphologiquement souvent très semblables, ont beaucoup moins attiré les entomologistes. Les ouvrages concernant l'identification des Odonates (adultes et larves) sont nombreux (cf. notamment Conci et Nielsen, 1956 ; Robert, 1958 ; Aguesse, 1968 ; Carchini, 1983 ; Aguilar (d') *et al.*, 1985 ; Aguilar (d') et Dommanget, 1998). Parmi les ouvrages concernant uniquement les larves, nous pouvons indiquer, outre les ouvrages généraux cités en introduction, Heidemann et Seidenbusch (1993). Ces derniers (*op. cit.*) donnent des clés et des descriptions des différentes espèces basées sur les exuvies abandonnées par les larves de dernier stade au moment de la mue imaginale.

La plupart des familles sont aisées à identifier, mais l'identification de certains genres dans des familles renfermant de nombreux genres (par exemple, les Coenagrionidae, les Aeshnidae, les Libellulidae et les Corduliidae) reste difficile. L'identification des larves repose sur la forme du prémentum, la forme des antennes, la forme de l'abdomen, et chez les larves de Zygoptères la forme des lamelles branchiales. Hélas, sur du matériel fixé, ces lamelles branchiales se détachent souvent, ce qui rend difficile, voire impossible, toute identification au niveau générique.

Les diagnoses et les clés concernent des larves de dernier stade. En effet, chez les jeunes larves de Zygoptères, les lamelles caudales sont souvent plus étroites que celles des larves de dernier stade et se terminent souvent par des prolongements effilés alors qu'elles sont arrondies chez les larves de dernier stade. Chez les larves d'Anisoptères, il existe souvent des épines latérales sur l'abdomen, chez les jeunes larves de *Aeshna* ces épines sont absentes sur le segment abdominal 6, mais présentes chez la larve mature.

5 - DIAGNOSE

SOUS-ORDRE DES ZYGOPTÈRES (CLÉ 14.C1)

Larves allongées, abdomen étroit se terminant par trois lamelles caudales (ces dernières peuvent se détacher lorsqu'un fixateur est ajouté). Les longueurs données concernent des individus de dernier stade sans les lamelles caudales.

5.1 – Famille des Calopterygidae (clé 14.C1)

Premier article antennaire ≥ une demi-fois la longueur de l'antenne. Une ouverture losangique sur le prémentum (fig. 14.15). Taille jusqu'à 25 mm.

Un seul genre *Calopteryx*.

5.2 – Famille des Lestidae (clé 14.C2)

Prémentum présentant une incision médiane au bord antérieur. Palpe labial profondément incisé. Griffe articulée portant des soies au bord dorsal (figs. 14.1, 14.16 à 14.18).

Lestes (figs. 14.16, 14.18a)

Partie proximale du prémentum très allongée, rétrécie au milieu. Taille jusqu'à 25 mm.

Sympecma (figs. 14.17, 14.18c)

Partie proximale du prémentum en forme de trapèze allongé, sans rétrécissement au milieu. Dents supérieures du palpe labial inégales. Taille jusqu'à 19 mm.

Chalcolestes (fig. 14.18b)

Masque sans rétrécissement au milieu comme chez *Sympecma*, mais les dents supérieures du palpe labial sont subégales. Taille jusqu'à 21 mm.

Une seule espèce : *C. viridis*.

5.3 – Famille des Platycnemididae (clé 14.C1)

Prémentum sans incision médiane au bord antérieur. Pas de soies sur la griffe articulée du palpe labial. Lamelles caudales se terminant par un processus effilé, portant de nombreuses soies. Soies du prémentum sur une seule ligne (fig. 14.19). Taille jusqu'à 17 mm.

Un seul genre : *Platycnemis*.

5.4 – Famille des Coenagrionidae (clés 14.C3 et 14.C4)

Prémentum sans incision médiane du bord antérieur. Lamelles caudales de formes variées, mais sans processus effilé avec de nombreuses soies. Soies du prémentum en deux rangées obliques. Les lamelles caudales sont souvent très différentes entre jeunes larves et larves de dernier stade. Chez les jeunes larves, les lamelles caudales sont souvent étroites et se terminent par une pointe effilée, tandis que chez les larves de dernier stade l'extrémité des lamelles caudales peut être arrondie ou avec une pointe peu marquée.

C'est la famille des Zygoptères qui renferme le plus grand nombre de genres et d'espèces. Certains genres présentent des caractères suffisamment spectaculaires pour être identifiés sans difficulté. Les genres *Coenagrion*, *Erythromma* et *Ischnura* restent difficiles à séparer. Carchini (1983) et Heidemann et Seidenbusch (1993) donnent un caractère (présence ou absence de rangées d'épines sur les premiers segments abdominaux) qui permet de distinguer le genre *Erythromma* des genres *Ischnura* et *Coenagrion*. Si l'on se réfère à ce caractère, il faut alors ranger l'espèce *Cercion lindeni* dans (ou près) du genre *Erythromma*. Heidemann et Seidenbusch (*op. cit.*) considèrent que *Cercion lindeni* = *Erythromma lindeni*.

Enallagma (figs. 14.21, 14.23)

Six articles antennaires. Lamelles caudales très transparentes. Taille jusqu'à 25 mm.

Une seule espèce : *E. cyathigerum*.

Nehalennia (fig. 14.27)

Six articles antennaires. Quatre bandes sombres sur les fémurs. Partie postéro-latérale de la tête arrondie. Lamelles caudales très pointues à leur extrémité, avec des taches sombres irrégulières. Taille jusqu'à 15 mm.

Une seule espèce : *N. speciosa*.

Pyrrhosoma (figs. 14.24, 14.26)

Sept articles antennaires. Lamelles caudales dépourvues de node et présentant une tache en forme de x dans la partie médiane. Partie postéro-latérale de la tête anguleuse. Taille jusqu'à 23mm.

Une seule espèce : *P. nymphula*.

Ceriagrion (fig. 14.25)

Sept articles antennaires. Lamelles caudales pointues à l'apex assez large au milieu avec des taches irrégulières. Taille jusqu'à 17 mm.

Une seule espèce : *C. tenellum*.

Erythromma (figs. 14.28b, 14.30a, c et e)

Six à sept articles antennaires. Premiers sternites abdominaux avec des rangées d'épines courtes. Taille jusqu'à 27 mm.

Ischnura (figs. 14.28a, 14.30d)

Sept articles antennaires. Premiers sternites abdominaux dépourvus de rangées d'épines courtes. Lamelles caudales en forme de feuille de laurier rose. Taille jusqu'à 25 mm.

Coenagrion (figs. 14.29, 14.30b)

Six à sept articles antennaires. Premiers sternites abdominaux dépourvus de rangées d'épines courtes. Lamelles caudales de formes variées. C'est le genre qui renferme le plus grand nombre d'espèces. Taille jusqu'à 25 mm.

SOUS-ORDRE DES ANISOPTÈRES (clé 14.C5)

Larves parfois allongées mais toujours relativement massives. Abdomen se terminant par une pyramide anale.

5.1 – Famille des Gomphidae (clé 14.C7)

Prémentum, vue de profil, aplati ne recouvrant pas le labre. Antennes courtes de quatre articles. Troisième article nettement plus long que les autres articles. Tarse des PI et PII avec deux articles (fig. 14.31).

Gomphus (figs. 14.31, 14.32a, 14.33a)

Pas de rangée d'épines (= protubérances épineuses) en position médio-dorsale sur l'abdomen. Lobe interne du palpe labial en pointe aiguë arquée. Troisième article antennaire allongé. Taille jusqu'à 30 mm.

Paragomphus (fig. 14.35)

Lobe interne du palpe labial à pointe émoussée et plutôt rectiligne. Antennes du même type que celles de *Gomphus* mais avec un quatrième article allongé. Entre l'antenne et l'œil, une protubérance bien marquée portant des soies (cf. *Onychogomphus*)

Une seule espèce en Corse : *P. genei*.

Onychogomphus (figs. 14.32c, 14.33b)

Présence d'épines en position médio-dorsale sur l'abdomen. Lobe interne du palpe labial à pointe émoussée et plutôt rectiligne. Entre l'antenne et l'œil, une protubérance bien marquée. Troisième article antennaire renflé distalement. Taille jusqu'à 25 mm.

Ophiogomphus (figs. 14.32b, 14.33c)

Présence d'épines en position médio-dorsale sur l'abdomen. Troisième article antennaire renflé au milieu. Lobe interne du palpe labial à pointe émoussée et plutôt rectiligne. Entre l'antenne et l'œil, pas de protubérance. Taille jusqu'à 30 mm.

Une seule espèce : *O. cecilia* (= *O. serpentinus*).

5.2 – Famille des Aeshnidae (clé 14.C6)

Prémentum, vue de profil, aplati ne recouvrant pas le labre (figs. 14.4a, 14.38). Antennes avec plus de quatre articles, le troisième pas plus long que les autres. La pyramide anale est généralement nettement plus longue que le segment abdominal 10 sauf chez *Brachytron*.

Boyeria (fig. 14.43a)

Des épines latérales bien marquées sur les segments abdominaux 5 à 9. Bords latéro-postérieurs de la tête anguleux. Taille jusqu'à 40 mm.

Une seule espèce : *B. irene*.

Brachytron (fig. 14.43b)

Yeux petits. Plus grande largeur des yeux en avant. Bords latéro-postérieurs de la tête anguleux. Épines latérales sur les segments abdominaux 6 à 9 peu marquées. Une épine médio-dorsale à pointe émoussée sur le segment abdominal 9. Segment abdominal 10 presque aussi long que la pyramide anale. Taille jusqu'à 40 mm.

Une seule espèce : *B. pratense*.

Hemianax (fig. 14.40b)

Plus grande largeur des yeux dans leur partie postérieure. Bord postérieur de l'œil convexe. Des épines latérales sur les segments abdominaux 7 à 9. Prémentum court, ovalaire. Taille jusqu'à 45 mm.

Une seule espèce : *H. ephippiger*.

Anax (figs. 14.39, 14.40a)

Plus grande largeur des yeux dans leur partie postérieure. Bord postérieur de l'œil concave. Abdomen à section semi-circulaire. Des épines latérales sur les segments abdominaux 7 à 9. C'est le genre d'Aeshnidae qui renferme (pour l'Europe) la plus grande espèce d'Odonates actuels : *Anax imperator*. Taille jusqu'à 55 mm.

Aeshna (figs. 14.38, 14.41)

Plus grande largeur des yeux au milieu. Prémentum trapu. Des épines latérales sur les segments abdominaux 6 à 9 (chez les jeunes larves segments abdominaux de 7 à 9 comme chez *Anax*). Longueur des cerques ≤ une demi-longueur des paraproctes. C'est le genre d'Aeshnidae qui renferme le plus grand nombre d'espèces. Taille jusqu'à 45 mm.

Anaciaeschna (fig. 14.42)

Genre proche du genre *Aeshna*. Plus grande largeur des yeux au milieu. Prémentum allongé. Des épines latérales sur les segments abdominaux 6 à 9. Longueur des cerques < une demi-longueur des paraproctes. Taille jusqu'à 45 mm.

Une seule espèce : *A. isosceles*.

5.3 – Famille des Cordulegasteridae (clé 14.C5)

Prémentum en cuillère recouvrant le labre et atteignant presque la base des antennes. Dents du bord interne des palpes labiaux puissantes et irrégulières, bord antérieur médian du prémentum avec deux dents (figs. 14.2, 14.3, 14.5, 14.6, 14.36, 14.37). Taille jusqu'à 45 mm.

Un seul genre : *Cordulegaster*.

Cette grande espèce présente un développement assez lent (cf. tableau 14.T1). Elle est protégée (cf. Wendler et Nüss, 1994). Elle est souvent présente dans des prélèvements de microhabitats graveleux d'eau courante. Les larves des derniers stades sont aisément identifiables à l'œil nu. Il est donc impératif de les remettre à l'eau après les avoir comptées et éventuellement mesurées.

5.4 – Famille des Libellulidae (clé 14.C9)

Prémentum en cuillère recouvrant le labre et atteignant presque la base des antennes. Bord interne du palpe labial faiblement crénelé (fig. 14.45). Longueur des cerques ≤ une demi-longueur des paraproctes (figs. 14.47b, 14.50a). PI et PII plus courtes et plus trapues que les PIII. On peut distinguer deux sous-familles, les Libellulinae (fig. 14.44) et les Sympétrinae. Les Libellulinae présentent de nombreuses soies sur la tête ; le bord postérieur de la tête est relativement anguleux ; les Sympétrinae (fig. 14.48) présentent quelques soies seulement sur la tête, le bord postérieur de la tête est en courbe régulière.

5.4.1 – Sous-famille des Libellulinae (fig. 14.44)

Libellula (figs. 14.44, 14.46a)

Des épines médio-dorsales sur les segments abdominaux 7 et 8. Taille jusqu'à 25 mm.

Orthetrum (figs. 14.45, 14.46b, 14.47)

Pas d'épines médio-dorsales sur les segments abdominaux 7 et 8. Taille jusqu'à 25 mm.

5.4.2 – Sous-famille des Sympetrinae (fig. 14.48)

Brachythemis

Des épines médio-dorsales arquées sur les segments abdominaux dont le segment abdominal 9. Taille jusqu'à 19 mm.

Une seule espèce : *B. leucosticta.*

Sympetrum (figs. 14.48, 14.49a)

Des épines médio-dorsales sur les segments abdominaux, sauf le segment 9, ou pas d'épine *(S. fonscolombii)*. Chez cette dernière espèce, au moins quinze soies sur le bord dorsal des palpes labiaux (fig. 14.51a). Tête vue de face relativement étroite, yeux hémisphériques. Taille jusqu'à 17 mm.

Leucorrhinia (figs. 14.49b, 14.50)

Soit des épines médio-dorsales sur les segments abdominaux, sauf le segment 9, soit pas d'épines. Tête vue de face élargie transversalement, yeux coniques. Taille jusqu'à 21 mm.

Diplacodes (fig. 14.51c)

Pas d'épines médio-dorsales sur les segments abdominaux. Douze soies sur le prémentum. Taille jusqu'à 17 mm.

Une seule espèce : *D. lefebvrii.*

Crocothemis (fig. 14.51b)

Tête vue de face élargie transversalement, yeux saillants. Abdomen de forme circulaire (plus grande largeur au niveau des segments 6 et 7). Pas d'épines médio-dorsales sur les segments abdominaux. Plus de quinze soies sur le prémentum. Taille jusqu'à 19 mm.

Une seule espèce : *C. erythraea.*

5.5 – Famille des Corduliidae (clé 14.C8)

Abdomen très aplati dorso-ventralement souvent presque aussi long que large. Prémentum en cuillère recouvrant le labre et atteignant presque la base des antennes. Bord interne du palpe labial fortement crénelé (fig. 14.53). Longueur des cerques = deux tiers de longueur des paraproctes (figs. 14.55a, 14.56c). PI, PII et PIII grêles et allongées (fig. 14.52).

Epitheca (fig. 14.55)

Deux tubercules couverts de soies sur l'avant de la tête. Tubercules médio-dorsaux sur les

segments abdominaux 2 à 9 grands et recourbés vers l'arrière. Epines latérales du segment abdominal 9 atteignant l'apex de la pyramide anale. Taille jusqu'à 30 mm.

Une seule espèce : *E. bimaculata.*

Somatochlora (fig. 14.56b et c)

Soit pas d'épines médio-dorsales sur l'abdomen, mais alors des rangées de soies courtes ou une dense pilosité, soit des épines ; dans ce dernier cas, des épines sur le segment abdominal 9. Taille jusqu'à 25 mm.

Oxygastra (fig. 14.56a)

Pas d'épines médio-dorsales sur l'abdomen, mais des rangées de soies courtes. Larves présentant une dense pilosité. Taille jusqu'à 22 mm.

Une seule espèce : *O. curtisii.*

Cordulia (figs. 14.52, 14.54)

Des épines médio-dorsales sur l'abdomen, sauf sur le segment abdominal 9. Taille jusqu'à 25 mm.

Une seule espèce : *C. aenea.*

5.6 – Famille des Macromiidae (clé 14.C8)

Caractères identiques à ceux des Corduliidae, mais fortes épines médio-dorsales arquées sur les segments abdominaux 2 à 9. Une protubérance entre les deux antennes (fig. 14.57). Larves présentant de nombreuses soies sur tout le corps. Taille jusqu'à 32 mm.

Une seule espèce : *Macromia splendens.*

RÉFÉRENCES

Aguesse P. 1968. *Les Odonates de l'Europe occidentale, du nord de l'Afrique et des îles atlantiques.* Masson, Paris, 258 p.

Aguilar (d') J., Dommanget J.-L. et Préchac R. 1985. *Guide des Libellules d'Europe et d'Afrique du Nord.* Delachaux & Niestlé, Neuchâtel, 341 p.

Aguilar (d') J. et Dommanget J.-L. 1998. *Guide des Libellules d'Europe et d'Afrique du Nord.* Delachaux & Niestlé, Neuchâtel, 463 p.

Carchini G. M. 1983. *Odonati.* C.N.R., 21, 80 p.

Conci C. et Nielsen C. 1956. *Odonata.* F.I., 295 p.

Heidemann H. et Seidenbusch R. 1993. *Die Libellenlarven Deutschlands und Frankreichs, Handbuch für Exuviensammler.* Verlag Erna Bauer, Keltern, 391 p.

Hornberger F. 1918. Die Copule der *Aeschna cyanea* L., *Jenaische Zeit. Naturw.*, 55.

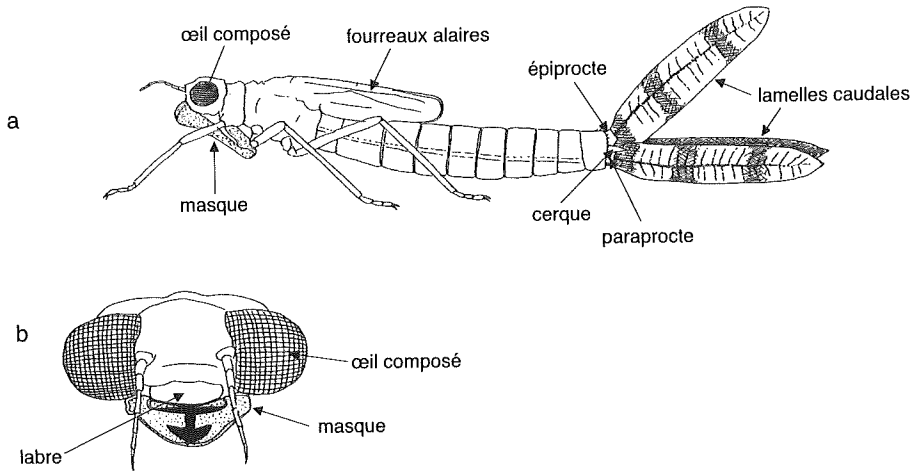
Prodon R. 1976. Le substrat, facteur écologique et éthologique de la vie aquatique : observations et expériences sur les larves de *Micropterna testacea* et *Cordulegaster annulatum.* Thèse, université de Lyon, 221 p.

Robert P. A. 1958. *Les Libellules (Odonates).* Delachaux & Niestlé, Neuchâtel, 364 p.

Wendler A. et Nüss J. H. 1994. *Libellules.* (adaptation française de la seconde édition allemande). S.F.O., Bois-d'Arcy, 129 p.

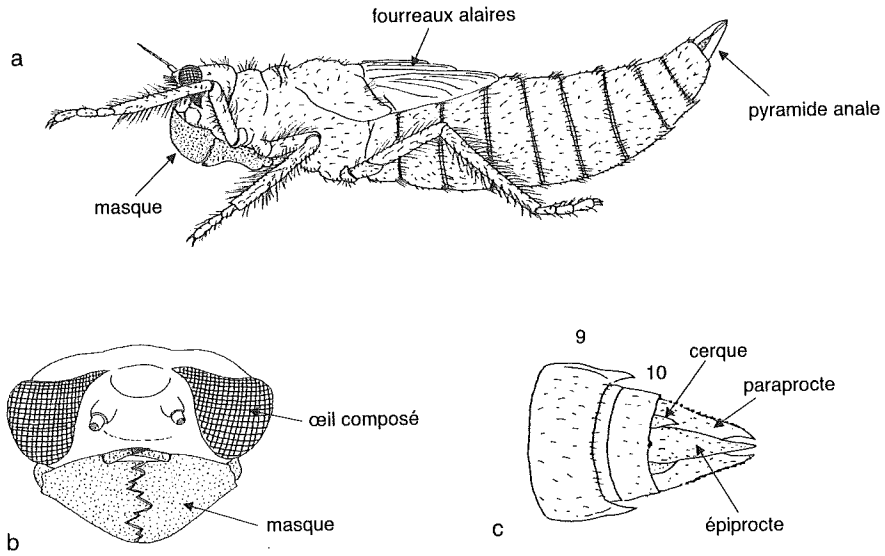
O. Odonates
Larves

sO. Zygoptères

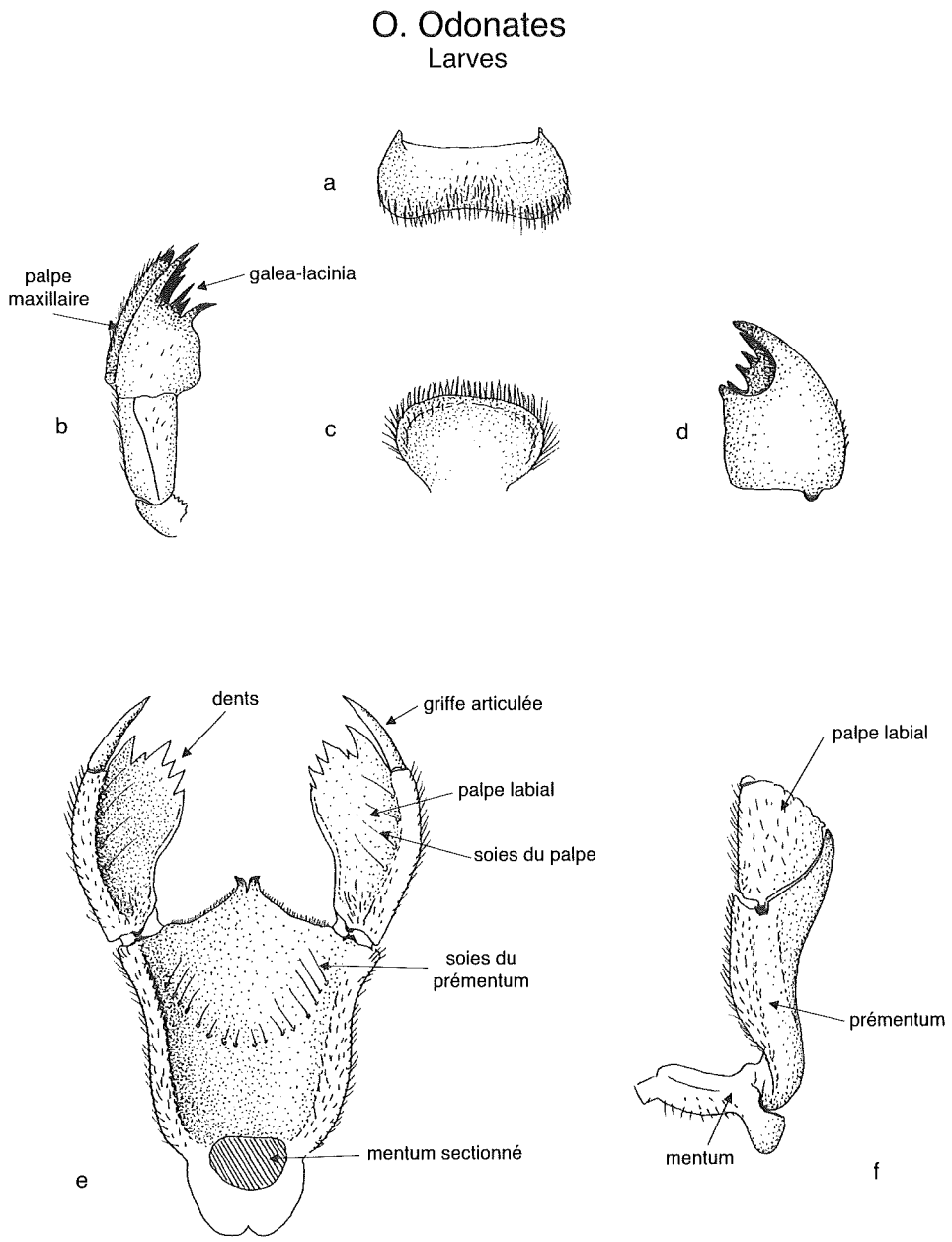


14.1 - Lestidae. a : larve, vl ; b : tête, va

sO. Anisoptères

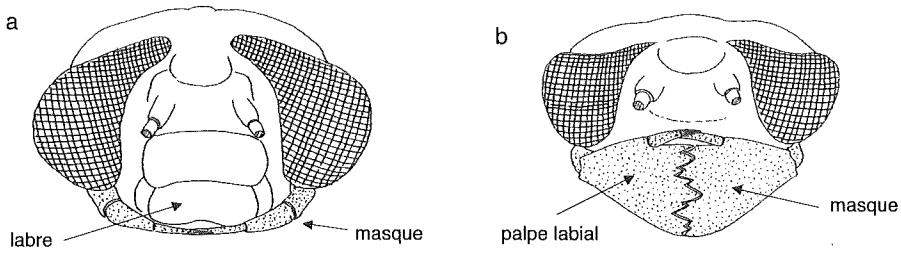


14.2 - *Cordulegaster*. a : larve vl, adapté de Prodon, 1976 ; b : tête va, antennes coupées, adapté de Robert, 1958 ; c : pyramide anale vd

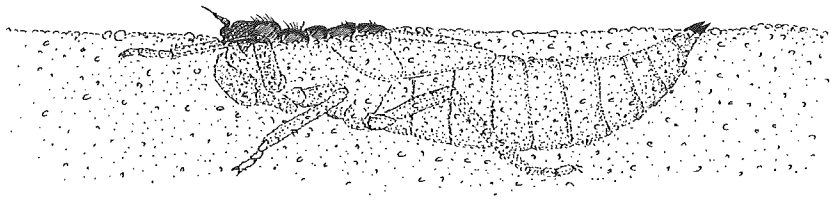


14.3 - Pièces buccales de *Cordulegaster*. a : labre, va ; b : maxille ; c : hypopharynx ; d : mandibule ; e : labium (masque), vd ; f : labium, vl

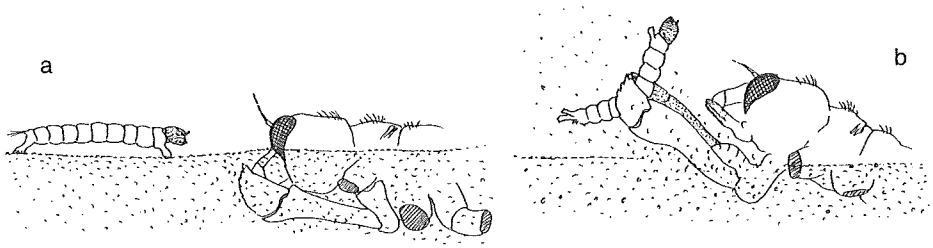
O. Odonates
Larves



14.4 - Anisoptères, têtes va. a : Aeshnidae, masque plat, le labre est visible ; b : *Cordulegaster*, masque en cuillère, le labre est masqué par les palpes labiaux



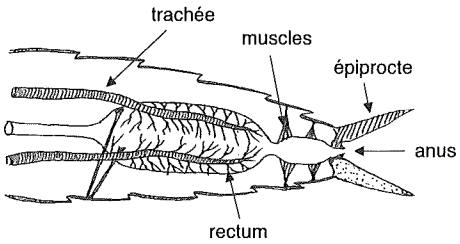
14.5 - Larve de *Cordulegaster* (vl) en position de guet, presque complètement enfouie dans le substrat sableux. Adapté de Prodon, 1976



14.6 - Utilisation du masque dans la capture d'un Chironomide par une larve de *Cordulegaster*. a : avant la capture ; b : projection du masque et fermeture des palpes labiaux.

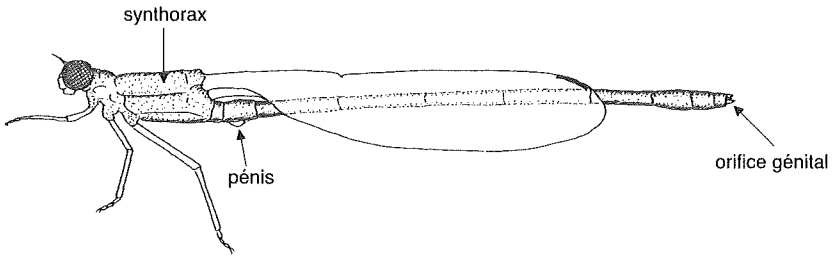


14.7 - Changement de forme au cours du développement larvaire d'une lamelle caudale chez un Coenagrionidae a : jeune larve ; b : larve âgée. Seul l'axe principal a été représenté.

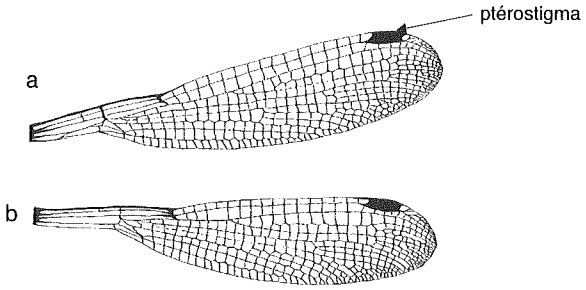


14.8 - Coupe longitudinale simplifiée de l'extrémité postérieure de l'abdomen d'un Anisoptère.

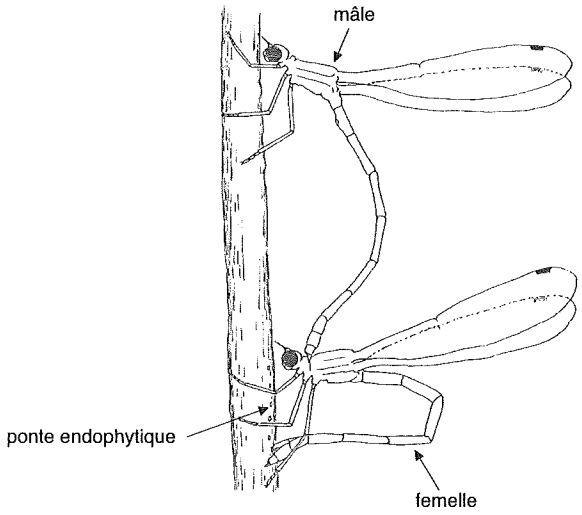
O. Odonates
Adultes
sO. Zygoptères



14.9 - Adulte mâle de Lestidae, vl. La nervation alaire n'est pas représentée

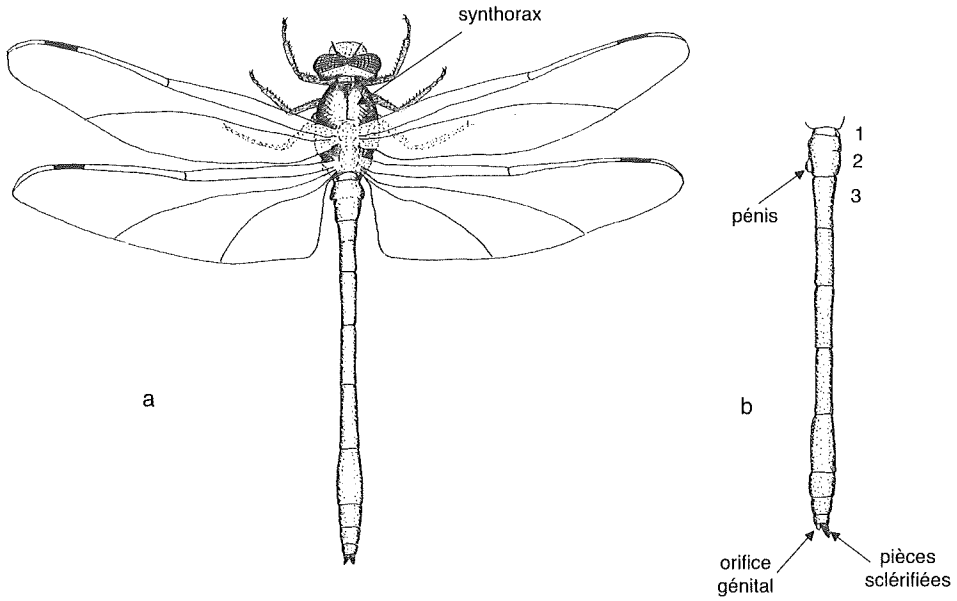


14.10 - Ailes de Lestidae. a : aile antérieure ; b : aile postérieure

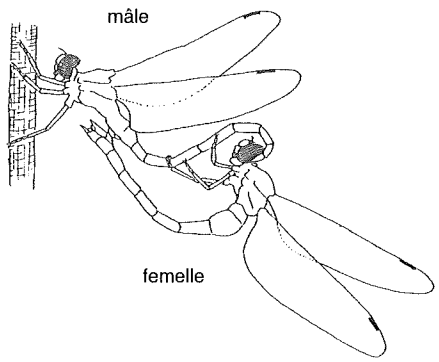


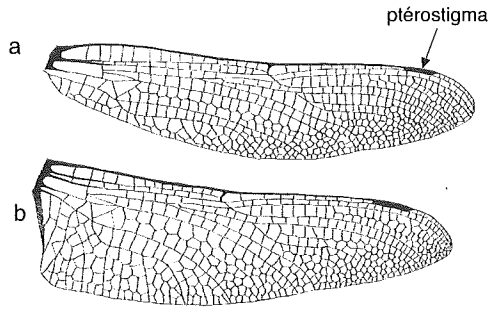
14.11 - Adultes de Lestidae. Tandem post-copulatoire. Le mâle tient la femelle au niveau du prothorax grâce à des pièces sclérifiées situées à l'extrémité de l'abdomen. La femelle dépose ses œufs dans un végétal (ponte endophytique).

O. Odonates
Adultes
sO. Anisoptères



14.12 - a : adulte de *Cordulegaster*, vd ; la nervation alaire n'est que partiellement représentée. b : abdomen d'un mâle de *Cordulegaster*, vl.

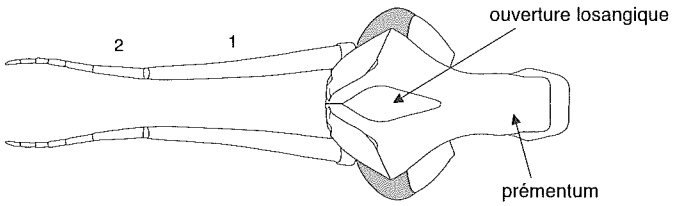




14.13 - Ailes de *Cordulegaster*.
a : aile antérieure ; b : aile postérieure

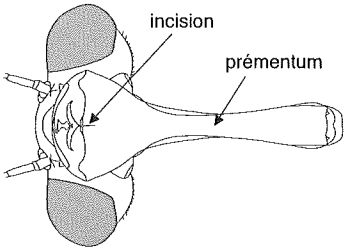
14.14 - Copulation de deux adultes d'Aeshnidae. Le mâle a saisi la femelle en arrière de la tête avec des pièces sclérifiées situées à l'extrémité de l'abdomen. La femelle a placé son orifice génital en contact avec le pénis du mâle. Adapté de Hornberger, 1918.

F. Calopterygidae

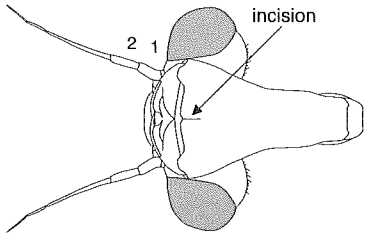


14.15 - *Calopteryx*, tête vv

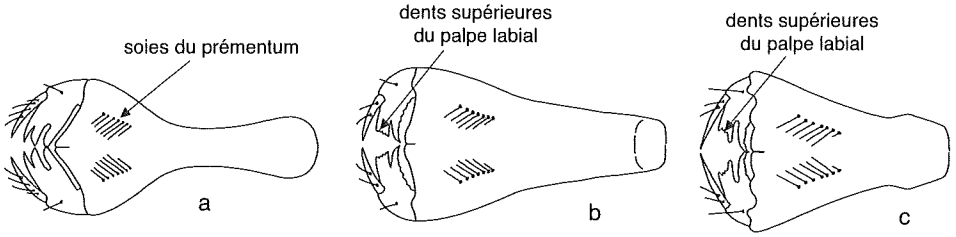
F. Lestidae



14.16 - *Lestes*, tête vv, antennes coupées

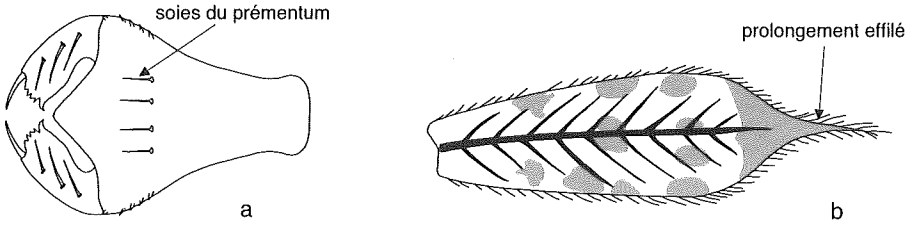


14.17 - *Sympecma*, tête vv



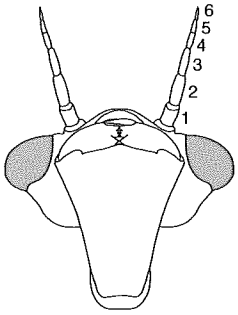
14.18 - Lestidae, prémentum vd. a : *Lestes* ; b : *Chalcolestes* ; c : *Sympecma*.

F. Platycnemididae

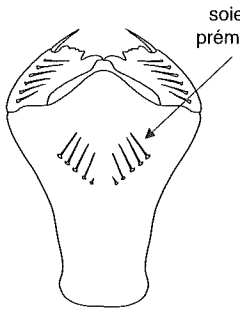


14.19 - *Platycnemis*. a : prémentum, vd ; b : lamelle caudale, vl.

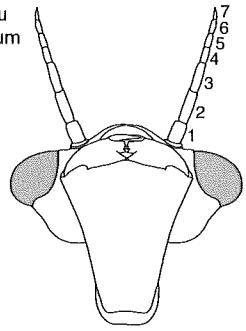
F. Coenagrionidae



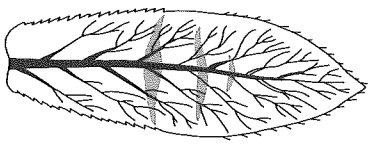
14.20 - Coenagrionidae, tête vv, 6 articles antennaires



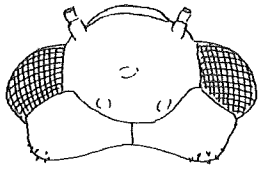
14.21 - *Enallagma* prémentum, vd.



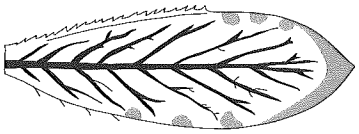
14.22 - Coenagrionidae, tête vv, 7 articles antennaires



14.23 - *Enallagma*, lamelle caudale vl.



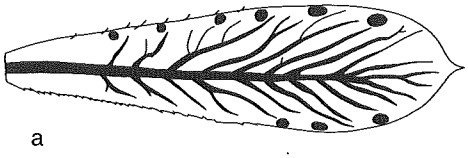
14.24 - *Pyrrhosoma*, tête vd.



14.25 - *Ceriagrion*, lamelle caudale vl.



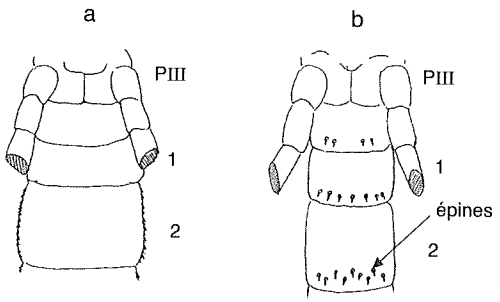
14.26 - *Pyrrhosoma*, lamelle caudale vl.



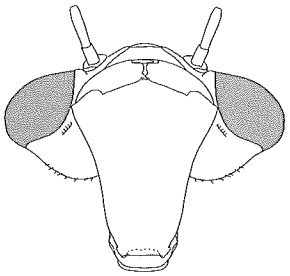


14.27 - *Nehalennia*. a : lamelle caudale vl ; b : fémur.

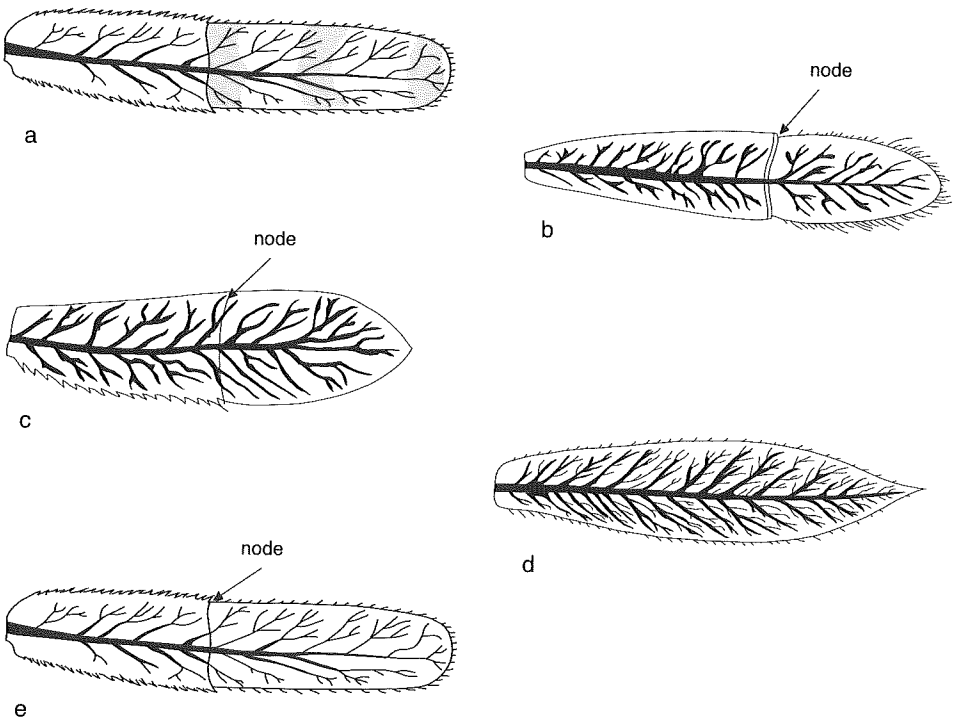
F. Coenagrionidae 2



14.28 - Abdomen, segments 1, 2 vv PIII coupées. a : *Ischnura* ; b : *Erythromma*

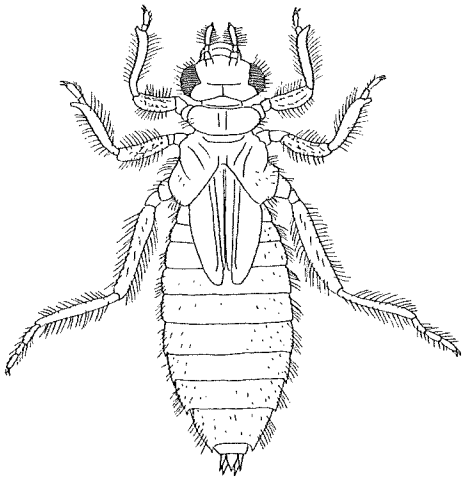


14.29 - *Coenagrion*, tête vv, antennes coupées

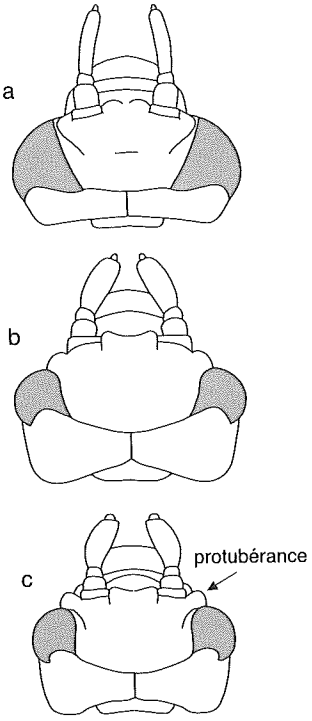


14.30 - Lamelles caudales vl. a : *Erythromma najas* ; b : *Coenagrion* sp. ; c : *Erythromma viridulum*; d : *Ischnura* ; e : *Erythromma*, autres espèces.

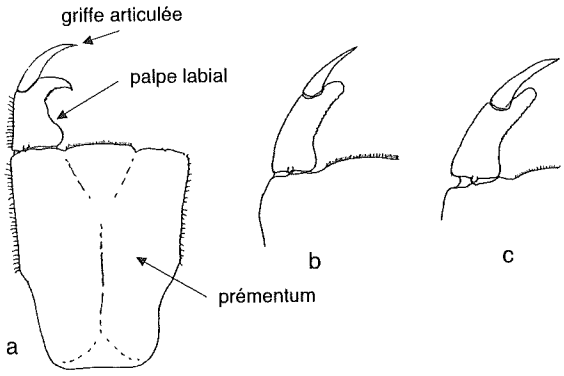
F. Gomphidae



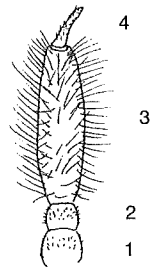
14.31 - *Gomphus*, larve vd.



14.32 - Têtes vd. a : *Gomphus* ;
b : *Ophiogomphus* ;
c : *Onychogomphus*.

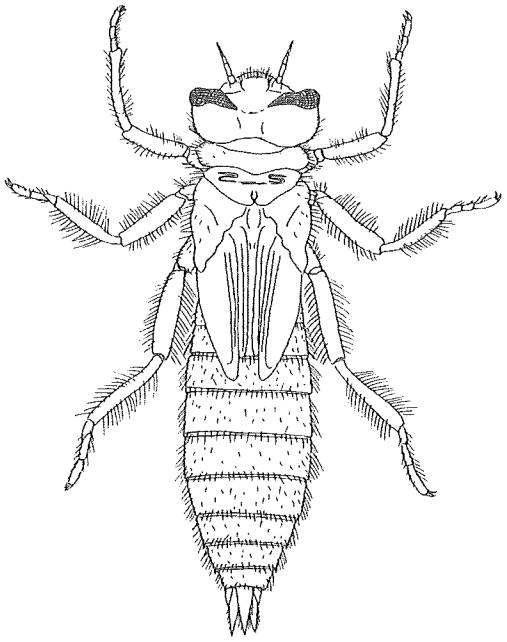


14.33 - Prémentum (vv) et/ou palpe labial.
a : *Gomphus* ; b : *Onychogomphus* ; c : *Ophiogomphus*

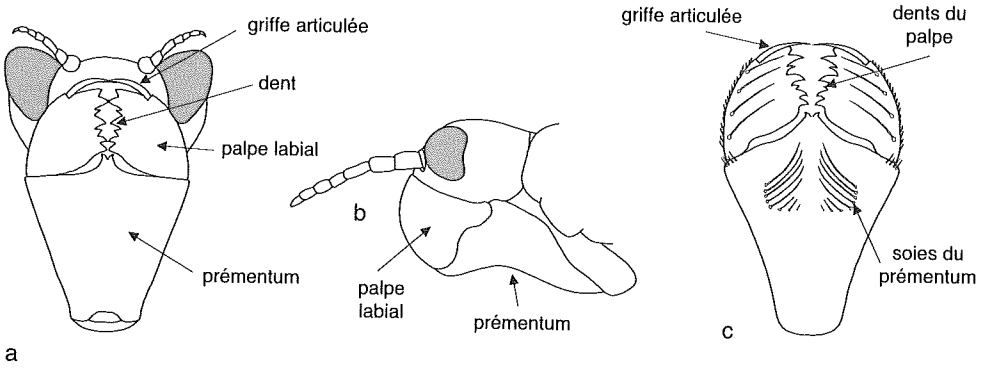


14.34 - Antenne :
Paragomphus.

F. Cordulegasteridae

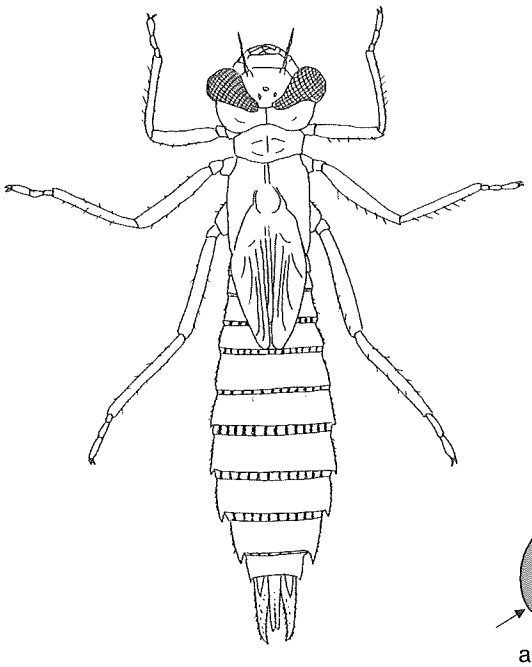


14.36 - *Cordulegaster*, larve vd.

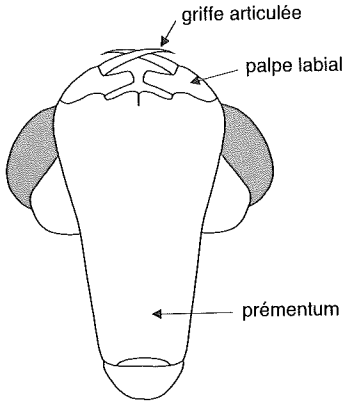


14.37 - *Cordulegaster*, tête. a : vv ; b : vl ; c : prémentum vd.

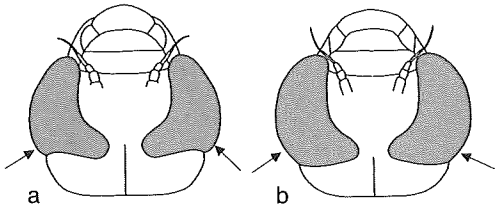
F. Aeshnidae



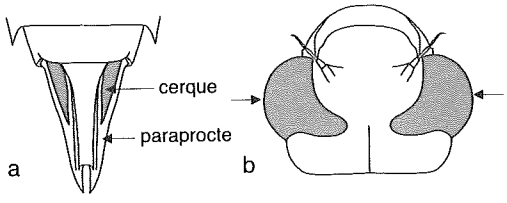
14.38 - *Aeshna*, larve vd.



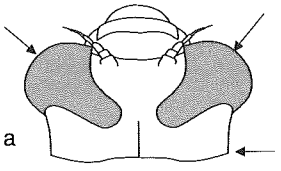
14.39 - *Anax*, tête vv

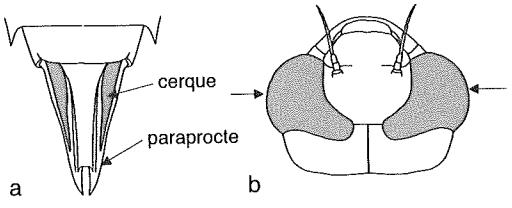


14.40 - Tête vd. a : *Anax* ; b : *Hemianax*

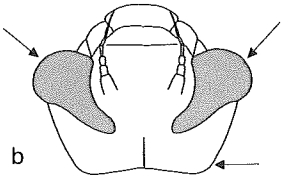


14.41 - *Aeshna*. a : extrémité de l'abdomen vd ; b : tête vd





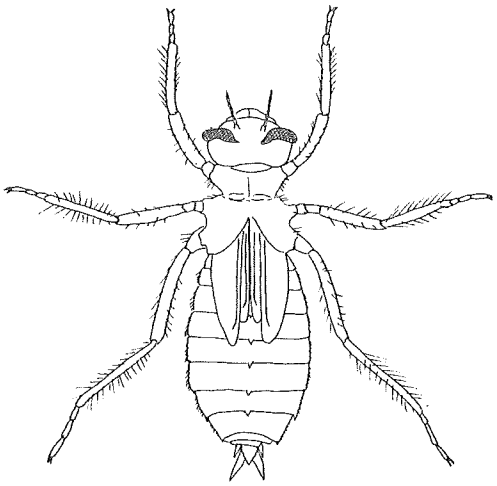
14.42 - *Anaciaeschna*. a : extrémité de l'abdomen vd ; b : tête vd.



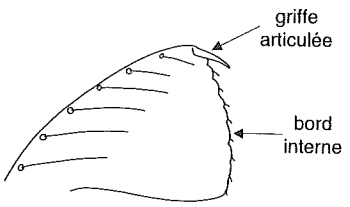
14.43 - Tête vd. a : *Boyeria* ; b : *Brachytron*.

F. Libellulidae

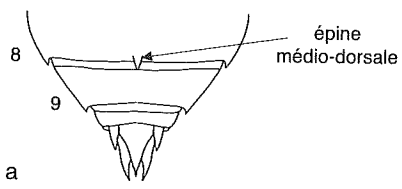
sF. Libellulinae

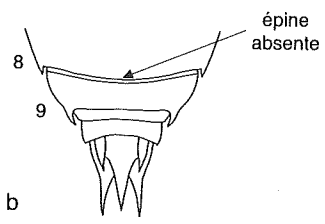


14.44 - *Libellula*, larve vd.

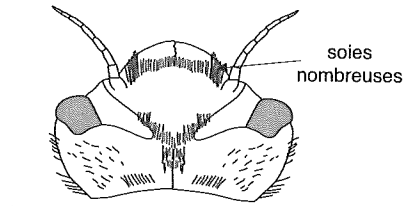


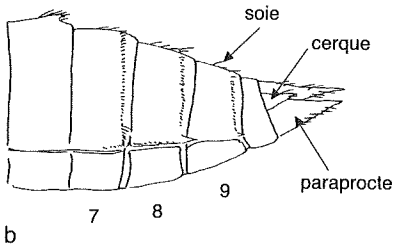
14.45 - *Orthetrum*, palpe labial vd.





14.46 - Abdomen, extrémité postérieure vd. a : *Libellula* ; b : *Orthetrum*.

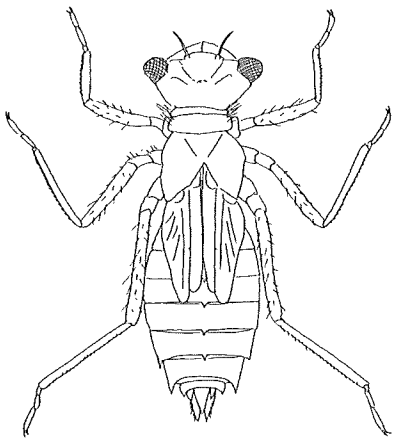




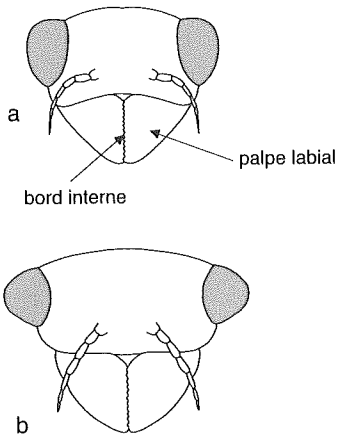
14.47 - *Orthetrum*. a : tête vd ; b : abdomen vl.

F. Libellulidae 2

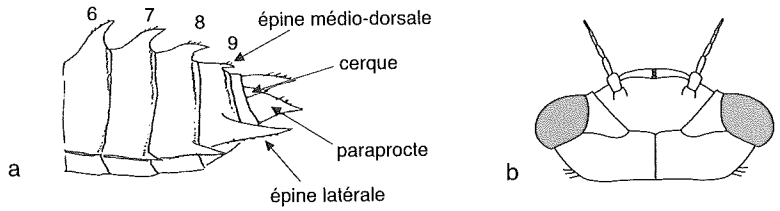
sF. Sympetrinae



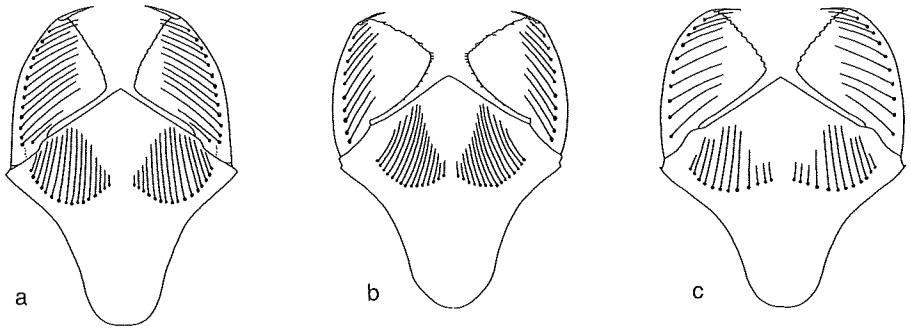
14.48 - *Sympetrum*, larve vd.



14.49 - Tête va. a : *Sympetrum* ; b : *Leucorrhinia*.

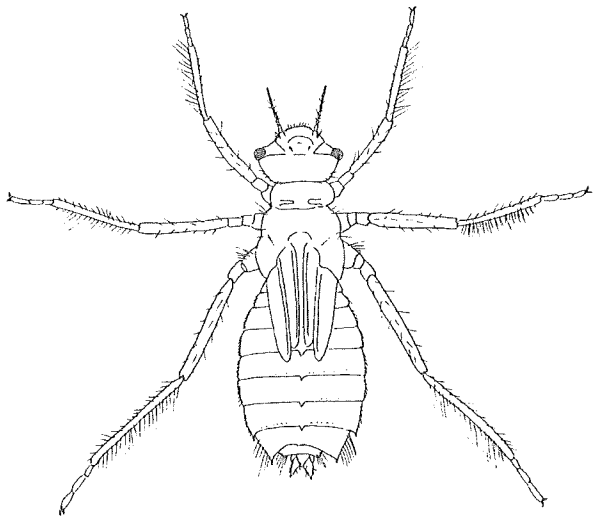


14.50 - *Leucorrhinia* sp. a : abdomen vl ; b : tête vd.

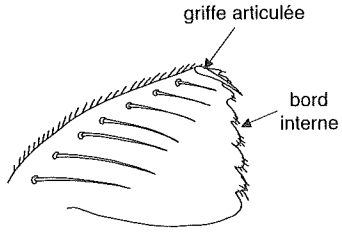


14.51 - Prémentum vd. a : *Sympetrum fonscolombii* ; b : *Crocothemis* ; c : *Diplacodes*.

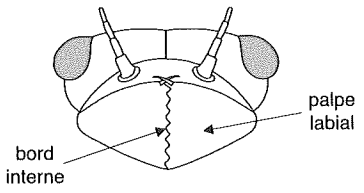
F. Corduliidae et F. Macromiidae



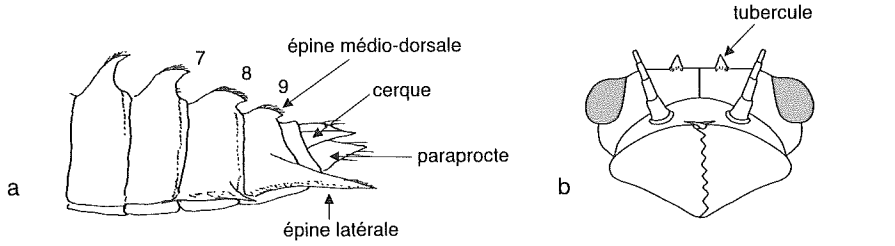
14.52 - *Cordulia*, larve vd.



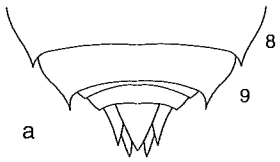
14.53 - *Oxygastra*, palpe labial vd.

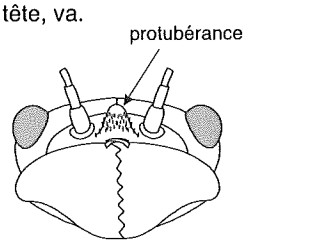


14.54 - *Cordulia*, tête va.

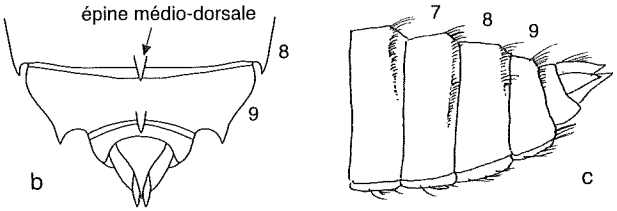


14.55 - *Epitheca*. a : abdomen, vl ; b : tête, va.





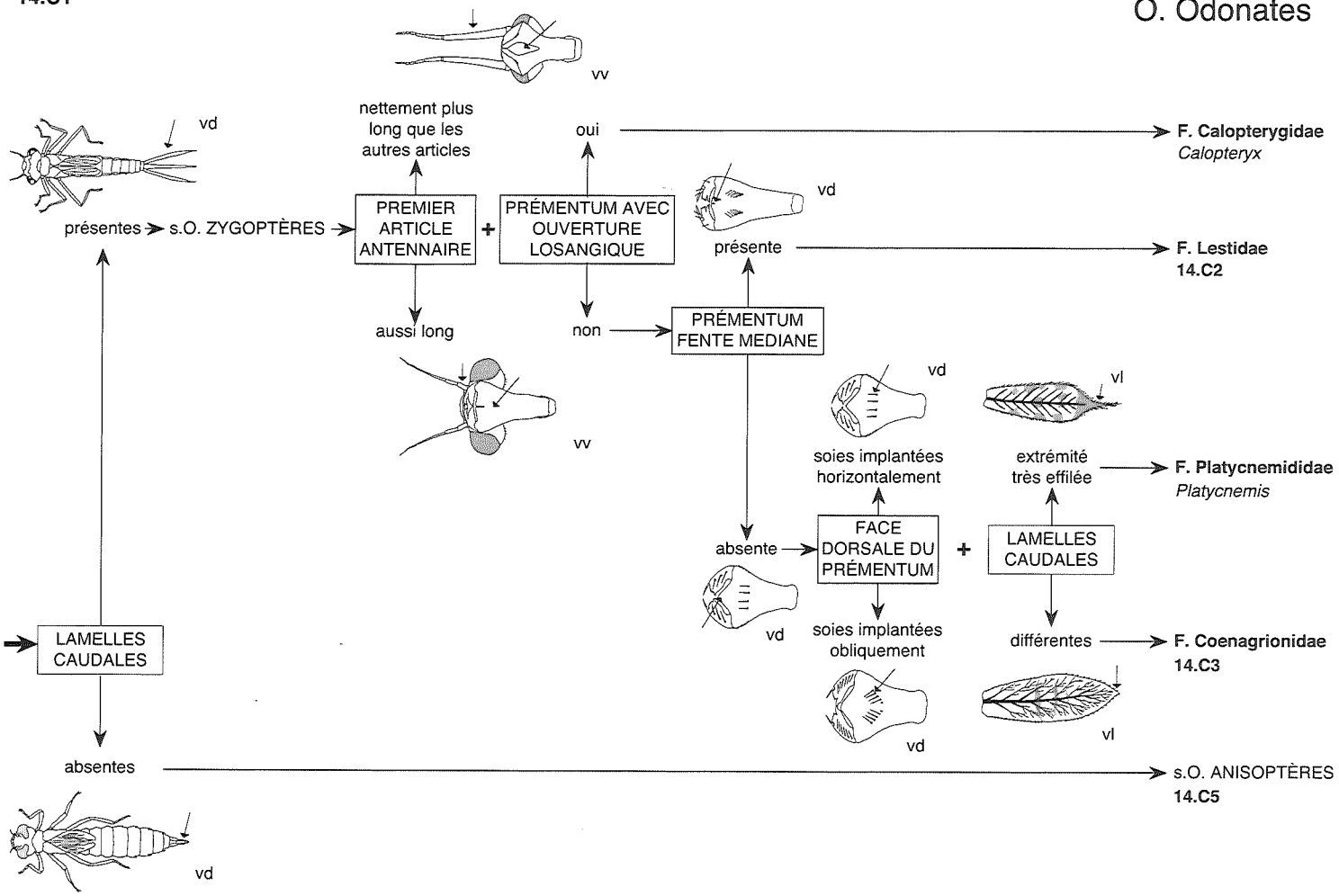
14.57 - *Macromia*, F. Macromiidae, tête va.



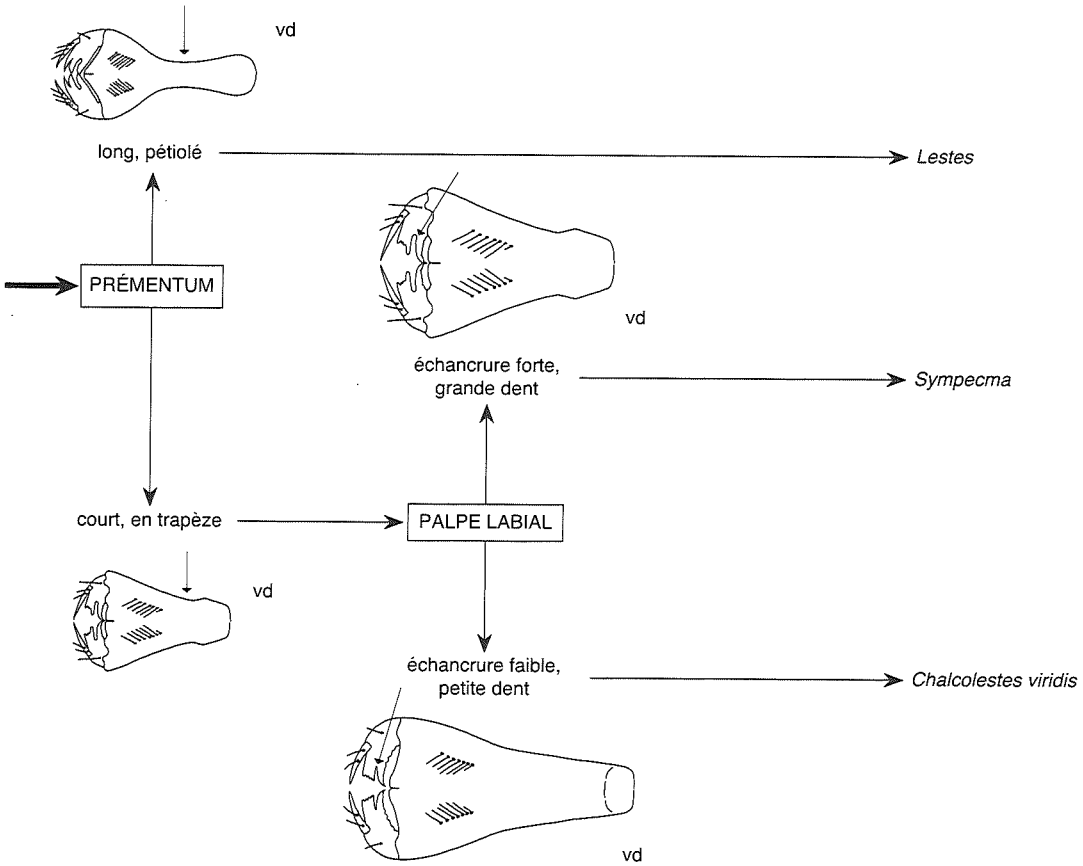
14.56 - Abdomen. a : *Oxygastra* vd ; b : *Somatochlora* vd ; c : *Somatochlora*, abdomen vl.

14.C1

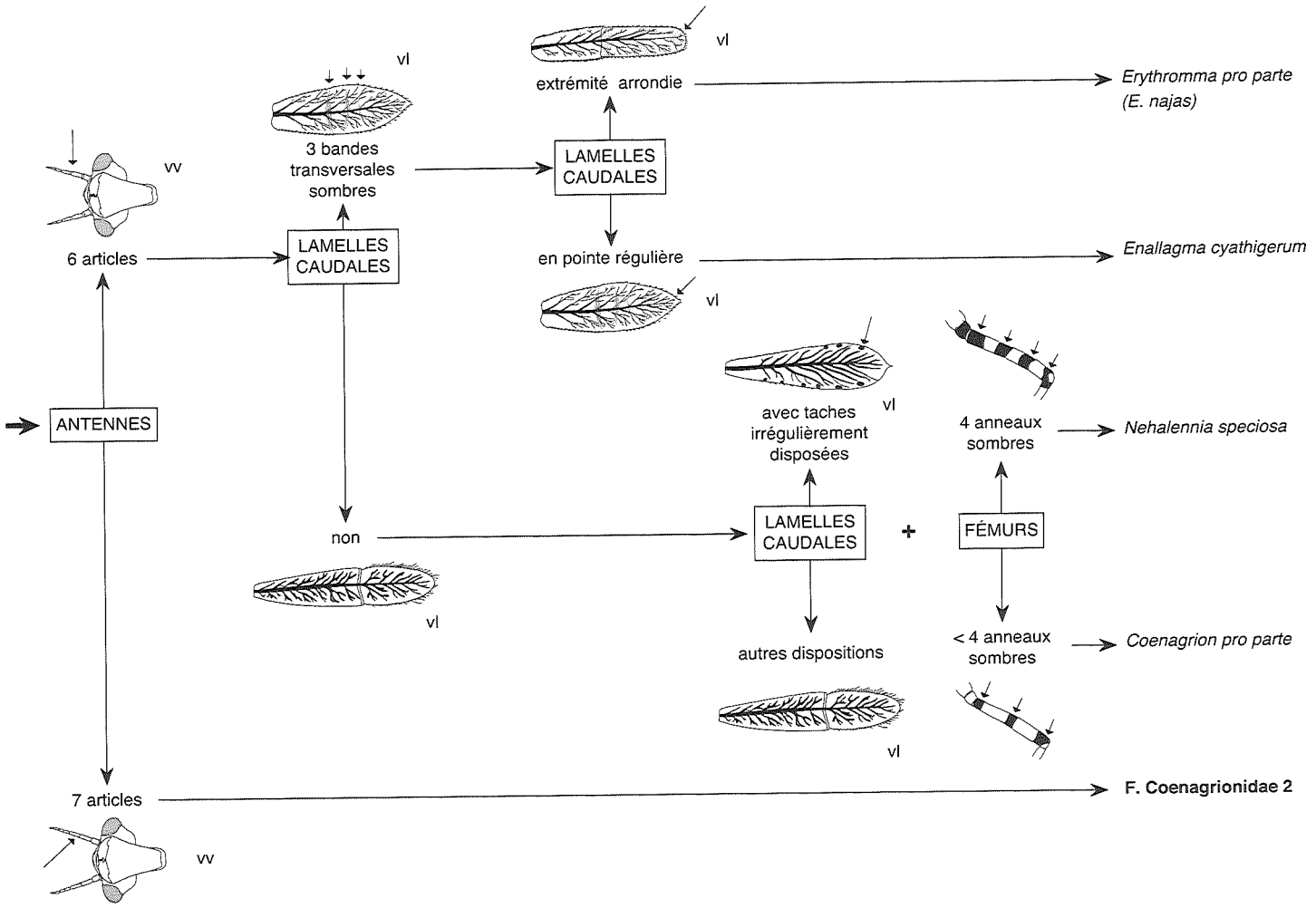
O. Odonates



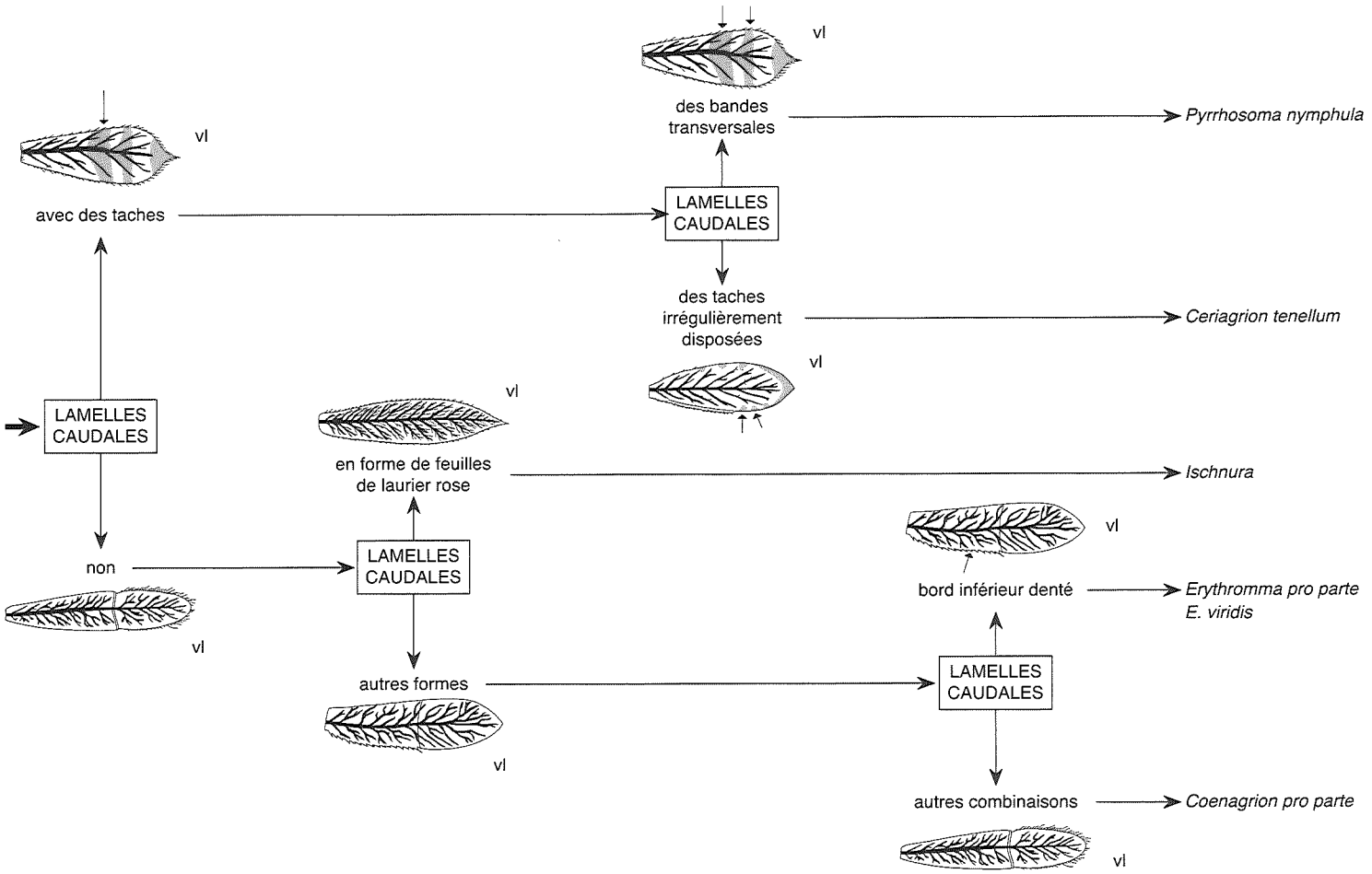
F. Lestidae


vd
long, pétiolé
Lestes
PRÉMENTUM
vd
échancrure forte,
grande dent
Sympecma
court, en trapèze
PALPE LABIAL
vd
échancrure faible,
petite dent
Chalcolestes viridis
vd

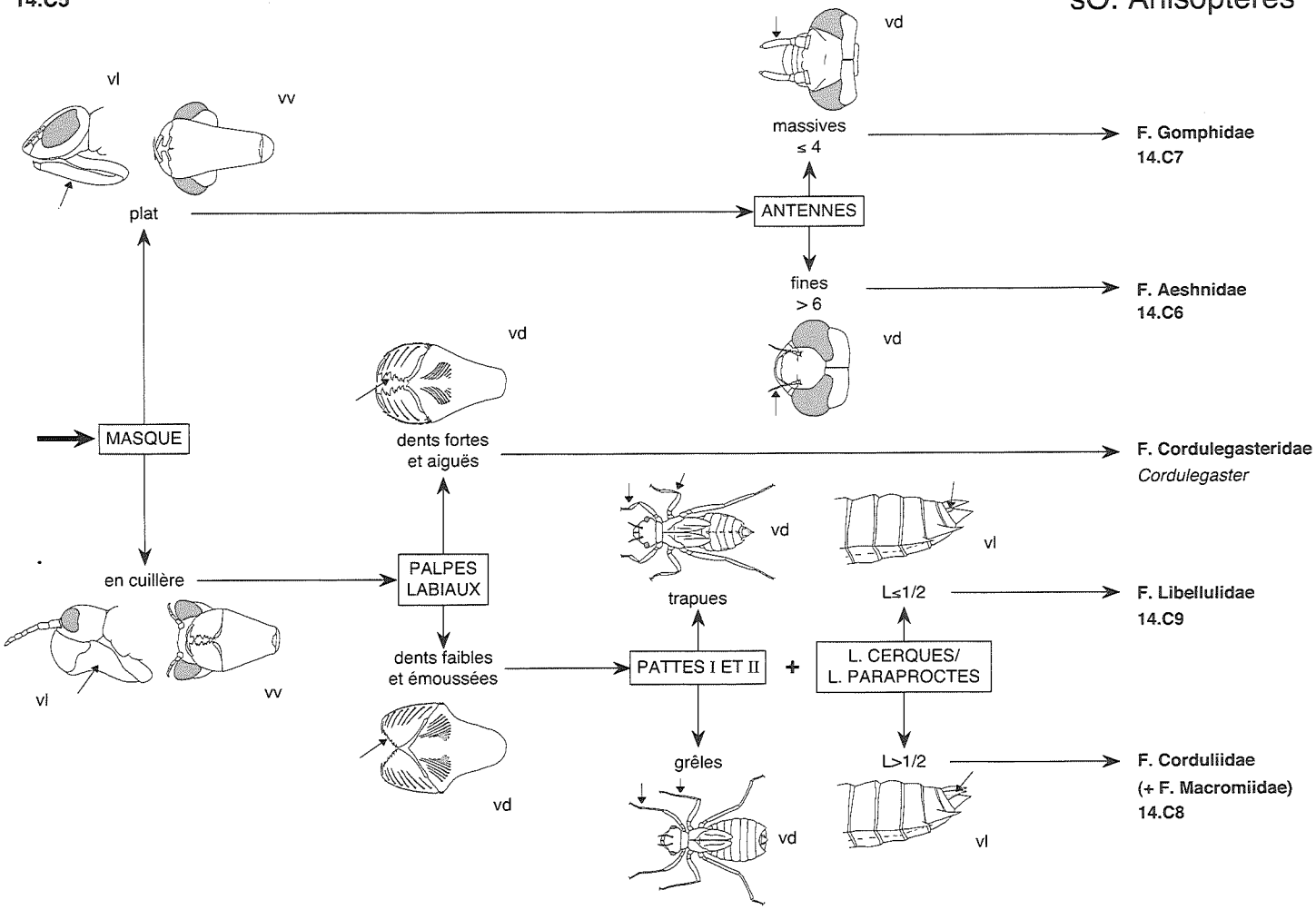
F. Coenagrionidae



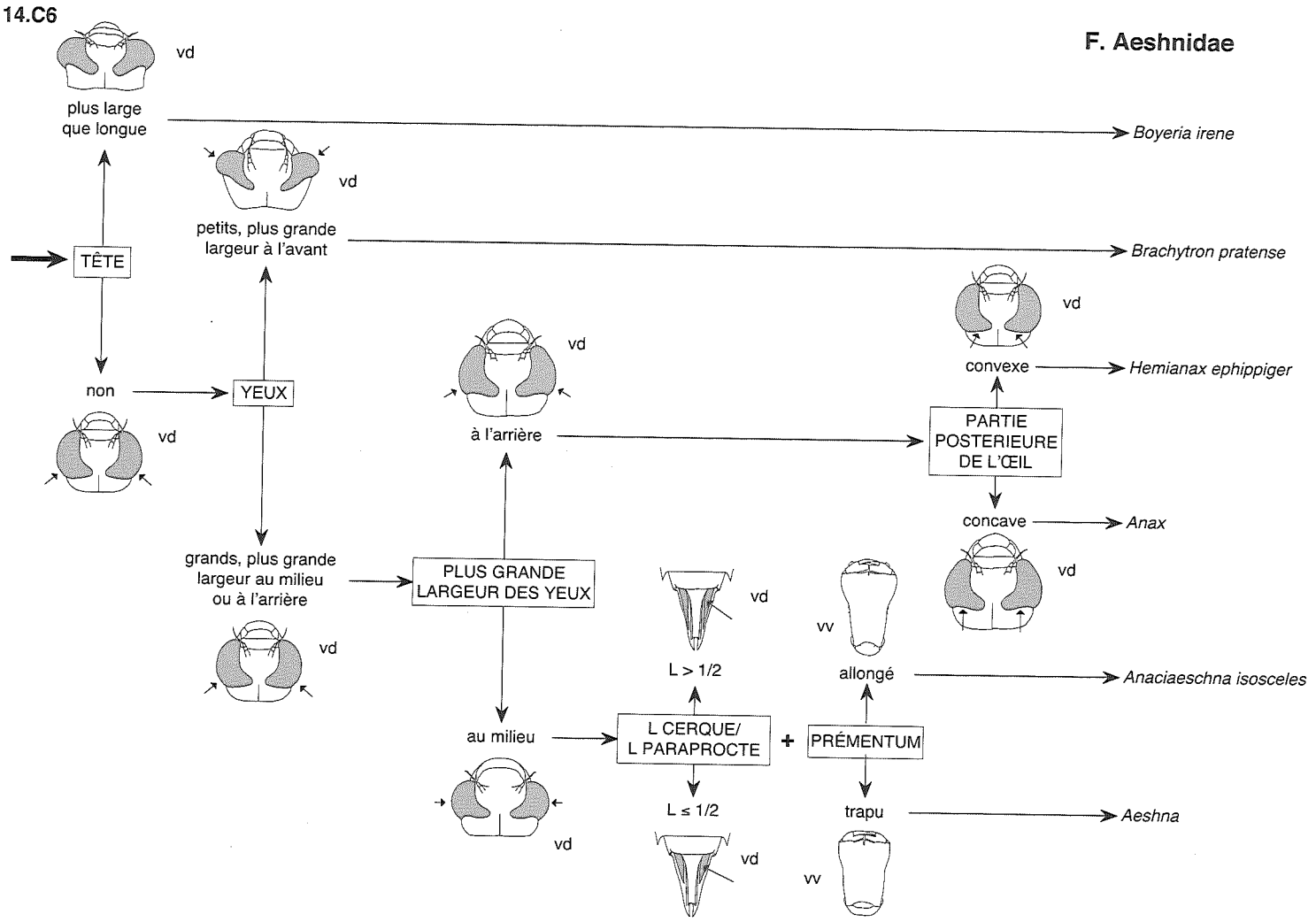
F. Coenagrionidae 2



sO. Anisoptères

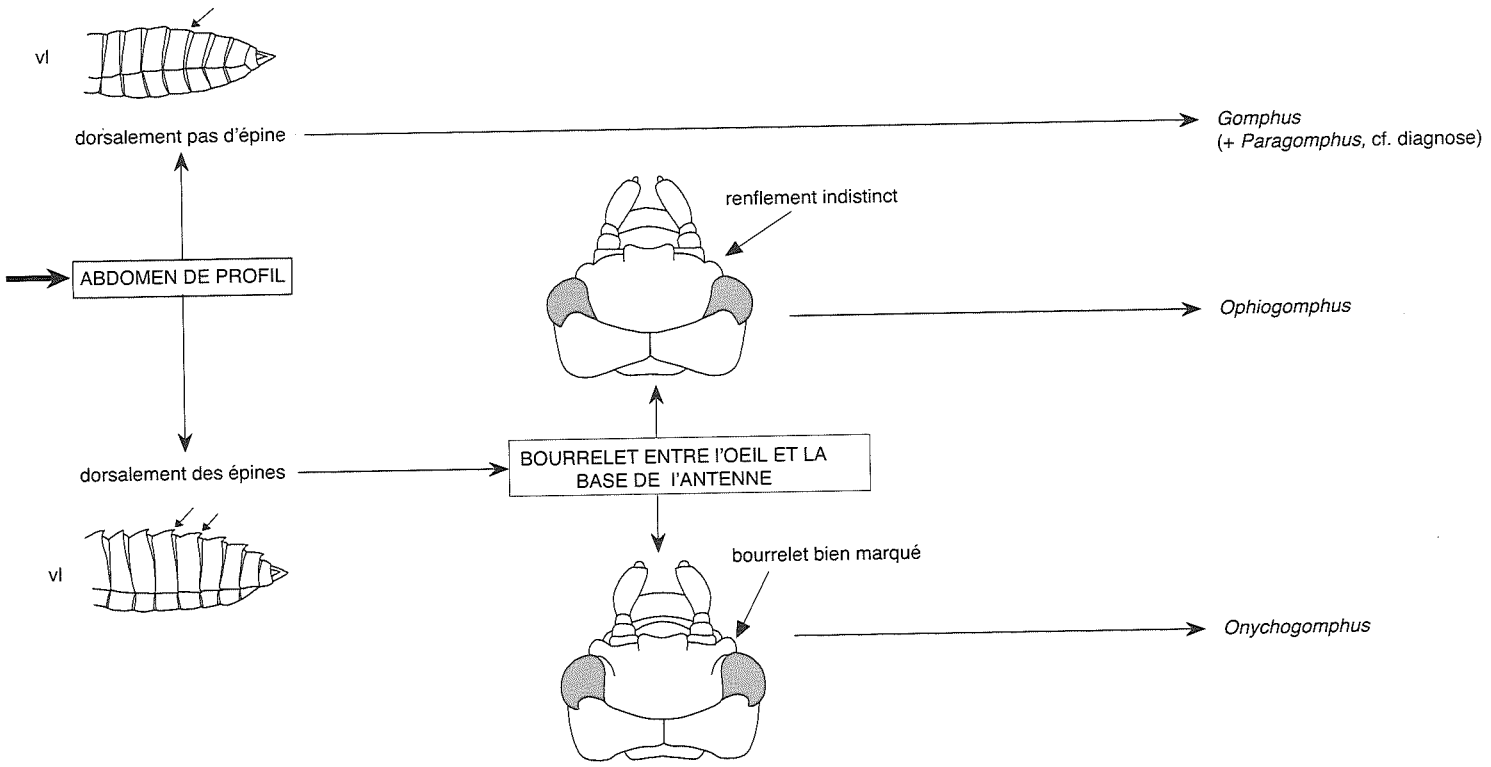


F. Aeshnidae


vd
plus large que longue
Boyeria irene
vd
petits, plus grande largeur à l'avant
Brachytron pratense
TÊTE
non
YEUX
vd
vd
à l'arrière
vd
convexe
Hemianax ephippiger
PARTIE POSTERIEURE DE L'ŒIL
concave
Anax
vd
grands, plus grande largeur au milieu ou à l'arrière
vd
PLUS GRANDE LARGEUR DES YEUX
vd
L > 1/2
vv
allongé
Anaciaeschna isosceles
au milieu
L CERQUE/ L PARAPROCTE
+
PRÉMENTUM
vd
L ≤ 1/2
vd
trapu
Aeshna
vv

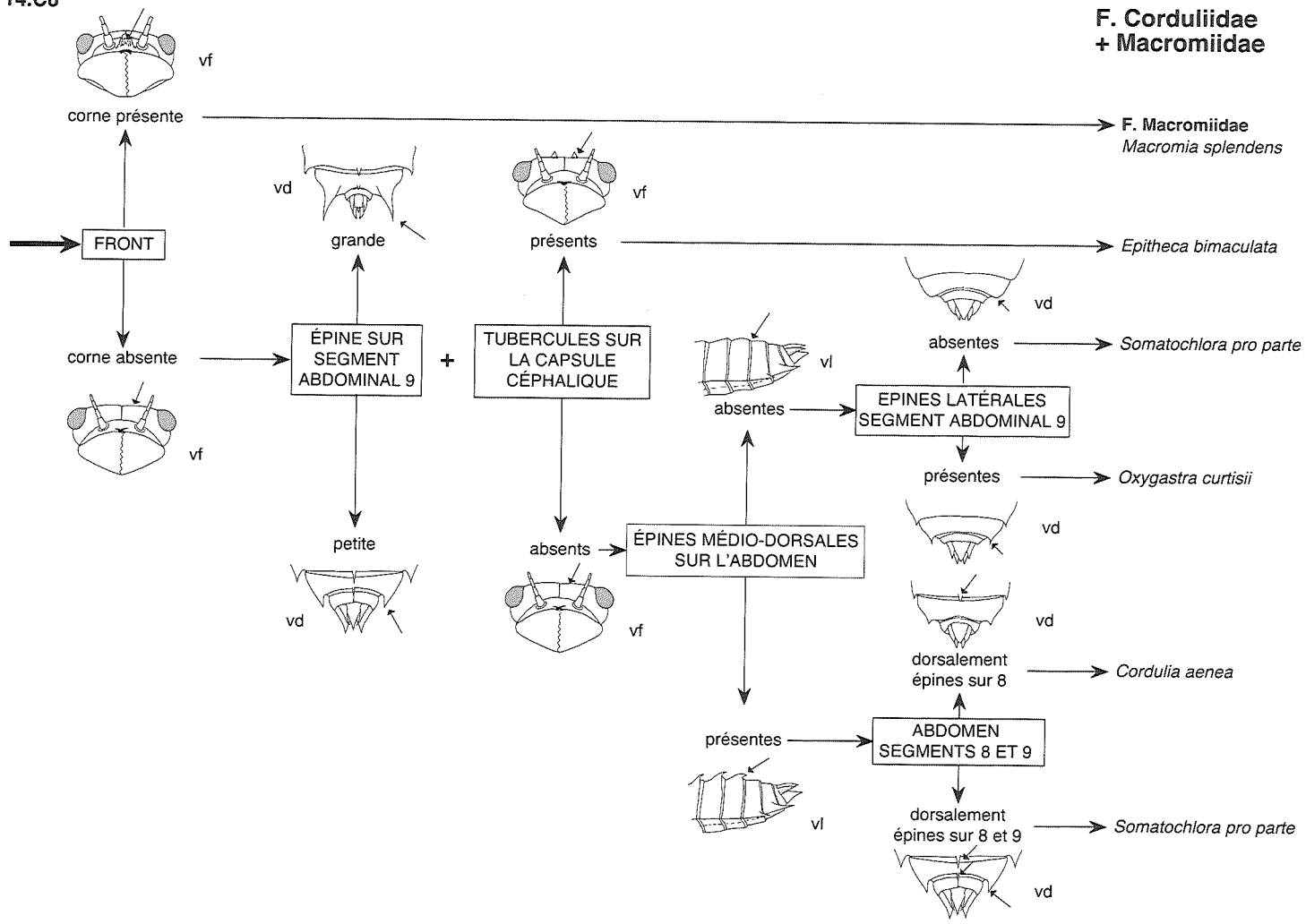
14.C7

F. Gomphidae



14.C8

F. Corduliidae + Macromiidae



F. Libellulidae

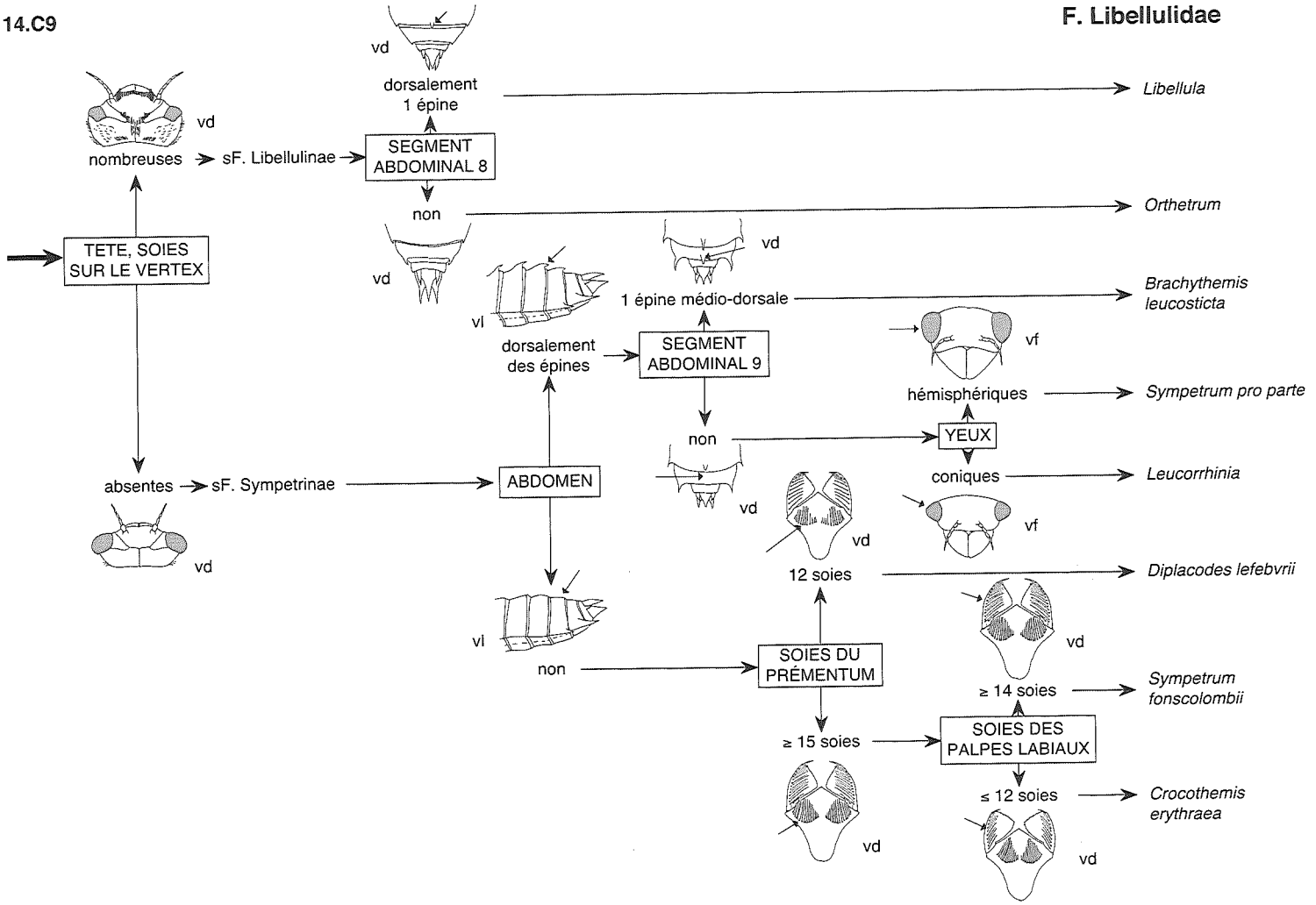


Tableau 14.T2 - Traits biologiques, physiologiques et écologiques : Odonates

Traits N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Modalités N°	3 4 5 6	1 2	1 2 3	1 2	2 3 4 5 6 7	1 2 4	1 4 5	7 8 9	7	1 2	1 2 3	1 2 3 4 5 6	1 2 3	1 2 3 4 5	1 2	1 2 3 4 5	1 2 3	1 2 3 4 5 6 8	1 2 3 4 5 6	1 2 3 4 5 6 7 8 9	3 4 5	1 2 3 4
Aeshna	2 3	1 3	3 1	1 3	2 3 3	1 1 3	2 1	1 4 1	3	1 3	3	1 1 2 2 3	1 3	1 3 1	3 1	2 3 3 2 2	2 3 2	1 1 4	1 2 2 3	4 2 3 2	5	3 1
Anaciaeschna isosceles	1 3	3	3	2 3	3	1 3	3	1 4 1	3	1 3	3	1 3 3 3	2 1	3 1	3	1 1 1 1 1	3	5	3 3 3	2 2 2 1	5	3
Anax	3	2 2	1 3	2 3	3 2	1 3	2 2 2	1 4 1	3	1 3	3	1 2 3 3 3	3	1 3 1	3 1	1 1 1 1 1	3 1	2 1 5	1 3 1 2	4	2 4	3
Boyeria irene	3 1	3	3	2 3	3	2 3	1 3	1 4 1	3	1 3 1	3	2 3 2 2 3	3	3	3	3 2 2 3	2 2	2 2 1 1	2 3	3 1 4 2 2 3 1	5	2 2
Brachytron pratense	3	3	3	2 3	3	1 1 2	3	1 4 1	3	1 3	3	1 1 1 2 2 2	1 1 1	1	3	1 1 1 1 1	3	5	1 3 2 1 3	1	5	3 1
Calopteryx	1 3 1	2 2	1 3	3 3	3	2 1 2	2 2	5	3	1 3	3	3 3 3	2 3 1	1 3 2	3	3 2 1 3 3	3 2	1 1 3 3 3 3	2	3 1 1 4	1 4	1 2 2 1
Ceriagrion tenellum	3	2	1 2	2 3	3	3	1	5	3	1 3	3	1 2 3 3 2	3 1 1	1 3 1	3	1 1 1 1 1	3	1 1	2 2 2	3	5	3 2
Chalcolestes viridis	3	1	3 1	1 3	3 2	1 1 3	3 1	1 4	3	1 2	3	1 2 3 3 2	2 3	1 3 2	3	2 2 2 2 2	3 1 1	4 3 1	3 1	3	1 4	2 3
Coenagrion	3	3 1	1 3 1	2 3	3	2 1 3	2 2	1 4	3	1 3	3	1 2 3 3 3	1 3 1	1 2 2	3 1	2 2 2 2 2	3 2 2	1 1 1 2 2 3	2 2 2 1 2	1 4 2 2	5	3 2 1 1
Cordulegaster	2 3	3	3	2 3	1	2 3	3 5	3 1 3	1	3	3	2 3 3 2	3	1 3 3	3	1 1 1 1 1	3 2	1 3 2	1 4	2 2	5	3 2 1
Cordulia aenea	3	1 3	2 1	3 3	1 1 3	1 3	3 1 4	3 1 3	3	2 2 3 3 3	2 2	3 2 1	3	1 1 1 1 1	3 2	5 1	1 3 3 2	2 3	1 4	2 2 1		
Crocothemis erythraea	3	1	1 2	3 3	2 2	1 3 1	2 5	3 1 3	2	2 3 2 2	2	1 3 1	1 3 1	3 2 3 3 3	3 1	2 3 3	3	1 3 2	1 2 2	5	3 2	
Enallagma cyathigerum	3	2 1 1 3	3	2 3	3	1 1 3	3 1 4	3 1 3	3	2 3 3 3 3	1 3 1	1 3 1	3 1	1 1 1 1 1	2 2 1	2 2 4	1 2 2	2	1 4 2 3	5	3 2	
Epitheca bimaculata	3	3 3	3	3 3	3	1 3	3 1 4	3 1 3	3	2 3 3 3	3	3 1	3	3 1	3	3 2	3	1 1 4	1 2 2	2	5	3 2
Erythromma	3 3	1 3 2 2 1	2 3	2 3	3	1 3	3 5	3 1 3	3	1 1 1 3 3	2 2 2	1 3 1	3 1	1 1 1 1 1	3 1	1 1 1 1 1	3 1	2 2 4	1 2 2	2	5	3 2
Gomphus	3	3 3	3 3	3 3	1 3	2 3 3	5	3 1 3	3	2 3 3 3	3 2 1	1 3 2	3	2 2 2 2 2	3	3 2	3	1 1 4	1 2 2	2	5	3 2
Hemianax ephippiger	3	3	3	2 3	3	3	3 1 4	1 3 1	3	1 3	3 1	2 3 2 1	3	3 1	3	1	1 3	1 2 2 1 1 2	2 3 1	1 2 2 4	2	1 4 1 2 3
Ischnura	3	3	2 2	2 3	3	1 1 3	2 2	1 4	3	1 3	3	1 1 1 3 3	3	1 3 1	3 2	2 2 2 2 2	2 2 1	1 3 4	1 2 2 1 2	2	5	3 1
Lestes	1 3	1	3 1	1 3	3 3	1 3	3 1	2 4	3	1 1 1 3 3	3	1 1 1 3 3 2	1 3	3	3 2	2 2 2 2 2	2 1	1 2 2 1	2	2 3 3	2	1 4
Leucorrhinia	2 3	3 3		3 3	3	3 1 2	3	1 3	3	1 1 1 3 3 2	1 3	3		3 2 2 2 2 2	2 1	2 3 3	2	4	1	1 4	3 1	
Libellula	3	1 3 3 1		3 3	2 3	1 3	1 5	3 1 3	3	3 3 2 1 1 1	3	3		5		2 3 2 1		3	2 4	3		
Macromia splendens	3	3 3		3 3	3	1 3	1 5	3 1 3	3	3 3 3 2 2 2	1 1 1	3 2	3	2 2 2 2 2	3 3 1	1 1 1 1	4	2 2 2 1 2	2 3 2	3 2	2 4 1	3 2
Nehalennia speciosa	2 3	2	1 2	2 3	3	1 3	1 4	3 1 3	3	2 3 2 2 1 3	3	1 3	3	3	3	1 1 1	3	3 2	3	3	3 2	1 3
Onychogomphus	3	3 3 1		3 3	1 3	3	1 5	3 1 3	3	1 3 3 2	1	3 1	3	3 1	3	3 1	3 1	5	2 2	4 2	5	3
Ophiogomphus cecilia	3	3 3 1		3 3	1 2	2 3	5	3 1 3	1	2 3 2 2 2 3	3	2 3 1	2 3	1 1 1 1 1	3 1	2	2	2 2 3	1	1	2 3	1 2 2
Orthetrum	1 3	3 3		3 3	1 2	2 3	5	3 1 3	1	2 3 2 2 1 1 1	3	2 3 1	3	3 3 1	3 1	4 1	3 1	3 3	4 3	3 1	2 4	2 2 1
Oxygastra curtisii	1 3	3 3		3 3	3	1 1 3	2 5	3 1 3	3	1 1 1 2 2	1 2	1 3 1	3 1	1 3 1	3	1 1	1	2 2 2 1 2	2 2 1	2 2	1 3 1	3 2 1
Paragomphus genei	3	3	3	3 3	3	2 3	3 1 4	3 1 3	3	2 3 3 3	1	1 3 1	3	1 1 1 2	3	3	2	1 1 1 1	1 3 1	3 2	1 3 1	3 2 1
Platycnemis	3	2 2 3		3 3	3	1 1 3	2 2 3	3 1 3	3	2 1	2 1	1	3	3 1	3 1	1 1	5 1	5	3 2	2	1 2 3	1 2 3
Pyrrhosoma nymphula	3	3 2 2 2 1		3 3	3	2 1 3	3 1 4	3 1 3	3	1 1 3	2 2	1 3 2	3	2 1 1 2 2	3	1 1 1 2 3 3 2	3 2	2	2 3	2 5	2 3 1	
Somatochlora	2 3	3	3	3 3	3 1	1 3	2 1 4	3 1 3	3	1 1 2 3 3 3	2 2	2 3 2	3 1	1 1 1 1 1	3 1	1 1 1	1 3	2 2 2 2 1 2	1 4	3 2 1		
Sympecma	3	1 2	1 2	1 3	2 3	1 3	5	3 1 3	3	1 1 3 3 3 3	3	2 3 1	3	2 3 2 2 2	3 3 2	1 1 2 2 4	2 2 3 1 2	1 1 2 5 2	3 1	3 1		
Sympetrum	3	3	3 1	2 3	3 1	1 3	2 3 5	3 1 3	1 1	3 3 2 2 2 3	3	1 3 1	3 1	3 2 2 2 2	3 3 2	5	3 2 2 2	1 2 2 3	3 1			
												1 1 1 1 1 2	1 2				3	1 3 3 1 2	1 1 1 4	4 1	2 4	3 2 1

CHAPITRE 15

HÉTÉROPTÈRES

Les Hémiptères se partagent en deux sous-ordres : les Hétéroptères et les Homoptères. Les Hémiptères se caractérisent par la transformation de l'appareil buccal en rostre. Celui-ci est constitué par le labium formant un tube, segmenté ou non, à l'intérieur duquel coulissent maxilles et mandibules transformées en stylets. Cette adaptation correspond à un régime alimentaire liquide, mais on observe chez certains Hémiptères (notamment les Corixidae) une modification du rostre permettant l'absorption de particules.

En Europe, les Hétéroptères sont les seuls Hémiptères à avoir des représentants inféodés plus ou moins strictement aux milieux aquatiques. Chez les Hétéroptères, la gula est sclérifiée (contrairement aux Homoptères où elle reste membraneuse). Les ailes antérieures des Hétéroptères sont partiellement sclérifiées (hémélytres). Cependant, chez les Hétéroptères aquatiques, il existe de nombreux cas d'aptérie, de microptérie et de brachyptérie et, de ce fait, ce caractère de l'aile est souvent difficilement visible.

Pour l'identification des Hétéroptères aquatiques, on pourra consulter, outre les ouvrages généraux cités en introduction, Poisson (1957), Macan (1965), Dethier (1985) et Savage (1989). D'un point de vue biogéographique, on pourra consulter Polhemus *et al.* (1995).

Les Hétéroptères aquatiques sont des insectes paurométaboles avec coexistence des larves et des adultes. Les adultes se reconnaissent grâce à la présence des ailes (chez les formes macroptères, brachyptères ou microptères) et à celle des génitalia chez toutes les formes. Il existe deux infraordres d'Hétéroptères aquatiques : les Nepomorpha et les Gerromorpha.

1 - MORPHOLOGIE ET ANATOMIE

Nous présentons simultanément les caractères des larves et des adultes.

1.1 - TÊTE (figs. 15.3, 15.11, 15.22, 15.23)

Les yeux sont composés chez la larve et l'adulte, des ocelles existent chez certains Gerromorpha. Les antennes ont de un à cinq articles ; ceux-ci sont longs (Gerromorpha) ou courts (Nepomorpha), dans ce dernier cas les antennes ne sont pas visibles dorsalement (Cryptocérates). Le rostre naît de la partie antérieure de la tête ; il est normalement rabattu ventralement mais, chez des formes prédatrices à rostre court, il peut être dirigé antérieurement. Le labium a de un à quatre articles ; les palpes labiaux et les palpes maxillaires ont disparu. Labre, mandibules et maxilles sont transformés en stylets qui délimitent en position médiane un canal salivaire et un canal d'aspiration ou un canal unique chez les Corixidae.

1.2 - THORAX (figs. 15.1, 15.2, 15.4)

Le pronotum est grand, le mésothorax est plus développé que le métathorax. Au niveau du mésothorax, présence d'une pièce impaire triangulaire : le scutellum (écusson). Les pattes sont de formes variées selon les groupes et selon leur position, le tarse comprend de un à trois articles chez l'adulte, toujours un seul article chez les larves. Il y a une ou deux griffes. Chez les Nepomorpha nageurs (Corixidae notamment), les PIII sont aplaties et pourvues de franges de soies facilitant ainsi la nage. Les PI sont modifiées en pattes ravisseuses chez les Nepidae et les Naucoridae ; dans ce cas, le fémur et le tibia - ce dernier fusionné avec le tarse - (tibio-tarse) peuvent se rabattre sur le fémur qui présente une gouttière. Chez les Corixidae, le tarse des PI est constitué d'un seul article et forme une sorte de raclette permettant la récolte de microparticules organiques ou d'algues microscopiques. Chez les mâles de Corixidae, il existe des plages de soies courtes en forme de bâtonnets sur la face interne des fémurs. Le frottement du bord du rostre sur ces plages de soies permet à l'insecte de striduler (fig. 15.4a et b).

Lorsque les ailes sont normalement développées, les ailes antérieures présentent typiquement les deux parties caractéristiques des Hétéroptères : une partie proximale sclérifiée (corie = corium) et une partie distale membraneuse (membrane) (l'ensemble constitue une hémélytre, d'ou le nom de Hémiptères) ; les ailes antérieures sont rabattues à plat sur l'abdomen. Les ailes postérieures sont membraneuses. Chez les Gerridae et chez les Aphelocheiridae notamment, il existe un di- ou un polymorphisme alaire (fig. 15.8). En effet, au sein d'une population, il existe des adultes avec deux paires d'ailes normalement développées (individus macroptères), des individus avec des ailes partiellement régressées (individus brachyptères ou microptères) et des individus à ailes totalement régressées (individus aptères) qui ressemblent alors à des larves. La présence des génitalias suffit à les distinguer des larves. Chez les Nepidae, en dépit d'une macroptérie apparente, on observe une incapacité au vol liée à une régression des muscles alaires.

1.3 - ABDOMEN

Il n'y a pas de cerque, l'orifice génital des femelles s'ouvre sur le huitième segment et celui des mâles sur le neuvième. Chez les Corixidae, l'extrémité de l'abdomen est fortement dissymétrique chez les mâles, symétriques chez les femelles (fig. 15.5).

2 - BIOLOGIE

Chez les Nepomorpha, il y a cinq stades larvaires. Aux stades 1 et 2, la respiration se fait directement à travers les téguments. Les autres stades sont tributaires de l'oxygène atmosphérique qu'ils stockent dans l'espace compris entre les ailes et l'abdomen, la prise d'air étant située entre tête et pronotum chez les Notonectidae, à l'extrémité d'un long siphon respiratoire chez les Nepidae. Les Micronectinae (Corixidae) et les Aphelocheiridae utilisent un plastron respiratoire analogue à celui des Coléoptères Elmidae. Le cycle vital est de type monovoltin, plus rarement bi- ou polyvoltin ou polycohortique. Les pontes sont endophytiques chez *Ranatra* (fig. 15.7).

Les Gerromorpha sont des Hétéroptères également liés aux milieux aquatiques, mais qui vivent à la surface (neuston) ou près de la surface de l'eau et non au sein de l'eau. Dans ce groupe, on trouve des espèces vivant à la surface de l'eau (par exemple, les Gerridae), des espèces vivant au bord de l'eau (par exemple, les Hydrometridae ou les Veliidae). Certains auteurs rangent également dans ce groupe des espèces ripicoles moins strictement liées à l'eau (par exemple, les Hebridae). Ces espèces ripicoles ne seront pas prises en compte dans le cadre

de cet ouvrage. La respiration des Gerromorpha est du même type que celle des Hétéroptères terrestres. Le cycle vital est de type monovoltin ou bivoltin ou polycohortique.

3 - ÉCOLOGIE

Les Nepomorpha sont strictement des Hétéroptères aquatiques dans la mesure où larves et adultes vivent au sein de l'eau, mais les adultes, au moins les formes macroptères, peuvent quitter temporairement le milieu aquatique.

Les Nepomorpha sont dans leur majorité des prédateurs, mais certains genres de Corixidae sont détritivores ou consommateurs d'algues microscopiques.

Les Gerromorpha sont prédateurs ou « charognards » (cadavres d'insectes ou d'autres invertébrés tombés à l'eau). Chez les Gerridae au moins, il existe des relations complexes entre cycle vital, diapause, polymorphisme alaire et permanence de l'habitat aquatique (Vepsäläinen, 1978).

4 - TECHNIQUES DE CAPTURE ET D'IDENTIFICATION

L'identification des espèces d'Hétéroptères est fondée sur les mâles ; les larves comme les femelles ne sont pas toujours identifiables au niveau spécifique. Les caractères donnés dans les diagnoses et dans la clé permettent d'identifier les genres de la majorité des familles, pour les Corixinae cependant, les caractères donnés ici ne concernent que les mâles.

Les Hétéroptères hivernant au stade adulte, il est conseillé, pour capturer des adultes, de les rechercher en fin d'hiver, au début de printemps ou à l'automne. Certaines espèces peuvent être capturées au piège lumineux, mais le degré de sélectivité de ces pièges n'est pas toujours connu. Lorsque des adultes sont capturés, il ne faut pas oublier que les formes macroptères volent très bien ; il est donc dans ce cas indispensable de fixer rapidement le matériel récolté.

Le rostre court des Naucoridae, Notonectidae et Nepidae et la présence de glandes salivaires remplies de venin leur permettent de paralyser leurs proies, elles leur servent également, lorsqu'ils sont vivants, à piquer assez douloureusement l'imprudent qui les saisirait par la tête.

5 - DIAGNOSES

5.1 – INFRA-ORDRE DES NEPOMORPHA (clés 15.C1, 15.C2, 15.C3, 15.C4, 15.C5)

Les Nepomorpha se caractérisent par des antennes courtes, non visibles dorsalement (Cryptocérates). Le rostre est court ou long.

5.1.1 – Famille des Pleidae (fig. 15.12)

Ce sont de très petits Nepomorpha (taille maximale 3 mm). Le corps est fortement convexe. La tête et le thorax sont partiellement fusionnés. Le scutellum est bien visible. Le rostre est de quatre articles. Il existe des soies sur les PII et PIII, mais il n'y a pas de véritable frange de soies natatoires. Le pronotum et les hémélytres sont couverts de minuscules fossettes. Les Pleidae nagent sur le dos comme les Notonectidae.

Un seule genre et une seule espèce : *Plea leachi*.

5.1.2 – Famille des Notonectidae (figs. 15.9, 15.11)

Nepomorpha de 12 à 16 mm caractérisés par un corps fortement convexe. Le pronotum et les hémélytres sont lisses. Les pattes antérieures ne sont pas ravisseuses, même si les fémurs sont très développés. Les PIII sont pourvues de franges de soies natatoires. Les Notonectidae nagent sur le dos.

Notonecta (fig. 15.9)

Un éperon subapical sur le fémur des PII. Hémélytres opaques. Pas de vertex saillant entre les yeux.

Anisops (fig. 15.10b)

Présence d'un vertex saillant entre les deux yeux. Ceux-ci sont écartés dans leur partie médiane.

Une seule espèce uniquement en Corse : *A. sardea.*

Nychia (fig. 15.10a)

Vertex faiblement saillant entre les yeux. Ceux-ci sont en contact dans leur partie médiane. Pas d'éperon au bord subapical des fémurs des PII. Hémélytres transparentes.

Une seule espèce uniquement en Corse : *N. marshalli.*

5.1.3 – Famille des Naucoridae (fig. 15.13)

Nepomorpha de forme aplatie et ovalaire. Les PI sont transformées en pattes ravisseuses avec un fort développement des fémurs, le tarse est de un article. Le rostre est court et atteint à peine les hanches des PI. Les PIII ne portent pas de franges de soies natatoires. Les Naucoridae nagent sur le ventre. Taille jusqu'à 13 mm. Il existe deux genres de Naucoridae, mais la distinction entre ces deux genres reste délicate.

Naucoris

Bords latéraux du pronotum rugueux, faiblement rebordés.

Une seule espèce : *N. maculatus.*

Ilyocoris

Bords latéraux du pronotum lisses, nettement rebordés.

Une seule espèce : *I. cimicoides.*

5.1.4 – Famille des Aphelocheiridae (fig. 15.14)

Nepomorpha de forme aplatie et ovalaire comme les Naucoridae, mais les PI ne sont pas transformées en pattes ravisseuses. Le rostre est long atteignant les hanches des PII. Il existe un dimorphisme alaire, mais les formes aptères sont plus fréquentes que les formes macroptères. La présence d'un plastron respiratoire leur permet de rester au fond sans devoir remonter vers la surface pour respirer. Les Aphelocheiridae sont nageurs. Taille jusqu'à 11 mm.

Une seule espèce : *Aphelocheirus aestivalis.*

5.1.5 – Famille des Nepidae

Grand Nepomorpha présentant à tous les stades un siphon respiratoire à l'extrémité de l'abdomen. Les pattes antérieures sont ravisseuses. Ce sont des Hétéroptères benthiques qui pratiquent l'affût sur le fond (*Nepa*) ou dans les herbiers (*Ranatra*).

Nepa (fig. 15.15)

Nepidae aplati. Jusqu'à 20 mm sans le siphon.
Deux espèces, dont une endémique de Corse.

Ranatra (fig. 15.16)

Nepidae très allongés, subcylindriques. Jusqu'à 35 mm sans le siphon.
Une seule espèce : *R. linearis.*

5.1.6 – Famille des Corixidae (figs. 15.19, 15.21)

Nepomorpha de forme ovalaire, allongée, plutôt aplatie (et non convexe comme les Notonectidae). Ils sont tous caractérisés par la présence d'un rostre court, triangulaire uniarticulé. Sauf chez les Micronectinae, le scutellum est masqué par le pronotum. Les Corixidae nagent sur le ventre.

C'est une famille qui renferme un grand nombre de genres et d'espèces. Les caractères donnés ci-après concernent des mâles adultes ; pour les Corixinae notamment, l'identification des femelles et des larves nécessite le recours à des ouvrages spécialisés, comme par exemple celui de Jansson (1986). L'extrémité de l'abdomen des femelles présente une structure symétrique, celle des mâles une asymétrie dextre ou senestre. On distingue trois sous-familles dont deux sont monogénériques.

5.1.6.1 – Sous-famille des Micronectinae (fig. 15.18)

Très petits Corixidae (au maximum 3 mm). Scutellum visible. Antenne de trois articles. Chez les larves, en position médiane, trois glandes sont bien visibles. Les formes macroptères sont rares.

Un seul genre : *Micronecta.*

5.1.6.2 – Sous-famille des Cymatiinae (fig. 15.20)

Scutellum caché par le pronotum. Antenne de quatre articles. Tarse des PI long et cylindrique. Rostre non sillonné. Pronotum dépouvu de lignes transversales. Taille de 3 à 5 mm.

Un seul genre : *Cymatia.*

5.1.6.3 – Sous-famille des Corixinae (figs. 15.19, 15.21)

Scutellum caché par le pronotum. Antenne de quatre articles. Tarse des PI transformé en palette aplatie latéralement. Pronotum portant des lignes transversales. Rostre sillonné transversalement. L'habitus est relativement semblable chez les différents genres de Corixinae. On se référera aux clés pour différencier les divers genres (clés 15.C3, 15.C4, 15.C5).

Glaenocorisa (clé 15.C4)

Face antérieure de la capsule céphalique déprimée, densément couverte de longues soies. Yeux vus de dessus particulièrement protubérants. Pronotum présentant sur toute sa longueur une carène médiane. Taille de 8 à 9 mm.

Une seule espèce : *G. propinqua.*

Arctocorisa (clé 15.C4)

Forme plutôt allongée. Une carène sur toute la longueur du pronotum comme chez *Glaenocorisa*, mais seulement quelques soies sur la face antérieure de la capsule céphalique. Taille de 7 à 9 mm.

Corixa (clé 15.C5)

Pronotum et hémélytres lisses et brillants, ornementation réticulée. Des touffes de soies en position dorsale et ventrale sur les tibias des PI. Tarse des PIII dépouvu de tache. Chez le mâle, asymétrie senestre. Taille de 10 à 15 mm.

Callicorixa (clé 15.C4)

Une tache sombre sur la partie apicale de l'avant-dernier article des PIII. Taille de 6 à 8 mm.

Une seule espèce : *C. praeusta.*

Paracorixa (clé 15.C4)

Une tache sombre sur la partie distale de l'avant-dernier article et proximale du dernier article du tarse des PIII. Pronotum et hémélytres rayés. Taille de 7 à 8 mm.

Une seule espèce : *P. concinna.*

Parasigara (clé 15.C5)

Une tache sombre en position dorsale sur le tarse des PI des mâles. Pronotum et hémélytres rayés. Tarse des PIII dépouvu de tache. Tibias des PI présentant une touffe de soies uniquement en position ventrale. Taille de 6 à 7 mm.

Les deux genres suivants sont morphologiquement très proches. Nous donnons quelques caractères susceptibles de les distinguer, mais seule une certaine pratique des Corixinae permet de les identifier sans risque d'erreurs.

Hesperocorixa (clé 15.C5)

Palette des PI des mâles à bords subparallèles et tronquée à l'extrémité. Tarses des PIII dépouvus de tache. Pronotum et hémélytres rayés. Taille de 5 à 7 mm.

Sigara (clé 15.C5)

Palette des PI des mâles à bords non parallèles et acuminée à l'extrémité. Tarse des PIII dépouvu de tache. Pronotum et hémélytres rayés.

Un des genres les plus importants (en nombre d'espèces) de Corixinae. Certains auteurs distinguent des sous-genres, mais ces derniers, comme le genre *Sigara* lui-même (cf. ci-dessus), restent difficiles à identifier faute de caractères distinctifs particulièrement évidents. Taille de 5 à 8 mm.

5.2 – INFRA-ORDRE DES GERROMORPHA (clés 15.C1, 15.C6)

Les Gerromorpha se caractérisent par la présence d'antennes longues, visibles dorsalement (Gymnocérates).

5.2.1 – Famille des Hydrometridae (fig. 12.23)

Hanches des PIII nettement écartées dans le plan médian. Tête longue subcylindrique élargie en avant, les yeux situés vers la moitié de la longueur. Polymorphisme alaire fréquent. Taille de 9 à 12 mm.

Un seul genre : *Hydrometra.*

5.2.2 – Famille des Mesoveliidae (fig. 15.26)

Hanches des PIII convergeant vers l'axe médian. Griffes apicales. Adultes généralement aptères. Taille de 3,5 à 5 mm.

Un seul genre : *Mesovelia*.

5.2.3 – Famille des Veliidae

Hanches des PIII latérales, parallèles à l'axe médian. Le fémur des PIII atteint ou dépasse à peine l'extrémité de l'abdomen. L'insertion des trois paires de pattes est équidistante. Griffes subapicales. Deux genres.

Microvelia (fig. 15.25)

Fémur des PIII inermes chez les mâles et les femelles. Forme ovalaire. Taille maximale de 2,5 mm.

Velia (fig. 15.24)

Fémur des PIII des mâles avec de deux à trois fortes épines. Forme allongée. Taille de 6 à 8 mm.

5.2.4 – Famille des Gerridae

Hanches des PIII nettement écartées dans le plan médian. Pas de rainure médiane sur le vertex. Insertion des PI très écartée des PII et PIII. Les PII et PIII sont plus longues que les PI.

Un seul genre *Gerris,* parfois divisé en plusieurs sous-genres. C'est la plus importante famille (en nombre d'espèces) de Gerromorpha. Il existe souvent un important polymorphisme alaire (fig. 15.8). Taille de 10 à 15 mm.

RÉFÉRENCES

Dethier M. 1985. *Insectes. 6 : Hétéroptères aquatiques et ripicoles.* A.F.L., 44.

Jansson A. 1986. The Corixide (Heteroptera) of Europe and some adjacent regions. *Acta Entomol. Fennica*, 47 : 1-94.

Macan T. T. 1965. *A Revised Key to the British Water Bugs (Hemiptera-Heteroptera).* 2nd édition (retirage 1976), F.B.A., 16 : 77 p.

Poisson R. 1957. *Hétéroptères aquatiques.* F.F., 61 : 263 p.

Polhemus J. T., Jansson A. et Kanyukova E. 1995. Nepomorpha, pp. 13-76. In : Aukema B et Rieger C. (éds). *Catalogue of Palearctic Heteroptera.* 1. The Netherlands Entomological Society, Amsterdam.

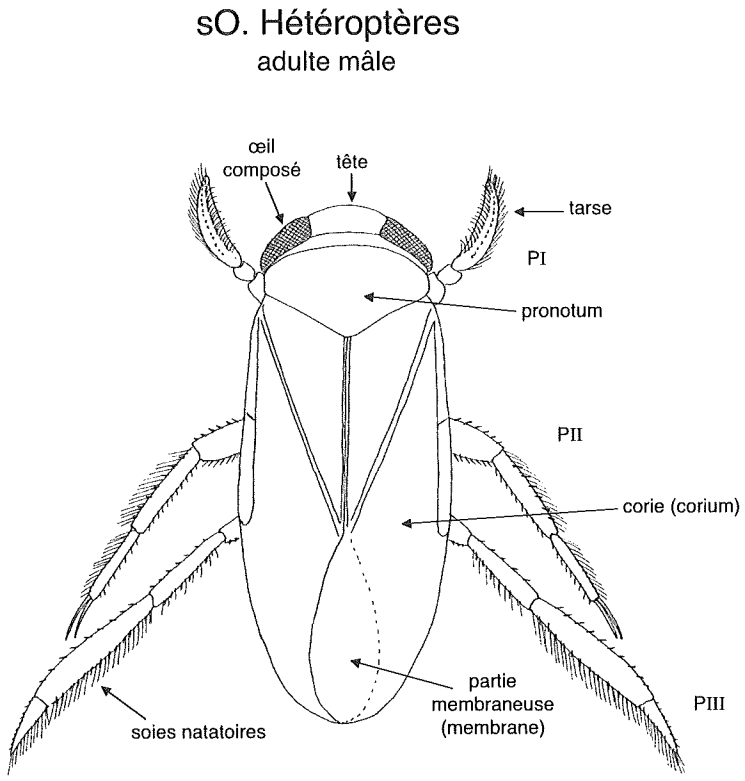
Rabitsch W. 2005. *Spezialpraktikum Aquatische und Semiaquatische Heteroptera.* Site internet : http://homeage.univie.ac.at/wolfgang.rabitsch/Heterop.html.

Savage A. A. 1989. *Adults of the British Aquatic Hemiptera Heteroptera. A Key with Ecological Notes.* F.B.A., 50 : 173 p.

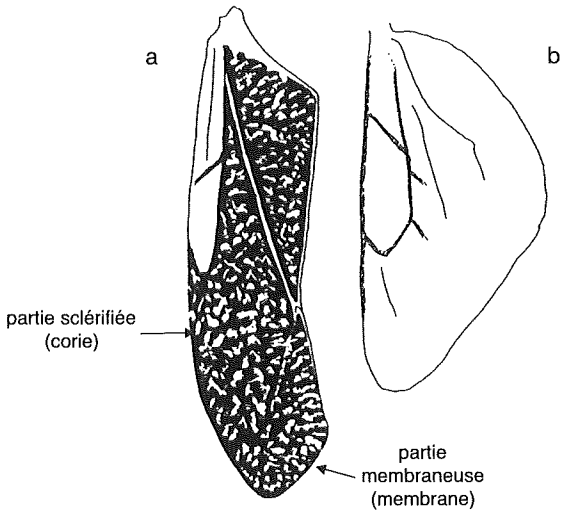
Vepsäläinen K. 1978. Wing dimorphism and diapause in *Gerris*: determination and adaptative significance, pp 218-253. In : Dingle, H. (éd.) « *Evolution of Insect Migration and Diapause* ». Springer-Verlag, New York.

Zimmermann M. 1987. Die Larven der schweizerischen Gerris-Arten (Hemiptera, Gerridae). *Revue suisse zool.*, 94 : 593-624.

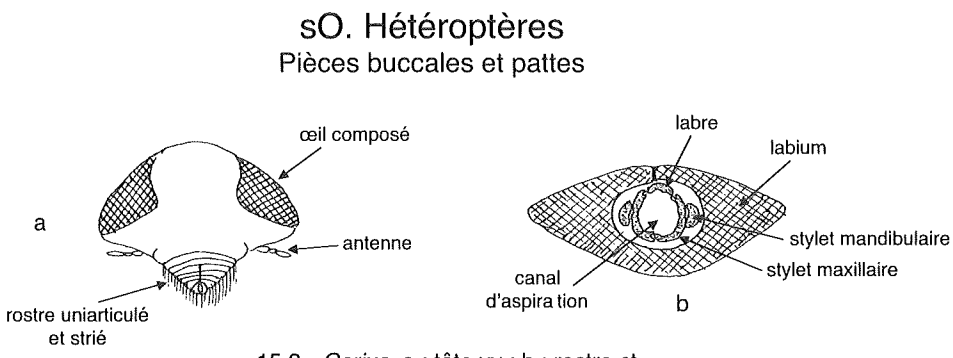
Traits biologiques et écologiques, cf. tableau 16.T1.



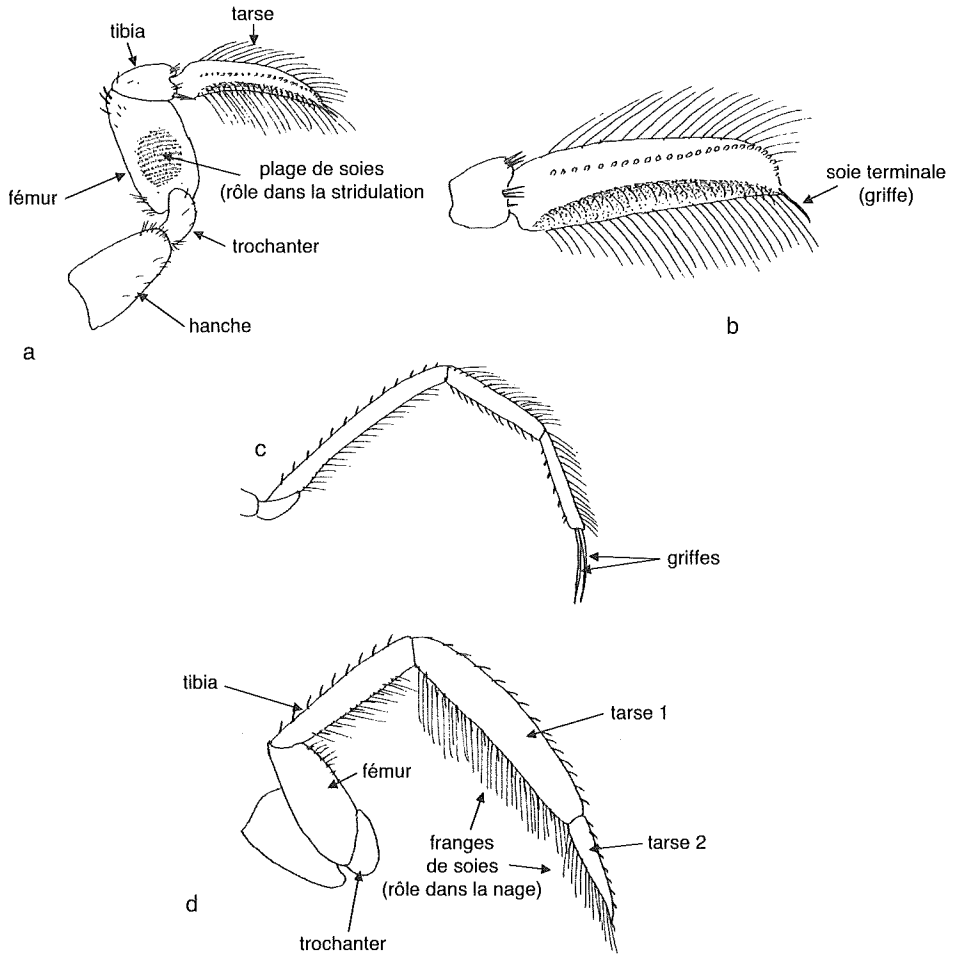
15.1 - *Corixa*, adulte mâle vd



15.2 - *Corixa*. Ailes. a : aile antérieure (hémélytre) ; b : aile postérieure



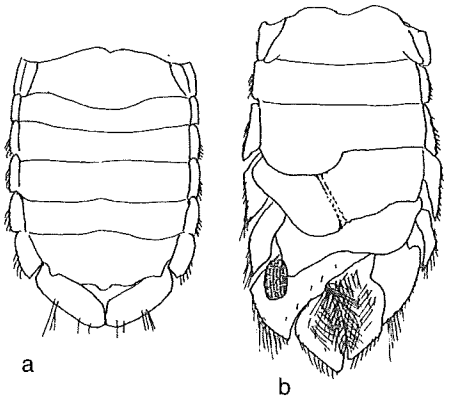
15.3 - *Corixa*. a : tête vv ; b : rostre ct.



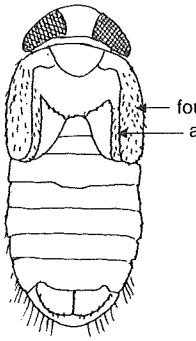
15.4 - *Corixa*, pattes thoraciques. a : PI vd ; b : tarse des PI vl ; c : PII vv ; d : PIII vv.

sO. Hétéroptères

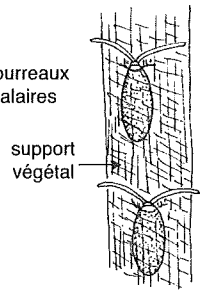
Abdomen des adultes, larves, œufs et polymorphisme alaire



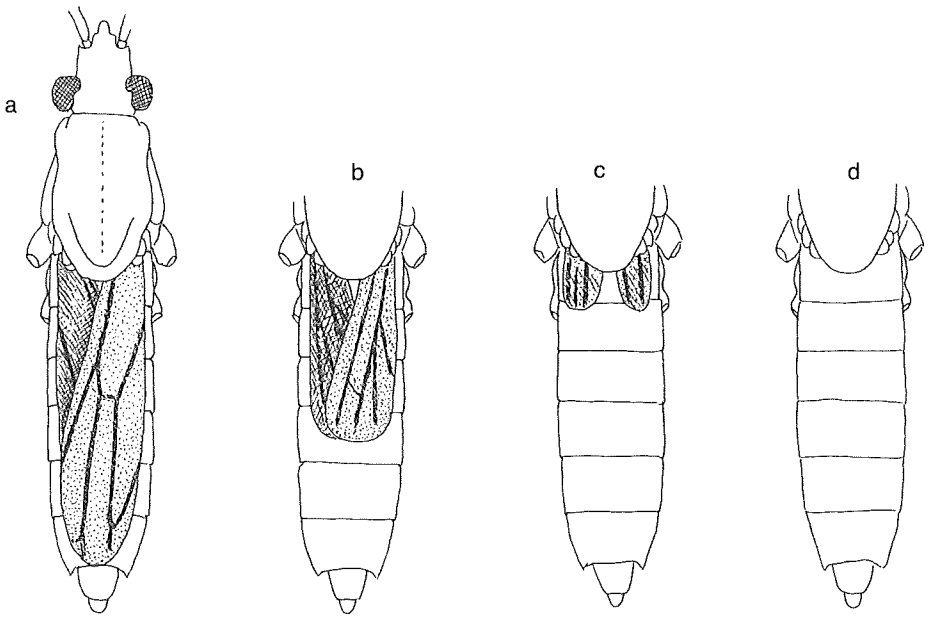
15.5 - *Corixa*, abdomen vd.
a : femelle ; b : mâle



15.6 - *Corixa*, larve, vd

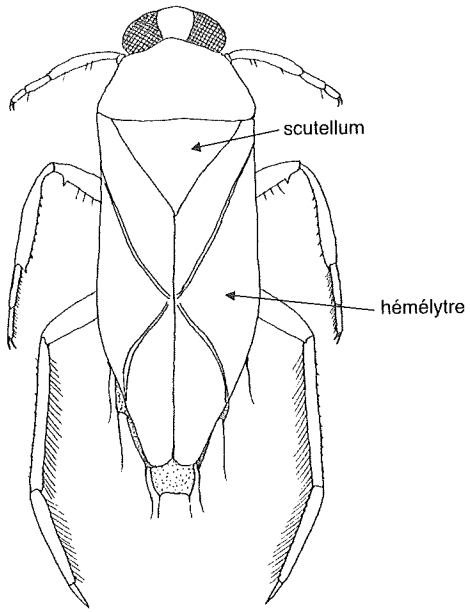


15.7 - Ponte endophytique de *Ranatra*

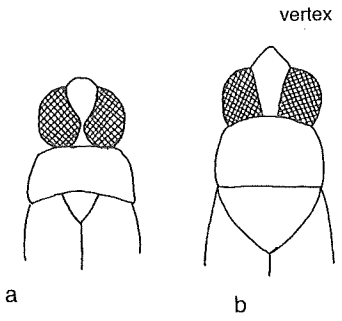


15.8 - Polymorphisme alaire chez *Gerris* (adapté de Poisson, 1957). a : individu macroptère ; b : individu brachyptère ; c : individu microptère ; d : individu aptère.

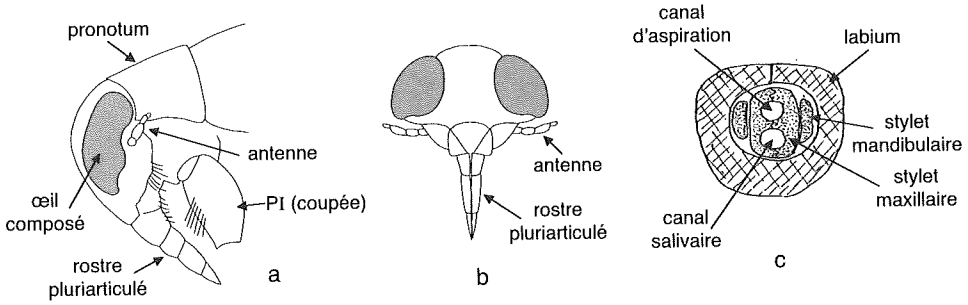
F. Notonectidae



15.9 - *Notonecta*, adulte vd

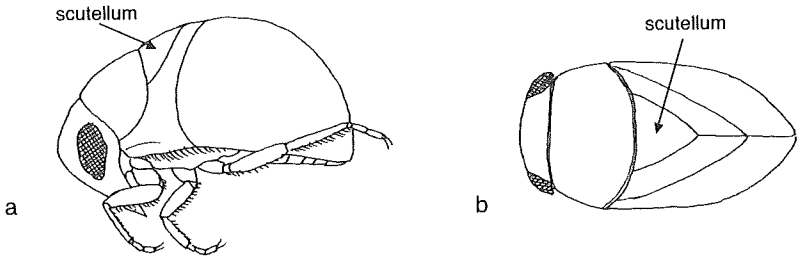


15.10 - Région antérieure vd
a : *Nychia* ; b : *Anisops*



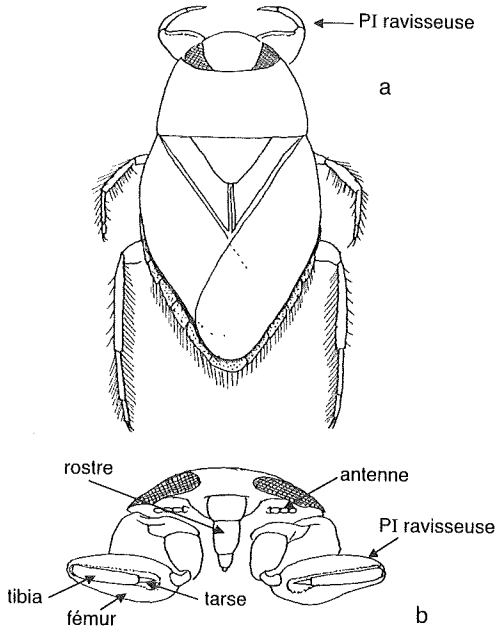
15.11 - *Notonecta*. a : région antérieure vl ; b : tête vf ; c : rostre ct

F. Pleidae



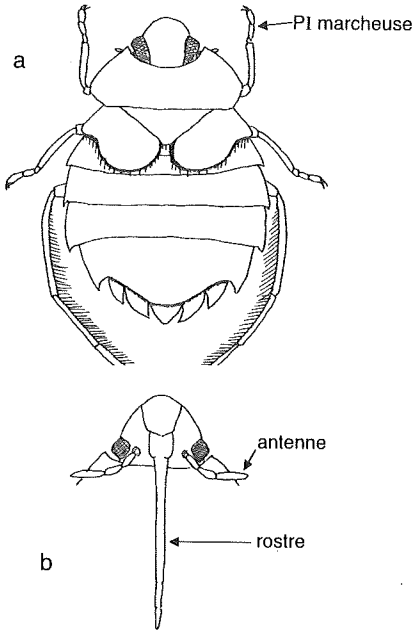
15.12 - *Plea* adulte. a : vl ; b : vd

F. Naucoridae



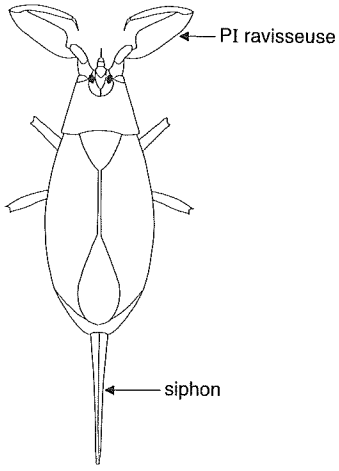
15.13 - *Naucoris* adulte.
a : vd ; b : région antérieure vv

F. Aphelocheiridae

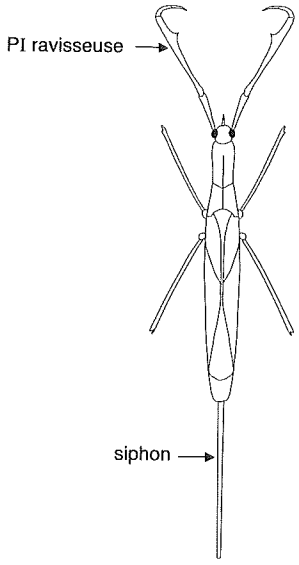


15.14 - *Aphelocheirus* adulte aptère.
a : vd ; b : tête vv

F. Nepidae

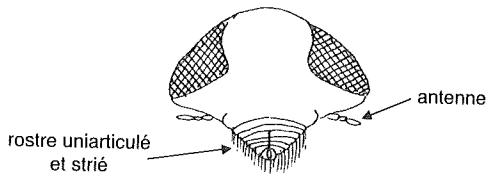


15.15 - *Nepa* adulte vd. PII et PIII coupées au ras des fémurs

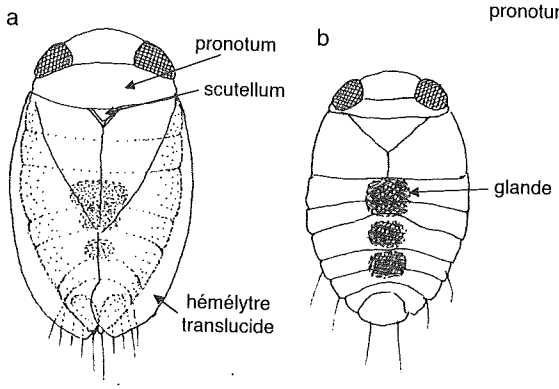


15.16 - *Ranatra* adulte vd. PII et PIII coupées au ras des fémurs

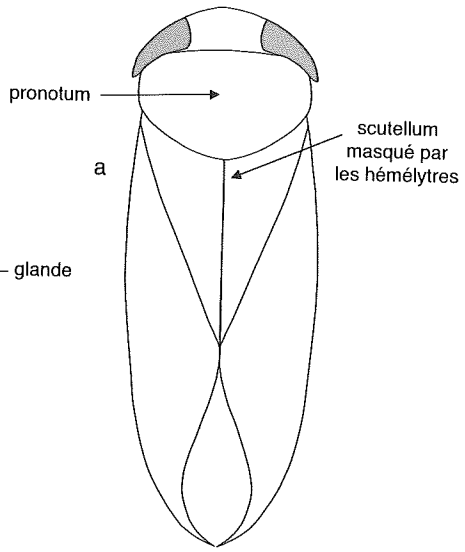
F. Corixidae

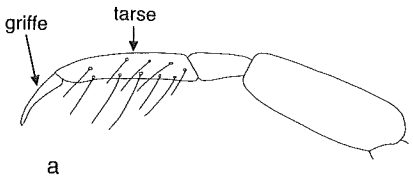


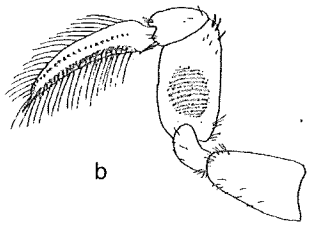
15.17 - *Corixa* tête vv



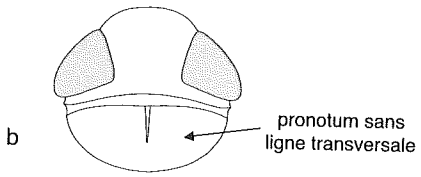
15.18 - *Micronecta* vd. a : adulte macroptère ; b : larve



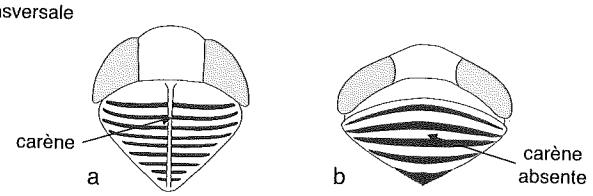




15.19 - Corixinae. a : adulte vd ; b : PI

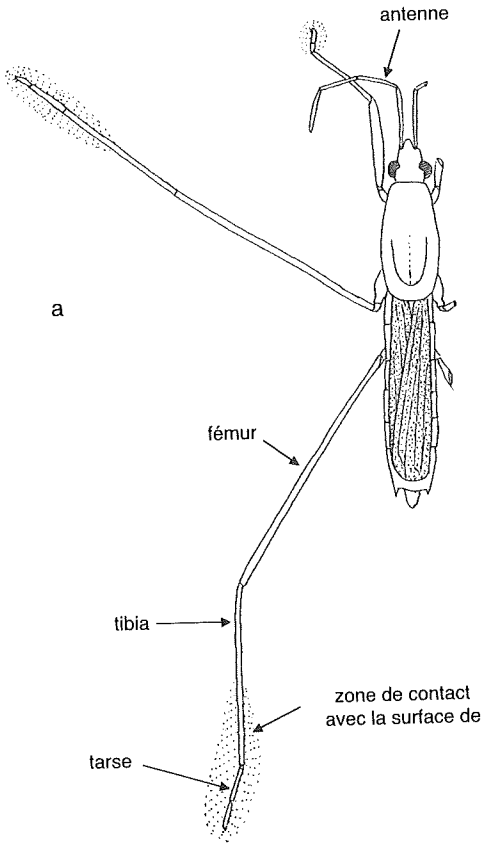


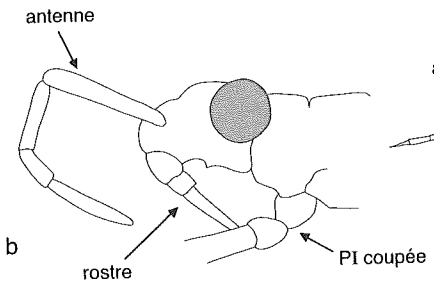
15.20 - *Cymatia*. a : PI ; b : tête et pronotum vd



15.21 - Tête et pronotum de Corixinae a : *Glaenocorisa* ; b : *Corixa*.

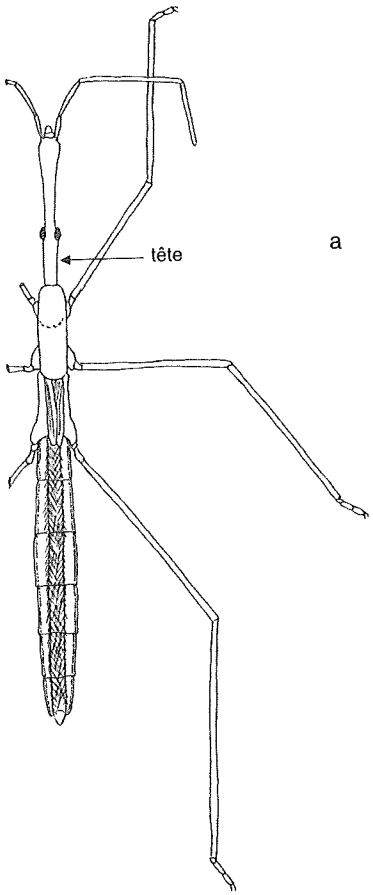
F. Gerridae

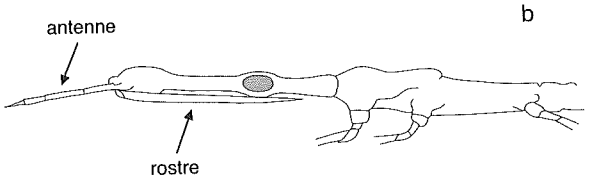




15.22 - *Gerris*. a : adulte macroptère vd, antenne et patte droite coupées ; b : région antérieure vl.

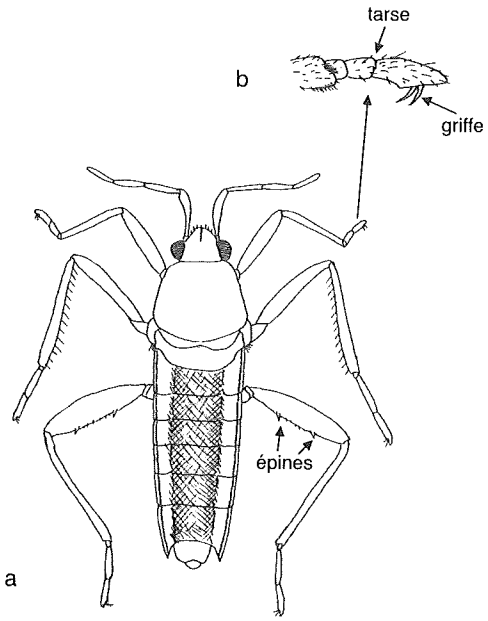
F. Hydrometridae



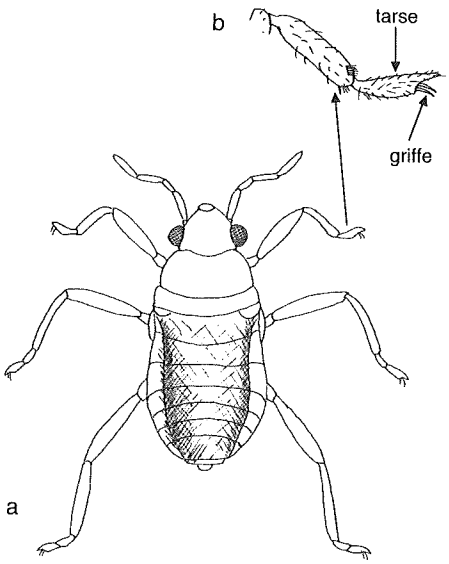


15.23 - *Hydrometra*. a : adulte vd, antenne et patte gauche coupées. b : région antérieure vl.

F. Veliidae

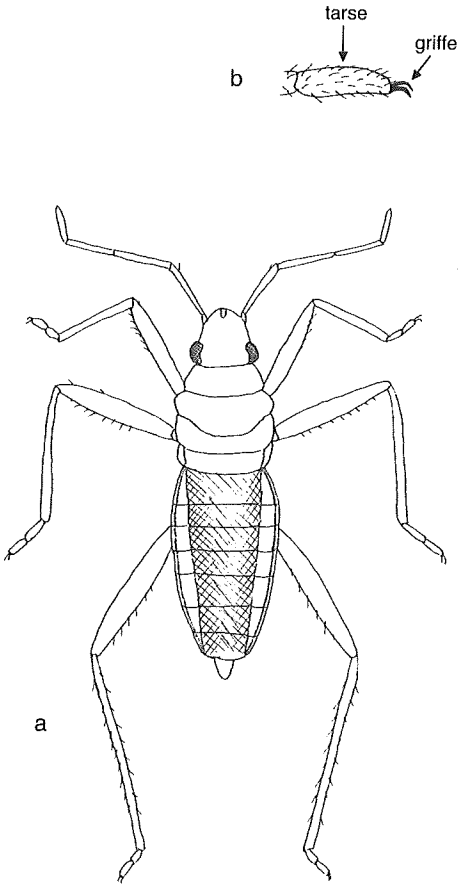


15.24 - *Velia*, adulte mâle vd.



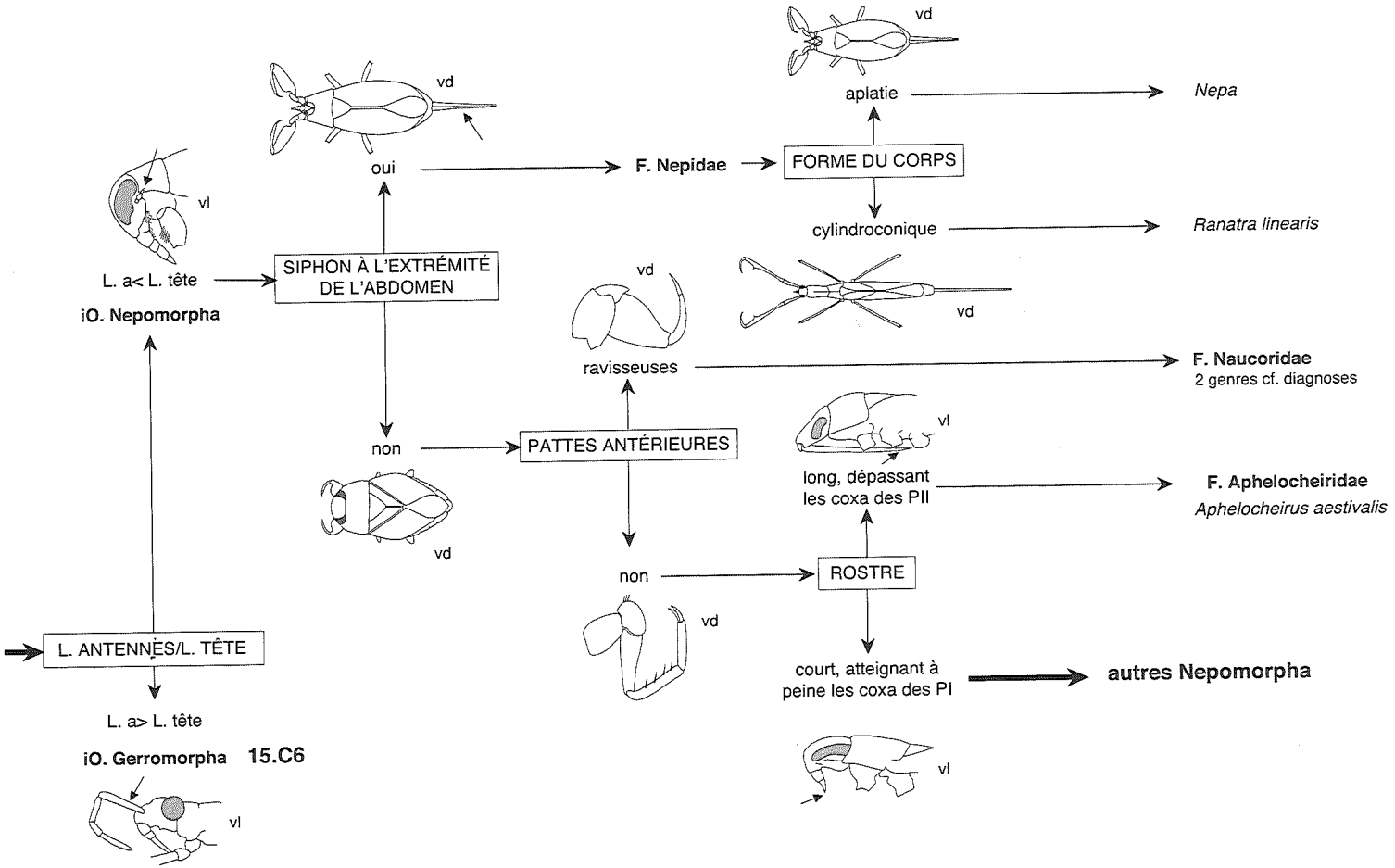
15.25 - *Microvelia* adulte vd.

F. Mesoveliidae

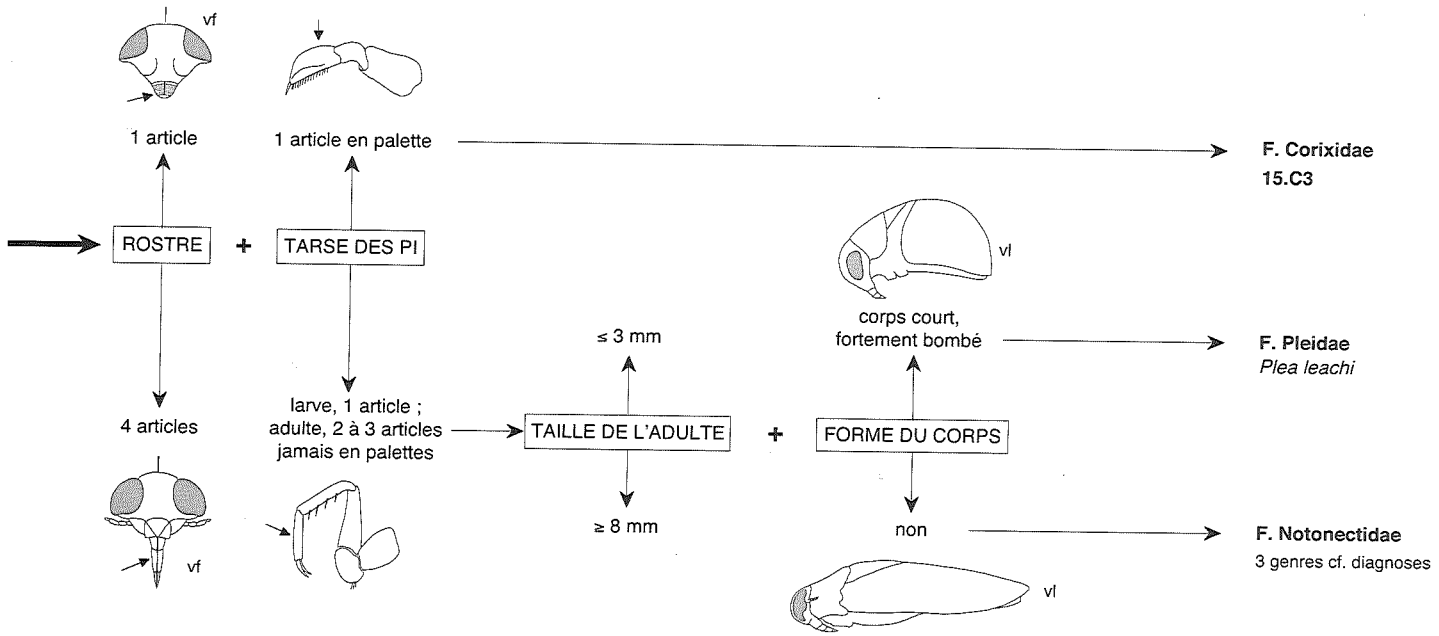


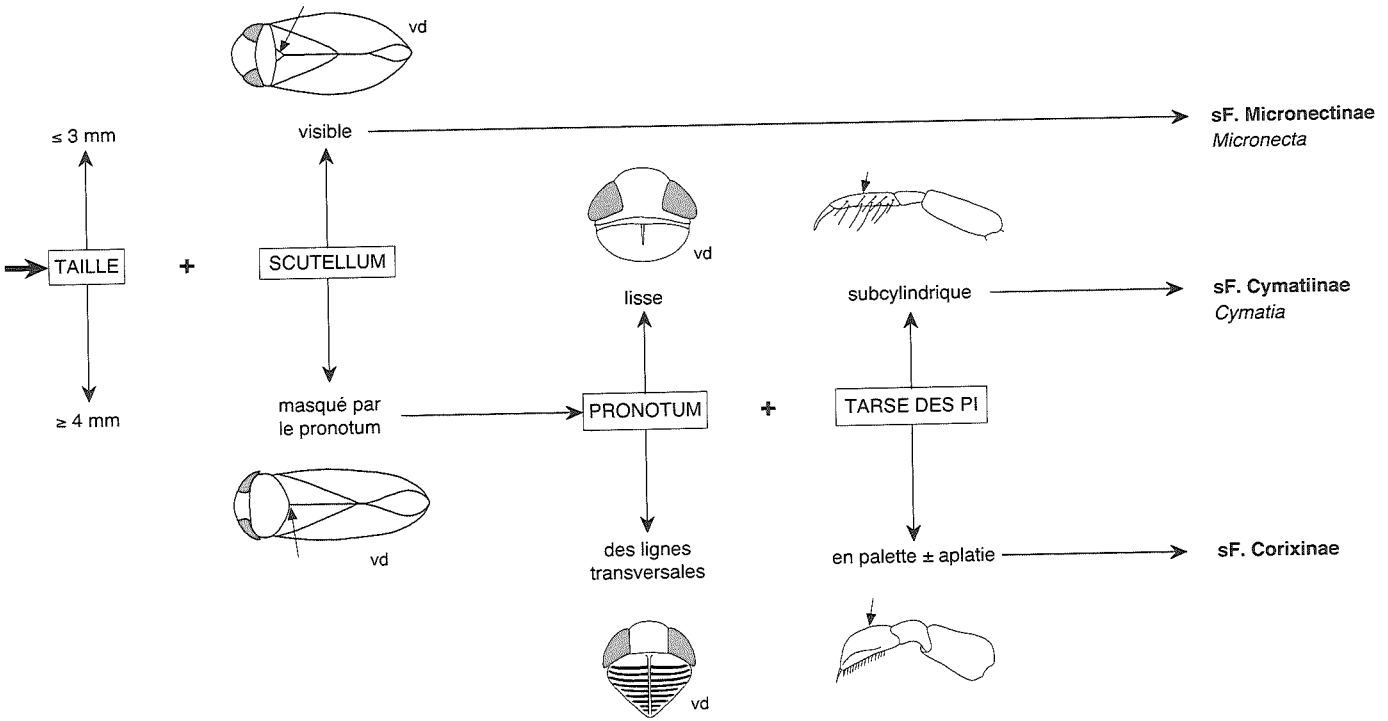
15.26 - *Mesovelia* adulte vd.

sO. Hétéroptères



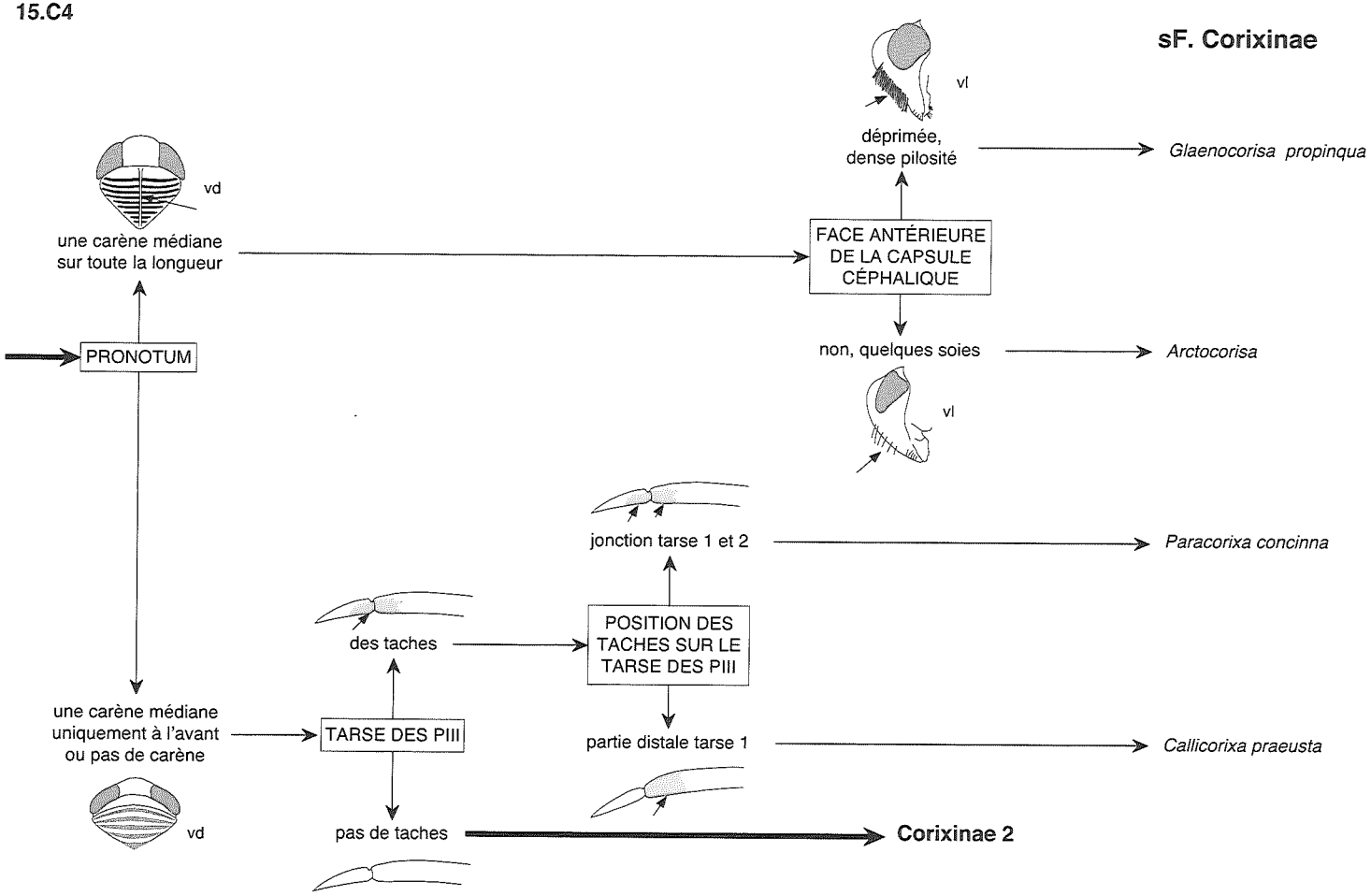
Nepomorpha

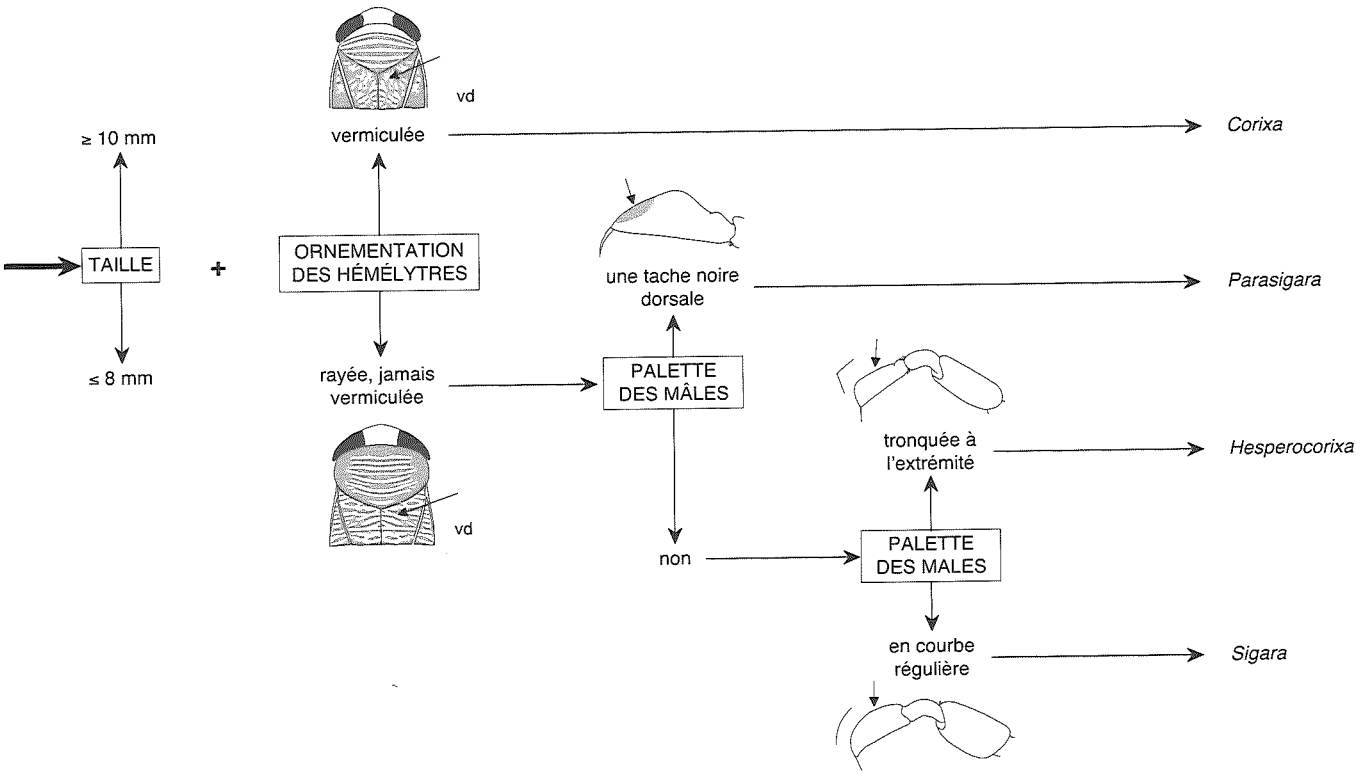

vf
1 article
1 article en palette
F. Corixidae
15.C3
ROSTRE
+
TARSE DES PI
vl
corps court,
fortement bombé
F. Pleidae
Plea leachi
≤ 3 mm
4 articles
larve, 1 article ;
adulte, 2 à 3 articles
jamais en palettes
TAILLE DE L'ADULTE
+
FORME DU CORPS
vf
≥ 8 mm
non
F. Notonectidae
3 genres cf. diagnoses
vl


vd
≤ 3 mm
visible
sF. Micronectinae
Micronecta
TAILLE
+
SCUTELLUM
vd
lisse
subcylindrique
sF. Cymatiinae
Cymatia
≥ 4 mm
masqué par
le pronotum
PRONOTUM
+
TARSE DES PI
vd
des lignes
transversales
en palette ± aplatie
sF. Corixinae
vd

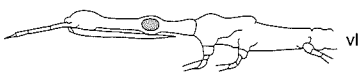
15.C4

sF. Corixinae



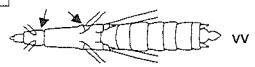

≥ 10 mm
TAILLE
≤ 8 mm
+
ORNEMENTATION DES HÉMÉLYTRES
vd
vermiculée
Corixa
rayée, jamais vermiculée
vd
PALETTE DES MÂLES
une tache noire dorsale
Parasigara
tronquée à l'extrémité
Hesperocorixa
non
PALETTE DES MALES
en courbe régulière
Sigara

Gerromorpha



très allongée → **F. Hydrometridae** *Hydrometra*

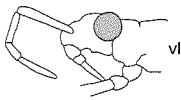
FORME DE LA TÊTE

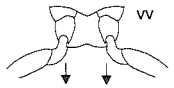


PII nettement plus près des PIII que des PI → **F. Gerridae** *Gerris*



courte ± triangulaire → INSERTION DES PI, PII et PIII





latérales



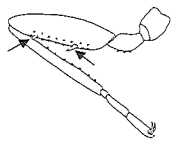
subapicales → **F. Veliidae** → TAILLE DES ADULTES + FÉMUR DES PIII DES MÂLES

1,5 à 2,5 mm

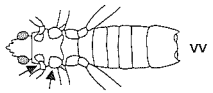
6 à 8 mm

inerme → *Microvelia*

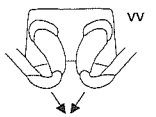
2 à 3 fortes épines → *Velia*



PII équidistantes des PI et PIII → HANCHES DES PIII + GRIFFES DES PATTES



dirigées vers l'axe médian



apicales → **F. Mesoveliidae** *Mesovelia*



CHAPITRE 16

AUTRES ORDRES D'INSECTES

En dehors des ordres d'insectes dont tous les représentants (ou du moins une très grande majorité) sont aquatiques, il existe quelques ordres d'insectes soit mineurs (comme les Mégaloptères), soit dont seuls quelques genres sont aquatiques, la majorité des genres étant terrestre. Quatre ordres d'insectes correspondent à l'un de ces critères. Il s'agit des insectes holométaboles. Deux de ces ordres correspondent à des holométaboles primitifs : ordre des Mégaloptères et ordre des Planipennes, les deux autres à des holométaboles plus évolués : ordre des Lépidoptères et ordre des Hyménoptères.

ORDRE DES MÉGALOPTÈRES

C'est un ordre mineur d'insectes qui ne comprend en Europe qu'une seule famille : les Sialidae, et un seul genre : *Sialis*.

1 - MORPHOLOGIE ET ANATOMIE (fig. 16.1)

1.1 - LARVE

La larve est très caractéristique en raison de la présence de sept paires de branchies abdominales effilées, articulées et frangées de soies, et d'un prolongement anal impair également frangé de soies. La tête porte des antennes de quatre articles et des stemmates. L'appareil buccal est de type broyeur. Il y a un seul article au tarse terminé par deux griffes.

1.2 - ADULTE

L'adulte possède deux paires d'ailes membraneuses disposées en toit. Les nervures sont particulièrement saillantes.

2 - BIOLOGIE ET ÉCOLOGIE

Le cycle vital s'étale sur deux ou trois ans et comporte dix stades larvaires. Les larves sont prédatrices. À la fin de la vie larvaire, la larve quitte le milieu aquatique pour aller se nymphoser à faible profondeur dans une logette située dans le sol ; elle ne tisse pas de cocon.

3 - DIAGNOSE

3.1 - Famille des Sialidae

La larve avec ses branchies latérales effilées pourrait être confondue avec celle des Gyrinidae (Coléoptères), mais le prolongement anal impair n'existe chez aucune autre larve d'insectes aquatiques. Taille jusqu'à 30 mm.

Un seul genre *Sialis*.

ORDRE DES PLANIPENNES (= NÉVROPTÈRES)

Comme les Mégaloptères, les Planipennes constituent un groupe d'insectes holométaboles primitifs. La plupart des espèces sont terrestres, seules quelques espèces sont aquatiques. La principale caractéristique des représentants de cet ordre est la modification de l'appareil buccal larvaire. Les mandibules et les maxilles (seulement la partie interne de ces dernières) sont allongées, effilées et dentées à leur extrémité ; elles forment un tube par suite de leur accolement. Le tube ainsi formé sert à l'injection de salive et d'enzymes protéolytiques et à l'aspiration du liquide résultant de la lyse des tissus de la proie. Les deux stylets formés par ce complexe maxillo-mandibulaire ne permettent donc qu'une alimentation liquide.

1 - MORPHOLOGIE ET ANATOMIE (figs. 16.2, 16.3)

1.1 - LARVE

Les stylets maxillo-mandibulaires dépassent largement la tête. Présence de tubercules portant des soies sur les segments thoraciques et abdominaux. La tête porte des antennes de trois articles (Osmylidae) ou de plus de quinze articles (Sisyridae). Il y a une seule griffe au tarse chez les Sisyridae, deux chez les Osmylidae. Présence de sept paires de branchies effilées, ventrales et articulées chez les Sisyridae. Chez les Osmylidae, le dizième segment abdominal possèdent deux pseudopodes exertiles portant de nombreux crochets.

1.2 - ADULTE

Les adultes possèdent deux paires d'ailes membraneuses disposées en toit. La nervation est dense ; les nervures marginales sont bifurquées.

2 - BIOLOGIE ET ÉCOLOGIE

Il y a trois stades larvaires. Les larves de Sisyridae sont strictement aquatiques, vivant en parasite sur les éponges d'eau douce. Elles introduisent les deux stylets dans les tissus de l'éponge dont elles se nourrissent. À la fin de la vie larvaire, elles quittent l'eau, recherchent un endroit abrité, tissent un cocon à double paroi. La mue nymphale et la mue imaginale ont lieu dans ce cocon.

Les larves d'Osmylidae et de Neurorthidae sont moins exclusivement aquatiques que les Sisyridae ; elle peuvent quitter l'eau, mais doivent rester en milieu humide. Elles se nourrissent de divers invertébrés (Chironomides surtout) dans lesquels elles plantent leurs deux stylets.

Chez les Osmylidae, les deux pseudopodes anaux permettent à la larve de se fixer temporairement au substrat. La nymphose a lieu à terre dans un cocon.

3 - DIAGNOSE

3.1 - Famille des Osmylidae (fig. 16.3a)

Capsule céphalique aussi longue que large. Antennes plus courtes que les stylets. Pronotum sclérifié. Stylets larges à leur base et légèrement convergents. Présence de deux pseudopodes exertiles portant de nombreux crochets. Taille jusqu'à 20 mm.

Une seule espèce : *Osmylus fulvicephalus.*

3.2 - Famille des Neurorthidae (fig. 16.3b)

Prothorax formé de deux parties articulées, la partie antérieure étroite forme une sorte de « cou ». Capsule céphalique plus longue que large. Stylets larges à leur base et nettement divergents à leur base (Zwick, 1967). Taille jusqu'à 10 mm.

Une seule espèce présente en Corse : *Neurorthus fallax.*

3.3 - Famille des Sisyridae (fig. 16.2)

Antennes fines dépassant nettement les stylets. Stylets très fins divergents seulement à leur extrémité. Présences de sept paires de trachéo-branchies ventrales et mobiles. Taille jusqu'à 6 mm.

Un seul genre : *Sisyra.*

ORDRE DES LÉPIDOPTÈRES

Les Lépidoptères, phylogénétiquement proches des Trichoptères, sont dans leur majorité terrestres à tous les stades de leur dévelopement. Cependant, dans la superfamille des Pyraloidea, il existe une famille : famille des Crambidae (= famille des Pyralidae) avec quelques genres aquatiques aux stades larve et nymphe. Les adultes sont terrestres comme chez les Trichoptères mais, dans le genre *Acentria,* il existe également des femelles brachyptères exclusivement aquatiques. En Europe, les larves (chenilles) de ces Crambidae se rencontrent exclusivement dans les eaux stagnantes. Elles vivent au détriment d'hydrophytes.

1 - MORPHOLOGIE ET ANATOMIE

1.1 - LARVES (figs. 16.4, 16.5)

Les larves sont des chenilles typiques avec une capsule céphalique bien sclérifiée de type hypognathe. Les antennes ont de deux à trois articles. Les yeux sont réduits à des stemmates. L'appareil buccal est de type broyeur. Comme chez les Trichoptères, le labium portent des filières. Excepté le pronotum dans certains genres, tous les segment thoraciques sont membraneux. Les pattes thoraciques sont constituées d'articles très courts (comparés avec ceux des Trichoptères). L'abdomen comprend dix segments. Les segments 3, 4, 5 et 6 portent une paire de pseudopodes terminés par une couronne de crochets, le dixième segment porte

également une paire de pseudopodes de structure identique. Cette disposition des pseudopodes se retrouve dans la majorité des chenilles de Lépidoptères terrestres. Chez le genre *Parapoynx,* il y a des branchies filiformes et digitées sur les segments thoraciques II et III et sur les segments abdominaux.

1.2 - NYMPHES (fig. 16.7)

Les nymphes (chrysalides) sont de type obtecté, elles portent en position dorsale trois paires de stigmates proéminents.

1.3 - ADULTES

Les adultes ressemblent à ceux des Trichoptères, mais les ailes ne sont jamais repliées en toit au repos. Par ailleurs, la présence d'une trompe enroulée sur elle-même chez les Crambidae évite toute confusion.

2 - BIOLOGIE ET ÉCOLOGIE

Comme beaucoup de chenilles de Lépidoptères, les chenilles aquatiques sont phytophages, se nourrissant de végétaux verts (hydrophytes). Il peut exister une certaine spécificité alimentaire, comme par exemple, *Cataclysta* qui se nourrit surtout de lentilles d'eau. Les larves peuvent construire à l'aide de fragments de feuille des étuis rudimentaires. Ces étuis sont libres ou fixés à la plante ; ils sont généralement utilisés pour la nymphose (fig. 16.6).

La respiration se fait grâce aux trachéobranchies chez *Parapoynx*, elle est cutanée chez les jeunes stades des autres genres. Chez *Acentria*, la respiration se fait grâce à une sorte de plastron respiratoire par modification de la cuticule larvaire.

Il y a cinq stades larvaires. La majorité des espèces est monovoltine. La nymphose a lieu dans l'eau comme chez les Trichoptères, mais le cocon nymphal est rempli d'air.

Chez *Acentria,* il existe un polymorphisme alaire chez les femelles. Les femelles brachyptères sont exclusivement aquatiques, les mâles doivent pénétrer dans l'eau pour s'accoupler avec ces femelles.

3 - DIAGNOSE

La systématique des Lépidoptères a fait l'objet de nombreuses révisions, liées à la prise en compte de descriptions multiples souvent anciennes. De ce fait, par suite de l'application des règles d'antériorité, certaines espèces ont changé non seulement de nom de genre mais aussi de nom d'espèce. C'est le cas par exemple de *Acentria ephemerella*, autrefois *Acentropus niveus*, puis *Acentria nivea,* et enfin *Acentria ephemerella.*

Lorsqu'elles sont vivantes, les chenilles de Lépidoptères aquatiques présentent souvent des colorations caractéristiques, mais cette coloration disparaît rapidement dans l'alcool ou le formol. Il est donc indispensable de faire appel à des caractères moins labiles pour identifier les différents genres.

3.1 - Famille des Crambidae (= Famille des Pyralidae)

Toutes les larves de Lépidoptères aquatiques appartiennent à la famille des Crambidae, qui

fait partie de la superfamille des Pyraloidea. Certains auteurs considèrent cependant que tous les Lépidoptères « aquatiques » sont des Pyralidae. Seules les larves de *Parapoynx* présentent des branchies.

Parapoynx (fig. 16.8)

Présence de branchies ramifiées sur tous les segments sauf le prothorax. Taille jusqu'à 25 mm.

Une seule espèce : *P. stratiotata.*

Acentria (fig. 16.10)

Pronotum jaunâtre faiblement sclérifié. Couronne de crochets des pseudopodes 2 à 6 disposés en deux rangées, les crochets de la rangée postérieure sont plus longs que ceux de la rangée antérieure. Pas d'étui mobile, les chenilles agrègent quelques fragments de végétaux qu'elles collent à un hydrophyte avec de la soie.

Polymorphisme alaire chez les femelles (femelles brachyptères et macroptères). Les femelles brachyptères sont exclusivement aquatiques et possèdent des franges de soies natatoires sur les PII et PIII. Taille jusqu'à 15 mm.

Une seule espèce : *A. ephemerella* (= *A. nivea*).

Elophila (figs. 16.5, 16.6)

Pronotum sclérifié présentant une coloration sombre dans la partie médiane. Couronne de crochets des pseudopodes 2 à 6 disposés en deux rangées allongées, avec alternance plus ou moins régulière de crochets courts et longs. Étui de forme ovalaire, libre ou fixé à la plante, constitué de deux portions de feuille. Taille jusqu'à 25 mm.

Une seule espèce : *E. nymphaeata.*

Nymphula (figs. 16.6, 16.10c)

Pronotum sclérifié faiblement coloré dans la partie médiane. Couronne de crochets des pseudopodes 2 à 6 disposés en deux rangées ; les crochets de la rangée postérieure sont plus longs que ceux de la rangée antérieure. Étui de forme ovalaire, libre ou fixé à la plante, constitué de deux portions de feuille comme chez *Elophila.* Taille jusqu'à 20 mm.

Une seule espèce : *N. stagnata.*

Cataclysta (fig. 16.9)

Pronotum sclérifié de teinte uniformément sombre dorsalement. Couronne de crochets des pseudopodes 2 à 6 disposés en deux rangées allongées, avec alternance plus ou moins régulière de crochets courts et longs. Étui fait de lentilles d'eau. Jusqu'à 18 mm.

Une seule espèce : *C. lemnata.*

ORDRE DES HYMÉNOPTÈRES

Plusieurs Hyménoptères Ichneumonides sont susceptibles de pénétrer dans l'eau pour déposer leurs œufs à l'intérieur de l'hôte (œuf ou larve), mais seuls les Agriotypidae qui ont développé toute une stratégie pour survivre dans l'eau peuvent être considérés comme véritablement adaptés au milieu aquatique. Les Agriotypidae sont parasitoïdes de prénymphes et nymphes de Trichoptères Goeridae et Odontoceridae.

1 - MORPHOLOGIE ET ANATOMIE

La larve, la nymphe et l'adulte sont des Hyménoptères Ichneumonides typiques. Ces trois stades sont présents dans un cocon tissé à l'intérieur de l'étui de leur hôte.

2 - BIOLOGIE ET ÉCOLOGIE (figs. 16.12, 16.13)

Les femelles adultes d'*Agriotypus* pénètrent dans l'eau à la recherche de leur hôte, une nymphe ou une prénymphe de Goeridae ou d'Odontoceridae. Grâce à sa tarière de ponte, elle traverse la paroi de l'étui et dépose sur le corps de l'hôte un œuf d'où sortira une larve qui en quelques jours va dévorer intégralement la nymphe (ou la prénymphe). La larve d'*Agriotypus* atteint le dernier stade. Elle tisse alors dans l'étui de l'hôte un cocon qui sera ultérieurement prolongé par un long ruban respiratoire, qui va lui permettre de remplir le cocon d'air. Elle subit alors la mue nymphale, puis la mue imaginale. L'imago va rester dans le cocon jusqu'au moment où son hôte (espèce monovoltine) arrive au stade de prénymphe. L'adulte d'*Agriotypus* quitte le cocon, remonte vers la surface, émerge, s'accouple. Les femelles retourneront alors déposer leurs œufs dans l'étui nymphal de leur hôte. Il y a un parfait synchronisme entre le cycle vital de l'hôte et celui du parasitoïde (Grenier, 1970).

3 - DIAGNOSE

3.1 - Famille des Agriotypidae (fig. 16.11)

Les étuis parasités contenant une larve de dernier stade, une nymphe ou un adulte sont aisément reconnaissables grâce à la présence du ruban respiratoire. Même s'il existe des différences mineures entre les adultes issus de nymphes d'Odontoceridae ou de Goeridae (Grenier, 1970), il n'y a apparemment qu'une seule espèce : *Agriotypus armatus*.

RÉFÉRENCES

Dethier M. et Haenni J. P. 1985. *Insectes. 7 : Planipennes, Mégaloptères et Lépidoptères à larves aquatiques*. A.F.L., 45- 68.

Elliott J. M. 1996. *British freshwater Megaloptera and Neuroptera : A Key with Ecological Notes*. F.B.A., 54 : 69 p.

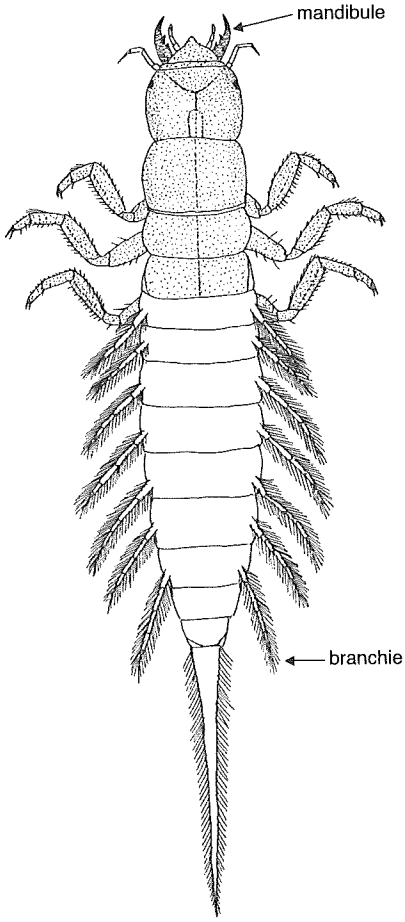
Grenier S. 1970. Biologie d'*Agriotypus armatus* Curtis (Hymenoptera : Agriotypidae) parasite de nymphes de Trichoptères. *Annales de limnologie*, 6 : 317-361.

Hölzel H., Weissmair W. et Speidel W. 2002. *Insecta : Megaloptera, Neuroptera, Lepidoptera*. SME, 15, 16, 17. Spektrum Akademisher Verlag, 148 p.

Novak I. et Severa F. 1983. *Papillons d'Europe. Multiguide nature*. Bordas, Paris, 352 p.

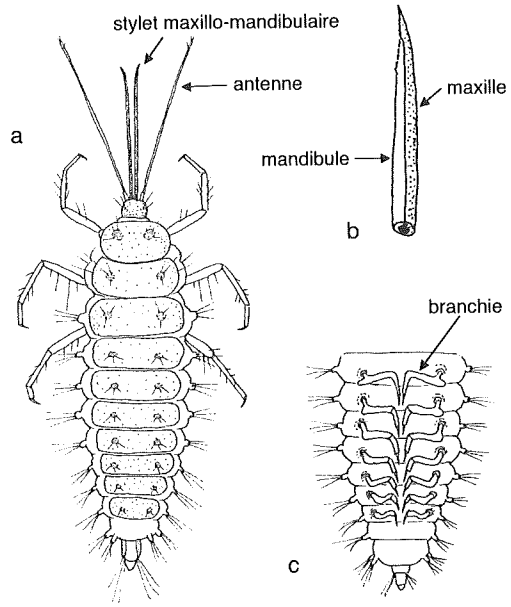
Zwick P. 1967. Beschreibung der aquatischen Larve von *Neurorthus fallax* (Rambur) und Errichtung der neuen Planipennierfamilie Neurorthidae fam. nov. *Gewässer und Abwässer*, 44/45 : 65-86.

O. Mégaloptères

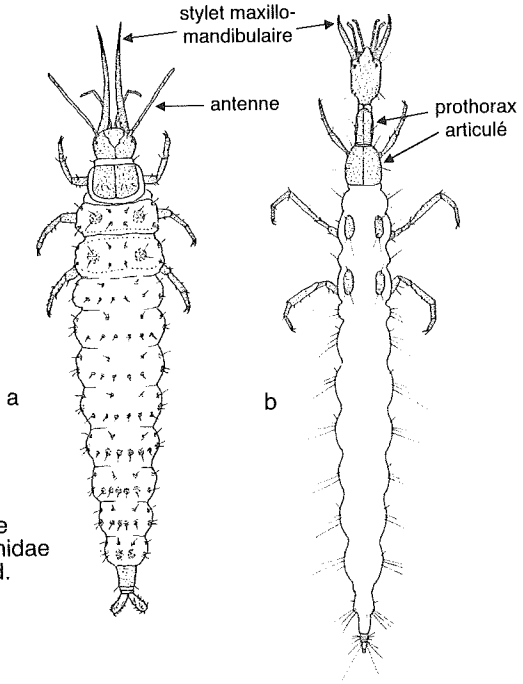


16.1 - *Sialis*, F. Sialidae, larve vd

O. Planipennes

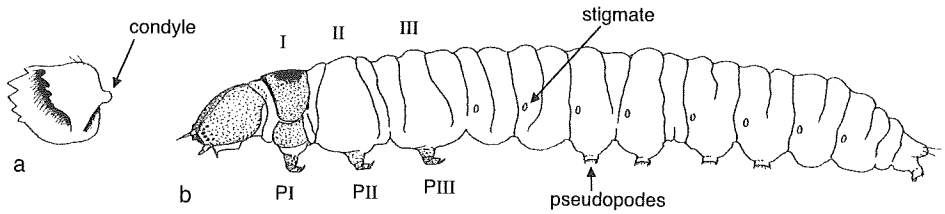


16.2 - *Sisyra*, F. Sisyridae. a : larve vd ;
b : extrémité d'un stylet maxillo-mandibulaire ;
c : abdomen vv

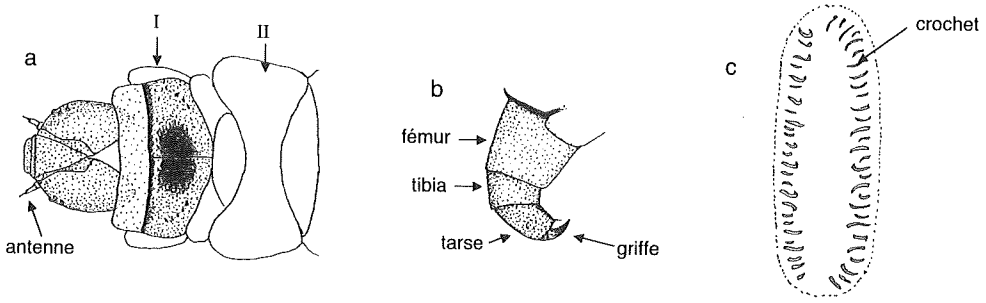


16.3 - a : *Osmylus*, F. Osmylidae larve vd ; b : *Neurorthus*, F. Neurorthidae (adapté de Zwick, 1967) larve vd.

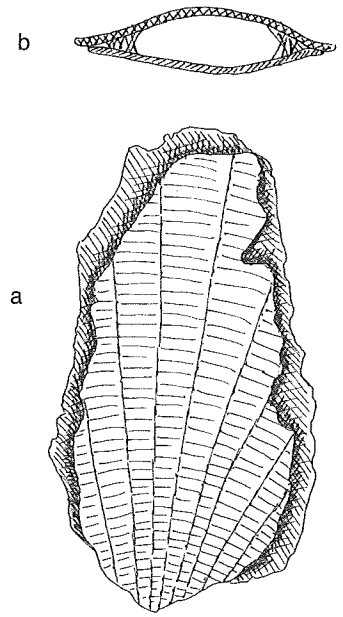
O. Lépidoptères 1



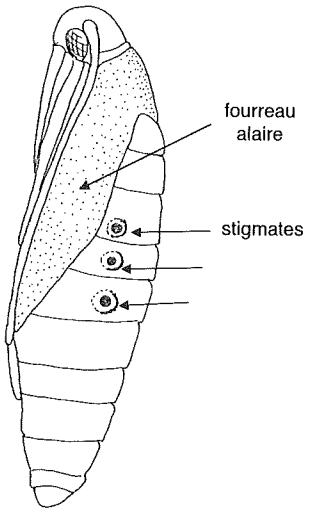
16.4 - *Elophila*. a : mandibule ; b : larve vl



16.5 - *Elophila*. a : région antérieure vd ; b : patte thoracique vl ; c : couronne de crochets d'un pseudopode vv

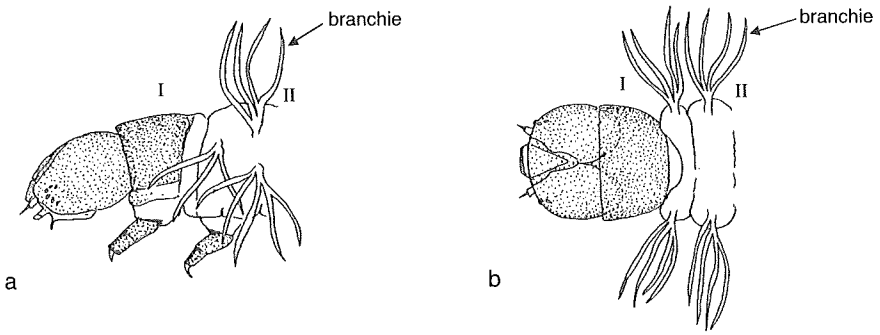


16.6 - *Elophila* (ou *Nymphula*). a : étui (vv ou vd) ; b : étui ct.

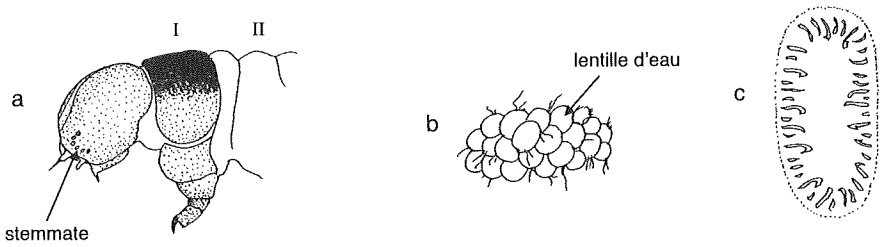


16.7 - Nymphe de Crambidae vl.

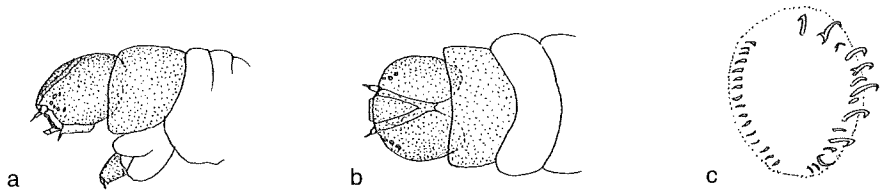
O. Lépidoptères 2



16.8 - *Parapoynx*. a : larve région antérieure vl ;
b : larve région antérieure vd

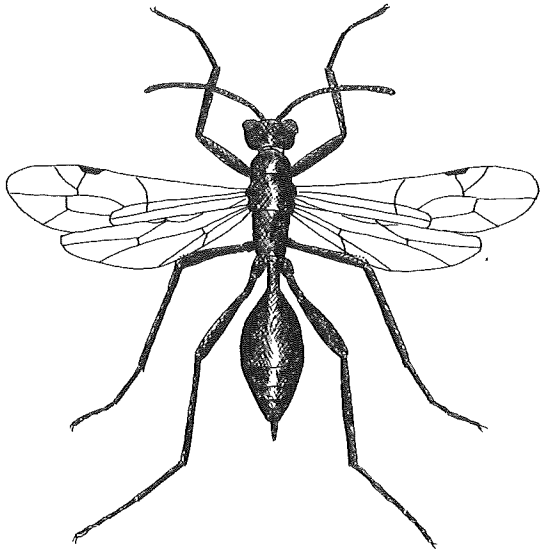


16.9 - *Cataclysta*. a : larve région antérieure vl ; b : étui vv ou vd ;
c : couronne de crochets d'un pygopode vv

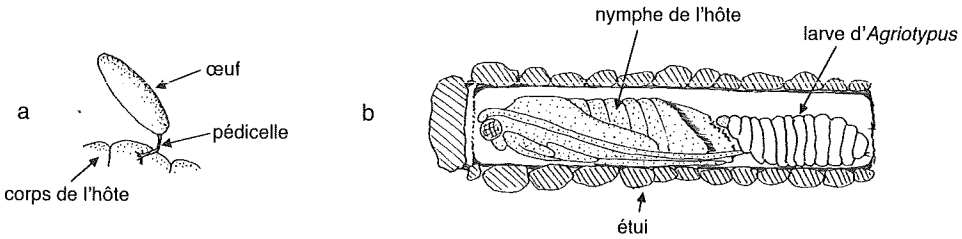


16.10 - *Acentria*. a : larve, région antérieure vl ; b : larve, région antérieure vd ;
c : couronne de crochets d'un pygopode (cf. également *Nymphula*) vv

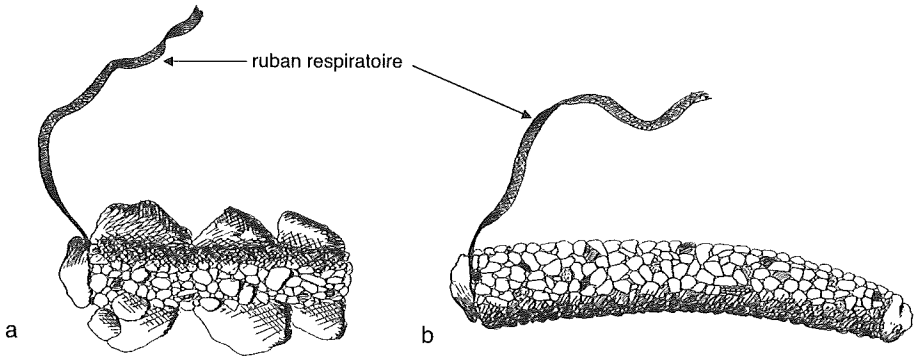
O. Hyménoptères
F. Agriotypidae



16.11 - *Agriotypus.* Adulte vd. Les ailes ont été écartées latéralement



16.12 - a : œuf d'*Agriotypus* fixé au corps de l'hôte. b : larve d'*Agriotypus* en train de dévorer une nymphe. L'étui de l'hôte a été coupé longitudinalement.



16.13 - *Agriotypus.* Etuis parasités avec ruban respiratoire élaboré par la larve d'*Agriotypus* de dernier stade. a : étui de Goeridae ; b : étui d'Odontoceridae.

Tableau 16.T1 - Traits biologiques, physiologiques et écologiques : Hétéroptères et ordres mineurs

Traits N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Modalités N°	1 2 3 4 5	1 2	1 2 3	1 2 3 4	2 3 4 5 6 7	1 2 3 4	1 2 4 5	2 3 4 5 6 7 8 9	3 4 6 7 8	1 2 3 4	1 3	1 2 3 4 5 6	1 2 3	2 3 4	1 2	1 2 3 4 5	1 2 3	1 2 3 4 5 6 7 8	1 2 3 4 5 6 7	1 2 3 4 5 6 7 8 9	1 2 3 4 5 6 7 8	1 2 3 4
Anisops sardea	3	3	1 1	2 3 2	3	2 3	1 2	5	3	1 3	3		1 1 1	1 1 1	3 1	3 3 3	3	2 5	1 3 1 1	1	2 4	3 1 2 3 2
Aphelocheirus aestivalis	2 2 3	3	3	3 3 3	3	3 3 1	1	3	3	1 1 1	3	3	3	1 2	3	3	3	3 1	3 1 1 3	5 3 1 1 3 1 1	2 3 3	2 3 2
Arctocorisa	3	3	3	3 3 3	2	1 3	1	2 2 3 1	2 1 3	1 2 3	3	2 3 3 3	3	3	3 2	3 3	2 2 3		5	1 3	2	2
Callicorixa praeusta	3	3	3	3 3 3	2	1 2 2	1	2 2 1 2 1	3 2 2	1 2 3	3	1 1 3 3 3 3	1 3 2	1 2	3	3	2 2 3 2	1 1 1	5	2 3 2 2 3	3 2	2 2
Corixa	2 3	3	3 2	3 3 3	2	3 1 3	1	1 2 1 2 3	1 1 3	1 2 3	3	2 2 3 3 3 3	1 3 2	1 2	3	2 2 3 2	3 2	1 1 1	5	1 3 1 1 1	3 2	1 5	3 1
Cymatia	1 3	3	2	3 3 3	2	1 3	1	3 1	1 3	1 2 3	3	2 2 2 3 3 3	3 1	3 1	3 2	3 1 2 1 1	3 1		5	2 3 2 2	2 1	5	2 1
Gerris	1 3	2 3	2 3	1 2 2	2	1 2 3	2 3 1	1 3	3 1	1 3	3	1 2 3 3 3	2 2 3	1 2 2	3	2 1 2 2 2	3 2 1	1 1 1 2 2	5	5	3 4	3 3 1 1
Glaenocorisa propinqua	3	3	1 1	3 3 3	2	1 3	1	2 2	2 1 3	1 2 3	3	2 3 3 2 1 1	3 1	3	3	3 3	1 2		4	1 1 1	1 1 1	1 2 2	3
Hesperocorixa	3	3	1 1	3 3 3	2	1 3 1	1	2 2	3 2 2	1 2 3	3	2 3 3 3 3 3	1 1 3	1 3	3 2	2 1 3 1 2	3	1 1 1 1 1	5	1 3 3 1 2	1 5	2 2
Hydrometra	1 3	3	3 1	2 2	2	1 3	3	3 3 1	3	3	3	1 1 1 3	1 3 1	2 3	3 1	1 1 1 2 1	3	1 1 1 1 1 1	5	3 3 1 1 3	1 4 2	3 3
Ilyocoris cimicoides	3	3	2	3 3 3	2	3	1	3 3	3	3 3	3	1 1 1 3 3 3	1 2 2	1 2 2	3 1	1 1 1 1 1	3	1 1 1	4	1 3 2 2	1 4 3	3 2
Mesovelia	3	3	3	1 2 2	2	1 3	3 1	1 5 2	3	3	3	1 1 1 3	1 2 1	1 2 1	3 2	1 1 1 1 2	3	1 1	4	1 3	1 4 1	3 1
Micronecta	3 1	3	2	3 3 3	3	3 2	1	2 2 3	3 2 3	1 1 1	3	1 1 3	3 2 1	2 2 1	3 1	2 2 2 2	3 1	1 1	2	1 3 1 3	4 2 2 1 4	2 3	2 1 1
Microvelia	3	3	2 3	3 3	3	3 2	1 2 1 1	3	3 1	3	3	1 1 2 3 3 2	1 1 1	2 1	3 1	2 2 3 1	3 1	1 1 1 1	5	2 3 2 3 1	1 3	1 2 3	3 2
Naucoris maculatus	3	3	1 1	2 3 2	1	3	1	5	3 1	3	3	1 3 3 3	2 1 1	2 2	3 1	1 1 1 1 2	3	1 1	3	2 3 3 2	2 3 3	1 4	3 2
Nepa	3 2	3 1	3	3 3 3	2	3	2 2	3 3	3 1	1 3 3	3	1 1 1 1 1 3	1 3 1	3 1	3 1	1 1 2 2 2	3 2	1 1 1 1 5	1 3 1 2 2	1 2 1 1	2 2 4	3 1
Notonecta	3	3 2	3	3 3 3	2	1 3	1 3	3 3 1	3 1 1	1 3 3	3	1 2 3 3 3 3	1 3	1 3	3 2	1 1 2 2 2	3 2	1 1	5	1 3 1	2 2 4	3 1
Nychia marshalli	3	3	1 1	2 3 3	2	1 3	1 2	5	3	3	3			3	1		3		5	1 3 2	1 5	2 1
Paracorixa concinna	3	3	1 1	3 3 3	2	1 3	1	2 2 3	3 2 3	1 2 3	3	2 3 3 3	1 2 3	2 2	3	3 3	3	1 1 1	5	1 3 2	1 1	1 1 1
Parasigara	3	3	1 1	3 3 3	2	1 3	1 2 1 3	1	2 2 3	3 2 3	3	1 3 3 1	2	2	3	3 3	3	2 2 2 2 5	1 2 3 1 2	1 5	3 1
Plea leachi	1 3	3	3	3 3 3	2	3	1	2 2	3	1 2 3	3	1 1 1 3	3 2	2 1	3 2	1 1 1 1 1	3	1 1 1 1 3	2 2 2 1	4 1	5	3 1
Ranatra linearis	3 2 2	3	3 3 3	2	3	1 3 2	2 2	3 3	3 1	1 3 3	3	1 1 3 3 3 3	3 3 2	3 3 2	3 3	2 1 1 3 1	3 2	1 1 1 1 1 1 4	1 2 3 1 2 3	1 2 1 3 3	1 5	3 2
Sigara	1 3	3 2	2 2	3 3 2	2	1 3 2	1 2 1 2	1	3 3 1 1 2	3 2 2	3	1 2 3 3 3 3	3 1 1	3 1	3 1	2 1 1 2 2	3 2	2 1 1 1 5	4 2 1 2 1	3 2 1 1	1 4	1 2 1
Velia	3	3	3 1	2 2	3	3	3	1 3	3	3	3	1 2 2 3	3 1 1	3 1	3 1	2 1 1 2 2	3 2	2 1 1 1 5	4 2 1 2 1	3 2 1 1		
Osmylus fulvicephalus	3	3	3 1	1	2	3	1	3	5	3	1	1 1 1	3	3	3	3 3 3 3 3	3 1	2 1 1 1 1	3	3	3	2	5	2 1 1
Sisyra	3	3	2 2	3	1 2 1 3	2 2 2	3 3	5	1 3 3	3 2	3	3	1 1	3 2	3	3 3 3 3 3	3 2	1 1 2	4 2 2	3	4 1	2 3	3 3 1 1
Neurorthus fallax	3 1	3		3	2	3 2	3 3	5	3	3	2 1						3 2	3	3	3 1		1 3
Sialis	3 2	3 3 1		3	3	3	2 1	1 1 1 1 5	3	3 1 1	1 2 3 3 3 3	2 3 1	3 3	3 1	2	3 3 3 3 3	3 1	1 2 2 2 1 1	2	2 4 2 1	2	1 3 3 3 1	2 2	1 4 3	3 3 2
Elophila nymphaeata	3 2	3	3	2 3 3	3	3	3	5	3	1 2 3	3	1 1 3	1 3 1	1 3 1	3	3 3 3 3 3	3 1	1 1 1	3	1 3 4 1	4	2	4	3 3
Parapoynx stratiotata	3 2	3	2	2 3 3	3	3	3	5	3	2 2 2	3	1 1 2	1 3 1	1 3 1	3	3 3 3 3 3	2	1 1 1	3	2 4 3 1 2 4	2 2	3 3
Nymphula stagnata	3 2	3	3	2 3 3 3	3	1	3	5	3	2 2 2	3	1 1 1 2	1 1	1 3 1	3 1	3 3 3 3 3	3	1 1 1	3	1 2 2 1 1 4	2 2	3 3
Cataclysta lemnata	3	3	3	3 3 3 3	3	1	3	5	3	2 2 2	3	1 1 1 1 1 3	2 2	1 1	3 1	3 3 3 3 3	3	1 1	3	2 3 3 1 1 4	2 2	3 2
Acentria ephemerella	3	2	2 2	2 3 3 2	3	2 2	1 3	5	3	3 1	3	1 1 1 3	1 3 1	1 3 1	3 1	3 3 3 3 1	3 1	1 2 2 2 2 1	3	1 3 4 1	4	1 3	2	2 3
Agriotypus armatus	3	3	3	3 3 3 1	3	3	3	5	3	3 3	3	3	2 2	3	2 3 3 2	3 3 1	1 2 2 2 1	1	3 1	1	3 3 3	1	1 3	2 2 2

CHAPITRE 17

COLÉOPTÈRES

Les Coléoptères constituent en nombre d'espèces le principal ordre d'insectes. Ils sont connus depuis le Permien et représentent donc un des plus anciens ordres d'insectes holométaboles. La présence d'une première paire d'ailes transformées en élytres chez l'adulte constitue la principale originalité de l'ordre. Environ 15 % des espèces de Coléoptères peuvent être définies comme aquatiques. Nous ne considérons comme Coléoptères aquatiques que les Coléoptères ayant un (ou plusieurs) stade véritablement aquatique ; en conséquence, les Coléoptères ripicoles comme les Georissidae, les Heteroceridae, les Carabidae, les Staphylinidae..., ne seront pas traités ici.

Cette adaptation à la vie aquatique s'est produite à différentes reprises au cours des temps géologiques ; elle concerne des groupes n'ayant souvent aucune relation phylogénétique. Il s'agit des trois sous-ordres suivants : Adephaga, Myxophaga et Polyphaga. Les Myxophaga se réduisent, dans la zone concernée par l'ouvrage, à un seul genre : *Hydroscapha*. Les caractères fondamentaux de ces trois sous-ordres figurent ci-après dans le tableau 17.T1.

Cette adaptation au milieu aquatique concerne différents stades du cycle vital (cf. aussi fig. I.18) mais, chez tous les Coléoptères, les nymphes (à l'exception de celles des Chrysomelidae Donaciinae et des Noteridae) sont toujours terrestres. Dans certains groupes, comme par exemple les Dytiscidae et les Elmidae, larves et adultes sont aquatiques, dans d'autres groupes comme les Scirtidae, les Psephenidae et la plupart des Chrysomelidae Donaciinae, seules les larves sont aquatiques ; enfin chez les Hydraenidae, les Hydrochidae et les Helophoridae, seuls les adultes sont aquatiques. Cette adaptation à la vie aquatique est suffisamment ancienne pour avoir entraîné des modifications morpho-anatomiques : adaptation à la nage par modification des PIII, par exemple, chez les adultes de certains Dytiscidae et présence de branchies trachéennes chez de nombreuses larves.

Outre le texte qui suit où sont donnés quelques aspects fondamentaux sur la morphologie et l'anatomie des larves, des nymphes et des adultes de Coléoptères aquatiques, ainsi que sur leur biologie et leur écologie, on pourra consulter, indépendamment des ouvrages généraux cités en introduction, un certain nombre d'ouvrages spécialisés français ou européens permettant de déterminer soit à l'espèce l'ensemble des Coléoptères aquatiques adultes (Portevin, 1929-1934 ; Porta, 1923-1959 ; Freude *et al.*, 1971-1979 ; Briday, 1988 ; Drost *et al.*, 1992), soit plus spécialement les larves de Coléoptères aquatiques (Bertrand, 1972 ; Klausnitzer, 1991, 1994 et 1997), soit les deux (Richoux, 1982 ; Nilsson, 1996). Aussi, par la suite, ne seront donnés que les ouvrages correspondant aux sous-ordres ou familles complétant les ouvrages généraux précédemment cités.

Tableau 17.T1 - Les trois sous-ordres de Coléoptères aquatiques : principaux caractères distinctifs et familles correspondantes

	Sous-ordres		
	Adephaga = Hydradephaga = Hydrocanthares	Myxophaga	Polyphaga
Adulte	métacoxas soudées au métasternum	métacoxas non soudées au métasternum suture notopleurale distincte	métacoxas non soudées au métasternum suture notopleurale indistincte
Larve	tarse et griffe distincts	tarse et griffe indistincts	tarse et griffe indistincts
Familles	Haliplidae Hygrobiidae Noteridae Dytiscidae Gyrinidae	Hydroscaphidae	Hydraenidae Spercheidae Hydrochidae Helophoridae Hydrophilidae Scirtidae Elmidae Dryopidae Psephenidae Chrysomelidae Curculionidae

1 - MORPHOLOGIE ET ANATOMIE

1.1 - LARVES

Correspondant à des groupes phylogénétiquement souvent très différents, les larves de Coléoptères sont très polymorphes (figs. 17.1, 17.5). Elles sont également de tailles variées (du millimètre pour *Hydroscapha* à 6 cm pour *Hydrophilus*, *Dytiscus* ou *Cybister*). Les larves se différencient des autres larves d'insectes holométaboles essentiellement de façon négative (cf. clé 11.C1).

1.1.1 - Tête (figs. 17.2, 17.3)

La tête est toujours bien différenciée et constitue une capsule céphalique entièrement sclérifiée. Elle peut être cachée par le pronotum (Psephenidae). Les yeux sont constitués de

stemmates, ils peuvent être exceptionnellement absents (*Siettitia*, Dytiscidae). Le clypeus peut présenter à l'avant des dents (Hydrophilidae, Gyrinidae...) ou se prolonger par une corne frontale appelée souvent « nasal » (cf. certains Dytiscidae). Les antennes sont de taille variable mais comprennent normalement quatre articles pouvant se subdiviser en fouet, elles peuvent alors atteindre la longueur du corps (certains Scirtidae). L'apex des antennes peut être uni- ou biramé. Le labre est peu modifié, les mandibules sont généralement de type broyeur, mais chez les Dytiscidae et les Haliplidae les mandibules sont modifiées pour permettre une alimentation liquide. Chez les Dytiscidae, elles sont traversées par un canal où circulent salive et produits lysés, dans ce cas la bouche est close (figs. 17.18, 17.32). Les maxilles comprennent un cardo court, surmonté par le stipes sur lequel s'insèrent une galéa et une lacinia partiellement fusionnées, celles-ci sont parfois de taille réduite ; les palpes maxillaires sont toujours présents et multiarticulés. Le labium comprend mentum et prémentum, ce dernier peut porter en position médiane une ligule, et latéralement des palpes labiaux toujours multiarticulés.

1.1.2. - Thorax

Le prothorax est légèrement plus développé que les deux autres segments. Dans certains groupes, les tergites sont sclérifiés (notum), chez d'autres ils sont membraneux. Il peut y avoir des branchies dorsales chez *Peltodytes* (Haliplidae), ventrales chez *Hygrobia* (Hygrobiidae). Excepté chez les Curculionidae, les pattes thoraciques sont toujours présentes ; elles sont parfois très courtes comme chez les Donaciinae. La morphologie des trois paires de pattes est souvent similaire, cependant, chez les Haliplidae, le tibia des PI présente une saillie d'arrêt (pouce), chez les Noteridae le fémur des PI est aplati et élargi en liaison avec un comportement fouisseur, enfin chez certains Dytiscidae les trois paires de pattes sont frangées des soies natatoires. Le nombre d'articles constituant les pattes permet de différencier les Adephaga des deux sous-ordres de Coléoptères. Chez les Adephaga (fig. 17.4), la patte comprend cinq articles : hanche, trochanter, fémur, tibia et tarse, ce dernier portant une ou deux griffes terminales. Chez les Polyphaga et les Myxophaga, la patte ne comprend que quatre articles (fig. 17.6) : hanche, trochanter, fémur, tibio-tarse portant ou non des griffes.

1.1.3 - Abdomen

Il comprend de 8 à 10 segments visibles. Il peut y avoir des branchies latérales et/ou dorsales (Gyrinidae, *Peltodytes* [Haliplidae] *Berosus* [Hydrophilidae]...), des pseudopodes (*Enochrus*, Hydrophilidae). L'extrémité de l'abdomen peut présenter des variations importantes : porter des appendices articulés pairs tels que les urogomphes (Dytiscidae), un prolongement médian (Hygrobiidae), quatre crochets (Gyrinidae), une paire de stylets stigmatiques (Donaciinae), un opercule avec des stylets (Dryopidae) et des branchies (Elmidae) ; les derniers segments peuvent aussi former un atrium respiratoire (Hydrophilidae).

1.2 - NYMPHES

Les nymphes sont terrestres chez la très grande majorité des Coléoptères aquatiques, cependant, chez les Donaciinae et les Noteridae, les nymphes sont dans un cocon sous l'eau mais rempli d'air. Chez toutes les nymphes, les antennes, les pattes et les ailes ne sont pas soudées au corps (nymphes nues) (figs. 17.14, 17.15).

1.3 - ADULTES (figs. 17.7, 17.8)

Les élytres, toujours présents, recouvrent le plus souvent complètement l'abdomen. Comme celles des larves, les tailles sont très variables : 1 mm pour *Hemisphaera* (Hydrophilidae) à plus

de 4 cm pour *Dytiscus* et *Hydrophilus*.

1.3.1 - Tête (figs. 17.9 à 17.11)

La capsule céphalique est rigide, elle est prognathe. Dorsalement, des antennes de formes variées avec de sept articles chez les Hydrochidae à onze chez les Hydradephaga. Les yeux sont composés. Chez les Gyrinidae, ils sont divisés en deux parties : une paire latéro-dorsale (vision aérienne) et une paire ventrale (vision subaquatique). Les pièces buccales sont de type broyeur. Sous le labre se présentent successivement une paire de mandibules, fortement sclérifiées et plus ou moins dentées, une paire de maxilles bien développées avec lacinia et galéa bien individualisées ; le palpe maxillaire est toujours multiarticulé. Chez les Hydrophiloidea et les Hydraenidae, les palpes maxillaires sont très développés (Palpicornia). Le labium comprend mentum et prémentum portant ou non une ligule médiane et latéralement les palpes labiaux. Ventralement la capsule céphalique possède une gula allongée, mais chez les Curculionidae cette gula est absente.

1.3.2. - Thorax (figs. 17.7, 17.8, 17.12, 17.13)

Les trois segments présentent chez les Coléoptères des développements très différents liés à la présence des élytres. Le prothorax constitue une pièce unique par suite de fusion partielle des tergites, sternites et pleurites ; des lignes de sutures sont cependant visibles. Le prothorax est également indépendant (au niveau cuticulaire) des deux autres segments qui sont unis à l'abdomen pour former le ptérothorax. Dorsalement le pronotum est bien développé ; il présente des ornementations variées (rebords, stries, fossettes, microréticulations, etc.) ; voilà pourquoi il est très utilisé pour l'identification, quel que soit le niveau de détermination. Ventralement le prothorax est bien visible et se prolonge souvent entre les hanches (coxa) par une apophyse prosternale. Le mésothorax est le plus petit segment thoracique, il porte en effet les élytres, structures protectrices, sans grand rôle dans le vol ; le mésothorax n'est représenté dorsalement que par l'écusson, mais celui-ci, dans un certain nombre de groupes, est souvent masqué par le pronotum ou les élytres. Les élytres protègent en général l'abdomen mais, dans un certain nombre de genres (*Limnebius*, *Hydroscapha*), ils peuvent être tronqués et laisser apparaître dorsalement les derniers tergites abdominaux. Comme pour le pronotum, les différentes ornementations des élytres sont utilisées comme critères d'identification. Les bords latéraux des élytres se replient ventralement pour former les épipleures. Le métathorax est bien développé, en particulier chez les Coléoptères les mieux adaptés à la nage (Hydradephaga). Il porte le plus souvent une paire d'ailes membraneuses utilisées pour le vol. Comme chez tous les Coléoptères, au repos, elles sont repliées de façon complexe sous les élytres (figs. 17.12, 17.13). Entre les élytres et les tergites abdominaux il y a un espace où s'ouvrent les stigmates. Chez les Dytiscidae notamment il y a ainsi une chambre sous-élytrale (fig.17.17) analogue à celle que l'on observe chez certains Nepomorpha (Hétéroptères).

Les pattes comportent normalement une hanche ou coxa, un trochanter, un fémur, un tibia et un tarse composé de tarsomères (jusqu'à cinq) dont le dernier, l'onychium, porte deux griffes. Chez les Hydradephaga et certains Hydrophilidae, les pattes postérieures sont bien adaptées à la nage (aplatissement, présence de franges de soies, etc.). Chez les Hydradephaga, les hanches postérieures (métacoxas) sont particulièrement développées et soudées ventralement, ce qui permet à la patte de se mouvoir seulement dans un plan horizontal améliorant ainsi l'efficacité de la nage.

1.3.3 - Abdomen (fig. 17.8)

L'abdomen n'est pas visible dorsalement, sauf parfois les deux derniers segments. Il comprend fondamentalement 10 segments, mais il y a des régressions et des invaginations dans

la région postérieure. Les tergites, protégés par les élytres, sont mous. Les sternites sont toujours sclérifiés, au maximum sept sont visibles. Chez les Adephaga, par suite du grand développement des métacoxas, les sternites antérieurs ne sont souvent pas visibles. Les derniers segments abdominaux sont invaginés et portent les génitalia. La structure des génitalia mâles (édéage) est un des principaux caractères utilisés pour distinguer les espèces.

2 - Biologie

Les régimes alimentaires des larves sont variés. L'appareil buccal est souvent de type broyeur avec des herbivores stricts (Curculionidae, Donaciinae), des détritivores, des algivores et des carnivores. Il y a cependant une alimentation liquide chez les larves de Dytiscidae (fig. 17.18) et les larves d'Haliplidae. Les larves de Dytiscidae sont prédatrices et pratiquent l'affût. Elles saisissent leurs proies avec leurs mandibules transformées en crochets acérés. Les mandibules présentent un canal qui sert à injecter des enzymes destinés à lyser les tissus des proies. Ce même canal sert à absorber les tissus ainsi liquéfiés. Les larves d'Haliplidae sont algivores, elles utilisent leurs mandibules pour perforer les cellules des algues filamenteuses et en sucer le contenu (cf. les Trichoptères Hydroptilidae). Contrairement à ce que l'on observe pour d'autres insectes aquatiques, il n'y a pas de véritables filtreurs.

Les adultes ont tous un appareil buccal de type broyeur, certains sont prédateurs, notamment chez les Dytiscidae et les Gyrinidae, mais la majorité est plutôt détritivore-algivore.

La respiration des larves correspond à quatre types majeurs : directement à travers les téguments chez les larvules et certains genres de petite taille, grâce à des stigmates s'ouvrant à l'extrémité de l'abdomen (par exemple, chez les Dytiscidae) (fig. 17.16), grâce à des branchies trachéennes (par exemple, chez les larves de Gyrinidae) et enfin grâce à des crochets stigmatiques que la larve enfonce dans les canaux aérifères d'un hydrophyte chez les larves de Donaciinae. Chez certains Hydrophilidae, les derniers segments abdominaux forment un atrium respiratoire.

Chez les adultes, la respiration se fait grâce aux stigmates qui s'ouvrent dans la cavité sous-élytrale (par exemple, les Dytiscidae) (fig. 17.17) ou grâce à un plastron respiratoire, chez les Elmidae notamment.

La durée de vie est en général de un an, mais notamment chez les Dytiscidae, les adultes peuvent vivre plusieurs années. Parmi les familles où les adultes sont terrestres, les Scirtidae ne se nourrissent pas et meurent après la reproduction. Le nombre d'œufs pondus est très variable de un œuf (Hydroscaphidae) à plusieurs centaines. Ces œufs sont isolés ou rassemblés dans une ponte. L'oviposition a lieu dans l'eau pour les groupes où larves et adultes sont aquatiques, près de l'eau pour les Scirtidae. Quelques Dytiscidae ont des pontes endophytiques. Chez certains Hydrophilidae les œufs sont transportés par la femelle sous l'abdomen ou déposés dans une ponte flottante.

La majorité des Coléoptères aquatiques possède trois stades larvaires, mais chez les Elmidae certains genres ont cinq (*Riolus*) ou six (*Elmis, Esolus*) stades larvaires.

La nymphose a très généralement lieu à terre dans une logette construite par la larve de dernier stade. Chez les Noteridae, les Donaciinae et certains Curculionidae, la nymphose se passe en milieu aquatique dans un cocon rempli d'air.

3 - Écologie

Les Coléoptères ont colonisé tous les habitats d'eaux continentales possibles. Ils se

rencontrent en milieu superficiel et phréatique, en zone eutrophe comme en zone oligotrophe, en eau douce comme en milieu saumâtre, en haute montagne comme en plaine.

En Europe, ils sont présents dans toutes les régions de la Limnofauna Europaea, mais le nombre de genres et de familles décroît en remontant vers la Scandinavie. Ils sont présents en Islande, mais réduits à quelques genres.

Les larves de Coléoptères dans leur grande majorité sont marcheuses, quelques genres, notamment chez les Dytiscidae, sont nageurs. À l'exception du genre *Siettitia* (Dytiscidae), véritablement phréatobie, les larves ne pénètrent que rarement dans les milieux interstitiels, mais peuvent cependant se trouver à plusieurs décimètres à l'intérieur des sédiments. Les adultes de nombreux genres sont marcheurs, mais certains genres sont nageurs en pleine eau (Dytiscidae, grands Hydrophilidae) ou en surface (Gyrinidae) (fig. 17.19). Comme chez les Hétéroptères, la dispersion sur de longues distances est assurée par le vol des adultes qui peuvent quitter temporairement le milieu aquatique (Dytiscidae et Gyrinidae notamment). Les Elmidae, lorsqu'ils sont ailés, effectuent en général un unique vol, après la mue imaginale, pour rejoindre le milieu aquatique. Certaines familles possèdent des adultes aux formes ailées diverses : macroptères, brachyptères, aptères (cf. les Hétéroptères Gerridae). Les adultes des espèces d'eau courante (Elmidae, Hydraenidae, etc.) possèdent des griffes puissantes. Certaines larves d'Elmidae ou de Psephenidae présentent un aplatissement dorso-ventral marqué leur permettant d'échapper aux contraintes hydrauliques.

4 - Techniques de conservation et d'identification

Pour la plupart des Coléoptères adultes de petite taille (Elmidae, Hydraenidae) et l'ensemble des larves, le moyen de conservation le plus adéquat est l'alcool à 75°. Le formol est à déconseiller car il durcit les articulations et forme des dépôts blanchâtres, surtout dans les zones à forte pilosité (plastron respiratoire). En revanche, pour les adultes de familles telles que les Dytiscidae, Hydrophilidae, la collection à sec (les individus sont épinglés ou collés sur des paillettes) présente quelques avantages : les microsculptures, pilosités, ponctuations... (caractères d'identification souvent utilisés) sont bien plus visibles que dans un liquide conservateur, et les individus et leurs ornementations (fossettes, stries, taches, couleurs...) peuvent être observés aisément sans manipulation, même à travers les vitres des boîtes de rangement. Comme cela a été indiqué en introduction de cet ouvrage, les caractères donnés dans les clés et dans les diagnoses pour les larves correspondent au dernier stade.

5 - Diagnoses

Les différents genres de Coléoptères sont regroupés en sous-familles, familles et superfamilles. Hélas, il y a encore de sérieuses divergences entre les auteurs sur la manière de regrouper les différents genres. Nous avons suivi le découpage proposé par Lawrence et Newton (1995) sauf pour les Hydrophiloidea (Hansen, 1995).

Sous-ordre des Adephaga

Les Adephaga aquatiques (= Hydradephaga = Hydrocanthares) comprennent cinq familles : Dytiscidae, Noteridae (longtemps considérée comme une sous-famille de Dytiscidae),

Hygrobiidae, Haliplidae et Gyrinidae. Si, en France, les Hygrobiidae et les Noteridae ne comprennent qu'un seul genre et les Haliplidae et les Gyrinidae trois chacun, les Dytiscidae en possèdent en revanche plus de trente.

Larve : type campodéiforme. Chez les Dytiscidae et les Haliplidae, mandibule avec un canal, la bouche dans ce cas est fermée. Pattes à cinq articles : hanche, trochanter, fémur, tibia, tarse avec une ou deux griffes.

Adulte : abdomen à six segments ventraux (urosternites 3 à 8), les trois premiers plus ou moins soudés ensemble, cachés en partie par les métacoxas. Six palpes apparents (outre le palpe maxillaire, la maxille présente une galéa fusiforme). Tarses pentamères.

Ouvrages de détermination : Guignot, 1947 ; Franciscolo, 1979 ; Holmen, 1987 ; Leblanc, 1989, 1991).

5.1 – Famille des Gyrinidae (clés, adultes : 17.C2 ; larves : 17.C15)

Larve : abdomen de dix segments. Branchies abdominales plumeuses. quatre crochets terminaux. Tarse à deux griffes (fig. 17.20).

Adulte : corps en navette, deux paires d'yeux. Pattes médianes et postérieures courtes, en rame. Antennes courtes. Apophyses métacoxales peu développées (fig. 17.19).

Ouvrages de détermination pour les adultes : Bameul, 1985.

Aulonogyrus

Larve : bord antérieur du clypeus à quatre dents (fig. 17.21b).

Adulte : pronotum sans sillons transverses. Tête, pronotum et élytres lisses de couleur vert ou bleu métallique. Taille de 5,5 à 8 mm (fig. 17.22b).

Deux espèces.

Gyrinus

Larve : bord antérieur du clypeus à deux dents (fig. 17.21a).

Adulte : pronotum à sillons transverses. Tête, pronotum et élytres lisses, noirs plus ou moins métalliques. Taille de 3,5 à 8 mm (fig. 17.22a).

Douze espèces.

Orectochilus

Larve : bord antérieur du clypeus sans dent (fig. 17.21c).

Adulte : corps allongé de couleur brun noirâtre couvert d'une pilosité dense. Taille de 5,5 à 8 mm (fig. 17.22c).

Une seule espèce : *O. villosus*.

5.2 - Famille des Haliplidae (clés, adultes : 17.C3 ; larves : 17.C15, 17.C16)

Larve : tarses à griffe unique, un éperon à la base des tibias (fig. 17.24a). Mandibule creusée d'un canal (fig. 17.24b). Neuf ou dix segments abdominaux ; urogomphes non articulés.

Adulte : plaques métacoxales larges et aplaties recouvrant en partie les fémurs. Pattes postérieures grêles avec de longues soies.

Ouvrage de détermination : Vondel, 1997.

Haliplus

Larve : antennes à article 3 très allongé. Aires des stemmates normales (fig. 17.25b). Dix

segments abdominaux. Tubercules tergaux plus ou moins saillants (fig. 17.24c).

Adulte : yeux normaux. Pronotum trapézoïdal. Plaques métacoxales arrondies en arrière. Taille de 2,2 à 4,5 mm (fig. 17.26b).

Dix-neuf espèces

Peltodytes

Larve : antennes à article 3 allongé. Aires des stemmates très proéminentes (fig. 17.25a). Neuf segments abdominaux. Trachéobranchies tergales filamenteuses (fig. 17.23).

Adulte : yeux proéminents. Pronotum trapézoïdal. Plaques métacoxales rebordées et anguleuses. Taille de 3,5 à 4 mm (fig. 17.26a).

Deux espèces.

Brychius

Larve : antennes à article 3 court (fig. 17.25c). Aires des stemmates proéminentes. Dix segments abdominaux. Tubercules tergaux peu saillants.

Adulte : yeux normaux. Pronotum rectangulaire. Plaques métacoxales arrondies. Taille de 4 à 4,3 mm (fig. 17.26c).

Une seule espèce : *B. elevatus*.

5.3 - Famille des Hygrobiidae (clés, adultes : 17.C3 ; larves : 17.C15)

Hygrobia

Larve : abdomen de huit segments : le segment 8 prolongé par un long appendice. Deux longs urogomphes. Branchies thoraciques ventrales. Tarse à deux griffes (fig. 17.27).

Adulte : tête dégagée du pronotum. Apophyses métacoxales quadrilobées, séparées du metasternum par une pièce nommée antécoxale (Guignot, 1931-1933) ou prométasternale (Franciscolo, 1979). Taille de 8,5 à 10 mm (fig. 17.29).

Une seule espèce : *H. hermanni* = *H. tarda*.

5.4 - Famille des Noteridae (clés, adultes : 17.C3 ; larves : 17.C16)

Les Noteridae ont longtemps été considérés comme une sous-famille de Dytiscidae.

Noterus

Larve : tête globuleuse à mandibules de type broyeur (fig. 17.28b). Fémurs des trois paires de pattes courts, triangulaires. Pattes antérieures fouisseuses. Tarse à deux griffes. Segment abdominal 8 terminé par un prolongement impair court, urogomphes en pointe courte (fig. 17.28a).

Adulte : corps convexe. Tête enchassée dans le pronotum. Antennes clavicornes. Écusson non visible. Pronotum rebordé latéralement. Apophyse prosternale arrondie à l'extrémité. Apophyses métacoxales anguleusement échancrées (fig. 17.30b). Tarses normaux. Taille de 3,5 à 4,5 mm (fig. 17.30a).

Trois espèces.

5.5 - Famille des Dytiscidae (clés, adultes : 17.C10 ; larves : 17.C18)

Larve : larve campodéiforme (fig. 17.31). Mandibule arquée creusée d'un sillon ou d'un canal (figs. 17.18, 17.32). Tarses à deux griffes. Seules sont prises en compte les larves de 3e stade : la chaetotaxie des soies des urogomphes doit être faite avec prudence ; aux premiers stades seules les soies primaires sont présentes (fig. 17.46).

Adulte : tête enchâssée dans le pronotum (fig. 17.33). Antennes filiformes. Apophyses métacoxales peu développées. Pattes postérieures nageuses.

Cinq sous-familles : Hydroporinae, Laccophilinae, Copelatinae, Colymbetinae, Dysticinae (Nilsson et Roughley, 1997). Dans la Limnofauna Europaea, Ienistea (1978) considère les sous-familles comme des familles et élève les sous-genres au niveau générique, ce qui pose des problèmes aux écologues non spécialistes en systématique (par exemple, *Agabus bipustulatus* est cité sous le nom de genre *Gaurodytes*).

Parmi les Coléoptères aquatiques, la famille des Dytiscidae renferme le plus grand nombre de genres. Les larves comme les adultes sont morphologiquement très homogènes. Voilà pourquoi, nous ne donnerons dans les diagnoses que les habitus des différentes sous-familles ou des genres particuliers. Tous les genres cités peuvent être identifiés en utilisant les clés (17.C10 pour les adultes, 17.C18 pour les larves).

Ouvrage de détermination : Nilsson et Holmen, 1995.

5.5.1 – Sous-famille des Hydroporinae (clés adultes : 17.12 à 14, larves : 17.C21)

Larve : tête avec corne frontale (fig. 17.34).

Adulte : Ecusson non visible (figs. 17.38, 17.39). Tarses antérieur et moyen pseudotétramères. Petite taille : ≤ 6 mm.

— Tribu des Hyphydrini

Hyphydrus

Larve : corne frontale allongée spatulée (fig. 17.36a).

Adulte : corps ovoïde presque sphérique. Griffes postérieures inégales. Taille de 4 à 5 mm.

Deux espèces.

— Tribu des Hydrovatini

Hydrovatus

Larve : corne frontale allongée non spatulée (fig. 17.36b).

Adulte : corps ovoïde pointu à l'arrière (figs. 17.38, 17.40a). Apophyse prosternale fortement élargie (fig. 17.42a). Griffes postérieures égales Taille de 2 à 3 mm.

Trois espèces.

— Tribu des Bidessini

Larve : corne frontale courte. Six à sept soies sur les urogomphes allongés.

Adulte : deux stries pronotales latéro-basales (fig. 17.39). Apophyse prosternale lancéolée. Griffes postérieures égales. Taille très petite de 1,5 à 2,2 mm.

Yola

Larve : soies proximales des urogomphes régulièrement espacées (fig. 17.37i).

Adulte : corps ovoïde pointu à l'arrière. Carènes élytrales en prolongement des stries pronotales (figs. 17.39, 17.40b). Taille : 2 mm.

Une seule espèce : *Y. bicarinata.*

Bidessus

Larve : soies proximales des urogomphes en 2 groupes. Urogomphes peu alllongés (fig. 17.36c).

Adulte : stries élytrales en prolongement des stries pronotales. Strie cervicale transversale à l'arrière des yeux quelquefois cachée par le pronotum (pour bien la distinguer, abaisser la tête)

(fig. 17.40c). Taille de 1,5 à 2,2 mm.

Huit espèces.

Hydroglyphus = Guignotus

Larve : soies proximales des urogomphes en deux groupes (fig. 17.37l). Urogomphes très longs.

Adulte : pas de strie cervicale. Stries élytrales en prolongement des stries pronotales. Taille de 2 à 2,2 mm.

Une seule espèce : *H. pusillus* (se trouve aussi sous les noms de *Bidessus geminus, Bidessus pusillus* ou *Guignotus pusillus*).

— Tribu des Hydroporini

Larve : très polymorphe, aussi bien dans la forme générale que dans les caractéristiques de la tête ou de l'extrémité abdominale.

Adulte : pas de stries pronotales latérobasales prolongées par des stries ou des côtes élytrales. Griffes postérieures égales. Taille de 1,5 à 6 mm.

Coelambus

Ce genre est maintenant intégré au genre *Hygrotus* (Nilsson et Roughley, 1997). Il sera pris au sens de Guignot (1947).

Larve : corne frontale courte fortement denticulée. Urogomphes à nombre variable de soies.

Adulte : base des épipleures présentant une fossette délimitée par une carène oblique (fig. 17.41a). Epistome sans rebord à l'avant. Taille de 3 à 5 mm.

Cinq espèces.

Hygrotus

Larve : corne frontale denticulée, dernier segment abdominal allongé, pointu. Urogomphes à nombre variable de soies (fig. 17.37k).

Adulte : base des épipleures présentant une fossette délimitée par une carène oblique (fig. 17.41a). Epistome rebordé à l'avant. Taille de 2 à 3,7 mm.

Trois espèces.

Suphrodytes

Larve : corne frontale large arrondie, dernier segment abdominal allongé, pointu. Urogomphes à sept soies. Soies proximales des urogomphes en deux groupes.

Adulte : base des épipleures sans carène (fig. 17.41b). Apophyse prosternale étroite non rebordée (fig. 17.42b). Pronotum sans stries latérales. Apophyses métacoxales droites ou très légèrement sinuées. Taille de 4,5 à 5,5 mm.

Une seule espèce : *S. dorsalis*.

Hydroporus

Larve : corne frontale courte à sinuosité forte. Urogomphes à sept soies (fig. 17.37j).

Adulte : base des épipleures sans carène (fig. 17.41b). Pronotum sans stries latérales. Apophyse prosternale étroite rebordée (fig. 17.42c). Apophyses métacoxales droites ou très légèrement sinuées. Taille de 2,4 à 5 mm.

Quarante espèces.

Porhydrus

Larve : corne frontale allongée denticulée (fig. 17.34). Dernier segment abdominal allongé pointu. Urogomphes à sept soies.

Adulte : base des épipleures sans carène (fig. 17.41b). Pronotum à ponctuation fine sur fond chagriné sans stries latérales. Apophyses métacoxales bilobées profondément échancrées (fig. 17.43k). Métacoxas et sternites abdominaux microréticulés. Article 4 des antennes plus petit que les adjacents. Taille de 3 à 3,5 mm.

Deux espèces.

Siettitia

Larve : corne frontale denticulée allongée. Pas de stemmates. (fig. 17.35). Dernier segment abdominal court, obtus. Urogomphes à sept soies.

Adulte : base des épipleures sans carène (fig. 17.41b). Pronotum avec deux stries latérales. Apophyses métacoxales quadrilobées (fig. 17.43a). Métacoxas et sternites abdominaux microréticulés. Articles 3 et 4 des antennes plus petits que les adjacents. Yeux atrophiés. Taille de 2 à 2,5 mm.

Deux espèces.

Graptodytes

Larve : corne frontale courte denticulée. Corps allongé. Urogomphes courts à peine plus grands que le segment abdominal 8 (fig. 17.37b).

Adulte : base des épipleures sans carène (fig. 17.41b). Pronotum avec deux stries latérales. Apophyses métacoxales bilobées profondément échancrées (fig. 17.43j). Métacoxas et sternites abdominaux microréticulés. Article 4 des antennes plus petit que les adjacents. Taille de 1,5 à 2,8 mm.

Onze espèces.

Metaporus

Larve : non décrite.

Adulte : base des épipleures sans carène (fig. 17.41b). Pronotum sans stries latérales. Apophyses métacoxales bilobées moyennement échancrées (fig. 17.43h). Métacoxas et sternites abdominaux microréticulés. Article 4 des antennes plus petit que les adjacents. Taille de 2,2 à 2,5 mm.

Une seule espèce : *M. meridionalis*.

Laccornis

Larve : corne frontale faiblement sinuée. Dernier segment abdominal allongé. Urogomphes très courts à sept soies (fig. 17.37a).

Adulte : base des épipleures sans carène (fig. 17.41b). Pronotum sans stries latérales. Apophyses métacoxales bilobées profondément échancrées (fig. 17.43i). Articles 3 et 4 des antennes plus petits que les adjacents. Métacoxas et sternites abdominaux à fond microréticulé. Taille de 4 à 4,5 mm.

Une seule espèce : *L. oblongus*.

Scarodytes

Larve : corne frontale à faible sinuosité. Corps allongé. Urogomphes à soies nombreuses (fig. 17.37d). Pattes à soies natatoires.

Adulte : base des épipleures sans carène (fig. 17.41b). Pronotum sans stries latérales. Apophyses métacoxales bilobées faiblement échancrées (fig. 17.43d). Articles 3 et 4 des antennes plus petits que les adjacents. Métacoxas et sternites abdominaux à fond lisse. Taille de 4,5 à 5 mm.

Deux espèces.

Stictonectes

Larve : corne frontale allongée denticulée. Corps allongé. Urogomphes à sept soies beaucoup plus longs que le segment abdominal 8 (fig. 17.37h).

Adulte : base des épipleures sans carène (fig. 17.41b). Pronotum à stries latérales plus ou moins nettes et courtes. Apophyses métacoxales bilobées faiblement échancrées (fig. 17.43f). Article 4 des antennes plus petit que les adjacents. Métacoxas et sternites abdominaux à fond chagriné. Taille de 3 à 3,5 mm.

Cinq espèces.

Deronectes

Larve : corne frontale à sinuosité forte. Corps allongé. Dernier segment abdominal court. Urogomphes à nombreuses soies (fig. 17.37f). Pattes sans soies natatoires.

Adulte : base des épipleures sans carène (fig. 17.41b). Pronotum avec en général deux gouttières latérales. Apophyses métacoxales quadrilobées (fig. 17.43c). Article 4 des antennes égal aux adjacents. Métacoxas et sternites abdominaux chagrinés. Apophyse prosternale lancéolée. Taille de 4 à 5,3 mm.

Huit espèces.

Stictotarsus

Larve : corne frontale à sinuosité forte. Corps allongé. Dernier segment abdominal court. Urogomphes à nombreuses soies (fig. 17.37e). Pattes à nombreuses soies natatoires. Pronotum avec des dessins bien particuliers en forme de crosse.

Adulte : base des épipleures sans carène (fig. 17.41b). Apophyses métacoxales quadrilobées (fig. 17.43b). Article 4 des antennes égal aux adjacents. Métacoxas et sternites abdominaux chagrinés. Apophyse prosternale en spatule. Taille de 5,5 à 6 mm.

Deux espèces.

Nebrioporus = Potamonectes

Larve : corne frontale à sinuosité forte. Corps allongé. Dernier segment abdominal court. Urogomphes à nombreuses soies (fig. 17.37g). Pattes à nombreuses soies natatoires. Pronotum avec des dessins variables mais jamais en double crosse.

Adulte : base des épipleures sans carène (fig. 17.41b). Apophyse prosternale lancéolée. Apophyses métacoxales bilobées peu échancrées (fig. 17.43e). Article 4 des antennes égal aux adjacents. Métacoxas et sternites abdominaux chagrinés. Fond des élytres chagriné. Taille de 4 à 5 mm.

Onze espèces.

Oreodytes

Larve : corne frontale à sinuosité forte. Corps trapu. Dernier segment abdominal court. Urogomphes à nombreuses soies (fig. 17.37c). Pattes sans soies natatoires.

Adulte : base des épipleures sans carène (fig. 17.41b). Pronotum avec deux gouttières latérales. Apophyses prosternales élargies. Apophyses métacoxales bilobées à peine échancrées

(fig. 17.43g). Article 4 des antennes égal aux adjacents. Métacoxas et sternites abdominaux faiblement chagrinés. Fond des élytres microréticulé. Taille de 2,6 à 4,5 mm.

Trois espèces.

5.5.2 – Sous-famille des Laccophilinae

Laccophilus

Larve : tête arrondie sans corne frontale, antenne à extrémité biramée. Corps allongé. Soies temporales longues (fig. 17.45). Urogomphes longs à nombreuses soies (fig. 17.46). Longues pattes à soies natatoires.

Adulte : écusson non visible. Tarses normaux. Pronotum non rebordé. Apophyse prosternale lancéolée. Apophyses métacoxales droites. Corps aplati. Taille de 3,5 à 5 mm.

Trois espèces.

5.5.3 – Sous-famille des Copelatinae

Copelatus

Larve : mandibules à bord interne denticulé, pas de canal, mais une gouttière (fig. 17.44a). Corps peu allongé. Tête grosse. Pattes courtes sans soies natatoires. Urogomphes courts à six ou sept soies (fig. 17.44b). Les larves ayant un orifice buccal ouvert, pratiquent l'ingestion directe des proies comme les *Noterus*.

Adulte : écusson visible. Griffes postérieures égales. Face inférieure des métafémurs sans pinceau de soies à son extrémité distale. Taille de 7 à 8 mm.

Deux espèces.

5.5.4 – Sous-famille des Colymbetinae (clé adultes : 17.C11, larves : 17.C19)

Larve : tête arrondie sans corne frontale. Soies temporales petites. Corps plus ou moins allongé (figs. 17.47, 17.48).

Adulte : écusson visible. Tarses normaux. Yeux échancrés à l'avant par une expansion de l'épistome. Taille moyenne.

— Tribu des Agabini

Larve : antennes à extrémité uniramée (fig. 17.49). Corps allongé (fig. 17.47). Urogomphes longs à sept soies (fig. 17.50d). Soies temporales implantées obliquement par rapport à la suture latérale de la capsule céphalique.

Adulte : griffes postérieures égales. Face inférieure des métafémurs avec un pinceau de soies à son extrémité distale.

Agabus

Découpé en plusieurs genres dans la Limnofauna Europea par Ienistea (1978). Les espèces françaises étaient réparties entre *Gaurodytes* et *Eriglenus*.

Larve : urogomphes insérés sur les côtés de l'extrémité distale du dernier segment abdominal qui apparaît pointu (fig. 17.47). Dernier article antennaire nettement plus court que l'avant-dernier (fig. 17.49b). Pattes avec ou sans soies natatoires.

Adulte : épipleures brusquement rétrécis au niveau du premier sternite abdominal. Coloration et dessin élytral variés (fig. 17.51b). Taille de 6 à 11,5 mm.

Vingt-six espèces.

Platambus

Larve : urogomphes insérés à l'arrière du dernier segment abdominal qui apparaît tronqué

(fig. 17.50d). Dessin en W sur la tête. Pattes sans soies natatoires.

Adulte : épipleures se rétrécissant progressivement jusqu'à l'apex des élytres. Dessin élytral caractéristique (fig. 17.51a). Taille de 7 à 8,5 mm.

Une seule espèce : *P. maculatus.*

— Tribu des Colymbetini

Larve : antennes à extrémité uniramée (fig. 17.49). Corps allongé. Urogomphes longs à nombre de soies variable (fig. 17.50a). Soies temporales insérées différemment suivant les genres.

Adulte : griffes postérieures inégales.

Ilybius

Larve : urogomphes longs à sept soies (fig. 17.50e). Corps allongé. Soies temporales implantées au niveau de la suture latérale de la capsule céphalique. Pattes sans soies natatoires.

Adulte : pronotum rebordé latéralement. Corps convexe. Face inférieure du métafémur avec un pinceau de soies à son extrémité distale (fig. 17.51d). Taille de 8,3 à 14 mm.

Neuf espèces.

Rhantus

Nartus grapei est actuellement considéré comme un sous-genre (Nilsson et Roughley, 1997).

Larve : urogomphes longs à soies nombreuses (fig. 17.50a). Dernier article antennaire aussi long que l'avant-dernier (fig. 17.49a). Griffes dentées à la partie proximale. Pattes avec soies natatoires. Mandibules longues, effilées et inermes (fig. 17.48).

Adulte : pronotum rebordé latéralement. Corps légèrement aplati. Face inférieure du métafémur sans pinceau de soies à son extrémité distale (fig. 17.51c). Taille de 9 à 12,5 mm.

Dix espèces

Colymbetes

Larve : urogomphes longs à soies nombreuses (fig. 17.50c). Griffes dentées à la partie proximale. Pattes avec des soies natatoires. Mandibules courtes avec une dent médiane.

Adulte : pronotum non rebordé. L'ornementation élytrale constituée de stries transverses donnant l'aspect d'une striation globalement transversale. Élytres clairs (fig. 17.51f). Taille de 15 à 18 mm.

Deux espèces.

Meladema

Larve : urogomphes longs à soies nombreuses (fig. 17.50b). Griffes inermes. Pattes avec soies natatoires. Mandibules longues, effilées et inermes.

Adulte : pronotum non rebordé. Ornementation élytrale constituée de petites squamules donnant un aspect écailleux. Élytres noirs (fig. 17.51e). Taille de 20 à 22 mm.

Une seule espèce : *M. coriaceum.*

5.5.5 – Sous-famille des Dytiscinae (clés adultes : 17.C10, larves : 17.C20)

Larve : tête triangulaire. Dernier segment abdominal frangé de soies. Des soies natatoires à tous les stades (fig. 17.52).

Adulte : écusson visible (fig. 17.7). Tarses normaux. Yeux arrondis à l'avant au niveau de l'épistome. Taille moyenne et grande.

— Tribu des Eretini

Eretes

Larve : clypeus inerme. Urogomphes à six ou sept soies. Corps bossu. Pronotum normal. Ligule petite (fig. 17.56). Dernier segment abdominal peu allongé.

Adulte : bord postérieur des quatre premiers métatarsomères bordé de soies. Pronotum rebordé latéralement. Corps ovalaire aplati de teinte claire (jaune) (fig. 17.58a). Taille de 10 à 16 mm.

Une seule espèce : *E. sticticus.*

— Tribu des Hydaticini

Hydaticus

Larve : clypeus inerme. Corps droit. Urogomphes à six ou sept soies (fig. 17.54a). Pronotum normal. Dernier segment abdominal assez allongé. Pas de ligule.

Adulte : bord postérieur des quatre premiers mététarsomères bordé de soies. Pronotum non rebordé (fig. 17.59a). Ailes métasternales à bord antéro-latéral droit (fig. 17.57a). Taille de 9,5 à 14,5 mm.

Six espèces.

— Tribu des Thermonectini

Larve : clypeus inerme. Corps bossu. Urogomphes à six ou sept soies. Dernier segment abdominal allongé (fig. 17.54b).

Adulte : bord postérieur des quatre premiers métatarsomères bordé de soies. Pronotum non rebordé. Ailes métasternales à bord antéro-latéral fortement coudé (fig. 17.57b).

Graphoderus

Larve : pronotum normal. Ligule droite uniramée. Dernier segment abdominal très long (fig. 17.54b).

Adulte : dessus et dessous du corps à ponctuation fine (fig. 17.58c). Mâle et femelle peu différents. Taille de 12 à 16 mm.

Quatre espèces.

Acilius

Larve : pronotum très allongé étroit à l'avant. Ligule bifide. Dernier segment abdominal allongé (figs. 17.52c, 17.55).

Adulte : dessus et dessous du corps à ponctuation forte. Dimorphisme sexuel marqué : chez les espèces les plus communes les élytres des femelles sont profondément cannelés (fig. 17.58b). Taille de 14 à 18 mm.

Trois espèces.

— Tribu des Dytiscini

Dytiscus

Le genre *Dytiscus* renferme les plus grands Dytiscidae.

Larve : clypeus inerme (fig. 17.53). Corps droit. Urogomphes à soies nombreuses. Pronotum normal. Dernier segment abdominal allongé (fig. 17.52a).

Adulte : bord postérieur des métatarsomères glabres. Pronotum non rebordé. Métatibias allongés à éperon externe non élargi. Elytres des femelles pouvant ou non être sillonnés (fig. 17.59b). Taille de 23 à 42 mm.

Neuf espèces dont *D. latissimus*. Cette espèce a disparu ; elle est actuellement en voie de réintroduction.

— Tribu des Cybisterini

Cybister

Larve : clypeus tridenté. Corps droit. Urogomphes très réduits. Dernier segment abdominal très allongé (fig. 17.52b).

Adulte : grande taille. Bord postérieur des métatarsomères glabres. Métatibias très courts, trapus à éperon externe élargi (fig. 17.59). Taille de 29 à 37 mm.

Une seule espèce : *C. lateralimarginalis*.

SOUS-ORDRE DES POLYPHAGA

Les Polyphaga constituent un sous-ordre hétérogène ; ils se subdivisent en deux groupes : les *Haplogastra (= Palpicornia)* et les *Heterogastra*.

Groupe des Haplogastra = Palpicornia

Cet ensemble regroupe cinq familles aquatiques bien reconnaissables à l'état adulte. En fait, cet ensemble est hétérogène ; il comprend quatre familles regroupées dans la superfamille des Hydrophiloidea et une famille, les Hydraenidae, qui fait partie de la superfamille des Staphylinoidea (Hansen, 1995).

Larve : elles sont très polymorphes, mais les antennes sont courtes (fig. 17.5a). A l'exception des Hydrophilidae et des Spercheidae, la majorité des familles possède des larves terrestres.

Adulte : palpes maxillaires très développés le plus souvent plus longs que les antennes (figs. 17.63, 17.64). Détermination : adultes (Chiesa, 1959 ; Hansen, 1987, 1991).

5.6 – SUPER-FAMILLE DES HYDROPHILOIDEA

5.6.1 - Famille des Hydrophilidae (clés, adultes : 17.C4, 17.C8 ; larves : 17.C28)

Famille divisée en deux sous-familles : Hydrophilinae et Sphaeridiinae.

Larve : comme chez les Dytiscidae, la morphologie des larves est relativement homogène (fig. 17.6a). La capsule céphalique est sclérifiée et aplatie dorsa-ventralement. Le clypeus permet l'identification de nombreux genres (fig. 17.62a) ; le labium présente ou non une ligule (fig. 17.62b). Le pronotum est sclérifié. Le méso et la métanotum portent une paire de sclérites. Les pattes thoraciques sont courtes (non visibles dorsalement) ou longues (visibles dorsalement) (fig. 17.61). L'abdomen est membraneux, renflé dans sa région moyenne, et fortement plissé. Il y a huit segments abdominaux. Certains genres présentent des prolongements latéraux courts (*Hydrophilus*) (fig. 17.60c) ou longs (trachéobranchies) comme chez *Berosus* (fig. 17.60d). Le genre *Enochrus* possède cinq paires de pseudopodes abdominaux (fig. 17.60b). Excepté chez *Berosus*, il y a toujours à l'extrémité de l'abdomen un atrium stigmatique.

Adulte : ovoïde plus ou moins bombé (figs. 17.64, 17.65). Pronotum à plus grande largeur à la base. Élytres ovalaires arrondis à l'arrière. Épistome légèrement échancré ou tronqué laissant voir dorsalement le labre. Premier métatarsomère plus court (ou égal) que le deuxième excepté chez *Paracymus*. PII et PIII généralement avec des soies natatoires. Parfois, présence d'une

carène méso-métasternale (fig. 17.66).

Compte tenu de cette relative homogénéité morphologique, nous ne présenterons que l'habitus de quelques genres. Tous les genres peuvent être identifiés en utilisant les clés.

5.6.1.1 – Sous-famille des Hydrophilinae

Une révision importante à l'intérieur de cette sous-famille a été faite par Hansen (1991). Elle comprend pour la France cinq tribus.

Chez les larves, le dernier article de l'antenne peut être simple (antenne uniramée) ou porter une sensille basiconique dont la taille est parfois presque aussi importante que celle du dernier article (antenne biramée) (fig. 17.62).

— Tribu des Hydrophilini

Larve : antenne uniramée ou biramée mais, dans ce dernier cas, la sensille basiconique est nettement plus petite que le dernier article.

Adulte : méso et métatibias sans soies natatoires. Tarse normal (égal au tibia). Premier métatarsomère plus petit que le deuxième. Sternites abdominaux bien visibles.

Hydrobius

Larve : antennes biramées. Pattes longues. Ligule petite. Clypeus à cinq dents dissymétriques : les deux de gauche séparées et inégales (figs. 17.60a, 17.62a).

Adulte : dernier article des palpes maxillaires plus long que le précédent. Élytres avec deux sillons suturaux et à ponctuation régulière. Uniquement une carène mésosternale. Taille de 8 à 11 mm.

Deux espèces.

Limnoxenus

Larve : antennes biramées. Pattes longues. Ligule petite. Clypeus à cinq dents dissymétriques : les deux de gauche rapprochées et égales.

Adulte : dernier article des palpes maxillaires plus long que le précédent. Élytres avec deux sillons suturaux et à ponctuation régulière. Carènes méso et métasternales petites et séparées. Taille de 8 à 10 mm.

Une seule espèce : *L. niger*.

Helochares

Larve : antennes biramées. Pattes longues. Ligule petite. Clypeus à six dents dissymétriques (les droites plus grandes).

Adulte : dernier article des palpes maxillaires plus court que le précédent. Premier article concave (courbé vers l'intérieur). Pas de sillons suturaux aux élytres à ponctuation irrégulière. Taille de 4 à 6 mm.

Trois espèces.

Enochrus (= Philydrus)

Larve : antennes biramées. Pattes longues. Ligule petite, cinq paires de pseudopodes avec de minuscules crochets (fig. 17.60b). Clypeus à très nombreuses petites dents.

Adulte : dernier article des palpes maxillaires plus court que le précédent. Premier article convexe (courbé vers l'extérieur). Élytres avec deux sillons suturaux et à ponctuation irrégulière. Taille de 3 à 6,5 mm.

Onze espèces.

Cymbiodyta

Larve : antennes biramées. Pattes longues. Ligule petite. Clypeus à nombreuses petites dents subégales.

Adulte : dernier article de palpes maxillaires plus court que le précédent. Premier article droit. Elytre avec deux sillons suturaux. Taille de 3 à 4 mm.

Une seule espèce : *C. marginella.*

Hydrophilus = Hydrous

Le genre *Hydrophilus* (= *Hydrous*) renferme les plus grands Coléoptères aquatiques.

Larve : antennes uniramées. Abdomen avec des filaments courts et pileux. Tête élargie, plus large que longue. Mandibules faiblement dentées (figs. 17.60c, 17.62b).

Adulte : carène méso-métasternale prolongée en une longue épine dépassant nettement les hanches postérieures. L'antenne comprend deux parties, l'extrémité distale est couverte de soies (fig. 17.63). Elle permet à l'adulte de recueillir l'air atmosphérique qui vient s'accumuler à la face inférieure de la capsule céphalique, puis au niveau d'un plastron respiratoire recouvrant une partie de la face ventrale. Taille de 34 à 50 mm.

Trois espèces : *H. piceus, H. pistaceus* et *H. aterrimus.*

Hydrochara = Hydrophilus

Larve : antennes uniramées. Abdomen avec des filaments allongés et pileux. Tête allongée, plus longue que large.

Adulte : carène méso-métasternale prolongée en une épine très courte ne dépassant pas les hanches postérieures (fig. 17.66). Taille de 12 à 17 mm (fig. 17.64).

Deux espèces : *H. caraboïdes* et *H. flavipes.*

— Tribu des Laccobiini

Laccobius

Larve : antennes biramées. Pattes longues. Ligule absente. Clypeus dissymétrique à trois dents ; angle gauche très développé.

Adulte : méso et métatibias sans soies natatoires. Tarse normal (égal au tibia). Premier métatarsomère plus petit que le deuxième. Sternites abdominaux bien visibles. Dernier article des palpes maxillaires plus long que le précédent. Élytres sans sillons suturaux. Ponctuation plus ou moins régulière (fig. 17.65). Taille de 2 à 4 mm.

Détermination des adultes : Gentilini et Chiesa, 1975.

Seize espèces.

— Tribu des Anacaenini

Larve : antennes nettement biramées.

Adulte : méso et métatibias sans soies natatoires. Tarse normal (égal au tibia). Sternites abdominaux bien visibles.

Crenitis

Larve : pattes courtes avec griffes. Corps avec des prolongements latéraux. Ligule grande. Clypeus à cinq dents dissymétriques.

Adulte : dernier article des palpes maxillaires plus long que les précédents. Élytres avec deux sillons suturaux et à ponctuation régulière. Premier métatarsomère plus petit que le deuxième. Taille de 3 à 3,5 mm.

Une seule espèce : *C. punctatostriata.*

Paracymus

Larve : pattes courtes. Ligule grande. Clypeus à cinq dents dissymétriques.

Adulte : dernier article des palpes maxillaires plus long que le précédent. Élytres avec deux sillons suturaux et à ponctuation irrégulière. Premier métatarsomère plus grand que le deuxième. Taille de 1,5 à 2 mm.

Trois espèces.

Anacaena

Larve : pattes courtes. Ligule petite. Clypeus à quatre dents dissymétriques.

Adulte : dernier article des palpes maxillaires plus long que le précédent. Élytres avec deux sillons suturaux et à ponctuation irrégulière. Premier métatarsomère plus petit que le deuxième. Taille de 2 à 3 mm.

Cinq espèces.

— Tribu des Chaetarthrini

Larve : seule est connue la larve de *Chaetarthria.*

Adulte : méso et métatibias sans soies natatoires. Taille de 1 à 1,5 mm.

Chaetarthria

Larve : antennes biramées. Pattes très courtes sans griffe. Ligule grande et large. Clypeus à trois dents, la médiane plus grande.

Adulte : méso et métatibias sans soies natatoires. Méso et métasternum sans carène médiane commune. Tarse très court (égal à la moitié du tibia). Premier métatarsomère égal au deuxième. Premiers sternites abdominaux cachés par une lame frangée postérieurement de soies. Taille de 1 à 1,5 mm.

Une seule espèce : *C. seminulum.*

Hemisphaera

Larve : non décrite.

Adulte : dernier article des palpes maxillaires plus long que les précédents. Élytres avec deux sillons suturaux et à ponctuation régulière. Tarse normal (égal au tibia). Premier métatarsomère plus petit que le deuxième. Sternites abdominaux bien visibles. Très petite taille : 1,3 mm.

Deux espèces.

— Tribu des Berosini

Berosus

Larve : trachéobranchies abdominales très allongées sans soies (fig. 17.60). Antennes biramées. Ligule absente.

Adulte : méso et métatibias avec de longues soies natatoires. Base du pronotum plus étroite que la base des élytres. Taille de 3,5 à 5,5 mm.

Cinq espèces.

5.6.1.2 – Sous-famille des Sphaeridiinae

Un seul genre aquatique dans cette sous-famille : *Coelostoma.*

Coelostoma

Larve : corps globuleux plissé. Huit segments abdominaux visibles. Tête aplatie dorsalement. Atrium stigmatique présent. Ligule présente. Clypeus avec une grosse dent centrale.

Adulte : ovoïde. Pronotum à plus grande largeur à la base. Élytres ovalaires arrondis à l'arrière. Epistome cachant le labre dorsalement. Premier métatarsomère plus long que le deuxième. Pattes moyennes et postérieures épineuses. Corps comprimé latéralement. Taille de 3,5 à 5,5 mm.

Deux espèces.

5.6.2 - Famille des Spercheidae (clés, adultes : 17.C5 ; larves : 17.C17)

Spercheus

Larve : dix segments abdominaux visibles, le dixième très petit. Capsule céphalique très grosse avec de fortes mandibules. Pattes longues. Abdomen avec des saillies latérales (fig. 17.67).

Adulte : pronotum à plus grande largeur au milieu. Corps trapu très convexe (fig. 17.68). Epistome, recouvrant les mandibules, fortement échancré en avant. Dernier article des palpes maxillaires plus long que les autres ensembles. Élytres dépassant largement l'abdomen. Taille de 5,5 à 7 mm.

Une seule espèce : *S. emarginatus.*

5.6.3 - Famille des Helophoridae (clé adultes : 17.C5)

Helophorus

Larve : terrestre.

Adulte : corps allongé. Pronotum à plus grande largeur au milieu, avec cinq sillons longitudinaux (fig. 17.69). Dernier métatarsomère plus court que les quatre autres ensembles. Taille de 2 à 9 mm.

Détermination : Angus, 1992.

Trente-trois espèces.

5.6.4 - Famille des Hydrochidae (clé adultes : 17.C5)

Hydrochus

Larve : terrestre.

Adulte : corps étroit et allongé. Pronotum à plus grande largeur en avant avec des fossettes. Yeux proéminents (fig. 17.70). Epistome droit. Dernier métatarsomère plus long que les quatre autres ensembles. Taille de 2 à 4,5 mm.

Huit espèces.

5.7 – SUPER-FAMILLE DES STAPHYLINOIDEA

5.7.1 - Famille des Hydraenidae (clé adultes : 17.C5)

Larve : terrestre.

Adulte : Épistome droit. Dernier métatarsomère plus long que les quatre autres ensemble.

Limnebius

Adulte : pronotum à plus grande largeur à la base. Palpes maxillaires plus grands que les antennes. Elytres tronqués. Deux derniers tergites abdominaux visibles (fig. 17.71a). Taille de 0,6 à 3 mm.

Onze espèces.

Hydraena

Ce genre est subdivisé en plusieurs genres par un certain nombre d'auteurs.

Adulte : palpes maxillaires allongés beaucoup plus grands que les antennes. Le deuxième article de même largeur que le troisième. Pronotum sans expansions latérales, le plus souvent avec deux sillons latéraux (fig. 17.71b). Taille de 1,5 à 2,8 mm.

Détermination : très nombreux travaux de M. A. Jäch (Muséum de Vienne, Autriche).

Environ cinquante espèces.

Ochthebius

Le genre *Ochthebius* est subdivisé en sous-genres dont certains sont actuellement considérés comme des genres. Le genre *Ochthebius* sera pris ici au sens large.

Adulte : palpes maxillaires courts subégaux aux antennes. Le deuxième article beaucoup plus large que le troisième. Bords pronotaux avec une lame translucide plus ou moins importante à la partie postérieure (fig. 17.71c). Taille de 1 à 3 mm.

Quarante et une espèces.

Groupe des Heterogastra

C'est un groupe hétérogène qui regroupe les coléoptères Polyphaga autres que les Haplogastra.

Larve : elles sont très polymorphes.

Adulte : palpes maxillaires normaux toujours plus petits que les antennes. Les adultes des *Scirtidae* et des *Chrysomelidae* (excepté *Macroplea*) sont terrestres.

5.8 – Super-famille des Byrrhoidea

5.8.1 - Famille des Dryopidae (clés, adultes : 17.C4 ; larves : 17.C17)

Larve : corps cylindrique. Neuf segments abdominaux. Tête bien visible. Neuvième segment abdominal avec un opercule ventral, deux stylets anaux (fig. 17.75) ; pas de branchies.

Adulte : antennes courtes avec le deuxième segment élargi en oreille (fig. 17.77). Elytres normaux. Pattes à cinquième tarsomère très grand. Griffes longues. Corps pubescent.

Détermination : Olmi, 1976, 1978.

Pomatinus = Helichus

Larve : deux derniers segments abdominaux avec trois crochets dorsaux (un sur le segment 8, deux sur le segment 9).

Adulte : pronotum sans stries latérales. Pilosité faible, yeux glabres (fig. 17.77a). Taille de 4,5 à 5,5 mm.

Une seule espèce : *P. substriatus*.

Dryops

Larve : derniers segments abdominaux sans crochets dorsaux.

Adulte : pronotum avec deux stries latérales nettes. Pilosité forte. Yeux pubescents (fig. 17.77b). Taille de 3 à 6 mm.

Dix-huit espèces.

5.8.2 - Famille des Elmidae (= Helminthidae = Elminthidae) (clés, adultes : 17.C6 ; larves : 17.C25)

Larve : forme de corps très variable. Neuf segments abdominaux. Tête bien visible. Segment abdominal 9 avec un opercule ventral, deux stylets anaux et des branchies rétractiles (figs. 17.78a, 17.79).

Adulte : antennes longues. Élytres normaux. Pattes avec le tarsomère 5 très grand. Griffes longues (fig. 17.78b). Corps glabre.

Détermination : Olmi, 1976, 1978 ; Berthélemy, 1979.

5.8.2.1 – Sous-famille des Larainae

Potamophilus

Larve : corps plutôt aplati. Quatre mamelons tergaux sur les tergites thoraciques et les huit premiers abdominaux ; le segment 9 avec deux dents apicales (figs. 17.79, 17.80).

Adulte : pronotum brusquement rétréci à l'arrière. Deux premiers articles antennaires beaucoup plus allongés que les autres. Hanche des PI allongée transversalement (fig. 17.82). Grande taille pour un Elmidae : de 6,5 à 8,5 mm.

Une seule espèce : *P. acuminatus*.

5.8.2.2 – Sous-famille des Elminae

Stenelmis

Larve : corps à section semi-circulaire. Deux dents apicales séparées par une lame. Stylets anaux latéraux. Carène longitudinale sur le segment abdominal 9 (fig. 17.81).

Adulte : pronotum plus long que large avec une fossette longitudinale médiane. Pattes longues et grêles (fig. 17.82). Taille de 2,5 à 5 mm.

Deux espèces.

Elmis

Larve : corps aplati en forme de raquette (cf. *Dupophilus*). Deux dents apicales. Stylets anaux subapicaux (fig. 17.80).

Adulte : pronotum avec une carène en forme de U. Épaules nettes : bords latéraux des élytres parallèles rétrécis brusquement en arrière (fig. 17.83). Taille de 1,5 à 2,5 mm.

Six espèces.

Esolus

Larve : corps allongé à section triangulaire. Deux dents apicales. Stylets anaux subapicaux. Une ligne médiane claire, visible seulement sur le thorax (fig. 17.80).

Adulte : pronotum avec deux sillons longitudinaux. Carène élytrale sur la septième interstrie. Ecusson petit et étroit (fig. 17.83). Taille de 1,2 à 2 mm.

Six espèces.

Limnius

Larve : corps à section semi-circulaire. Deux dents apicales. Stylets anaux subapicaux. Carène longitudinale sur le segment abdominal 9 peu visible chez les larves âgées (fig. 17.81).

Adulte : pronotum avec deux sillons longitudinaux. Écusson étroit. Pas de carène élytrale (fig. 17.83). Taille de 2 à 3,5 mm.

Cinq espèces.

Normandia

Larve : corps à section semi-circulaire. Deux dents apicales. Segment à plus grande largeur au milieu. Pas de carène longitudinale sur le segment abdominal 9. Stylets anaux subapicaux (fig. 17.81).

Adulte : pronotum sans ornementation. Une carène élytrale sur la septième interstrie (fig. 17.82). Taille de 1,7 à 2,2 mm.

Deux espèces.

Riolus

Larve : corps à section semi-circulaire. Pas de dents apicales. Segments à plus grande largeur au milieu (cf. *Normandia*). Stylets anaux subapicaux (fig. 17.81).

Adulte : pronotum sans ornementation. Carènes élytrales (quelquefois peu visibles) sur les troisième, cinquième et septième interstries (fig. 17.82). Taille de 1,5 à 2 mm.

Trois espèces.

Dupophilus

Larve : corps aplati en forme de raquette (cf. *Elmis*). Pas de dents apicales. Stylets anaux latéraux (fig. 17.80).

Adulte : pronotum avec deux sillons longitudinaux. Écusson large. Corps globuleux (fig. 17.83). Taille de 2,5 à 3 mm.

Une seule espèce : *D. brevis*.

Oulimnius

Larve : corps allongé à section triangulaire. Deux dents apicales. Stylets anaux latéraux. Une ligne médiane claire visible sur l'ensemble du corps. Bords postérieurs des tergites à aspect crénelé (tubercules allongés et saillants) (fig. 17.80).

Adulte : pronotum avec deux sillons longitudinaux. Ecusson large. Carènes élytrales sur les cinquième et septième interstries. Corps globuleux (fig. 17.83). Taille de 1 à 2 mm.

Quatre espèces.

Macronychus

Larve : corps à section semi-circulaire. Deux dents apicales. Stylets anaux latéraux. Carène longitudinale sur le segment abdominal 9 (fig. 17.81).

Adulte : thorax et base des élytres avec quatre tubercules. Corps allongé. Pattes longues et grêles (fig. 17.82). Taille de 2,7 à 3,5 mm.

Une seule espèce : *M. quadrituberculatus*.

5.8.3 - Famille des Psephenidae (= Eubriidae) (clé larves : 17.C17)

Eubria

Larve : corps aplati à neuf segments abdominaux. Pronotum très développé cachant la tête dorsalement. Dernier segment abdominal avec un opercule ventral et des branchies rétractiles (fig. 17.74).

Adulte : terrestre.

Une seule espèce : *E. palustris.*

5.9 – SUPER-FAMILLE DES SCIRTOIDEA

5.9.1 - Famille des Scirtidae (= Helodidae) (clé larves : 17.C27)

Larve : polymorphe. Huit segments abdominaux. Antennes plus longues que la tête et le pronotum (figs. 17.84 à 17.86).

Adulte : terrestre.

Les larves sont aquatiques à l'exception de celle de *Prionocyphon serricornis* qui vit dans les bois morts ; ce genre n'est donc pas pris en compte.

Elodes = Helodes

Larve : antennes ne dépassant pas les segments thoraciques. Corps en forme de raquette. Labre à bord antérieur non échancré. Tête avec des angles antérieurs pointus (fig. 17.84).

Quinze espèces.

Hydrocyphon

Larve : antennes ne dépassant pas les segments thoraciques. Corps allongé. Labre à bord antérieur fortement échancré. Tête globuleuse (fig. 17.85).

Trois espèces.

Cyphon

Larve : antennes très longues. Segment abdominal 8 aussi long que large à soies longues et éparses. Article 4 des palpes maxillaires très court. Tête globuleuse (fig. 17.86a, c et d).

Dix-huit espèces.

Microcara

Larve : antennes très longues. Segment abdominal 9 aussi long que large à soies courtes et nombreuses. Article 4 des palpes maxillaires aussi long que le 3. Tête globuleuse (fig. 17.86e et f).

Une seule espèce : *M. testacea.*

Scirtes

Larve : antennes très longues. Segment abdominal 9 plus long que large. Article 4 des palpes maxillaires minuscule. Tête globuleuse (fig. 17.86b et g).

Deux espèces.

5.10 – SUPER-FAMILLE DES CHRYSOMELOIDEA

5.10.1 - Famille des Chrysomelidae (clés, adultes : 17.C1 ; larves : 17.C31)

En milieu aquatique, les Chrysomelidae sont représentés par des genres de la sous-famille des Donaciinae. Les larves sont présentes sur les feuilles, pétioles et racines d'hydrophytes.

5.10.1.1 – Sous-famille des Donaciinae

Larve : aspect mélolonthoïde. Dix segments abdominaux dont huit bien développés. Tête petite. Pattes courtes. Deux crochets stigmatiques sur la face dorsale du segment abdominal 8 (fig. 17.87a).

Adulte : corps allongé. Antennes longues. Tête dégagée du pronotum. Tarses tétramères (fig. 17.87b). Seuls les adultes de *Macroplea* sont aquatiques.

Macroplea (= Haemonia)

Larve : tergite abdominal 7 aplati (figs. 17.88b).

Adulte : élytres avec deux pointes apicales. Taille de 5 à 8,5 mm (fig. 17.87b).

Une seule espèce : *M. appendiculata.*

Donacia

Larve : tergite abdominal 7 renflé. Tête subquadrangulaire. Griffe courbe avec souvent un talon (fig. 17.88a, c et d).

Vingt et une espèces

Plateumaris

Larve : tergite abdominal 7 renflé. Tête allongée. Griffe presque droite sans talon (fig. 17.88a, e et f).

Six espèces.

5.11 – SUPER-FAMILLE DES CURCULIONIDEA

5.11.1 - Famille des Curculionidae (clés, adultes : 17.C1 ; larves : 17.C15)

Larve : aspect mélolonthoïde. Apode. Pas de crochets stigmatiques (fig. 17.89).

Adulte : bien reconnaissable au rostre plus ou moins long portant les antennes constituées de deux parties : premier segment allongé (scape) souvent inséré dans un sillon du rostre (scrobe) suivi du funicule constitué d'articles normaux (fig. 17.89b).

Il existe environ une cinquantaine d'espèces de charançons aquatiques, répartis dans de nombreux genres. Il n'y a pas de caractéristiques morphologiques permettant de distinguer un charançon aquatique d'un charançon terrestre, seule l'identification des adultes au niveau spécifique permet de déterminer s'ils sont terrestres ou aquatiques.

SOUS-ORDRE DES MYXOPHAGA

5.12 - Famille des Hydroscaphidae (clés, adultes : 17.C4 ; larves : 17.C17)

Hydroscapha

Larve : corps à dix segments abdominaux, renflé à l'avant, se rétrécissant nettement vers l'arrière. Tête grosse à labre très grand. Les segments thoracique 1, abdominaux 1 et 8, portent une paire de stigmates pédiculés ; le segment abdominal 10 est terminé en ventouse avec deux petits urogomphes (fig. 17.72).

Adulte : corps globuleux. Antennes courtes en massue. Élytres tronqués (aspect d'un *Limnebius*) (fig. 17.73). Taille : 1 mm.

Une seule espèce : *H. granulum*.

RÉFÉRENCES

Angus R. B. 1992. *Insecta Coleoptera Hydrophilidae Helophorinae*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Süsswasserfauna von Mitteleuropa 20 (10) : 144 p.

Bameul F. 1985. Les *Gyrinus* de la faune de France (Col. Gyrinidae). *L'Entomologiste*, 41 : 191-199, 209-226.

Berthélemy C. 1979. Elmidae de la région paléarctique occidentale : systématique et répartition (Coleoptera, Dryopoidea). *Annales limnol.*, 15 (1) : 1-102.

Bertrand H. 1972. *Larves et nymphes de Coléoptères aquatiques du globe*. Impr. F. Paillart, Paris, 804 p.

Briday L. E. 1998. A key to the adults of British Water Beetles. *Field Studies* 7 : 151 pp.

Chiesa A. 1959. *Hydrophilidae europae. Coleoptera palpicornia*. Ed. A. Forni, Bologne, 199 p.

Drost M. B. P., Cuppen H. P. J. J., Nieukerken E. J. van et Schreijer M., 1992. *De Waterkevers van Nederland*. Uitgeverij Koninglijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging, Utrecht, 279 p.

Fransciscolo M. E. 1979. *Coleoptera Haliplidae, Hygrobiidae, Gyrinidae, Dytiscidae*. F.I., 14 : 804 p.

Freude H., Harde K. et Lohse G. 1971–1979. *Käfer Mitteleuropas*. Ed. Goecke et Evers, Krefeld ; 1971, 3 : 7-156 ; 1979, 6 : 265-294.

Gentilini E. et Chiesa A. 1975. Revisione di *Laccobius* paleartici (Coleoptera Hydrophilidae). *Mem. soc. ent. it.*, 54 : 5-187.

Guignot F. 1947. *Coléoptères Hydrocanthares*. F.F., 48, 280 p.

Hansen M. 1987. The Hydrophiloidea (Coleoptera) of Fennoscandia and Denmark. *Fauna Entomologica Scandinavica*, 18 : 254 p.

Hansen M. 1991. The Hydrophiloid Beetles. Phylogeny, classification and a revision of the genera (Coleoptera, Hydrophiloidea). *Biologiske Skrifter, Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab*, 40 : 368 p.

Hansen M. 1995. Evolution and classification of the Hydrophiloidea — a systematic review. In Pakaluk J. et Slipinski : « *Biology, Phylogeny, and Classification of Coleoptera: Papers Celebrating the 80th Birthday of Roy* » A. Crowson. Muzeum i Instytut Zoologii PAN, Warszawa. 321-353.

Holmen M. 1987. The aquatic Adephaga (Coleoptera) of Fennoscandia and Denmark. I. Gyrinidae, Haliplidae, Hygrobiidae and Noteridae. *Fauna Entomologica Scandinavica*, 20 : 168 pp.

Ienistea M. A. 1978. Hydradephaga und Palpicornia, In Illies J. « *Limnofauna Europaea* ». Ed. G. Fischer, Stuttgart : 191-314.

Klausnitzer B. 1991-1997. *Die Larven der Käfer Mittleuropas*. Ed. Goecke et Evers, Krefeld. 1. *Adephaga* : 142-272 ; 2. *Myxophaga – Polyphaga* :21-64, 74-78, 231-244 ; 3. *Polyphaga* : 93-143.

Lawrence J. F. et Newton A. F., Jr. 1995. Families and subfamilies of Coleoptera (with selected genera, notes, references and data on family-group names), In Pakaluk J. et Slipinski : *Biology, Phylogeny, and Classification of Coleoptera: Papers Celebrating the 80th Birthday of Roy A. Crowson*. Muzeum i Instytut Zoologii PAN, Warszawa. 779-1006.

Leblanc P. 1989. *Atlas permanent des Hydrocanthares de France*. 1. *Haliplidae*. Agurna, Troyes : 62 p.

Leblanc P. 1991. *Atlas permanent des Hydrocanthares de France*. 2. *Gyrinidae, Hygrobiidae, Noteridae*. Agurna, Troyes : 68 p.

Nilsson A. N. 1996. *Aquatic Insects of North Europe. A Taxonomic Handbook*. Apollo Books. vol 1 : 115-222.

Nilsson A. N. et Holmen M. 1995. The aquatic Adephaga (Coleoptera) of Fennoscandia and Denmark. II. Dytiscidae. *Fauna Entomologica Scandinavica*, 32 : 192 p.

Nilsson A. N. et Roughley R. R. 1997. A classification of the Family Dytiscidae (Coleoptera). *Latissimus* 8 : 1-4.

Olmi M. 1976. *Coleoptera Dryopidae, Elminthidae*. F.I. 12: 272 p.

Olmi M. 1978. *Coleoptera Dryopidi, Elmintidi*. C.N.R. 22, 73 p.

Pirisinu Q. 1981. *Palpicorni (Coleoptera: Hydraenidae, Helophoridae, Spercheidae, Hydrochidae, Hydrophilidae, Sphaeridiidae)*. C.N.R. 13 : 97 p.

Porta A. 1923-1959. *Fauna Coleopterorum Italica. Stabilimento Tipographico Piacentino*, Piacenza. 1. 285 p. ; 2. 405 pp. ; 3. 466 pp. ; 5. 476 pp. ; suppl. 1, 208 pp. ; suppl 2. 386 pp. ; suppl. 3. 344 pp.

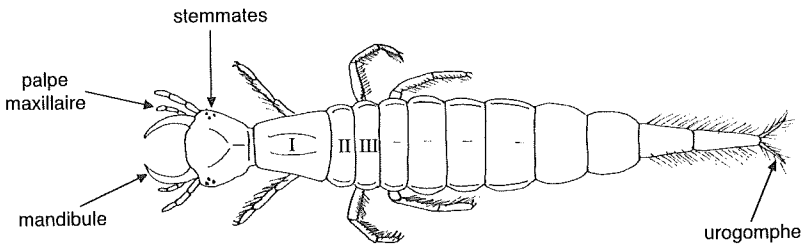
Portevin G. 1929-1934. *Histoire naturelle des Coléoptères de France*. Encyclopédie ent. Lechevalier, Paris, I : 649 p. ; II :542 p ; IV : 500 p.

Richoux P. 1982. Coléoptères aquatiques (genres : adultes et larves). *Bull. mens. Soc. linn. Lyon* 51 : 107-128, 257-272, 289-303.

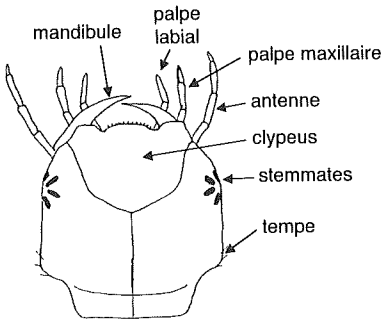
Vondel B. J. van 1997. *Insecta Coleoptera Haliplidae*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Süsswasserfauna von Mitteleuropa, 20 (2) : 95 p.

O. Coléoptères

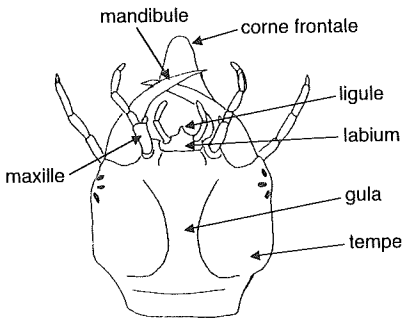
Larves d'Adephaga



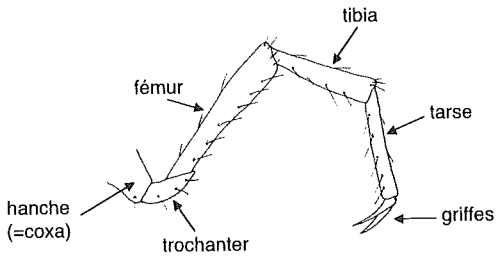
17.1 - Larve de Dytiscidae, vd



17.2 - Capsule céphalique de larve de Dytiscidae, vd



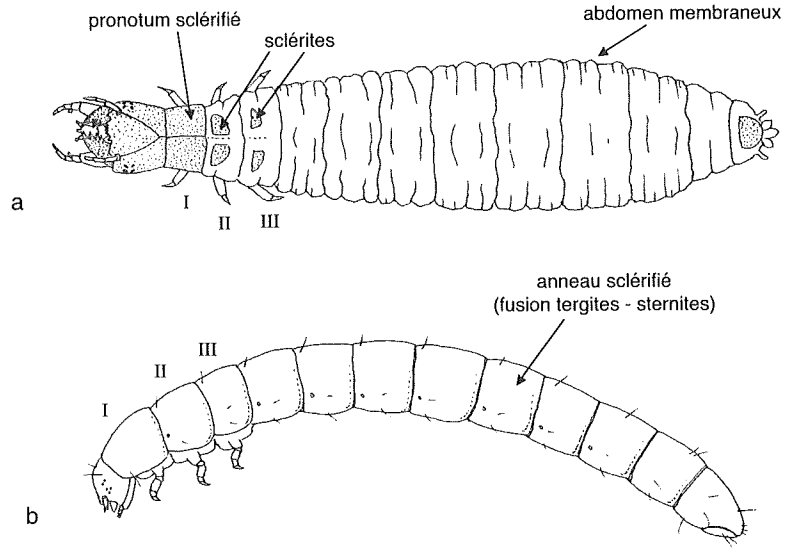
17.3 - Capsule céphalique de Dytiscidae, vv



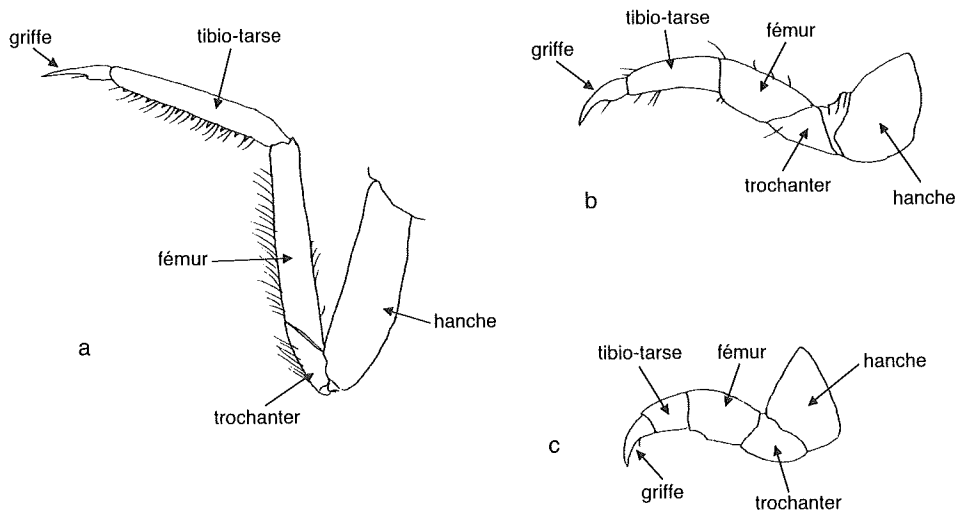
17.4 - Patte de larve d'Adephaga

O. Coléoptères

Larves de Polyphaga

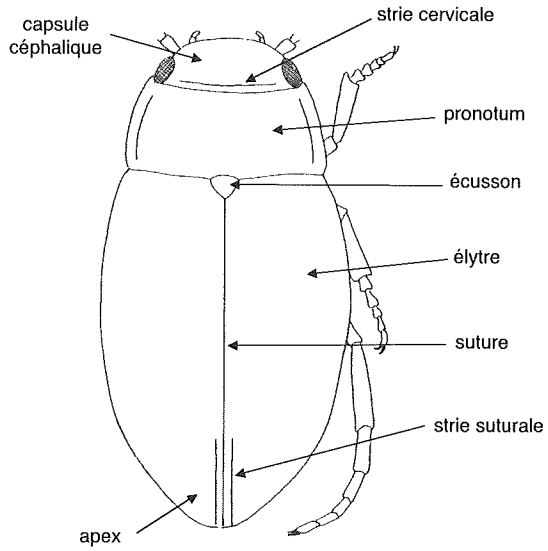


17.5 - Deux types de larves de Polyphaga. a : larve d'Hydrophilidae, vd ; b : larve de Dryopidae, vl.

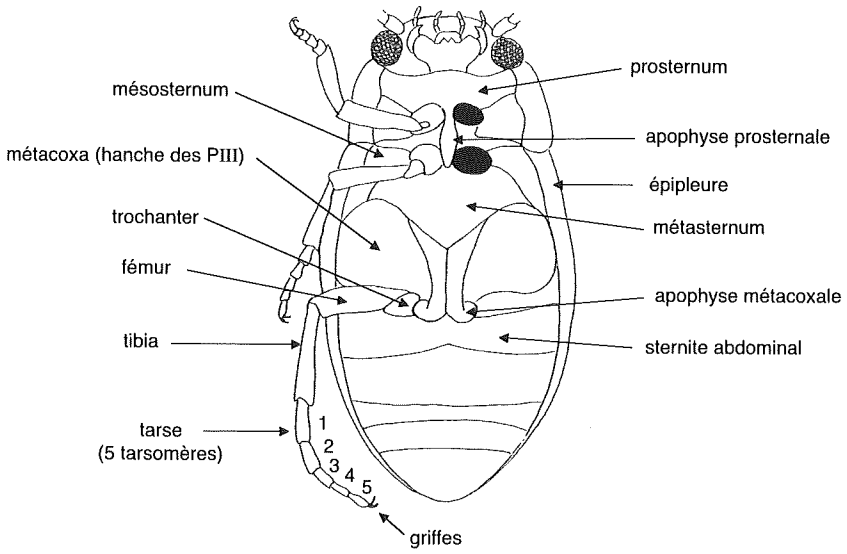


17.6 - Divers types de pattes de larves de Polyphaga. a : Hydrophilidae ; b : Elmidae ; c : Dryopidae.

O. Coléoptères
Adultes d'Adephaga

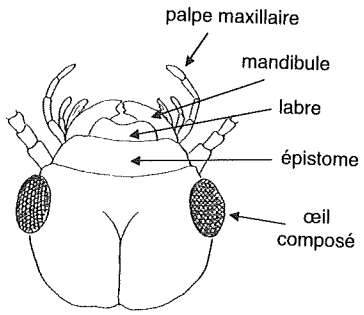


17.7 - Adulte de Dytiscidae, vd. (antennes coupées)

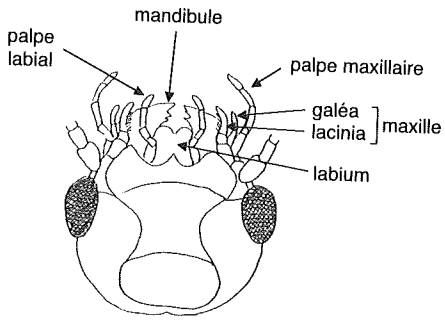


17.8 - Adulte de Dytiscidae, vv. antennes coupées, pattes gauches supprimées

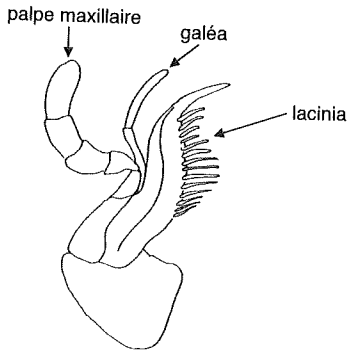
O. Coléoptères
Adultes d'Adephaga



17.9 - Capsule céphalique de Dytiscidae, vd (antennes coupées)



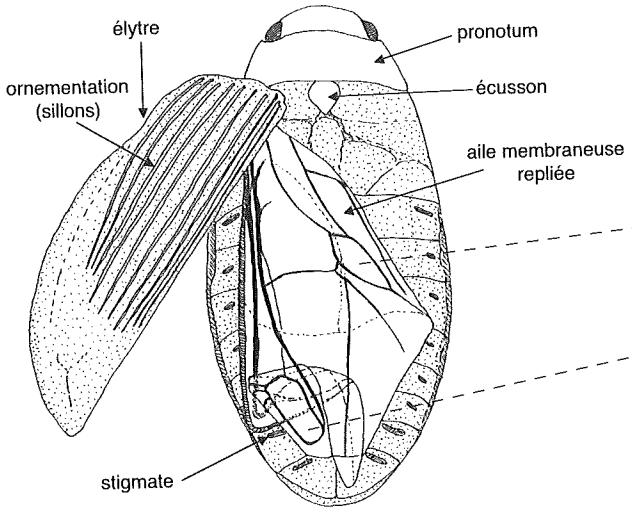
17.10 - Capsule céphalique de Dytiscidae, vv.



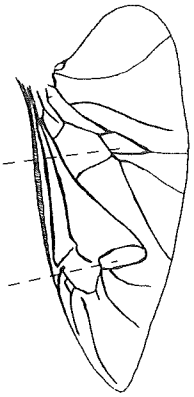
17.11 - Maxille d'adulte de Dytiscidae, vv.

O. Coléoptères

Adultes d'Adephaga

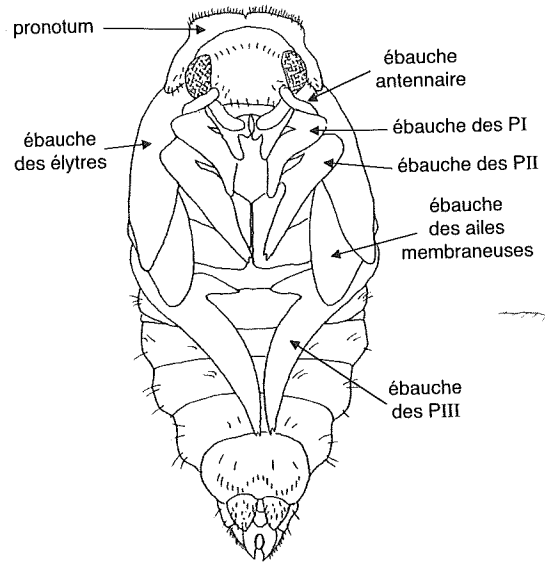


17.12 - Adulte de Dytiscidae, vd ; élytre droit et aile membraneuse droite enlevés

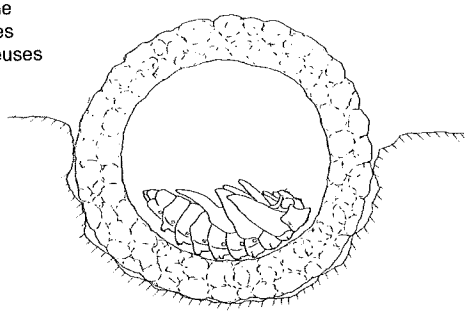


17.13 - Aile membraneuse gauche dépliée. Les traits en pointillés relient 2 cellules caractéristiques

Nymphes d'Adephaga

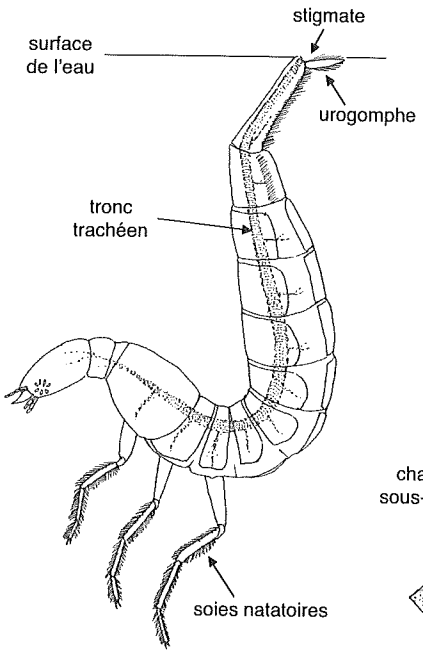


17.14 - Nymphe de Dytiscidae, vv

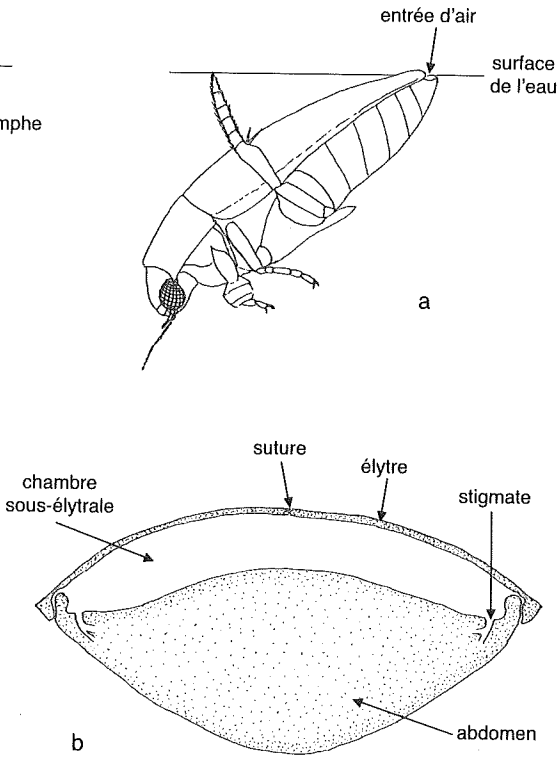


17.15 - Nymphe de Dytiscidae dans sa logette nymphale faite de boulettes de boue. Adapté de Bertrand, 1972.

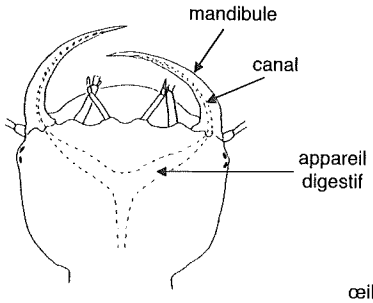
O. Coléoptères



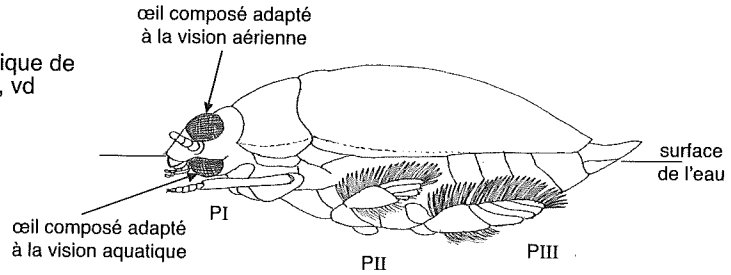
17.16 - Larve de Dytiscidae, vl



17.17 - a : adulte de Dytiscidae, vl ; b : coupe transversale au niveau des élytres, les ailes membraneuses ont été enlevées.

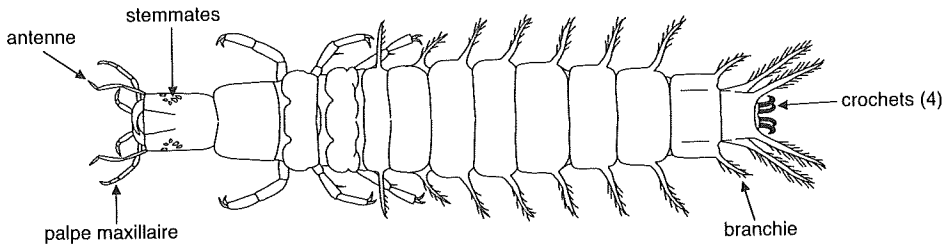


17.18 - Capsule céphalique de larve de Dytiscidae, vd

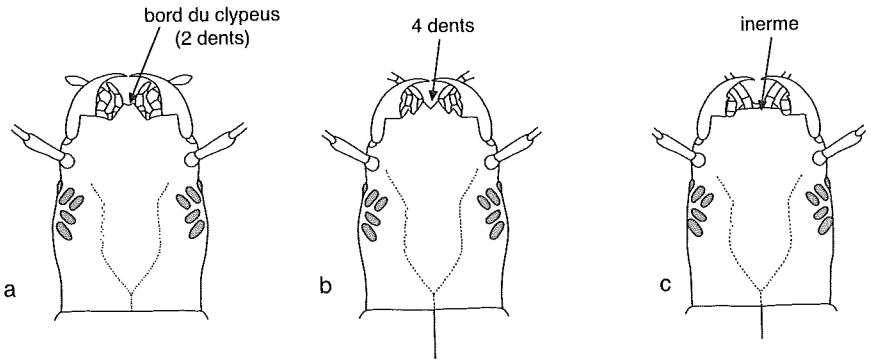


17.19 - Adulte de Gyrinidae, vl.

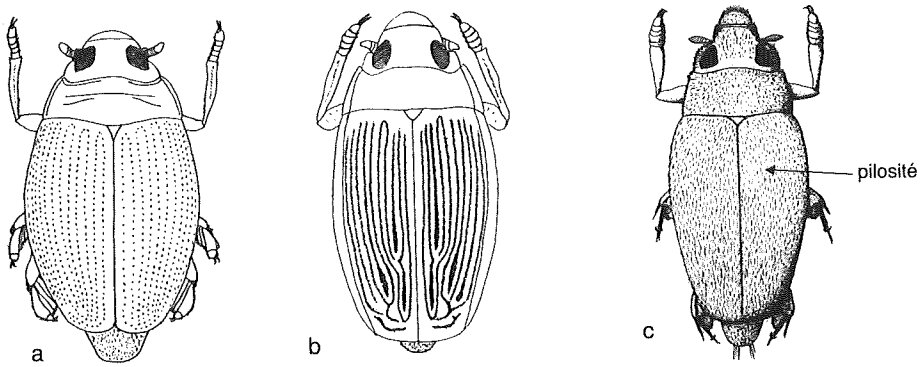
F. Gyrinidae



17.20 - Larve de Gyrinidae, vd

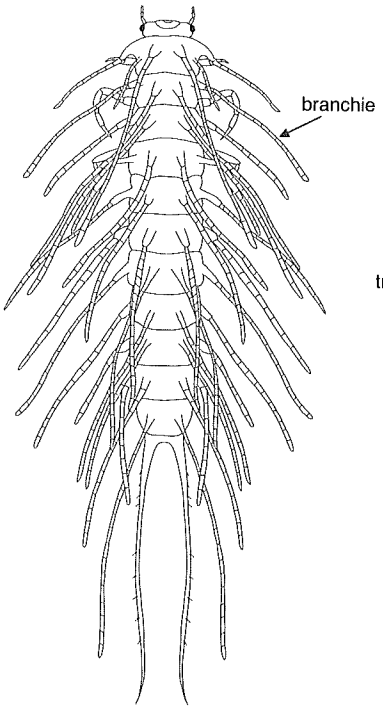


17.21 - Larves de Gyrinidae, capsule céphalique, vd (antennes coupées).
a : *Gyrinus* ; b : *Aulonogyrus* ; c : *Orectochilus*.

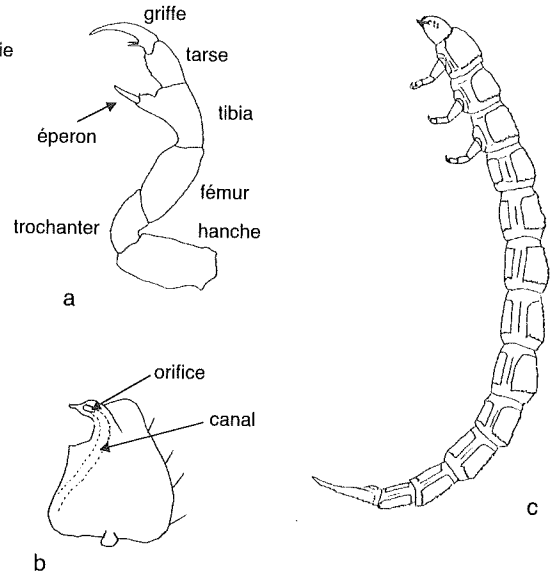


17.22 - Adultes de Gyrinidae, vd. a : *Gyrinus* ; b : *Aulonogyrus* ; c : *Orectochilus*.

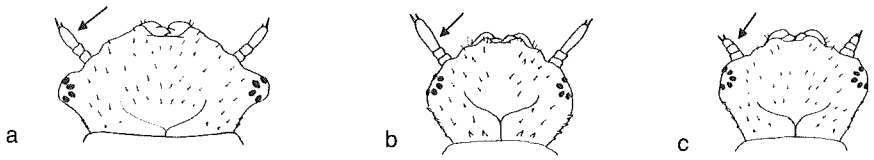
F. Haliplidae



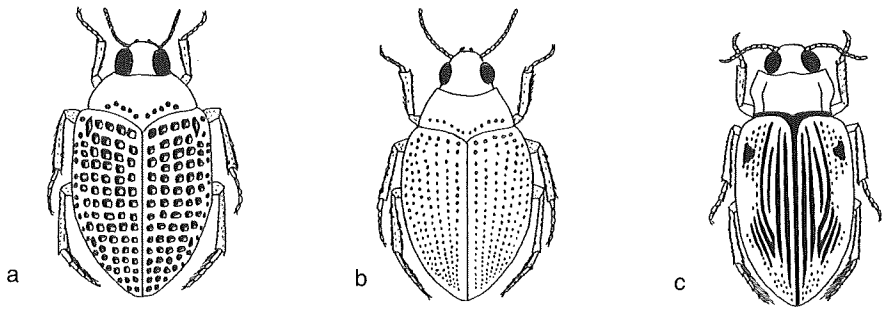
17.23 - Larve de *Peltodytes*, vd



17.24 - Larve d'Haliplidae. a : PI ; b : mandibule ; c : larve (*Haliplus*) vl

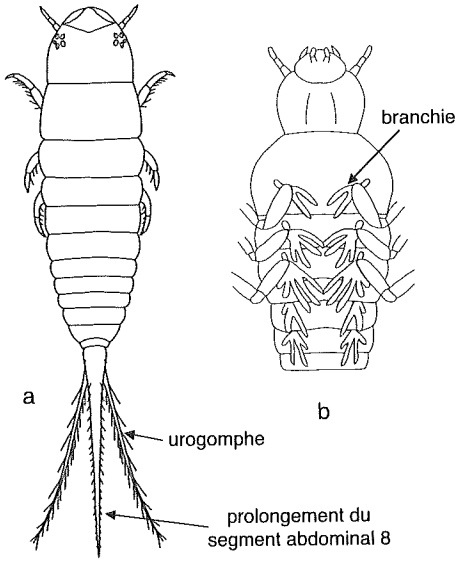


17.25 - Capsules céphaliques des larves, vd. a : *Peltodytes* ; b : *Haliplus* ; c : *Brychius*.



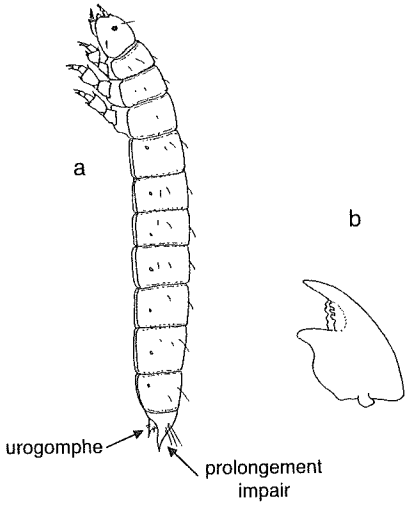
17.26 - Adultes, vd. a : *Peltodytes* ; b : *Haliplus* ; c : *Brychius*.

F. Hygrobiidae

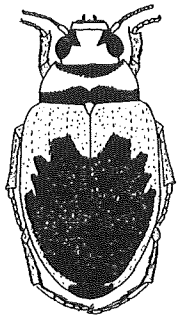


17.27 - Larve d'*Hygrobia*.
a : vd ; b : région antérieure vv.

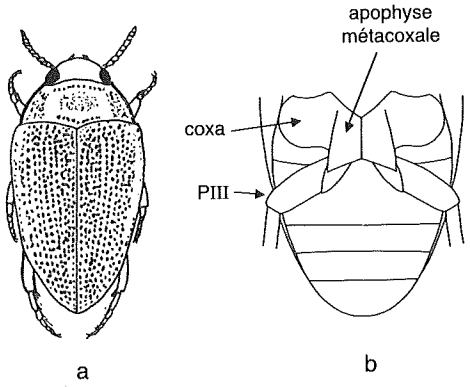
F. Noteridae



17.28 - Larve de *Noterus*.
a : larve vl ; b : mandibule.



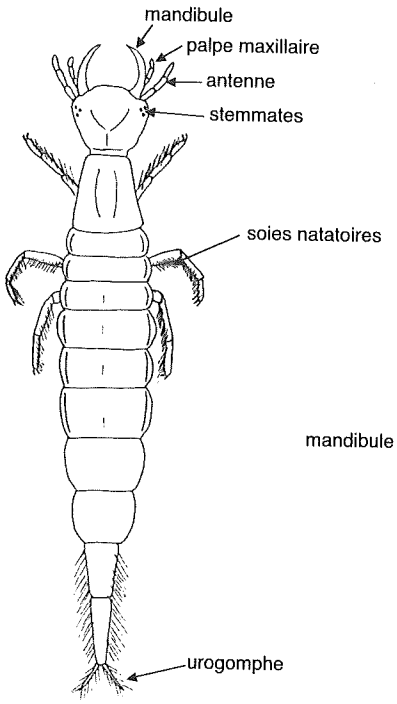
17.29 - Adulte d'*Hygrobia*, vd.



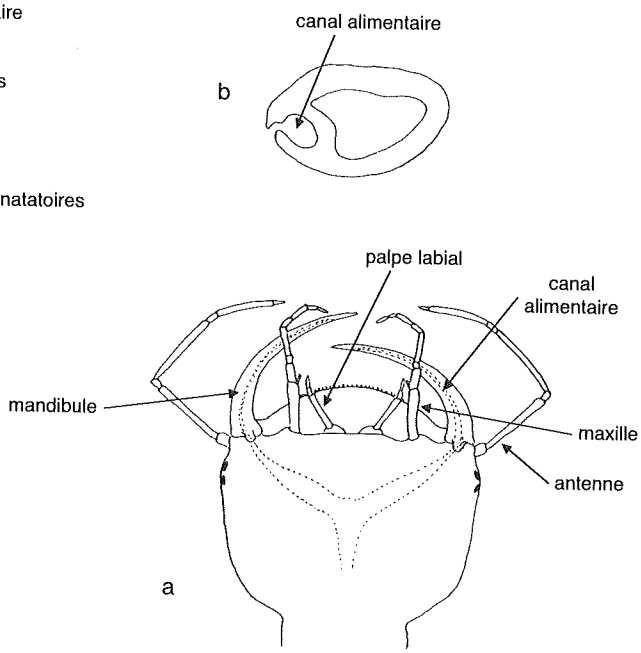
17.30 - Adulte de *Noterus*.
a : vd ; b : métathorax et abdomen, vv

F. Dytiscidae

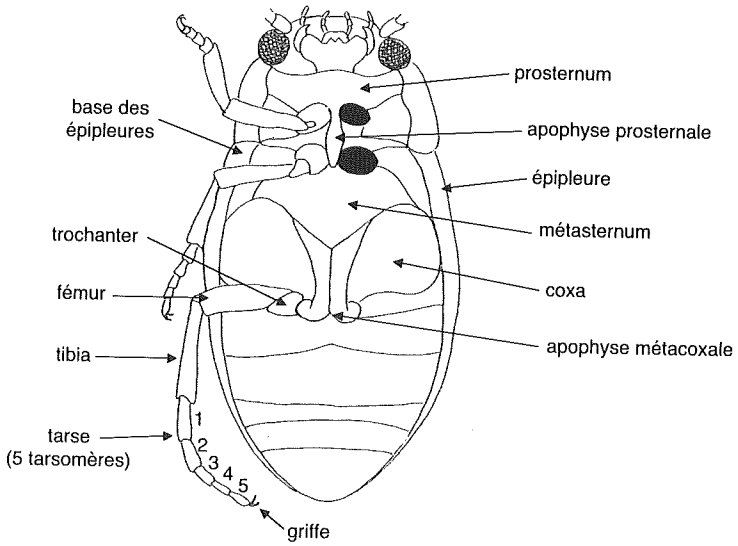
Larve et adulte



17.31 - Larve de Dytiscidae, vd

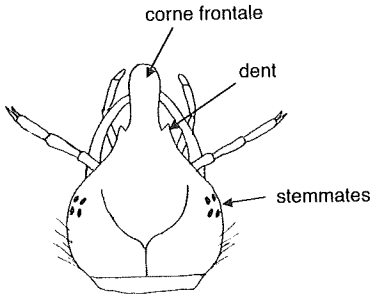


17.32 - Larve de *Dytiscus*. a : capsule céphalique vv ; b : mandibule, ct.

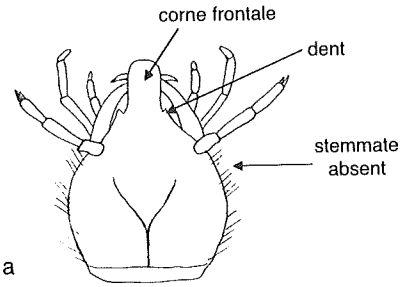


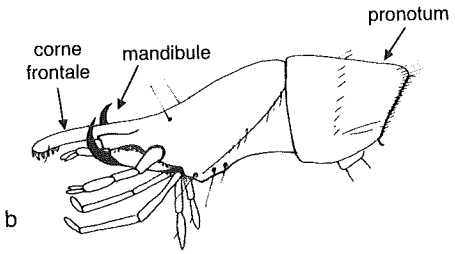
17.33 - Adulte de Dytiscidae, vv, antennes coupées, pattes gauches supprimées.

F. Dytiscidae 2
sF Hydroporinae 1
Larves

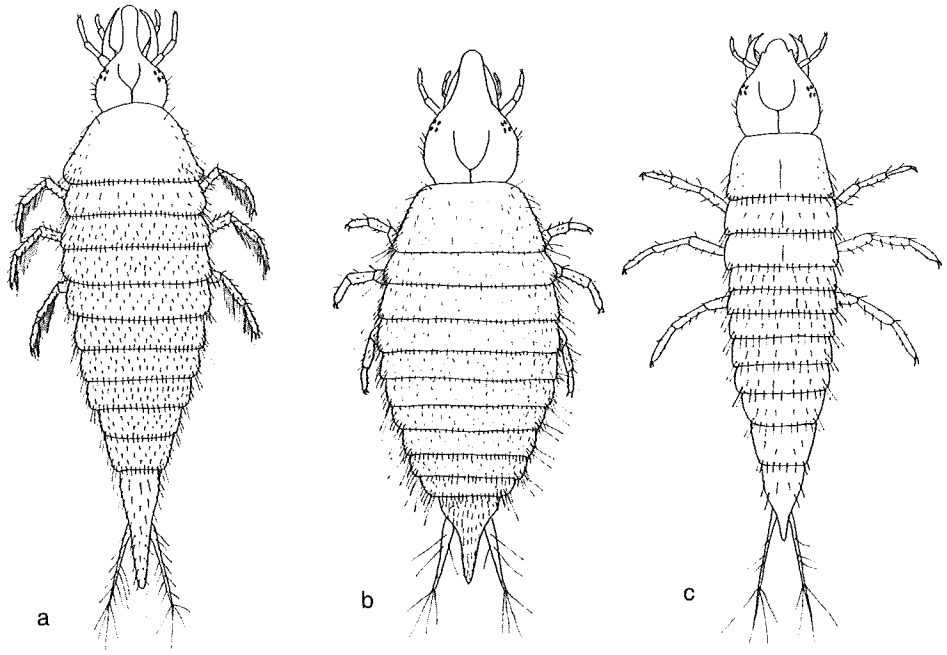


17.34 - Capsule céphalique de *Porhydrus*, vd.





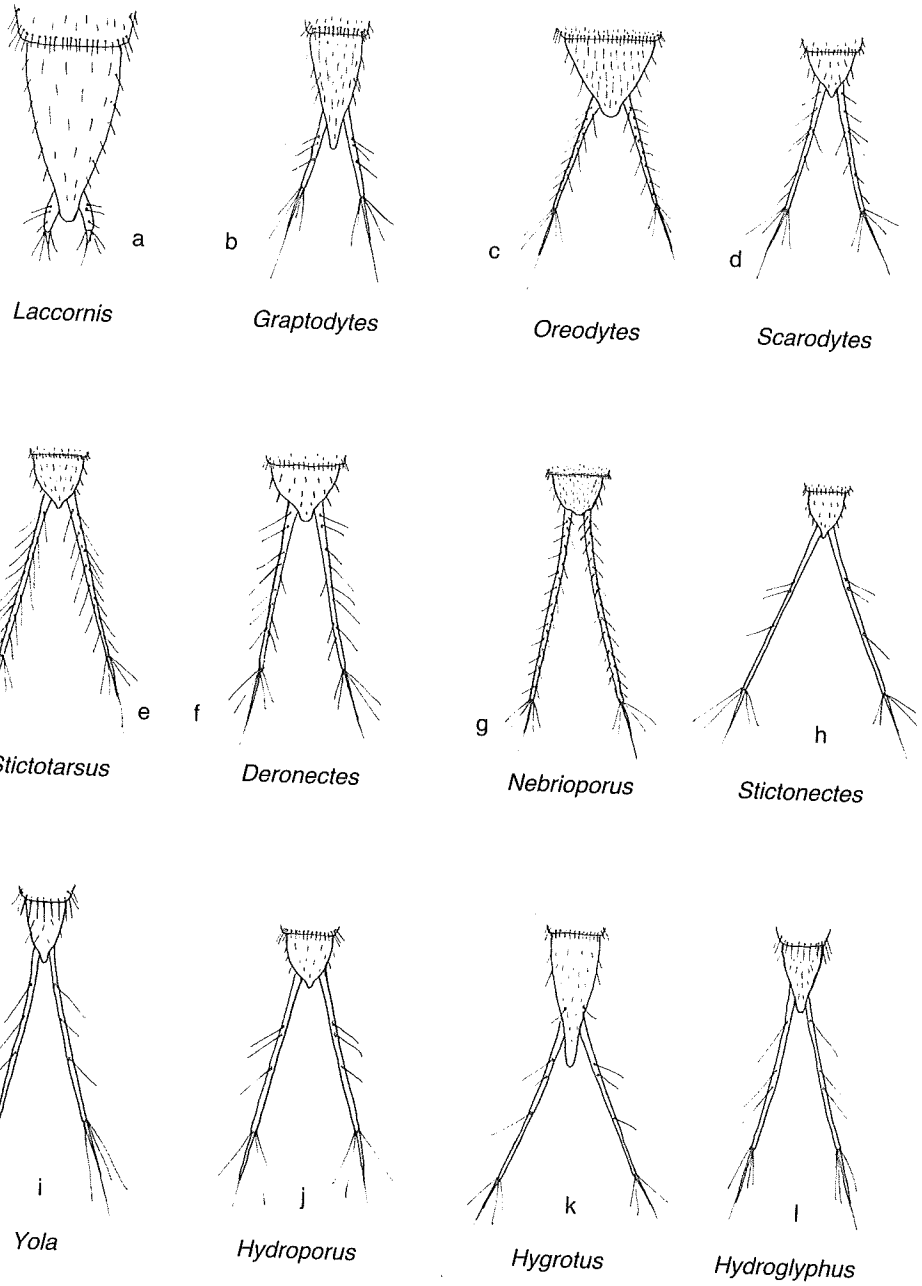
17.35 - Capsule céphalique de *Siettitia*. a : vd ; b : vl.



Hyphydrus *Hydrovatus* *Bidessus*

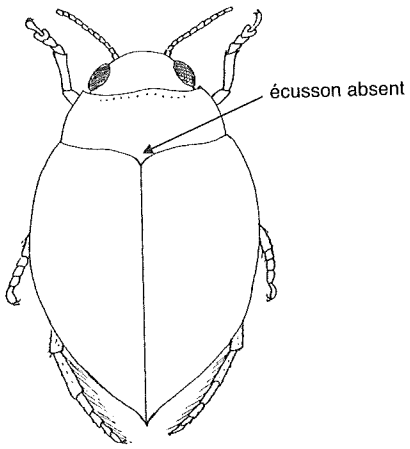
17.36 - 3 types de larves d'Hydroporinae

F. Dytiscidae 3
sF Hydroporinae 2
Larves

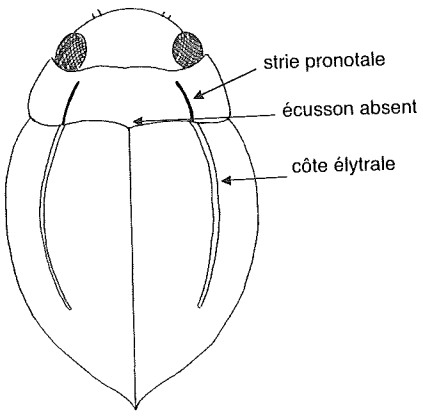


17.37 - Dernier segment abdominal et urogomphes de larves de stade 3, vd.

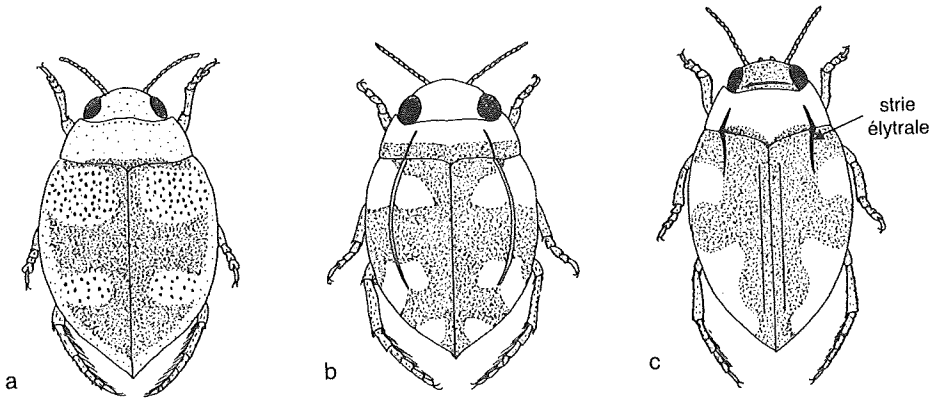
F. Dytiscidae 4
sF Hydroporinae 3
Adultes



17.38 - Adulte d'*Hydrovatus*, vd



17.39 - Adulte de *Yola*, vd

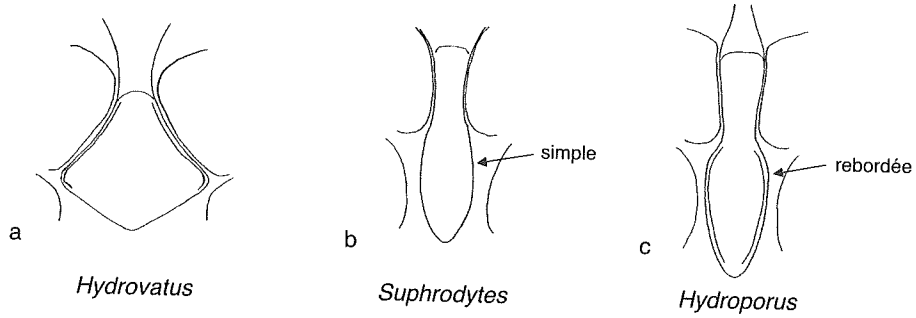


17.40 - Motifs de coloration de 3 adultes d'Hydroporinae, vd



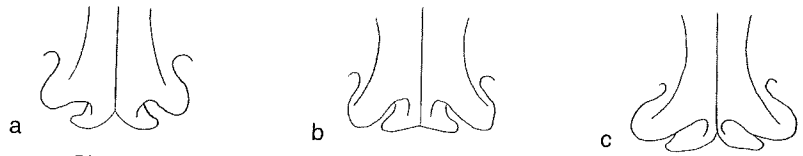
17.41 - Base des épipleures, vv. a : *Hygrotus* ; b : *Hydroporus*

F. Dytiscidae 5
sF Hydroporinae 4
Adultes

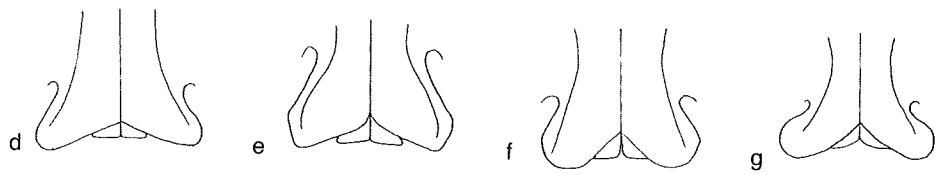


Hydrovatus *Suphrodytes* *Hydroporus*

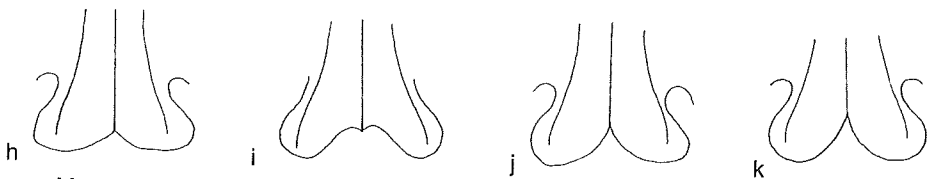
17.42 - Apophyses prosternales, vv.



Siettitia *Stictotarsus* *Deronectes*



Scarodytes *Nebrioporus* *Stictonectes* *Oreodytes*

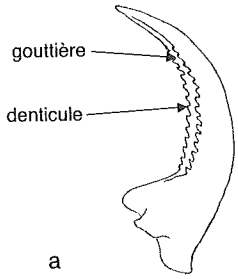


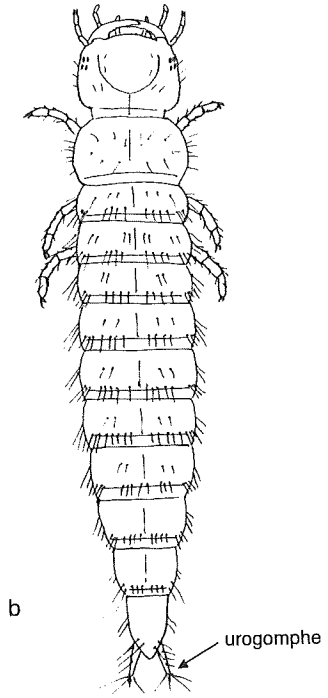
Metaporus *Laccornis* *Graptodytes* *Porhydrus*

17.43 - Apophyses métacoxales, vv.

F. Dytiscidae 6
Larves

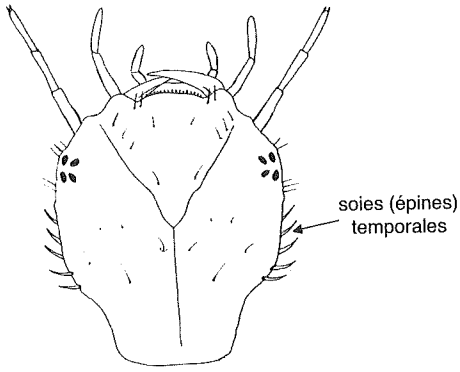
sF Copelatinae



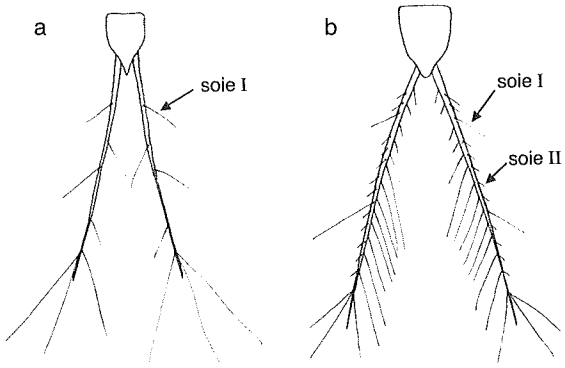


17.44 - *Copelatus*. a : mandibule ; b : larve, vd.

sF Laccophilinae

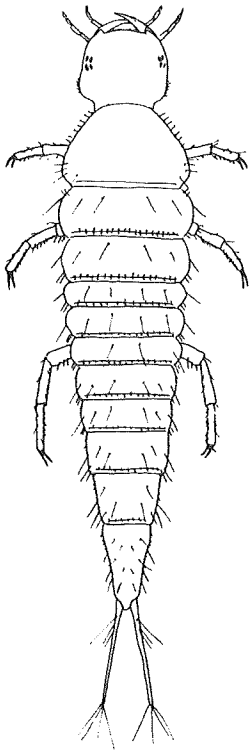


17.45 - *Laccophilus*. Capsule céphalique, vd.

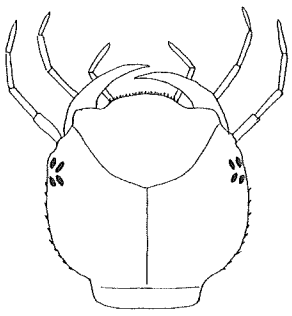


17.46 - *Laccophilus*. Dernier segment abdominal et urogomphes, vd. a : larve de stade 1, uniquement des soies primaires ; b : larve de stade 3, soies primaires et secondaires.

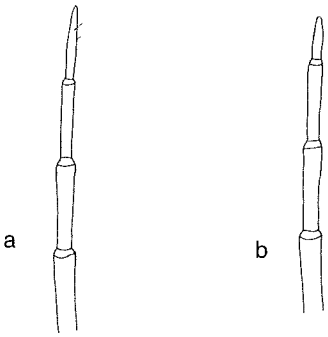
F. Dytiscidae 7
sF Colymbetinae
Larves



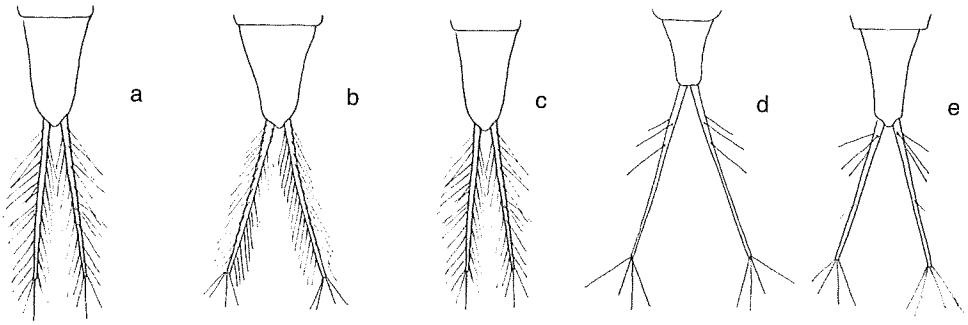
17.47 - Larve d'*Agabus*, vd.



17.48 - Capsule céphalique de *Rhantus*, vd.

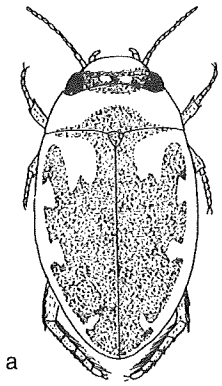


17.49 - Antennes. a : *Rhantus* ; b : *Agabus.*

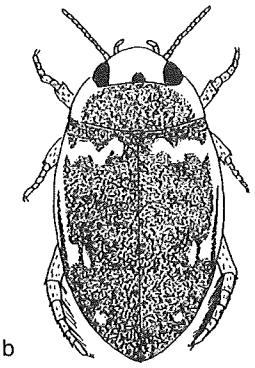


17.50 - Dernier segment abdominal et urogomphes de larve de stade 3, vd.

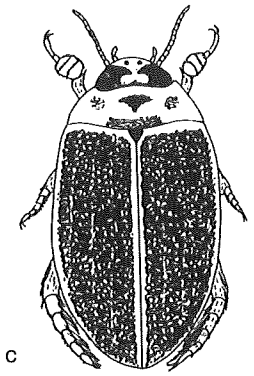
F. Dytiscidae 8
sF Colymbetinae
Adultes



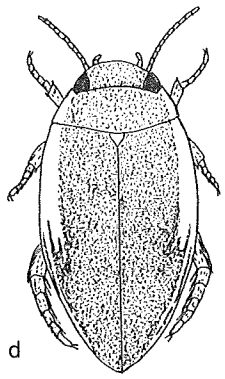
a *Platambus*



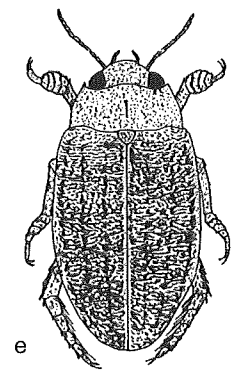
b *Agabus*



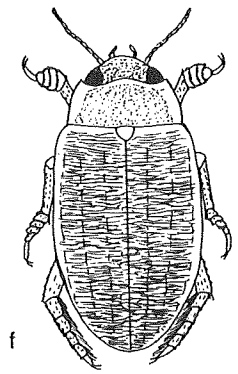
c *Rhantus*



d *Ilybius*



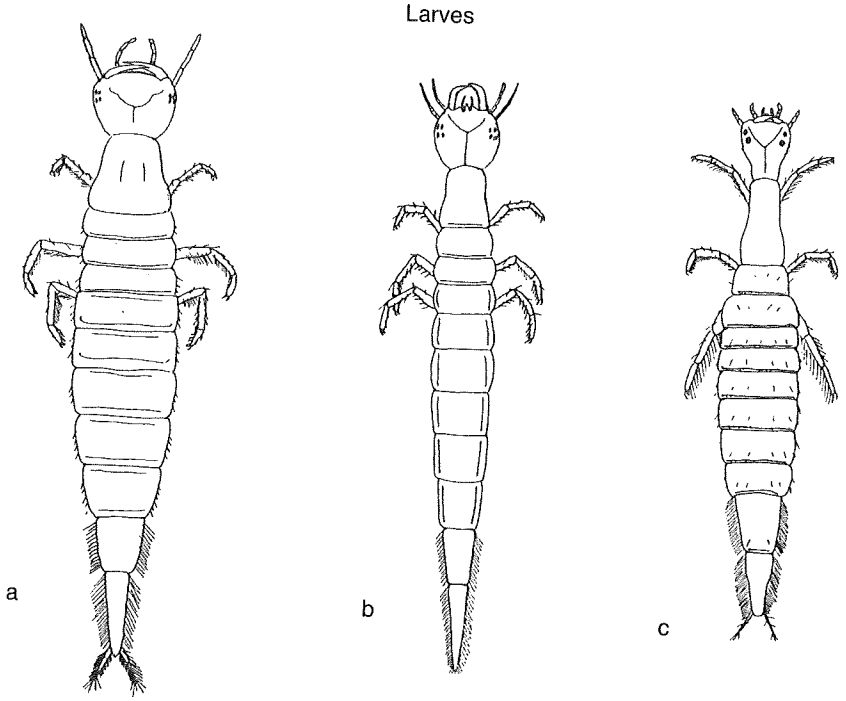
e *Meladema*



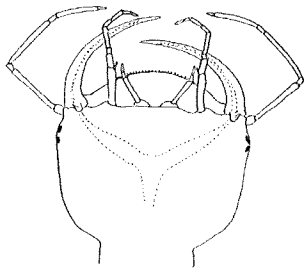
f *Colymbetes*

17.51 - Motifs de coloration

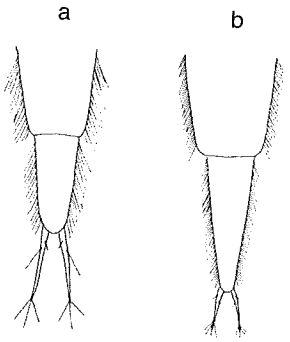
F. Dytiscidae 9
sF Dytiscinae
Larves



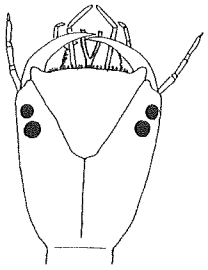
17.52 - 3 types de larves de Dytiscinae. a : *Dytiscus* ; b : *Cybister* ; c : *Acilius*.



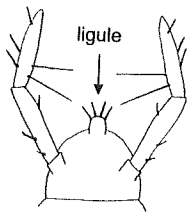
17.53 - Capsule céphalique de *Dytiscus*, vd.



17.54 - Dernier segment abdominal et urogomphes, vd. a : *Hydaticus* ; b : *Graphoderus*.

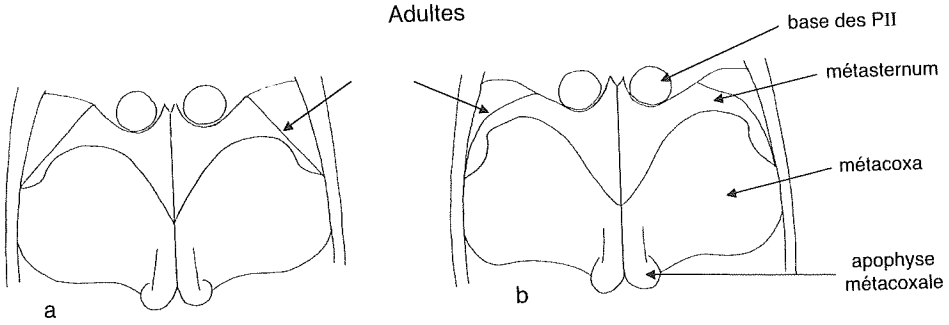


17.55 - Capsule céphalique d'*Acilius*, vd.

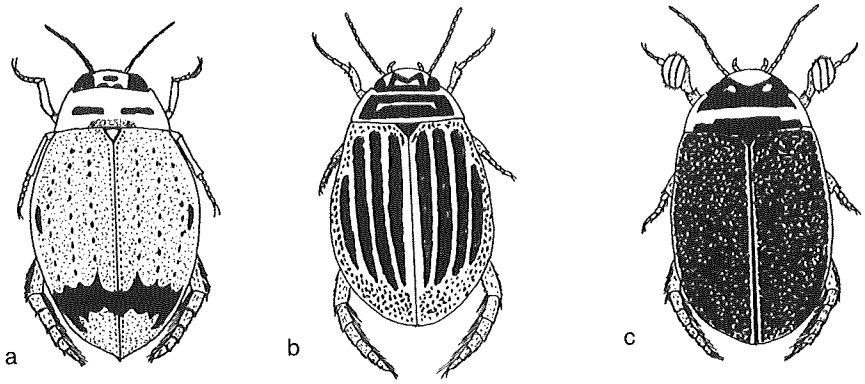


17.56 - Labium d'*Eretes*, vv.

F. Dytiscidae 10
sF Dytiscinae
Adultes

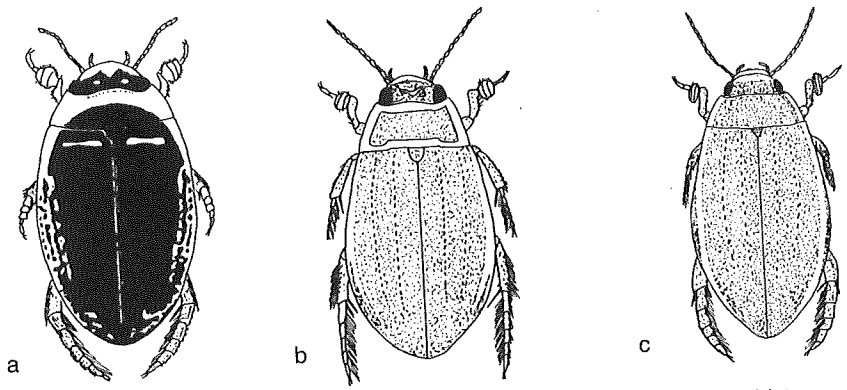


17.57 - Métathorax, vv. a : *Hydaticus* ; b : *Acilius*.



Eretes *Acilius* *Graphoderus*

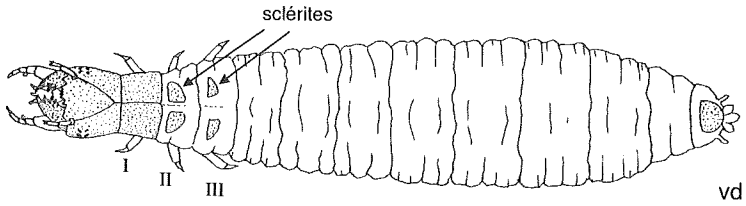
17.58 - Motifs de coloration



Hydaticus *Dytiscus* *Cybister*

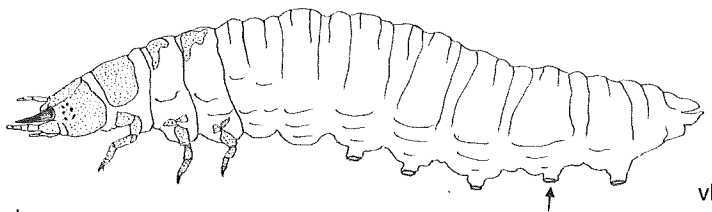
17.59 - Motifs de coloration

F. Hydrophilidae
Larves



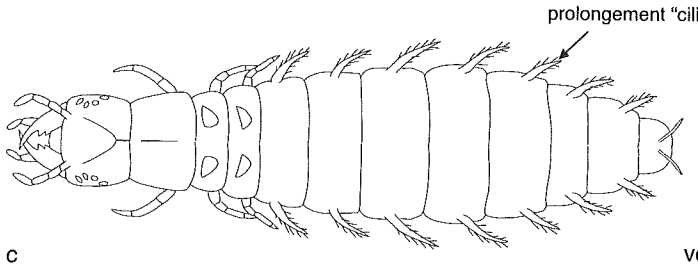
a

Hydrobius



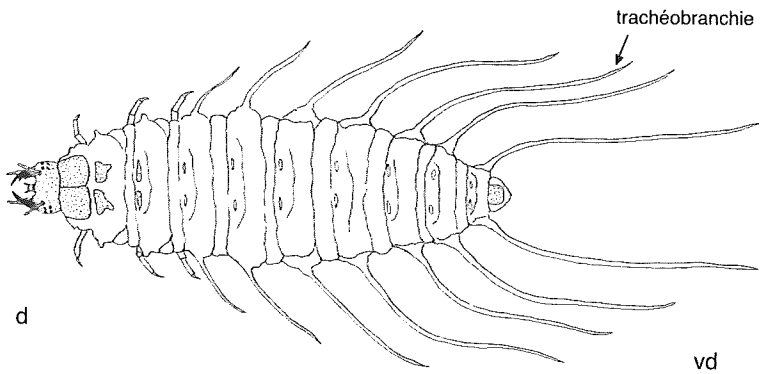
b

Enochrus



c

Hydrophilus



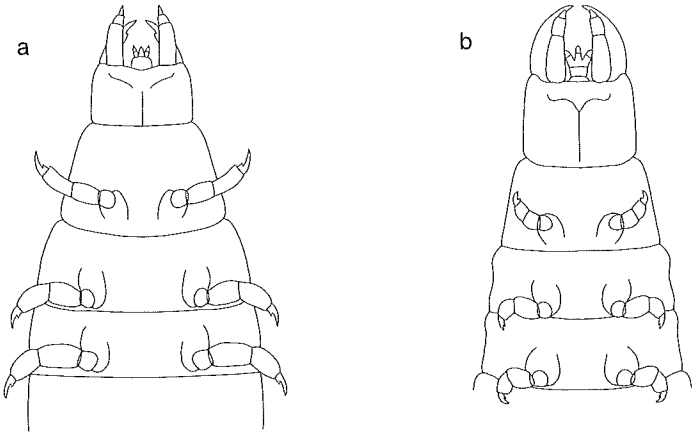
d

Berosus

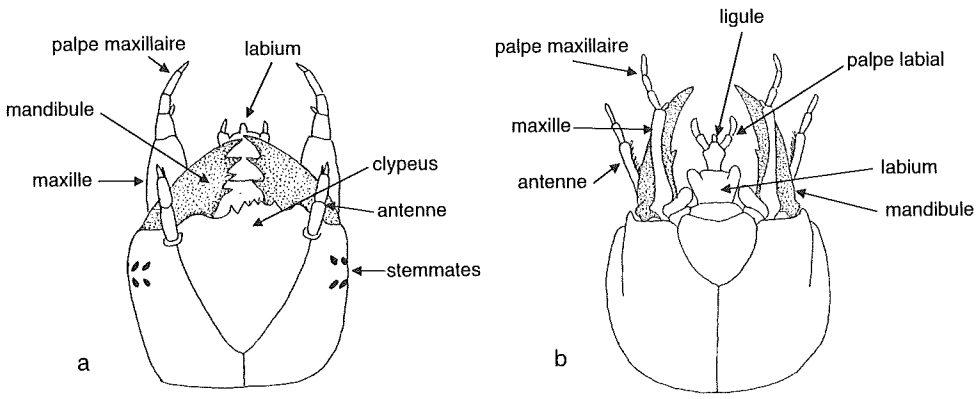
17.60 - Différents types de larves d'Hydrophilidae

F. Hydrophilidae 2

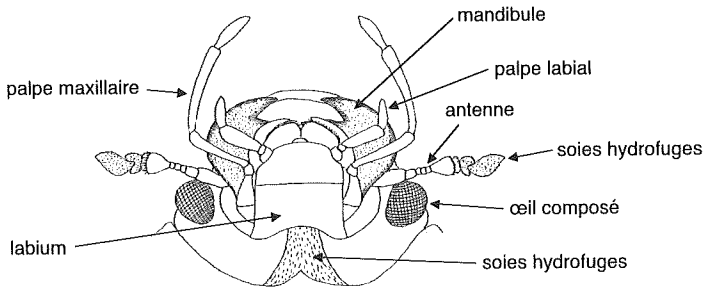
Larve et adulte



17.61 - Larves, région antérieure, vv. a : à pattes longues ; b : à pattes courtes.

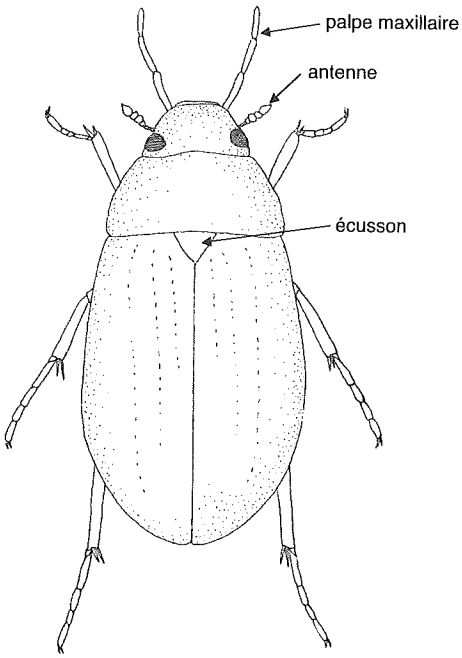


17.62 - Capsule céphalique larvaire. a : *Hydrobius*, vd ; b : *Hydrophilus*, vv.

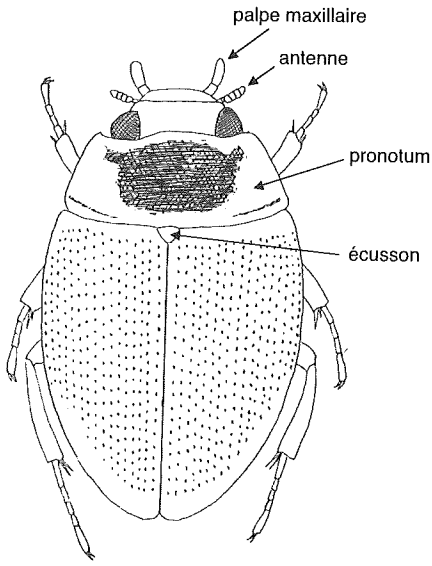


17.63 - Capsule céphalique de l'adulte (*Hydrophilus*), vv.

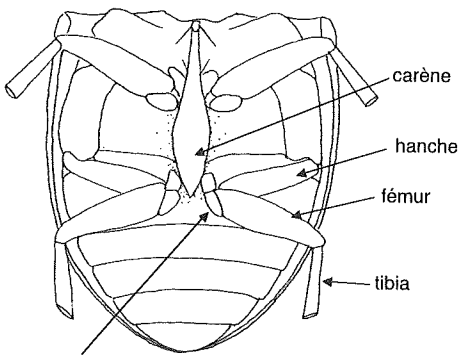
F. Hydrophilidae 3
Adultes

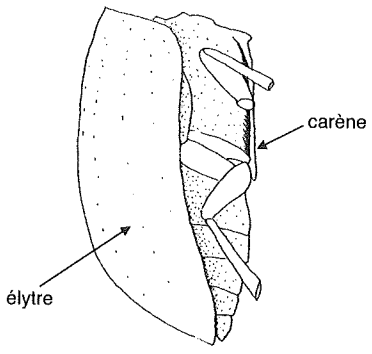


17.64 - *Hydrochara*, vd.



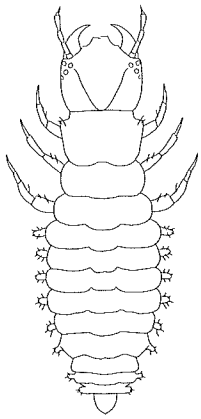
17.65 - *Laccobius*, vd. Seule la coloration du pronotum est représentée.



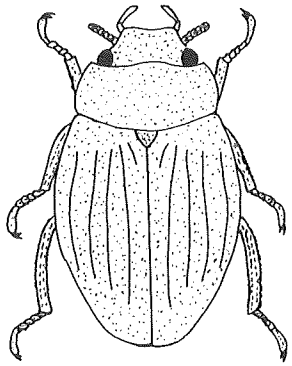


17.66 - Thorax et abdomen d'*Hydrochara*. a : vv ; b : vl. PII et PIII partiellement coupées.

F. Spercheidae

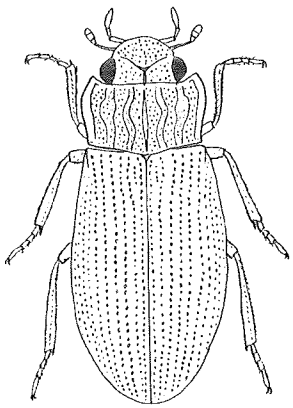


17.67 - Larve de *Spercheus*, vd



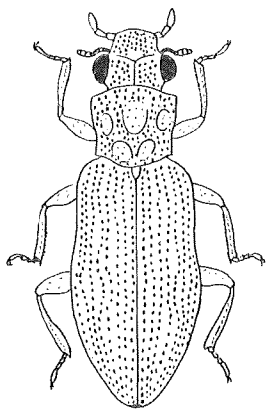
17.68 - Adulte de *Spercheus*, vd

F. Helophoridae



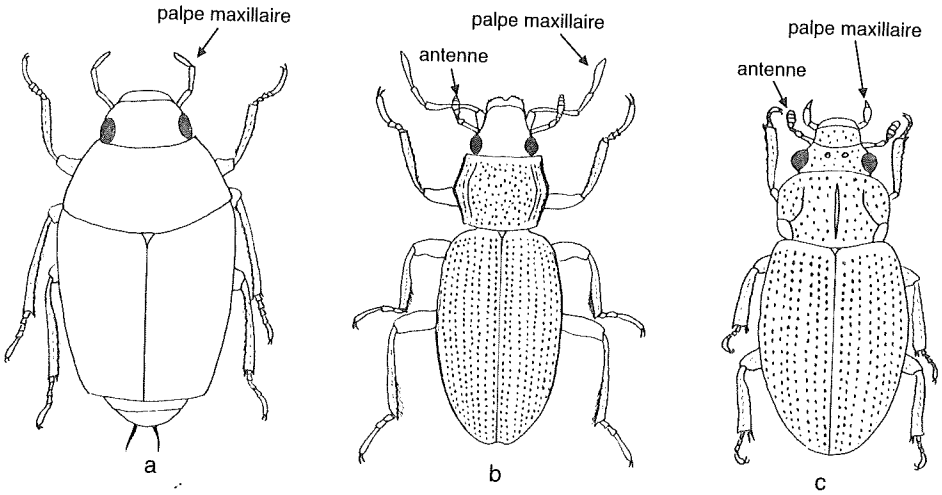
17.69 - Adulte d'*Helophorus*, vd

F. Hydrochidae



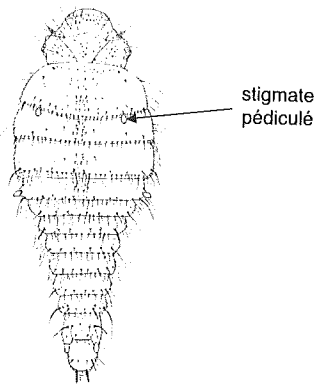
17.70 - Adulte d'*Hydrochus*, vd

F. Hydraenidae

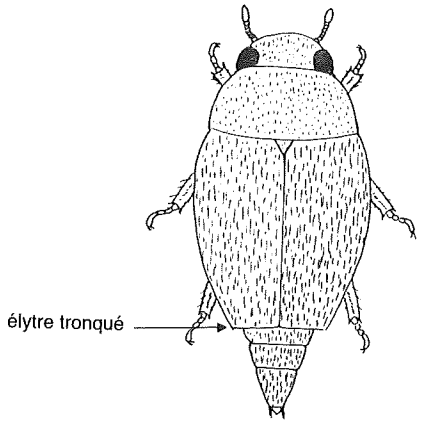


17.71 - Adultes, vd. a : *Limnebius* ; b : *Hydraena* ; c : *Ochthebius*.

F. Hydroscaphidae

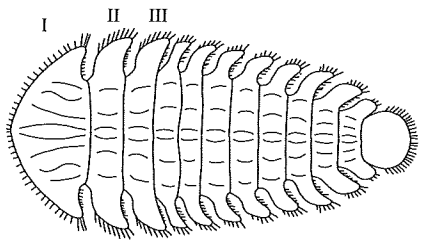


17.72 - Larve d'*Hydroscapha*, vl



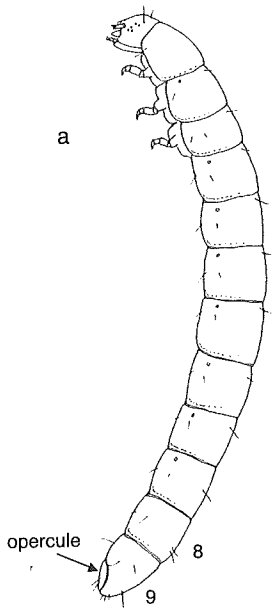
17.73 - Adulte d'*Hydroscapha*, vd

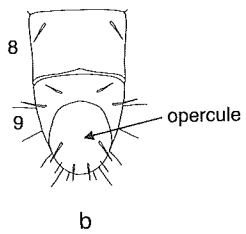
F. Psephenidae



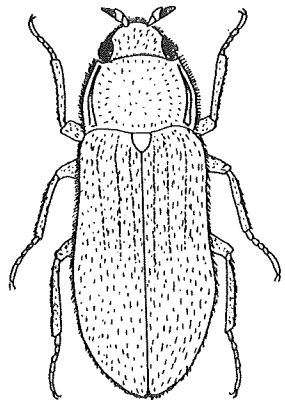
17.74 - Larve d'*Eubria*, vd

F. Dryopidae

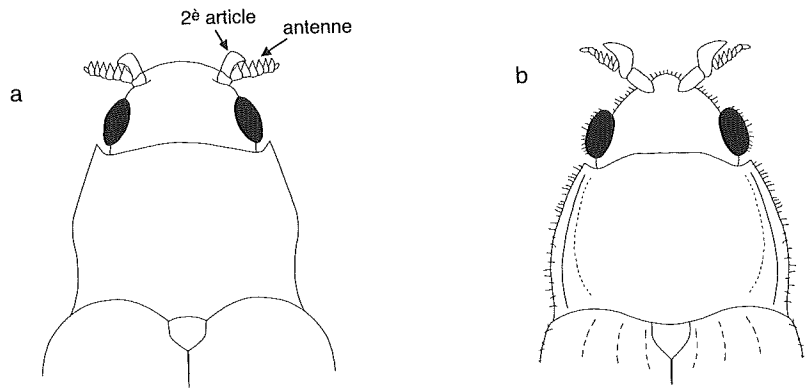




17.75 - Larve de *Dryops*.
a : larve, vl ; b : extrémité de l'abdomen vv

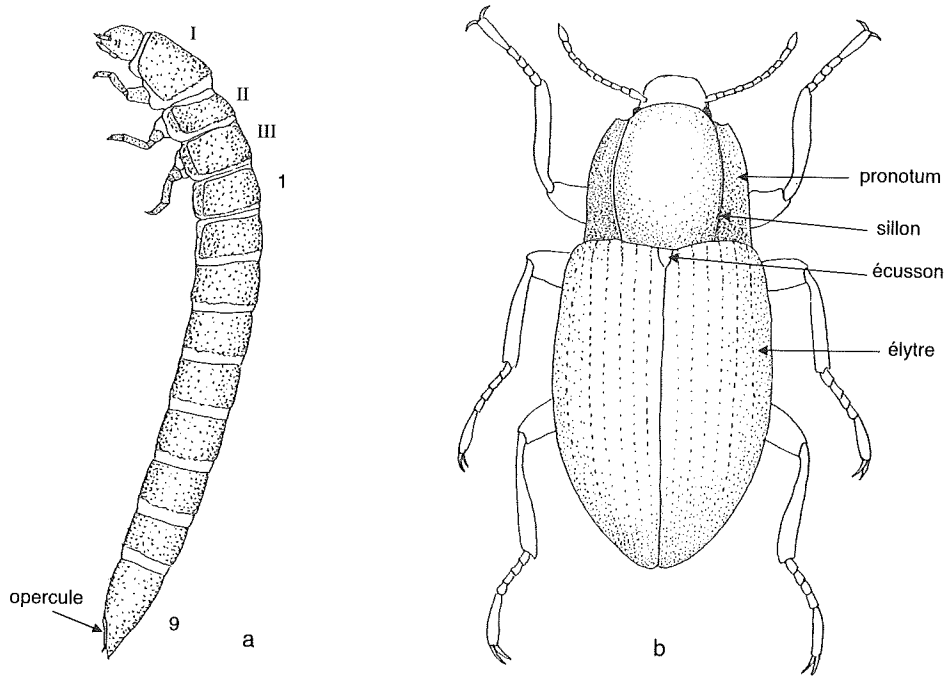


17.76 - Adulte de *Dryops*, vd.

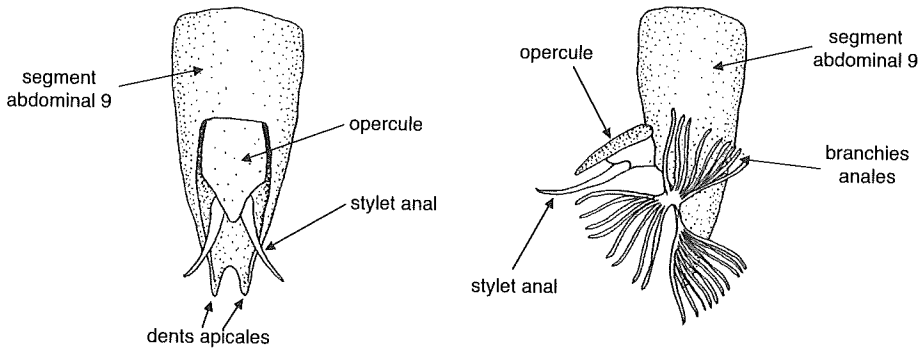


17.77 - Adulte de Dryopidae, région antérieure, vd : a : *Pomatinus* ; b : *Dryops*.

F. Elmidae



17.78 - *Limnius*. a : larve, vl ; b : adulte, vd.

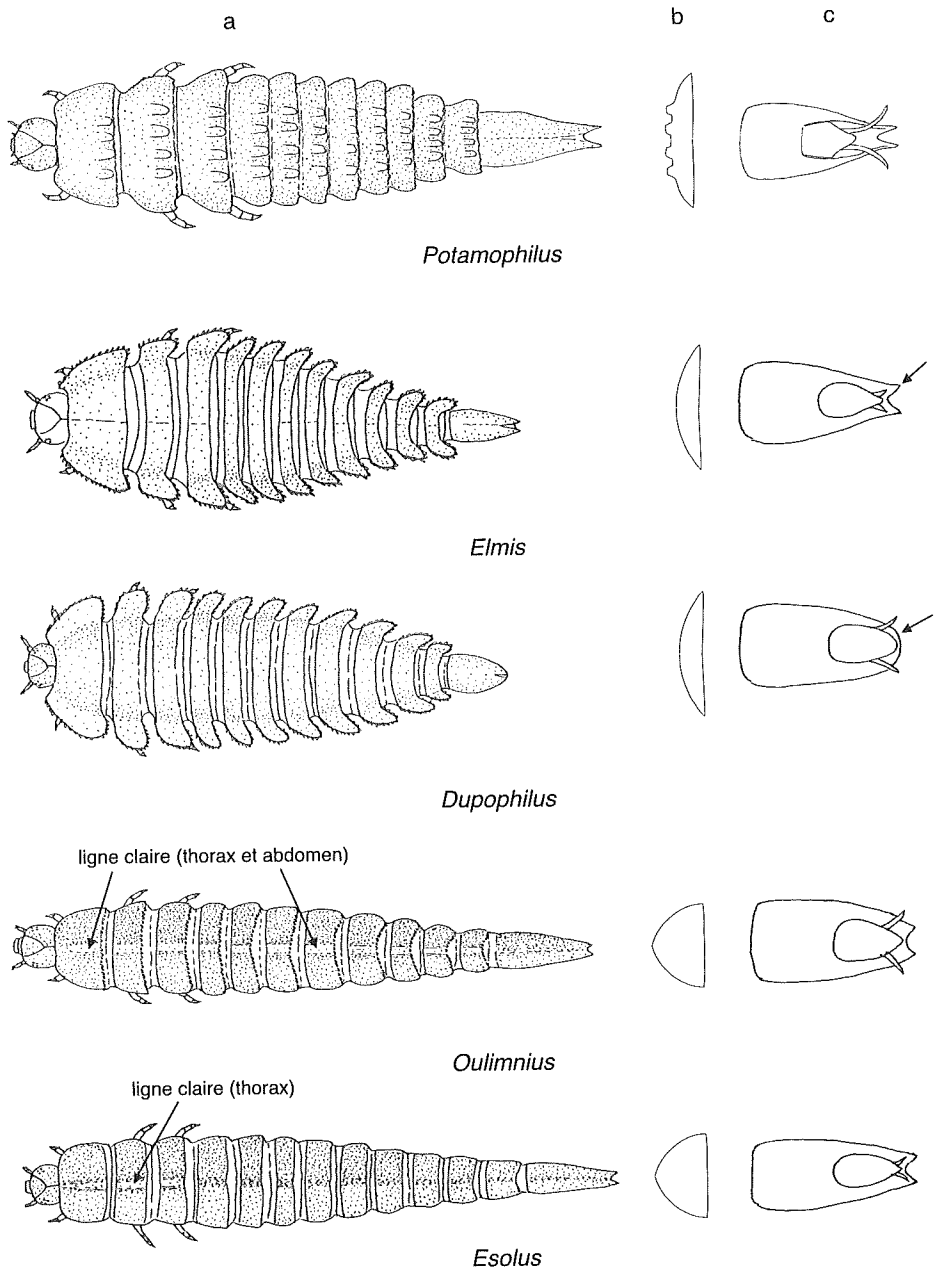


17.79 - *Potamophilus*. Segment abdominal 9. a : vv, branchies anales rétractées ; b : vl, branchies anales épanouies. Adapté de Bertrand, 1972

F. Elmidae 2

Larves

Larves à section aplatie ou triangulaire

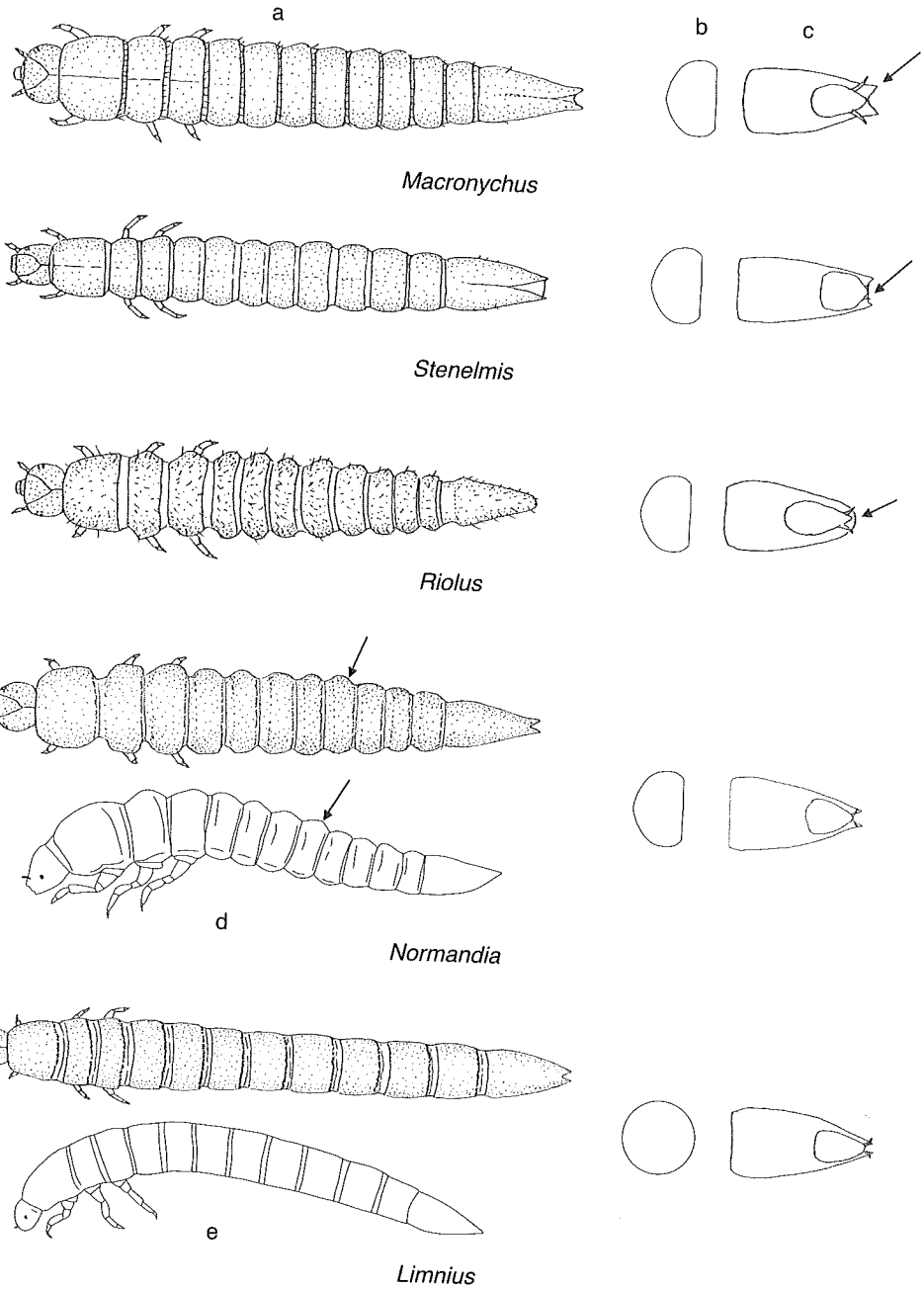


17.80 - Respectivement a : larve, vd ; b : section au niveau de l'abdomen ; c : segment abdominal 9, vv

F. Elmidae 3

Larves 2

Larves à section semi-circulaire ou circulaire

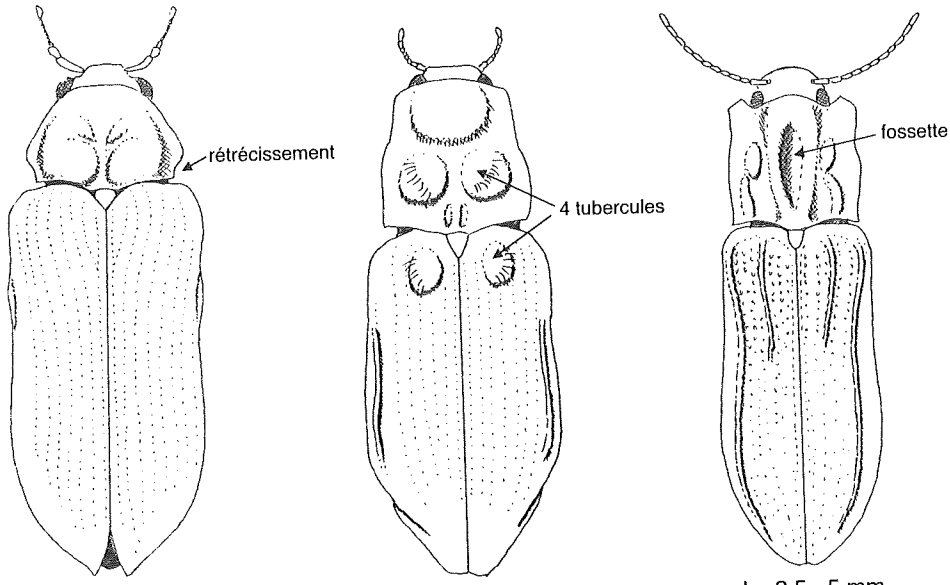


17.81 - Respectivement a : larves, vd ; b : section au niveau de l'abdomen ; c : segment abdominal 9, vv ; d et e : larves vl.

F. Elmidae 4

Adultes

Pronotum à ornementation variée

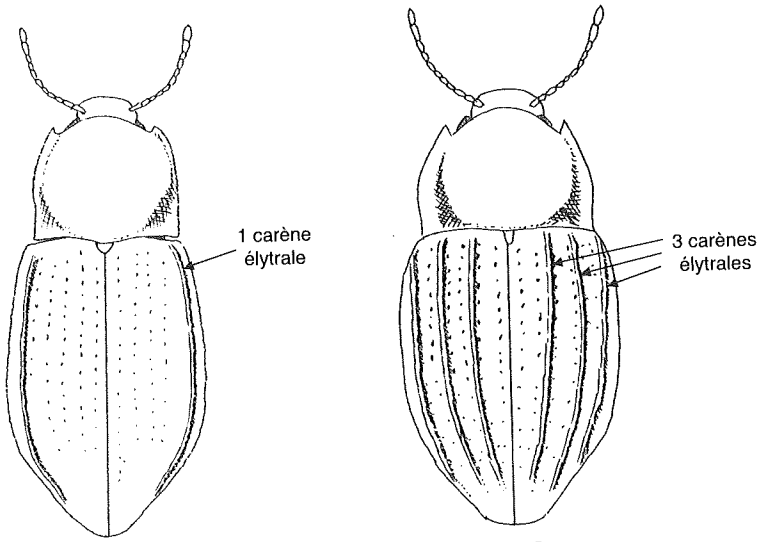


L : 6,5 - 8,5 mm
Potamophilus

L : 2,7 - 3,5 mm
Macronychus

L : 2,5 - 5 mm
Stenelmis

Pronotum sans ornementation



L : 1,7 - 2,2 mm
Normandia

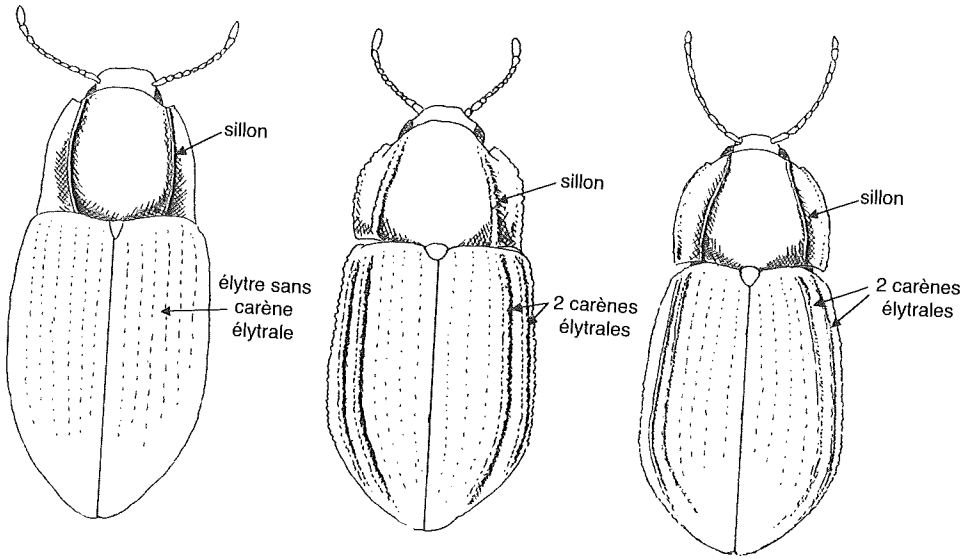
L : 1,5 - 2 mm
Riolus

17.82 - Adultes d'Elmidae, les pattes ne sont pas représentées. L : longueur du corps

F. Elmidae 5

Adultes 2

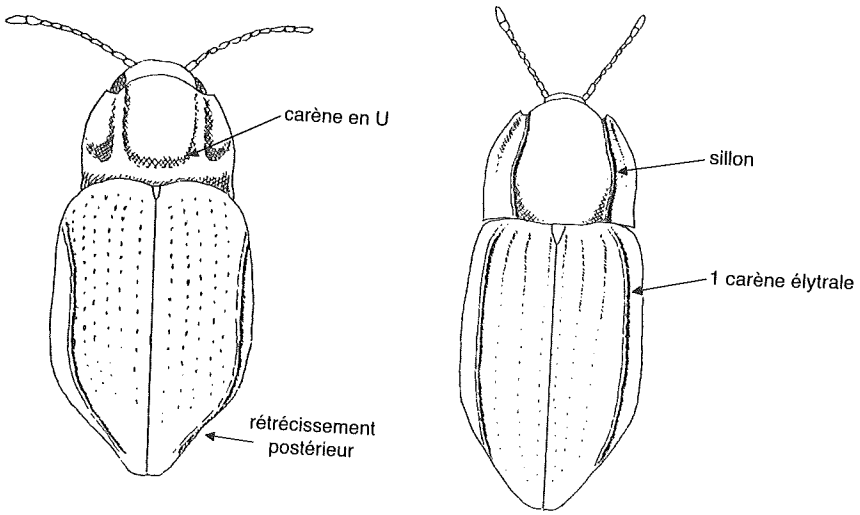
Pronotum avec deux sillons



L : 2 - 3,5 mm
Limnius

L : 1 - 2 mm
Oulimnius

L : 2,5 - 3 mm
Dupophilus

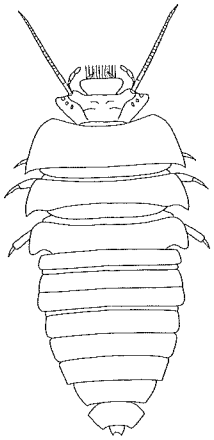


L : 1,5 - 2,5 mm
Elmis

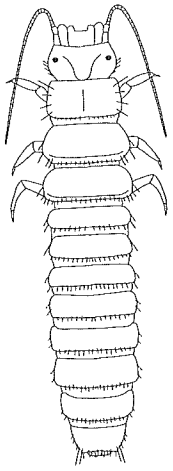
L : 1,2 - 2 mm
Esolus

17.83 - Adultes d'Elmidae, les pattes ne sont pas représentées. L : longueur du corps

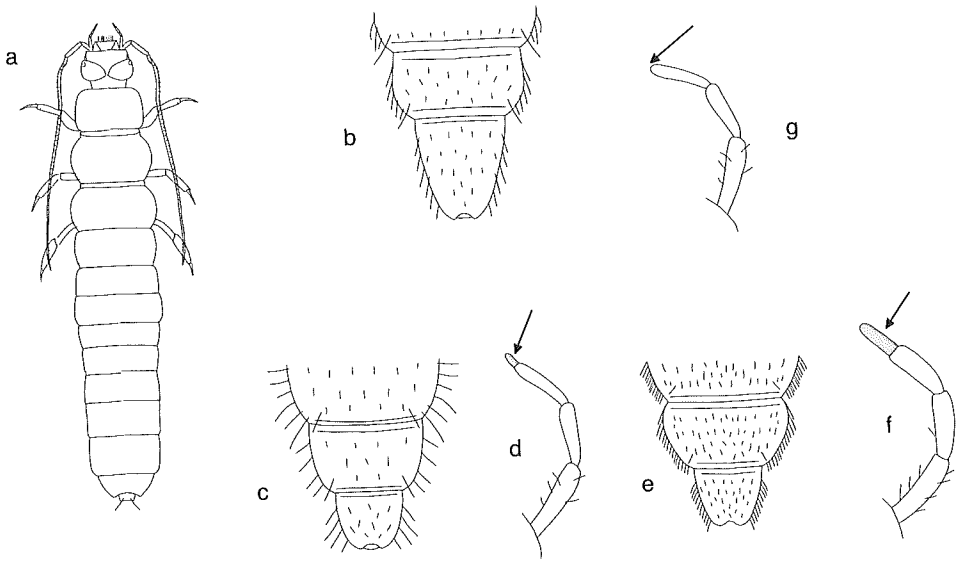
F. Scirtidae
(= Helodidae)



17.84 - Larve d'*Elodes*, vd

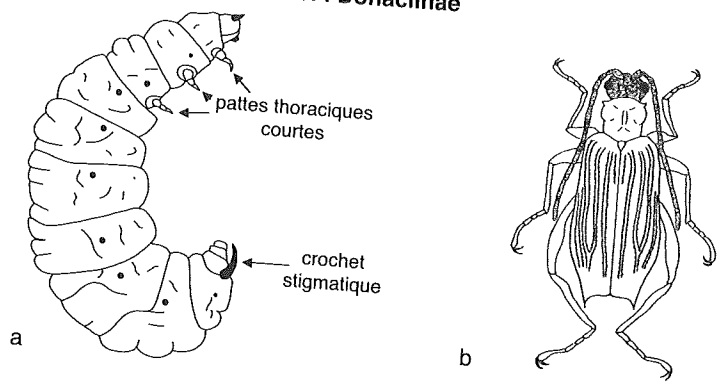


17.85 - Larve d'*Hydrocyphon*

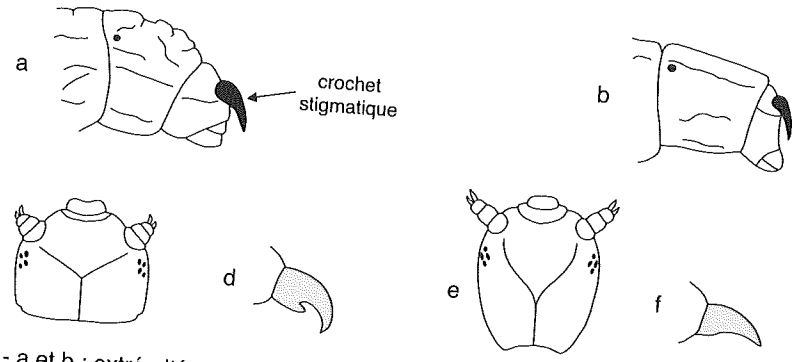


17.86 - a : larve de *Cyphon*, vd ; b, c et e : extrémité de l'abdomen, vd. b : *Scirtes* ; c : *Cyphon* ; e : *Microcara* ; d, f et g : palpe maxillaire ; d : *Cyphon* ; f : *Microcara*, g :

F. Chrysomelidae
sF. Donaciinae

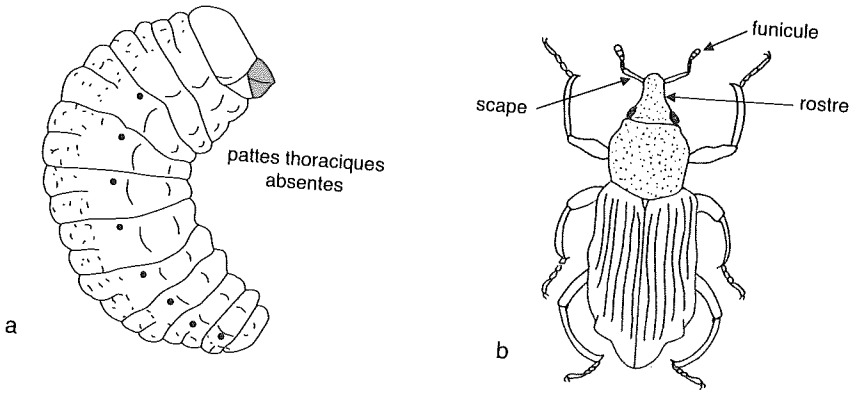


17.87 - a : larve, vl ; b : adulte de *Macroplea*, vd



17.88 - a et b : extrémité de l'abdomen, vl. a : *Plateumaris/Donacia* ; b : *Macroplea* ;
c et e : capsule céphalique, vd. c : *Donacia* ; e : *Plateumaris* ;
d et f : griffe. d : *Donacia* ; f : *Plateumaris*.

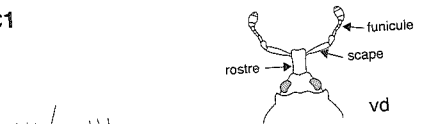
F. Curculionidae



17.89 - a : larve, vl ; b : adulte, vd.

Coléoptères (adultes)

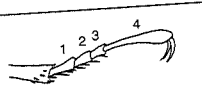
17.C1



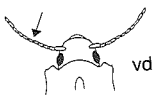
rostre avec antenne en 2 parties (scape et funicule) → **F. Curculionidae**



non soudées laissant libres les premiers segments abdominaux → TÊTE ET ANTENNES

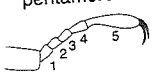


tétramères → **F. Chrysomelidae** *Macroplea*



longues et filiformes → MÉTATARSE

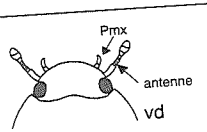
pentamères → **F. Elmidae** **17.C6**



MÉTACOXAS

non → ANTENNES



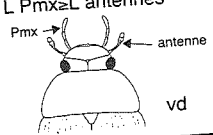


L Pmx<L antennes → **Coléoptères 4** **17.C4**

autres formes → L PMX/ L ANTENNES



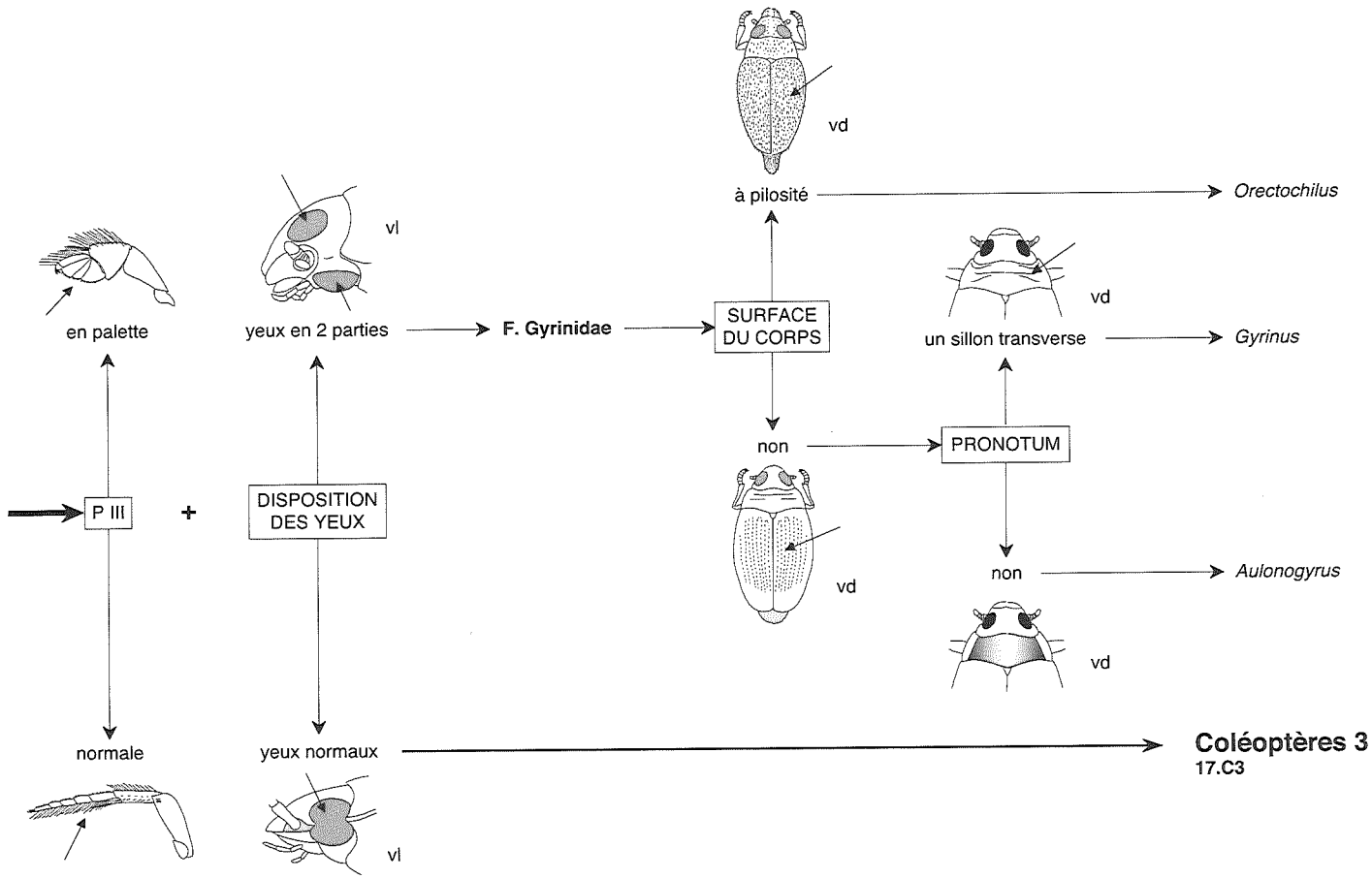
L Pmx≥L antennes → **Coléoptères 5** **17.C5**



soudées recouvrant les premiers segments abdominaux → **Coléoptères 2** **Hydradephaga** **17.C2**

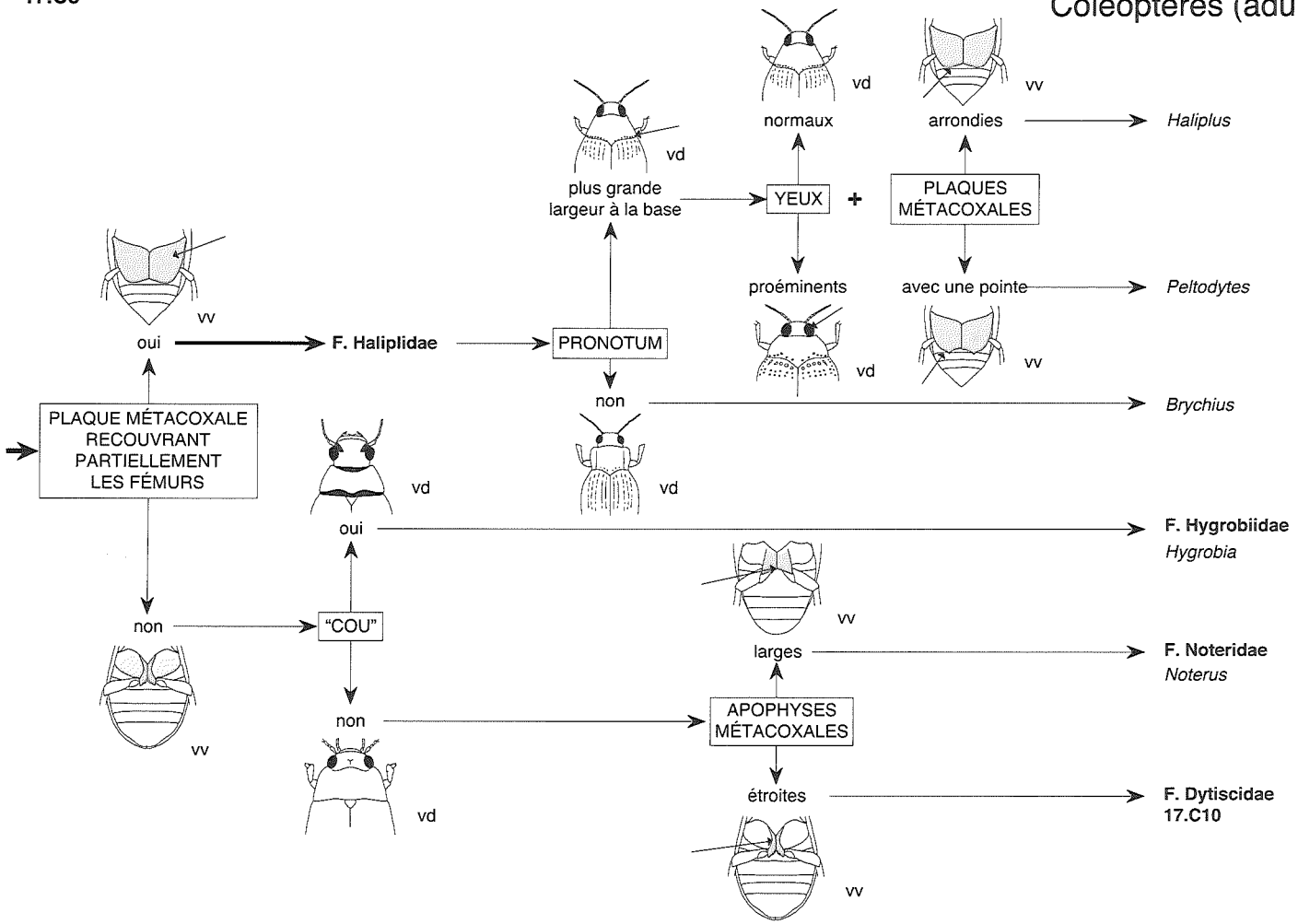


Coléoptères 2 (adultes)



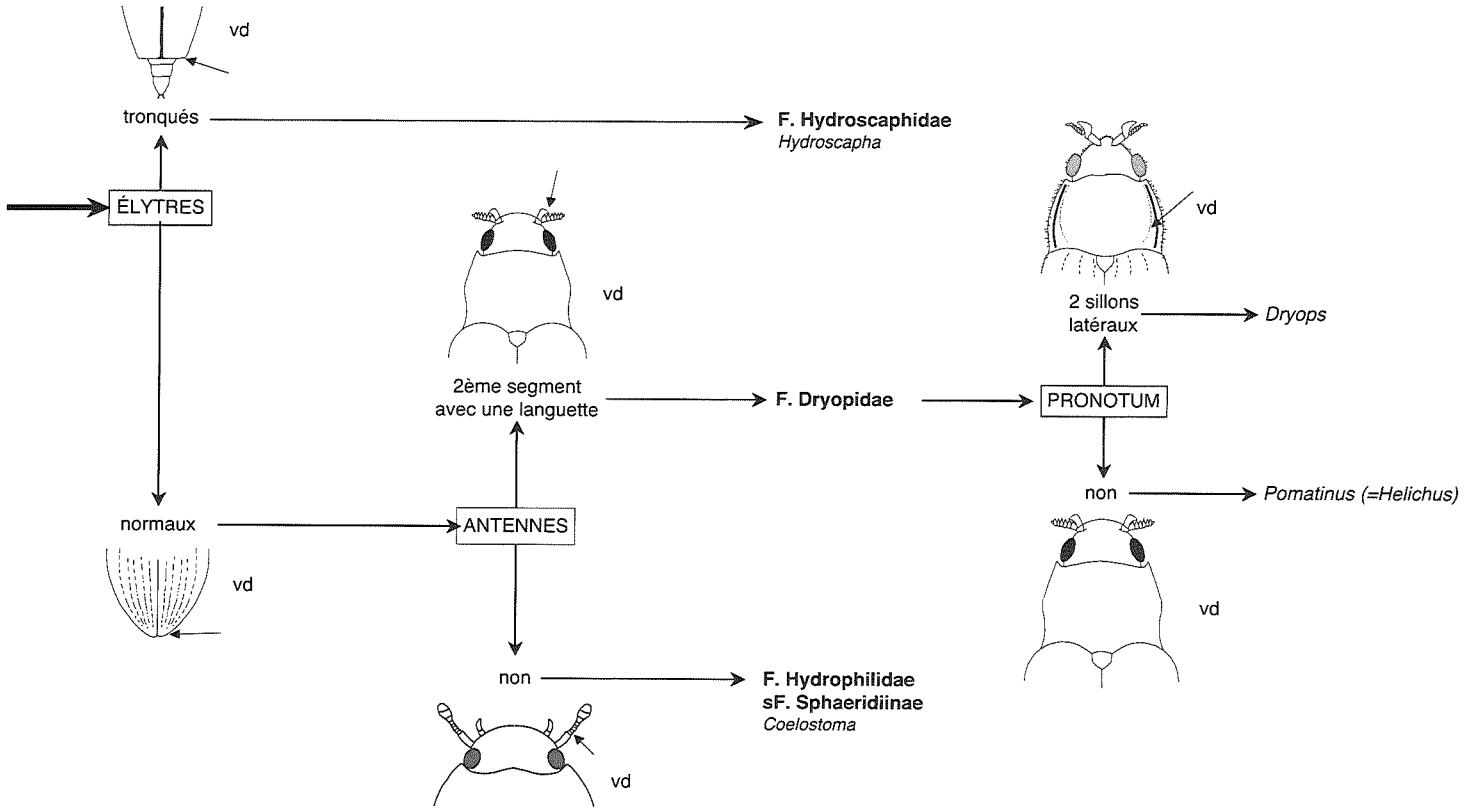
Coléoptères 3
17.C3

Coléoptères (adultes) 3



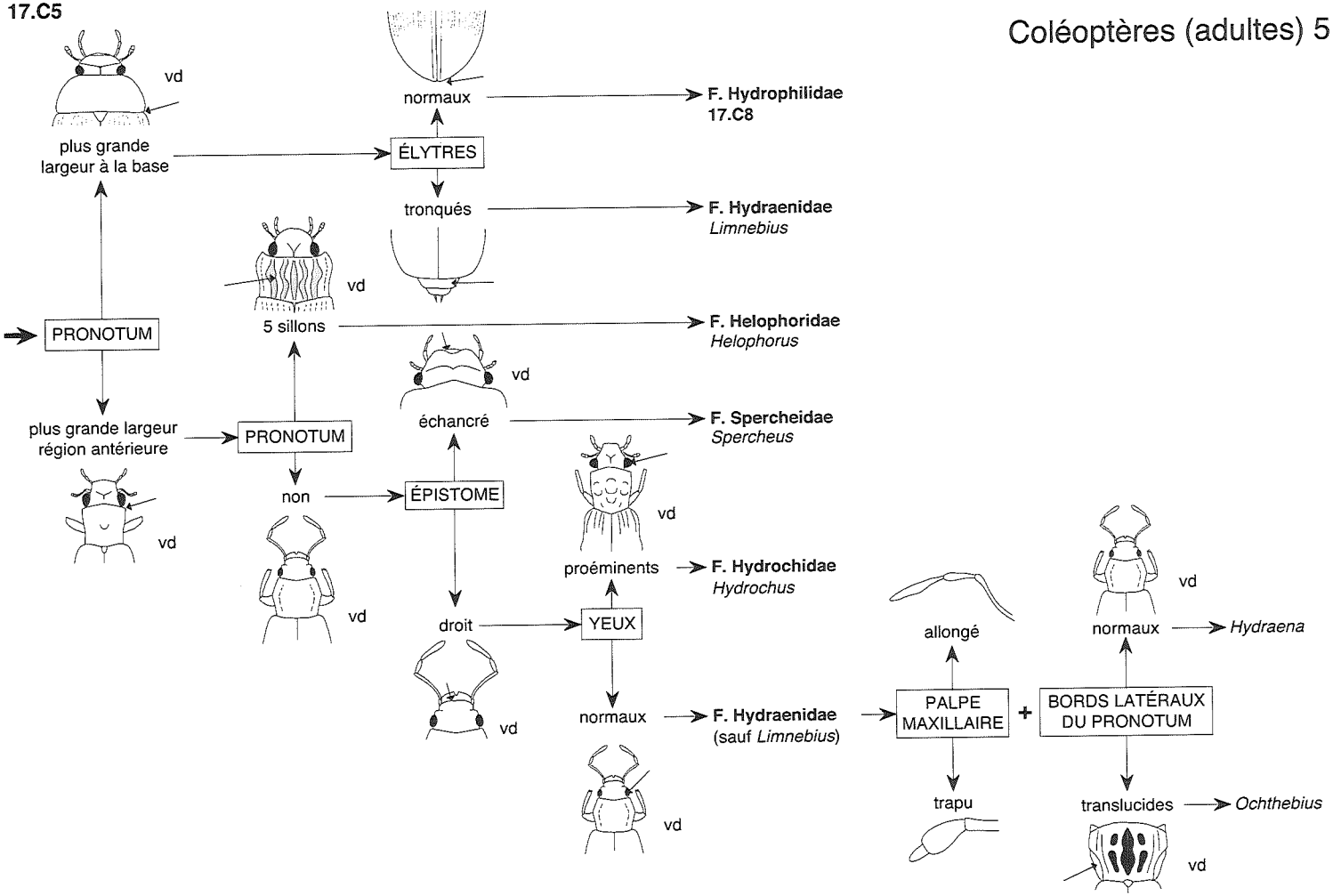
17.C4

Coléoptères (adultes) 4

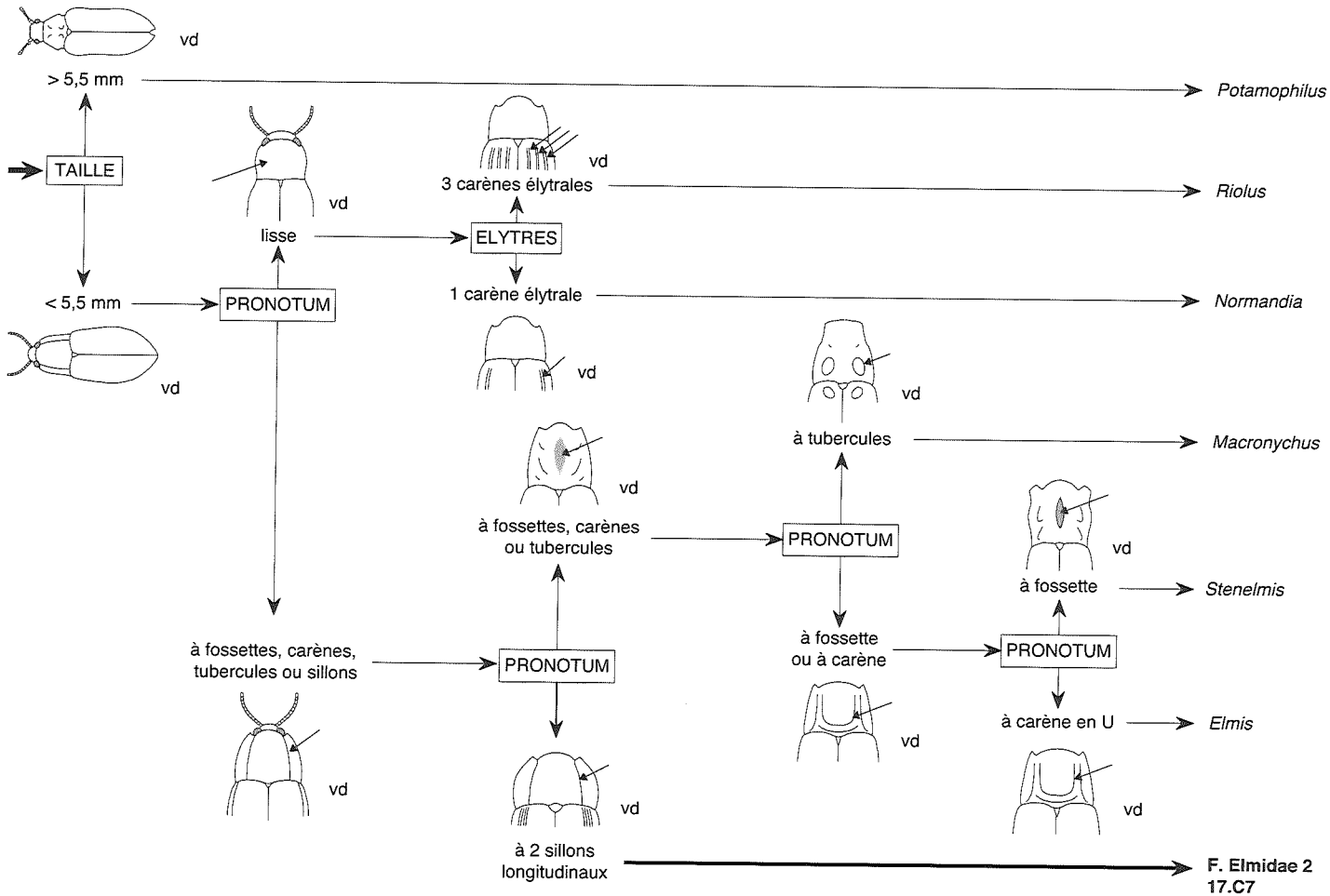


17.C5

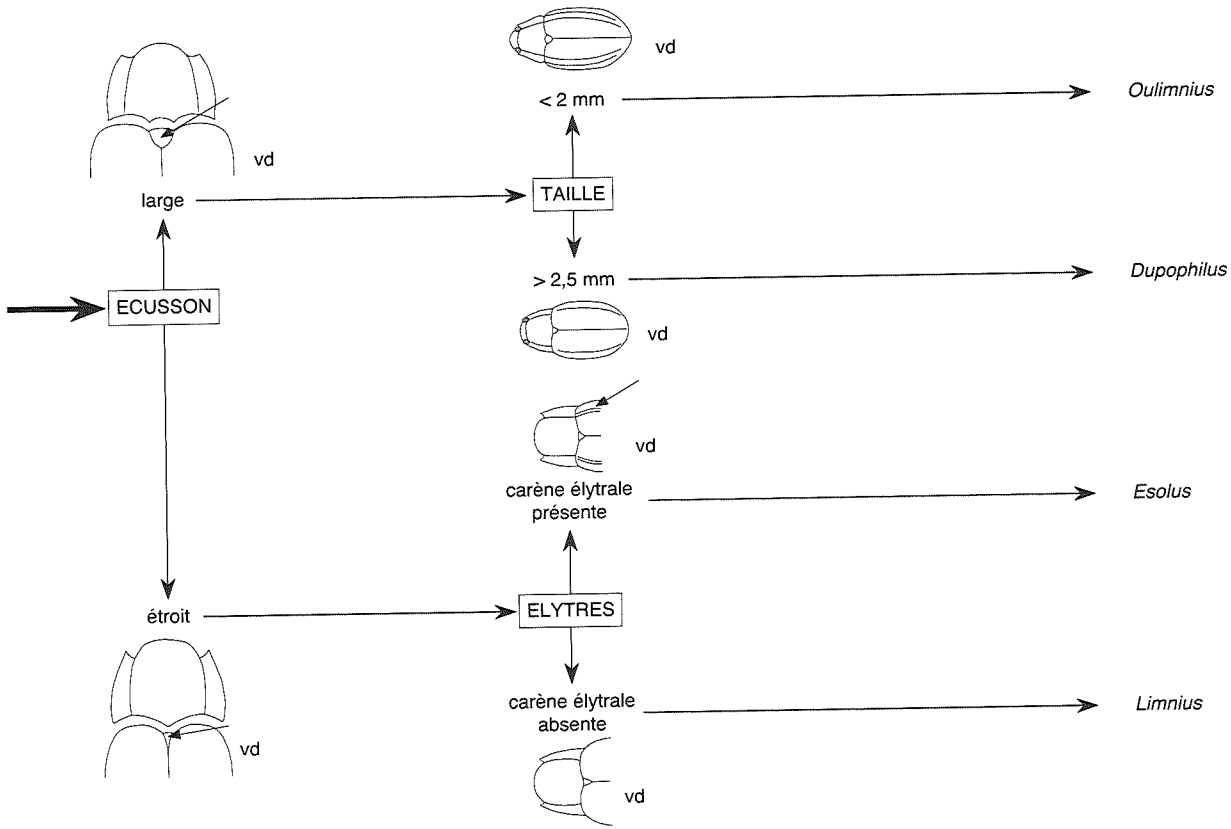
Coléoptères (adultes) 5



F. Elmidae (adultes)

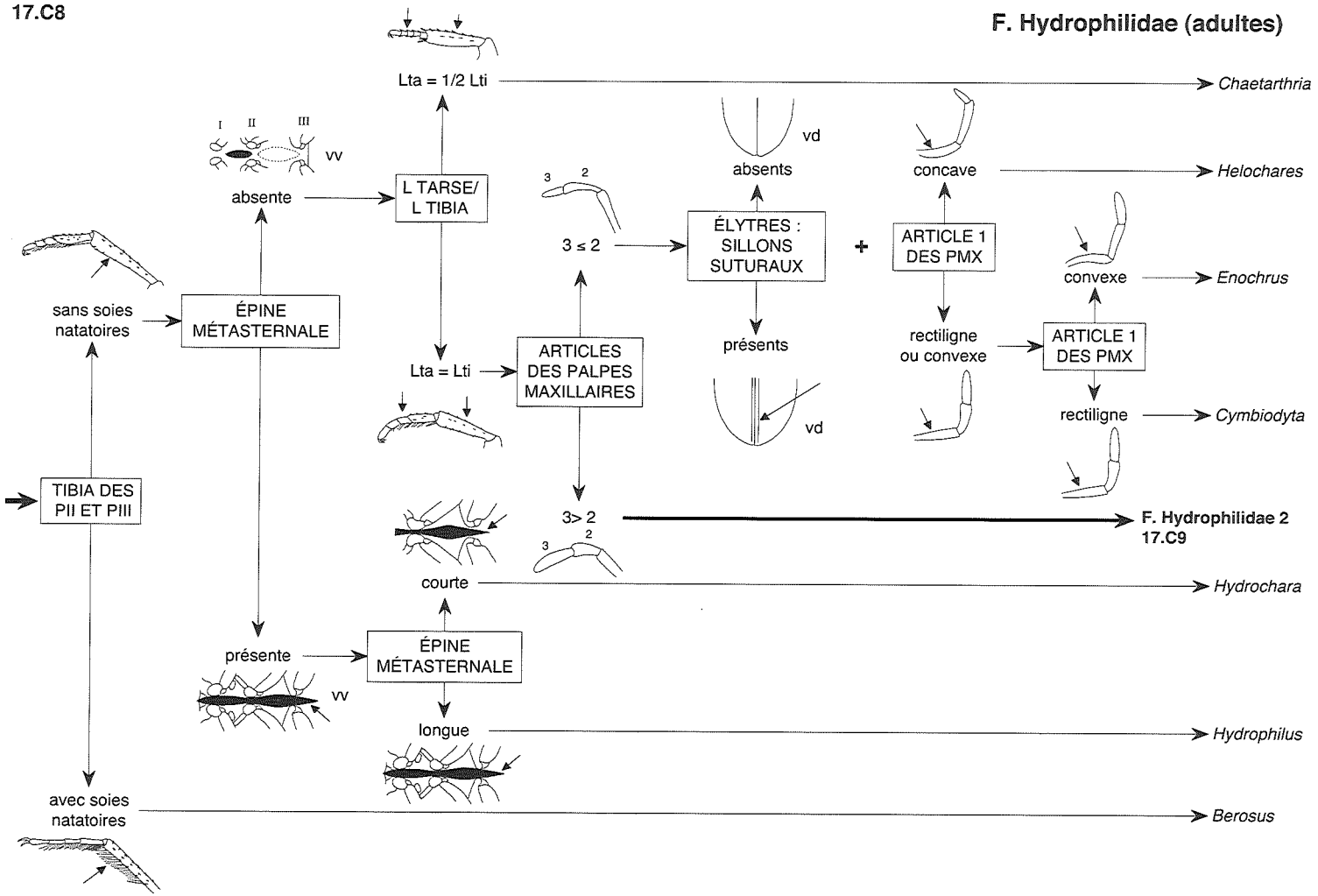


F. Elmidae (adultes) 2

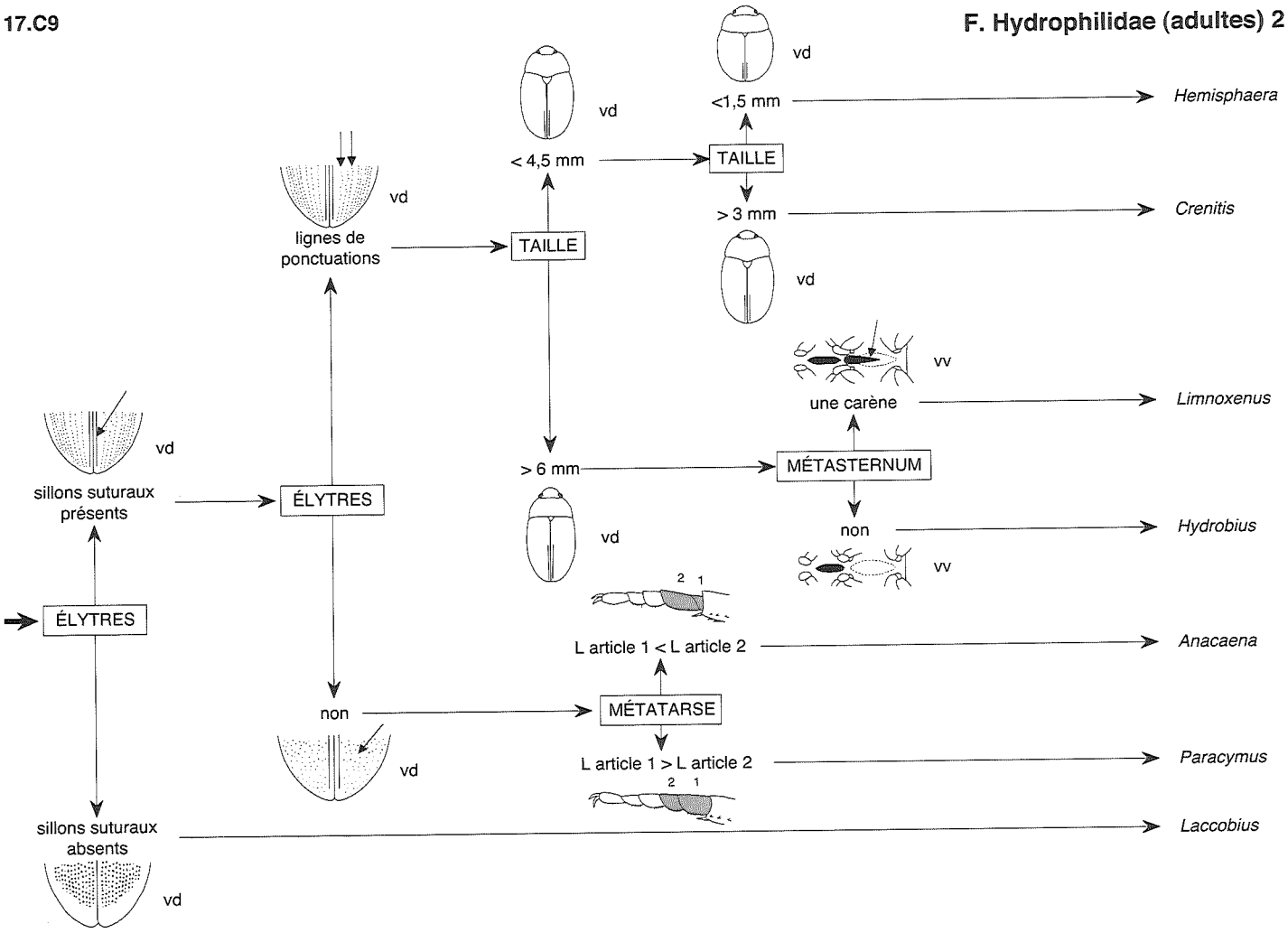


17.C8

F. Hydrophilidae (adultes)



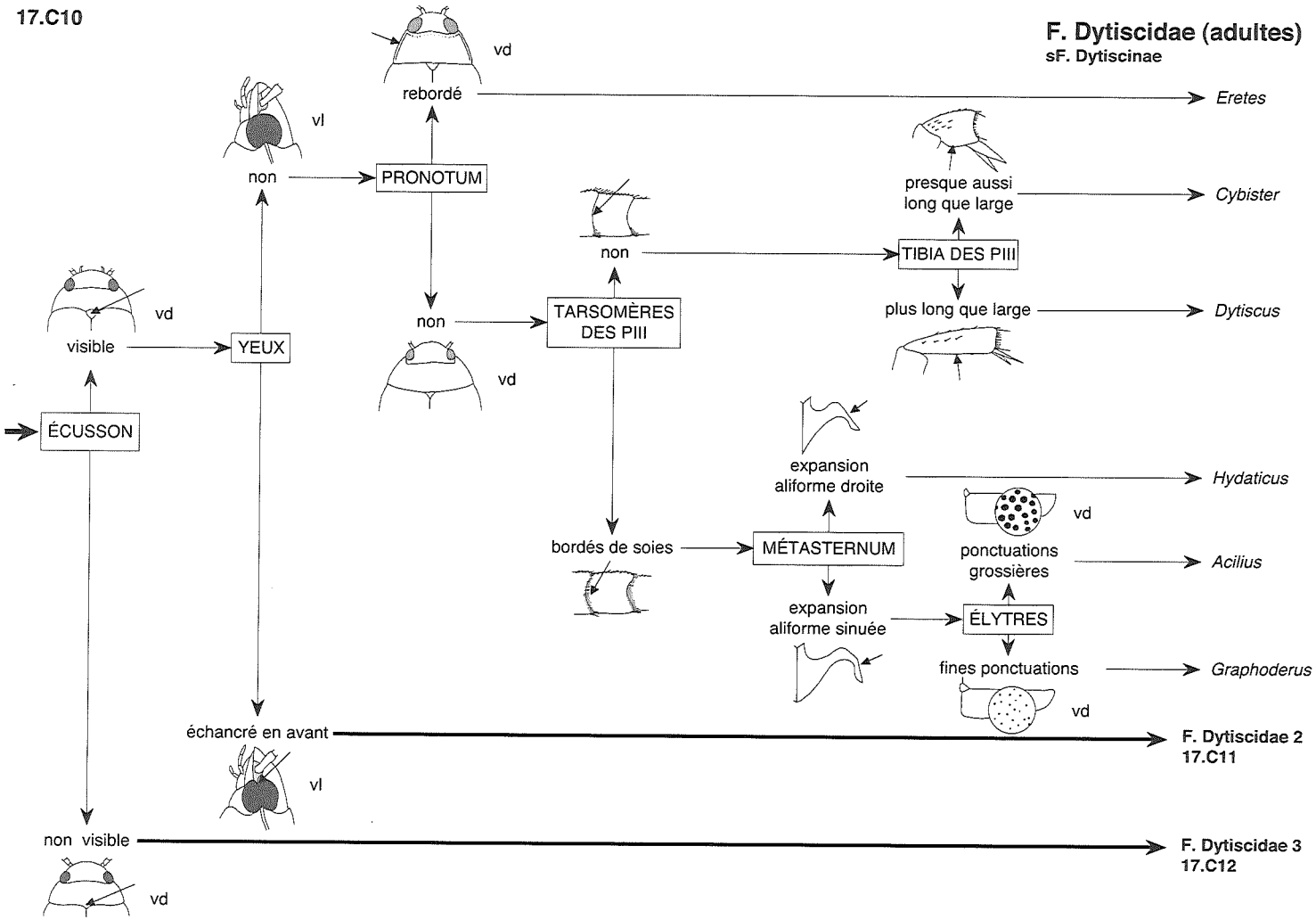
F. Hydrophilidae (adultes) 2



17.C10

F. Dytiscidae (adultes)

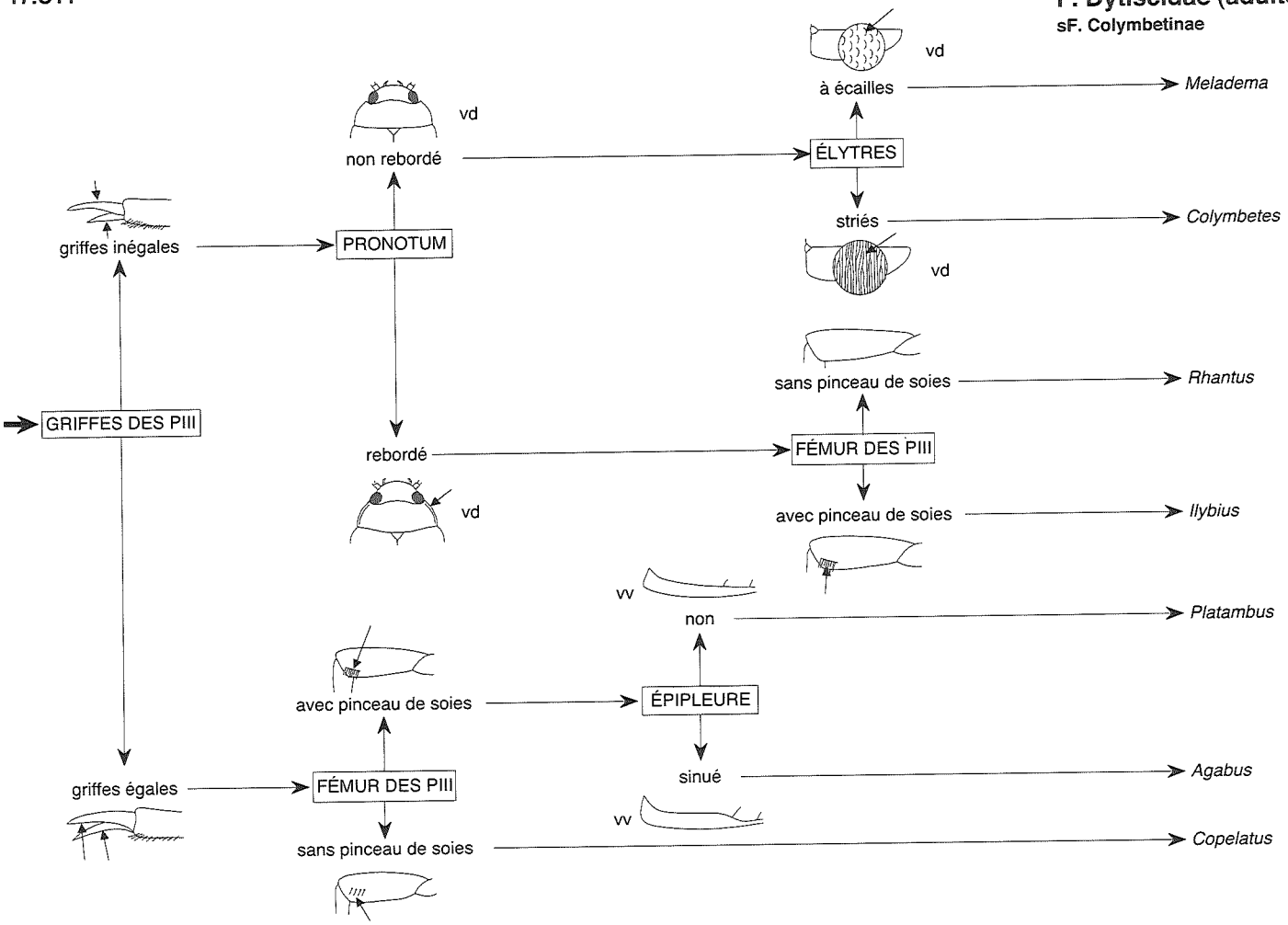
sF. Dytiscinae



17.C11

F. Dytiscidae (adultes) 2

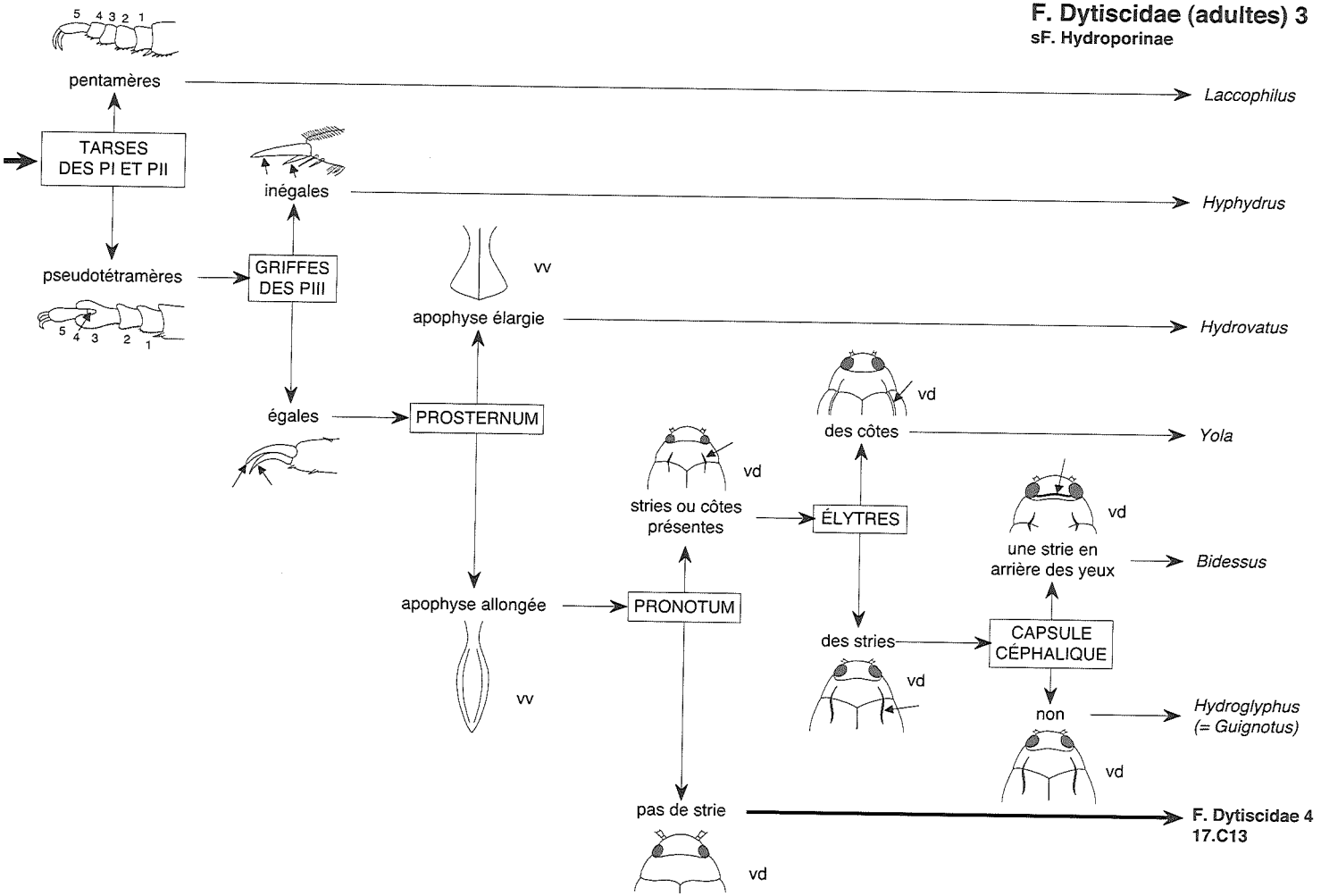
sF. Colymbetinae



17.C12

F. Dytiscidae (adultes) 3

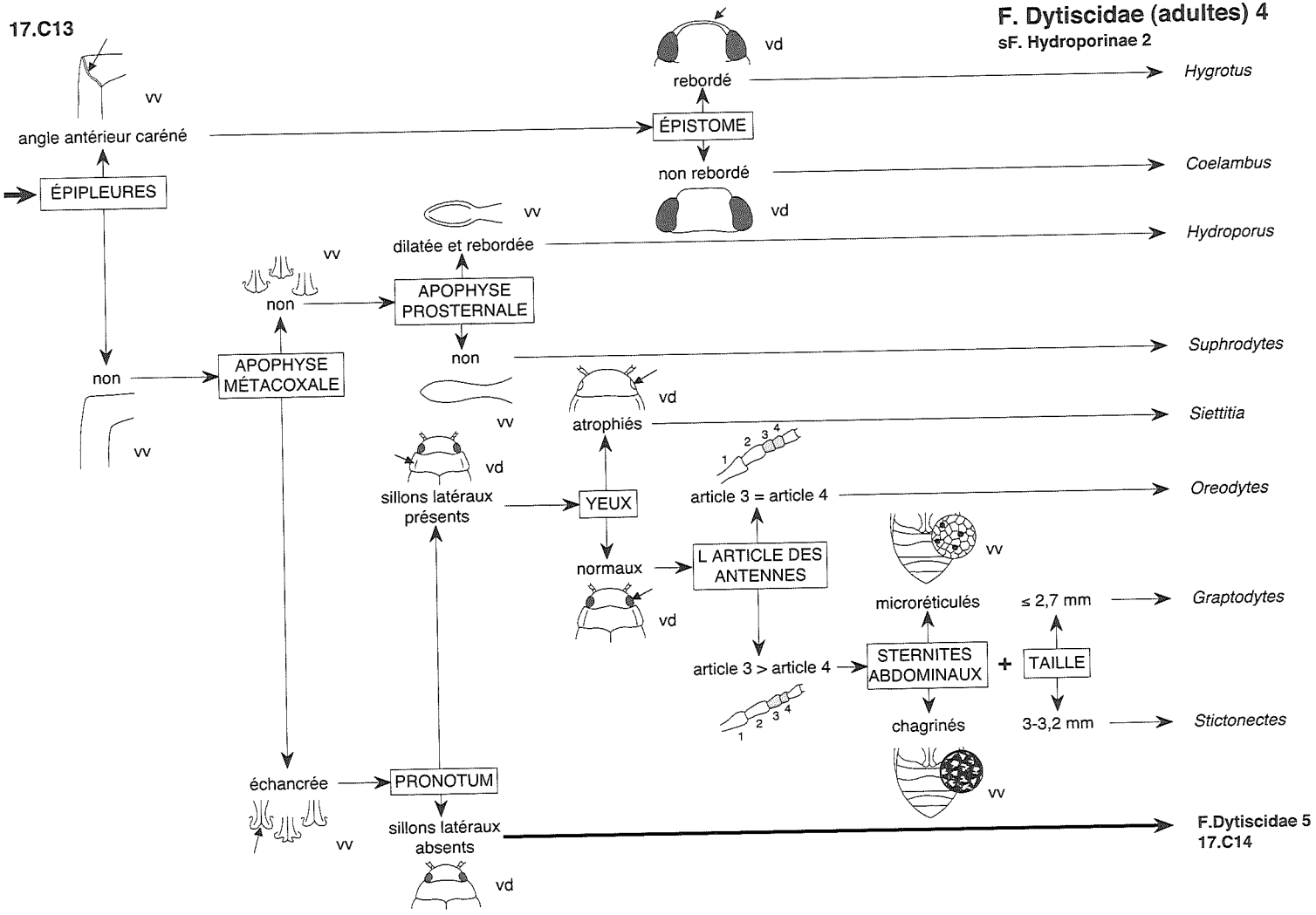
sF. Hydroporinae



17.C13

F. Dytiscidae (adultes) 4

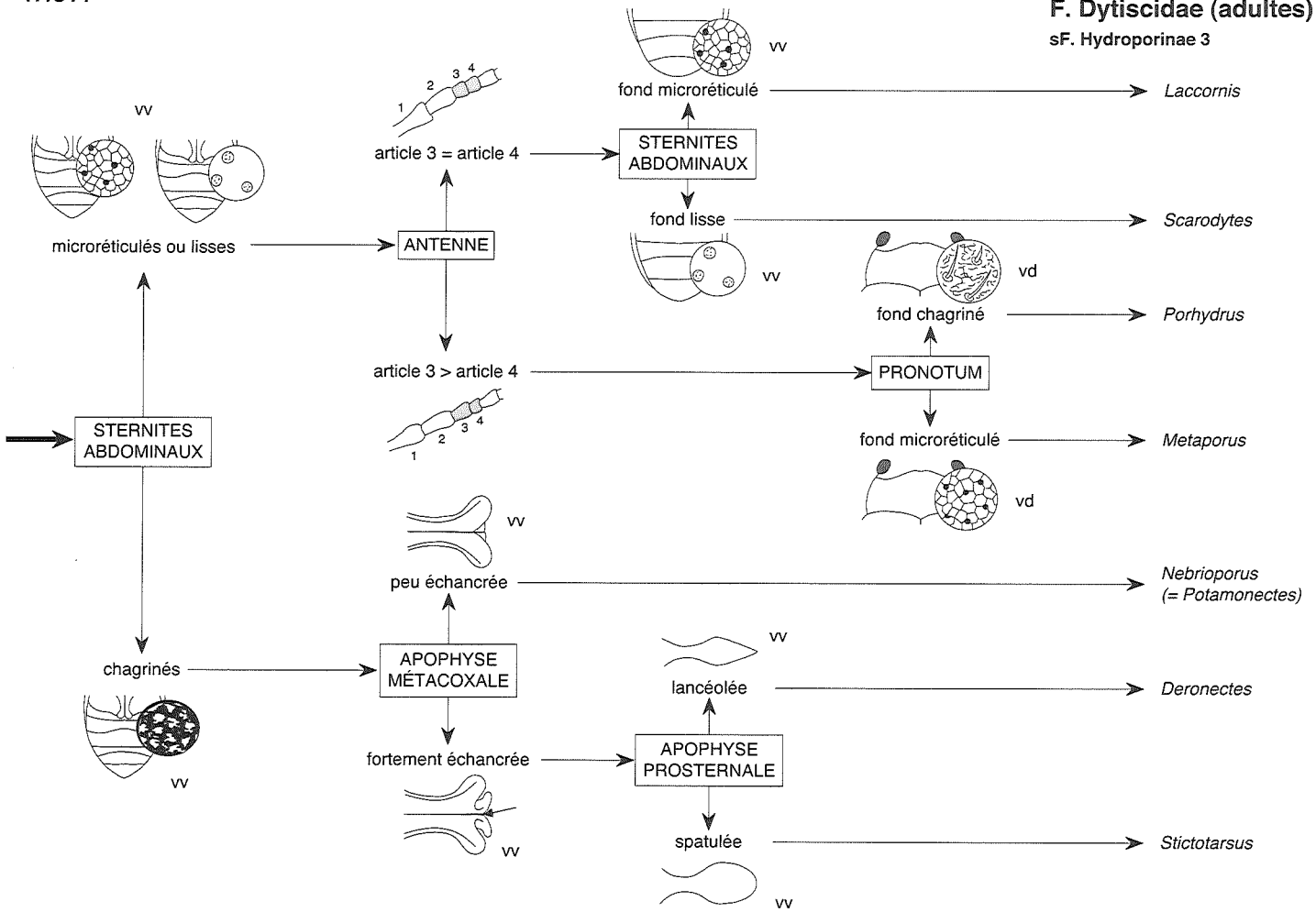
sF. Hydroporinae 2



F.Dytiscidae 5
17.C14

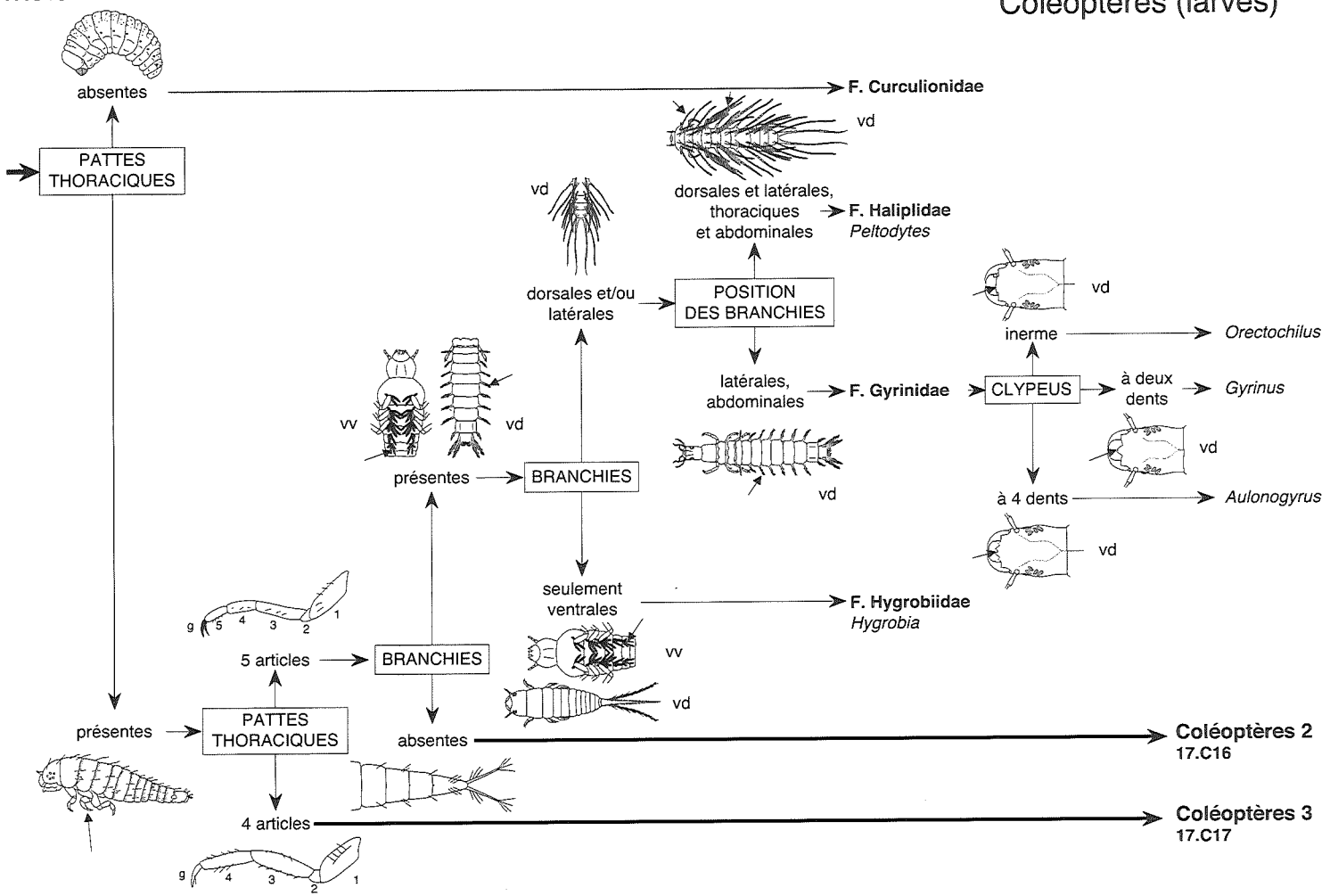
F. Dytiscidae (adultes) 5

sF. Hydroporinae 3

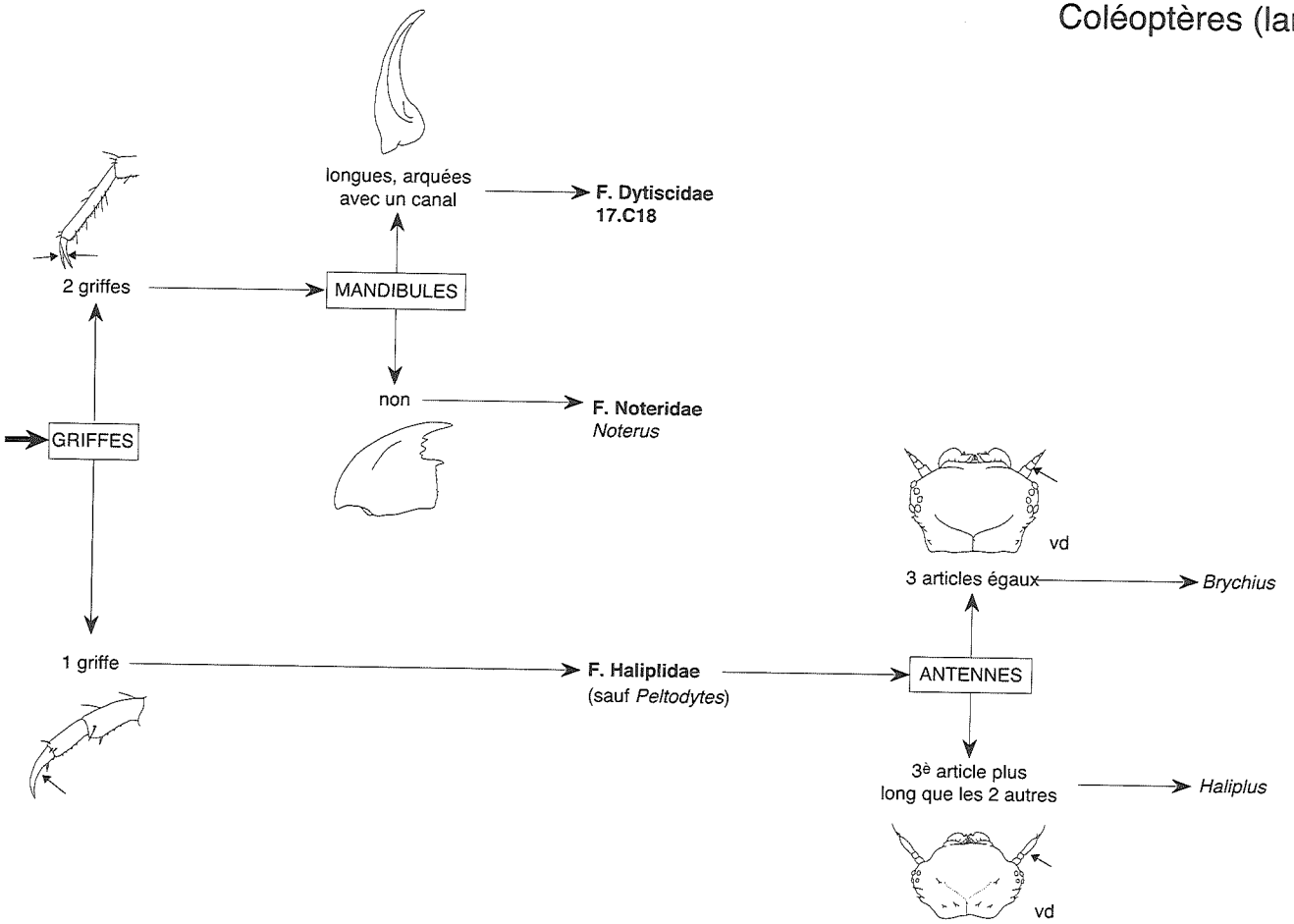


17.C15

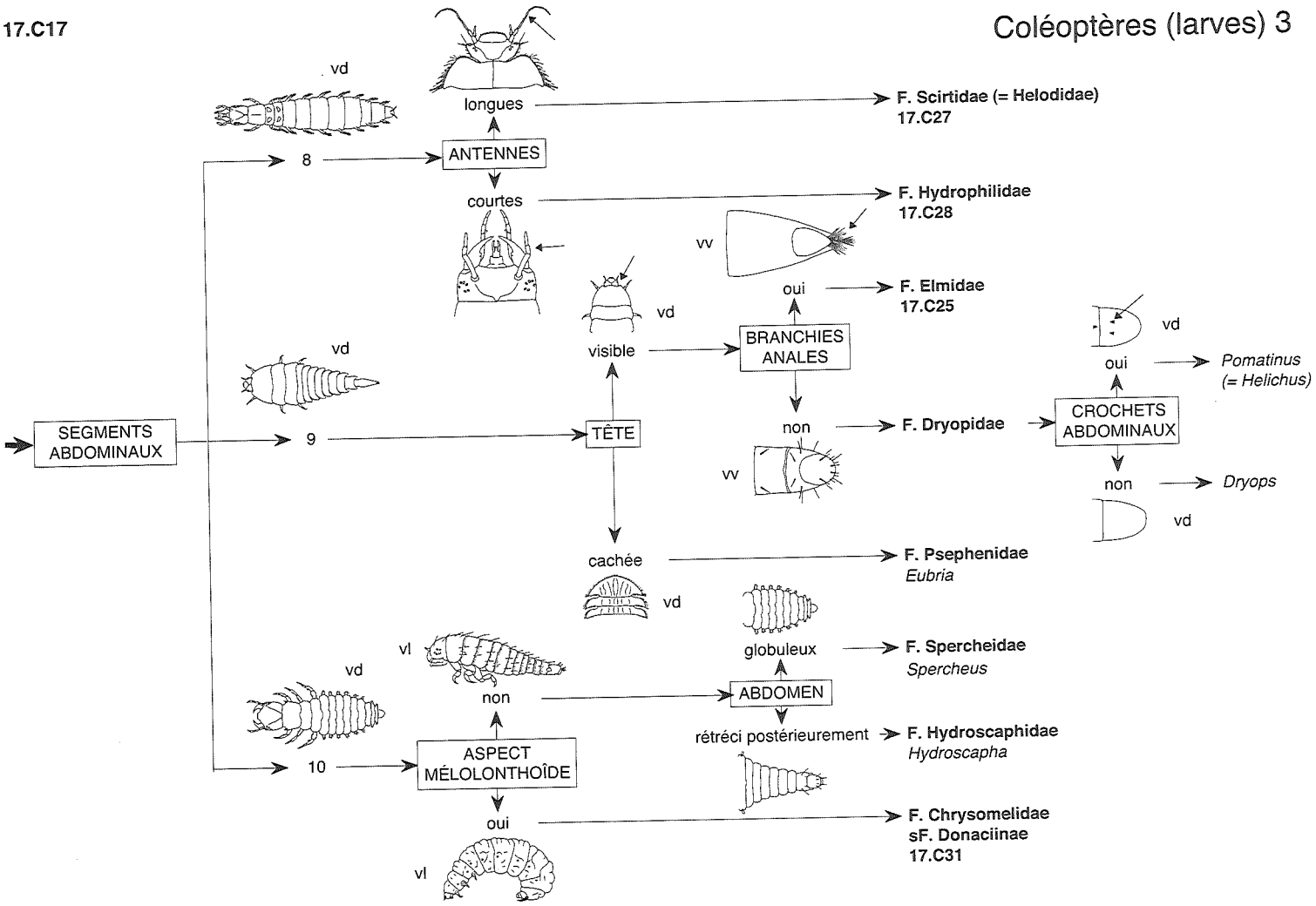
Coléoptères (larves)



Coléoptères (larves) 2

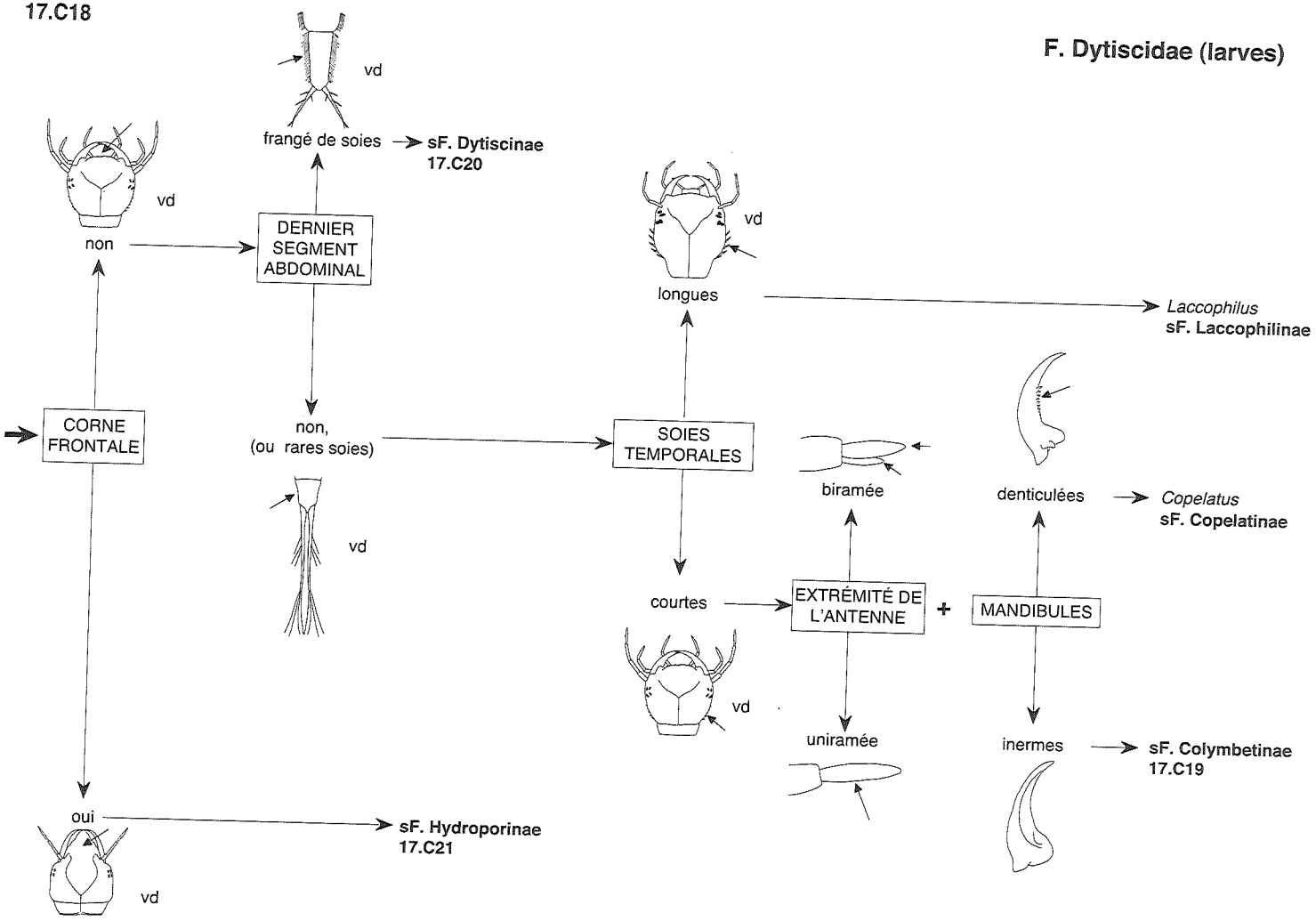


Coléoptères (larves) 3



17.C18

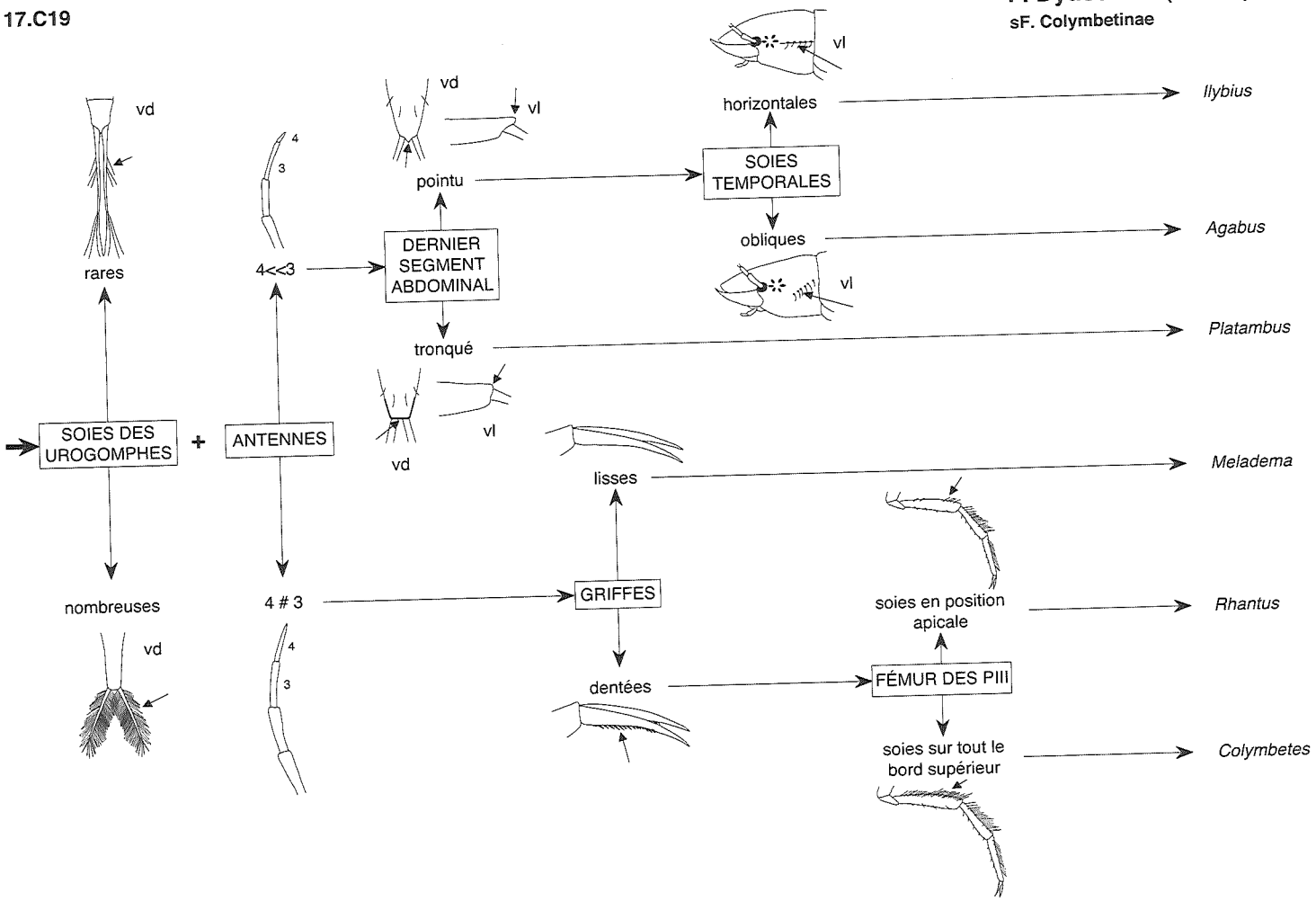
F. Dytiscidae (larves)



17.C19

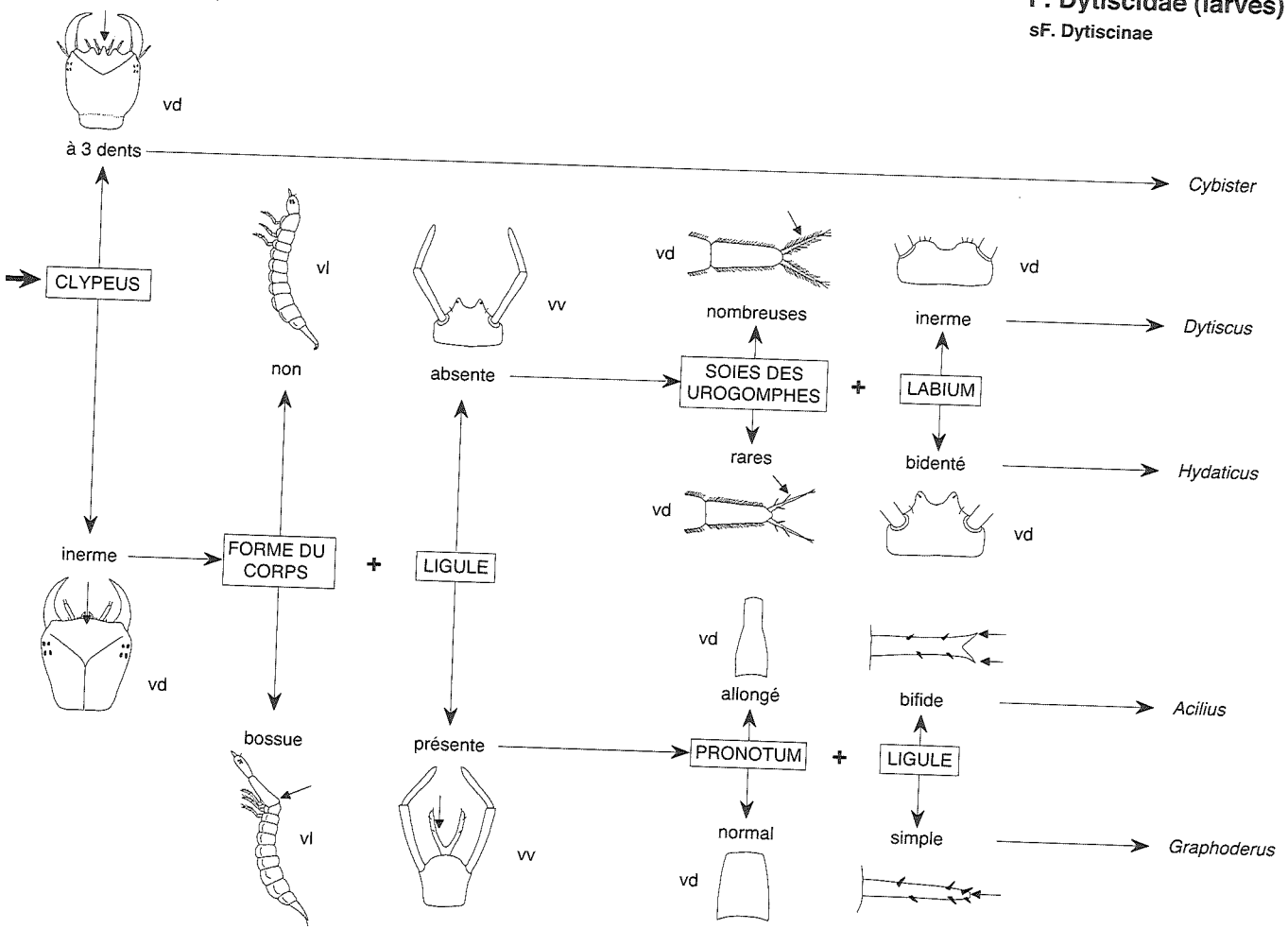
F. Dytiscidae (larves) 2

sF. Colymbetinae



F. Dytiscidae (larves) 3

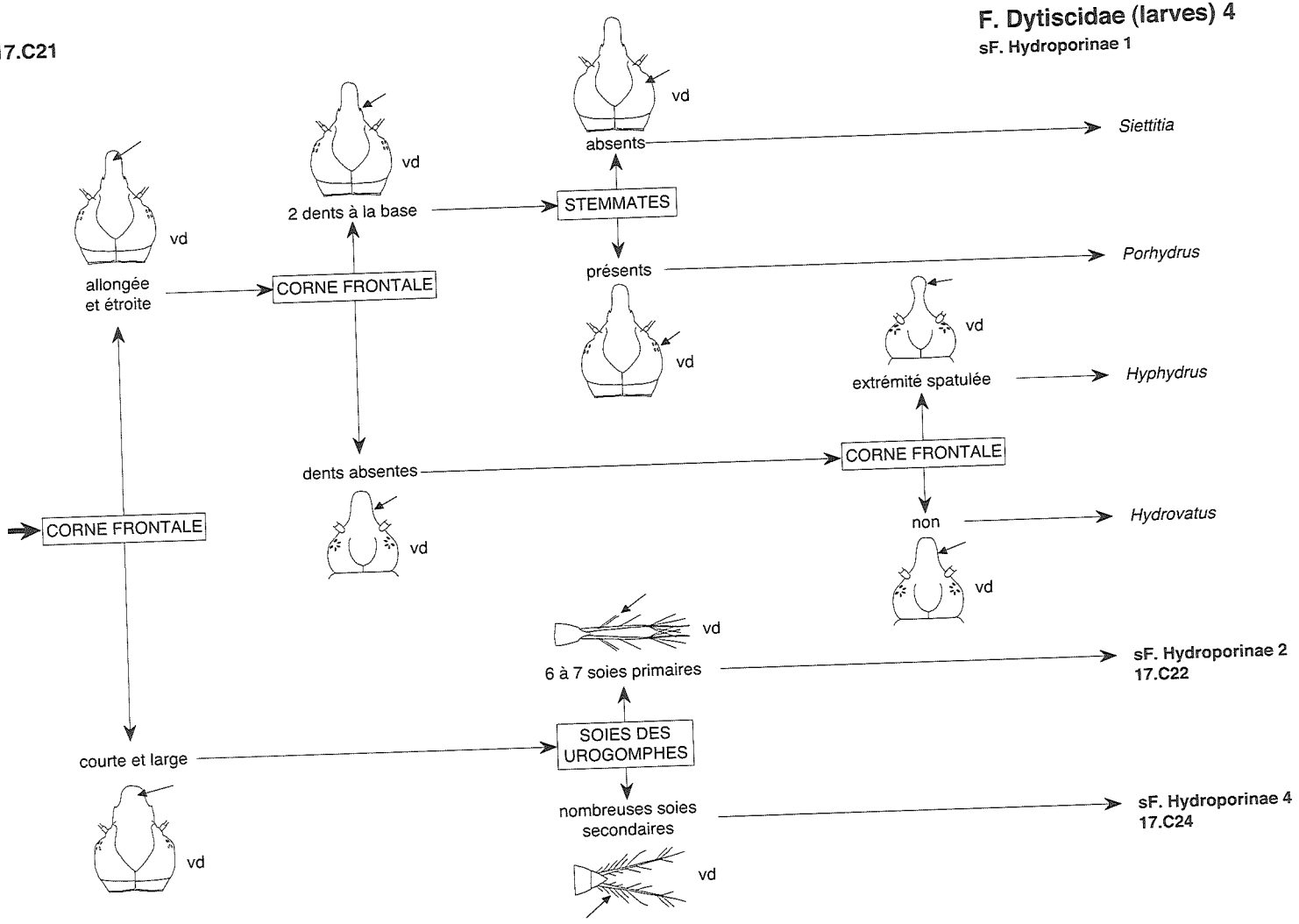
sF. Dytiscinae



17.C21

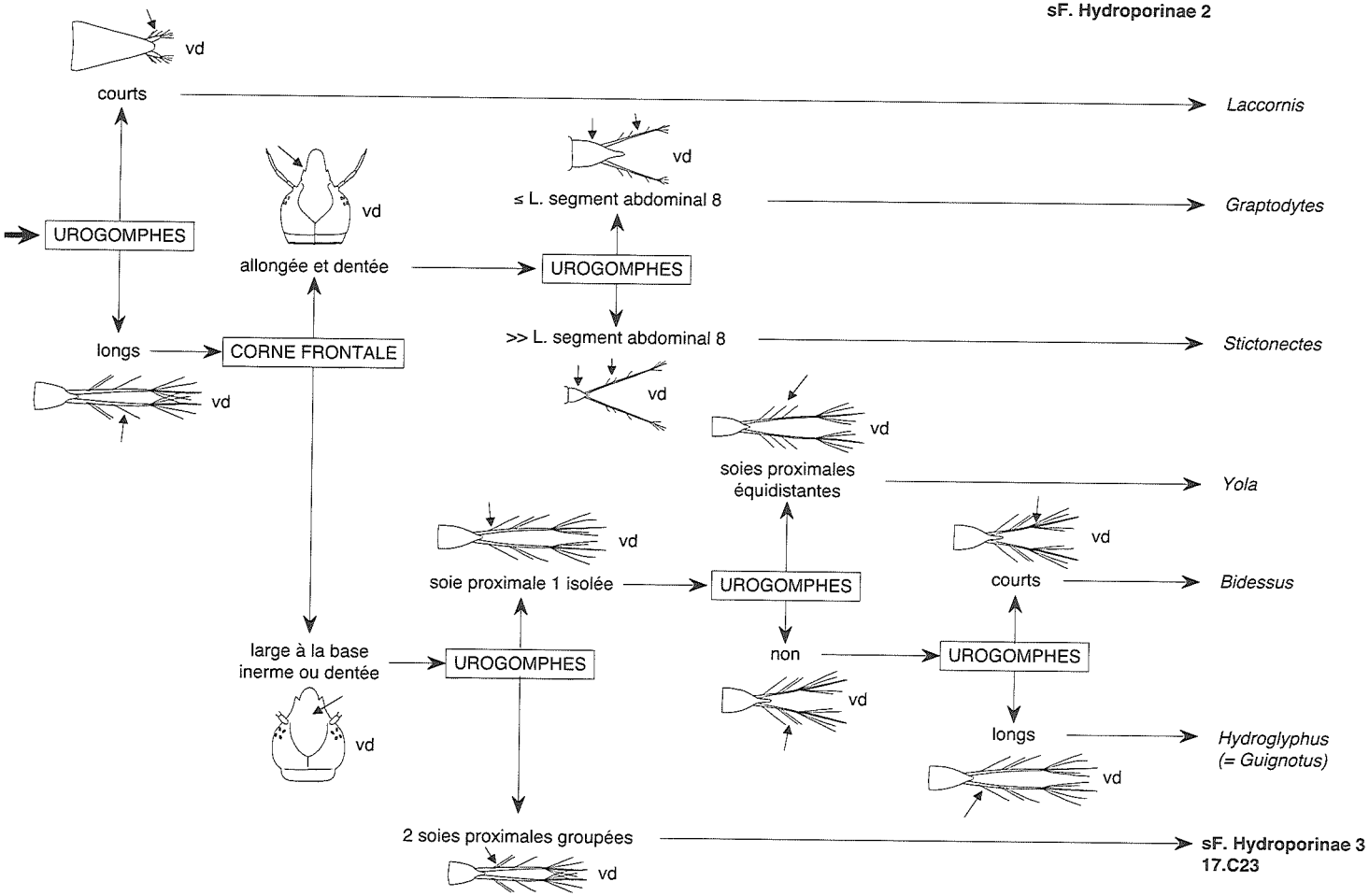
F. Dytiscidae (larves) 4

sF. Hydroporinae 1



F. Dytiscidae (larves) 5

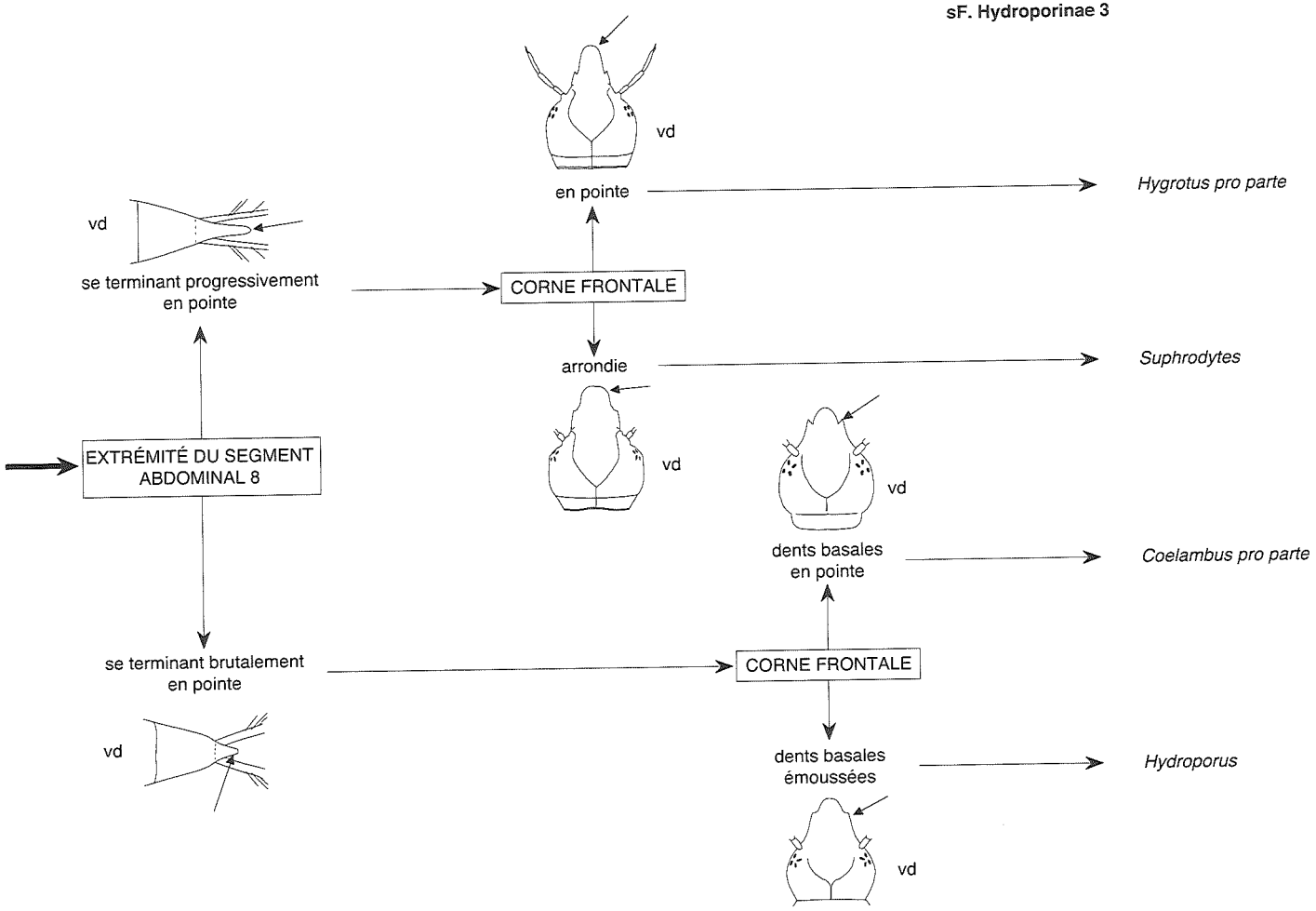
sF. Hydroporinae 2



17.C23

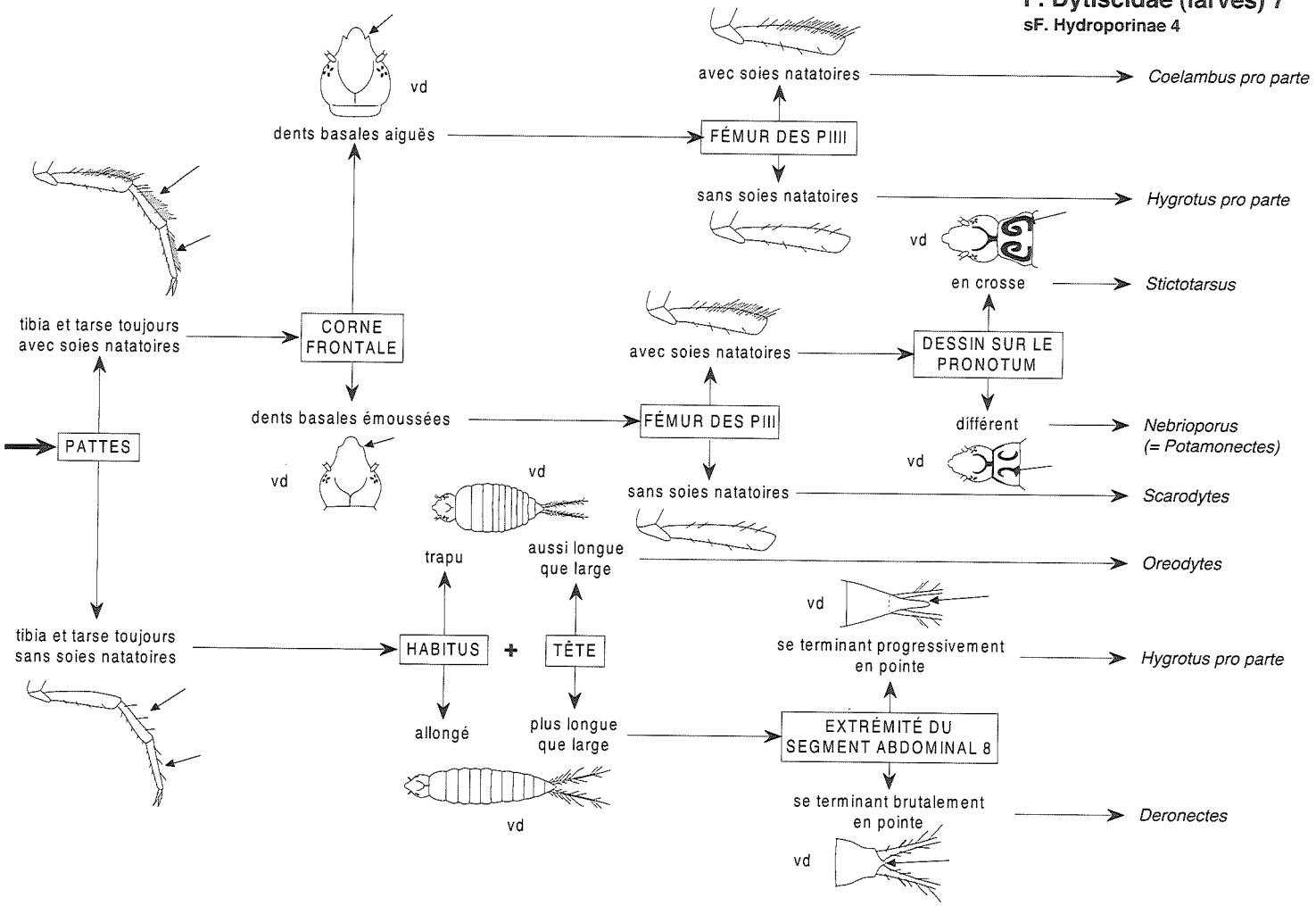
F. Dytiscidae (larves) 6

sF. Hydroporinae 3

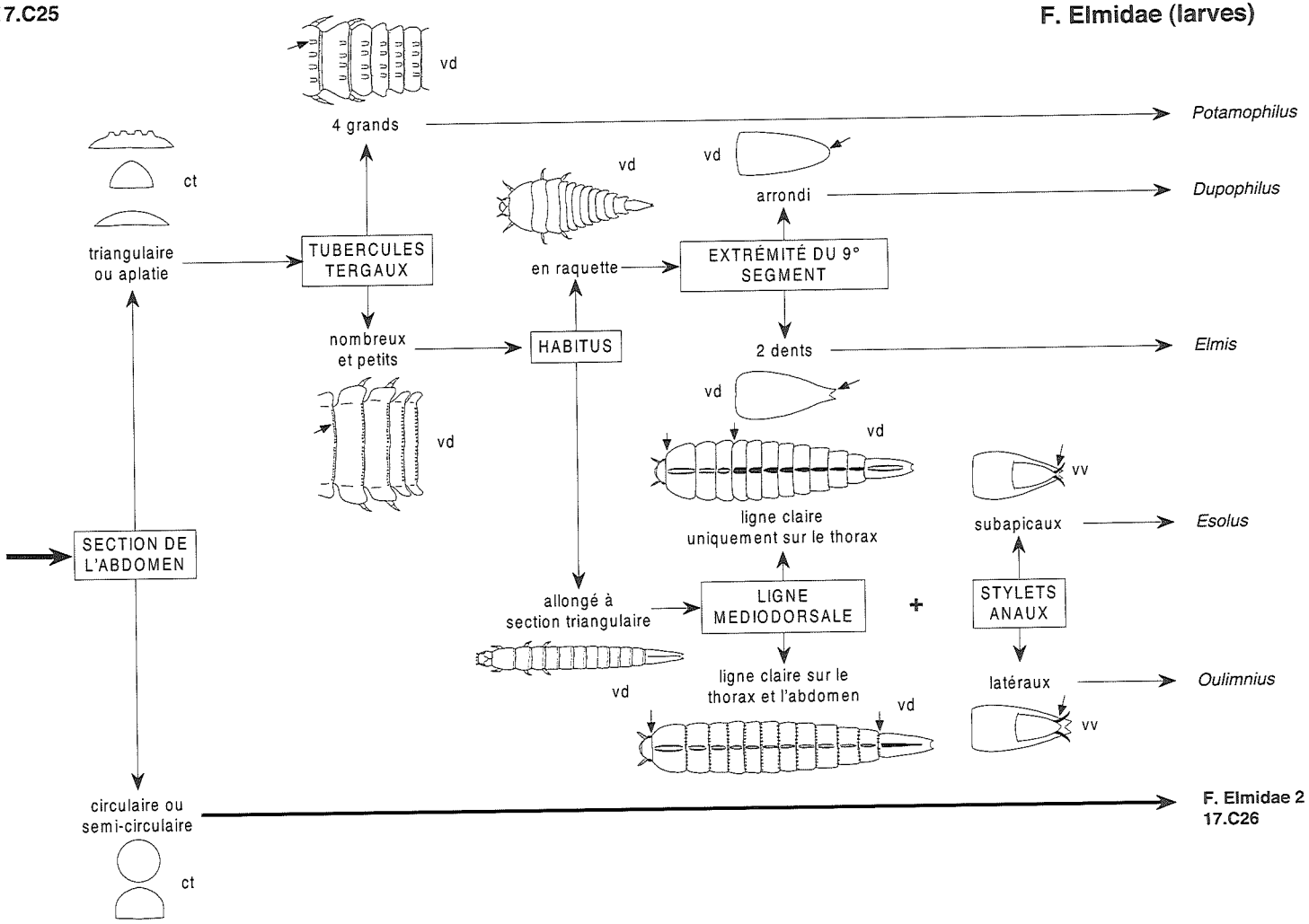


F. Dytiscidae (larves) 7

sF. Hydroporinae 4



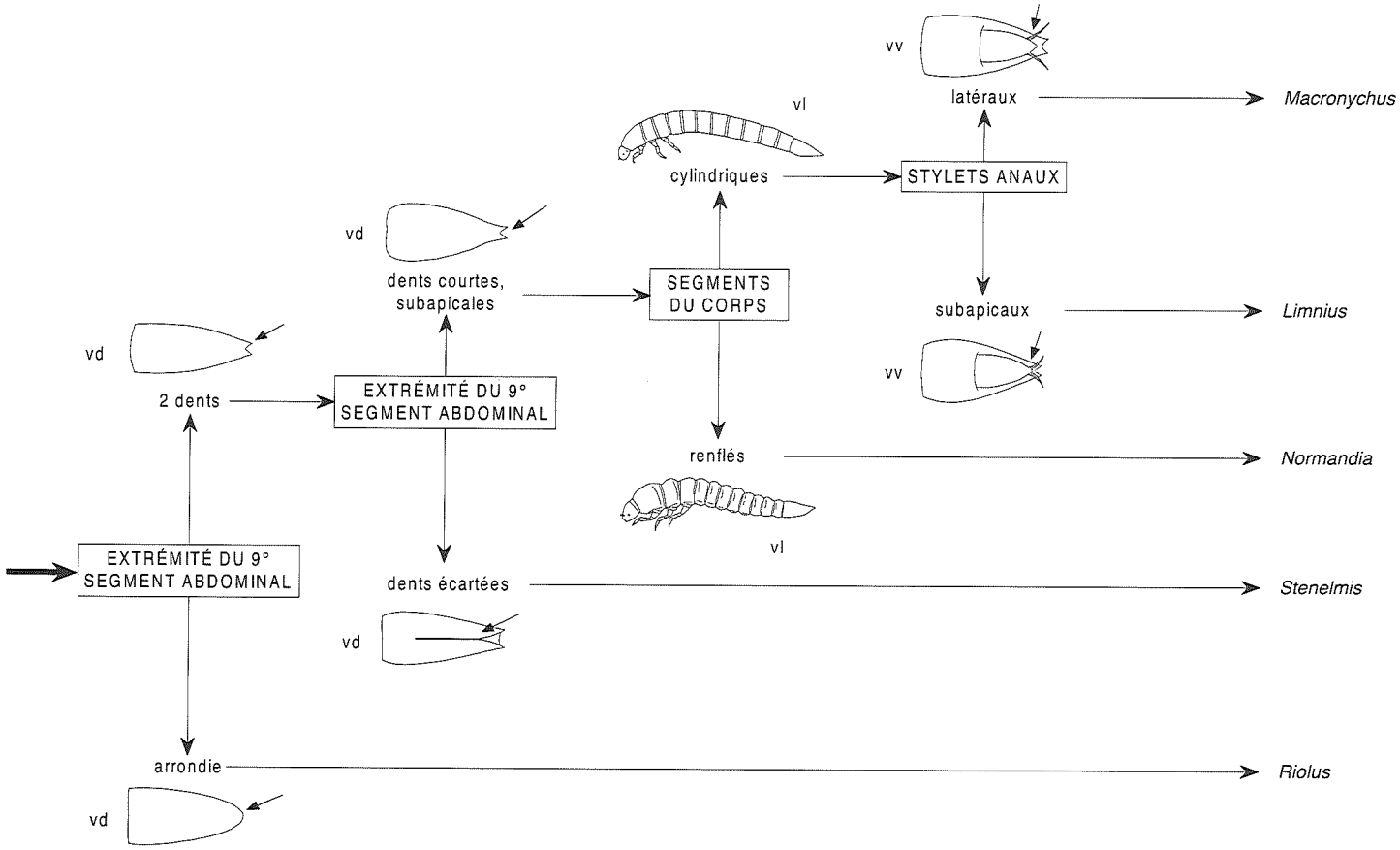
F. Elmidae (larves)



F. Elmidae 2
17.C26

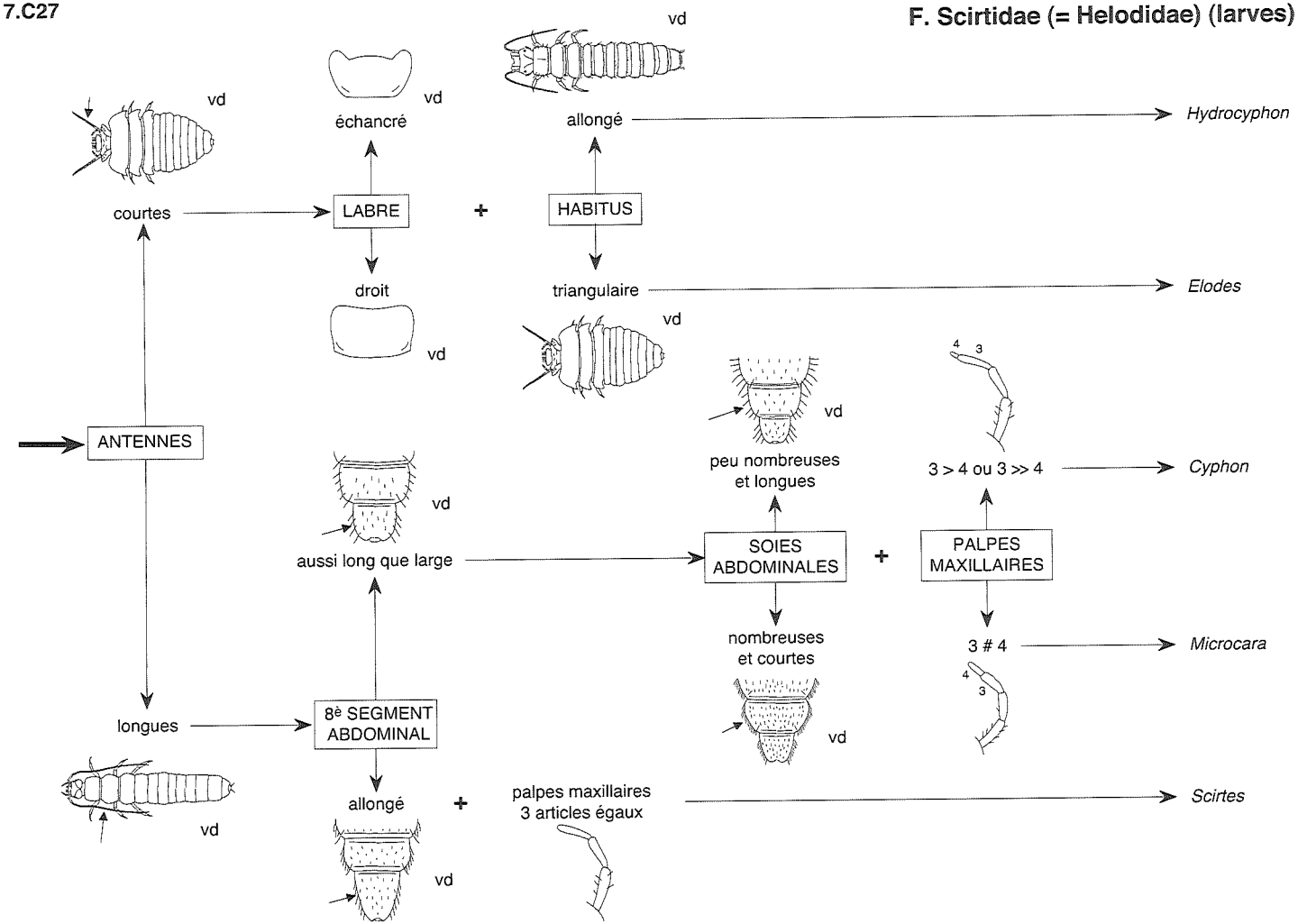
17.C26

F. Elmidae (larves) 2



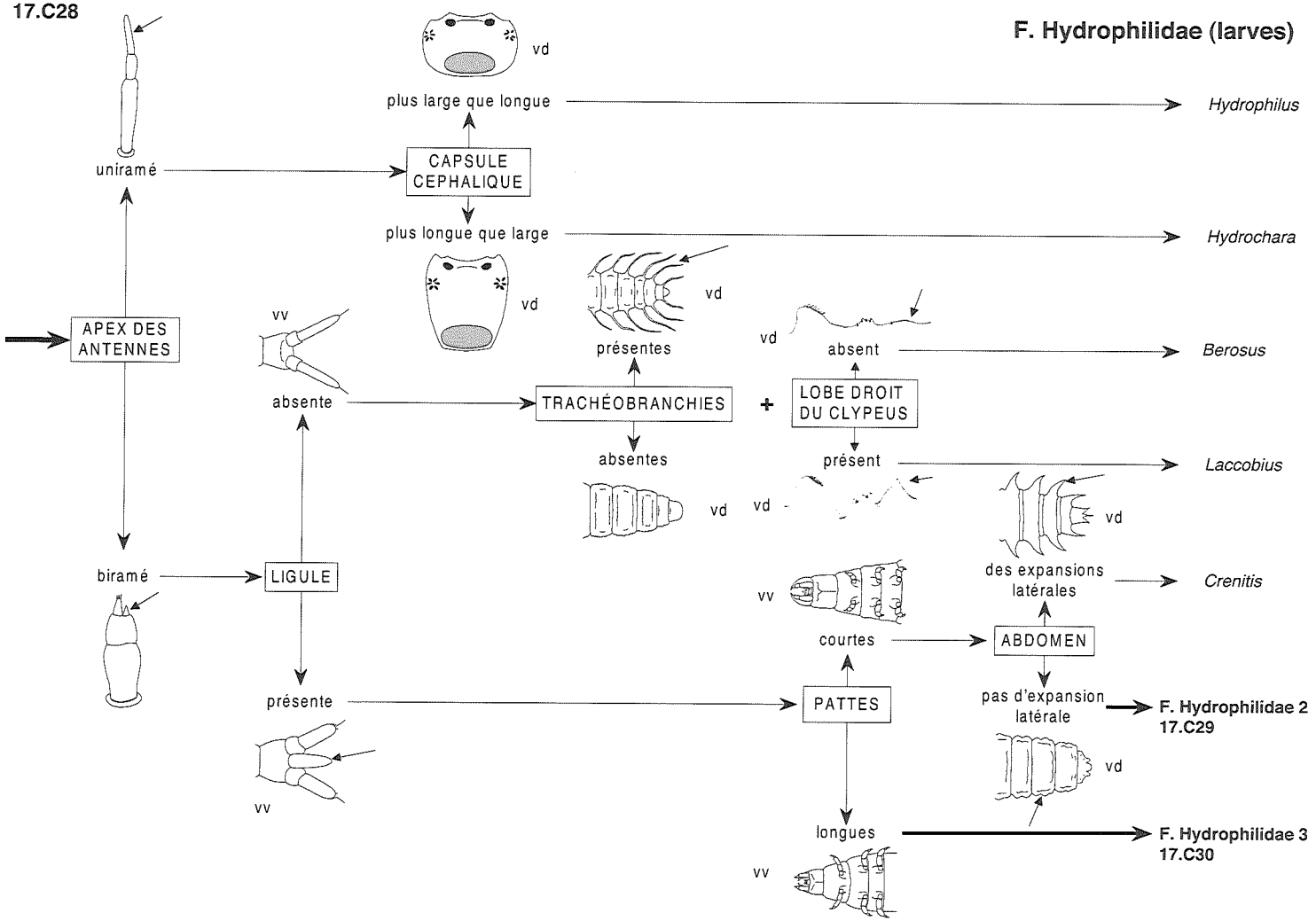
17.C27

F. Scirtidae (= Helodidae) (larves)

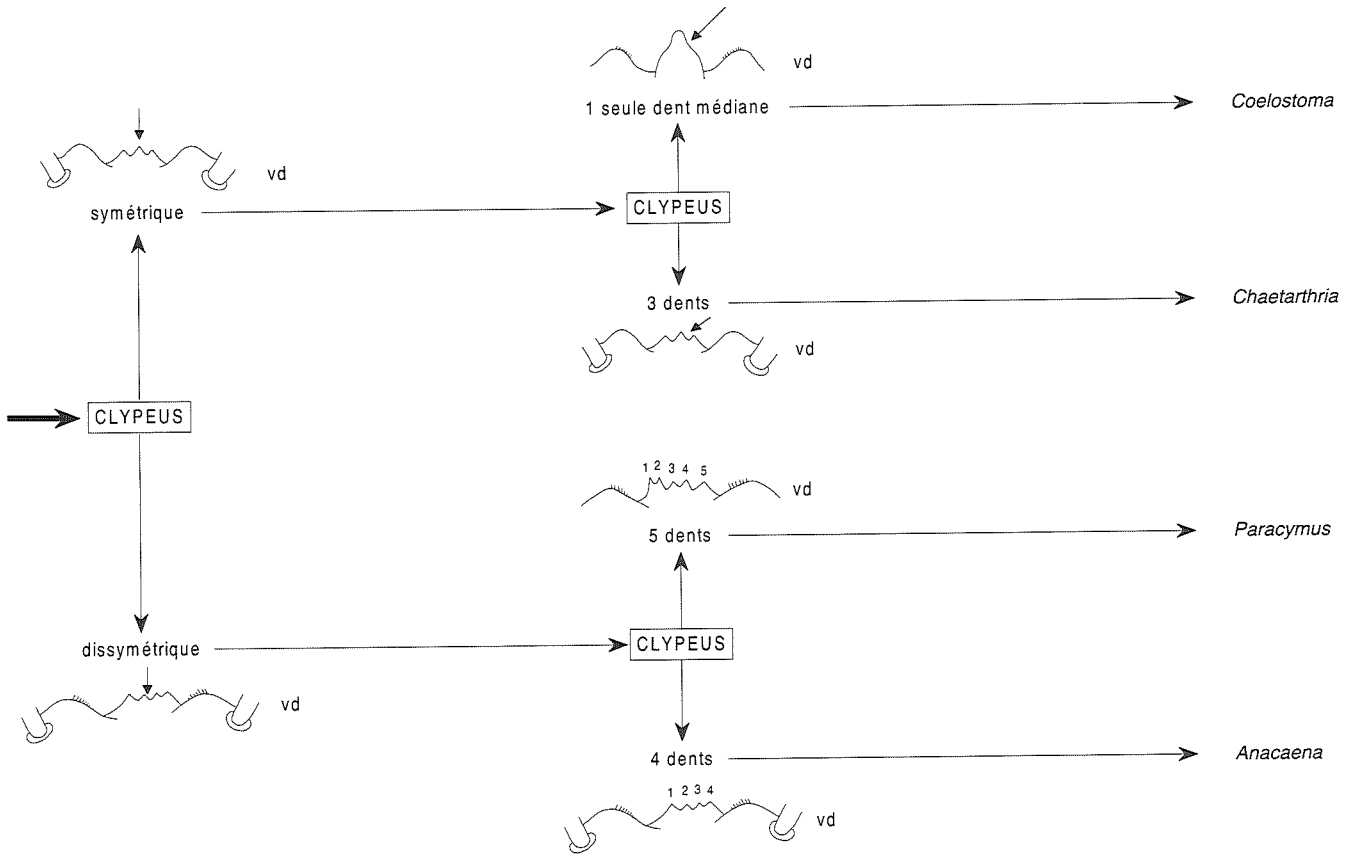


17.C28

F. Hydrophilidae (larves)

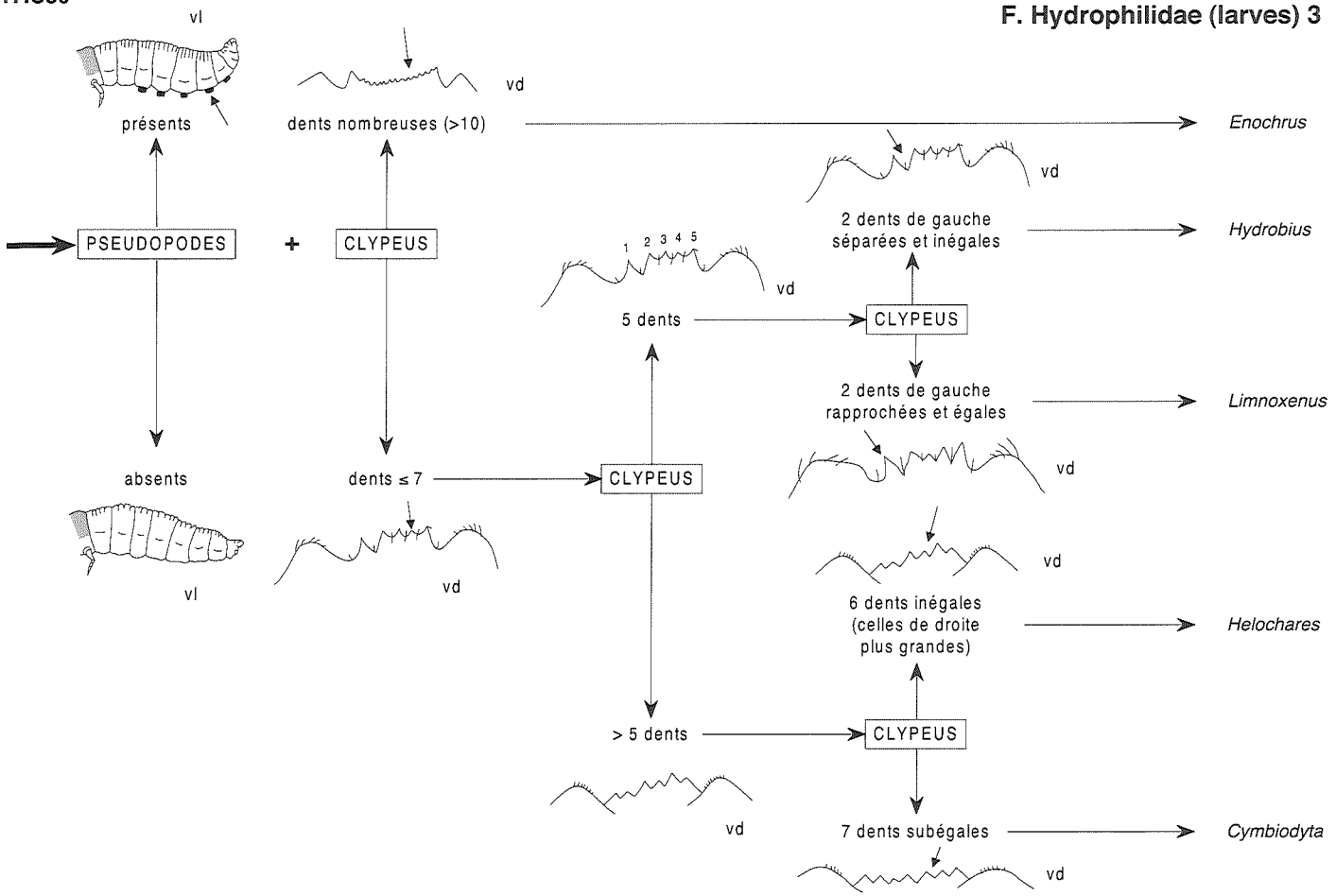


F. Hydrophilidae (larves) 2



17.C30

F. Hydrophilidae (larves) 3



17.C31

sF. Donaciinae (larves)

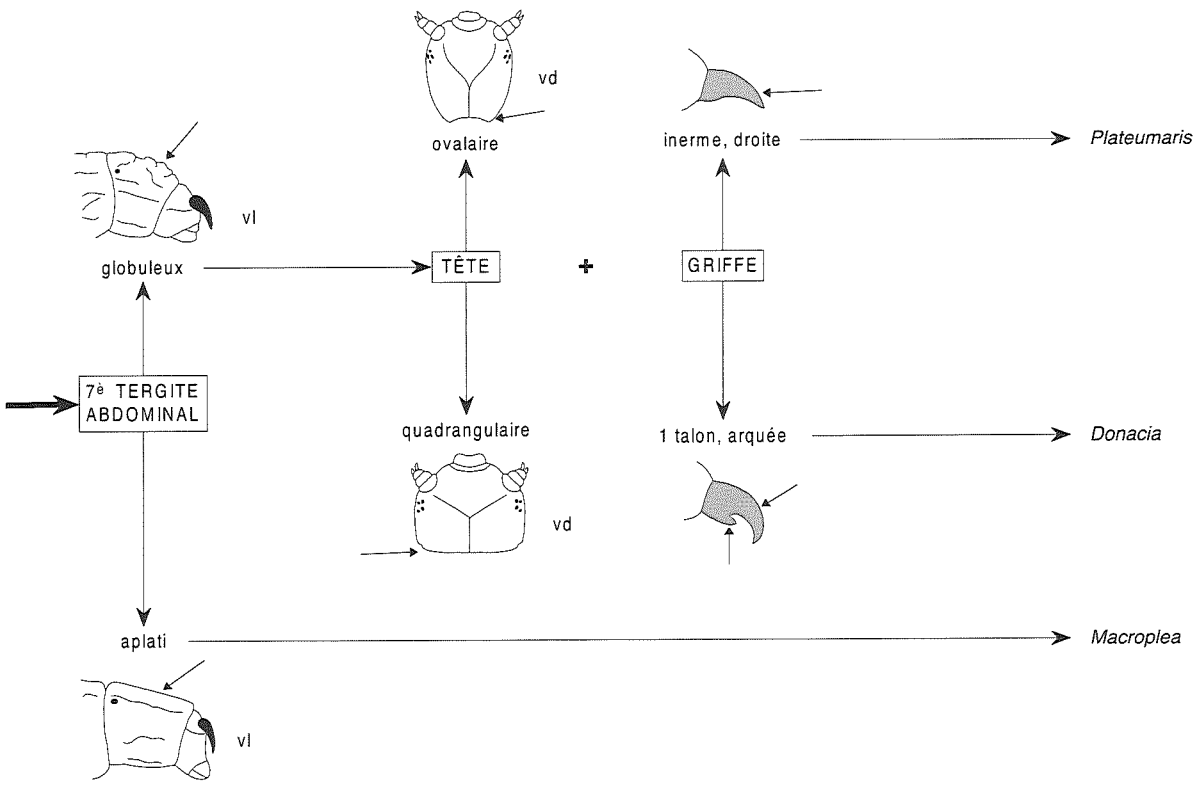


Tableau 17.T1 - Traits biologiques, physiologiques et écologiques : Coléoptères (de Acilius à Hydroporus)

Traits N°	1						2		3		4				5					6			7		
Modalités N°	1	2	3	4	5	6	1	2	2	3	1	2	3	4	3	4	5	6	7	1	2	4	2	3	5
Acilius				3				3	3		3	3		2		3					1	3			3
Agabus			3	2				3	3	1	3	3		2		3		1		1	1	3			3
Anacaena		3					1	3	3	1	3	3		2		3					1	3			3
Aulonogyrus			3				1	3	3		3	3		2		3					2	3			3
Berosus		2	2				1	3	3	1	3	3		2				3			1	3		3	
Bidessus		3					1	3	1	3	3	3		2		3				1	1	3			3
Brychius elevatus		3					1	3	1	3	3	3		2		3				2	1	3			3
Chaetarthria seminulum		3					1		3	1	3	3		2		3					1	3			3
Coelambus		3					1	3	1	3	3	3		2		3					1	3			3
Colymbetes				3				3	3		3	3		2		3					1	3			3
Copelatus			3					3	3	1	3	3		2				3			1	3			3
Crenitis punctatostriata		3					1	3	3	1	3	3		2		3					1	3			3
Cybister laterallmarginalis					3			3	3		3	3		2				3			1	3			3
Cymbiodyta marginella		3					1	3	3	1	3	3		2		3					1	3			3
Cyphon		3					1	3	3		3	3							3		1	3			3
Deronectes		3	1				1	3	1	3	3	3		2		3				2	1	3			3
Donacia				3			1	3	3		3	3	3			3						3	3		
Dryops		3					1	3	3		1	2		1				1	3		1	3			3
Dupophilus brevis		3					1	3	3		3	3		2		3				2	1	2			3
Dytiscus					3	1		3	3		3	3		2				3			1	3			3
Elmis		3					1	3	3		3	3		2		3				2	1	2			3
Elodes		3					1	3	3		3	3							3	1	1	3			3
Enochrus		1	3				1	3	3	1	3	3		2		3					1	3			3
Eretes sticticus				3				3	3		3	3		2				3			1	3			3
Esolus		3					1	3	3		3	3		2		3				2	1	2			3
Eubria palustris		3					1	3	3		3	3								2	1	3			3
Graphoderus				3				3	3		3	3		2				3			1	3			3
Graptodytes		3					1	3	1	3	3	3		2		3				1	1	3			3
Gyrinus		2	3				1	3	3		3	3		2		3					2	3			3
Haliplus		3					1	3	1	3	3	3		2				3		1	1	3			3
Helochares		2	3				1	3	3	1	3	3		2		3					1	3			3
Helophorus		3	3				1	3	3	1	1	1		2					3	1	1	3			3
Hemisphaera		3					1	3	3	1	3	3		2		3					1	3			3
Hydaticus			1	3				3	3		3	3		2				3			1	3			3
Hydraena		3					1	3	3	1	3			3					3	2	1	3			3
Hydrobius			3	1			1	3	3	1	3	3		2		3					1	3			3
Hydrochara				3				3	3	1	3	3		2		3					1	3			3
Hydrochus		3					1	3	3	1	1			2					3		1	3			3
Hydrocyphon	2	2					1	3	3		3	3							3	2	1	3			3
Hydroglyphus		3					1	3	1	3	3	3		2		3					1	3			3
Hydrophilus					2	3		3	3	1	3	3		2			3				1	3			3
Hydroporus		3	1				1	3	1	3	3	3		2		3					1	3			3

Traits N°	8							9				10				11			12						13		
Modalités N°	2	3	4	5	7	8	9	3	4	6	7	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	4	5	6	1	2	3
Acilius					1	3	1	3		3		1			3			3	1	1	1	2	2	3		1	3
Agabus					1	3	1	3		3		1			3			3	1	1	2	3	3	3	1	3	3
Anacaena			3		3	1		3			1	1		1	3			3	1	1	2	2	3	3	2	2	3
Aulonogyrus					1	3		3		3		1	3		3			3			1	1	1	3			3
Berosus			3		3	1		3			3	3	3	1	3			3	1	1	1	2	2	3		1	3
Bidessus					2	3		3		3		1			3	1		3	1	1	2	3	3	3	1	3	1
Brychius elevatus			3	3				3		3		3			3	1		3						3	3	3	
Chaetarthria seminulum			3		3	1		3			1	1		1	3			3			1	1	1	2			3
Coelambus					2	3		3		3		1			3			3	1	1	1	1	1	2		1	3
Colymbetes					1	3	1	3		3		1			3			3	1	1	2	2	2	2		1	3
Copelatus					2	3		3			2	1			3			3			1	1	1	3		1	3
Crenitis punctatostriata			3		3	1		3			1	1		1	3			3		1	1	1	1	1			3
Cybister laterallmarginalis						3	3	3		3		1			3			3			1	1	1	3		1	3
Cymbiodyta marginella			3		3	1		3			1	1		1	3			3	1	1	1	1	1	2			3
Cyphon	1		3					1	3			1	3					3	1	1	2	3	3	3			3
Deronectes					2	3		3		3		1			3			3			1	1	1	3	1	3	
Donacia				3				3				1			3			3						3			3
Dryops		3	3					3	3			3		3	3			3			1	2	2	3		2	3
Dupophilus brevis	1		3					1	3			1	3	3		1		3			1	1	1	2	3	2	
Dytiscus						3	3	3		3		1			3			3			1	2	2	3		1	3
Elmis	1		3					1	3			1	3	3		1		3			1	1	1	3	3	2	
Elodes	1		3					1	3			1	3					3	1	1	2	2	2	3	1	3	
Enochrus			3		3	1		3			1	1		1	3			3	1	1	2	2	2	2			3
Eretes sticticus					1	3	1	3		3		1			3		1	3			1	1	1	3		1	3
Esolus	1		3					1	3			1	3	3		1		3			1	1	1	3	3	2	
Eubria palustris			3					1	3			1	3			3		1						3	3	1	
Graphoderus					1	3	1	3		3		1			3			3	1	1	1	3	3	3		1	3
Graptodytes					2	3		3		3		1			3			3	1	1	2	3	3	3		1	3
Gyrinus					1	3		3		3		1	3		3			3	1	1	2	2	2	3		3	3
Haliplus			3	3				3		3		3			3			3		1	1	2	3	3	1	3	3
Helochares			3		3	1		3			1	1		1	3			3	1	1	2	2	3	3			3
Helophorus	1		3					1	3					1	3			3	1	1	2	3	3	3	1	1	3
Hemisphaera			3		3	1		3			1	1		1	3			3						2			3
Hydaticus					1	3	1	3		3		1			3			3			2	2	2	3		1	3
Hydraena	1		3					1	3					3	2	1		3	1	1	1	2	2	3	2	3	1
Hydrobius			3		3	1		3			1	1		1	3			3	1	1	1	1	1	2		1	3
Hydrochara				1	1	3		3			1	1		2	3			3		1	1	2	2	3			3
Hydrochus	1		3					1	3					1	3			3	1	1	3	3	3	3			3
Hydrocyphon	1		3					1	3			1	3					3	1	1	2	3	3	3	1	3	
Hydroglyphus					2	3		3		3		1			3			3			1	1	1	3		1	3
Hydrophilus				1	1	3		3			1	1		2	3			3			1	1	1	3			3
Hydroporus					2	3		3		3		1			3			3	1	1	2	3	3	3	1	3	3

Traits N°	14					15		16					17			18							
Modalités N°	1	2	3	4	5	1	2	1	2	3	4	5	1	2	3	1	2	3	4	5	6	7	8
Acilius			1	2		3	1	3	3	3	3	3	3										5
Agabus		3	3	2		3	1	3	3	3	3	3	3	2	1		1	2	3	2	1		3
Anacaena			1	2		3	1	3	3	3	3	3	3										5
Aulonogyrus						3					1	3	3							1	1	1	4
Berosus			1	3		3	3	3	3	3	3	3	3										5
Bidessus		1	3	2		3		3	3	3	3	3	3	1									5
Brychius elevatus		2	3			3		1	2	3	3	2	3	1			1	4	4	1			
Chaetarthria seminulum			2	3		3	1	3	3	3	3	3	3										5
Coelambus			3	3	1	3	2	3	3	3	3	3	3	1									5
Colymbetes			2	3		3		3	3	3	3	3	3										5
Copelatus			3	3		3	1	3	3	3	3	3	3										5
Crenitis punctatostriata			2	1		3						3	2	3									5
Cybister laterallmarginalis			1	3		3		3	3	3	3	3	3										5
Cymbiodyta marginella		1	3	3		2	2	3	3	3	3	3	3										5
Cyphon						3	2	3	3	3	3	3	3										5
Deronectes		1	3	2		3		3	3	3	3	3	3	1	1		1	4	4	1			1
Donacia						3		3	3	3	3	3	3	1									5
Dryops			3			3	1	3	3	3	3	3	3	1				1	1	1			4
Dupophilus brevis						3		3	3	3	3	3	3	1		1	3	3	1				
Dytiscus		1	2	3		3		3	3	3	3	3	3	1	1		1	1	1				4
Elmis	1	3	2			3		3	3	3	3	3	3	1	1	1	3	3	3	1			
Elodes						3		3	3	3	3	3	3	1		2	3	3	2				
Enochrus			2	3		3	3	3	3	3	3	3	3										5
Eretes sticticus						3						3	3										5
Esolus	1	3	3			3		3	3	3	3	3	3	1		1	3	3	3	1			
Eubria palustris						3		3	3	3	1	1	3	1	1	2	3	3	2	1			
Graphoderus			3	3		3		3	3	3	3	3	3										5
Graptodytes		1	2	1		3		3	3	3	3	3	3	1									5
Gyrinus		1	3	1		3	1	2	2	3	3	3	3	1									5
Haliplus		1	3	1		3	1	3	3	3	3	3	3	2	1								5
Helochares			1	2		3	2	3	3	3	3	3	3										5
Helophorus		1	3	3		3	2	3	3	3	3	3	3	1	1								5
Hemisphaera						3		3	3	3	3	3	3										5
Hydaticus			3	3		3		3	3	3	3	3	3										5
Hydraena		1	3	2		3		3	3	3	3	3	3	1	1	1	3	3	3	3			3
Hydrobius			1	2		3	1	3	3	3	3	3	3										5
Hydrochara			1	3		3	1	3	3	3	3	3	3										5
Hydrochus			2	3	1	3		3	3	3	3	3	3										5
Hydrocyphon						3	2	3	3	3	3	3	3	1		1	2	4	2				
Hydroglyphus		1	3	3	1	3	1	3	3	3	3	3	3										5
Hydrophilus			1	3		3	1	3	3	3	3	3	3										5
Hydroporus	1	3	2	1		3	1	3	3	3	3	3	3	1	1								5

Traits N°	19							20									21							22			
Modalités N°	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	8	1	2	3	4
Acilius			3	3		1						3			3	3	1		3	3				3			
Agabus		1	2	2	1	2			1	1	1	3			3	3	1		3	3				3	1		
Anacaena			3	3	1							3	3		3	3	1		3	3				3			
Aulonogyrus		2	3									5					1	3	3	3				3	2	1	
Berosus			3	3								3	3		3	3	1		3	3				3			
Bidessus	2	2	2		1	1		1	2	2		1			2	2	1		3	3		1		3	2	1	
Brychius elevatus	3	3						1	2	1	1	4		1	1		1		3	3				1	3	1	
Chaetarthria seminulum			3	3								3	3		3	3	1		3	3				3			
Coelambus			3	3		1						3			3	3	1		3	3				3			
Colymbetes		1	2	2		1						3			3	3	1		3	3				3			
Copelatus			3	3		1						3			3	3	1		3	3				3			
Crenitis punctatostriata			1	3								3	1		3	3	1		3	3				3			
Cybister laterallmarginalis			3	3		1						3			3	3	1		3	3				3			
Cymbiodyta marginella			3	3								3	3		3	3	1		3	3				3			
Cyphon			2	2								3	1		3	3				5				3			
Deronectes		1	2	1	1	1			1	1	1	1			1		1		3	3				3	2	1	
Donacia		1	2	2		2						5									3		3	3			
Dryops		1	2	2				1	1			1	1	3	3	2	2			3	3			3	1	1	
Dupophilus brevis	3	3						3	3	1		2					1			4					3	3	2
Dytiscus		1	2	2		2						3			3	3	1		3	3				3			
Elmis	3	3						3	3	1		3					1			4		1			3	3	3
Elodes		2	2	1				2	3			2	1		1					5				1	1	2	1
Enochrus			3	3								3	3		3	3	1		3	3				3			
Eretes sticticus			3	3								3			3	3	1		3	3				3			
Esolus	3	3						1	3	3	1	2					1			4		1			3	2	1
Eubria palustris		2	2					3	3	1			1							5					1	3	3
Graphoderus			3	3		1						3			3	3	1		3	3				3			
Graptodytes		2	2	2		1						3			3	3	1		3	3				3	1		
Gyrinus		1	3	3		2						4			1	1	1	3	3	3				3	1		
Haliplus		2	3	2		1		1	1	1	3	3				2	1		3	3				3	2	1	
Helochares			3	3								3	3		3	3	1		3	3				3			
Helophorus		1	2	2	2	1						1	3		3	3	1		3	3				3	1		
Hemisphaera			3	3								3	3		3	3	1		3	3				3			
Hydaticus			3	3		1						3			3	3	1		3	3				3			
Hydraena	2	2	1	1				3	1	1		2	1				1		3	3				1	2	3	2
Hydrobius			3	3								3	3		3	3	1		3	3				3			
Hydrochara			3	3		1						3	3		3	3	1		3	3				3			
Hydrochus			3	3								2	3		3	3	1		3	3				3			
Hydrocyphon	1	2	1					2	3	1		3	1							5					1	2	1
Hydroglyphus			3	3		1						3			3	3	1		3	3				3			
Hydrophilus			3	3		1						3	3		3	3	1		3	3				3			
Hydroporus			2	2		2			1	1	1	3			3	3	1		3	3				3	1		

Tableau 17.T2 - Traits biologiques, physiologiques et écologiques : Coléoptères (de Hydroscapha à Yola)

Traits N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Modalités N°	1 2 3 4 5 6	1 2	2 3	1 2 3 4	3 4 5 6 7	1 2 4	2 3 5	2 3 4 5 7 8 9	3 4 6 7	1 2 3 4	1 2 3	1 2 3 4 5 6	1 2 3	1 2 3 4 5	1 2	1 2 3 4 5	1 2 3	1 2 3	1 2 3 4 5 6 7 8	1 2 3 4 5 6 7	1 2 3 4 5 6 7 8 9	1 2 3 4 5 6 7	1 2 3 4
Hydroscapha granulum	3	3	3 1	3 3 2	3	2 1 1	3		3	1 3 3	3	2	1 3		3		3	1 3 3		3 3	3 3 1	1 3 3	1 3 1
Hydrovatus	3	1 3	1 3	3 3 2	3	1 3	3	2 3	3 3	1 3	3	3	1 3	1 3 1	3		3		5	3 3 1	3 1	1 3 3	3
Hygrobia hermanni	3	3	1 3	3 3 2	3	1 3	3	3 3	3 3	2 2 3	3	1 1 1 1 3	3	3 3 2	3	2 2 3 3 3	3		5	3 3 1	3 1 3 3	1 3 3	3
Hygrotus	3	1 3	1 3	3 3 2	3	1 3	3	2 3	3 3	1 3	3	1 1 1 1 3	3	1 2 2	3 1	3 3 3 3 3	3		5	3 3 1	3 3 3	1 3 3	3
Hyphydrus	3	1 3	1 3	3 3 2	3	1 3	3	2 3	3 3	1 3	3	1 1 1 1 3	1 3	2 3	3	3 3 3 3 3	3		5	3 3 1	3 3 3	1 3 3	3
Ilybius	2 3	3	3 1	3 3 2	3	1 3	3	1 3 1	3 3	1 3	3	1 1 2 2 2 3	1 3	1 3 3 1	3 1	3 3 3 3 3	3		5	3 3	1 3 3	3 3 1	3 1
Laccobius	3	1 3	3 1	3 3 2	3	1 1 3	3	3 3 1	3 1	1 3	3	1 1 1 3	1 3	1 3 3 1	3 1	3 3 3 3 3	3		5	1 3 1 1 1	1 4 1 2	1 3 3	3 1
Laccophilus	3	3	3 1	3 3 2	3	1 1 3	3	2 3	3 3	1 3	3	1 2 3 3	3 3	1 3 3	3 1	3 3 3 3 3	3		5	1 3 1	3 3 1	1 3 3	3
Laccornis oblongus	3	1 3	1 3	3 3 2	3	1 3	3	2 3	3 3	1 3	3	1 2 2	3	1 2 1	3	3	3		5	1 3 1	3 3 1	1 3 3	3
Limnebius	3	1 3	3 1	3	3	2 1 3	3	1 3	1 3	2 3	3	1 2 3	1 3 1	3 1	3 1	3 3 3 3 3	3 1	2 3 3 3	1 2 1 1 1	2 2 1 2 2	1 3 3	1 2 2 1
Limnius	3	1 3	3	3 3 2	3	2 1 2	3	1 3	1 3	1 3 3 1	3	1 1 2 3 3	3 2	3 3	3	3 3 3 3 3	3 1	1 3 3 3 1	3 3	2 3 3 1 3	1 4 1	3 3 2
Limnoxenus niger	3	1 3	3 1	3 3 2	3	1 3	3	3 1	3 1	1 3 3	3	3	2 2	1 3 1	3	3 3 3 3 3	3 1		5	3 3	1 3 3	1 3 3	3
Macronychus 4 tuberculatus	3	1 3	3	3 3 2	3	1 1 2	3	1 3	1 3	1 3 3	3	3	2 2	1 3 1	3	3 3 3 3 3	3 1	1 1 1 3 3 1	3 3	3 1 1 2	1 4 1 1	3 3 3
Macroplea appendiculata	3	1 3	3	3 3 3 2	3	1 3 3	3	3 3	3 1	1 3 3	3	2	3		3	3 3 3 3 3	3		5	5	1 4 1	1 3 3 3	3
Meladema coriacea	3	3	3	3 3 2	3	1 1 3	3	1 3 1	3 3	1 3 3	3	1 1 1 3	1 3		3	3	3	1 1 1	3	3 1 1	3	3 1
Metaporus meridionalis	3	1 3	1 3	3 3 2	3	1 3	3	2 3	3 3	1 3	3	3	1 3	1 3 3	3	3	3	2 2	4	3 1 2	1 1 3	3 1
Microcara testacea	3	1 3	3	3 3	3	1 3	3	2 3	3 3	1 3	3	3	1 3	1 3 3	3	3 3 3 3 3	3		5	2 2	3 3 3	3	3
Nartus grapei	3	3	3 1	3 3 2	3	2 1 2	3	1 3 1	3 3	1 3	3	1 1 1 3	1 3	1 3 3	3	3	3		5	1 2 2 1	3 3 1	3 3	3
Nebrioporus	2 2	1 3	1 3	3 3 2	3	2 1 3	3	2 3	3 3	1 3 3	3	3	1 3	3 3 3	3 1	3 3 3 3 3	3 1	3 3 3 3 1	3 3	3 3 1 2	1 4	3 3 3
Normandia	3	1 3	3	3 3 2	3	2 1 2	3	1 3	1 3	1 3 3	3	3	1 3	1 3	3	3 3 3 3 3	3		5	3 3	3 3 3	1 3 3	3
Noterus	3	3	3	3 3 3 2	3	1 3	3	2 3	3 3	3 3 3	3	1 1 1 1 2 3	1 3	1 3 1	3	3 3 3 3 3	3 1 1	1 1 1 1	3	1 2 2 1 1	1 2 2 2	1 3 3	3 1
Ochtheblus	3	1 3	3 1	3	3	1 1 3	3	1 3	1 3	2 3	3	1 1 1 1 3	1 3		3	3 3 3 3 3	3		3	2 2 1 2 1 1	1 3 3 3	3 2 2 1
Orectochilus villosus	2 2	1 3	3	3 3 2	3	2 2 3	3	1 3	3 3	1 3 3	3	3 1 1 3	1 3	1 3	3	3 3 3 3 3	3 2 1	2 4 4 1	1 3	1 2 2 1 1	1 3 3	3 2 1
Oreodytes	3	1 3	1 3	3 3 2	3	2 1 3	3	2 3	3 3	1 3 3	3	1 1 1 1 3	3 2	2 3	3	3 3 3 3 3	3 1	1 3 3 3 1	3 3	1 3 3 1 2	1 4 1	3 2 1
Oulimnius	3	1 3	3	3 3 2	3	2 1 2	3	1 3	1 3	1 3 3	3	1 1 1 3	3 2	1 3	3	3 3 3 3 3	3		5	3 3	3 3 3	1 3 3	3
Paracymus	3	1 3	3 1	3 3 2	3	1 3	3	3 3 1	3 3	1 3 3	3	1 1 2 3	3		3 3	3 3 3 3 3	3		5	3 3	3 3 3	1 3 3	3
Peltodytes	3	1 3	1 3	3 3 2	3	1 3	3	3 3	3 3	2 3 3	3	1 1 1 3	1 3	1 2	3 1	1 1 3 3 3 3	3		1 3	1 1 1 2 1	1 3 3	3 3
Platambus maculatus	3	3	3 1	3 3 2	3	2 1 3	3	1 3 1	3 3	1 3 3	3	2 2 2 3	3 1	1 2 3	3	3 3 3 3 3	3 1	1 4 4 1	1 3	1 2 2 2	3 3	3 3
Plateumaris	3	1 3	3	3 3 3	3	3	3	3	3	1 3 3	3	3	3		3	3 3 3 3 3	3 1		5	1 2 2 2	5	3 3	1 2 1
Pomatinus substriatus	3	1 3	3	1 3 2	3	1 3	3	2 3	3 3	3 3 2	3	1 3	1 3	3 3	3	3 3 3 3 3	3	1 4 4 1	2 2	1 3 1 1 3	3 3	3 2 1
Porhydrus	3	1 3	1 3	3 3 2	3	1 3	3	2 3	3 3	1 3 3	3	2 2 2 3	1 3	1 2 2	3	3 3 3 3 3	3		5	3 3 1	3 3	1 3 3	3
Potamophilus acuminatus	3	1 3	3	3 3 2	3	1 1 3	3	3 3	3 3	1 3 3	3	3	1 3		3	3 3 3 3 3	3	1 4 4 1	3 3	3 1 1 3	2 3 3	2 2 1
Rhantus	1 3	3	3 1	3 3 2	3	1 3	3	1 3 1	3 3	1 3 3	3	3	3 2	2 3	3	3 3 3 3 3	3 1		5	1 2 2 1	3 3 1	1 3 3	3
Riolus	3	1 3	3	3 3 2	3	2 1 2	3	1 3	1 3	1 3 3	3	1 2	1 3	1 3 1	3	3 3 3 3 3	3	1 3 3 1	3 3	3 3 1 2	1 4	3 3 3
Scarodytes	3	1 3	1 3	3 3 2	3	1 3	3	2 3	3 3	1 3	3	1 1 2 3 3 3	2		3 2	3 3 3 3 3	3		5	1 3 1 1	3 3 1	3 1
Scirtes	3	1 3	3	3 3	3	1 3	3	1 3	1 3	1 3 3	3	1 1 1 3	3 1		3	1 3	3		5	2 2	3 3 1	3
Stettitia	3	3	3	3 3 3	3	1	3	2 3	3 3	1 3 3	3	1 3 3	3	1 3 2	3 2	3 3	3		5	1 3	3 3 1	3 3	3
Spercheus emarginatus	3	1 3	3	3 3 2	3	1 3	3	1 3	3	3 1 3	3	1 3	3	1 1 1	3	3 3 3 3 3	3	1 2 3 3 1	3 3	3 2 1 1 2	1 4 1	3 3 1
Stenelmis	3	1 3	3	3 3 2	3	2 1 2	3	1 3	1 3	1 3 3	3	1 1 1 3	2 3	1 1 1	3	3	3		4	1 2 1 1 1	1 3 3	3 3
Stictonectes	3	1 3	1 3	3 3 2	3	1 1 3	3	2 3	3 3	1 3	3	1 1 1 3	3 1	3	3	3 3 3 3 3	3 1	1 1	3	1 1 2 1	1 3 3	3 1
Stictotarsus	3	1 3	1 3	3 3 2	3	1 1 3	3	2 3	3 3	1 3 3	3	1 1 1 3	1 3	1 3 1	3	3 3 3 3 3	3	1 1 1	3	1 2 1 1	1 3 3	3 1
Yola bicarinata	3	1 3	1 3	3 3 2	3	1 3	3	2 3	3 3	1 3	3	1 1 1 3	1 3		3	2 2 3 3 3	3		5	2 3 1 1	2 1 3 3 1	3 1

CHAPITRE 18

TRICHOPTÈRES

Les Trichoptères sont des insectes holométaboles dont les larves et les nymphes sont aquatiques, à l'exception du Limnephilidae *Enoicyla* qui s'est secondairement adapté à la vie terrestre. C'est un ordre qui s'est différencié à la fin de l'ère primaire à partir d'un ancêtre commun notamment aux Lépidoptères et Mécoptères. Les premiers Trichoptères (Philopotamidae) sont connus depuis le Trias (Sukatcheva, 1989) ; le groupe s'est surtout diversifié pendant le Jurassique et le Crétacé ; la plupart des familles actuellement connues, à l'exception de celle des Limnephilidae qui est apparue au Tertiaire, étaient présentes au Crétacé. Au moins 105 genres (dont 34 pour la seule famille des Limnephilidae) sont présents en France *lato sensu*.

Les aspects essentiels sur la morphologie et l'anatomie des larves, des nymphes et des adultes de Trichoptères, ainsi que sur leur biologie et leur écologie, sont donnés dans ce chapitre. Indépendamment des ouvrages généraux cités en introduction, d'autres livres consacrés exclusivement aux Trichoptères pourront également être consultés ; il s'agit notamment de Lepneva (1970), Wiggins (1977, 1996), Moretti (1983), Faessel (1985), Sedlack (1985), Pitsch (1993) et Waringer et Graf (1997).

1 - MORPHOLOGIE ET ANATOMIE

1.1 - LARVES (figs. 18.1 à 18.5, 18.18 à 18.29)

Les larves se distinguent de celles des Coléoptères, avec lesquelles on pourrait les confondre, par la présence d'une paire de crochets anaux. Ces crochets sont soit insérés latéralement à l'extrémité de l'abdomen chez les formes à étui (larves éruciformes), soit portés à l'extrémité de fausses pattes (les pygopodes) chez les larves sans étui (larves campodéiformes). Certaines larves de Coléoptères (cf. les larves de Gyrinidae) portent des crochets à l'extrémité de l'abdomen, mais ces crochets n'ont jamais la disposition observée chez les larves de Trichoptères.

1.1.1 - Tête (figs. 18.2, 18.3)

La tête est totalement sclérifiée et constitue une capsule céphalique. Cette capsule est composée de plusieurs pièces : dorsalement l'apotome frontoclypéal, latéralement les genae, ventralement l'apotome ventral parfois absent. Les yeux sont réduits à de simples taches oculaires avec un éclaircissement au niveau de la cuticule ; chez les Limnephilidae, il existe un léger renflement de la cuticule au niveau des yeux. Les antennes sont en général très courtes,

parfois sessiles ; elles portent quelques sensilles. Cependant, chez les Leptoceridae et le genre *Beraeodes* (Beraeidae), les antennes sont relativement longues (longueur = cinq fois le diamètre), mais toujours d'un seul article. Les pièces buccales se composent d'un labre, d'une paire de mandibules dont la forme varie en fonction du régime alimentaire ; ces mandibules portent souvent des touffes de soies sur leur face interne. Maxilles et labium forment un complexe maxillo-labial avec des palpes maxillaires très courts et des palpes labiaux parfois absents. Il y a toujours une filière labiale où débouchent les conduits des deux glandes séricigènes.

1.1.2 - Thorax (figs. 18.1, 18.4, 18.25, 18.26, 18.27)

Les tergites thoraciques présentent des degrés de sclérification variés. Le pronotum est toujours totalement sclérifié. Ventralement le prothorax peut porter une (ou plusieurs) pièce sclérifiée : le prosternite. Chez les Limnephilidae, Goeridae, Phryganeidae et Lepidostomatidae, le prothorax porte ventralement une corne prosternale à l'extrémité de laquelle débouche le conduit d'une glande dont la fonction reste mal connue. Le mésonotum est soit complètement sclérifié, soit complètement membraneux ; il peut aussi porter quelques sclérites ou quelques taches sclérifiées. Ventralement, le mésothorax peut être membraneux ou présenter quelques taches sclérifiées ; pour le métathorax la disposition est la même que pour le mésothorax.

Les pattes sont relativement longues (comparées à celles des chenilles de Lépidoptères) avec hanche, trochanter, fémur, tibia et tarse d'un seul article ; ce dernier est terminé par une seule griffe. Au niveau de leur insertion sur le thorax, les pattes sont surmontées de deux sclérites (pleurites) étroitement accolés. Le pleurite prothoracique antérieur (le trochantin) présente souvent une forme caractéristique selon les groupes.

Chez la plupart des Trichoptères, les pattes prothoraciques (PI) sont relativement courtes et trapues ; elles jouent le rôle d'auxiliaires de l'appareil buccal et servent également à manipuler les éléments destinés à la construction de l'étui. D'une manière générale, les pattes méso- et métathoraciques sont plus longues, plus élancées et servent surtout à la locomotion. Sur ce schéma fondamental, il existe des variations en fonction notamment du régime alimentaire. Chez certains Rhyacophilidae et chez les Hydropsychidae, des branchies thoraciques sont présentes au niveau des méso- et des métasternites.

1.1.3 - Abdomen (figs. 18.1, 18.5, 18.20, 18.21, 18.28, 18.29)

Il est composé de neuf segments. À l'exception de certains genres d'Hydroptilidae, il est toujours membraneux du segment 1 au segment 8. Sur le dernier tergite abdominal, il peut y avoir un sclérite dorsal impair. Chez certaines formes à étui, le premier segment abdominal peut porter des mamelons (renflements turgescents sur le vivant, souvent flasques sur des animaux fixés). Chez les Uenoidae, il y a, outre le mamelon dorsal, deux mamelons latéraux et deux bosses ventrales. Le mamelon dorsal peut manquer (Lepidostomatidae) ; enfin, certaines larves à étui ne présentent aucune différenciation au niveau du premier segment abdominal (Brachycentridae).

Les branchies sont présentes ou absentes, elles sont le plus souvent digitiformes, parfois ramifiées chez les Hydropsychidae et la majorité des Rhyacophilidae.

Les crochets anaux s'insèrent directement sur l'abdomen chez les formes à étui ; ils sont portés à l'extrémité des pygopodes chez les formes sans étui. Il y a, chez de nombreuses formes à étui, une frange latérale (= ligne latérale) constituée d'une frange de soies. Sur le huitième segment abdominal, il peut y avoir en position latérale une rangée de spinules. Chez les Hydropsychoidea notamment, il existe des papilles anales qui jouent un rôle dans l'osmorégulation.

1.1.4 - Étui (= fourreau) et autres constructions larvaires (figs. 18.22, 18.23, 18.24)

Contrairement aux Lépidoptères dont l'activité de tissage est surtout concentrée au moment de la nymphose, les larves de Trichoptères (sauf les Rhyacophilidae) filent de la soie tout au long de leur vie larvaire. Cette soie est de nature protéique ; elle est liquide et collante à l'émission.

Chez les larves à étui, le fourreau peut être fait exclusivement de soie ou constitué d'éléments divers maintenus entre eux avec de la soie. L'intérieur du fourreau est généralement tapissé de soie tandis que l'extérieur en est dépourvu. Il y a toujours un orifice postérieur. L'eau circule dans l'étui irriguant au passage les branchies ou les téguments. La larve peut accélérer cette circulation grâce à des mouvements dorso-ventraux d'ondulation de l'abdomen. Le rôle de l'étui dans la respiration serait aussi important que le rôle protecteur qui lui est généralement attribué. Cet étui est toujours ajusté d'une manière telle que la larve doit l'agrandir lors de chaque mue. Pour éviter d'avoir un étui démesurément long, la larve agrandit l'étui à l'avant et le coupe à l'arrière. Chez les Hydroptilidae, seules les larves de dernier stade élaborent un étui, les larves des stades précédents n'ont pas d'étui.

Chez les formes sans étui, soit il n'y a pas de construction larvaire comme chez les Rhyacophilidae où seul sera édifié le cocon nymphal, soit il y a des constructions larvaires de types variés : structure filtrante chez les Hydropsychidae et les Philopotamidae, système de piège chez les Ecnomidae et les Polycentropodidae, galerie collée au substrat chez les Psychomyiidae.

1.2 - NYMPHES (figs. 18.6 à 18.15)

Elles se caractérisent par la présence de fourreaux alaires, d'yeux composés, de pattes et d'antennes allongées. Les fourreaux alaires, comme les antennes, sont rabattus ventralement ; les antennes peuvent dépasser largement l'abdomen. Les yeux, comme les fourreaux alaires, s'assombrissent progressivement au fur et à mesure que la mue imaginale approche.

La nymphe possède par ailleurs des organes strictement nymphaux qui lui permettent de quitter son fourreau et d'émerger. Les mandibules nymphales servent à ouvrir le cocon ou l'étui. Les tarses des PII sont frangés de soies et permettent à la nymphe de nager vers la surface (rôle natatoire analogue à celui des pattes des Hétéroptères Notonectidae). Dorsalement, sur chaque segment abdominal, il y a une à deux paires de sclérites portant des épines dont les pointes sont dirigées vers l'avant ou vers l'arrière selon leur position ; ces pointes facilitent la sortie des nymphes de leur cocon ou de leur étui leur permettant de prendre appui sur la surface soyeuse des parois internes de l'étui. À l'extrémité postérieure, il y a souvent une paire de prolongements dont la fonction reste inconnue.

1.3 - ADULTES (figs. 18.16, 18.17)

Les adultes ressemblent à des papillons nocturnes. Ils se distinguent facilement de ces derniers parce que les ailes sont rabattues en toit et parce que l'on ne voit jamais de trompe en spirale. La coloration est généralement terne (brunâtre ou jaunâtre), exceptionnellement bleu nuit chez le mâle de *Mystacides azurea* (Leptoceridae). Les pièces buccales, à l'exception des mandibules (l'adulte ne se nourrit pas), sont bien individualisées. Les palpes, notamment les palpes maxillaires, permettent de caractériser les deux grands groupes des Annulipalpia et des Integripalpia. Les yeux composés sont bien développés. Les antennes sont multiarticulées, souvent plus longues que le corps, et, sur le vivant, dirigées vers l'avant. Les tibias des pattes portent de fortes épines (éperons) dont le nombre et la position ont un intérêt en systématique. Les ailes sont généralement couvertes de soies (écailles trichoïdes) d'où le nom de Trichoptères,

et souvent frangées de longues soies. Les ailes possèdent de nombreuses nervures dont la disposition est utilisée en systématique. Les appendices génitaux (genitalia) sont bien visibles ; ceux des mâles sont de forme plus complexes que ceux des femelles. Les adultes effectuent des danses souvent caractéristiques d'un groupe ou d'une espèce. La systématique des adultes au niveau spécifique est basée sur la structure des genitalia des mâles (Malicky, 1983).

2 - BIOLOGIE

Dans les différentes familles, on rencontre des formes monovoltines et des formes polyvoltines et/ou polycohortiques. Il y a une diapause larvaire chez certaines espèces d'*Anabolia* (Limnephilinae) et de ce fait, la mue nymphale a lieu à l'automne. Il y a diapause embryonnaire chez certaines espèces d'*Agapetus* et diapause imaginale chez plusieurs espèces de Stenophylacini ; dans ce dernier cas, l'adulte qui émerge est immature ; la maturation ovarienne a lieu pendant l'été, en général dans une grotte ; la reproduction et la ponte auront lieu à l'automne.

Les œufs sont toujours groupés dans une ponte. Les pontes sont de différents types, soit aquatiques et cimentées (aplaties et collées au substrat) chez les Hydropsychoidea, soit aquatiques, gélatineuses et massives (par exemple, chez les Phryganeidae), soit terrestres, gélatineuses et massives sur la végétation chez certains Limnephilidae. À l'éclosion, les larvules peuvent soit quitter la ponte rapidement et se disperser dans le milieu (par exemple, les larves issues de pontes aquatiques cimentées), soit commencer leur développement postembryonnaire dans la ponte qui constitue une première source de nourriture. Il y a en général cinq stades larvaires, sauf chez les Sericostomatidae (six ou sept) et le genre *Agapetus* (sept).

La nymphose est toujours aquatique. Elle se réalise en deux temps. Les larves sans étui construisent un abri (cocon nymphal) fait d'éléments divers maintenus entre eux avec de la soie (figs. 18.6, 18.7). Chez les Rhyacophilidae et Glossosomatidae, à l'intérieur du cocon nymphal, la larve tisse un deuxième cocon fait de soie à tissage très serré (aspect parcheminé). Les larves avec étui le fixe au substrat, puis elles obturent partiellement les orifices antérieur et postérieur, tissant souvent une structure grillagée faite de soie, permettant ainsi à l'eau de circuler. Dans le cocon nymphal ou l'étui, la larve s'immobilise et subit les premières transformations qui conduiront à la nymphose (prénymphe) ; elle subit alors la mue nymphale rejetant l'exuvie larvaire dans la partie postérieure du cocon ou de l'étui (fig. 18.12). En fin de nymphose, la nymphe va ouvrir le cocon nymphal ou l'étui grâce à ses mandibules nymphales (fig. 18.9) qui vont lui permettre de déchirer la paroi. Elle va s'extraire du cocon ou de l'étui grâce à des mouvements de contraction abdominaux ; les crochets présents sur l'abdomen lui permettent de prendre appui sur la paroi du cocon ou de l'étui (fig. 18.11). Elle nage vers la surface grace à ses PII qui portent des franges de soies natatoires (figs. 18.8, 18.10). Le plus souvent, elle s'accroche avec ses PI à un support émergé et, grâce à des mouvements de contraction de l'abdomen, elle fait éclater la ligne ecdysiale thoracique dorsale. Par la fente ainsi créée, l'adulte émerge peu à peu de l'exuvie nymphale, achève de déplier ses ailes avant de s'envoler. Dans quelques rares cas (par exemple, chez *Psychomyia*), la mue imaginale se fait directement à partir de la surface de l'eau.

L'adulte, qui ne se nourrit pas, va vivre de quelques jours pour certains groupes, comme les Hydropsychoidea, à quelques mois pour certains Limnephilidae à diapause imaginale. Dans le premier cas, l'adulte qui émerge est mature et la reproduction ainsi que la ponte ont lieu dans les jours qui suivent l'émergence, dans l'autre cas la reproduction n'a lieu que plus tard. La mue imaginale est généralement nocturne. La majorité des adultes ont une activité crépusculaire et même nocturne, quelques espèces de Polycentropodidae et de Leptoceridae ont une activité diurne.

3 - ÉCOLOGIE

Les larves peuvent être libres et errantes (Rhyacophilidae et la majorité des formes à étui), ou occuper une position fixe. Il s'agit dans ce dernier cas soit de formes filtreuses : Hydropsychidae, les Brachycentridae *Brachycentrus* et *Oligoplectrum*, le Limnephilidae *Drusus discolor*, soit de formes prédatrices (Polycentropodidae et Ecnomidae) ou racleuses de substrat (Psychomyiidae, Hydroptilidae du genre *Stactobia*). La majorité des larves de Trichoptères sont épibenthiques, on peut cependant trouver des Sericostomatidae ou des Odontoceridae enfouis à quelques centimètres dans des sédiments meubles. Il existe également des formes nageuses (*Leptocerus*, Leptoceridae).

L'appareil buccal est fondamentalement de type broyeur, il existe cependant quelques modifications des mandibules chez certains genres d'Hydroptilidae qui leur permettent de percer les cellules algales dont elles lèchent le contenu.

Les larves de Trichoptères constituent une source de nourriture pour de nombreux invertébrés, même si l'étui des larves matures constitue réellement une protection. Quelle que soit leur taille, les larves représentent une source de nourriture pour les poissons qui capturent également les adultes qui volent près de la surface. L'émergence ayant lieu surtout la nuit, la prédation sur les nymphes en cours d'émergence est réduite.

Dans le milieu aérien, les adultes, en dépit d'une concentration des activités sur la nuit, sont la proie des oiseaux et des chauves-souris. Dans le cas de pullulation, notamment au niveau des grands cours d'eau, les adultes peuvent constituer pour l'Homme une certaine source de nuisance.

4 - TECHNIQUES D'IDENTIFICATION

Les larves ont une morphologie relativement homogène contrastant avec la variété des constructions larvaires (étuis, filets, etc.). Ces structures ne peuvent malheureusement être utilisées pour la détermination que comme critères complémentaires, car souvent la forme du fourreau varie dans un même genre, et des larves appartenant à des genres différents ont des fourreaux similaires. En outre, plongées dans un liquide fixateur, les larves abandonnent souvent leur étui ; il devient alors délicat d'établir des relations fourreau-larve lorsque plusieurs genres ont été récoltés simultanément. L'observation du fourreau peut cependant permettre, dans des cas favorables, de confirmer une détermination.

Pour déterminer les larves, nous utiliserons des caractères morphologiques : position des crochets anaux, degrés de sclérification des différents notums thoraciques, structure de la capsule céphalique, présence, position et forme des branchies abdominales (et éventuellement thoraciques), forme et structure des pattes, et enfin, pour des cas difficiles, disposition des soies sur la tête et d'autres parties du corps (chétotaxie).

Une nymphe isolée peut être identifiée au niveau famille et dans certains cas favorables au niveau genre, mais pour identifier une nymphe il est préférable de conserver soigneusement le cocon nymphal ou l'étui nymphal (fig. 18.12) et de ne l'ouvrir qu'au laboratoire sous la loupe binoculaire. Si la nymphe est jeune, avec un peu d'expérience, il suffit d'examiner l'exuvie larvaire (figs. 18.14, 18.15) (sauf pour les Leptoceridae) pour identifier la larve. Si la nymphe est âgée, il suffit de déchirer délicatement l'exuvie nymphale dans la partie postérieure mettant ainsi en évidence les genitalia (fig. 18.13) qui permettent une identification, particulièrement avec des mâles, au niveau spécifique.

5 - DIAGNOSES (clés 18.C1 à 18.C26)

D'un point de vue phylogénétique, en se basant sur des critères liés à l'adulte (pièces buccales, génitalia, nervation) et sur d'autres liés à la nymphose et la morpho-anatomie larvaire (cf. notamment Weaver et Morse, 1986 ; Wiggins et Wichard, 1989), on peut répartir les Trichoptères en trois grands groupes : Annulipalpia, Spicipalpia et Integripalpia, chacun avec plusieurs superfamilles.

GROUPE DES ANNULIPALPIA

5.1 – SUPER-FAMILLE DES PHILOPOTAMOIDEA

5.1.1 - Famille des Philopotamidae (clés 18.C2, 18.C6)

Le pronotum est seul sclérifié. Les pygopodes sont de deux articles. Capsule céphalique allongée. Labre triangulaire membraneux avec une bordure en brosse (morphologie liée au mode d'alimentation). Griffes des trois paires de pattes toujours plus courtes (2 à 3 fois) que le tarse. Extrémité du trochantin arrondie (et non en pointe comme chez les Polycentropodidae) (fig. 18.31).

Les larves tissent un filet (fig. 18.32) en forme de poche allongée d'environ 40 mm de long et de 5 mm de diamètre. Ce filet, collé au substrat (sous une pierre) par sa face dorsale, est constitué d'une enveloppe externe à maillage irrégulier protégeant une enveloppe interne à maillage régulier. Ce dernier est formé de mailles rectangulaires d'environ 10 x 50 μm portant elles-mêmes un maillage transversal espacé de moins d'un μm. L'ouverture est dirigée face au courant, et la larve qui est à l'intérieur de cette poche brosse les mailles avec son labre membraneux récoltant ainsi le seston qui a été entraîné par le courant. Le contenu du tube digestif montre que l'alimentation est constituée surtout de diatomées et de microparticules organiques.

La nymphose a lieu dans un cocon nymphal (fig. 18.12) du même type que celui des Hydropsychoidea. L'oviposition a lieu le jour, mais l'émergence la nuit.

Les Philopotamidae sont connus depuis le Trias et, selon Sukatcheva (1989), n'ont guère évolué depuis, ce qui en fait de véritables « fossiles vivants ».

L'identification des larves de plusieurs espèces peut être effectuée en consultant : Szczesny (1978a) ; Pitsch (1993) et Edington et Hildrew (1995).

Chimarra (fig. 18.33)

Coloration du pronotum et de la capsule céphalique jaune orangé ; apotome frontoclypéal avec une profonde échancrure asymétrique, en U. Face antérieure de la coxa des PI avec deux soies, la soie inférieure portée sur un tubercule allongé. Jusqu'à 8 mm.

Une seule espèce : *C. marginata*.

Philopotamus (fig. 18.34)

Capsule céphalique et pronotum de teinte jaune orangé contrastant avec les téguments membraneux blanchâtres. Bord antérieur de l'apotome frontoclypéal avec une échancrure asymétrique peu profonde. Bord postérieur du pronotum bordé de noir, cette bande est en continuité avec une tache noire située au-dessus des coxa des PI. Face antérieure de la coxa des PI avec deux soies ; la soie inférieure longue est insérée directement sur la coxa. Jusqu'à 25 mm.

Wormaldia (fig. 18.35)

Bord antérieur de l'apotome frontoclypéal arrondi ou présentant une faible encoche médiane (et non asymétrique comme chez *Philopotamus*). Bord postérieur du pronotum bordé de noir comme chez *Philopotamus*, mais cette bande n'est pas en continuité avec la tache noire située au-dessus des coxa des PI. Face antérieure de la coxa des PI avec deux soies, la soie inférieure transformée en épine légèrement arquée. Jusqu'à 13 mm.

5.2 – SUPER-FAMILLE DES HYDROPSYCHOIDEA

5.2.1 - Famille des Hydropsychidae (clés 18.C2, 18.C3)

Les trois notums thoraciques sont sclérifiés (comme chez les Hydroptilidae et les Ecnomidae). À l'exception du stade 1 qui en est dépourvu, des branchies abdominales sont présentes en position ventrale ainsi que des branchies coxales au niveau des PII et PIII. Ces branchies portent deux à trois digitations au stade 2 ; de nouvelles digitations apparaissent au fur et à mesure de la croissance. Les pygopodes sont de deux articles. Le crochet terminal est surmonté d'un éventail de longues soies noirâtres chez les larves de dernier stade (quelques soies seulement pour les jeunes stades). Présence d'une paire de râpes stridulatoires à la face inférieure des genae (fig. 18.39). La stridulation produite par frottement des fémurs sur ces râpes aurait un rôle défensif vis-à-vis d'autres larves d'Hydropsychidae (figs. 18.36, 18.37, 18.39).

Toutes les larves d'Hydropsychidae vivent dans un tube retraite fixé au substrat (fig. 18.38) ; ce tube retraite est prolongé vers l'avant par une sorte d'auvent qui représente la structure filtrante (« filet »). Cette structure filtrante est constituée par un maillage très régulier de fils entrecroisés (par exemple, chez *H. pellucidula* maille de 120 x 180 μm) qui fait face au courant et qui arrête le seston ; la larve brosse régulièrement la face antérieure de la structure filtrante avec son labre pourvu de brosses de soies, elle récolte ainsi les algues, les débris et les invertébrés qui ont été entraînés.

Le régime alimentaire varie avec l'âge des larves, les jeunes stades sont surtout algivores-détritivores ; les stades plus âgés deviennent plutôt algivores-carnivores (invertébrés).

La nymphose a lieu dans un cocon nymphal du même type que celui des autres Hydropsychoidea.

Lorsque les émergences sont simultanées, les *Hydropsyche* peuvent constituer une nuisance pour les populations riveraines. Ce fut le cas sur le Rhin, où la réapparition de conditions favorables au début des années 1980, et l'absence de compétiteur, ont entraîné la pullulation de *H. contubernalis*, une espèce de grand cours d'eau.

Diplectrona (fig. 18.41)

Prosternite postérieur comprenant une paire de sclérites médians, chacun flanqué d'un sclérite latéral. Trochantin avec une seule pointe. Apotome frontoclypéal avec un rétrécissement au niveau des yeux. Taille jusqu'à 15 mm.

Trois espèces, dont une espèce très commune : *D. felix*.

Cheumatopsyche (fig. 18.43)

Prosternite postérieur réduit à ses deux sclérites latéraux. Bord antérieur du pronotum et face dorsale de la capsule céphalique portant des soies dressées formant une sorte de brosse (ce caractère est visible même chez de jeunes larves). Trochantin avec deux pointes. Taille jusqu'à 11 mm.

Une seule espèce : *C. lepida*.

Hydropsyche (fig. 18.42)

Prosternite postérieur comprenant une paire de sclérites médians, chacun flanqué d'un sclérite latéral. Trochantin avec deux pointes. Apotome frontoclypéal sans rétrécissement au niveau des yeux. Taille jusqu'à 20 mm. C'est le genre d'Hydropsychidae qui renferme le plus grand nombre d'espèces (Pitsch, 1993).

5.2.2 - Famille des Polycentropodidae (clés 18.C2, 18.C5)

Le pronotum est seul sclérifié (figs. 18.44, 18.45). Les pygopodes sont de deux articles. Griffe des trois paires de pattes arquée, effilée et aussi longue ou plus longue que le tarse. Extrémité du trochantin en pointe effilée.

Toutes les larves de Polycentropodidae sont prédatrices « à poste fixe ». Les larves de *Plectrocnemia*, *Polycentropus*, *Cyrnus* et *Holocentropus* tissent une structure (« filet-piège ») de forme irrégulière fixée au substrat ; cette structure comprend toujours un tube-retraite où se tient la larve (figs. 18.50, 18.51). Dès qu'un invertébré vient heurter un des fils de ce « filet-piège », la larve est alertée et se précipite pour saisir sa proie avec ses mandibules. Chez *Neureclipsis*, la larve tisse une structure en forme de saxophone (fig. 18.49), le pavillon dirigé face au courant. Comme les autres Polycentropodidae, la larve se nourrit des invertébrés entraînés par le courant dans ce « filet à plancton ».

Le cycle vital est très variable mono, bivoltin ou plus, probablement polycohortique, selon les régions et les espèces ; de ce fait, les trois derniers stades sont récoltés simultanément tout au long de l'année. La nymphose a lieu dans un cocon nymphal du même type que celui des autres Hydropsychoidea. Les adultes ont une activité de vol plutôt diurne, ce qui fait qu'ils sont rarement récoltés au piège lumineux.

Il y a cinq genres de Polycentropodidae en Europe. Le genre *Neureclipsis* est aisément reconnaissable en raison de ses caractères originaux, l'identification des quatre autres genres est plus délicate, par suite de la variabilité interspécifique dans un même genre. L'utilisation simultanée des trois caractères que nous donnons devrait limiter les risques d'erreurs au moins pour les larves de dernier stade.

Neureclipsis (figs. 18.46, 18.47, 18.48)

Larve au dernier stade de forme très allongée par rapport aux autres genres. Fémur des PI présentant au bord ventral une rangée de soies de même longueur (aspect des dents d'un peigne). Pas de soies sur l'article proximal des pygopodes. Deux épines courtes (bien visibles sur des larves de stade 5) sur la face ventrale du neuvième segment abdominal. Dans la partie postérieure de l'apotome frontoclypéal, taches correspondant aux insertions des muscles labraux, disposées sur une ligne. Jusqu'à 18 mm.

Une seule espèce : *N. bimaculata.*

Plectrocnemia (figs. 18.53, 18.55, 18.56)

Crochets anaux formant une courbe régulière. Tarse des PI sensiblement de même longueur que le tibia. Dans la partie postérieure de l'apotome frontoclypéal, taches correspondant aux insertions des muscles labraux disposées sur une courbe dont la concavité est recoupée par une ligne joignant les deux grandes soies postérieures. Jusqu'à 22 mm.

Polycentropus (figs. 18.52, 18.54, 18.57)

Tarse des PI plus court (d'un demi à un tiers) que le tibia. Généralement griffe des PI rabattue sur le tibia. Crochets anaux formant une courbe régulière ou plus ou moins courbés à angle droit. Dans la partie postérieure de l'apotome frontoclypéal, taches correspondant aux insertions des muscles labraux disposées sur une courbe dont la concavité n'est pas recoupée par

une ligne joignant les deux grandes soies postérieures. Jusqu'à 16 mm.

Cyrnus (figs. 18.59, 18.60)

Crochets anaux plus ou moins courbes à angle droit ; face ventrale du crochet présentant près de la pointe quatre renflements plus ou moins distincts selon les espèces. Tarse des PI sensiblement de même longueur que le tibia. Dans la partie postérieure de l'apotome frontoclypéal, taches correspondant aux insertions des muscles labraux disposées sur une courbe dont la concavité est très en avant d'une ligne joignant les deux grandes soies postérieures. Jusqu'à 16 mm.

Il existe au moins cinq espèces de *Cyrnus* ; *C. trimaculatus* est aisément reconnaissable parce qu'elle présente une coloration particulière de la face dorsale de la capsule céphalique que l'on ne retrouve chez aucun autre Polycentropodidae ; cette coloration est visible même sur des larves de stade 3.

Holocentropus (figs. 18.57, 18.58)

Crochets anaux courbés à angle droit. Tarse des PI sensiblement de même longueur que le tibia. Dans la partie postérieure de l'apotome frontoclypéal, taches correspondant aux insertions des muscles labraux disposées sur une courbe dont la concavité est très en avant d'une ligne joignant les deux grandes soies postérieures. Jusqu'à 16 mm.

5.2.3 - Famille des Psychomyiidae (clés 18.C2, 18.C7)

Le pronotum est seul sclérifié. Les PII et PIII sont plus grêles et pas plus longues que les PI. Les pygopodes sont en apparence d'un seul article car l'article proximal (basal) est très réduit. Extrémité du trochantin en forme de hache (figs. 18.61, 18.62).

La plupart des larves de Psychomyiidae vivent dans une galerie collée au substrat (fig. 18.63) ; cependant les *Lype* vivent dans des galeries creusées dans du bois mort submergé. Les larves de Psychomyiidae sont toutes racleuses de substrat ; lorsque la surface devant l'ouverture de la galerie est complètement décapée, la larve agrandit sa galerie vers l'avant et la coupe à l'arrière. Certains auteurs considèrent que certaines espèces « brouteraient » uniquement les parois de leur galerie (cf. Edington et Hildrew, 1995).

Le régime alimentaire est exclusivement composé d'algues microscopiques et de fins débris que la larve racle avec ses mandibules.

La nymphose a lieu dans un cocon nymphal du même type que celui des autres Hydropsychoidea.

Psychomyia (figs. 18.61, 18.64)

Pronotum avec un épaississement noir arqué en position latéro-postérieure. Capsule céphalique jaunâtre presque carrée. Plaques submentales bien développées, noires et ridées ; apotome ventral petit et triangulaire. Crochets anaux avec cinq dents au bord inférieur. Taille jusqu'à 8 mm.

Une seule espèce : *P. pusilla*.

Metalype (fig. 18.64)

Pronotum avec un épaississement noir arqué en position latéro-postérieure. Capsule céphalique plus longue que large. Plaques submentales, petites, triangulaires ; apotome ventral avec deux bras latéraux. Crochets anaux portant trois dents au bord inférieur dont une très petite. Taille jusqu'à 7 mm.

Une seule espèce : *M. fragilis*.

Paduniella (fig. 18.64)

Des larves de *Paduniella vandeli* ont capturées récemment en France (Coppa *et al.* Sous presse).

Pronotum avec un épaississement noir arqué en position latéro-postérieure comme chez *Psychomyia* et *Metalype*. Plaques submentales, petites, triangulaires ; apotome ventral avec deux bras latéraux comme chez *Metalype*. De 7 à 8 dents au bord inférieur des crochets anaux chez les larves de dernier stade, contrairement aux larves de *Metalype* avec seulement 3 dents. Quatre dents chez les larves de stade 4. Taille jusqu'à 7 mm.

Une seule espèce : *P. vandeli*.

Lype (fig. 18.67)

Pronotum sans un épaississement noir en position latéro-postérieure. Partie antérieure du coxo-pleurite des PI avec une seule bande verticale noire. Chez au moins deux espèces, partie postérieure de la capsule céphalique plus sombre que la partie antérieure. Crochets anaux dépourvus de dent. Taille jusqu'à 10 mm.

Tinodes (figs. 18.65, 18.66)

Pronotum sans un épaississement noir en position latéro-postérieure. Partie antérieure du coxo-pleurite des PI avec deux bandes verticales noires. Crochets anaux normalement dépourvus de dent sauf chez *T.waeneri* où des dents microscopiques sont présentes, mais ces dents sont beaucoup plus fines que celles de *Psychomyia*, *Metalype* et *Paduniella*. Taille jusqu'à 10 mm.

5.2.4 - Famille des Ecnomidae (clé 18.C2)

L'habitus est celui d'une larve de Polycentropodidae, mais le pro, le méso et le métanotum sont sclérifiés (caractère que l'on retrouve chez les Hydropsychidae et les Hydroptilidae de 5^{è} stade). Les pygopodes sont de deux articles. Les crochets anaux portent ventralement des dents. Griffe des trois paires de pattes arquée, effilée et aussi longue que le tarse. Extrémité du trochantin en pointe effilée comme chez les Polycentropodidae. Taille jusqu'à 12 mm (figs. 18.68, 18.69).

Les larves tissent une structure (« filet-piège ») du même type que celle des Polycentropodidae. Ce « filet-piège » fixé au substrat est de forme irrégulière ; fonctionnellement, il joue le même rôle que celui des larves de Polycentropodidae.

Le régime alimentaire est exclusivement composé d'invertébrés. La nymphose a lieu dans un cocon nymphal du même type que celui des autres Hydropsychoidea. Le cycle vital est apparemment mono ou bivoltin selon les régions.

Il n'y a qu'un seul genre *Ecnomus* et deux espèces (*E. tenellus* et *E. deceptor* fig. 18.68 bis), la première étant beaucoup plus fréquente que la seconde (Stroot *et al.*, 1988).

5.2.5 – Famille des Dipseudopsidae (Li *et al.*, 2001) (clé 18.C2)

Pseudoneureclipsis a été découvert pour la première fois dans la Vienne en 1997 (Tachet *et al.* 2001). Présence d'un méso- et d'un métanotum partiellement sclérifiés. Deux bandes noires étroites légèrement divergentes postérieurement sont en outre présentes sur le métanotum. Les pygopodes sont de deux articles avec un crochet anal fortement arqué. Filière labiale très effilée comme chez les larves de Psychomyiidae. Taille jusqu'à 9 mm. (figs. 18.70, 18.71, 18.72).

La larve vit dans un tube de plus de 2 cm. de long, recouvert de sable. Ce tube est partiellement enfoncé dans des substrats sablo-graveleux.

Une seule espèce : *P. lusitanicus*.

GROUPE DES SPICIPALPIA

5.3 – SUPER-FAMILLE DES RHYACOPHILOIDEA

5.3.1 - Famille des Rhyacophilidae (clés 18.C2, 18.C4)

Le pronotum est seul sclérifié ; il y a toujours un sclérite dorsal sur le neuvième segment abdominal. Les pygopodes sont à un seul article. On distingue un sclérite latéral sur lequel s'articule un crochet anal denté ou non. Le sclérite latéral peut porter ventralement un crochet, et en position dorsale et postérieure une pointe plus ou moins allongée. Les branchies abdominales sont présentes ou absentes (figs. 18.73, 18.74, 18.75, 18.76). Les larves sont errantes ; elles ne construisent ni étui ni d'autre construction larvaire. À la nymphose elles construisent un cocon nymphal fait de sable grossier, à l'intérieur duquel elles tissent un cocon de soie (aspect parcheminé, coloration brun jaunâtre).

La majorité des espèces est monovoltine avec un cycle sur un an, plus rarement deux ans.

Les adultes sont morphologiquement très semblables et, bien que trente-sept espèces soient dénombrées pour la France *lato sensu,* elles sont toutes rangées dans le genre *Rhyacophila.* En revanche, l'examen des larves montre qu'elles peuvent être réparties dans six sous-genres (Döhler, 1950 ; Buholzer, 1978), en se basant notamment sur la présence ou l'absence de branchies, et, lorsqu'elles sont présentes, leur forme et leur implantation, enfin la structure des pygopodes et des crochets anaux.

Hyporhyacophila (fig. 18.75)

Jamais de branchie abdominale (mais des papilles anales rétractiles peuvent être visibles). Pygopodes avec présence ou non d'un crochet à la base du sclérite latéral, celui-ci ne présente jamais de pointe en sabre dirigée vers l'arrière. Jusqu'à 18 mm.

Prosrhyacophila (fig. 18.76a)

Branchies présentes, réduites à une unique digitation prolongeant latéralement chacun des segments. Pas de pointe ni de crochet sur le sclérite latéral des pygopodes. Crochet anal non denté. Jusqu'à 11 mm.

Pararhyacophila (fig. 18.76b)

Branchies constituées de quatre digitations avec une constriction au milieu ; des branchies coxales constituées d'une unique digitation sur les PII et PIII. Sclérite latéral toujours avec un crochet, pointe postérieure avec un développement variable. Jusqu'à 25 mm.

Rhyacophila stricto sensu (figs. 18.73, 18.74, 18.76c)

Branchies présentes sur chaque segment, constituées d'un prolongement sur lequel les digitations forment un bouquet. Des branchies coxales sur les PII et PIII. Sclérite latéral, toujours avec un crochet bien développé, pointe postérieure également toujours bien développée. Crochet anal toujours denté. C'est le sous-genre qui renferme le plus grand nombre d'espèces, certaines très communes. Jusqu'à 25 mm.

Hyperrhyacophila (fig. 18.76d)

Branchies constituées d'un prolongement sur lequel les digitations s'insèrent à la manière des dents d'un peigne. Des branchies coxales sur les PII et PIII. Sclérite latéral toujours avec un crochet, pointe postérieure avec un développement variable. Crochet anal denté. Jusqu'à 35 mm.

Metarhyacophila (fig. 18.76e)

Branchies présentes sur chaque segment constituées d'une série de prolongements (jusqu'à

six) à disposition latéro-dorsale, latérale et latéro-ventrale ; chacun de ces prolongements porte lui-même de nombreuses digitations assez fines. Crochet anal simple sans dent, sclérite latéral sans pointe postérieure ni crochet. Jusqu'à 12 mm.

5.4 – SUPER-FAMILLE DES HYDROPTILOIDEA

5.4.1 - Famille des Glossosomatidae (clés 18.C8, 18.C10, 18.C23)

Larve de type éruciforme. Crochets anaux insérés sur un prolongement de l'abdomen (ce qui rappelle ce que l'on observe chez les Rhyacophilidae) mais la pièce proximale reste en grande partie soudée à l'abdomen. Ces crochets anaux sont généralement en contact avec le substrat et non avec l'étui comme chez les larves à étui. Jamais de branchie abdominale (mais des papilles anales exertiles). Il y a toujours un sclérite dorsal sur le neuvième segment abdominal (figs. 18.77, 18.78, 18.80, 18.81).

Étui fait d'éléments minéraux grossiers (par rapport à la taille de la larve), formant un dôme plus ou moins allongé. Cet étui présente deux ouvertures ventrales, la larve pouvant se retourner et apparaître à une ouverture ou à une autre ; il n'y a pas de ce fait d'ouverture antérieure ou postérieure. Cet étui est surdimensionné par rapport à la larve et il dépasse largement à l'avant, à l'arrière et sur les côtés ; de ce fait, vue par-dessus, la larve dans son étui n'est pas visible (rôle protecteur de l'étui). L'étui est reconstruit (et non agrandi) à chaque mue. Les éléments minéraux, reliés entre eux avec de la soie, ne sont pas jointifs et l'eau circule facilement entre eux (figs. 18.79, 18.82). Chez *Catagapetus,* la larve aménage en outre, en position dorsale, deux orifices coniques ("cheminées") d'entrée et de sortie d'eau (fig. 18.84).

La nymphose a lieu dans le dernier étui larvaire à l'intérieur d'un cocon en soie (cf. Rhyacophilidae). La majorité des espèces est monovoltine. Tous les Glossosomatidae sont racleurs de substrats, se nourrissant essentiellement de périphyton et notamment de Diatomées.

On distingue deux sous-familles d'après la sclérification du mésonotum.

5.4.1.1 – Sous-famille des Glossosomatinae (figs. 18.77, 18.78)

Méso et métanotum toujours membraneux. Région anale bordée de deux pièces sclérifiées arquées. Partie la plus large du pronotum (vue de dessus) au tiers antérieur. Jusqu'à 9 mm.

Un seul genre : *Glossosoma.*

5.4.1.2 – Sous-famille des Agapetinae

Toujours des taches sclérifiées sur le mésonotum et le métanotum. Pas de pièces sclérifiées arquées bordant la région anale. Partie la plus large du pronotum (vue de dessus) à la moitié ou au tiers postérieur. Jusqu'à 8 mm.

Il existe trois genres, mais la distinction entre les genres *Agapetus* et *Synagapetus* reste difficile (Stroot, 1989 ; Pitsch, 1993). D'après les indications de Pitsch (1993), la distinction entre les deux genres *Agapetus* et *Synagapetus* pourrait se faire grâce à une combinaison de deux caractères.

Agapetus (figs. 18.80, 18.81, 18.85, 18.86a, 18.87a)

La soie située au bord antéro-latéral du mésonotum n'est pas en contact avec la tache sclérifiée du mésonotum. La bande sombre étroite à l'arrière du pronotum n'atteint pas la suture médiane ; si elle l'atteint presque, alors il n'y a pas de soie au niveau des taches sclérifiées sur la face ventrale du deuxième segment abdominal ; si cette soie existe, elle est toujours plus courte que la soie située au bord antérieur.

Synagapetus (figs. 18.85, 18.86b, 18.87b)

La soie située au bord antéro-latéral du mésonotum n'est pas en contact avec la tache sclérifiée du mésonotum. La bande sombre étroite à l'arrière du pronotum atteint toujours la suture médiane ; il y a toujours une soie au niveau des taches sclérifiées sur la face ventrale du deuxième segment abdominal. Cette soie est aussi longue ou plus longue que la soie située au bord antérieur.

Catagapetus (fig. 18.83)

La soie située au bord antéro-latéral du mésonotum est en contact avec la tache sclérifiée du mésonotum (cette tache sclérifiée est de grande taille) (Camargo et Garcia de Jalon, 1987). Le genre *Catagapetus* est présent en Italie (Cianficconi et Moretti, 1991 ; Sorcetti-Corallini et Moretti, 1991) et en Corse et dans l'extrême sud-est de la France. L'étui de *Catagapetus* est pourvu dorsalement de deux courtes « cheminées » (fig. 18.84).

Une seule espèce : *C. nigrans*.

5.4.2 - Famille des Hydroptilidae (fig. 18.88, 18.90, 18.91 ; clés 18.C8, 18.C12)

Trichoptères généralement de petite taille (en moyenne 3 mm), les formes les plus grandes ne dépassent pas 6 mm (Marshall, 1979). Fait exceptionnel chez les Trichoptères, les larves changent d'habitus au cours de leur développement larvaire (Nielsen, 1948). Les larves des stades 1 à 4 sont allongées, pourvues de très longues soies ; des sclérites transversaux sont présents sur les tergites abdominaux. Les crochets anaux sont longs, faiblement arqués et portés par un prolongement de l'abdomen comme chez les Glossosomatidae. Ces larves ne construisent pas d'étui et sont parfois récoltées dans la zone superficielle des sédiments. Les larves de dernier stade sont de type éruciforme, avec un abdomen fortement renflé au niveau des segments 3, 4 et 5 ou 4, 5 et 6 ; les crochets anaux sont réduits (analogue à ceux des larves avec étui) et s'insèrent directement sur l'abdomen ; les trois notums thoraciques sont sclérifiés et, chez certains genres comme par exemple *Stactobia*, il y a des sclérites sur les tergites abdominaux, et toujours un sclérite dorsal sur le neuvième segment abdominal. Il n'y a pas de branchie abdominale, mais chez *Hydroptila* il y a, au-dessus des crochets anaux, deux prolongements translucides qui correspondent à des branchies.

Les étuis sont de forme variée à symétrie bilatérale souvent très marquée, avec en général un aplatissement latéral marqué (figs. 18.90, 18.91) (sauf chez *Stactobia*). Chez certains Hydroptilidae (par exemple *Agraylea*), l'étui rappelle une coquille de Bivalves ; la larve joint les deux bords ventraux avec de la soie. Lorsque la larve grossit, elle coupe cette liaison ventrale, ajoute de nouvelles couches de soie (comme un mollusque Bivalve ajoute de nouvelles couches de calcite), joint à nouveau les deux bords ventraux avec de la soie et reprend son activité. Chez d'autres (par exemple *Ithytrichia*) (fig. 18.100), la larve vit dans un étui en forme de bouteille aplatie à col étroit ; dans ce cas la larve allonge régulièrement la partie postérieure qui est aussi la partie la plus large.

La nymphose se fait directement dans l'étui. Contrairement à ce que l'on observe pour d'autres larves à étui, la larve ne construit pas de « grilles » d'entrée et de sortie, et les échanges se font directement à travers le « filtre » que représentent les parois de l'étui qui est soit exclusivement en soie, soit en soie mais avec incorporation d'éléments minéraux ou végétaux très fins. Ce type d'étui nymphal rappelle, fonctionnellement, celui des nymphes de Glossosomatidae et de Rhyacophilidae chez lesquelles les échanges se font à travers un cocon nymphal fait de soie.

Le développement est semble-t-il rapide pour les quatre premiers stades. Le cinquième correspond à une phase de croissance pondérale et d'accumulation des réserves. Il y a souvent hivernage au dernier stade. Le cycle est de type mono ou bivoltin. Tous les Hydroptilidae sont

ou herbivores ou détritivores. Le mode d'alimentation varie selon les genres. Il y a des espèces racleuses de substrat se nourrissant d'algues du périphyton et de débris organiques. Chez certaines espèces, les pièces buccales (labre et mandibules) sont modifiées pour percer les parois des cellules d'algues filamenteuses, ce qui permet à ces larves de se nourrir du contenu cellulaire (fig. 18.97d). Tous les Hydroptilidae sont inféodés à la végétation et plus particulièrement au périphyton. On peut donc les rencontrer aussi bien dans la végétation macrophytique que sur les pierres recouvertes d'un tapis algal.

L'identification n'est possible qu'avec des larves de dernier stade ; elle est basée à la fois sur la morpho-anatomie et la structure de l'étui. Il y a en France onze genres ; la larve de *Microptila* a été décrite récemment (voir Chapitre 21)..

Hydroptila

PI avec un processus tibial portant deux fortes épines et une structure en peigne (fig. 18.93 a). Trois prolongements translucides (branchies), deux au dessus des crochets anaux et un sous le sclérite dorsal du segment abdominal 9. Crochets anaux avec des pointes accessoires (fig. 18.88).

Étui aplati latéralement, ouverture en forme de fente (fig. 18.90). L'étui est composé de matériaux variés : minuscules particules minérales, débris d'algues, etc. Nourriture variable selon les espèces. Certaines se nourrissent de contenu cellulaire, d'autres de diatomées, d'autres de débris et de diatomées.

C'est le genre le plus important avec près de vingt espèces.

Agraylea

Même forme générale que chez *Hydroptila* mais absence de prolongements translucides au niveau des crochets anaux et du sclérite dorsal (fig. 18.92). Crochets anaux simples (fig. 18.92). Des taches (bandes sombres ou taches isolées sur le pro-, méso- et métanotum.

Étui toujours constitué de soie, recouvert d'algues filamenteuses (fig. 18.91). Nourriture à partir de contenu cellulaire.

Allotrichia (fig. 18.93c)

PI avec un processus tibial portant seulement deux fortes épines (fig. 18.93). Un lobe translucide au-dessous du sclérite dorsal du segment abdominal 9 (fig. 18.93). Epine basale de la griffe des PI aplatie et à bords crénelés. Pas de bande ou de tache sur le pro-, méso- et métanotum, teinte jaune uniforme. Étui de même forme que celui des *Hydroptila*, mais généralement uniquement fait de soie.

Une seule espèce : *A. pallicornis.*

Stactobiella (fig. 18.93b)

Morphologie proche d'*Agraylea*, pas de branchie. Griffes des pattes thoraciques coudées à angle droit. A la base de la griffe des pattes thoraciques, pas d'épine, mais un court bâtonnet à extrémité arrondie.

Étui du même type que ceux de *Agraylea.*

Une seule espèce : *S. risi* .

Orthotrichia

Abdomen à renflement régulier (aspect non boudiné comme chez *Hydroptila*). Un renflement latéral au niveau du deuxième segment abdominal. Labre asymétrique avec une pointe courte (fig. 18.96).

Étui uniquement fait de soie, constitué de deux pièces allongées renflées latéralement ;

dorsalement, présence de deux crêtes longitudinales (fig. 18.97). La larve perce les cellules des algues avec la pointe du labre et les mandibules (fig. 18.97d).

Stactobia

Larves avec des sclérites sur tous les tergites abdominaux (fig. 18.95a). Étui de forme voisine de celui d'*Orthotrichia* à aplatissement dorsoventral ; il est fait de soie avec éventuellement incorporation de minéraux fins, mais dépourvu de crêtes dorsales (fig. 18.95b et c). L'étui est fixé mais la larve peut se déplacer en coupant les fils qui le retiennent. Les larves vivent exclusivement en zone hygropétrique. Les larves raclent le substrat, se nourrissant d'algues microscopiques (non filamenteuses), de mycélium.

Oxyethira

Larve à abdomen fortement renflé avec PII et PIII longues par rapport aux PI. Tibia des PI avec une protubérance portant deux fortes épines (fig. 18.99a).

Étui entièrement fait de soie, aplati, en forme de bouteille avec un goulot étroit. La larve se nourrit du contenu des cellules algales et aussi de diatomées (fig. 18.99b et c).

Ptilocolepus

Un sclérite dorsal sur le premier tergite abdominal. Pattes courtes. Soies nombreuses et abondantes (fig. 18.94a).

Étui fait de soie avec incorporation de morceaux de feuilles de bryophytes (fig. 18.94b).

Une seule espèce : *P. granulatus*.

Tricholeiochiton

PII et PIII très longues et très grêles par rapport aux PI (cf. également *Oxyethira*), mais étui très différent (fig. 18.98a).

Étui entièrement fait de soie, largement ouvert aux deux extrémités (fig. 18.98b et c).

Une seule espèce : *T. fagesi*.

Ithytrichia

Larve portant sur les segments abdominaux trois à sept des lobes présentant des constrictions. Les pattes sont dans un rapport de longueur normal (autrement dit les PIII sont un peu plus longues que les PII, elles-même un peu plus longues que les PI) (fig. 18.100a).

Étui proche de celui de *Oxyethira*, mais la structure en bouteille est moins marquée (fig. 18.100b et c). La larve racle le substrat et se nourrit de diatomées.

GROUPE DES INTEGRIPALPIA

5.5 – SUPER-FAMILLE DES PHRYGANOIDEA

5.5.1 - Famille des Phryganeidae (clés 18.C8, 18.C10, 18.C21, 18.C22)

Excepté chez *Oligostomia* où il y a deux taches sclérifiées sur le mésonotum, tous les autres genres ont un mésonotum entièrement membraneux. Chez *Trichostegia*, il n'y a que deux mamelons latéraux sur le premier segment abdominal, tous les autres genres ont trois mamelons. L'extrémité des mamelons est acuminée. Présence d'une corne prosternale, de branchies abdominales toujours simples et d'un sclérite dorsal sur le neuvième segment abdominal. C'est dans cette famille que l'on rencontre les plus grands des Trichoptères (jusqu'à 40 mm de long

pour *Phryganea*) (figs. 18.101, 18.103).

L'étui est toujours fait d'éléments végétaux. Le plus souvent les éléments végétaux sont disposés en spirale, parfois la larve utilise un fragment de végétal (par exemple, une tige de graminée, une tige de prêle). La relation de la larve avec son étui est moins forte que pour d'autres formes à étui et la larve peut l'abandonner assez facilement lorsqu'elle est dérangée (fig. 18.102).

Le régime alimentaire est composé d'éléments végétaux et d'invertébrés. La capacité à capturer des invertébrés est à mettre en relation avec un certain prognathisme (que l'on retrouve chez les Hydropsychoidea), une grande mobilité de la tête par rapport au thorax et des PI pourvues d'épines qui pourraient faciliter la contention des proies. Le cycle vital est de type monovoltin. Les pontes sont des masses gélatineuses déposées sur les végétaux submergés.

Trichostegia (fig. 18.103)

Le seul genre chez lequel le mamelon dorsal est absent. Étui fait de plaques allongées (morceaux de végétal) disposées en spirale. Jusqu'à 18 mm.

Une seule espèce : *T. minor*.

Tous les genres qui suivent ont trois mamelons sur le premier segment abdominal.

Hagenella (fig. 18.104)

Tête et pronotum avec une coloration sombre uniforme. À l'apex du tibia des PI, une épine s'insérant directement sur le tibia. Étui fait de plaques allongées (morceaux de végétal) disposées en spirale. Jusqu'à 22 mm.

Une seule espèce : *H. clathrata*.

Oligostomis (fig. 18.110)

Deux taches sclérifiées sur le mésonotum. Deux bandes sombres convergentes sur la capsule céphalique. Étui fait de plaques allongées (morceaux de végétal) disposées en spirale. Jusqu'à 23 mm.

Une seule espèce : *O. reticulata*.

Oligotrichia (= Neuronia) (fig. 18.106)

Deux bandes sombres parallèles sur la tête et le pronotum. Étui fait d'éléments végétaux allongés disposés en spirale. Jusqu'à 22 mm.

Une seule espèce : *O. striata*

Agrypnia (figs. 18.107, 18.108, 18.109)

Tête présentant trois bandes sombres : deux latérales en partie sur les genae et une médiane sur l'apotome frontoclypéal. Si le prosternite (sternellum) est présent, la bande sombre sur l'apotome frontoclypeal atteint le bord de l'apotome (trois espèces), s'il est absent, la bande médiane sur l'apotome frontoclypéal dépasse à peine les yeux (*Agrypnia crassicornis*). En outre, chez cette dernière espèce, un processus branchiforme a lieu près des crochets anaux. À l'apex du tibia des PI une épine sur une saillie. Étui fait d'éléments végétaux rectangulaires (plaques) disposés en spirale. Jusqu'à 27 mm.

Phryganea (fig. 18.101)

Tête présentant trois bandes sombres : deux latérales en partie sur les genae et une médiane sur l'apotome frontoclypéal ; pas de prosternite (sternellum). Étui fait d'éléments allongés disposés en spirale. Jusqu'à 40 mm.

5.6 – SUPER-FAMILLE DES LIMNEPHILOIDEA

5.6.1 - Famille des Limnephilidae (clés 18.C8, 18.C16)

Les Limnephilidae représentent la plus importante famille de Trichoptères avec pour la faune de France *lato sensu* près de trente-quatre genres, et, pour le seul genre *Limnephilus*, près de trente-trois espèces. Paléontologiquement, c'est une famille qui s'est diversifiée à partir de l'Oligocène et pendant tout le Tertiaire avec colonisation des eaux courantes comme des eaux stagnantes. C'est la seule famille de Trichoptères présente en Islande. Quelques espèces sont présentes en milieu marin littoral, d'autres vivent dans des milieux temporaires. Une espèce (*Enoicyla pusilla*) s'est adaptée à la vie terrestre (ses larves se rencontrent dans la litière des sous-bois). Contrastant avec cette diversité écologique, les Limnephilidae constituent un groupe morphologiquement homogène. L'identification des larves, même au niveau générique, reste difficile et dans certains cas impossible.

Les caractères de la famille sont les suivants. Pro- et mésonotum complètement sclérifiés. Deux ou six (exceptionnellement cinq) sclérites sur le métanotum. Lorsqu'il n'y a que deux sclérites, il s'agit toujours des deux sclérites latéraux (sclérites en forme de croissant surmontant les sclérites basaux des PIII). Sur le premier segment abdominal, trois mamelons à extrémité arrondie. Toujours une corne prosternale (comme chez les Goeridae, les Phryganeidae et les Lepidostomatidae) (figs. 18.111, 18.112, 18.113).

Les Limnephilidae sont subdivisés en quatre sous-familles de taille très inégale : Apataniinae (un genre), Drusinae (six genres), Dicosmoecinae (un genre) et Limnephilinae (environ vingt-six genres) (clé 18.C16).

L'identification de ces différentes sous-familles ne pose pas de problème, pas plus que l'identification des genres dans la sous-famille des Drusinae. En ce qui concerne les Limnephilinae, on peut distinguer sans difficulté deux groupes de larves d'après la structure des branchies ; au-delà, il faut considérer des caractères nettement moins évidents qui permettent d'identifier quelques genres seulement. Selon les objectifs poursuivis, on pourra choisir de rester au niveau 1 (Limnephilinae), au niveau 2 (deux groupes), au niveau 3 (deux groupes et quelques genres).

Le cycle vital est de type monovoltin. Certaines espèces présentent une diapause larvaire en fin de développement et n'effectueront leur mue nymphale qu'à l'automne tandis que d'autres ont une diapause imaginale ; les adultes émergent au début de l'été, passent la saison estivale dans des grottes et vont pondre à l'automne. Les pontes ont lieu soit dans l'eau, soit hors de l'eau sur la végétation riveraine. Le développement postembryonnaire commence dans la ponte, et les larvules se laissent tomber dans l'eau où le développement se poursuit.

5.6.1.1 – Sous-famille des Apataniinae (clé 18.C16)

Pronotum faiblement et régulièrement bombé. Sur le métanotum, seuls sont présents les deux sclérites latéraux ; les sclérites médians antérieurs et postérieurs sont absents ; à leur emplacement se trouvent des touffes de soies. Branchies simples (un seul filament par faisceau). Étui sableux arqué avec des surcharges latérales, mais moins régulièrement disposées que chez les Goeridae. À l'avant de l'étui, une sorte d'auvent protégeant la tête et le thorax de la larve. Taille ne dépassant pas 12 mm, plus généralement 8 mm (fig. 18.115).

Un seul genre : *Apatania*.

5.6.1.2 – Sous-famille des Drusinae (clés 18.C16, 18.C17)

Pronotum fortement bombé à l'arrière formant une bosse soit à contour régulier, soit avec une rupture de pente plus ou moins marquée. Six sclérites sur le métanotum, les deux sclérites

médians antérieurs bien développés, les deux médians postérieurs souvent indistincts. Branchies simples (un seul filament par faisceau) (figs. 18.116, 18.117). Étui toujours sableux, court, cylindro-conique. Chez *Drusus discolor,* des éléments végétaux allongés sont ajoutés à l'étui. Cinq genres sont connus (Szczesny, 1978b), un sixième, présent en Italie (*Monocentra*), pourrait être également présent dans le sud-est de la France, mais n'est pas décrit ici faute de documents appropriés. Taille jusqu'à 15 mm, plus généralement 10 mm.

Drusus

Entre l'œil et la suture frontale, des soies, mais jamais d'épines courtes. Bosse du pronotum généralement à contour régulier, plus rarement une légère rupture de pente. Étui court, cylindroconique fait de sable (figs. 18.116, 18.117a et b, 18.118a, 18.121a).

C'est le genre de Drusinae le plus important avec au moins dix-huit espèces. Une espèce particulièrement originale peut être aisément identifiée : *Drusus discolor* (fig. 18.119). Un feutrage très dense de soies fines sur la capsule céphalique et le bord antérieur du pronotum. Premier sternite abdominal présentant une rangée de longues soies en position médiane. Étui fait de sable avec incorporation d'éléments végétaux allongés, assurant probablement la stabilité de l'étui face au courant. Cette espèce appartient à la guilde des filtreurs (Bohle, 1987), capturant le seston (et des invertébrés en dérive) avec ses pattes prothoraciques [phénomène de convergence avec *Oligoplectrum* et *Brachycentrus* (Brachycentridae)].

Ecclisopteryx (fig. 18.118b)

Entre l'œil et la suture frontale, des soies et des épines courtes. Bosse du pronotum soit à contour régulier soit avec une légère rupture de pente. Étui court, cylindroconique, fait de sable.

Cryptothrix (fig. 18.120)

Capsule céphalique, notums thoraciques et pattes de couleur noir. Deux fortes épines en avant et en arrière des yeux. Apotome frontoclypéal séparé des genae par un profond sillon. Bosse du pronotum à contour régulier. Fémur des PI très large portant de fortes épines. Sternite du premier segment abdominal portant une rangée de longues soies disposées sur une ligne. Alimentation du même type que celle de *D. discolor*. Étui court, cylindroconique fait d'élément minéraux aplatis formant un pavage.

Une seule espèce : *C. nebulicola.*

Metanoea (fig. 18.121b)

Entre l'œil et la suture frontale, des soies, mais jamais d'épines courtes (disposition analogue à celle de *Drusus*). Bosse du pronotum à contour régulier, faiblement bombée. Sternite du premier segment abdominal portant en position médiane une grande tache sclérifiée (chez les autres genres, les taches sont nombreuses et petites). Étui court, cylindroconique, fait de sable.

Anomalopterygella (= Anomalopteryx) (fig. 18.117c)

Entre l'œil et la suture frontale, des soies, mais jamais d'épines courtes (disposition analogue à celle de *Drusus*). Bosse du pronotum ressemblant à la partie postérieure d'une selle de cheval. Étui court, cylindroconique, fait de sable.

Une seule espèce : *A. chauviniana.*

5.6.1.3 – Sous-famille des Dicosmoecinae (clé 18.C16)

Pronotum avec un sillon au tiers antérieur comme chez les Limnephilinae. Six sclérites sur le métanotum. Faisceau branchial comportant plus de cinq filaments (généralement une dizaine, parfois plus). Étui arqué fait de petits fragments de feuilles imbriqués mais irrégulièrement agencés. À l'extrémité postérieure, un orifice circulaire. Taille jusqu'à 18 mm. (fig. 18.122).

Une seule espèce : *Ironoquia dubia*.

5.6.1.4 – Sous-famille des Limnephilinae (clés 18.C16, 18.C18)

Pronotum avec un sillon au tiers antérieur. Six (exceptionnellement cinq) sclérites sur le métanotum. Faisceaux branchiaux soit absents (pour le seul genre terrestre *Enoicyla*), comportant un seul filament (deux tribus Stenophylacini et Chaetopterygini) ou trois (exceptionnellement quatre) filaments (Limnephilini) (figs. 18.111, 18.112, 18.113).

La caractérisation des trois tribus est relativement aisée avec des adultes ; en ce qui concerne les larves, les caractères sont beaucoup plus subtils, et il est actuellement impossible de distinguer, sans risque d'erreur, les Stenophylacini des Chaetopterygini. Il existe une clé récente pour les Limnephilinae (Wallace *et al.*, 1990), mais elle ne concerne que la faune des Îles britanniques, or de nombreux autres genres sont présents en Europe continentale pour lesquels les larves ne sont pas connues. Waringer et Graf (1997) proposent une clé des espèces autrichiennes qui vient compléter celle de Wallace *et al.* (1990), mais les clés proposées permettent de distinguer plutôt des espèces que des genres ; en effet, la définition des genres chez les Limnephilidae reste souvent imprécise. Cependant certains genres sont suffisamment caractéristiques pour être identifiés relativement aisément. Voilà pourquoi, nous considérerons d'abord ces genres particuliers, laissant de côté les autres. Ces derniers genres ne pourront être identifiés qu'à partir de l'observation des genitalia des nymphes âgées ou des adultes issus d'élevage de larves âgées.

Les caractères donnés ci-après, largement basés sur la chétotaxie (nombre et disposition des soies), concernent des larves de dernier stade (cinquième) ; il est bien évident que cette chétotaxie est incomplète chez des larves plus jeune ; de ce fait, les risques d'erreur augmentent avec des larves de jeunes stades.

Les étuis sont faits, soit exclusivement d'éléments minéraux, soit exclusivement de végétaux, soit d'un mélange plus ou moins complexe des deux. D'une manière générale, les larves sont opportunistes et utilisent les matériaux qu'elles trouvent (fig. 18.114). Certains étuis peuvent ainsi être composés de coquilles de jeunes gastéropodes ou d'opercules de jeunes prosobranches. La forme comme la structure de l'étui peuvent rarement être utilisées comme critère d'identification, et ce d'autant plus que des larves appartenant à des genres différents peuvent construire des étuis très semblables, et inversement des larves appartenant à un même genre (par exemple *Limnephilus*) construisent des étuis constitués exclusivement d'éléments minéraux ou exclusivement d'éléments végétaux. Par ailleurs, au cours du développement postembryonnaire et en fonction des conditions de milieu, l'étui peut changer de composition. Pour des raisons encore mal expliquées, l'étui peut même changer de structure chez une même espèce (*Anabolia nervosa*) (fig. 18.132b et c). L'agencement des éléments est en général plutôt irrégulier ; on n'observe jamais d'étuis où les éléments végétaux ont une disposition en spirale régulière comme c'est le cas de certains genres de Phryganeidae ou du genre *Triaenodes* chez les Leptoceridae. Il n'y a jamais d'empilement régulier des éléments comme cela est le cas chez *Lepidostoma* (Lepidostomatidae) et *Brachycentrus* (Brachycentridae).

— Larves avec un seul filament branchial par faisceau (complexe Stenophylacini-Chaetopterygini). (fig. 18.123).

Hydatophylax (fig. 18.125)

Cinq sclérites sur le métanotum (les sclérites médians antérieurs sont fusionnés en une plaque unique). Sternite du premier segment abdominal portant en position médiane deux taches sclérifiées. Étui fait d'élément végétaux : bois et écorces. Taille jusqu'à 25 mm, étui jusqu'à 50 mm.

Une seule espèce : *H. infumatus*.

Tous les autres genres de Stenophylacini-Chaetopterygini ont toujours six sclérites.

Allogamus (fig. 18.123)

Des soies en avant du mamelon latéral du premier segment abdominal. Étui droit, étroit, fait d'éléments minéraux. Pas de soies proximales, outre la soie primaire, sur la face dorsale des fémurs des P II. Coloration sombre. Taille jusqu'à 17 mm.

Halesus (fig. 18.127a)

Des soies proximales, outre la soie primaire, sur la face dorsale des fémurs des P II. Tête de teinte claire avec nombreuses traces d'insertions musculaires. Pas de soies en avant du mamelon latéral du premier segment abdominal. Étui le plus souvent fait d'éléments végétaux parfois assez longs, par exemple des aiguilles de conifères (cf. aussi *Hydatophylax*). Taille jusqu'à 25 mm.

Melampophylax (fig. 18.126a)

Mandibules sans dent sur le bord interne (cf. Drusinae). Pas de soies en avant du mamelon latéral du premier segment abdominal. Étui arqué fait essentiellement d'éléments minéraux. Taille jusqu'à 15 mm.

Parachiona

Pas de frange (ligne) latérale. Espèce présente au niveau des sources et ruisselets ; elle peut se retrouver en milieu terrestre humide (parmi les *Caltha*). Taille jusqu'à 9 mm.

Une seule espèce : *P. picicornis*.

Les autres genres de ce groupe - probablement une dizaine de genres représentant environ une quarantaine d'espèces - se distinguent de ces cinq genres par la présence d'une frange latérale ; l'absence de soies proximales, outre la soie primaire, sur la face dorsale des fémurs des P II et par l'absence de soies en avant du mamelon latéral du premier segment abdominal.

— Larves avec trois (exceptionnellement quatre) filaments branchiaux par faisceau (caractère bien visible sur les segments abdominaux 2 et 3) (Limnephilini sauf *Mesophylax* qui est, d'après les caractères de l'adulte, un Stenophylacini). (fig. 18.128).

Anabolia (fig. 18.132)

Sur l'apotome frontoclypeal et les genae de grosses taches sombres à disposition caractéristique. Étui soit fait de sable avec système de « freins », soit uniquement avec des éléments végétaux disposés en chevron. Taille jusqu'à 23 mm ; étui avec « freins » jusqu'à 50 mm.

Mesophylax (fig. 18.129)

Jusqu'à quatre filaments branchiaux par faisceau ; des soies en position médiane sur le sternite métathoracique. Étui légèrement arqué fait de sable. Taille jusqu'à 17 mm.

Phacopteryx (= Anabolia) (figs. 18.130a, 18.114g)

Les deux épines ventrales des fémurs des PI sont de couleur différente (proximale jaune clair, distale noire). Étui végétal, triangulaire en coupe, constitué de feuilles découpées et disposées selon leur plus grand axe. Taille jusqu'à 14 mm.

Une seule espèce : *P. brevipennis*.

Nemotaulius (figs. 18.130b, 18.131, 18.114e et f)

Face dorsale de la capsule céphalique (cf également d'autres larves du genre *Limnephilus*),

avec une bande noire à bord parallèle sur l'apotome frontoclypéal. Les deux épines ventrales des fémurs des PI de même couleur (jaune clair). Étui fait de morceaux de feuilles recouvrant le tube retraite (cf également *Glyphotaelius*). Taille jusqu'à 32 mm.

Une seule espèce : *N. punctatolineatus*

Glyphotaelius (figs. 18.130a, 18.114e et f)

Les deux épines ventrales des fémurs des PI de couleur différente (proximale jaune clair, distale noire). Tête de teinte brunâtre homogène ; étui fait de feuilles découpées disposées comme chez *Nemotaulius* (cf. aussi certaines espèces de *Potamophylax*). Taille jusqu'à 23 mm.

Une seule espèce : *G. pellucidus*.

En dehors de ces cinq genres, il existe au moins quatre autres genres de Limnephilini, dont le genre *Limnephilus* avec trente-trois espèces.

5.6.2 - Famille des Goeridae (clés 18.C8, 18.C14)

Pronotum sclérifié avec bords latéraux antérieurs se prolongeant en une lame qui se termine en pointe. Mésonotum constitué de trois paires de sclérites jointifs, le sclérite latéral externe se prolonge par une lame ; une suture peut subdiviser le sclérite latéral interne. Métanotum avec trois ou quatre paires de sclérites. Trois mamelons sur le premier segment abdominal, le mamelon dorsal souvent peu visible. Des branchies avec de deux à trois digitations. Les pattes sont de longueur sensiblement identique terminées par une griffe arquée courte. Corne prosternale présente (figs. 18.133, 18.134).

L'étui est entièrement minéral, il comprend toujours des surcharges latérales faites d'éléments minéraux plus grossiers ; l'extrémité postérieure est fermée par une membrane de soie avec un orifice circulaire. La larve peut fixer de façon temporaire son étui au substrat (fig. 18.135).

Comme chez *Odontocerum*, les prénymphes et nymphes de Goeridae peuvent être parasitées par l'Hyménoptère *Agriotypus* (fig. 16.13).

On distingue, selon les auteurs, quatre (ou deux, cf. ci-après) genres.

Goera (fig. 18.136)

Apotome frontoclypéal avec un rétrécissement marqué au niveau des yeux. Zone médiane du pronotum avec une saillie lenticulaire portant de fines spinules. Sclérite latéral du mésonotum incomplètement séparé par une suture. Trois paires de sclérites sur le métanotum. Jusqu'à 13 mm.

Une seule espèce : *G. pilosa*.

Les trois genres suivants présentent les mêmes caractéristiques pour les points mentionnés ci-après : apotome frontoclypéal avec un décrochement au niveau des yeux séparant une partie antérieure très développée d'une partie postérieure réduite ; zone médiane du pronotum soit sans saillie lenticulaire, soit avec un léger renflement dépourvu de spinule ; sclérite latéral interne du mésonotum complètement séparé par une suture ; quatre paires de sclérites sur le métanotum.

Il est très difficile de séparer *Lithax obscurus* des différentes espèces de *Silo*, et *Silonella*. En revanche *Lithax niger*, avec la face dorsale et postérieure de la capsule céphalique profondément déprimée, est différente des autres espèces, mais ces différences sont plutôt spécifiques que génériques. Compte tenu de ces éléments, et d'autres aspects concernant les adultes, certains auteurs (Gall et Wiggins, 1992) considèrent que ces trois genres font partie du même genre *Silo*. Nous donnons cependant quelques caractères donnés par Grenier *et al.* (1969)

qui permettent de distinguer ces trois « genres ».

Silo (figs. 18.134, 18.137)

Capsule céphalique plus ou moins bombée. Étui avec surcharges latérales bien marquées. Pas de petits éléments minéraux sur la membrane postérieure. Jusqu'à 11 mm.

Lithax (figs. 18.137, 18.138, 18.139)

C'est le « genre » le moins caractérisé. Il est plus aisé de définir les caractères des deux espèces sivantes :

L. obscurus : capsule céphalique comme chez *Silo*, mais étui plutôt allongé avec des surcharges latérale peu marquées ; présence de petits éléments minéraux sur la membrane postérieure.

L. niger : Étui avec surcharges latérales bien marquées comme chez *Silo* ; présence de petits éléments minéraux sur la membrane postérieure. Capsule céphalique présentant une dépression ovalaire sur la face dorsale et postérieure.

Taille jusqu'à 9 mm.

Silonella (figs. 18.138, 18.139)

Partie postérieure de l'apotome frontoclypéal en saillie entourée d'une zone déprimée en fer à cheval ouverte vers l'avant (probablement caractère spécifique et non générique). Une rangée transversale de nodosités au milieu de l'apotome. Étui plutôt allongé comme chez *Lithax obscurus* mais pas de petits éléments minéraux sur la membrane postérieure. Taille jusqu'à 9 mm.

Une espèce endémique de Corse : *S. aurata.*

5.6.3 - Famille des Lepidostomatidae (clés 18.C8, 18.C15)

Pas de mamelon dorsal sur le premier segment abdominal, seulement des mamelons latéraux dont l'extrémité est aplatie latéralement. Antennes situées très près de l'œil (et non à mi-distance entre le bord antérieur de la capsule céphalique et l'œil comme chez les autres Limnephiloidea). Pro- et mésonotum sclérifiés, métanotum avec une paire de sclérites latéraux et deux paires de taches sclérifiées en position médiane (une paire antérieure, une paire postérieure). Présence d'une corne prosternale. Branchies abdominales présentes constituées d'une unique digitation.

Jeunes larves avec un étui cylindroconique fait d'éléments minéraux. Cet étui garde les mêmes caractéristiques jusqu'à la nymphose chez *Lasiocephala basalis*. Chez les deux autres genres, les larves, au fur et à mesure de leur croissance, ajoutent à leur étui minéral des éléments végétaux fait d'un empilement de morceaux de bois ou d'écorce subcarrés ; elles coupent alors l'extrémité postérieure, si bien que l'étui, chez les larves de dernier stade, est fait uniquement d'éléments végétaux (fig. 18.145). Chez *Brachycentrus* (Brachycentridae), l'étui est également à section externe quadrangulaire, mais la structure des éléments (en baguette chez *Brachycentrus*, subcarrée chez *Lepidostoma* et *Crunoecia*) permet de les différencier.

Lepidostoma

Tache sclérifiée médiopostérieure du métanotum avec une seule soie, comme la tache médioantérieure. Bord postérieur du mésonotum avec seulement 5 à 6 soies en position latérale et deux soies en position médiane (fig. 18.143). Étui des larves de dernier stade à section quadrangulaire (fig. 18.145d,e,f) (exceptionnellement, cet étui peut être entièrement minéral comme ceux de *Lasiocephala* [Stroot, 1989]). Taille jusqu'à 11 mm. .

Une seule espèce : *L. hirtum.*

Lasiocephala

Tache sclérifiée médiopostérieure du métanotum avec une seule soie, comme la tache médioantérieure. Bord postérieur du mésonotum avec de très nombreuses soies (fig. 18.144b). Étui arqué cylindroconique constitué au dernier stade exclusivement d'éléments minéraux (fig. 18.145b). Taille jusqu'à 9 mm.

Deux espèces dont une très commune : *L. basalis.*

Crunoecia

Tache sclérifiée médiopostérieure du métanotum avec de nombreuses soies ; tache médioantérieure avec une seule soie. Bord postérieur du mésonotum avec de très nombreuses soies (fig. 18.144c) (Waringer et Graf, 1996). Étui des larves de dernier stade à section quadrangulaire (fig. 18.145c). Taille jusqu'à 7 mm.

5.6.4 - Famille des Brachycentridae (clés 18.C8, 18.C14)

Pas de mamelon sur le premier segment abdominal, mais parfois une paire de renflements latéraux sur le huitième segment abdominal. Pronotum sclérifié avec une crête transversale, mésonotum constitué de deux à quatre sclérites jointifs. Quatre sclérites sur le métanotum, les deux médians parfois réduits et peu visibles. Branchies abdominales présentes (*Brachycentrus* ou *Oligoplectrum*) ou absentes (*Micrasema*) (figs. 18.146, 18.148). Étuis de forme variée : soit faits d'éléments végétaux allongés et empilés, section externe quadrangulaire (*Brachycentrus*), soit étuis cylindroconiques faits d'éléments minéraux (*Oligoplectrum* et certaines espèces de *Micrasema*), soit faits exclusivement de soie ou avec incorporation de divers éléments fins (d'autres espèces de *Micrasema*) (figs. 18.147, 18.149).

Les larves de *Micrasema* sont racleuses de substrat se nourrissant d'algues et de fins débris ; *Oligoplectrum* et *Brachycentrus* sont filtreurs, capturant avec leur PII et PIII (fig. 18.146b) le seston qui est entraîné ; ils capturent ainsi des algues, des débris et des invertébrés en dérive.

Oligoplectrum

Le fémur des PII et PIII est deux fois plus long que le tibia. Un tubercule portant un éperon à l'extrémité du tibia (fig. 18.146d). Face dorsale de la capsule céphalique avec un rebord marqué et une coloration caractéristique. Partie postérieure des deux sclérites médians du mésonotum formant une ligne brisée (fig. 18.146). Étui cylindroconique rectiligne très allongé fait d'éléments minéraux (beaucoup de mica) (fig. 18.147d). Les larves se regroupent à l'avant des pierres face au courant, fixant leur étui les unes aux autres. Taille jusqu'à 11 mm, mais étui jusqu'à 18 mm.

Une seule espèce : *O. maculatum (= Brachycentrus maculatus).*

Brachycentrus

Fémurs des PII et PIII deux fois plus long que le tibia. Un tubercule portant un éperon à l'extrémité du tibia comme chez *Oligoplectrum* (fig. 18.146d). Face dorsale de la capsule céphalique régulièrement arrondie sans rebord marqué et de coloration uniforme. Partie postérieure des deux sclérites médians du mésonotum formant une ligne droite. Étui fait d'un empilement d'éléments végétaux allongés. Section externe de l'étui quadrangulaire (fig. 18.147a, b,c). Les larves sont installées en grand nombre face au courant sur les pierres, sur les branches immergées ou sur les hydrophytes (Burmeister, 1991). Taille jusqu'à 12 mm.

Micrasema

Fémurs des PII et PIII aussi long que le tibia. Pas de tubercule portant un éperon à l'extrémité du tibia, seulement une forte soie (fig. 148a, e). Sur le mésonotum, de deux à quatre

sclérites (fig. 148b et d). Étui toujours cylindroconique, constitué soit exclusivement d'éléments minéraux fins avec une membrane postérieure percée d'un orifice circulaire, ou uniquement de soie ou de soie avec quelques éléments minéraux ou organiques fins ; membrane postérieure percée alors d'un orifice multilobé (fig. 18.149). Les larves sont racleuses de substrat, se nourrissant notamment de diatomées. Jusqu'à 10 mm.

Les larves peuvent être déterminées à l'espèce (Décamps, 1970 ; Verneaux, 1972).

5.6.5 - Famille des Uenoidae (= Thremmatidae) (clé 18.C8)

Vineyard et Wiggins (1988), se fondant sur une étude globale (Amérique du Nord, Europe et Japon) de plusieurs genres à affinité incertaine, considèrent que le genre européen *Thremma* présente des affinités avec d'autres genres appartenant à la famille des Uenoidae ; cependant, en raison de différences avec les autres genres d'Uenoidae, ils estiment que le genre *Thremma* appartient à la sous-famille des Thremmatinae à l'intérieur des Uenoidae.

La larve a une forme générale trapue, la plus grande largeur se situe au niveau du premier segment abdominal. Le pronotum est sclérifié, le mésonotum constitué de trois paires de sclérites jointifs. Le métanotum présente deux paires de sclérites. Il y a trois mamelons sur le premier segment abdominal qui ventralement porte une paire de bosses, portant elles-mêmes un petit sclérite (figs. 18.140, 18.141). L'étui est fait d'élément minéraux fins et ressemble à une coquille d'Ancyle (fig. 18.142). Taille jusqu'à 6 mm.

Les *Thremma* se rencontre uniquement en altitude, vers 1 000 m, et généralement dans les massifs anciens (Pyrénées, Massif central et Corse).

Deux espèces en France (Giudicelli, 1971) : sur le continent *T. gallicum*, en Corse *T. sardoum*.

5.7 – SUPER-FAMILLE DES LEPTOCEROIDEA

5.7.1 - Famille des Leptoceridae (clés 18.C8, 18.C25)

Pro- et mésonotum sclérifiés, métanotum membraneux. Antennes à la base des mandibules souvent longues (pour un Trichoptère) et pourvues d'un article (fig. 18.150) (cf. également l'espèce *Beraeodes minutus,* Beraeidae) (fig. 18.169). Fémurs des PII et PIII divisés en deux parties (une petite partie sclérifiée au niveau de l'articulation trochantéro-fémorale et une longue partie distale) (fig. 18.151). Pour certains genres seulement (par exemple *Triaenodes*), cette division concerne également le tibia. Trochanter des PIII presque aussi long que le fémur (contrairement à ce que l'on observe chez les Sericostomatidae ou *Beraeode,* où le trochanter ne représente que le tiers ou le quart de la longueur du fémur) (fig.18.151). Dans presque tous les cas, les PIII sont de deux à trois fois plus longues que les PI (caractère que l'on retrouve également chez *Beraeodes minutus* et chez les Sericostomatidae) ; les PIII sont dressées et dirigées vers l'avant. Le pleurite sur lequel s'articule les PIII est allongé et présente une disposition horizontale (et non oblique comme chez les autres Trichoptères) (fig. 18.150a et b). Sauf chez *Ceraclea*, la griffe des PIII est longue, effilée et légèrement arquée.

Deux ou trois mamelons. Les mamelons latéraux portent parfois un sclérite et toujours une plage avec des spinules (fig. 18.150a et b). Présence ou absence de branchies abdominales ; lorsque celles-ci sont présentes, elles sont soit simples, soit constituées de plusieurs digitations. La taille des larves au dernier stade ne dépasse pas 15 mm ; beaucoup de genres ne dépassent pas 10 mm, mais l'étui peut être beaucoup plus long.

Étui de forme et de composition variées selon les genres (et parfois même selon les espèces) (figs. 18.153, 18.160, 18.161).

Il y a cinq stades larvaires. La nymphose se fait dans l'étui larvaire, mais celui-ci reste ouvert à l'arrière, ce qui fait que les pièces de l'exuvie larvaire tendent à être expulsées de l'étui

par les mouvements abdominaux de la nymphe. On ne peut donc établir une correspondance larve-adulte qu'à partir d'élevages de larves de dernier stade. La nymphe possède de longues antennes dont l'extrémité est enroulée autour de l'extrémité postérieure de la nymphe (fig. 18.152).

L'adulte est caractérisé par ses très longues antennes qui dépassent largement la longueur du corps. Coloration assez terne sauf pour les mâles de *Mystacides azurea* de coloration bleu nuit.

La systématique des Leptoceridae a subi plusieurs modifications au cours de ces deux dernières décennies : division notamment de l'ancien genre *Athripsodes* en *Athripsodes stricto sensu* et *Ceraclea* (Morse, 1975), subdivision de l'ancien genre *Triaenodes* en *Triaenodes stricto sensu* et *Ylodes* (Manuel et Nimmo, 1984). Il est donc important, lorsque des documents antérieurs à 1975 sont consultés, de vérifier si les espèces indiquées comme appartenant aux genres *Athripsodes* ou *Triaenodes* appartiennent effectivement à la nouvelle définition de ces genres (cf. les deux références ci-dessus). Dans le genre *Athripsodes*, certains auteurs ont créé un genre (*Homilia*) pour *l'espèce A. leucophaeus* ; nous conservons cette espèce, dont la larve n'a pas été décrite, dans le genre *Athripsodes*. Il existe onze genres, les larves de dix genres ont été décrites ; la larve de *Parasetodes respersella* n'est pas connue.

Athripsodes

Épaississement noirâtre disposé obliquement sur le mésonotum. Antenne courte pour un Leptoceridae d'un seul article. Apotome ventral de forme triangulaire. Toujours une bandelette sclérifiée disposée obliquement sur le mamelon latéral du premier segment abdominal (fig. 18.150). Présence de branchies abdominales. Étui allongé légèrement arqué uniquement fait d'éléments minéraux (fig. 18.153). Jusqu'à 15 mm.

Ceraclea (fig. 18.154)

Épaississement noirâtre disposé obliquement sur le mésonotum. Antenne courte pour un Leptoceridae d'un seul article. Apotome ventral de forme hémisphérique. Toujours une bandelette sclérifiée disposée obliquement sur le mamelon latéral du premier segment abdominal. Présence de branchies abdominales. Étui soit de forme arquée, soit fait d'éléments minéraux (région antérieure dorsale formant comme un auvent au-dessus de la tête de la larve), soit fait de soie incorporant quelques rares éléments minéraux ou des débris (notamment chez les formes spongillicoles). Jusqu'à 12 mm.

Leptocerus (fig. 18.161)

Antenne longue d'un seul article. PIII portant sur les trochanters, fémurs, tibias et tarses, de longues soies (adaptation à la nage). Tibia des PII avec ventralement des denticulations ; griffe des PII arquée terminée par deux dents. Pas d'épaississement noirâtre disposé obliquement sur le mésonotum. Pas de branchie abdominale. Étui long, cylindroconique, soit fait uniquement de soie, soit de soie incorporant quelques éléments minéraux très fins. Jusqu'à 10 mm (mais étui jusqu'à 15 mm).

Mystacides (fig. 18.157)

Antenne longue d'un seul article. Mamelon dorsal présent, mamelons latéraux avec un sclérite étroit et incurvé, et une plage avec spinules. Tibia et tarse des PIII divisés en deux parties. Pas de branchie abdominale. Étui fait d'éléments minéraux et de débris incorporant toujours des éléments végétaux allongés (comme chez le Limnephilidae *Anabolia*). Jusqu'à 12 mm.

Oecetis (fig. 18.155)

Antennes longues ou courtes selon les espèces. Le complexe palpe maxillaire-galéa est long

et dépasse la tête. Mandibules allongées (une seule lame au bord interne), avec une dent aiguë à l'apex (adaptation à un régime prédateur) ; labre portant des touffes de soies. Pas d'épaississement noirâtre disposé obliquement sur le mésonotum. Mamelon dorsal présent. Présence de branchies abdominales. Étui fait d'éléments minéraux ou de débris végétaux ; dans ce dernier cas, l'étui présente généralement une face ventrale aplatie et une face dorsale bombée. Jusqu'à 15 mm.

Setodes (fig. 18.156)

Antenne longue d'un seul article. Mamelon dorsal présent, mamelons latéraux presque ventraux avec une plage de spinules. Extrémité postérieure avec soit un système complexe de lames sclérifiées, arquées et dentées prolongeant latéralement le neuvième segment abdominal (*Setodes punctatus*), soit une à deux rangées de fortes épines (Coppa etTachet, 2005). Présence de branchies abdominales simples. Étui cylindrique, légérement arqué, uniquement fait de sable. Nourriture composée de débris, d'algues et d'invertébrés. Jusqu'à 10 mm.

Triaenodes (fig. 18.160)

Antenne longue d'un seul article. Tibia des PIII en deux parties. Présence de branchies abdominales simples. Pas d'épaississement noirâtre disposé obliquement sur le mésonotum. Mamelon dorsal présent, mamelons latéraux comprenant une plage avec spinules. PIII portant sur les trochanters, fémurs, tibias et tarses de longues soies (adaptation à la nage). Tarse des PIII avec deux franges (antérieure et postérieure) de longues soies. Étui cylindroconique fait d'éléments végétaux disposés en spirale (comme chez les Phryganeidae, mais la forme de l'étui est beaucoup plus cylindro-conique). Jusqu'à 13 mm (mais étui jusqu'à 20 mm).

Ylodes (fig. 18.160)

Ancien sous-genre de *Triaenodes*, élevé au rang de genre (Manuel et Nimmo, 1984) avec les espèces suivantes : *Y. conspersus*, *Y. reuteri*, *Y. kawraiskii* et *Y. simulans*. La plupart des caractères sont ceux de *Triaenodes*, mais le caractère suivant peut être utilisé pour distinguer les deux genres : tarse des PIII avec une seule frange (postérieure) de longues soies. Étui du même type que *Triaenodes*. Jusqu'à 13 mm.

Adicella (fig. 18.158)

Antenne longue d'un seul article. Mamelons latéraux avec un sclérite droit relativement large et sombre et une plage avec spinules. Tête de coloration rouge orange ou portant des bandes rouge orange. Étui soit arqué fait de soie avec incorporation d'éléments minéraux fins, soit droit fait d'éléments végétaux allongés plus ou moins décomposés et disposés en spirale (comme chez *Ylodes* et *Triaenodes*). Jusqu'à 8 mm.

Erotesis (fig. 18.159)

Antenne longue d'un seul article. PIII avec des soies, mais pas de longues soies comme chez *Triaenodes*. Coloration de la capsule céphalique caractéristique avec une bande claire médiane et deux bandes sombres latérales divergeant vers l'arrière. Pas de sclérite sur le mamelon latéral, uniquement des spinules. Étui droit, fait d'éléments végétaux étroits disposés en chevron, plutôt qu'en spirale. Jusqu'à 10 mm.

Une seule espèce : *E. baltica*.

5.7.2 - Famille des Molannidae (clés 18.C8, 18.C15)

Pronotum sclérifié, mésonotum également sclérifié mais présentant chez *Molannodes*, outre la suture médiane, une ligne suturale transversale ; chez *Molanna*, la sclérification est moins accentuée, et la suture transversale simplement marquée par une différence de coloration.

Présence de branchies abdominales avec deux, trois ou quatre digitations. Tibia des PI se terminant par un tubercule portant une forte épine. PIII longues et relativement grêles (un peu comme chez les Leptoceridae), mais griffe des PIII terminée soit par une structure conique portant de nombreuses soies courtes (*Molanna*), soit par une structure très allongée portant de nombreuses soies courtes et une épine basale allongée (*Molannodes*). Il y a trois mamelons sur le premier segment abdominal ; le mamelon dorsal est très développé (fig. 18.162a, b, c, e et f).

L'étui qui est fait d'éléments minéraux et de fins débris organiques est en forme de bouclier avec ventralement une structure tubulaire, correspondant à l'étui, flanquée d'expansions latérales. L'étui de *Molanna* comporte plus d'éléments minéraux que celui de *Molannodes* qui est souvent composé presque exclusivement de fins débris organiques (fig. 18.162d).

Molanna (fig. 18.162e)

Mésonotum sclérifié présentant, outre la suture médiane, une ligne suturale transversale simplement marquée par une différence de coloration. Présence de branchies abdominales avec deux, trois ou quatre digitations. Griffe des PIII terminée par une structure conique portant de nombreuses soies courtes. Taille jusqu'à 18 mm.

Molannodes (fig. 18.162a, b, f)

Mésonotum sclérifié présentant, outre la suture médiane, une ligne suturale transversale. Présence de branchies abdominales avec une ou deux digitations. Griffe des PIII terminée par une structure très allongée portant de nombreuses soies courtes et une épine basale allongée. Taille jusqu'à 12 mm.

Une seule espèce : *M. tinctus.*

5.7.3 - Famille des Odontoceridae (clé 18.C8)

Bord ventral du pronotum prolongé à l'avant par une pointe. Mésonotum totalement sclérifié, métanotum avec quatre sclérites : deux sclérites latéraux arrondis, un sclérite antérieur quadrangulaire et un sclérite postérieur s'amincissant aux deux extrémités (ce sclérite postérieur manque chez les jeunes stades). Sur l'apotome frontoclypéal on trouve une tache caractéristique en forme de X. Pas de corne prosternale. Branchies abdominales présentes, chacune constituée de multiples digitations (fig. 18.163a, b, c et d).

Étui arqué fait de sable. Surface de l'étui rugueuse. Il y a toujours un grain de sable obturant partiellement la partie postérieure de l'étui (fig. 18.163e).

Larve avec des tendances fouisseuses. Les prénymphes et nymphes sont parfois parasitées par la larve d'*Agriotypus* (Hyménoptères) (fig. 16.13). Espèce monovoltine. Taille jusqu'à 18 mm.

Une seule espèce : *Odontocerum albicorne.*

5.7.4 - Famille des Calamoceratidae (clé 18.C8)

Une rangée transversale de soies sont dressées sur le labre (caractère commun à tous les Calamoceratidae). Pronotum sclérifié, se prolongeant antérieurement et latéralement par une pointe. Trochantin avec une pointe arquée et dressée. Mésonotum avec deux sclérites faiblement sclérifiés ; deux taches sclérifiées à chaque angle antérieur du méso- et métanotum. Mamelon dorsal bien développé, mamelons latéraux cylindriques avec des spinules. Des branchies avec de deux à quatre digitations (fig. 18.166a, b, c). Taille jusqu'à 17 mm.

Étui fait d'éléments végétaux (bois) avec quelques éléments minéraux (fig. 18.166d et e).

L'espèce est présente dans le Roussillon, le Languedoc, le Massif central et en Bretagne (Coppa et Tachet, sous-presse).

Une seule espèce : *Calamoceras marsupus.*

5.8 – SUPER-FAMILLE DES SERICOSTOMATOIDEA

5.8.1 - Famille des Sericostomatidae (clés 18.C8, 18.C20)

Le pronotum est normalement sclérifié, mésonotum faiblement sclérifié, avec un grand sclérite dorsal séparé d'un petit sclérite latéral par une suture ; métanotum membraneux ou très faiblement sclérifié ; sur le mésonotum et le métanotum, on trouve des rangées de soies couchées longues, fines et dirigées vers l'avant (chez les larves de jeunes stades, le mésonotum est membraneux, mais les longues soies couchées sont présentes). Sur le premier segment abdominal, les deux mamelons latéraux de forme allongée portent une brosse ovalaire de soies courtes. Présence de branchies abdominales constituées de une, deux ou trois digitations. Taille jusqu'à 17 mm (fig. 18.164a, b, c et d).

Étui légèrement arqué, entièrement minéral, fait d'éléments plats soigneusement arrangés à la manière d'une mosaïque donnant un aspect lisse à l'étui. L'étui est fermé à l'arrière par une membrane en soie percée d'un orifice circulaire ou allongé en forme de fente (fig. 18.164e).

Le nombre de stades larvaires est de six (ou sept) avec un cycle vital complexe caractérisé par la présence des derniers stades pendant toute l'année. La larve a des tendances fouisseuses (comme *Odontocerum*). Ses longues soies sur le thorax et les pattes constituent peut-être une adaptation à cette vie fouisseuse.

Les Sericostomatidae forment un groupe morphologiquement très homogène. Quatre genres sont présents en France.

Notidobia (fig. 18.165 b,)

Face dorsale de la capsule céphalique faiblement bombée, bords anguleux. Angle antérieur ventral du pronotum arrondi (larves de dernier stade). Trochantin avec une courte pointe dirigée vers le haut. Brosse latérale sur le premier segment abdominal avec un petit sclérite.

Une seule espèce : *N. ciliaris.*

Oecismus (fig. 18.165 a, e)

Face dorsale de la capsule céphalique relativement bombée à bords anguleux, seulement dans la partie antérieure. Angle antérieur ventral du pronotum avec une pointe courte, trochantin dépourvu de pointe. Mésonotum plus sombre à l'avant qu'à l'arrière, petit sclérite latéral très pigmenté. Brosse latérale sur le premier segment abdominal dépourvue de sclérite.

Une seule espèce : *O. monedula.*

Sericostoma (figs. 18.164, 18.165 c, d)

Face dorsale de la capsule céphalique relativement bombée à bords anguleux, seulement dans la partie antérieure. Angle antérieur ventral du pronotum prolongé par une pointe (larves de dernier stade), pointe du trochantin peu développée, faiblement arquée vers le haut. Selon les individus (ou les espèces ?), mésonotum très teinté ou translucide, suture séparant le sclérite principal du petit sclérite latéral presque droite. Brosse latérale sur le premier segment abdominal avec un petit sclérite.

Schizopelex (figs. 18.165 c, d)

Face dorsale de la capsule céphalique relativement bombée à bords anguleux, seulement dans la partie antérieure. Angle antérieur ventral du pronotum prolongé par une pointe (larves de dernier stade), pointe du trochantin bien développée, fortement arquée vers le haut (comme chez *Calamoceras*). Suture séparant le grand sclérite dorsal du mésonotum du petit sclérite latéral présentant une sinuosité marquée. Brosse latérale sur le premier segment abdominal avec un petit sclérite.

L'espèce décrite est *S. festiva* (espèce espagnole), remplacée dans les départements pyrénéens par *S. furcifera* dont la larve est inconnue, mais les caractères donnés ci-dessus sont probablement génériques.

5.8.2 - Famille des Beraeidae (clés 18.C8, 18.C24)

Pronotum entièrement sclérifié. Mésonotum partiellement sclérifié. Famille hétérogène avec trois groupes de genres.

a) *Beraea*, *Ernodes* et *Beraeamyia*. Pronotum avec une expansion latérale au bord ventral antérieur. Au-dessus des pygopodes, une paire de tubercules portant chacun une soie forte et longue (celle-ci passe à travers l'ouverture postérieure de l'étui) (fig. 18.168). Étui du même type que celui des Sericostomatidae, fermé à l'arrière par une membrane de soie, celle-ci percée d'une ouverture ovalaire (fig. 18.168b, e et j). Taille maximale jusqu'à 10 mm, souvent pas plus de 6 mm.

b) *Beraeodina*. Genre proche des précédents, mais au-dessus des pygopodes on ne trouve pas de tubercule portant chacun une soie forte et longue.

c) *Beraeodes*. Pronotum sans expansion latérale antérieure ; griffe des PIII plus longue ou aussi longue que le tarse. Antennes longues comme chez les Leptoceridae (fig. 18.169). Jusqu'à 10 mm.

Beraea (fig. 18.168 a, c, d, e, f)

Expansion latérale au bord ventral antérieur du pronotum large et arrondie. Capsule céphalique de coloration rouge orangé. Extrémité de l'apotome frontoclypéal en pointe. Membrane postérieure de l'étui sans renflement. Tubercule portant la soie dorsale court. Taille jusqu'à 10 mm.

Beraeamyia (fig. 18.168g)

Mêmes caractères généraux que *Beraea*, mais extrémité de l'apotome frontoclypéal arrondie. Taille jusqu'à 6 mm.

Une seule espèce : *B. squamosa*.

Ernodes (fig. 18.168 h, i, j)

Expansion latérale au bord ventral antérieur du pronotum étroite et en pointe émoussée. Membrane postérieure de l'étui avec un renflement rejetant l'ouverture vers le bas. Capsule céphalique de coloration rouge orangé. Tubercule portant la soie dorsale allongé. Taille jusqu'à 5 mm.

Beraeodina (fig. 18.168k)

Pronotum sclérifié avec expansion latérale élargie au bord ventral antérieur (moins saillante que chez *Beraea*). Soies sur la face dorsale de la capsule céphalique et du pronotum abondantes. Au-dessus des pygopodes, pas de tubercule portant chacun une soie forte et longue (c'est donc une différence avec le groupe *Beraea* et *Beraeamyia*). Étui fait d'éléments minéraux fins, du même type que celui de *Beraeodes minutus*. Jusqu'à 8 mm.

Une seule espèce endémique de Corse (Giudicelli et Botosaneanu, 1996) : *B. palpalis*.

Beraeodes (fig. 18.169)

Habitus de Leptoceridae. Pronotum sans expansion latérale antérieure, griffe des PIII plus longue que le tarse. PIII dirigées vers l'avant, mais trochanter nettement plus court que le fémur, ce qui permet de différencier *Beraeodes* des Leptoceridae. Des taches noires plus ou moins fusionnées sur le pronotum. Face dorsale de la capsule céphalique aplatie, très sombre.

Antennes bien visibles et longues comme chez les Leptoceridae. Étui long, faiblement arqué, fait de fins éléments minéraux, (analogue à celui de certains *Athripsodes*, Leptoceridae). Taille jusqu'à 10 mm.

Une seule espèce : *B. minutus*.

5.8.3 - Famille des Helicopsychidae (clé 18.C8)

Pro et mésonotum sclérifiés, métanotum membraneux. Huitième segment abdominal avec une rangée latérale de spinules. Crochet des pygopodes avec une rangée de dents et une dent proximale bifide. L'étui est caractéristique avec sa structure hélicoïdale, mais la larve ne présente aucune asymétrie. Taille maximale (diamètre de l'étui) 5 à 6 mm (fig. 18.167).

Une espèce endémique de Corse (Chardard, 1947) : *Helicopsyche revelieri*.

RÉFÉRENCES

Bohle H. W. 1987. Drift-fangende Köcherfliegen-larven unter den Drusinae (Trichoptera: Limnephilidae). *Entomol. Gener.* 12 : 119-132.

Buholzer H. B. 1978. Larvenmorphologie und Verbreitung der schweizerischen *Rhyacophila*-Arten (Trichoptera, Rhyacophilidae). Dissertation ETH Zürich n° 6177, 151 p.

Burmeister E. G. 1991. Der Massenflug von *Brachycentrus subnubilus* Curtis, 1834 in Passau im Mai 1990 (insecta, Trichoptera, Brachycentridae). *Nachrbl. bayer.* Ent. 40 : 20-23.

Camargo J. A. et Garcia de Jalon D. 1987. Principales caracteristicas morfologicas de los generos ibericos de la familia glossosomatidae (Trich.) en sus ultimos estadios larvarios. *Bol. assoc. esp. entom.* 11 : 215-220.

Chardard R. 1947. La larve d'*Helicopsyche revelieri* Mac Lachlan. Trichoptères Sericostomatidae. *Bull. soc. sc. Nancy*, 5-6 : 7-13.

Cianficconi F. et Moretti G. P. 1991. Biologia, morfologia e geonemia di *Catagapetus nigrans* McL. *Memorie della Societa entomologica italiana*, 70 : 239-244.

Coppa G., Robé A. et Letet Y. Nouvelles données sur la répartition en France de *Paduniella vandeli* Décamps 1965 [Trichoptera, Psychomyiidae] et première description de la larve Ephemera (sous presse).

Coppa G. et Tachet H. 2005 (2007). Redescription de la larve de *Setodes viridis* (Fourcroy, 1785) et considérations sur les larves de *Setodes* européens (Tripchoptera, Leptoceridae). *Ephemera*, 7 (2) : 63-84.

Coppa G. et Tachet H. *Calamoceras marsupus* Brauer 1865 (Tricrhoptera, Calamoceratidae) in France : a rediscovered species. Denisia (sous presse).

Décamps H. 1970. Les larves de Brachycentridae (Trichoptera) de la faune de France. Taxonomie et écologie. *Annales limnol.*, 6 : 51-73.

Döhler W. 1950. Zur Kenntnis der Gattung *Rhyacophila* im mitteleuropäischen Raum (Trichoptera). *Arch. hydrobiol.* 44 : 271 - 293.

Edington J. M. et Hildrew A. G. 1995. *A revised key to the caseless caddis larvae of the British Isles with notes on their ecology*. F.B.A., 53, 134 p.

Faessel B. 1985. Les Trichoptères. *Bulletin français de pêche et pisciculture*, 299 : 41 p.

Gall W. K. et Wiggins G. B. 1992. Phylogenetic studies in the Limnephiloidea (Trichoptera). Abstract *in* 7th international Symposium on Trichoptera, Umea, Sweden.

Giudicelli J. 1971. Monographie du genre *Thremma*, Trichoptera, Thremmatidae. *Annales limnol.*, 7 : 125-139.

Giudicelli J. et Botosaneanu L. 1996. Contribution to the study of the Corsican-Sardinian endemic Caddis Fly *Beraeodina palpalis* Mosely (Insecta : Trichoptera: Beraeidae). *Reichenbachia*, 31 : 209-215.

Graf W., Murphy J., Zamora-Munoz C. & Lopez-Rodriguez M.J. 2008. Distribution and Ecological Preferences of European Freshwater Organisms. Volume I : Trichoptera. Schmidt-Kloiber A. & D. Hering (Editeurs). Pensoft Publishers (Sofia-Moscow) : 388 p.

Grenier S., Decamps H. et Giudicelli J. 1969. Les larves de Goeridae (Trichoptera) de la faune de France. Taxonomie et écologie. *Annales. limnol.*, 5 : 129-161.

Lepneva S.G. 1964. (traduction en anglais en 1970) *Trichoptera* .vol. 1 – *Larvae and pupae of Annulipalpia*, 638 p. vol. 2 – *Larvae and pupae of Integripalpia*, 700 p. In *Fauna of the USSR*, Israël program Sci. Transl., Jerusalem.

Li J.Y., Morse J.C. et Tachet H. 2001. Pseudoneureclipsinae in Dipseudopsidae (Trichoptera : Hydropsychoidea), with description of two species of *Pseudoneureclipsis* from East Asia. *Aquatic insects*, 23,2 :107-111.

Malicky H. 2004. *Atlas of European Trichoptera*. 2° Edition. Springer, Dordrecht, 359 p.

Manuel K. L. et Nimmo A. P. 1984. The caddisfly genus *Ylodes* in North America (Trichoptera: Leptoceridae). In : *Proceedings of the 4th international Symposium on Trichoptera*, J. C. Morse (éd.), Clemson, 219-224.

Marshall J. E. 1979. A review of the genera of the Hydroptilidae (Trichoptera). *Bulletin of the British Museum (Natural History). Entomology series*, 39 : 135-239.

Moretti G. P. 1983. *Tricotteri (Trichoptera)*. C.N.R., 19 : 155 p.

Morse J. C. 1975. A phylogeny and revision of the caddisfly genus *Ceraclea* (Trichoptera, Leptoceridae). *Contr. Am. Ent. Inst.*, 11 : 1-97.

Nielsen A. 1948. Postembryonic development and biology of the Hydroptilidae. *Biologiske Skrifter det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab.*, 5 : 1-200.

Pitsch T. 1993. *Zur Larvaltaxonomie, Faunistik und ökologie mitteleuropäischer Fliesswasser-Köcherfliegen (Insecta : Trichoptera)*. Technische Universität Berlin, S8, 318 p.

Sedlack E. 1985. *Bestimmungsschlüssel für mitteleuropäischer Köcherfliegen (Insecta, Trichoptera)*. Traduit du tchèque en allemand (avec commentaires) par Waringer, J. *Wasser und Abwasser*, 29 : 146 p.

Sorcetti-Corallini C. et Moretti G. P. 1991. Morfologia, alimentazione, parassiti e predatori della larva di *Catapetus nigrans* McL. *Memorie della Societa Entomologica Italiana*, 70 : 225-238.

Stroot P. 1989. Essai de valorisation de collections existantes de macroinvertébrés à des fins de synécologie et de typologie des eaux courantes par utilisation d'analyses multivariées. Exemple des Trichoptères du bassin mosan wallon. Thèse, université Namur, 203 p.

Stroot P., Tachet H. et Dolédec S. 1988. Les larves *d'Ecnomus tenellus* et d'*E. deceptor* (Trichoptera, Ecnomidae) : identification, distribution, biologie et écologie. *Bijdragen tot de Dierkunde*, 58 : 259-269.

Sukatcheva I. D. 1989. Historical development of the order of Trichoptera. In : *Proceedings of the 6th International Symposium on Trichoptera*. C. Tomaszewski (éd.), Adam Mickiewicz university press, pp. 441-445.

Szczesny B. 1978a. Larvae of the genus *Philopotamus* Stephens 1829 (Insecta : Trichoptera) in Poland. *Acta hydrobiol.*, 20 : 55-61.

Szczesny B. 1978b. Larvae of the subfamily Drusinae (Insecta: Trichoptera) from the Polish part of the Carpathian Mts. *Acta hydrobiol.*, 20 : 35-53.

Tachet H., Morse J. C. et Berly A., 2001. *Pseudoneureclipsis* Ulmer 1913 (Trichoptera: Hydropsychoïdea) new genus for France. *Aquatic Insects*, 23,2 : 93-106.

Verneaux J. 1972. La larve de *Micrasema setiferum* Pictet (Trichoptères Brachycentridae). Description et données écologiques. *Annales limnol.* 12 : 7-16.

Vineyard R. N. et Wiggins G. B. 1988. Further revision of the caddisfly family Uenoidae (Trichoptera) : evidence for inclusion of Neophylacinae and Thremmatidae. *Systematic Entomology*, 13 : 361-372.

Wallace I. D., Wallace B. et Philipson G. N. 1990. « *A Key to the case-bearing caddis larvae of Britain and Ireland* ». F.B.A., 51, 237 p.

Waringer J. 1985. The larva of *Metanoea rhaetica* Schmid, 1955 (Trichoptera : Limnephilidae : Drusinae) from a small Austrian Mountain Brook. *Aquatic insects*, 7 : 243-248.

Waringer J. et Graf W. 1996. A key to fifth instar larvae of the Austrian Lepidostomatidae (Insecta : Trichoptera), including a description of *Crunoecia kempnyi* Morton, 1901. *Aquatic Insects*, 18 : 29-35.

Waringer J. et Graf W. 1997. *Atlas der Österreischischen Köcherfliegenlarven*. Facultas Universitatätsverlag, Wien, 286 p.

Weaver III J. S. et Morse J. C. 1986. Evolution of feeding and case-making behavior in Trichoptera. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 5 : 150-158.

Wiggins G. B. 1977 – *Larvae of the North american caddis fly genera (Trichoptera)*. Univ. Toronto Press, Toronto, 401 p.

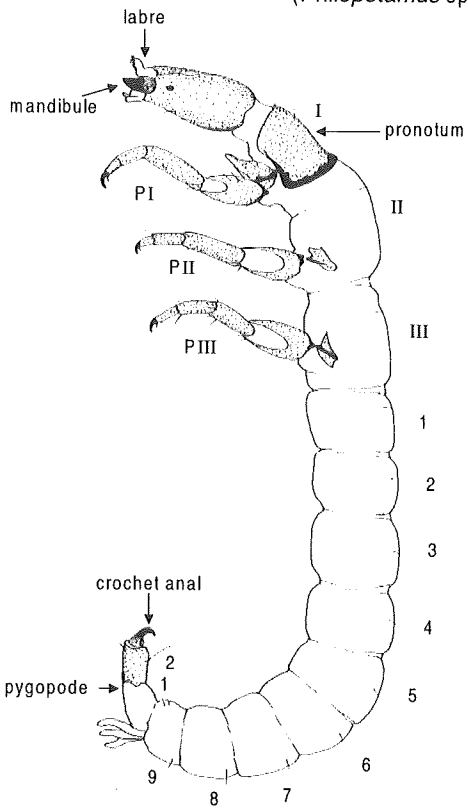
Wiggins G. B. 1996. *Larvae of the North american caddis fly genera (Trichoptera)*. 2e éd. Univ. Toronto Press, Toronto, 457 p.

Wiggins G. B. et Wichard W. 1989. Phylogeny of pupation in Trichoptera, with proposals on the origin and higher classification of the order. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 8 : 260-276.

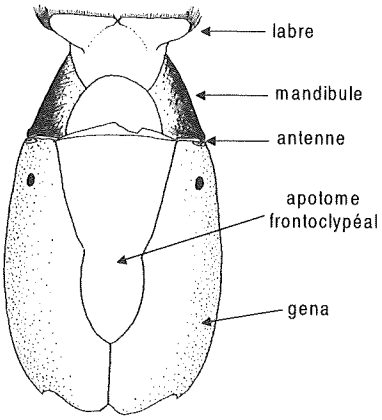
O. Trichoptères

Larve

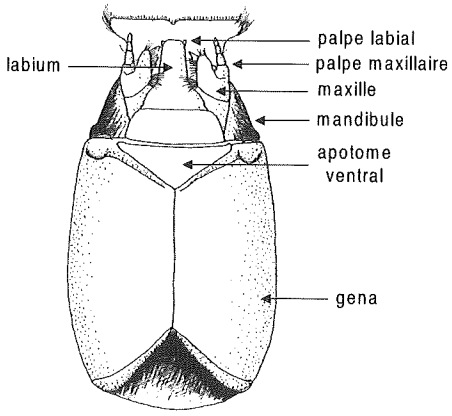
(*Philopotamus* sp., F. Philopotamidae)



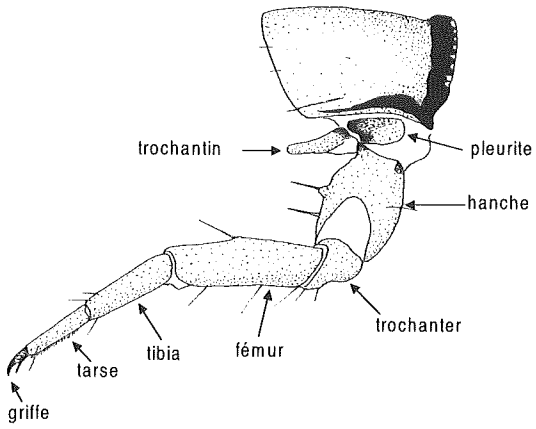
18.1 - Larve vl



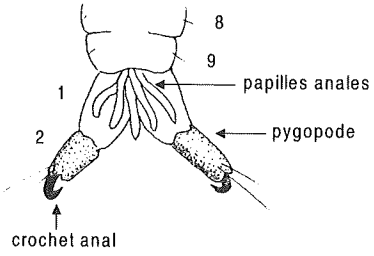
18.2 - Capsule céphalique vd



18.3 - Capsule céphalique vv



18.4 - Prothorax et PI vl

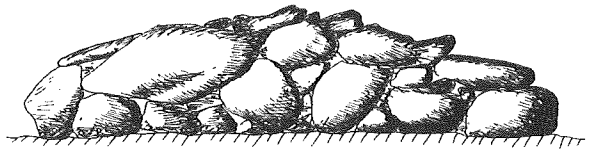


18.5 - Extrémité de l'abdomen vd

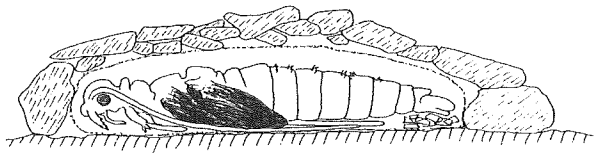
O. Trichoptères

Nymphe

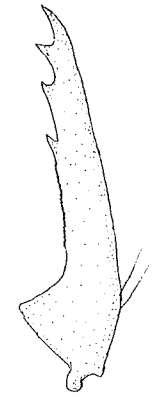
(*Philopotamus* sp., F. Philopotamidae)



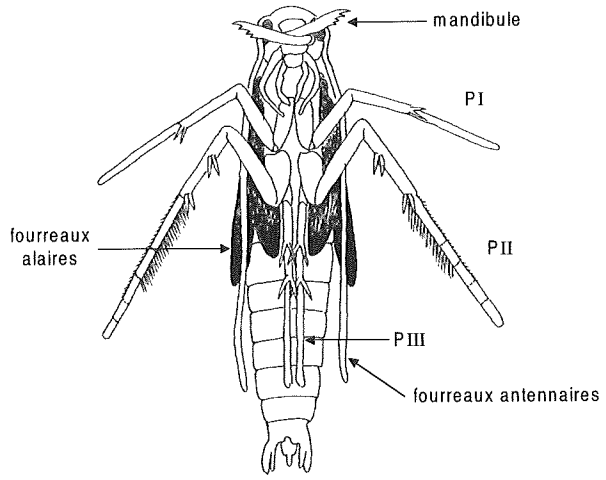
18.6 - Cocon nymphal vl



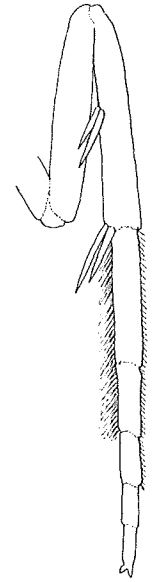
18.7 - Cocon nymphal (en coupe) vl
Nymphe visible vl



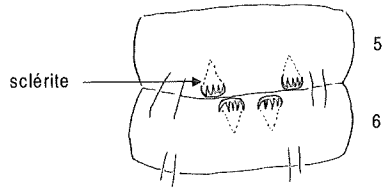
18.9 - Mandibule vv



18.8 - Nymphe ayant quitté le cocon



18.10 - PII vv



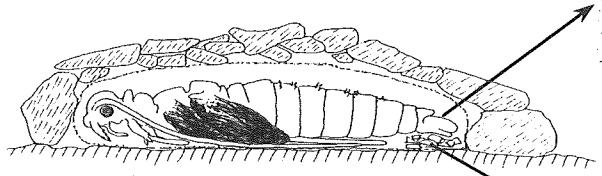
18.11 - Abdomen vd

O. Trichoptères

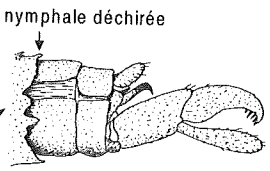
Nymphe et adulte

(*Philopotamus* sp., F. Philopotamidae)

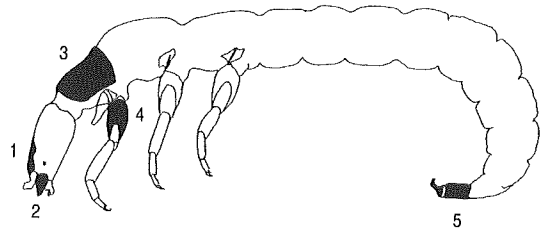
Identification des nymphes



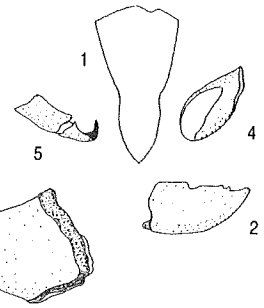
18.12 - Nymphe dans son cocon



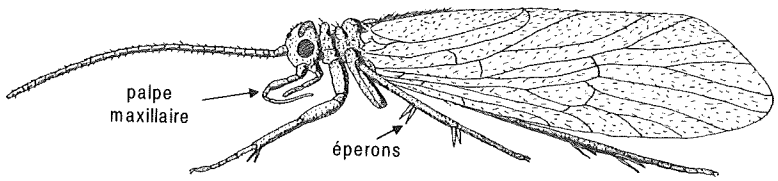
18.13 - Génitalia mâle vl
(*P. montanus*)



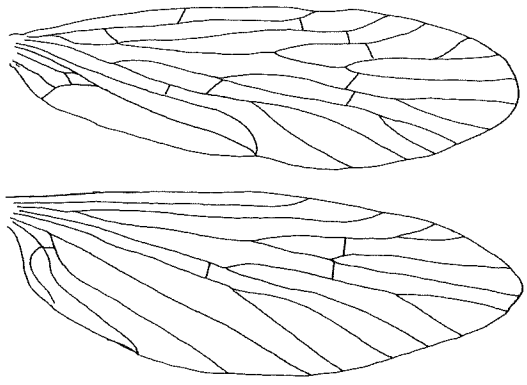
18.15 - Position des sclérites larvaires (ici 1 à 5) sur la larve vl



18.14 - 5 sclérites de l'exuvie larvaire abandonnés dans le cocon



18.16 - Adulte vl

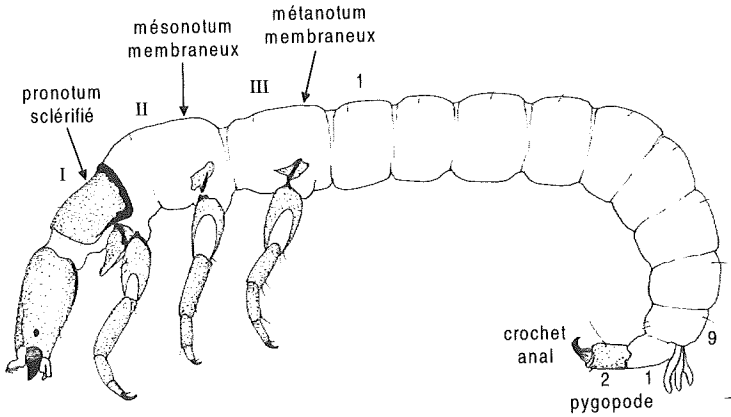


18.17 - Ailes

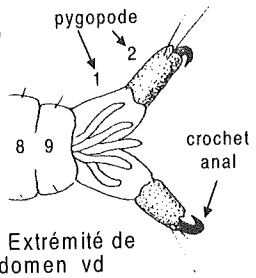
O. Trichoptères

Larve sans étui et larve à étui

Larve sans étui

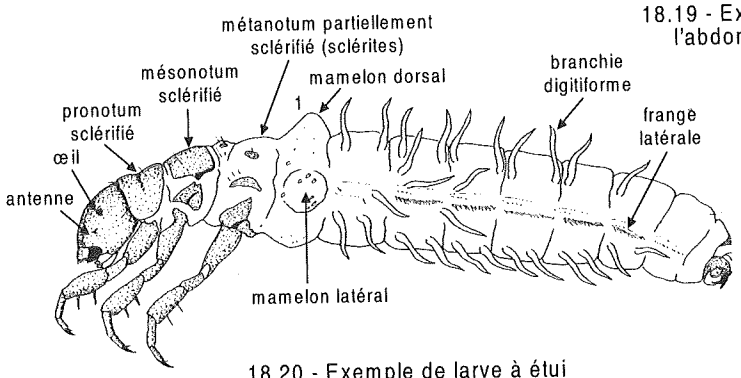


18.18 - Exemple de larve sans étui (*Philopotamus*, Philopotamidae) vl

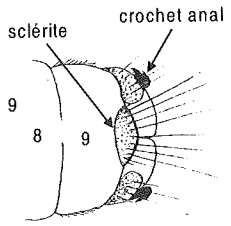


18.19 - Extrémité de l'abdomen vd

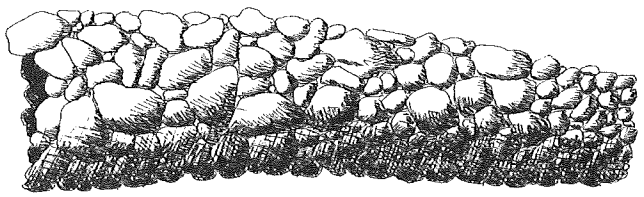
Larve à étui



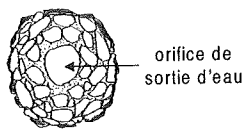
18.20 - Exemple de larve à étui (Limnephilinae, Limnephilidae) vl



18.21 - Extrémité de l'abdomen vd



18.22 - Étui de la larve 18.20 vl

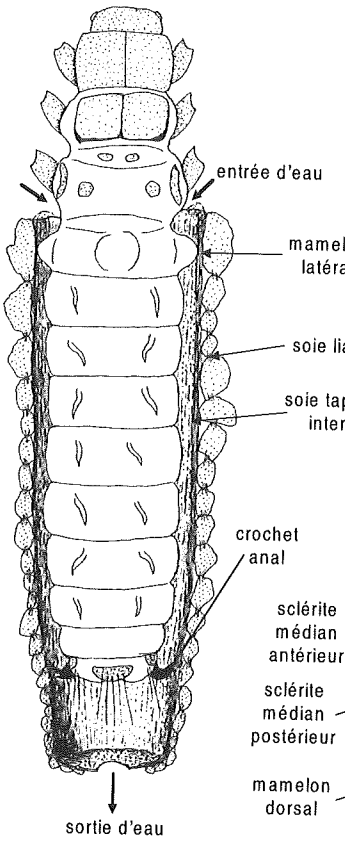


18.23 - Extrémité postérieure de l'étui vp

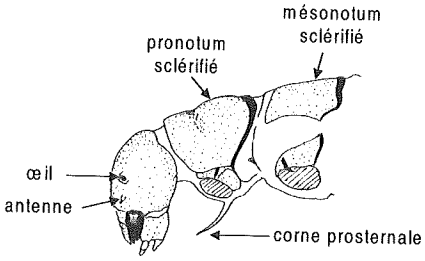
O. Trichoptères

Larve à étui

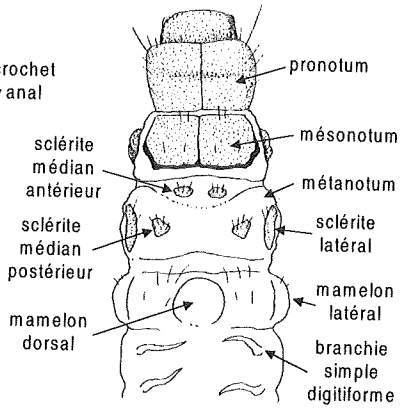
(Limnephilinae, Limnephilidae)



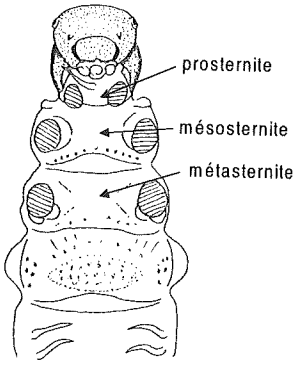
18.24 - Larve (18.20) dans son étui coupé longitudinalement. vd



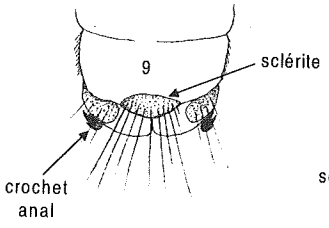
18.25 - Larve, région antérieure, PI et PII coupées vl



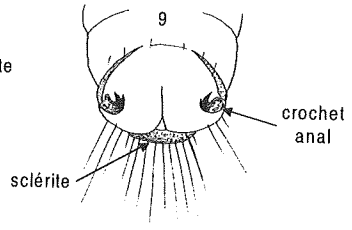
18.26 - Larve région antérieure vd



18.27 - Larve région antérieure, pattes coupées vv

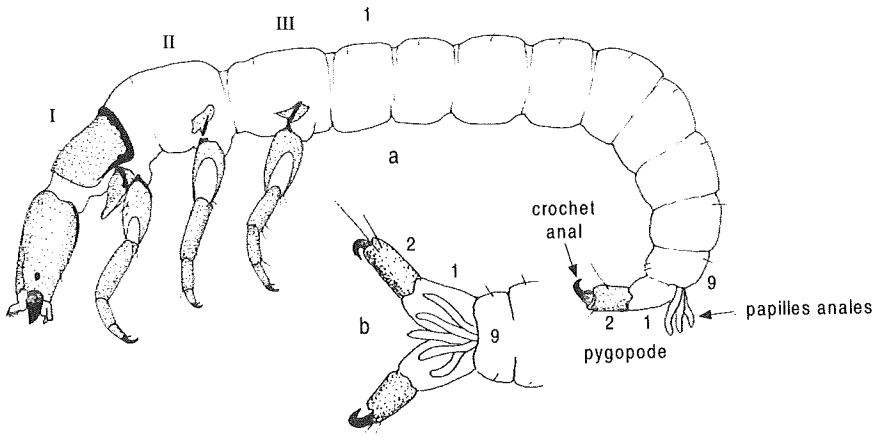


18.28 - Larve, extrémité postérieure de l'abdomen vd

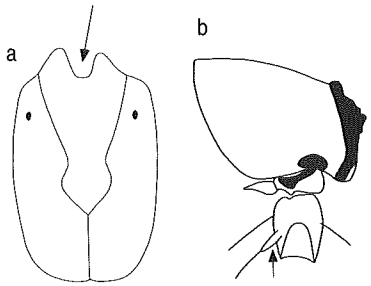


18.29 - Larve, extrémité postérieure de l'abdomen vv

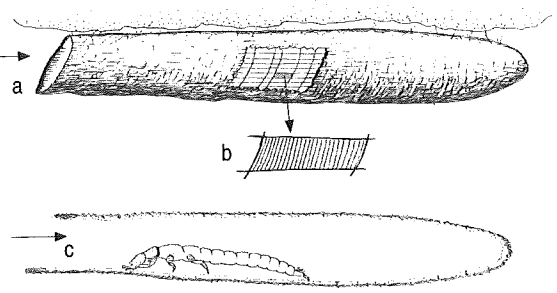
F. Philopotamidae



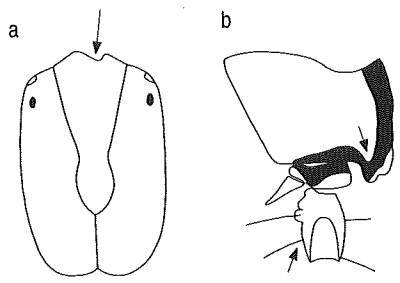
18.31 - a : larve, vl ; b : extrémité postérieure de l'abdomen, vd



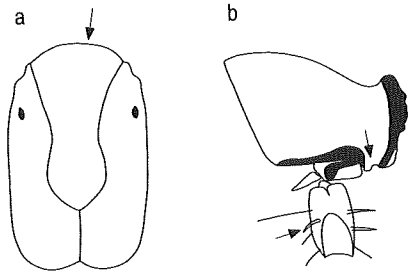
18.33 - *Chimarra.* a : capsule céphalique, vd;
b : prothorax et hanche, vl



18.32 - a : filet, vl, une fenêtre a été pratiquée montrant le maillage interne ; b : détail d'une maille rectangulaire avec maillage transversal ; c : coupe longitudinale dans le filet

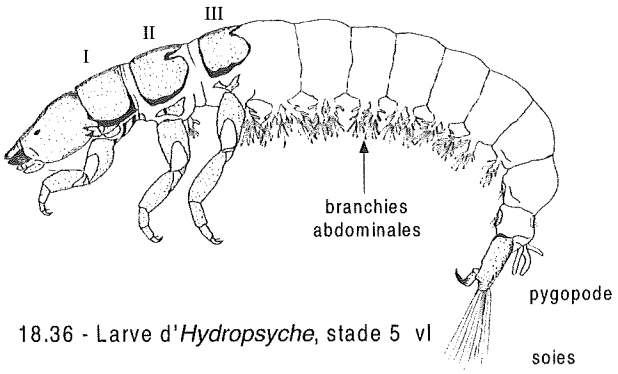


18.34 - *Philopotamus.* a : capsule céphalique, vd ;
b : prothorax et hanche, vl

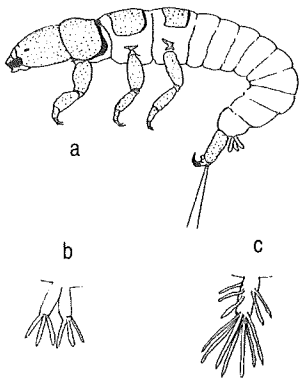


18.35 - *Wormaldia.* a : capsule céphalique, vd ;
b : prothorax et hanche, vl ;

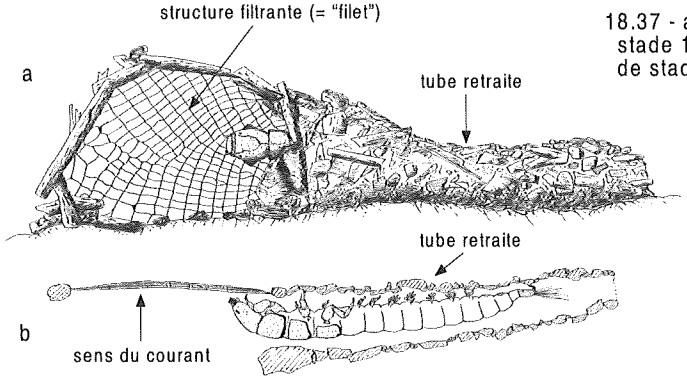
F. Hydropsychidae



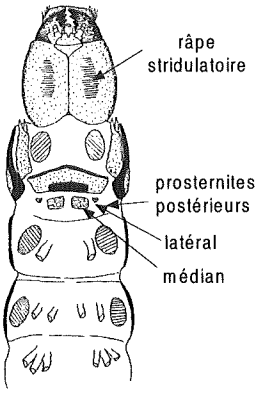
18.36 - Larve d'*Hydropsyche*, stade 5 vl



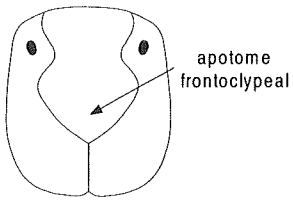
18.37 - a : Larve d'*Hydropsyche* de stade 1 vl ; b : branchie de larve de stade 2 ; c : branchie de larve de stade 3, 4 ou 5



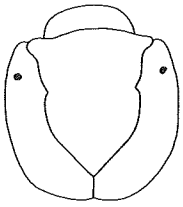
18.38 - Larve d'Hydropsychidae dans son tube retraite. a : vue latérale antérieure ; b : coupe longitudinale vd



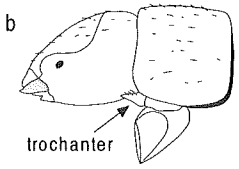
18.39 - Larve d'*Hydropsyche*, région antérieure. PI, PII et PIII coupées vv



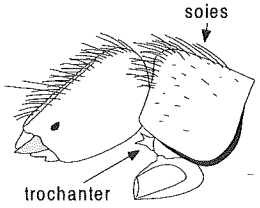
a



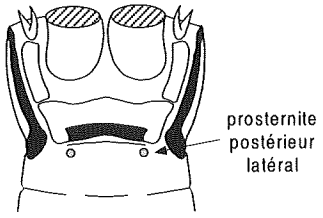
18.42 - *Hydropsyche*. Capsule céphalique vd



18.41 - *Diplectrona*. a : capsule céphalique vd ; b : tête et prothorax vl

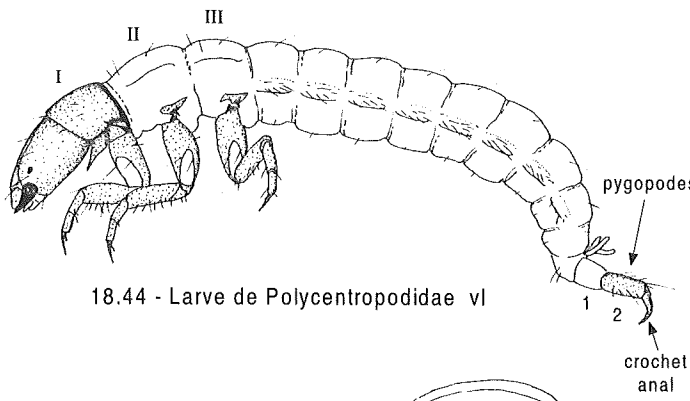


18.43 - *Cheumatopsyche* Tête et prothorax vl

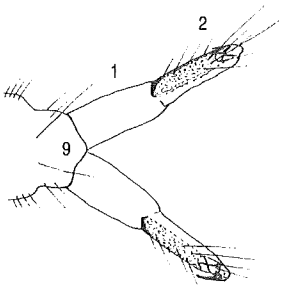


18.40 - Larve de *Cheumatopsyche*, prothorax vv

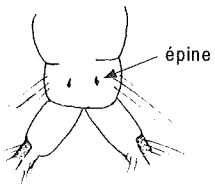
F. Polycentropodidae



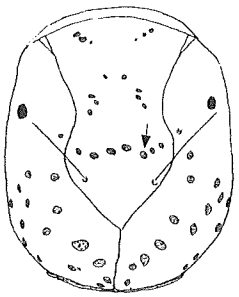
18.44 - Larve de Polycentropodidae vl



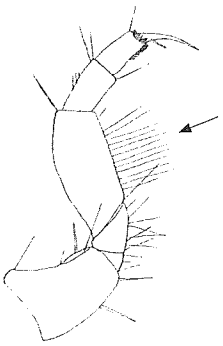
18.45 - Larve de Polycentropodidae pygopodes vd



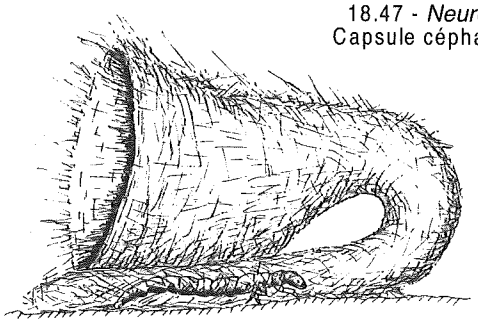
18.46 - *Neureclipsis.* Extrémité postérieure vv



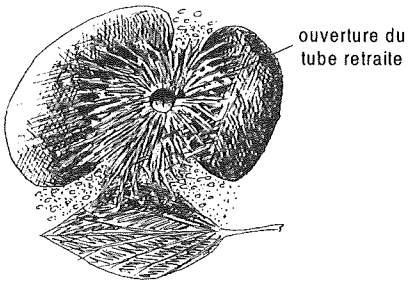
18.47 - *Neureclipsis.* Capsule céphalique vd



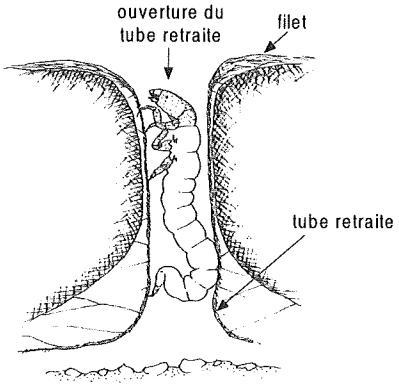
18.48 - *Neureclipsis.* PI vp



18.49 - Filet de *Neureclipsis* vl

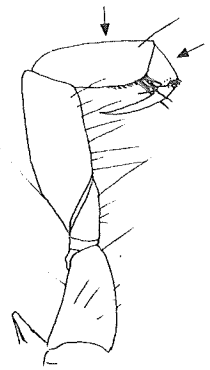


18.50 - Filet de *Plectrocnemia* vd

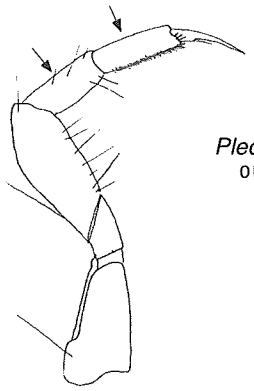


18.51 - Larve de *Plectrocnemia* dans son filet, cl

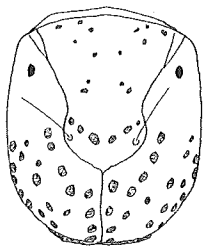
F. Polycentropodidae 2



18.52 - PI de *Polycentropus*



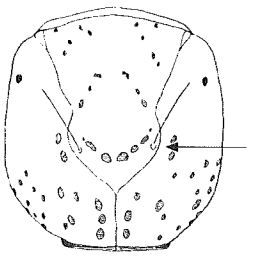
18.53 - PI de *Plectrocnemia, Cyrnus* ou *Holocentropus*



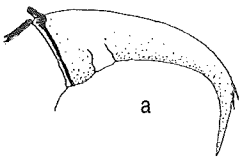
18.54 - Capsule céphalique de *Polycentropus* vd

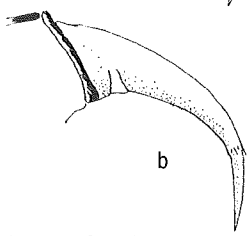


18.56 - Crochet anal de *Plectrocnemia* vl

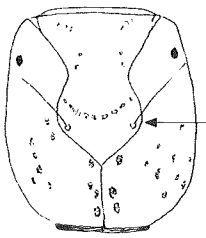


18.55 - Capsule céphalique de *Plectrocnemia* vd

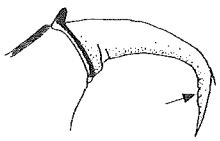




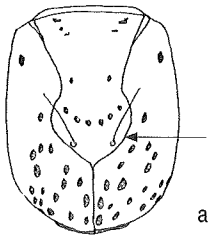
18.57 - Crochets anaux de *Polycentropus* (a et b) ou *Holocentropus* (a) vl

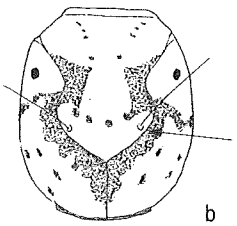


18.58 - Capsule céphalique de *Holocentropus* vd



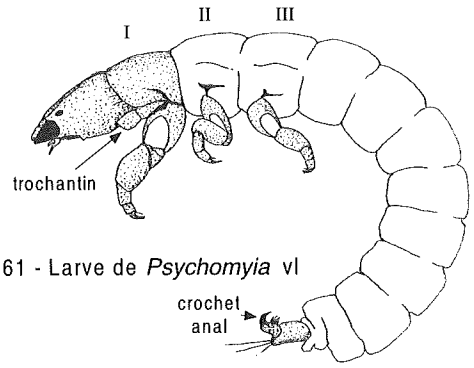
18.59 - Crochet anal de *Cyrnus* vl



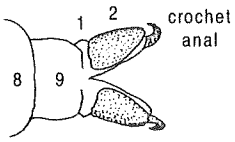


18.60 - Capsule céphalique de *Cyrnus*.
a : différentes espèces ; b : *Cyrnus trimaculatus*

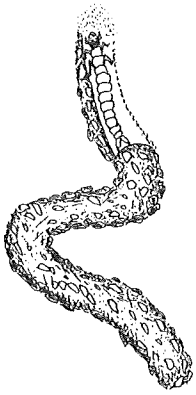
F. Psychomyiidae



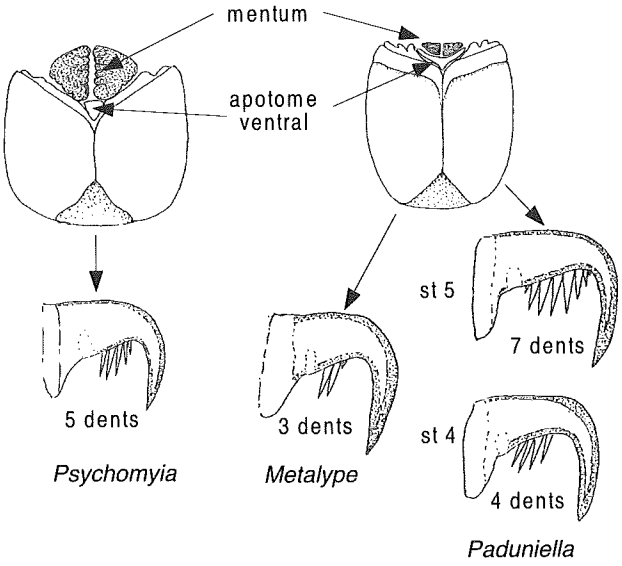
18.61 - Larve de *Psychomyia* vl



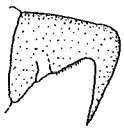
18.62 - *Psychomyia*. Pygopode vd



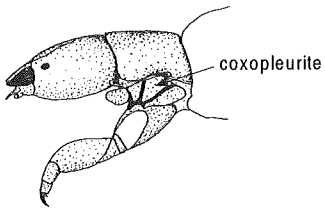
18.63 - Galerie larvaire vd (le plafond de la galerie a été enlevé dans la partie antérieure)



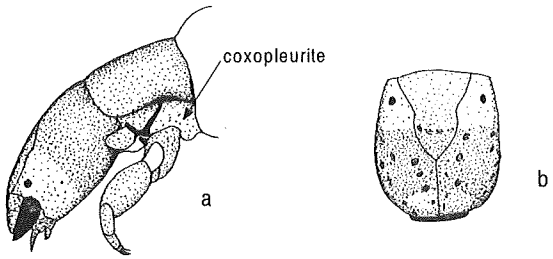
18.64 - Capsule céphalique vv et crochet anal vl. st5 et st 4 : stades larvaires.



18.65 - *Tinodes*. Crochet anal vl

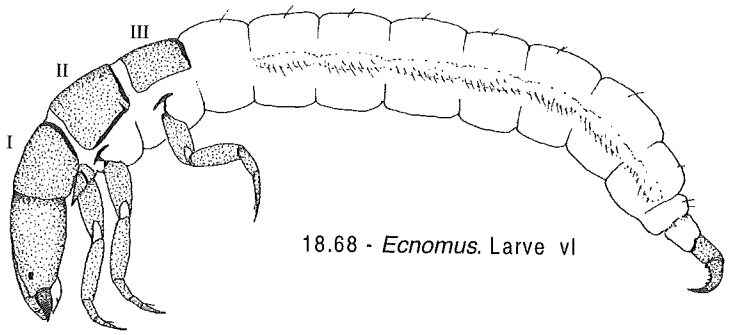


18.66 - *Tinodes*. Région antérieure vl

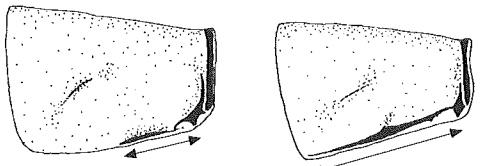


18.67 - *Lype*. a : région antérieure vl ; b : capsule céphalique vd.

F. Ecnomidae

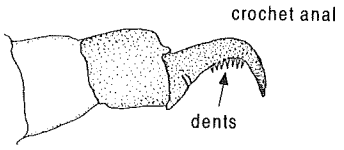


18.68 - *Ecnomus.* Larve vl



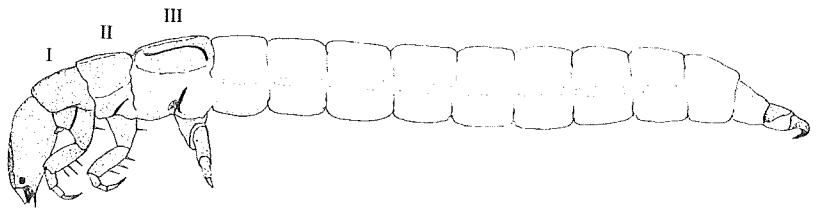
E. deceptor *E. tenellus*

18.68 bis - Mesonotum vl.

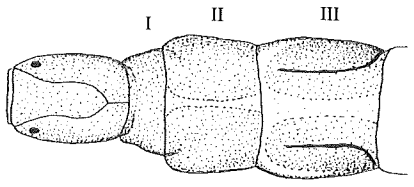


18.69 - *Ecnomus.* Pygopode vl

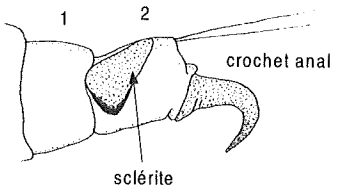
F. Dipseudopsidae



18.70 - *Pseudoneureclipsis.* Larve vl

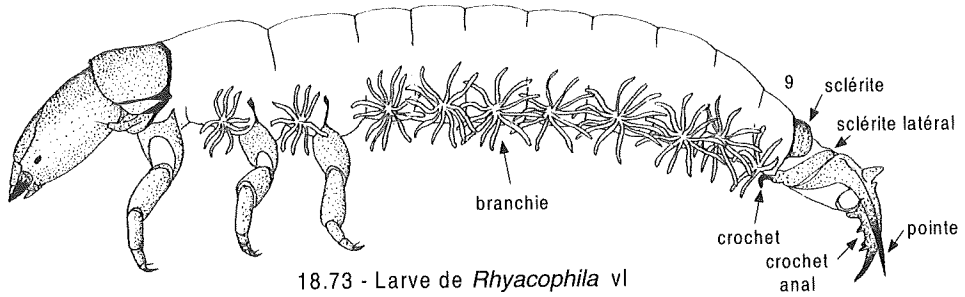


18.71 - *Pseudoneureclipsis.*
Larve, région antérieure vd

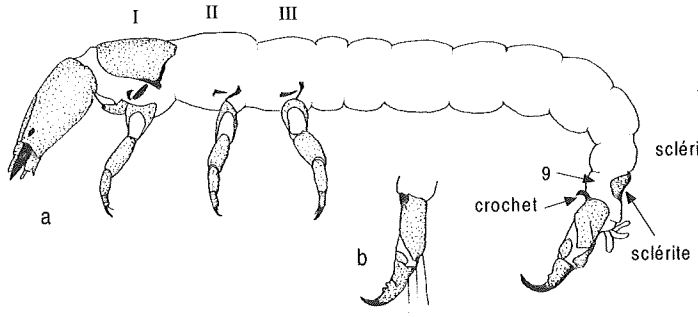


18.72 - *Pseudoneureclipsis.*
Pygopode vl

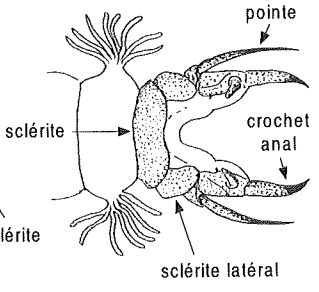
F. Rhyacophilidae



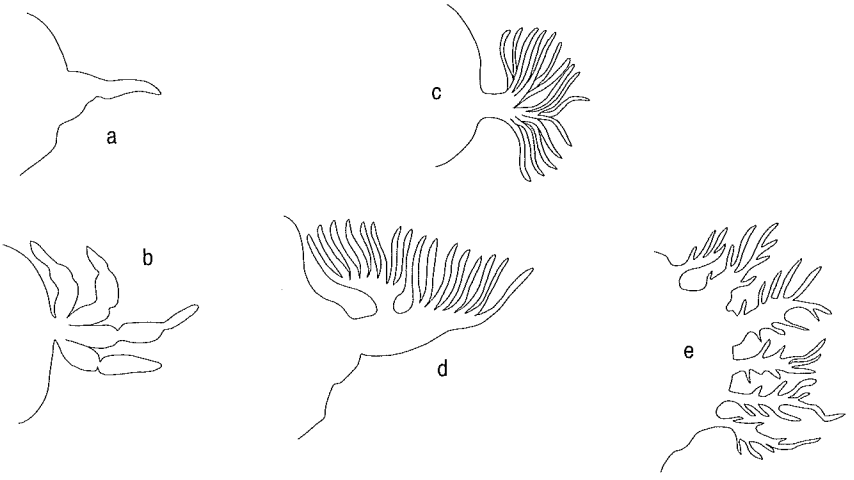
18.73 - Larve de *Rhyacophila* vl



18.75 - a : larve d'*Hyporhyacophila* vl ; b : pygopode d'une autre espèce d'*Hyporhyacophila* vl

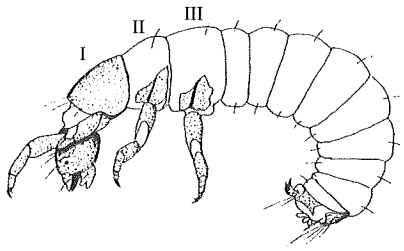


18.74 - Région postérieure de *Rhyacophila* vd

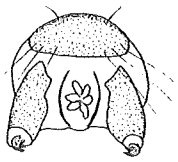


18.76 - Branchies vl. a : *Prosrhyacophila* ; b : *Pararhyacophila* ; c : *Rhyacophila* s.s. ; d : *Hyperrhyacophila* ; e : *Metarhyacophila*

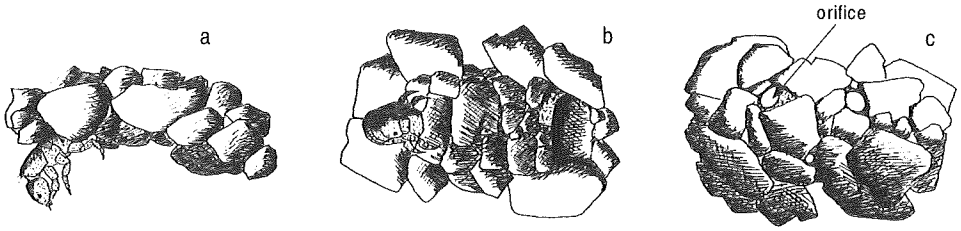
F. Glossosomatidae



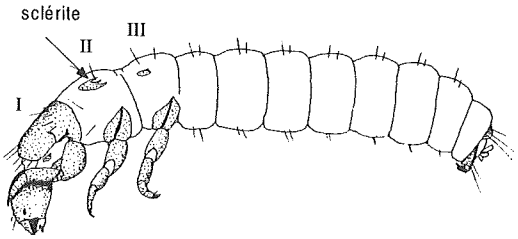
18.77 - Larve de *Glossosoma* vl



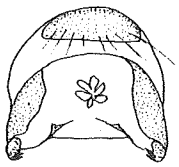
18.78 - Larve de *Glossosoma* vp



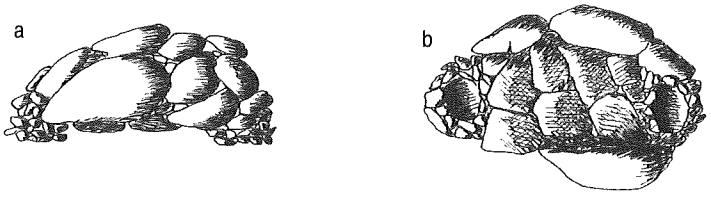
18.79 - Étui de *Glossosoma*. a : vl ; b : vv ; c : vd



18.80 - Larve d'*Agapetus* vl

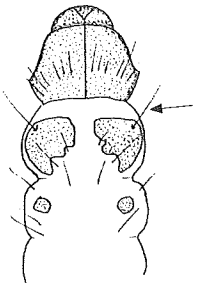


18.81 - Larve d'*Agapetus* vp

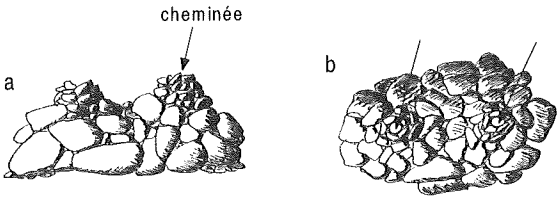


18.82 - Étui d'*Agapetus*. a : vl ; b : vv

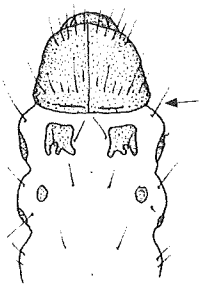
F. Glossosomatidae 2



18.83 - Larve de *Catagapetus*, région antérieure vd



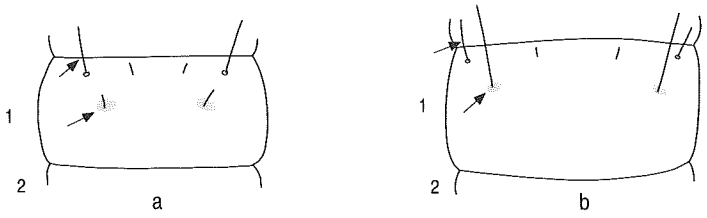
18.84 - Étui de *Catagapetus*. a : vl ; b : vd. Les flèches marquent les deux orifices



18.85 - Larve d'*Agapetus-Synagapetus*, région antérieure vd

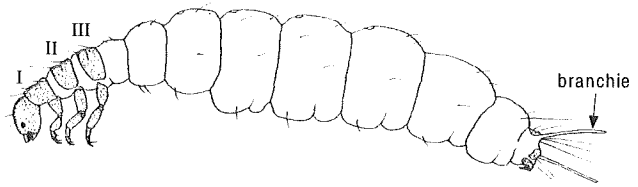


18.86 - Pronotum, vd. a : *Agapetus* ; b : *Synagapetus*

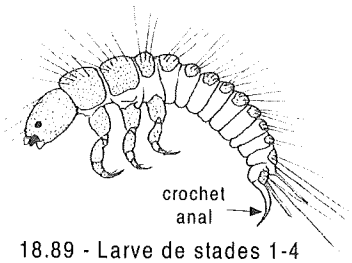


18.87 - Face ventrale de l'abdomen, vv. a : *Agapetus* ; b : *Synagapetus*

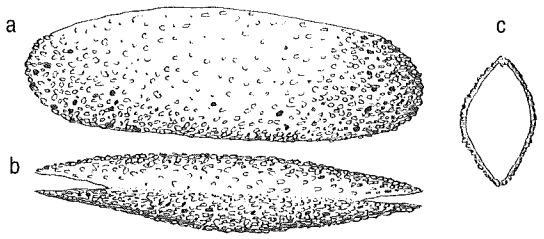
F. Hydroptilidae



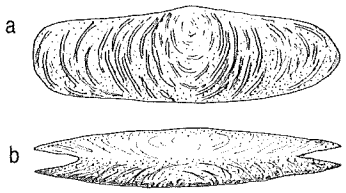
18.88 - Larve de stade 5 d'*Hydroptila*, vl



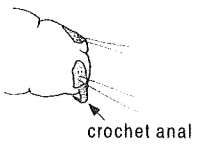
18.89 - Larve de stades 1-4 d'*Hydroptila*, vl



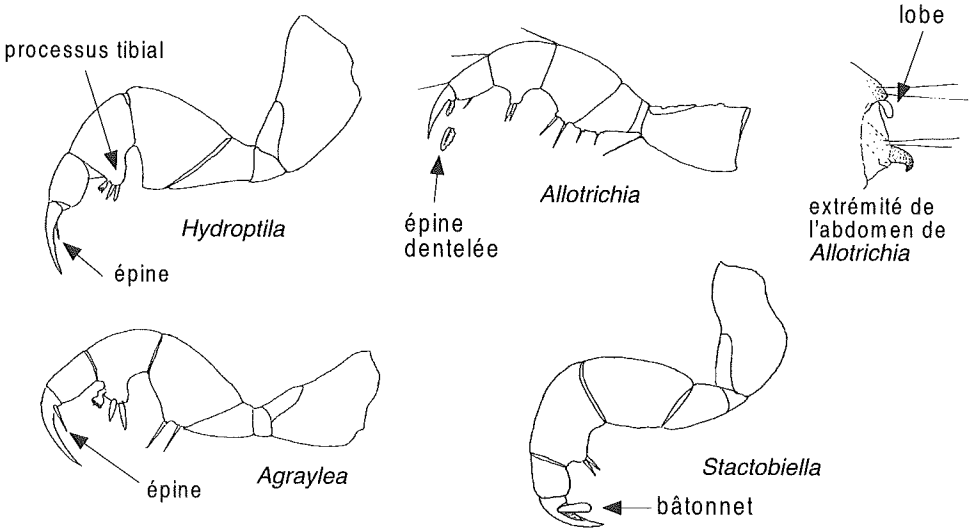
18.90 - Étui d'*Hydroptila*, a : vl ; b : vd ; c : c



18.91 - Étui d'*Agraylea*. a : vl ; b : vd

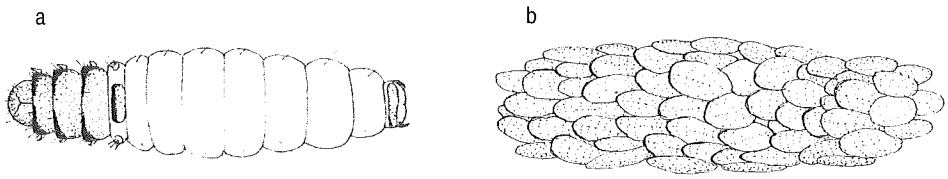


18.92 - Extrémité postérieure d'*Agraylea*, vl

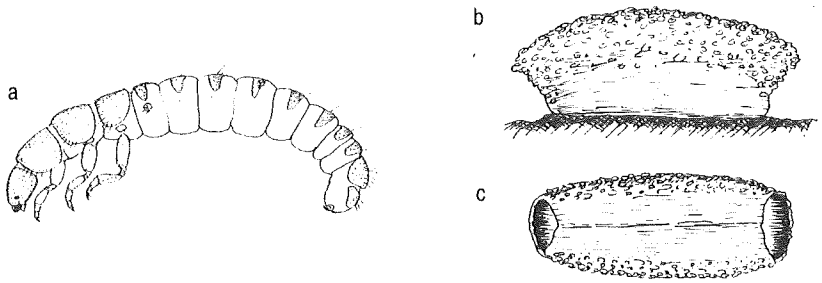


18.93 - P I de *Agraylea*, *Allotrichia*, *Hydroptila* et *Stactobiella*

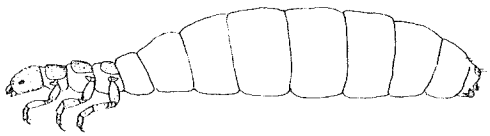
F. Hydroptilidae 2



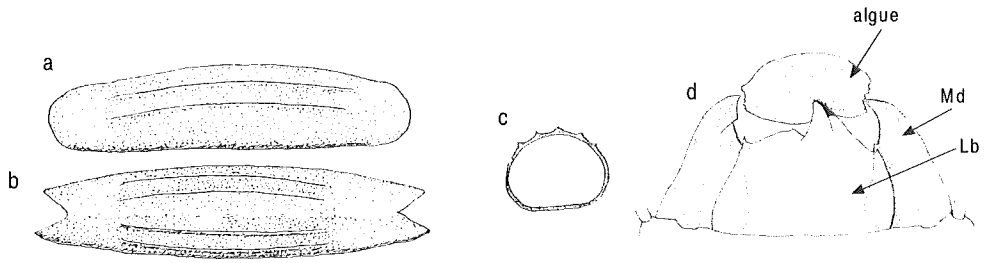
18.94 - *Ptilocolepus*. a : larve vd ; b : étui, vd



18.95 - *Stactobia*. a : larve, vl ; b : étui, vl ; c : étui, vv.

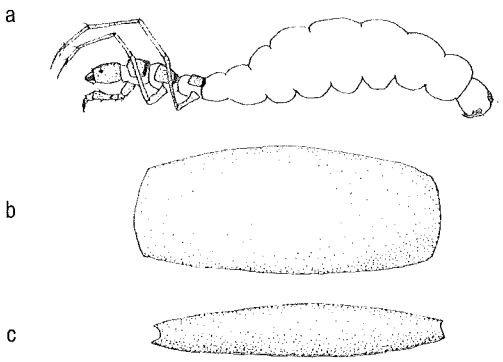


18.96 - *Orthotrichia*, larve, vl.

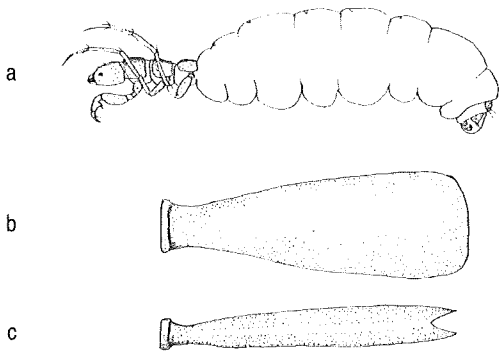


18.97 - *Orthotrichia*. a : étui, vl ; b : étui, vd ; c : étui, ct ; d : région antérieure de la capsule céphalique, vd, Md : mandibule, Lb : labre.

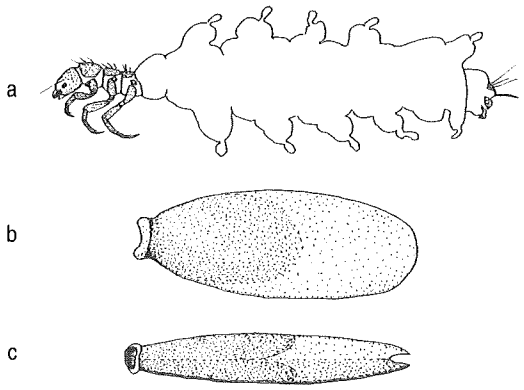
F. Hydroptilidae 3



18.98 - *Tricholeiochiton*. a : larve, vl ; b : étui, vl ; c : étui, vd.

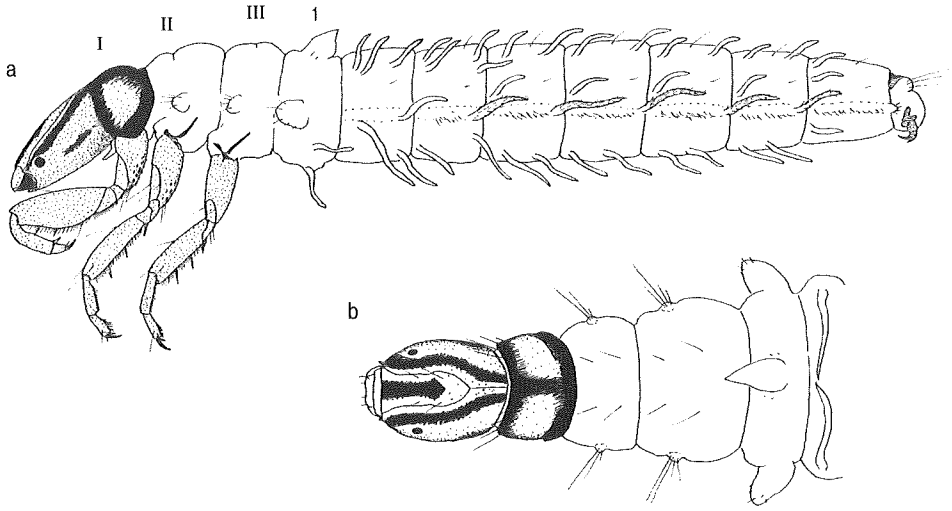


18.99 - *Oxyethira*. a : larve, vl ; b : étui, vl ; c : étui, vd.

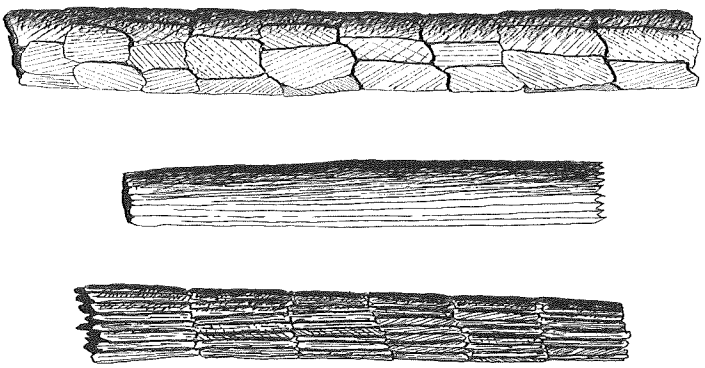


18.100 - *Ithytrichia*. a : larve, vl ; b : étui, vl ; c : étui, vd.

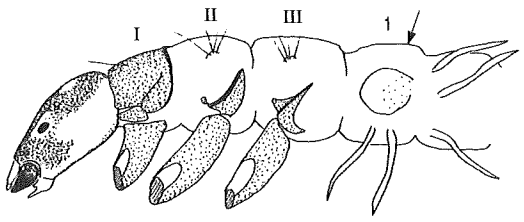
F. Phryganeidae 1



18.101 - Larve de *Phryganea*. a : vl ; b : région antérieure, vd

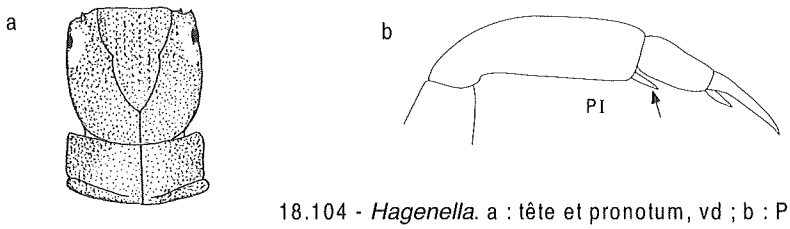


18.102 - Différents types d'étui de Phryganeidae

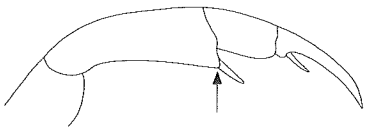


18.103 - *Trichostegia*, larve vl, région antérieure.

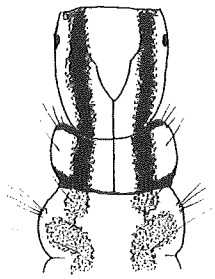
F. Phryganeidae 2



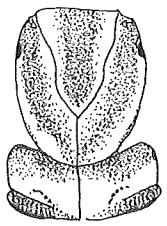
18.104 - *Hagenella*. a : tête et pronotum, vd ; b : PI



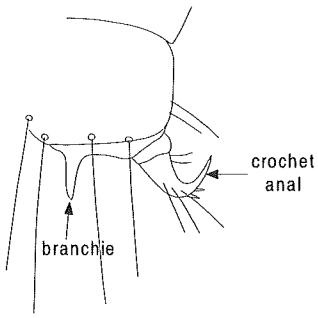
18.105 - *Agrypnia*, PI



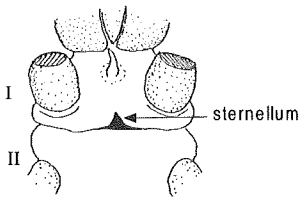
18.106 - *Oligotrichia*, région antérieure, vd.



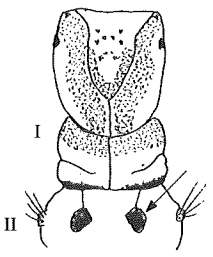
18.107 - *Agrypnia*, région antérieure, vd



18.108 - *Agrypnia crassicornis*, 9è segment abdominal, vd

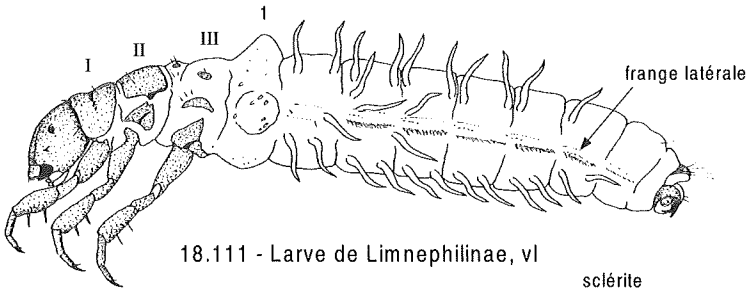


18.109 - *Agrypnia*, pro et mésosternite, vv

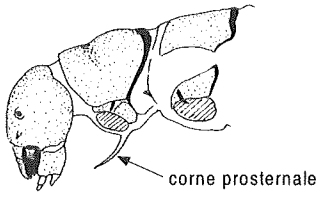


18.110 - *Oligostomis*, région antérieure, vd

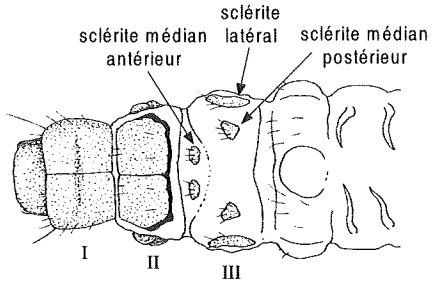
F. Limnephilidae



18.111 - Larve de Limnephilinae, vl



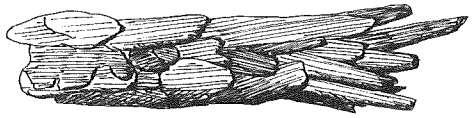
18.112 - Larve de Limnephilinae, région antérieure, vl



18.113 - Larve de Limnephilinae région antérieure, vd.



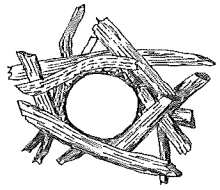
a



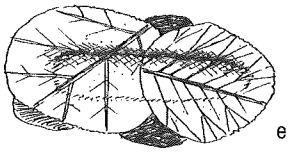
b



c

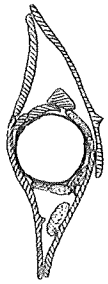


d



e

Glyphotaelius - Nemotaulius



f

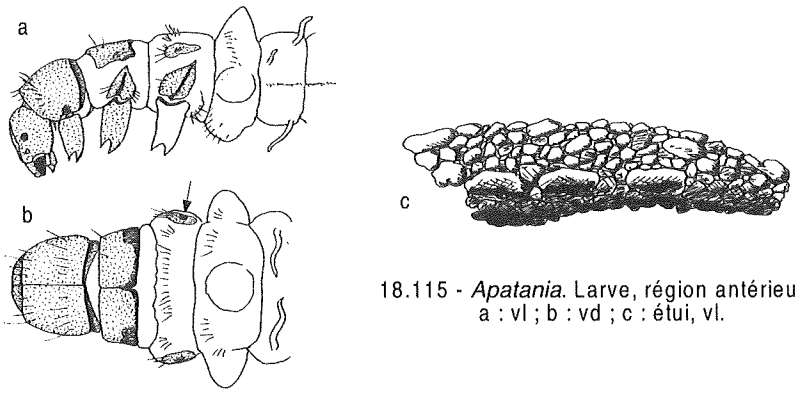


g

Phacopteryx

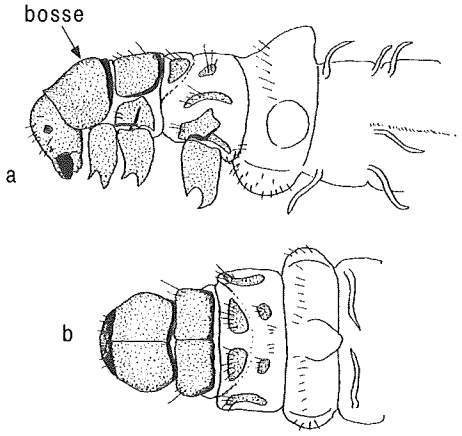
18.114 - Différents types (a à f) d'étui de Limnephilinae. d : ct dans l'étui c ; f : ct dans l'étui e.

sF. Apataniinae

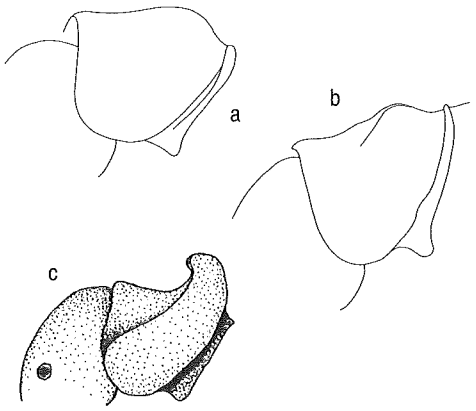


18.115 - *Apatania*. Larve, région antérieure.
a : vl ; b : vd ; c : étui, vl.

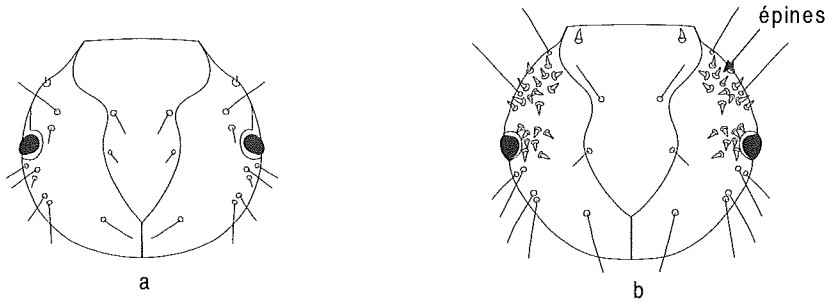
sF. Drusinae 1



18.116 - *Drusus*. Larve, région antérieure
a : vl ; b : vd.

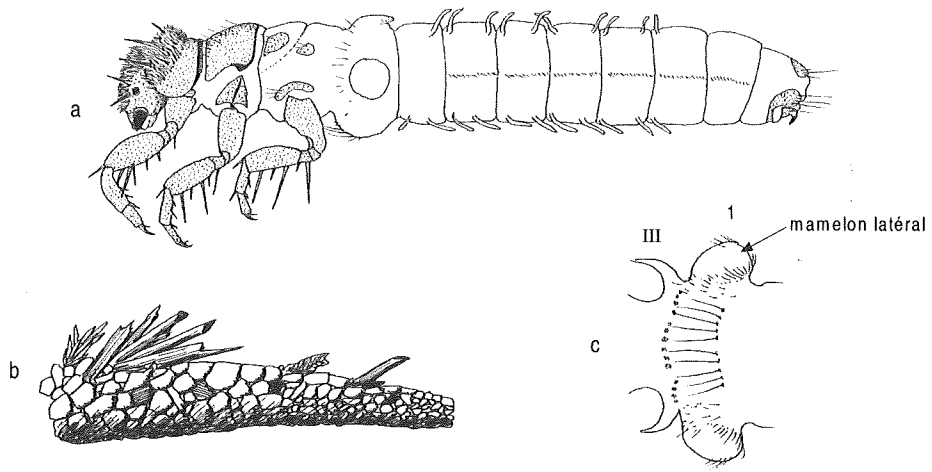


18.117 - Pronotum, vl.
a et b *Drusus* ; c : *Anomalopterygella*

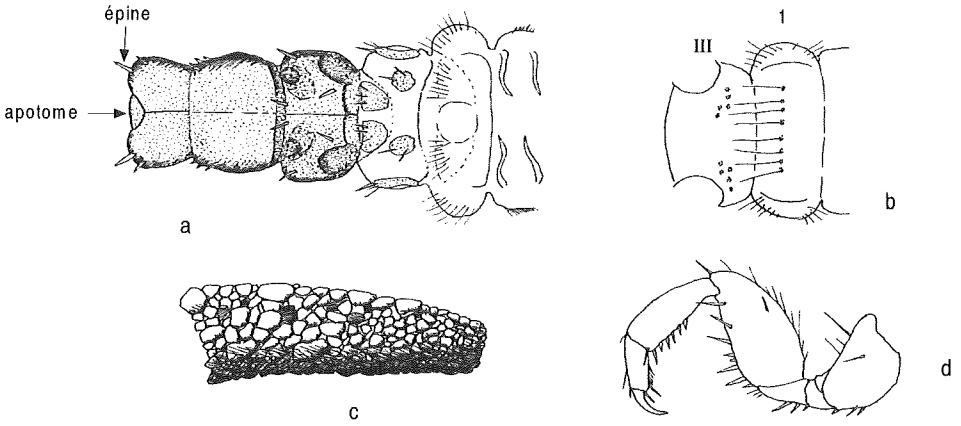


18.118 - Capsule céphalique, vd. a : *Drusus* ; b : *Ecclisopteryx*

sF. Drusinae 2



18.119 - *Drusus discolor*. a : larve, vl ; b : étui, vl ; c : premier segment abdominal, vv.

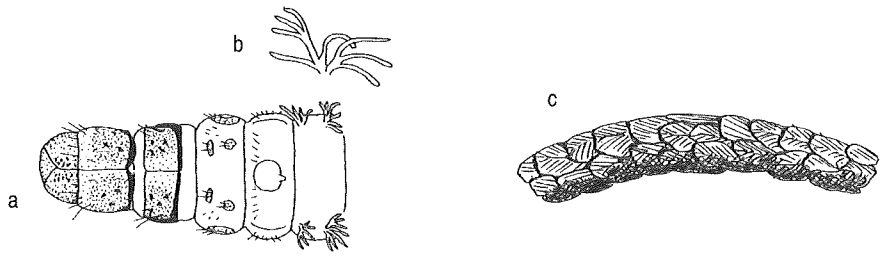


18.120 - *Cryptothrix*. a : larve, vd ; b : premier segment abdominal, vv ; c : étui, vl ; d : PI.



18.121 - Premier segment abdominal, vv. a : *Drusus* ; b : *Metanoea*

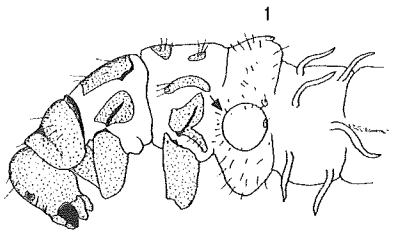
sF. Dicosmoecinae



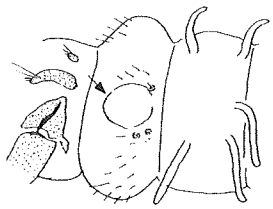
18.122 - *Ironoquia*. a : larve, vd ; b : branchie ; c : étui, vl.

sF. Limnephilinae

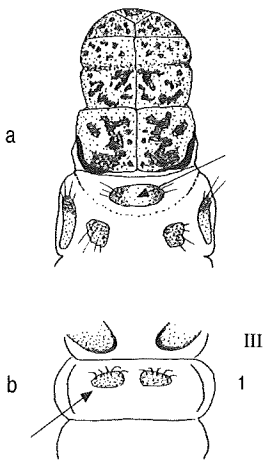
Larves à 1 seul filament branchial par faisceau



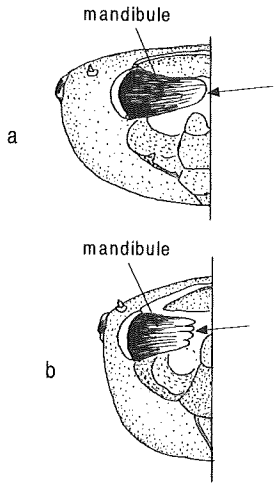
18.123 - *Allogamus*, vl



18.124 - Autres genres à 1 seul filament branchial

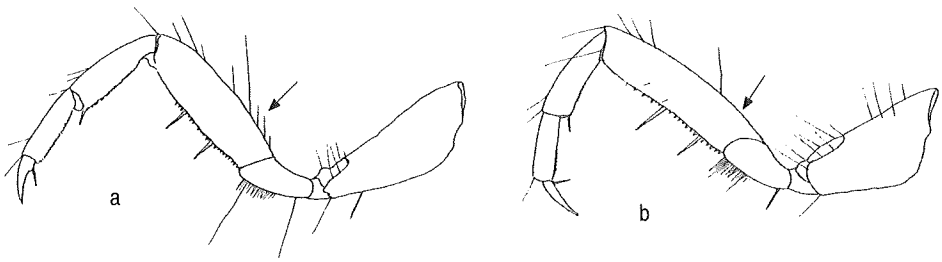


18.125 - *Hydatophylax*. a : larve, vd ; b : premier segment abdominal, vv.

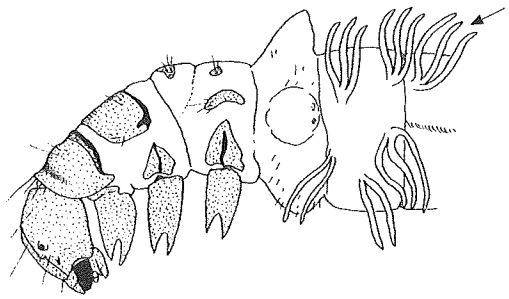


18.126 - Capsule céphalique, vf a : *Melampophylax* ; b : autres genres à 1 seul filament branchial.

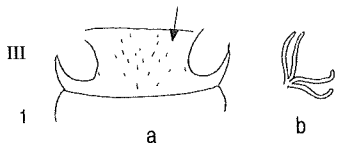
sF. Limnephilinae



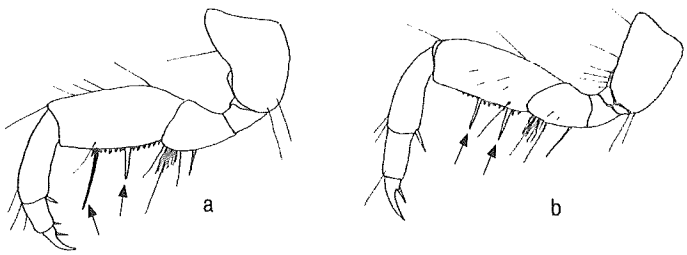
18.127 - PII. a : *Halesus* ; b : autres genres à un seul filament branchial



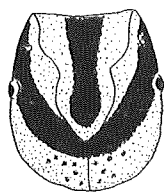
18.128 - Larve de Limnephilini, région antérieure, vl.



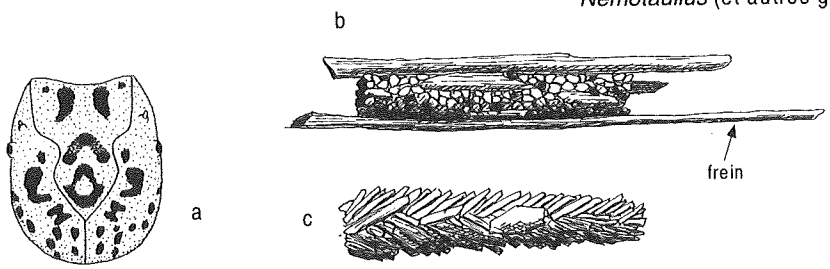
18.129 - *Mesophylax*.
a : métathorax, vv ; b : branchie



18.130 - PI. a : *Phacopteryx* et *Glyphotaelius* ; b : *Nemotaulius*.

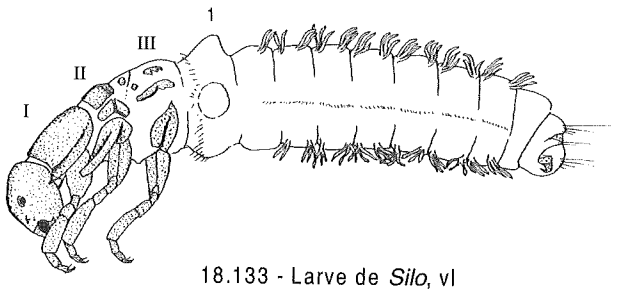


18.131 - Capsule céphalique
Nemotaulius (et autres genres)

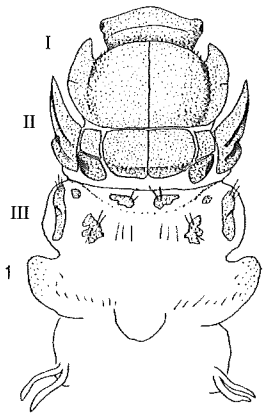


18.132 - *Anabolia*. a : capsule céphalique, vd ; b et c : 2 types d'étui, vl.

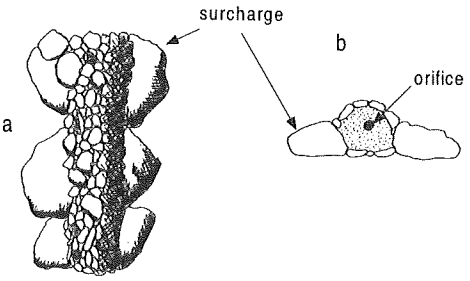
F. Goeridae



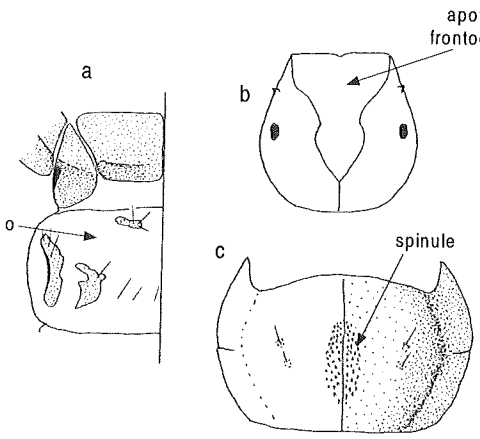
18.133 - Larve de *Silo*, vl



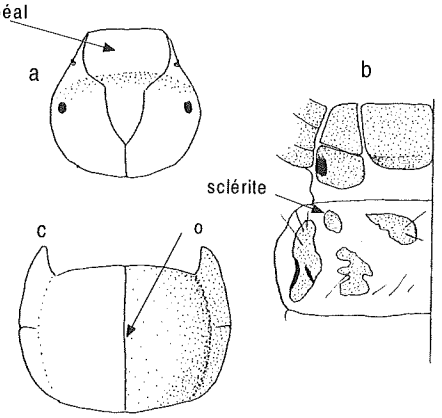
18.134 - Larve de *Silo*, vd



18.135 - Étui de larve de *Silo*. a : vd ; b : vp

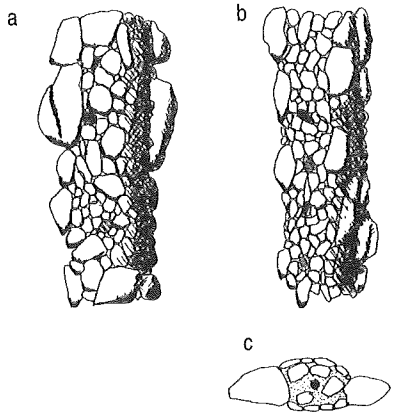


18.136 - *Goera*. a : méso et métanotum, vd ; b : capsule céphalique, vd ; c : pronotum, vd

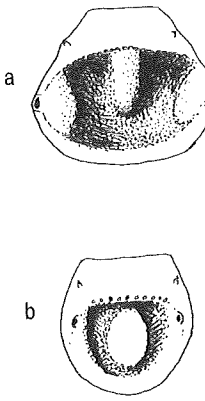


18.137 - *Silo* et *Lithax*. a : capsule céphalique, vd ; b : méso et métanotum ; c : pronotum, vd

F. Goeridae 2

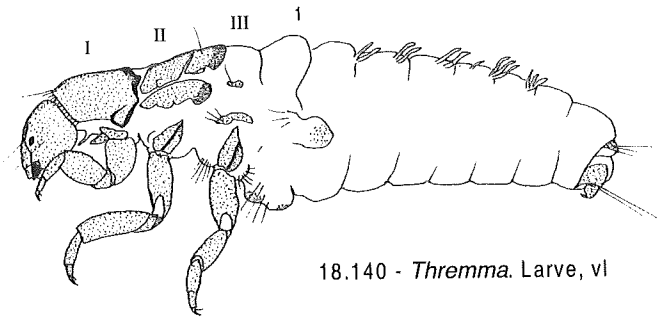


18.138 - Étui. a : *Lithax obscurus*, vd ;
b : *Silonella aurata*, vd ; c : étui de *Lithax*, vp

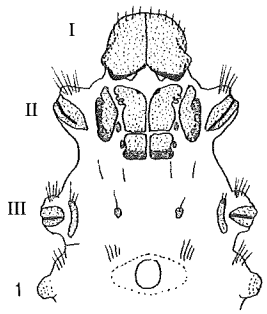


18.139 - Capsule céphalique, vd.
a : *Lithax niger* ; b : *Silonella aurata*

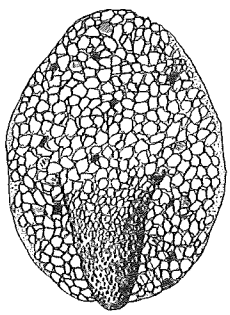
F. Uenoidae



18.140 - *Thremma*. Larve, vl

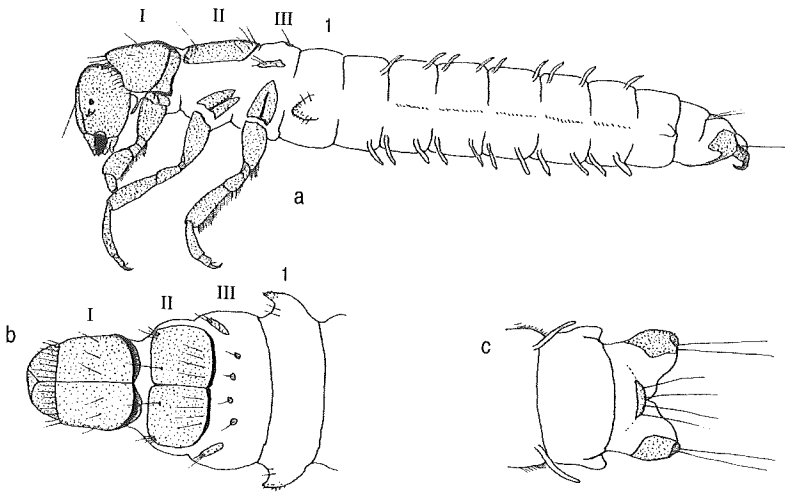


18.141 - *Thremma*.
Larve, région antérieure, vd

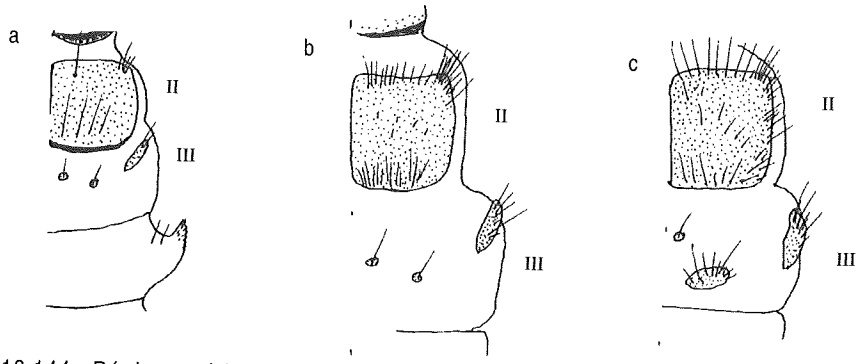


18.142 - *Thremma*. Étui, vd

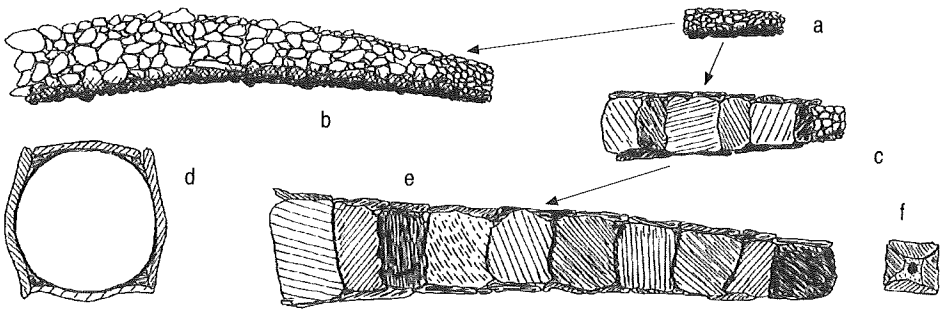
F. Lepidostomatidae



18.143 - *Lepidostoma hirtum*. a : larve, vl ; b : région antérieure, vd ; c : région postérieure, vd.

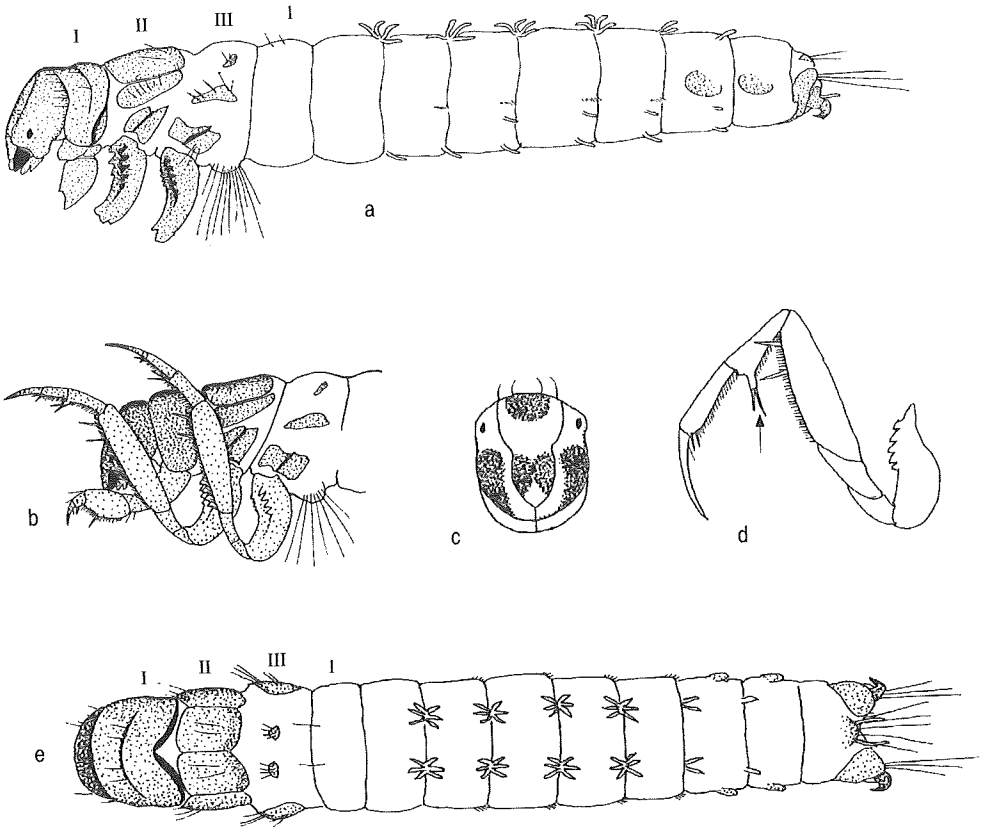


18.144 - Région antérieure, vd. a : *Lepidostoma hirtum* ; b : *Lasiocephala* ; c : *Crunoecia*

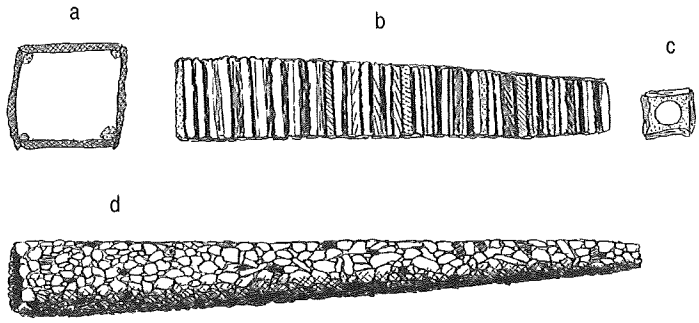


18.145 - Étuis. a : larvule de Lepidostomatidae ; b : *Lasiocephala* ; c : *Crunoecia* et *Lepidostoma* (juv.). d, e et f : *Lepidostoma*. Respectivement d : ct, région antérieure ; e : vl ; f : vp.

F. Brachycentridae

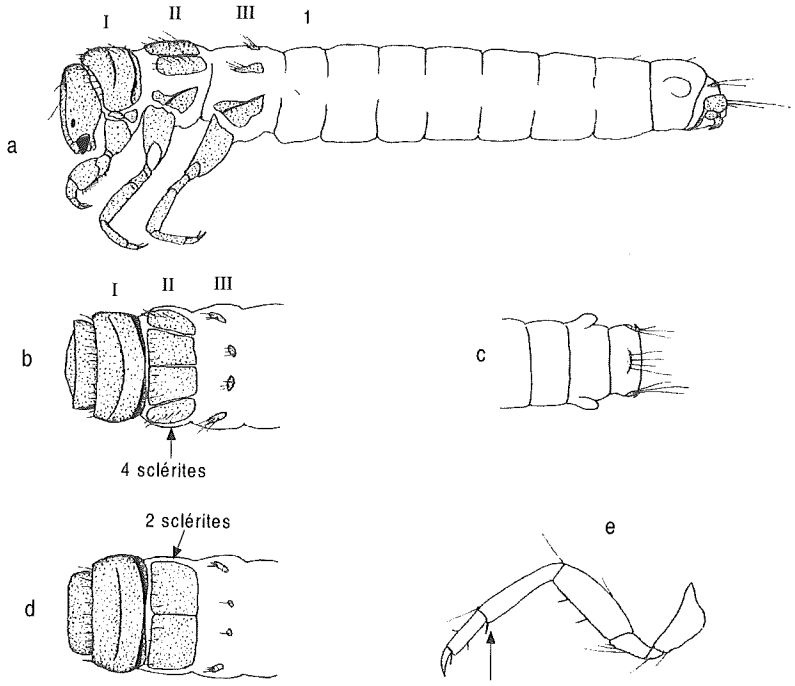


18.146 - *Oligoplectrum maculatum*. a : larve, pattes coupées, vl ; b : région antérieure, vl, pattes non coupées ; c : capsule céphalique, vd ; d : PII ; e : larve, vd.

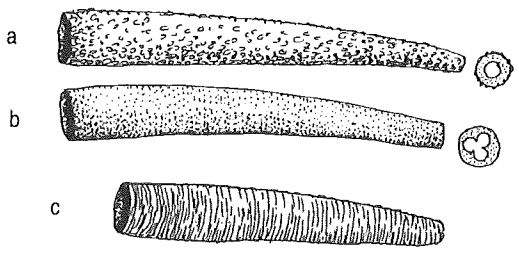


18.147 - Étuis. *Brachycentrus*. a : ct, région antérieure ; b : vl ; c : vp ; d : *Oliplectrum maculatum*, vl

F. Brachycentridae 2

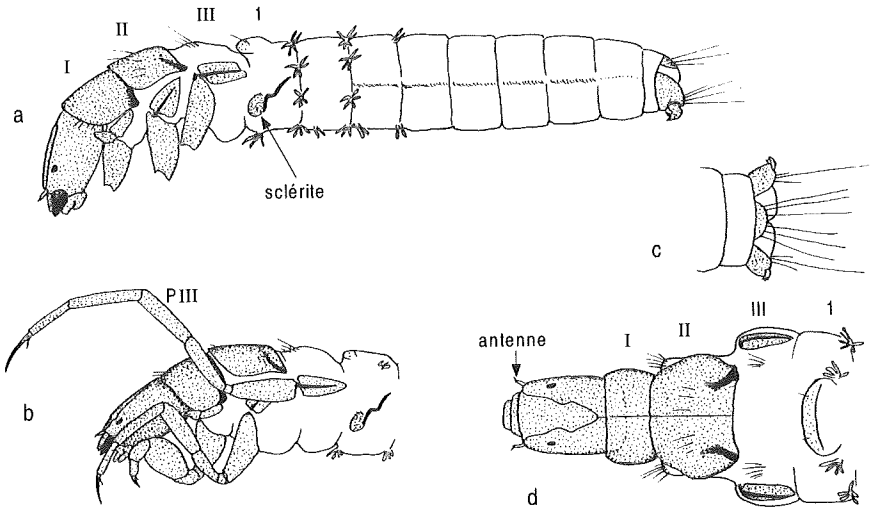


18.148 - *Micrasema* spp. a : larve, vl ; b et d : région antérieure, vd, deux types de larves ; c : région postérieure, vd ; e : PII

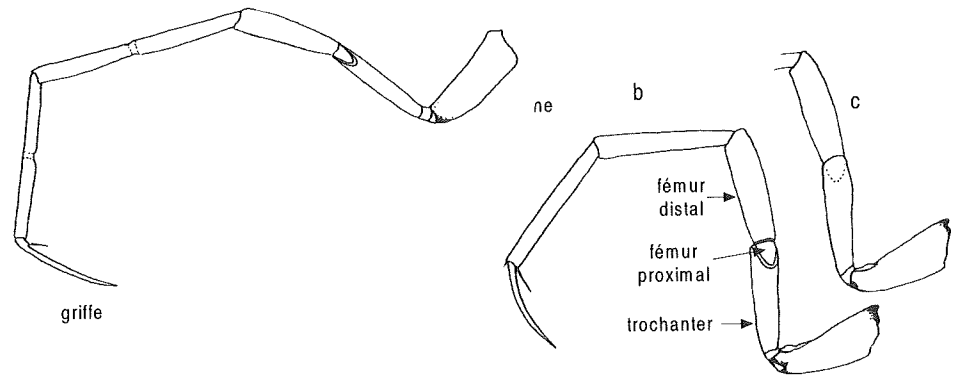


18.149 - *Micrasema* spp. Différents types d'étui (a, b et c) et extrémité postérieure pour a et b

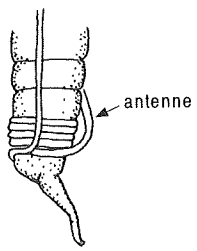
F. Leptoceridae



18.150 - *Athripsodes*. a : larve, pattes coupées, vl ; b : région antérieure, pattes coupées, vl ; c : région postérieure, vd ; d : région antérieure, vd



18.151 - PIII. a : *Mystacides*, va ; b : *Athripsodes*, va ; c : *idem*, vp

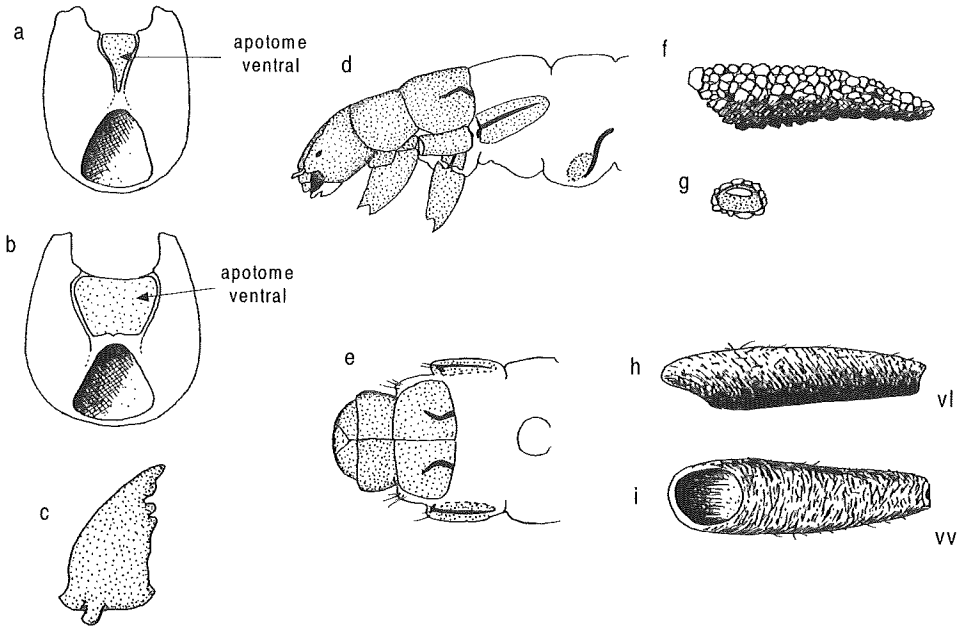


18.152 - Extrémité postérieure, vl, de nymphe de Leptoceridae

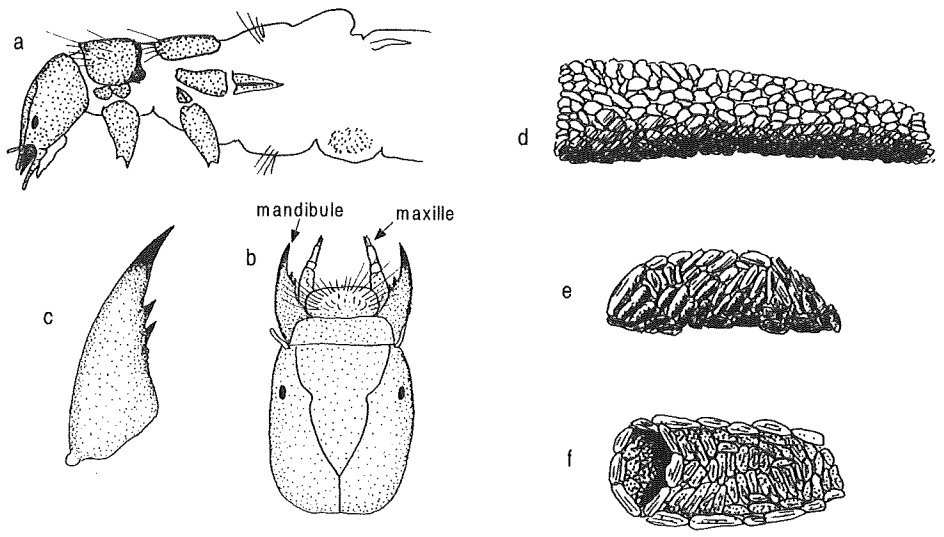


18.153 - Étui d'*Athripsodes*, vl

F. Leptoceridae 2

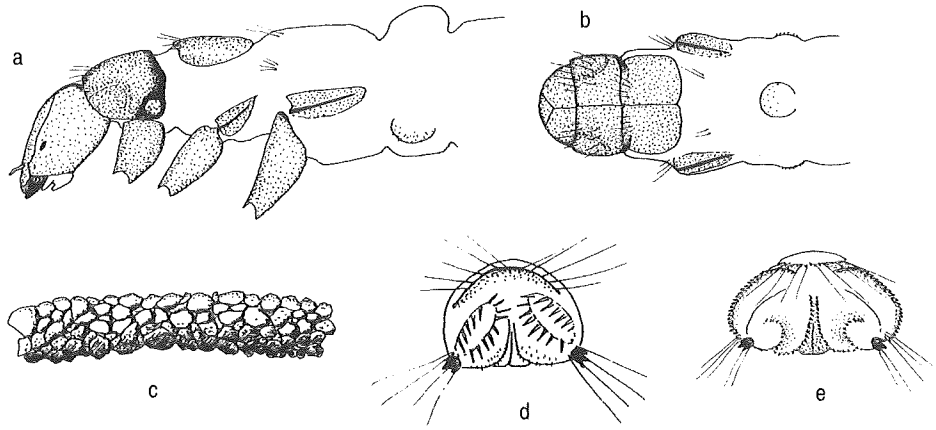


18.154 - a : Capsule céphalique d'*Athripsodes*, vv ; b : capsule céphalique de *Ceraclea*, vv ; c : mandibule de *Ceraclea* ; d : *Ceraclea*, région antérieure, vl ; e : *Ceraclea*, région antérieure, vd ; f et g : étui de *Ceraclea*, vd et vp ; h et i : *Ceraclea* spongillicole, vl et vv.

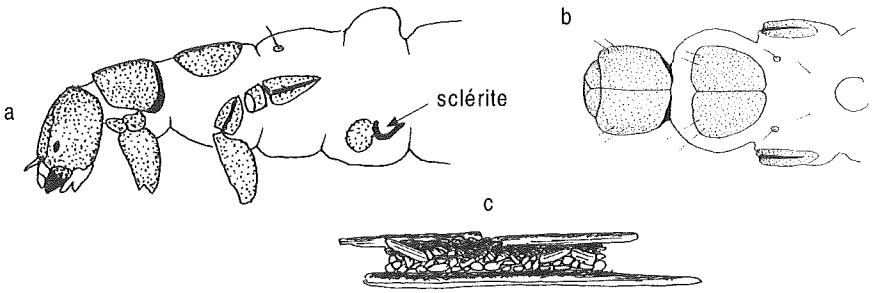


18.155 - *Oecetis*. a : larve, région antérieure, vl ; b : capsule céphalique, vd ; c : mandibule ; d : étui minéral ; e et f : étui végétal, e : vl ; f : vv.

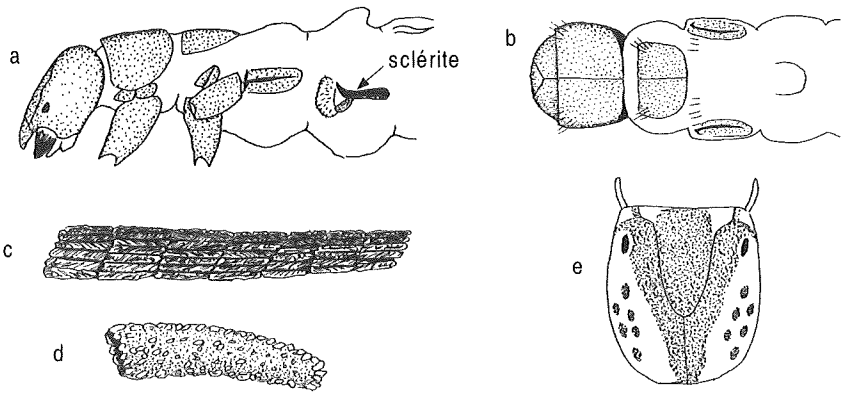
F. Leptoceridae 3



18.156 - *Setodes*. a : larve, région antérieure, vl ; b : *idem*, vd ; c : étui, vl ; d : *S. argentipunctellus*, vp ; e : *S. punctatus*, vp

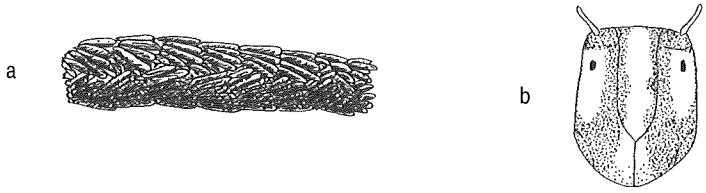


18.157 - *Mystacides*. a : larve, région antérieure, vl ; b : *idem*, vd ; c : étui,

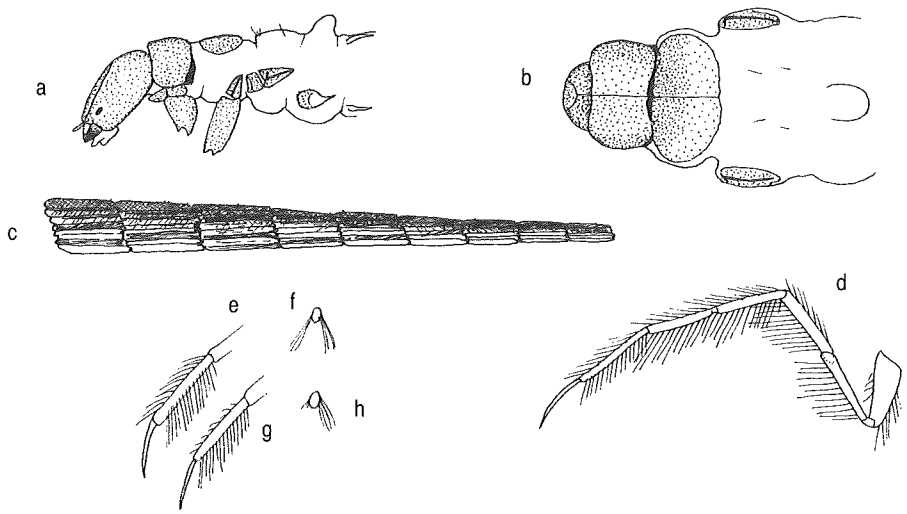


18.158 - *Adicella*. a : larve, région antérieure, vl ; b : *idem*, vd ; c et d : deux types d'étui, vl ; e : capsule céphalique, vd

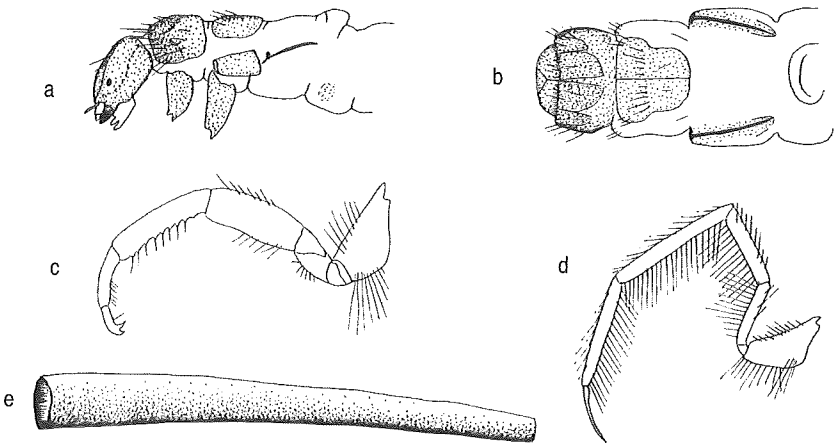
F. Leptoceridae 4



18.159 - *Erotesis*. a : étui, vl ; b : capsule céphalique, vd.

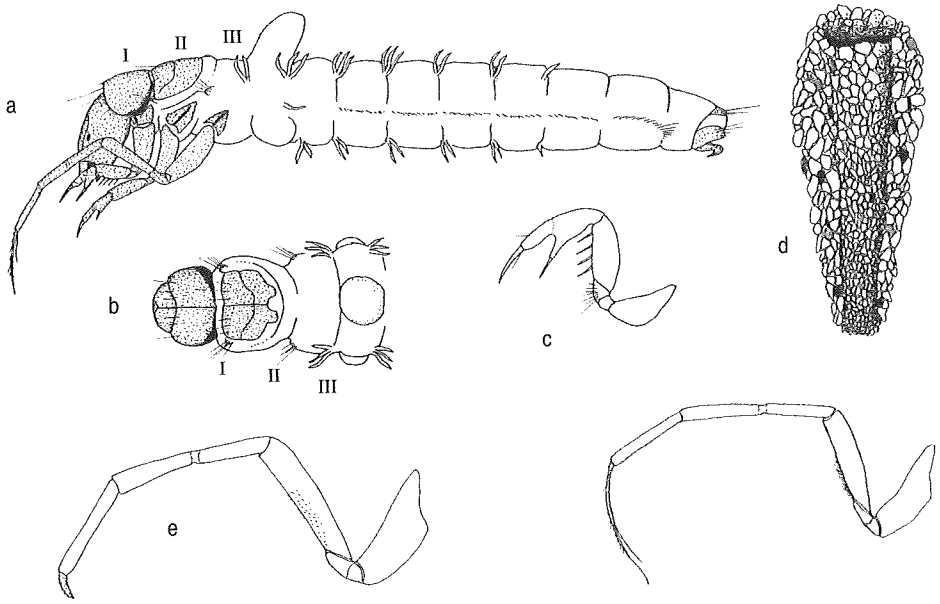


18.160 - *Triaenodes-Ylodes*. a : larve, région antérieure, vl ; b : *idem*, vd ; c : étui, vl ; d : PIII ; e et f : *Triaenodes*, PIII, f : ct ; g et h : *Ylodes*, PIII, h : ct.



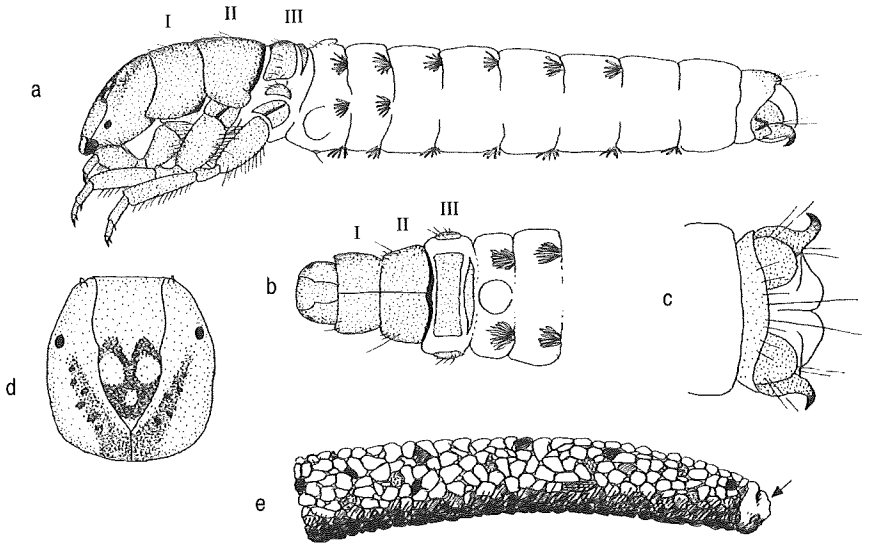
18.161 - *Leptocerus*. a : larve, région antérieure, vl ; b : *idem*, vd ; c : PII ; d : PIII ; e : étui, vl.

F. Molannidae



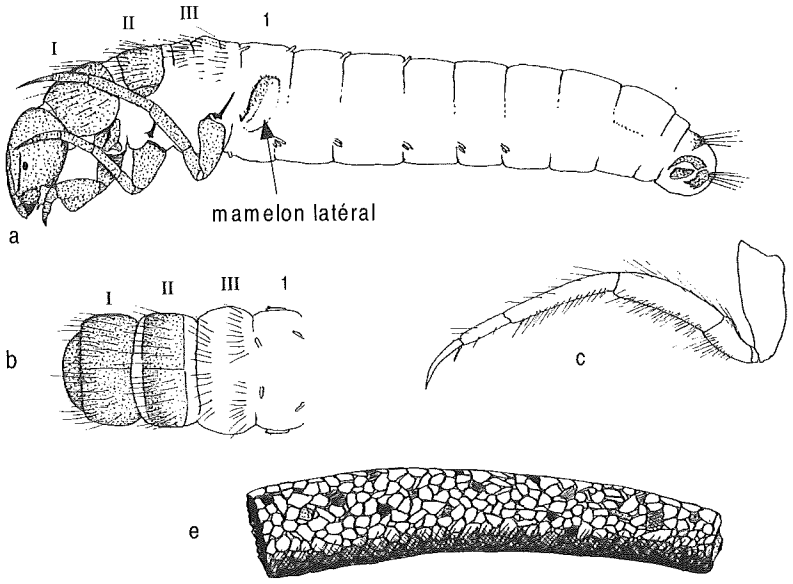
18.162 - a : Larve de *Molannodes*, vl ; b : région antérieure, vd ; c : PI ; d : étui e : PIII : *Molanna* ; f : PIII *Molannodes*

F. Odontoceridae

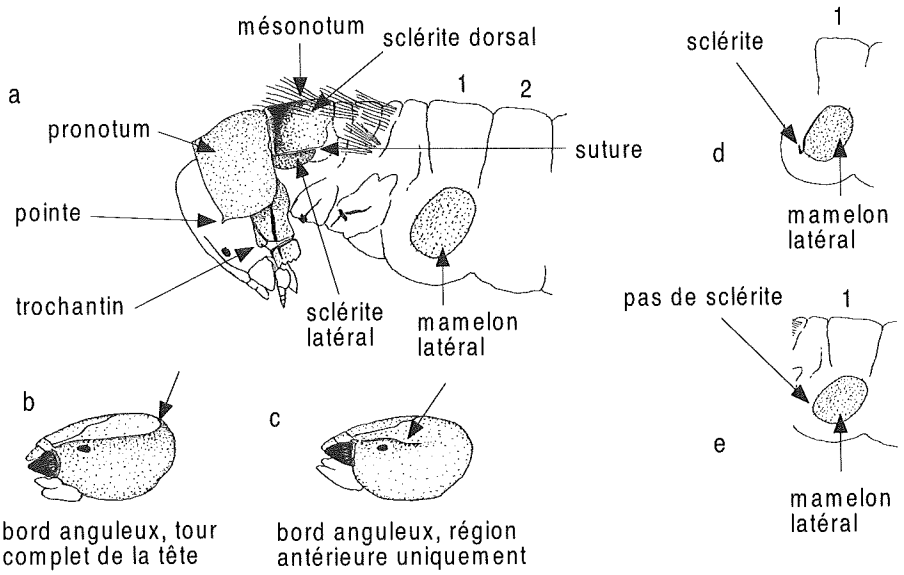


18.163 - *Odontocerum*. a : larve, vl ; b : larve région antérieure, vd ; c : extrémité postérieure, vd ; d : capsule céphalique, vd ; e : étui, vl.

F. Sericostomatidae

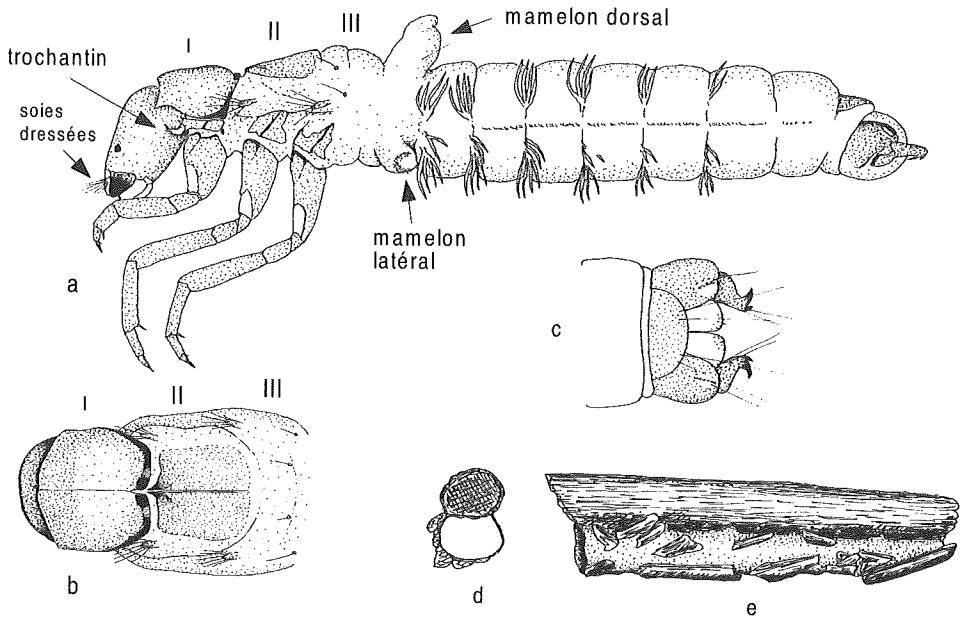


18.164 - *Sericostoma*. a : larve, vl ; b : région antérieure, vd ; c : PIII ; d : étui, vl.



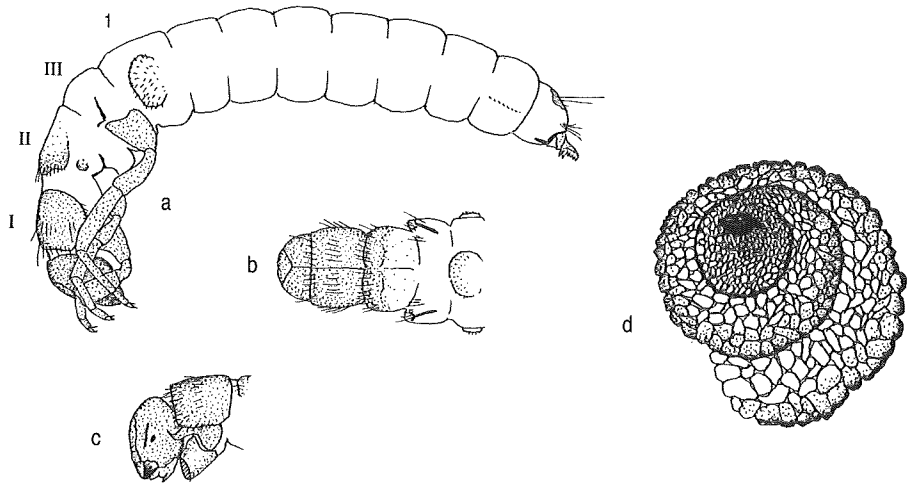
18.165 - a : région antérieure (*Oecismus*), pattes thoraciques coupée. b et c : tête en vue latérale de b (*Notidobia*), c (*Sericostoma*). d et e : segment abdominal 1 : mamelon latéral de d (*Sericostoma*) et e (*Oecismus*).

F. Calamoceratidae



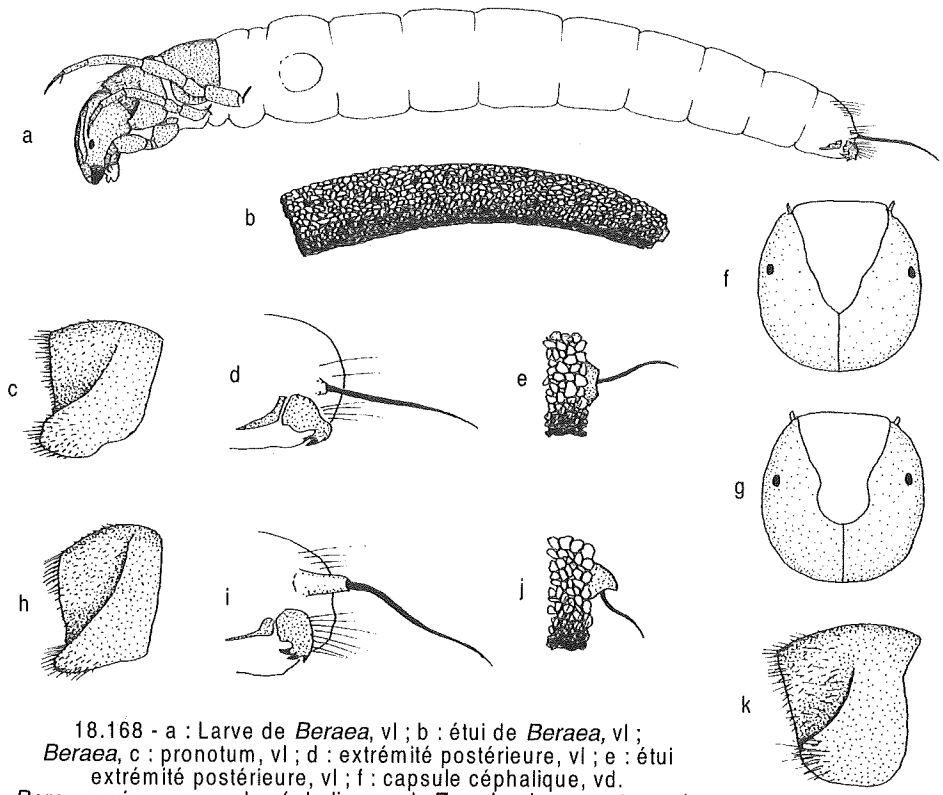
18.166 - *Calamoceras*. a : larve, vl ; b : larve région antérieure, vd ; c : région postérieure vd ; d et e : étui, e (vl), d (ct)

F. Helicopsychidae

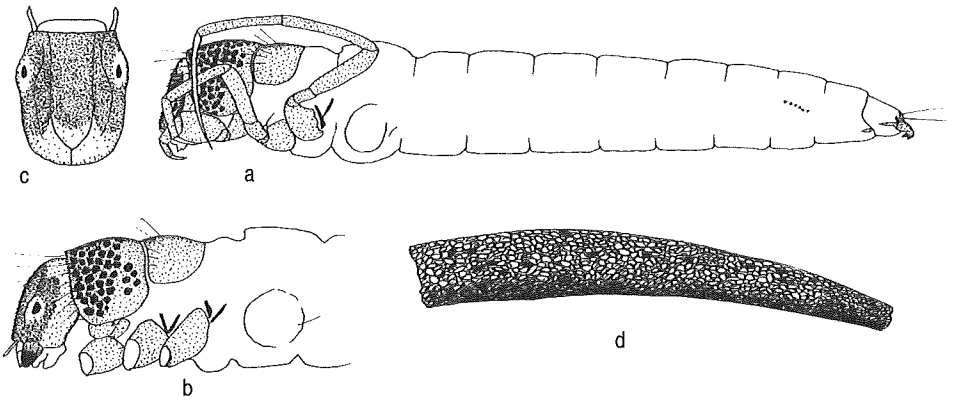


18.167 - *Helicopsyche*. a : larve, vl ; b : région antérieure, vd ; c : région antérieure, vl, PI coupée ; d : étui, vd.

F. Beraeidae

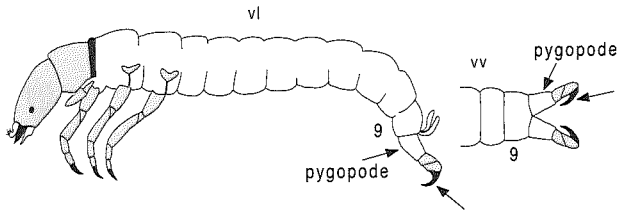


18.168 - a : Larve de *Beraea*, vl ; b : étui de *Beraea,* vl ; *Beraea*, c : pronotum, vl ; d : extrémité postérieure, vl ; e : étui extrémité postérieure, vl ; f : capsule céphalique, vd. *Beraeamyia*, g : capsule céphalique, vd. *Ernodes*, h : pronotum, vl ; i : extrémité postérieure, vl ; j : étui, extrémité postérieure, vl. *Beraeodina*, k : pronotum, vl



18.169 - *Beraeodes*, a : larve, vl ; b : région antérieure, vl ; c : capsule céphalique, vd ; d : étui, vl.

Trichoptères

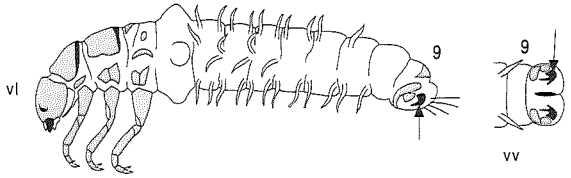


crochets anaux insérés à l'extrémité de fausses pattes anales (pygopodes) de 1 ou 2 articles

DISPOSITION DES CROCHETS ANAUX

+

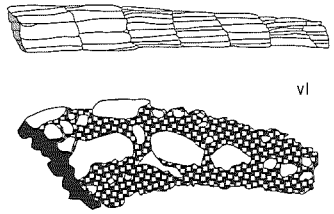
crochets anaux insérés directement sur l'abdomen



absent ou filet → **Trichoptères sans étui** **18.C2**

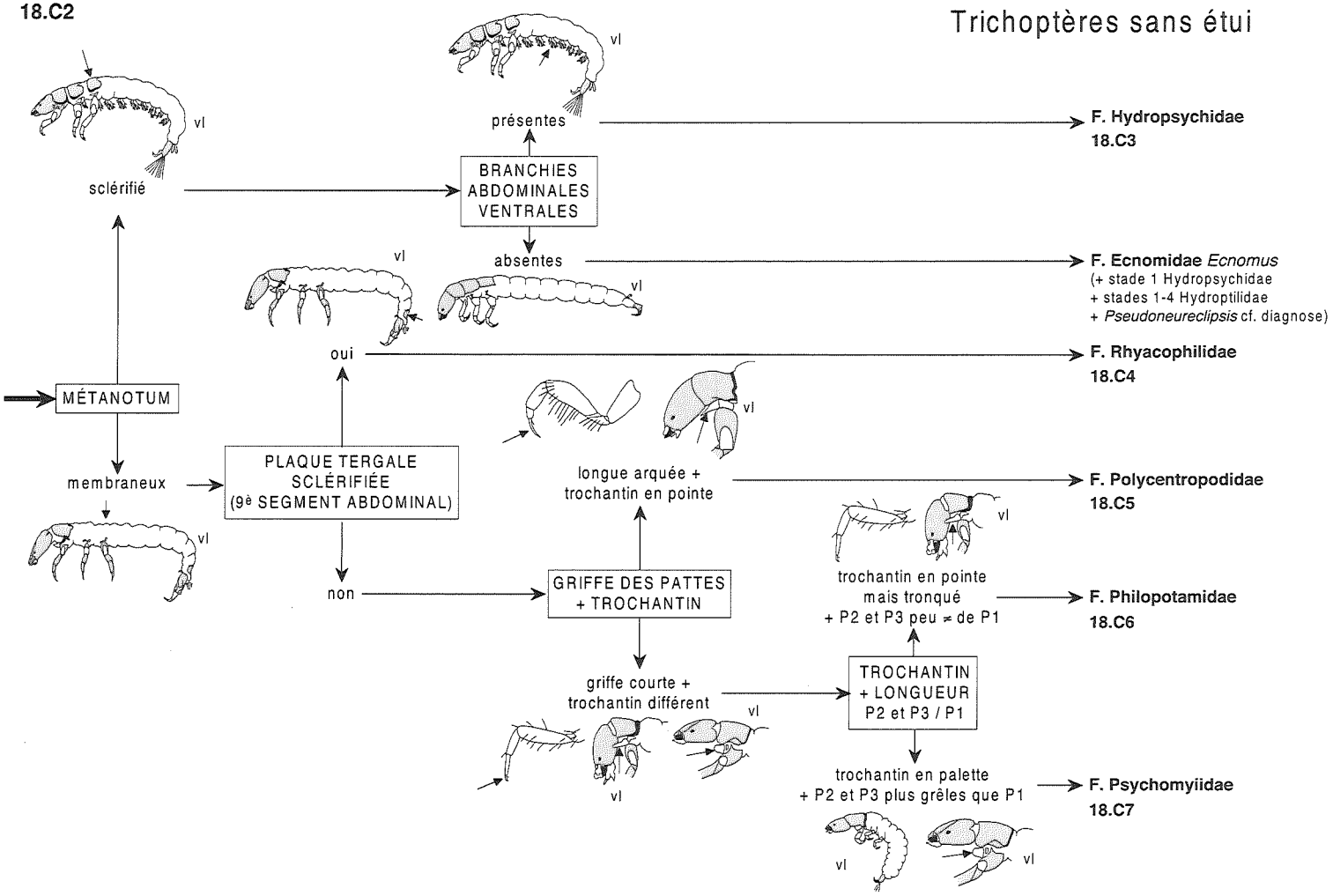
ÉTUI

toujours présent → **Trichoptères à étui** **18.C8**

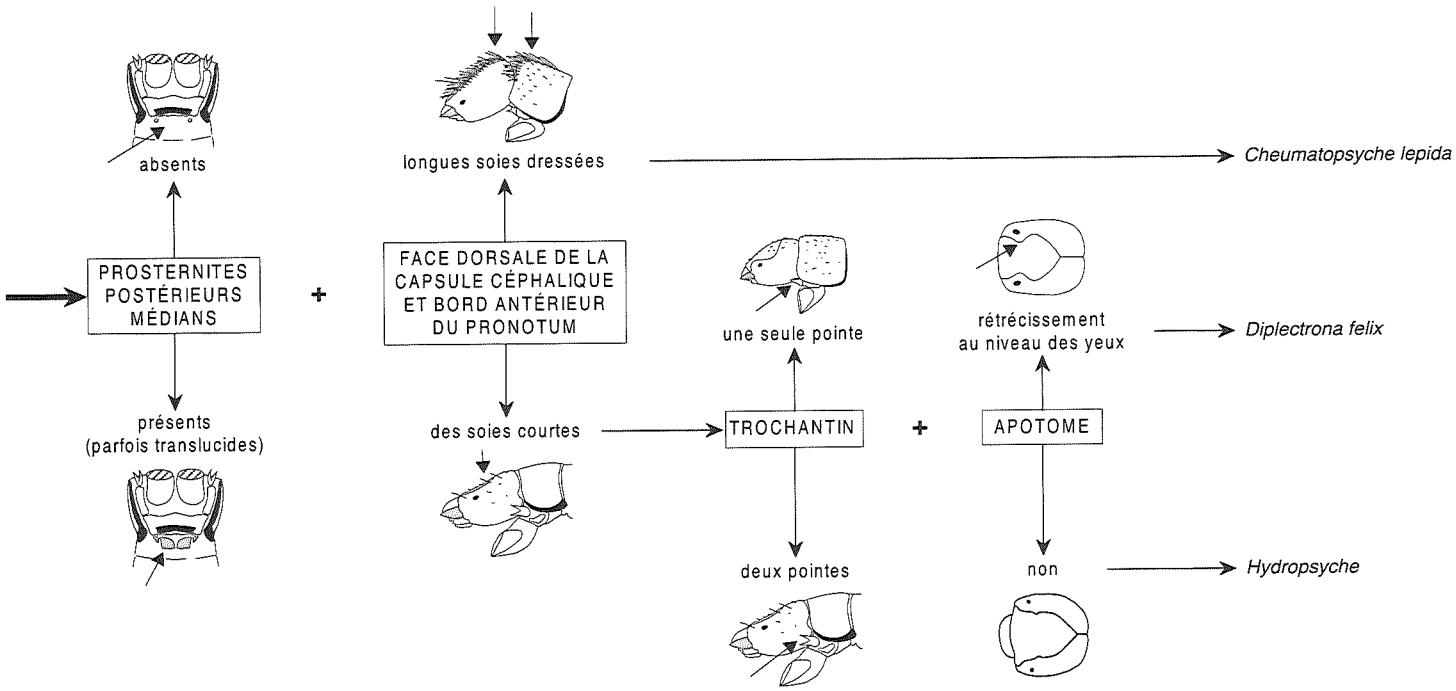


18.C2

Trichoptères sans étui



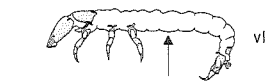
F. Hydropsychidae



18.C4

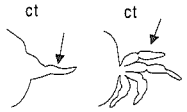
F. Rhyacophilidae

(Sous-genres)

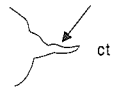


absentes → *Hyporhyacophila*

BRANCHIES



1 à 4 digitations → NOMBRE DE DIGITATIONS



une → *Prosrhyacophila*

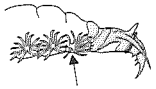
quatre → *Pararhyacophila*





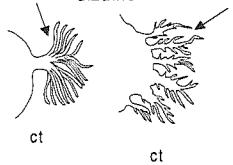
sur 6 protubérances → *Metarhyacophila*

présentes
(parfois réduites
à une digitation)

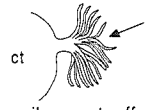


BRANCHIES

plus d'une dizaine

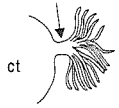


DISPOSITION DES DIGITATIONS



sessiles, en touffes → *Rhyacophila s. stricto*

sur une seule protubérance
celle-ci parfois à deux branches



DISPOSITION DES DIGITATIONS

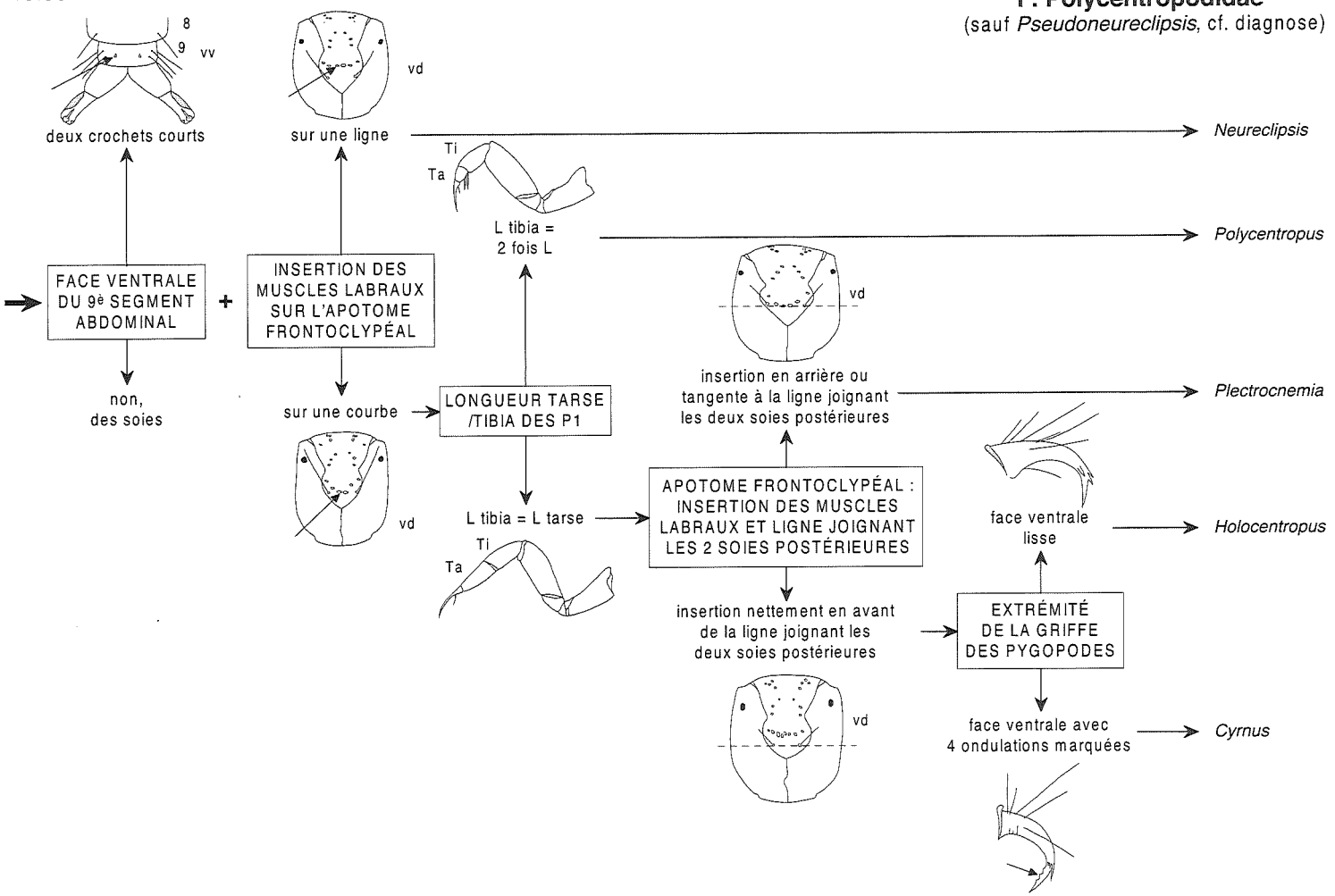
en peigne sur une structure axiale biramée → *Hyperhyacophila*



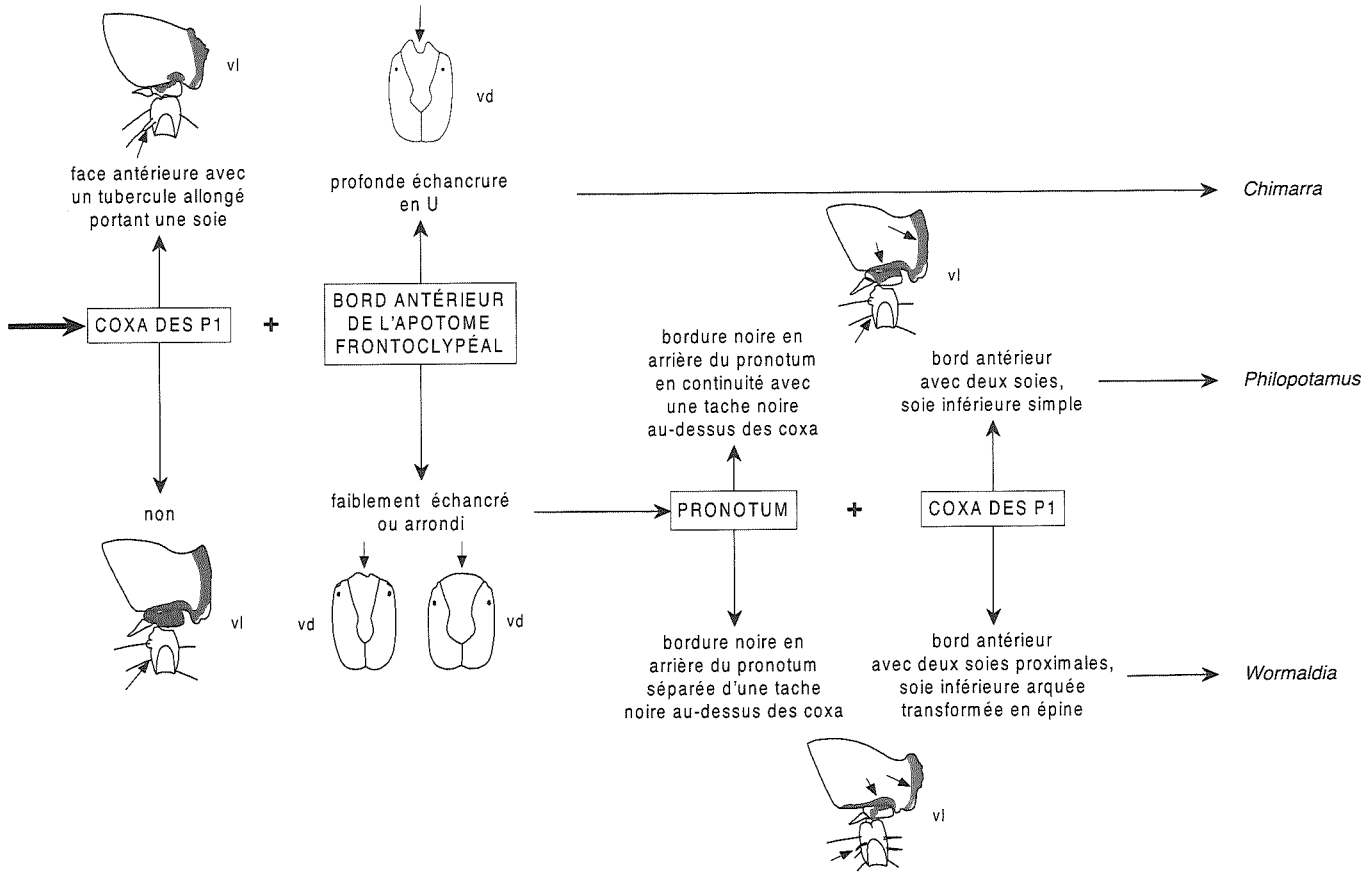
18.C5

F. Polycentropodidae

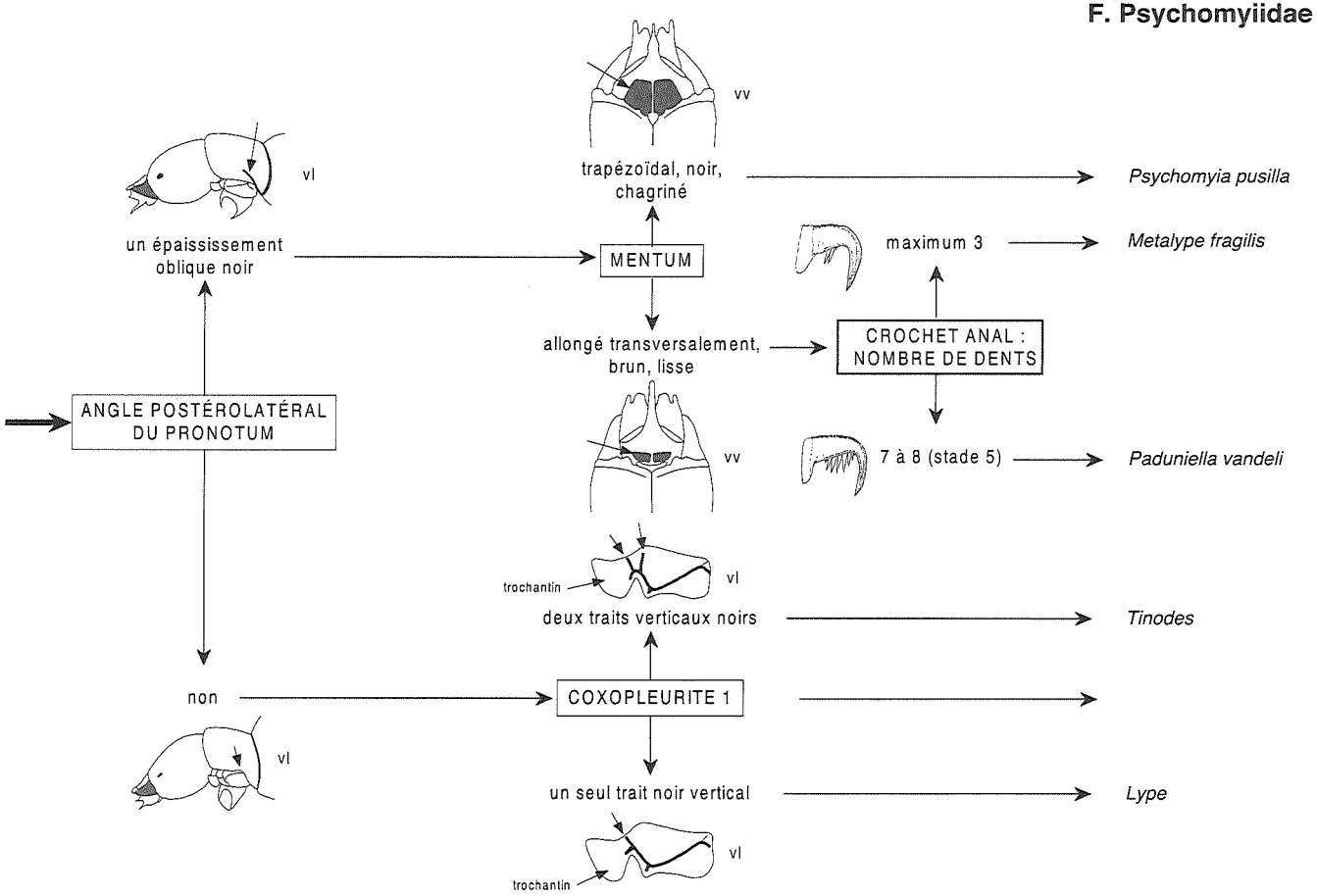
(sauf *Pseudoneureclipsis*, cf. diagnose)



F. Philopotamidae

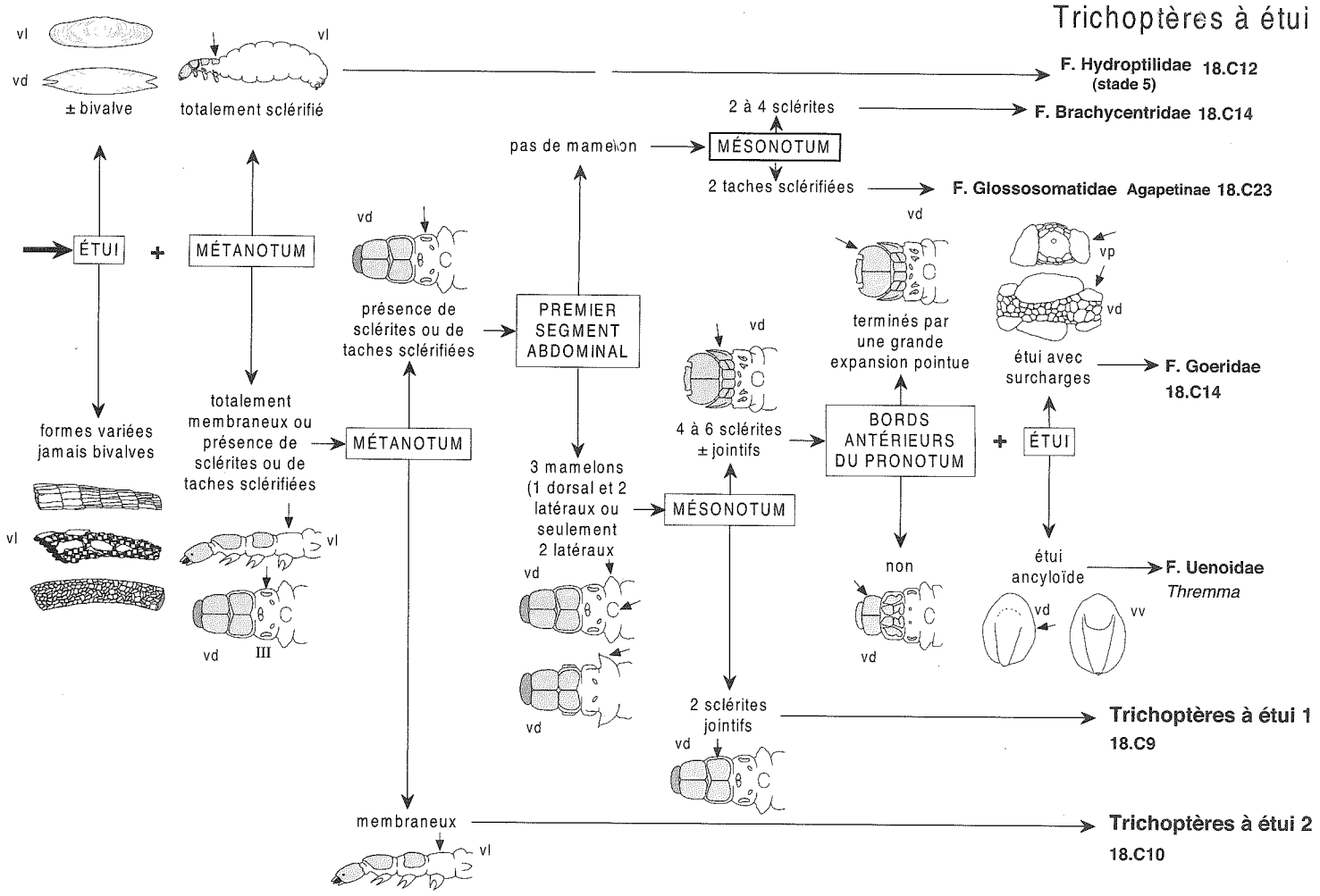


F. Psychomyiidae

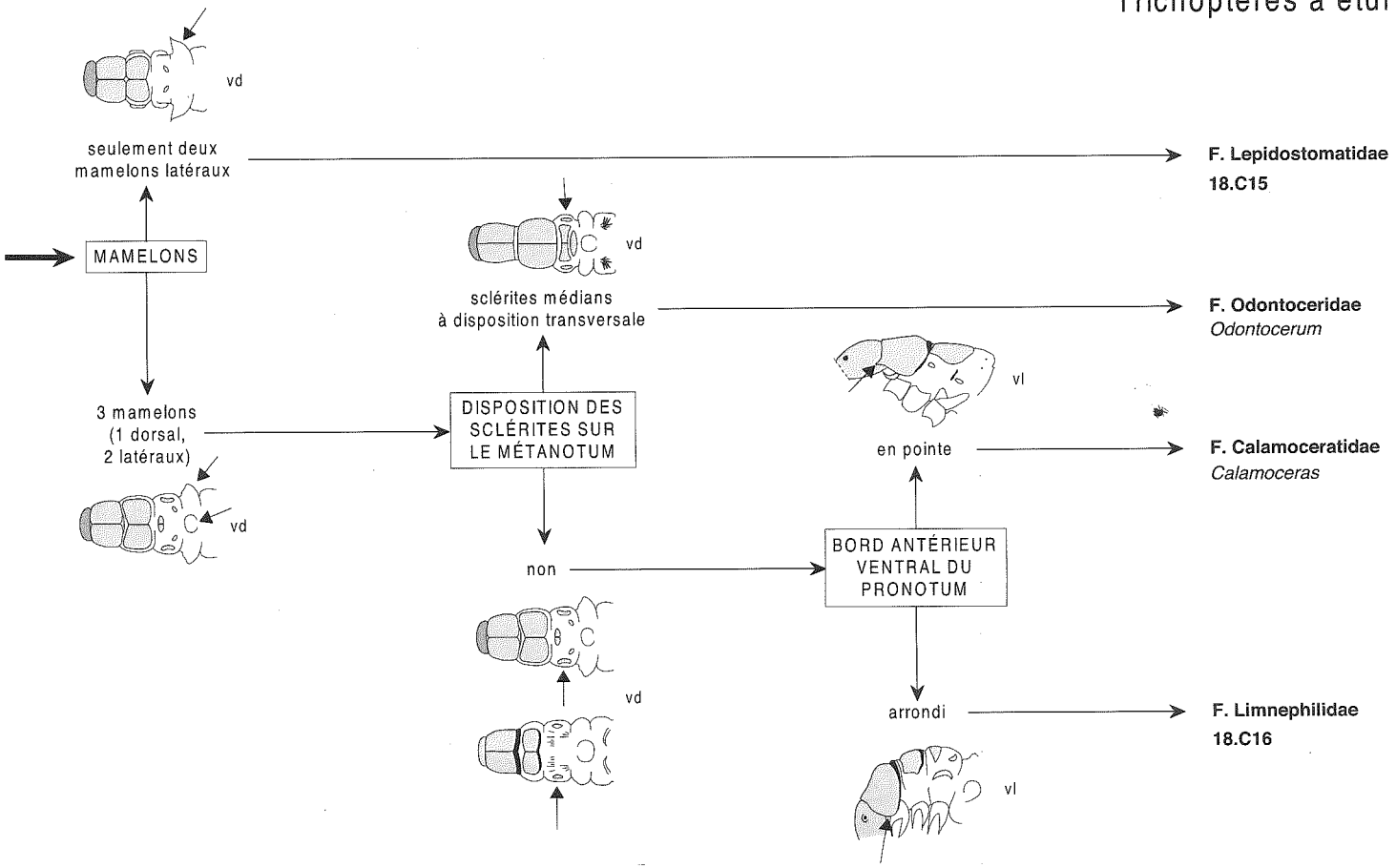


18.C8

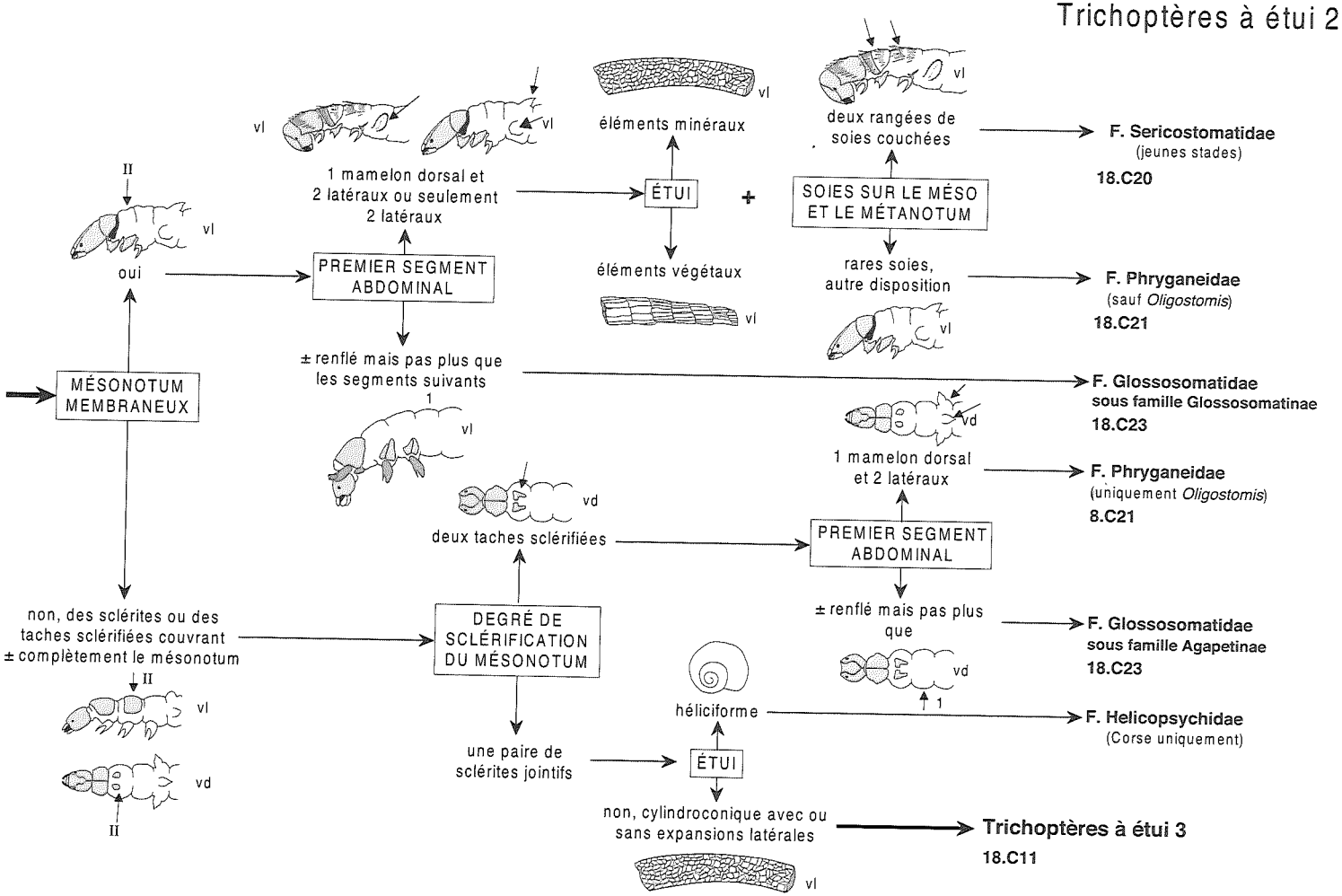
Trichoptères à étui



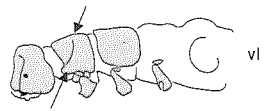
Trichoptères à étui 1



Trichoptères à étui 2

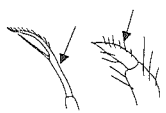


Trichoptères à étui 3



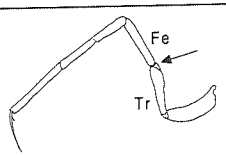
une crête transversale se terminant par une expansion au bord antérieur → **F. Beraeidae** (genre *Ernodes, Beraea Beraeamyia &*) **18.C24**

PRONOTUM



forme aberrante couverte de soies courtes → **F. Molannidae** **18.C15**

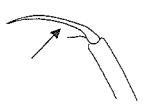
non → GRIFFE DES PIII



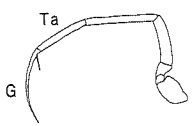
trochanter presque aussi long que le fémur

une pièce fémorale proximale → **F. Leptoceridae** **18.C25**

en pointe arquée ± longue



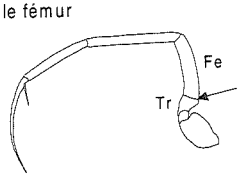
L TROCHANTER / L FÉMUR + ARTICULATION TROCHANTÉRO-FÉMORALE



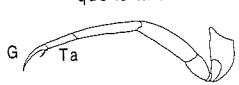
plus longue que le tarse → **F. Beraeidae** (*Beraeodes*) **18.C24**

trochanter 2 à 3 fois plus court que le fémur

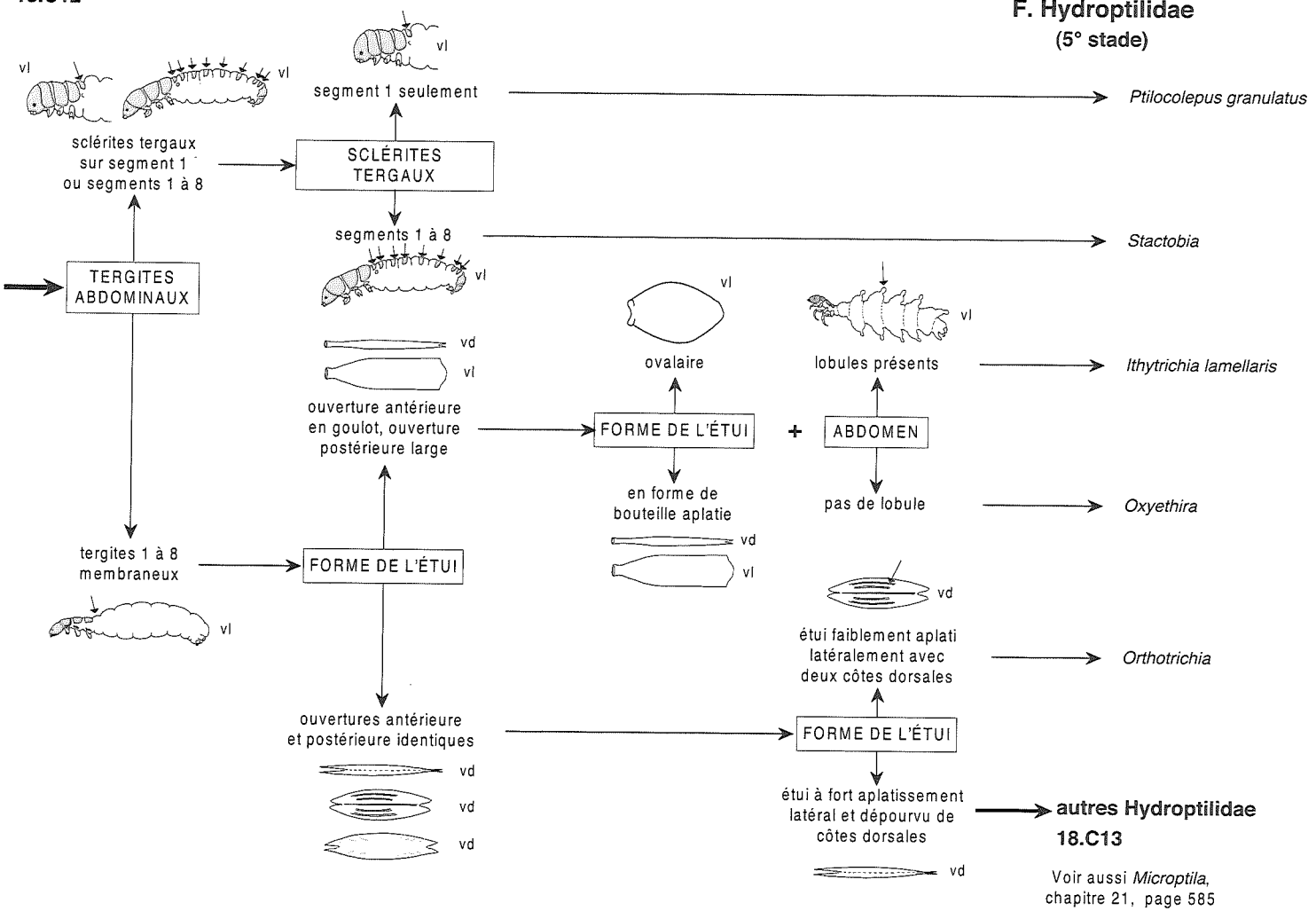
non → GRIFFE DES PIII



aussi longue que le tarse → **F. Sericostomatidae** (larve mature) **18.C20**



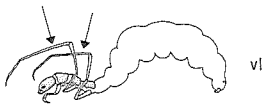
F. Hydroptilidae
(5° stade)



Voir aussi *Microptila*, chapitre 21, page 585

18.C13

F. Hydroptilidae 2
(5° stade)



vl

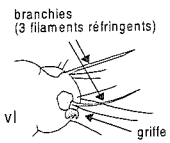
PII et PIII grêles 4 à 5 fois plus longues que les PI → *Tricholeiochiton fagesi*

LONGUEUR PII ET PIII/PI

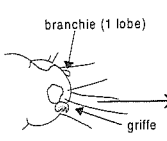


coudée à angle droit
épine basale en forme de bâtonnet → *Stactobiella risi*

PII et PIII non grêles au plus 2 fois plus longues que les PI → GRIFFE DES PIII



présentes



NOMBRE DE BRANCHIES
3 (filaments) → *Hydroptila*
1 (lobe) → *Allotrichia*

régulièrement arquée
épine basale en pointe



BRANCHIES SUR LE SEGMENT ABDOMINAL 9

absente

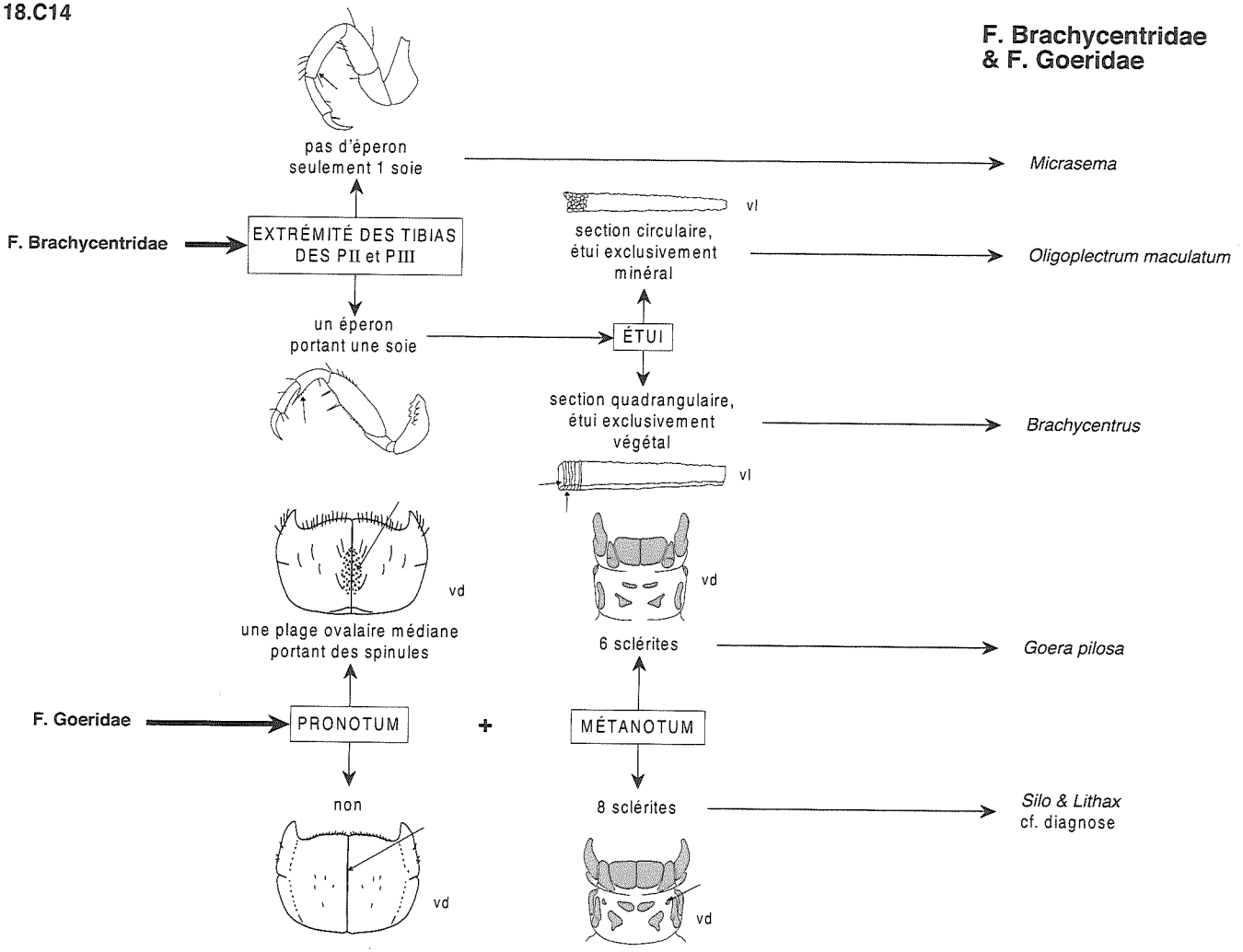


vl

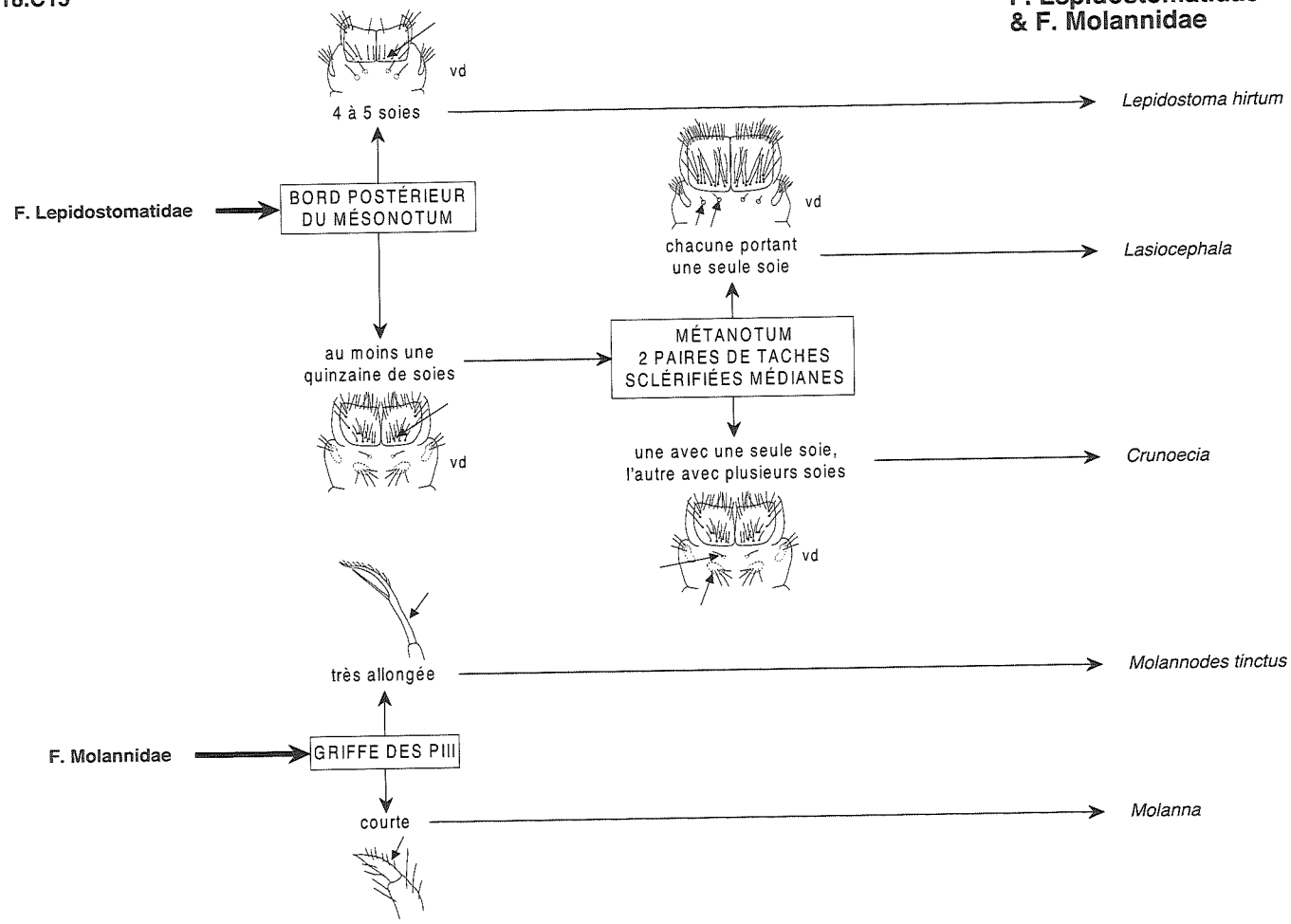
→ *Agraylea*

18.C14

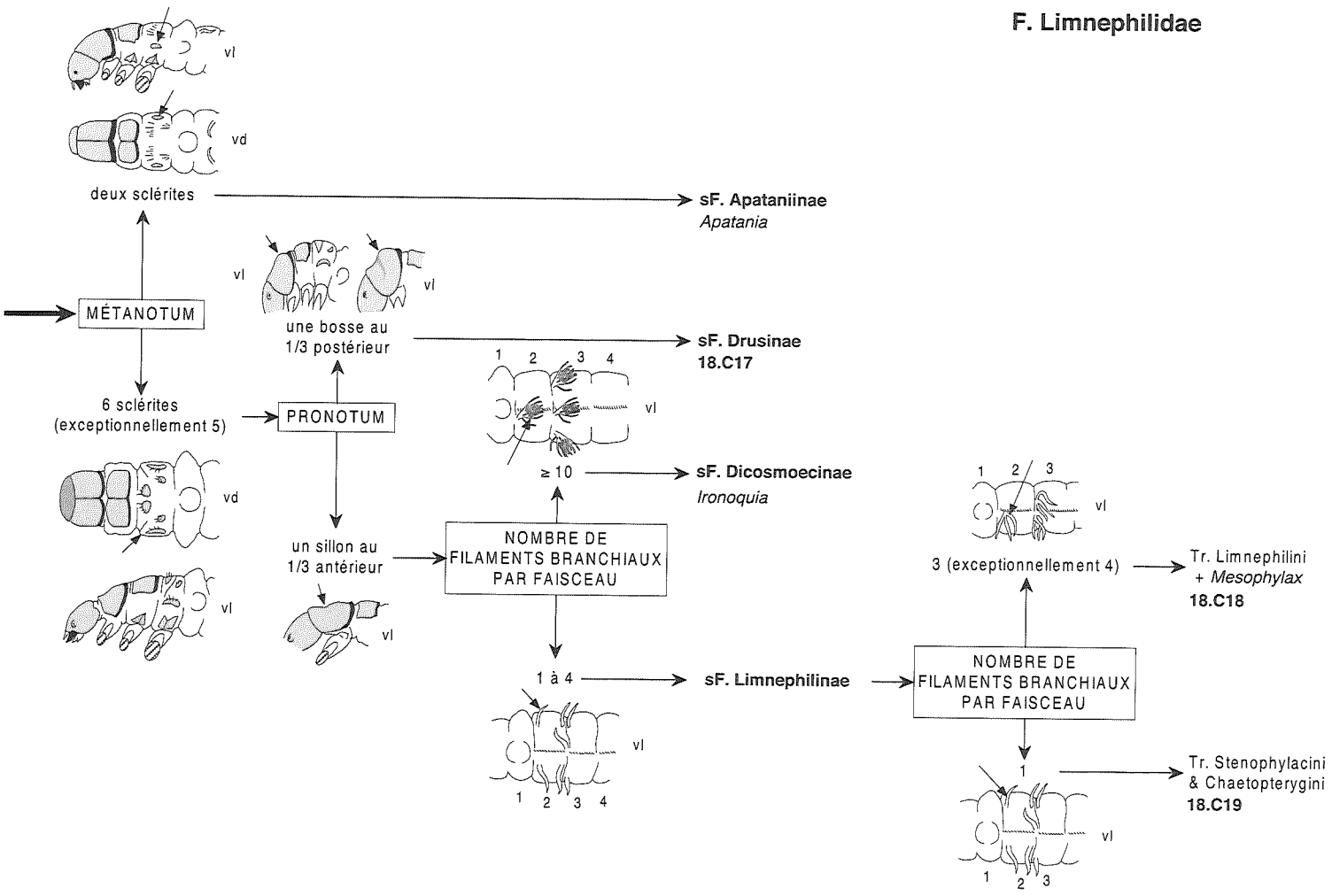
F. Brachycentridae & F. Goeridae



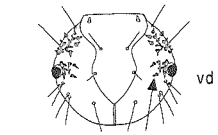
F. Lepidostomatidae & F. Molannidae



F. Limnephilidae

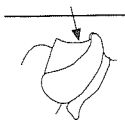


sF. Drusinae



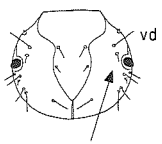
des épines entre l'œil et la suture frontale → *Ecclisopteryx*

CAPSULE CÉPHALIQUE



partie postérieure en forme de selle de cheval → *Anomalopterygella chauviniana*

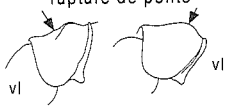
des soies, mais pas d'épine → PRONOTUM



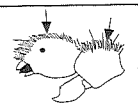


une tache sclérifiée en position médiane → *Metanoea*

bosse arrondie ou présentant une faible rupture de pente



STERNITE DU PREMIER SEGMENT ABDOMINAL



un feutrage dense de soies blanchâtres → *Drusus discolor*



en position médiane de longues soies disposées sur une ligne

CAPSULE CÉPHALIQUE ET PRONOTUM

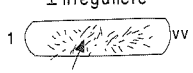
non → *Cryptothrix nebulicola*

de nombreuses petites taches sclérifiées



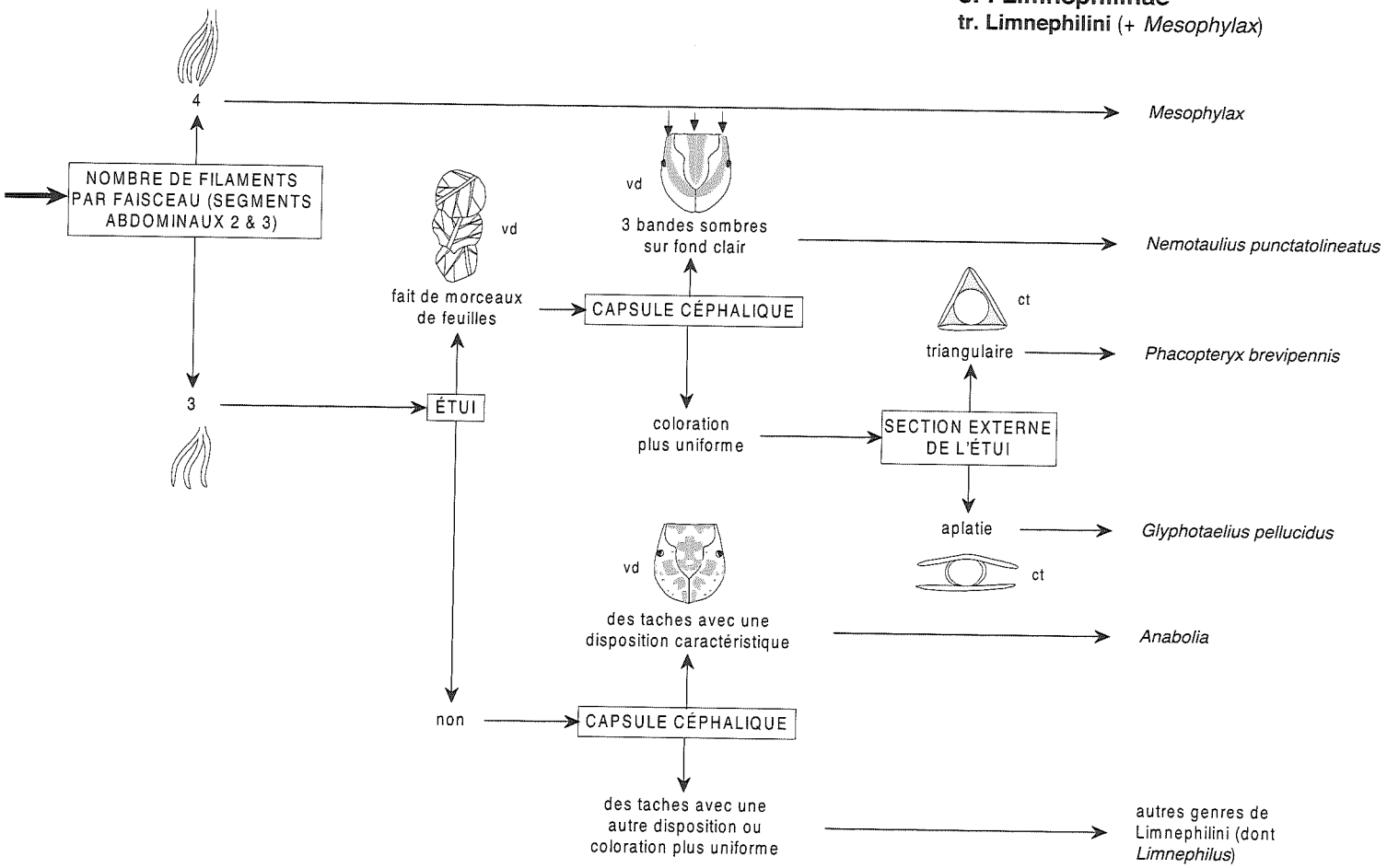
STERNITE DU PREMIER SEGMENT ABDOMINAL

des soies à disposition ± irrégulière → *Drusus* (sauf *D. discolor*)

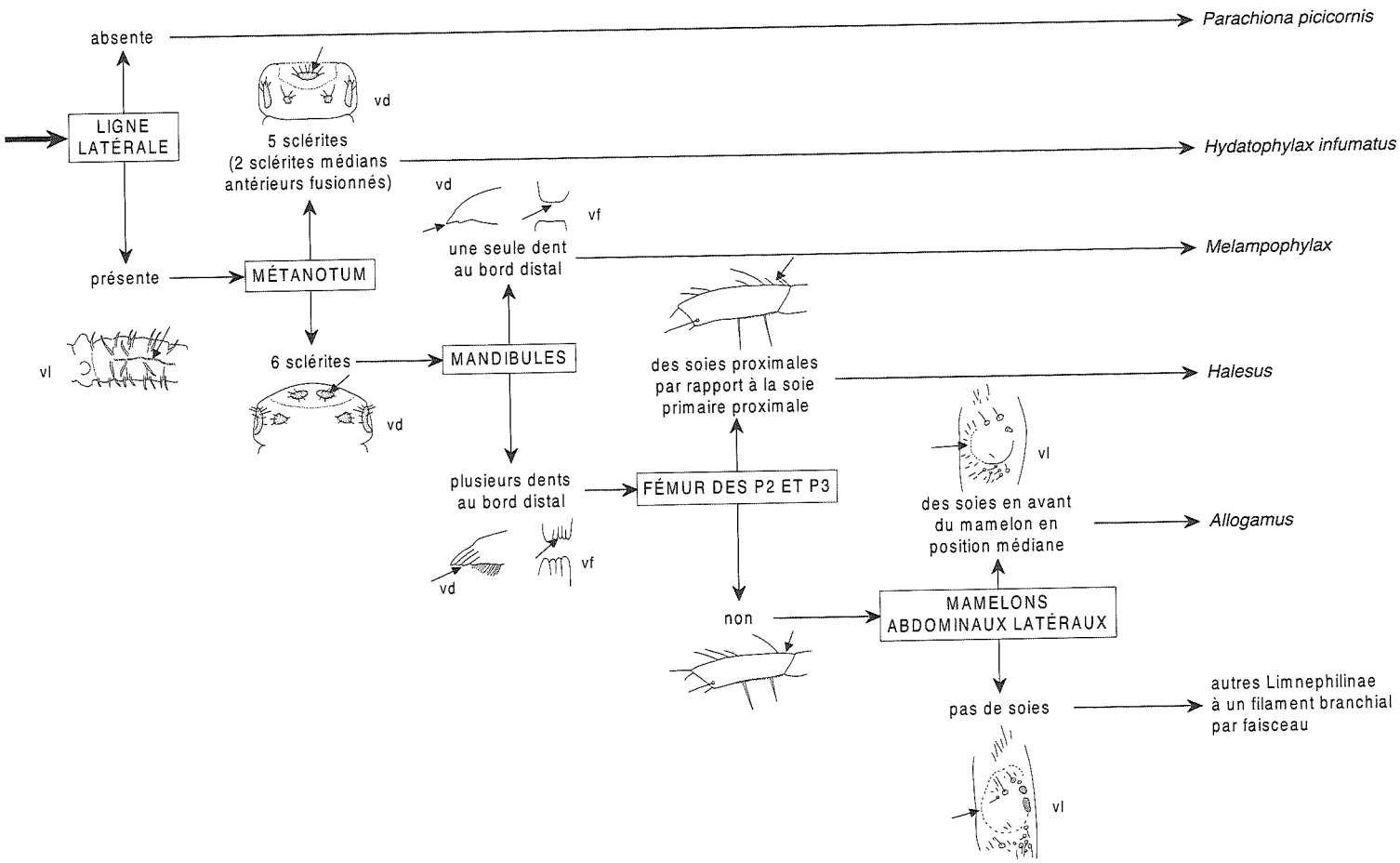


18.C18

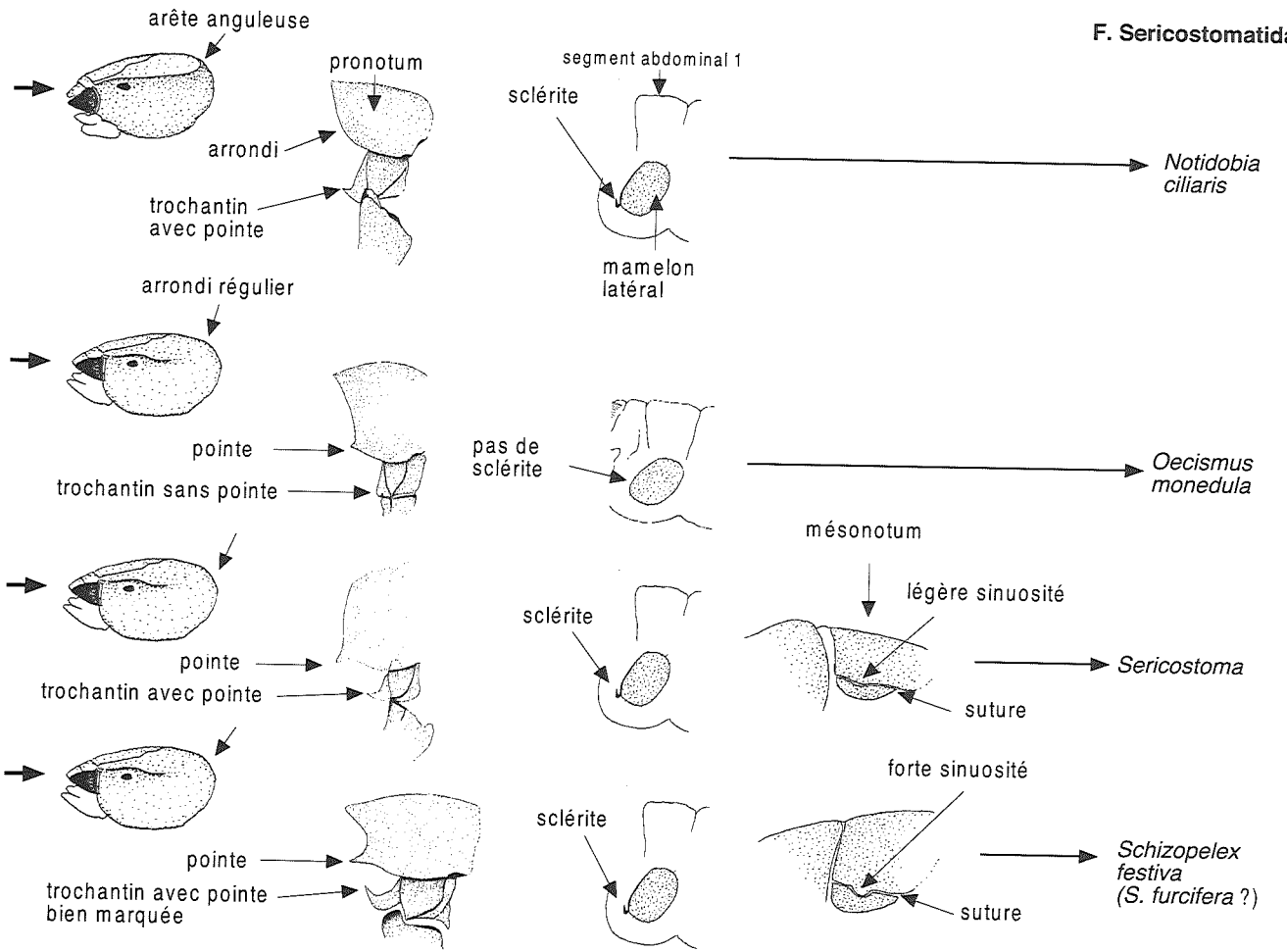
sF. Limnephilinae
tr. Limnephilini (+ *Mesophylax*)



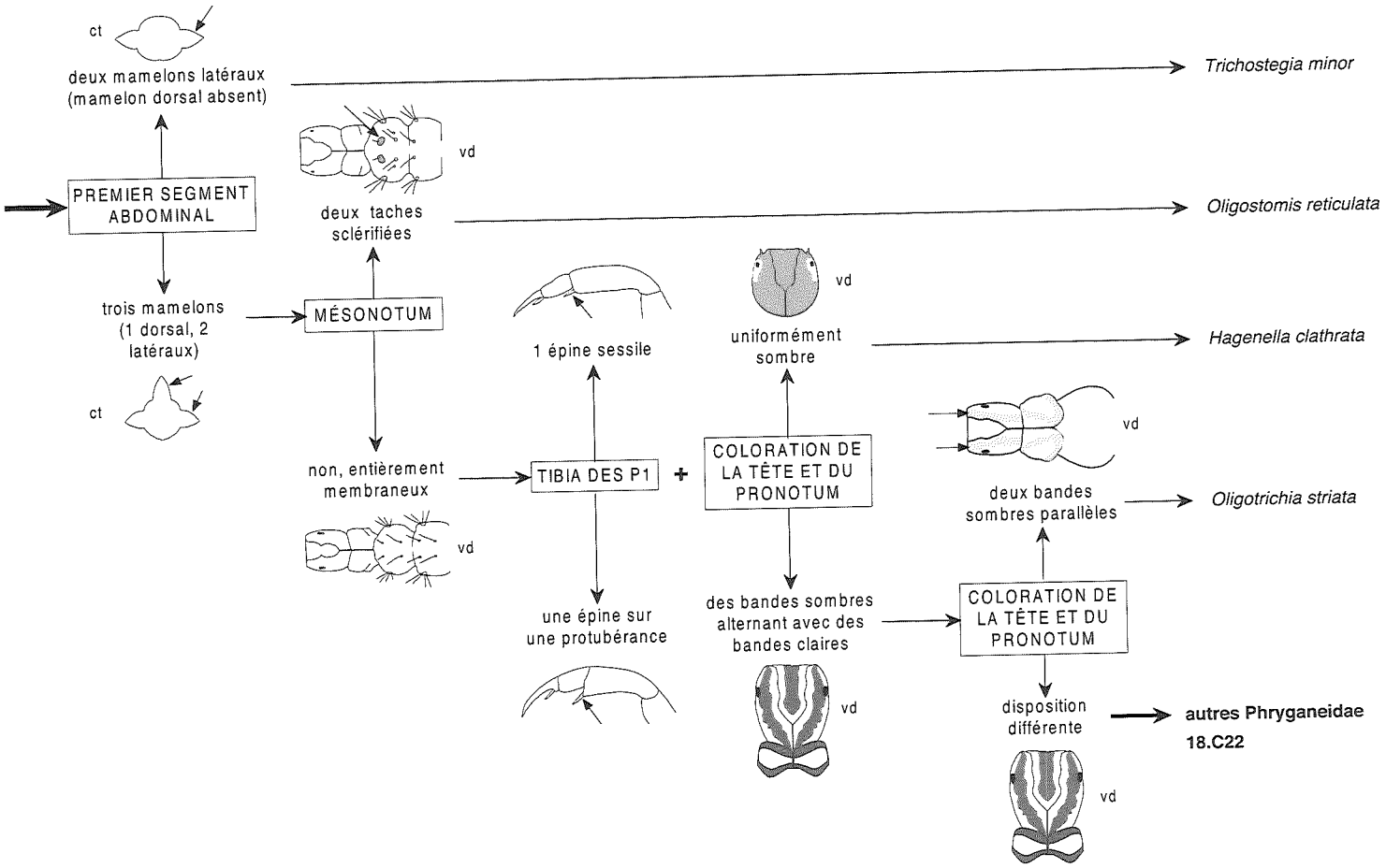
sF. Limnephilinae
tr. Stenophylacini & Chaetopterygini



18.C20

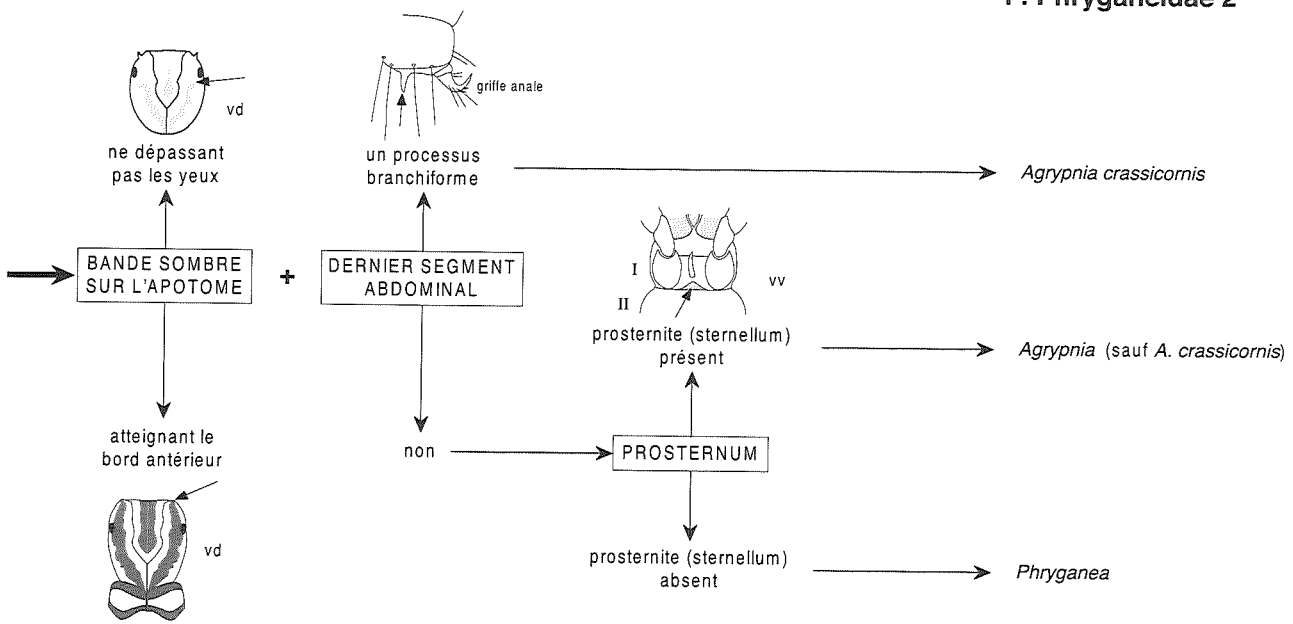

arête anguleuse
pronotum
arrondi
trochantin avec pointe
segment abdominal 1
sclérite
mamelon latéral
F. Sericostomatidae
Notidobia ciliaris
arrondi régulier
pointe
trochantin sans pointe
pas de sclérite
Oecismus monedula
pointe
trochantin avec pointe
mésonotum
légère sinuosité
sclérite
Sericostoma
suture
pointe
trochantin avec pointe bien marquée
forte sinuosité
sclérite
Schizopelex festiva (S. furcifera ?)
suture

F. Phryganeidae

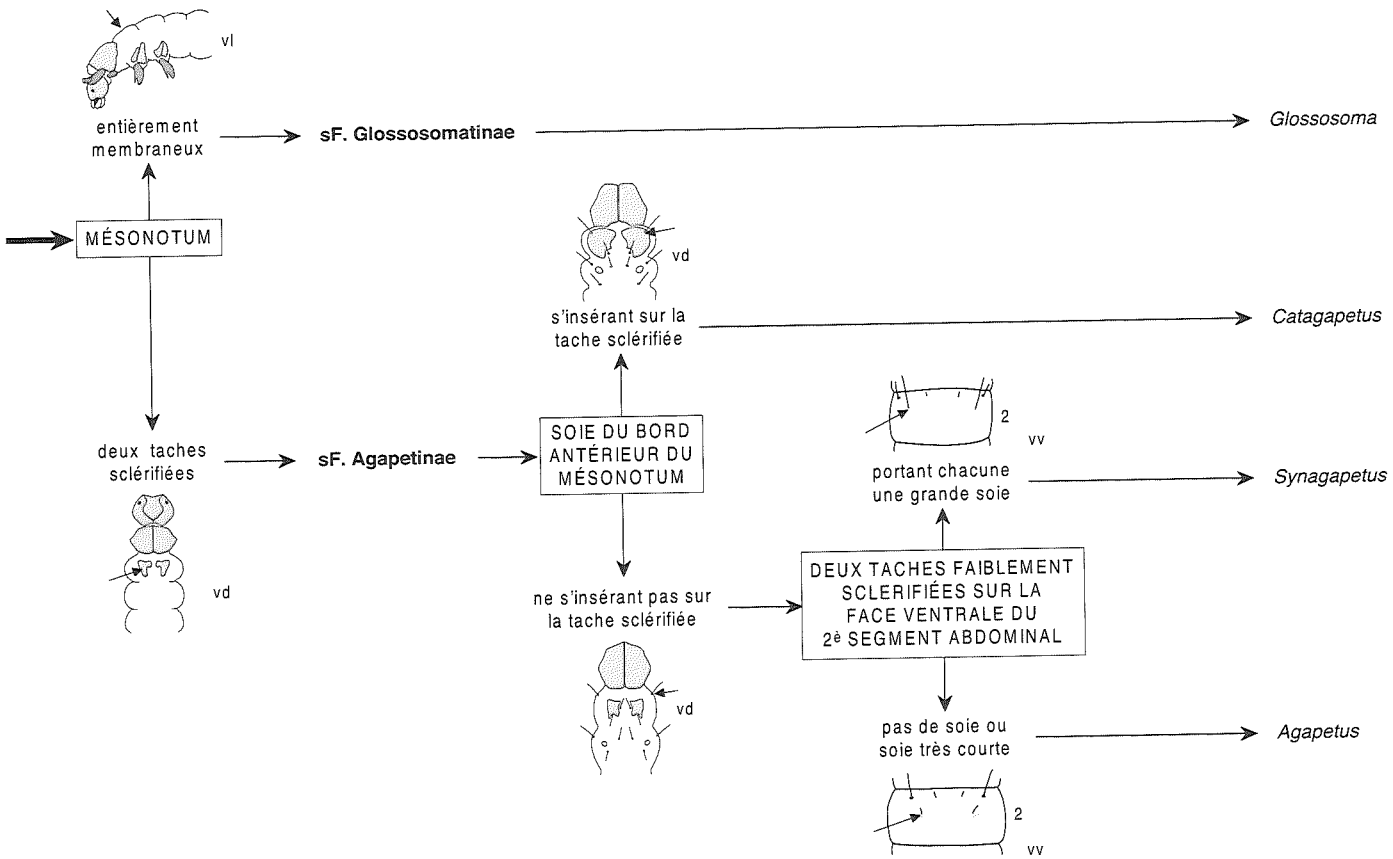


18.C22

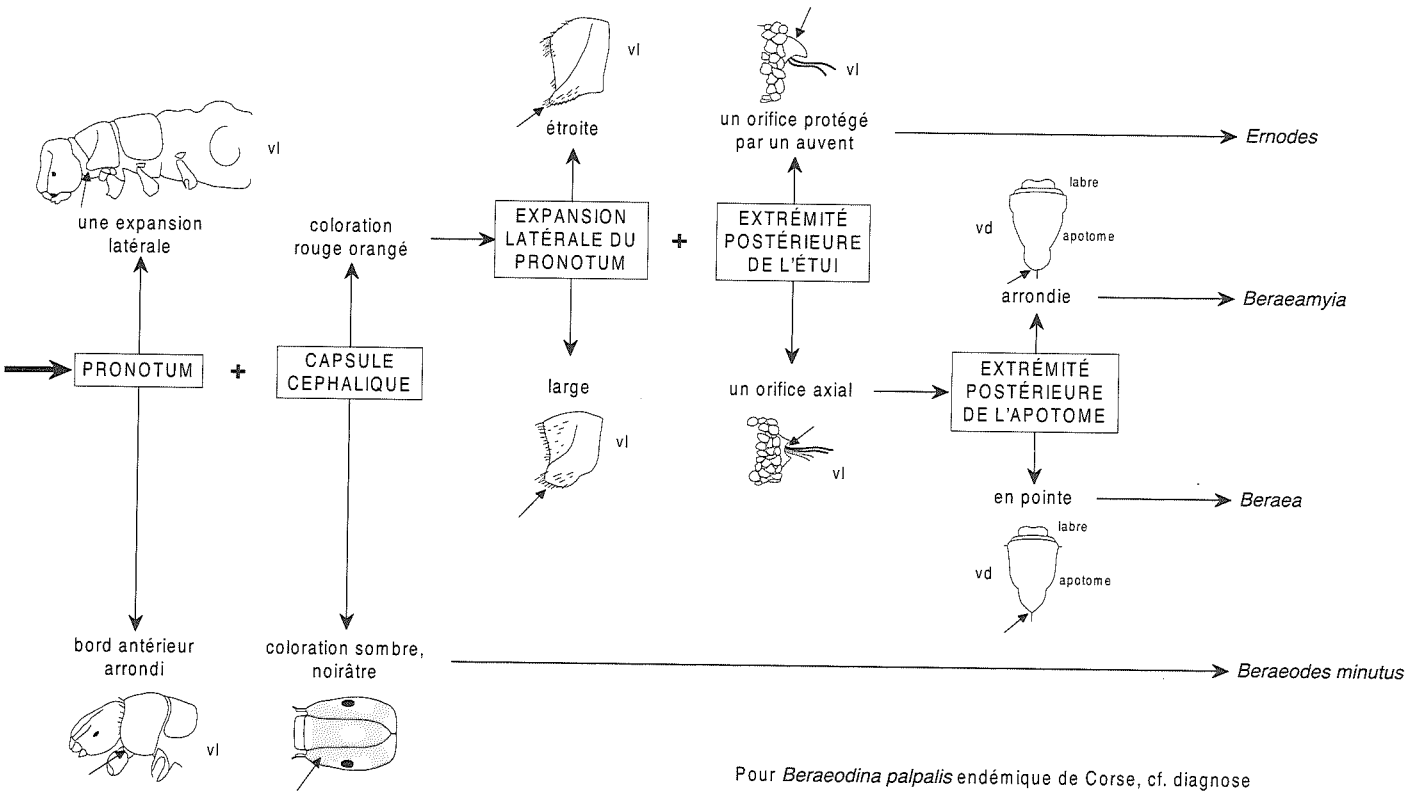
F. Phryganeidae 2



F. Glossosomatidae



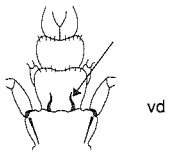
F. Beraeidae



Pour *Beraeodina palpalis* endémique de Corse, cf. diagnose

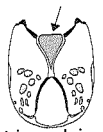
18.C25

F. Leptoceridae



vd

un épaississement noirâtre oblique aux angles postérieurs



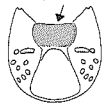
vv

triangulaire

Athripsodes

APOTOME VENTRAL

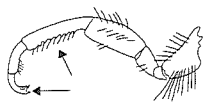
hémisphérique



vv

Ceraclea + Homilia

MÉSONOTUM

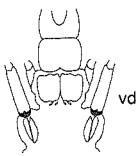


tibia à bord inférieur denté, griffe à deux dents

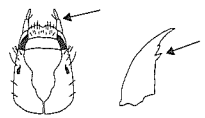
Leptocerus

non

P II



vd



vd

mandibules allongées maxille dépassant le labre

Oecetis

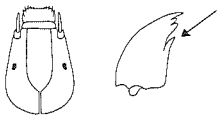
non

MANDIBULES ET MAXILLES

mandibules courtes, maxilles ne dépassant pas le labre

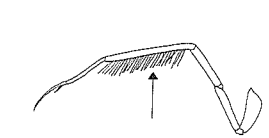
autres Leptoceridae

18.C26



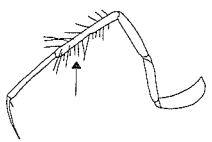
vd

F. Leptoceridae 2



des soies longues et nombreuses sur le tibia

P III



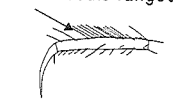
des soies peu nombreuses, de longueur variée sur le tibia

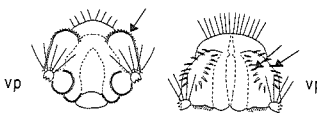


deux rangées de soies → *Triaenodes*

TARSE DES P III

une seule rangée → *Ylodes*





une lame dentée ou (une) à deux rangées d'épines → *Setodes*

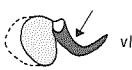
BORD POSTÉRIEUR DU 9eSEGMENT ABDOMINAL

absent → *Erotesis baltica*

non, seulement de fines spinules

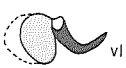


SCLÉRITE DU MAMELON LATÉRAL DU 1er SEGMENT ABDOMINAL



étroit et arqué → *Mystacides*

présent



SCLÉRITE DU MAMELON LATÉRAL

large et droit → *Adicella*

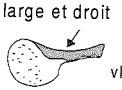


Tableau 18.T1 - Traits biologiques, physiologiques et écologiques : Trichoptères (de Adicella à Lithax)

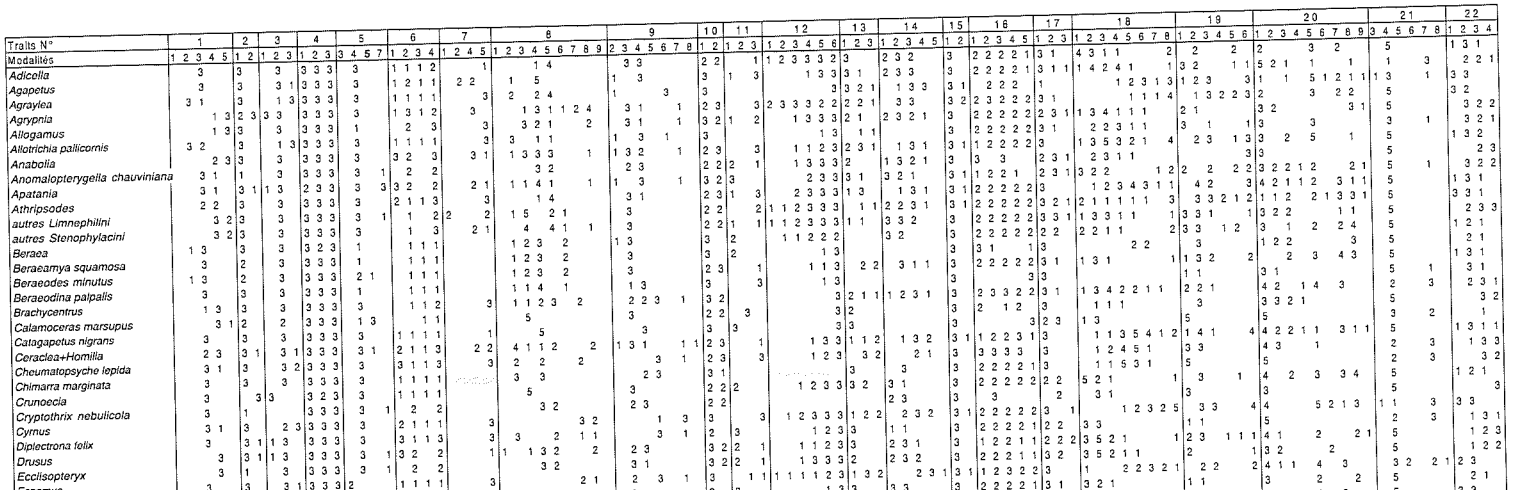
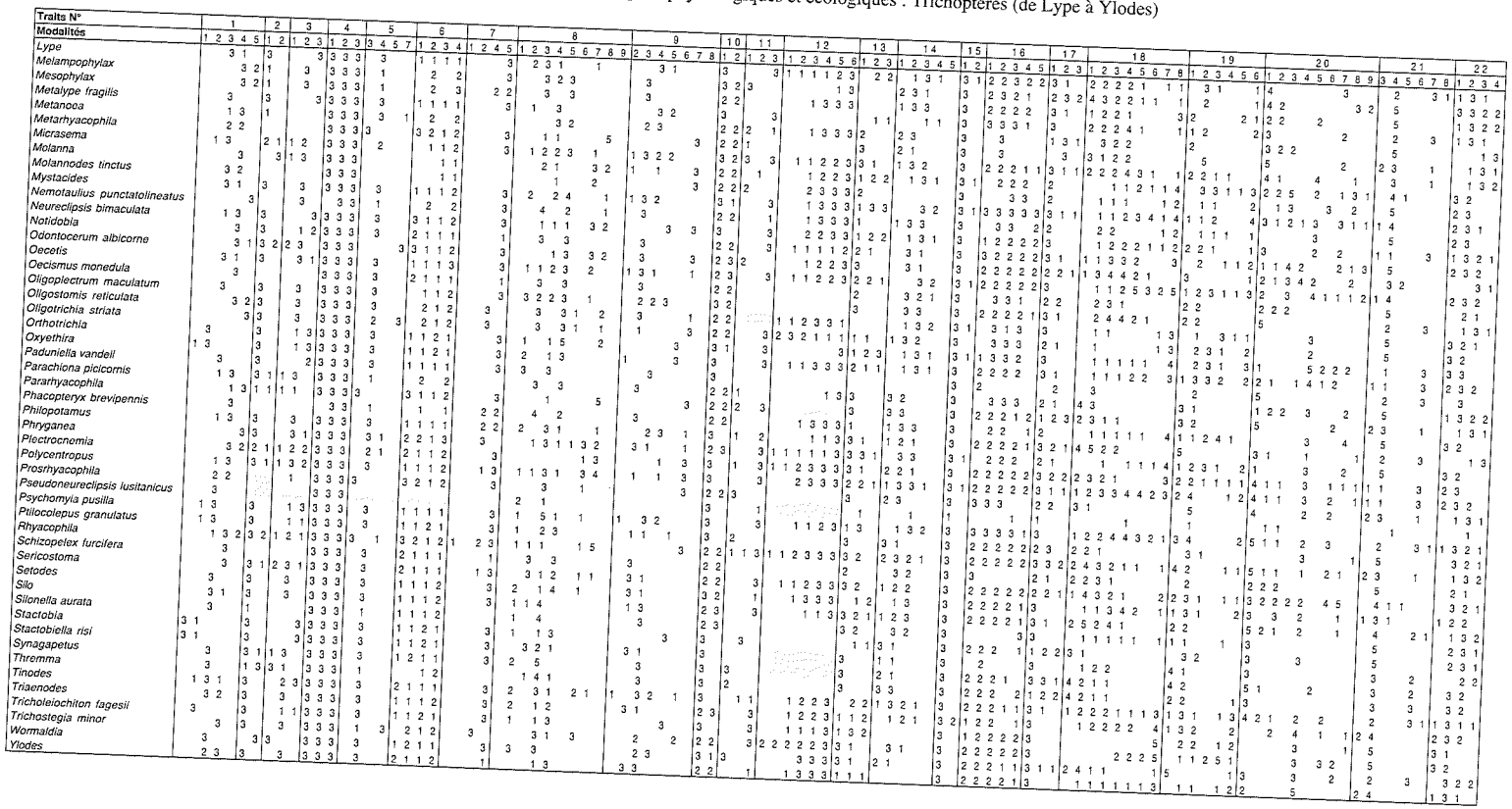


Tableau 18.T2 - Traits biologiques, physiologiques et écologiques : Trichoptères (de Lype à Ylodes)



CHAPITRE 19

DIPTÈRES

Les Diptères constituent l'ordre d'insectes le plus important après les Coléoptères. Les Diptères se sont différenciés au début du Secondaire. On distingue deux sous-ordres dont la dénomination repose sur la structure des antennes des adultes. Le plus primitif est représenté par le sous-ordre des Nématocères, chez qui les antennes, même courtes comme chez les Simuliidae, sont toujours constituées de plus de trois articles, et le sous-ordre des Brachycères, plus évolués, chez qui les antennes sont toujours courtes et sont constituées de trois articles.

Comme les Coléoptères, la plupart des Diptères sont terrestres ; les familles adaptées exclusivement à la vie aquatique sont peu nombreuses (Blephariceridae, Ptychopteridae, Chaoboridae, Culicidae, Dixidae, Simuliidae et Thaumaleidae) ; dans les autres familles, seuls quelques genres d'une famille ont des larves en milieu aquatique, la majorité des autres genres étant terrestre. Il peut même arriver que, dans un même genre, il y ait des espèces aquatiques, d'autres semi-aquatiques et d'autres nettement terrestres.

Outre les ouvrages généraux cités en introduction et les références concernant certaines familles, on pourra consulter deux ouvrages consacrés exclusivement aux larves de Diptères (Johannsen, 1977 ; Rivosecchi, 1984).

1 - MORPHOLOGIE ET ANATOMIE

1.1 - LARVES (figs. 19.1, 19.4, 19.7)

Elles se caractérisent par l'absence de pattes thoraciques articulées. Ces dernières peuvent être fonctionnellement remplacées par des pseudopodes ou des bourrelets locomoteurs (en milieu aquatique, il existe également des larves apodes — c'est-à-dire dépourvues de pattes thoraciques — chez les Coléoptères Donaciinae). La capsule céphalique est, soit bien individualisée (larves eucéphales), soit partiellement sclérifiée et rétractile dans les premiers segments thoraciques (larves hémicéphales), ou encore totalement régressée (larves acéphales) et rétractile dans les premiers segments thoraciques. Chez les Nématocères, on trouve des larves eucéphales et hémicéphales, chez les Brachycères des larves « eucéphales » (chez les Stratiomyidae) et acéphales. Chez les Brachycères (sauf les Stratiomyidae), les mandibules sont articulées, la partie distale est transformée en crochet dont les déplacements sont verticaux. Les antennes chez les Nématocères sont courtes, composées de un à six articles ; chez les Brachycères, elles sont souvent réduites à des papilles. Chez les Nématocères, outre les mandibules, il peut y avoir des prémandibules qui dérivent du labre ; ces prémandibules sont bien développées chez les Simuliidae. Les yeux sont réduits à des taches oculaires ou absents (certaines larves acéphales).

Le corps comprend de onze à quinze segments dont les trois premiers correspondent aux trois segments thoraciques. Il peut y avoir des fusions secondaires réduisant le nombre de

segments. Sauf chez quelques familles (par exemple, les Psychodidae), il n'y a pas de plaque sclérifiée sur les différents segments (thoraciques ou abdominaux), les téguments sont généralement membraneux ; ces téguments sont imprégnés de calcaire chez les Stratiomyidae.

La respiration peut se faire directement à travers les téguments (larves apneustiques) (par exemple, les Chironomidae), ou par l'intermédiaire de branchies trachéennes comme chez les Tipulidae et certains Limoniidae, ou exceptionnellement grâce à des branchies sanguines chez *Chironomus* (Chironomidae). Certaines larves présentent uniquement des stigmates postérieurs (larves métapneustiques) comme chez les Tipulidae, d'autres larves (comme les Stratiomyidae) ont en outre des stigmates antérieurs (larves amphipneustiques). Chez les Ptychopteridae et les Tabanidae, les stigmates postérieurs s'ouvrent à l'extrémité d'un siphon ; ce dernier qui s'ouvre à la surface peut être pourvu d'une rosette de soies hydrofuges (cas des Stratiomyidae et de certains Psychodidae).

Chez certaines familles, la larve possède une filière labiale qui lui permet de tisser et de construire un étui mobile analogue à celui des Trichoptères (cas du Limoniidae *Thaumastoptera calceata*), ou un tube-retraite fixé au substrat (certains Chironomidae Tanytarsini). Avec le fil la larve peut se fixer temporairement au substrat (Simuliidae). Les larves de Simuliidae tissent, juste avant la nymphose, un cocon nymphal semi-ouvert qu'elles fixent au substrat.

1.2 - NYMPHES (figs. 19.2, 19.5, 19.8)

Elle est libre chez les Nématocères, enfermée dans la dernière exuvie larvaire chez de nombreux Brachycères. Chez les Chaoboridae et les Culicidae, la nymphe est mobile ; elle présente des palettes natatoires à l'extrémité de l'abdomen. Chez de nombreuses familles, il existe des processus respiratoires plus ou moins ramifiés portés par le thorax (par exemple, les Simuliidae et les Chironomidae) ou même l'abdomen (certains Empididae). Les nymphes sont soit aquatiques et mobiles (comme chez les Culicidae ou les Chironomidae), soit aquatiques et fixées au substrat (Simuliidae et Blephariceridae), soit aquatiques et peu mobiles (certaines espèces d'Empididae et de Psychodidae), soit enfin terrestres ; dans ce cas, la larve de dernier stade sort de l'eau et effectue sa mue nymphale en milieu terrestre humide (généralement près des rives).

1.3 - ADULTES (figs. 19.3, 19.6, 19.9)

Ils sont caractérisés par la présence d'une seule paire d'ailes (d'où le nom de Diptères) qui correspond aux ailes antérieures. Ces ailes sont disposées à plat ou repliées au-dessus de l'abdomen. Les ailes postérieures sont transformées en organe d'équilibration : le balancier. Ce balancier est soit non protégé (notamment chez les Nématocères) ou partiellement protégé par une sorte d'écaille (le cuilleron) chez les Brachycères. Chez les Caenidae et chez *Cloeon dipterum* (Éphéméroptères), il n'y a également qu'une paire d'ailes, mais il n'y a pas de balancier, et la disposition des ailes est typique de celle des Éphéméroptères. L'appareil buccal est de type lécheur (majorité des Diptères) ou lécheur-piqueur (Simuliidae, Leptoconopinae et Tabanidae) ou piqueur (Culicidae). Certaines espèces sont prédatrices d'autres invertébrés terrestres ; c'est notamment le cas des Rhagionidae, de certains Ceratopogonidae et des Empididae. Chez ces dernières espèces, les labelles sont pourvus d'épines.

2 - BIOLOGIE

La reproduction est toujours de type sexué. Il y a des cas de parthénogenèse chez certains Chironomides. Le rapprochement entre les sexes peut donner lieu à la formation d'essaims comprenant parfois des milliers d'individus (cas de certains Chironomides). La vie imaginale est

en général courte, mais les capacités de vol sont importantes, ce qui assure une large dispersion des adultes. Les œufs sont soit pondus dans l'eau en une masse unique au sein d'une matrice gélatineuse (cas de certains Chironomidae et Ceratopogonidae), soit pondus isolément à la surface de l'eau mais rassemblés ensuite en une seule masse par des phénomènes de tension superficielle (cas des pontes flottantes des Anophelinae). Beaucoup de Brachycères pondent sur des supports situés au-dessus de l'eau, les larvules tombent à l'eau où elles poursuivront leur développement (c'est le cas notamment des Athericidae, des Stratiomyidae et des Tabanidae). Le nombre d'œufs pondus est très variable, de quelques centaines à quelques milliers.

La durée du cycle vital est très variable : de quelques semaines chez les Culicidae et les Chironomidae à un ou deux ans pour certains Tabanidae. Beaucoup d'espèces sont monovoltines, quelques-unes polyvoltines. Il y a en général quatre stades larvaires, sept chez les Simuliidae.

3 - ÉCOLOGIE

Les Diptères à larves aquatiques sont répandus dans toutes les grandes régions du monde, et ce sont souvent les seuls insectes (notamment les Chironomides) présents dans les cours d'eau issus des grands glaciers. Il existe quelques rares espèces de Chironomides qui vivent en milieu salé (bord de mer). Aux États-Unis, une espèce d'Ephydridae *Helaeomyia petrolei* (= *Psilopa petrolei*) vit dans des flaques de pétrole, un autre Ephydridae (*Scatella*) vit dans des sources chaudes dont la température dépasse 40 °C. Certaines larves aquatiques de Diptères vivent normalement dans les fosses d'aisance (notamment les Syrphidae du genre *Eristalis*). Ces différents exemples montrent les très grandes possibilités d'adaptation des Diptères à vivre dans des conditions extrêmes.

Dans un cours d'eau, les Diptères se rencontrent aussi bien dans des zones à courant très vif (Blephariceridae et Simuliidae) que dans les zones hygropétriques (= madicoles) (Dixidae et Thaumaleidae) ou que dans des milieux stagnants (Culicidae et Chaoboridae). Les larves de *Chaoborus* (Chaoboridae) sont les seules larves d'insectes à présenter une adaptation à la vie planctonique. De nombreuses espèces ont un comportement fouisseur ; c'est le cas notamment des larves de Limoniidae du genre *Hexatoma*, des larves de Ceratopogoninae et des larves de Tabanidae.

Le régime alimentaire des larves de Diptères est très varié. Il y a des formes broyeuses détritivores (Tipulidae), des formes racleuses de substrat (certains Chironomidae), des formes filtreuses (Simuliidae, certains Chironomidae, Culicidae, Syrphidae), des formes prédatrices (par exemple, les Tanypodinae, les Chaoboridae, les Athericidae, les Empididae et les Tabanidae). Chez les Athericidae et les Empididae, les larves enfoncent leurs crochets dans leur proie et sucent l'hémolymphe. Il existe des espèces parasitoïdes (Sciomyzidae) de Pulmonés aquatiques. Enfin on rencontre des phénomènes de phorésie (parasitisme ?) de certaines larves de Chironomides aux dépens de larves d'Éphéméroptères (fig. 19.48) ou de Pulmonés.

Les larves de Diptères, et plus particulièrement les Chironomides, constituent une source de nourriture importante pour les autres invertébrés et les poissons. En milieu aérien, là encore, ce sont les Chironomides qui constituent la principale source de nourriture notamment pour les Oiseaux et les Chiroptères.

Vis-à-vis de l'Homme, les adultes de Diptères peuvent constituer une source de nuisance soit en raison de leur pullulation (les Chironomides notamment), soit parce qu'ils appartiennent à des groupes dont les femelles ont un régime hématophage : Culicidae, Leptoconopinae, Simuliidae et Tabanidae. Chez les Ceratopogonidae et les Tabanidae, il existe des espèces hématophages dont les larves sont terrestres. On notera ici que les Phlebotominae (Psychodidae), qui sont également hématophages, sont exclusivement terrestres.

4 - TECHNIQUES D'IDENTIFICATION

Les Diptères constituent un groupe suffisamment important pour qu'il n'y ait pas un spécialiste des Diptères, mais plus généralement un spécialiste d'une famille de Diptères, et, pour les Chironomides qui constituent le groupe de Diptères à larves aquatiques ayant le plus grand nombre d'espèces, un spécialiste d'une sous-famille.

La systématique des Diptères reste difficile.

a) Chez les larves, particulièrement les formes acéphales, les caractères distinctifs restent très petits, nécessitant des montages microscopiques nombreux et l'examen de caractères visibles seulement à un fort grossissement. En outre, dans de nombreux cas, il y a des espèces cryptiques (plusieurs espèces — larves ou adultes — présentent apparemment les mêmes caractéristiques morphologiques) qui ne peuvent être distinguées qu'en faisant appel à des critères génétiques.

b) Comme pour beaucoup d'autres insectes aquatiques, la relation adulte-larve n'est que rarement réalisée. La situation est d'autant plus difficile pour les Diptères qu'un adulte récolté près d'une rivière ou d'un lac peut appartenir à une espèce terrestre. Pour établir à coup sûr la triple relation larve-nymphe-adulte, il faut donc utiliser des trappes à émergence pour les espèces à nymphes aquatiques ou réaliser des élevages à partir de larves de dernier stade, toujours pour des espèces à nymphes aquatiques mais aussi pour des espèces dont la nymphose a lieu à terre.

c) Les révisions réalisées par les systématiciens augmentent parfois la confusion lorsqu'il y a pulvérisation ou au contraire réunification de taxons, notamment au niveau générique. Par ailleurs, certains auteurs vont ranger une espèce dans un genre tandis que d'autres auteurs vont la ranger dans un genre différent.

Dans ces conditions, pour les Diptères, nous resterons très en retrait des objectifs de cet ouvrage qui vise à identifier les *genres* d'invertébrés aquatiques. Dans la majorité des cas, nous n'atteindrons que le niveau famille, dans les cas les plus favorables, le niveau sous-famille ou tribu. Dans de très rares cas, nous atteindrons le niveau générique.

Pour ceux qui souhaiteraient pousser leur détermination au niveau spécifique ou même seulement générique, nous donnerons, pour quelques familles, les dernières mises au point concernant les larves (éventuellement les nymphes) de l'ensemble de la famille.

Au moment où nous achevions le présent ouvrage, paraissait le livre édité par Nilsson (1997) (cf. référence en introduction) dont le deuxième tome est consacré en majorité aux Diptères à larves aquatiques. Chaque famille est traitée par un spécialiste ; larves, nymphes et adultes de la faune d'Europe du Nord sont présentés. Il s'agit de la plus récente mise au point sur un groupe qui reste cependant (cf. nos remarques plus haut en a, b et c) difficile pour un non-spécialiste. Il est également nécessaire de rappeler que la faune d'Europe du Nord est relativement pauvre ; certains genres sont absents, comme certaines familles (Blephariceridae).

5 - DIAGNOSES (CLÉS 19.C1 À 19.C12)

Les différentes familles de Diptères sont regroupées en super-famille. Malheureusement, pour beaucoup de superfamilles il y a de sérieuses divergences entre les auteurs sur la manière de regrouper les différentes familles. Nous avons suivi le découpage en superfamilles proposé par Nilsson (1997) sauf pour les Blephariceridae qui sont absents de la faune du Nord de l'Europe et que nous avons rangés dans les Culicoidea.

Les nymphes peuvent être identifiées en utilisant les clés 19.C10, 19.C11 et 19.C12.

SOUS-ORDRE DES NÉMATOCÈRES

Les larves de Nématocères sont soit eucéphales (fig. 19.1), soit hémicéphales (fig. 19.4) ; dans ce dernier cas, la tête reste membraneuse dans sa partie postérieure, seule la région antérieure est sclérifiée. Chez les larves hémicéphales, qui ressemblent à certaines larves acéphales, les mandibules sont toujours mobiles dans un plan horizontal. Inquiétée ou morte, la larve rétracte la tête dans le thorax lorsque qu'une larve vivante se déplace, la moitié antérieure de la tête est bien visible.

Les nymphes de Nématocères sont libres. Les yeux, les antennes, les pattes (= podothèques) et les fourreaux alaires sont visibles ; elles présentent en outre des processus respiratoires simples ou digités. Ces nymphes sont aquatiques, libres et mobiles chez les Chironomidae, les Culicidae et les Chaoboridae, fixées au substrat chez les Simuliidae et les Blephariceridae. Les nymphes sont libres, peu mobiles et souvent terrestres chez les Tipuloidea, les Psychodoidea et les Ceratopogonidae.

5.1 – SUPER-FAMILLE DES PSYCHODOIDEA

5.1.1 - Famille des Psychodidae (clés 19.C1, 19.C3, 19.C11)

Larve eucéphale. Corps composé apparemment de plus de vingt segments en raison d'une segmentation superficielle des segments thoraciques et abdominaux ; chacun de ces pseudo-segments peut porter une plaque sclérifiée, transversale dorsalement et parfois ventralement. Corps terminé par un siphon respiratoire conique, plus ou moins allongé entouré (ou non) par quatre lobes de taille inégale frangés de soies hydrofuges (figs. 19.10, 19.11).

Les Psychodidae sont des Diptères de petite taille (au maximum 8 mm). L'identification des différents genres de Psychodidae implique la réalisation de préparations microscopiques ; voilà pourquoi, nous ne pousserons pas l'identification plus loin. On notera cependant que les genres rencontrés en eau courante sont généralement de coloration brune ou noire et portent des plaques sclérifiées sur tous les segments (fig. 19.10a) ; en revanche le genre *Psychoda* et les genres voisins sont de coloration blanchâtre ou grisâtre et le plus souvent les plaques sclérifiées ne sont présentes que sur les derniers segments abdominaux (fig. 19.10b). Les *Psychoda* et genres voisins (par exemple *Copropsychoda*) se rencontrent dans des milieux riches en matières organiques en décomposition.

Nymphes libres, courtes, aquatiques ou terrestres. Présence de cornes respiratoires thoraciques allongées et arquées. Pattes pas plus longues que les fourreaux alaires. Extrémité des fourreaux alaires atteignant la moitié de la longueur du corps. Des épines ventralement et dorsalement sur la partie postérieure des segments abdominaux. Deux courtes épines arquées à l'extrémité de l'abdomen (fig. 19.12) (clé 19.C11).

Environ dix-huit genres. Clé des larves : Vaillant (1979).

5.2 – SUPER-FAMILLE DES PTYCHOPTEROIDEA

5.2.1 - Famille des Ptychopteridae (clés 19.C1, 19.C3, 19.C11)

Larve eucéphale. Corps cylindrique avec des bourrelets locomoteurs sur quelques segments. Un long siphon respiratoire (souvent rétracté chez l'animal mort) flanqué à sa base de deux branchies exertiles. La larve qui vit près des sources sur des fonds calmes et limoneux ressemble à celle des Syrphidae ou de certains genres de Tabanidae, mais la présence d'une capsule céphalique bien différenciée évite toute confusion. Jusqu'à 30 mm (sans le siphon) (fig. 19.13a).

Un seul genre *Ptychoptera* (= *Liriope*).

La nymphe de *Ptychoptera* est libre, terrestre. Elle est caractérisée par la présence d'une paire de cornes respiratoires, dont l'une, très allongée, qui contraste avec l'autre beaucoup plus courte (fig. 19.13b).

5.3 – SUPER-FAMILLE DES CULICOIDEA

5.3.1 - Famille des Blephariceridae (clés 19.C1, 19.C2, 19.C5, 19.C11)

Corps aplati dorso-ventralement composé de six segments en arrière d'un « segment céphalique » (= tête + thorax + premier segment abdominal). Une série de disques adhésifs circulaires sur la face ventrale des différents segments. Il existe en outre une paire de pseudopodes, et chez certaines espèces un bâtonnet sensoriel. Des branchies digitées sont également présentes (figs. 19.14, 19.15). Jusqu'à 10 mm. Il existe en Corse, outre les genres *Blepharicera* et *Liponeura*, deux genres endémiques (*Dioptopsis* proche de *Liponeura* et *Apistomyia* proche de *Blepharicera*) qui ne seront pas décrits ici.

Blepharicera (fig. 19.16a)

Antennes de deux articles plus courte que le « segment céphalique ». Pas de bâtonnet.

Liponeura (figs. 19.14, 19.15, 19.16b)

Antenne d'un seul article plus longue que le « segment céphalique ». Bâtonnet présent distinct du pseudopode.

Hapalothrix (fig. 19.16c)

Antennes de deux articles plus courtes que le « segment céphalique ». Lobe des pseudopodes fusionné avec le bâtonnet. Forte pilosité.

Nymphe libre collée au substrat par sa face ventrale. Présence de processus respiratoires lamellaires (fig. 19.17).

Clé des larves : Komarek et Vimmer (1922) ; Nicolai (1983).

5.3.2 - Famille des Dixidae (clés 19.C1, 19.C2, 19.C6, 19.C11)

Larve eucéphale. Famille dont les larves sont strictement aquatiques, normalement hygropétriques. Une paire de pseudopodes sur la face ventrale des deux premiers segments abdominaux. À l'extrémité de l'abdomen, une paire de stigmates flanquée de deux palettes latérales allongées longitudinalement et portant de nombreuses soies hydrofuges. L'abdomen est prolongé par un processus terminal impair portant quelques longues soies (figs. 19.18, 19.19). Larve vivante repliée en U. Déplacements saccadés très caractéristiques (fig. 19.20b). Jusqu'à 10 mm.

Dixa (figs. 19.18, 19.19b)

Face dorsale de plusieurs segments abdominaux (cinq ou six) portant des soies disposées en couronne. Palettes latérales à l'extrémité de l'abdomen aussi longues (ou presque aussi longues) que le processus terminal impair.

Dixella (fig. 19.19c)

Face dorsale des segments abdominaux portant des soies, mais celles-ci non disposées en couronne. Palettes latérales de l'extrémité de l'abdomen nettement plus courtes que le processus terminal.

Nymphes libres, région thoracique dilatée. Extrémité de l'abdomen terminée par deux processus triangulaires aplatis et allongés, larges chez *Dixa*, étroits chez *Dixella* (fig. 19.21). La nymphose se fait hors de l'eau sur la rive en zone humide. La nymphe est fixée au substrat par des sécrétions collantes.

Clé des larves : Disney (1975).

5.3.3 - Famille des Chaoboridae (clés 19.C1, 19.C3, 19.C6, 19.C11)

Larve eucéphale. Thorax renflé, comme chez les Culicidae. La larve est planctonique, prédatrice et utilise ses antennes ravisseuses pourvues de longues soies apicales pour capturer notamment des microcrustacés (fig. 19.24). Brosse anale bien développée (figs. 19.22, 19.23). Jusqu'à 12 mm.

Chaoborus (figs. 19.22, 19.24)

Larve transparente. Tête allongée. On note la présence de deux organes hydrostatiques réfringents dans le thorax et le septième segment abdominal. Pas de siphon respiratoire. Genre présent dans les lacs et les lacs-barrages.

Mochlonyx (fig. 19.23)

Un siphon respiratoire, pas d'organe hydrostatique, tête moins allongée. Genre présent en eau stagnante dans de petites collections d'eau (mare et étang).

Nymphes libres et mobiles, région thoracique fortement dilatée. Abdomen terminé par deux palettes natatoires mobiles pourvues d'une arête médiane. Palette natatoire triangulaire (*Chaoborus*) ou arrondie (*Mochlonyx*) (fig. 19.25).

Clé des larves de *Chaoborus* : Balvay (1977).

5.3.4 - Famille des Culicidae (clés 19.C1, 19.C3, 19.C6, 19.C11)

Larve eucéphale. Thorax renflé à segmentation indistincte. Tête volumineuse à antennes relativement longues par rapport à la longueur de la tête. Antennes à courtes soies apicales (figs. 19.26, 19.27). Pièces buccales adaptées à la filtration. Cycle vital souvent court : chez certaines espèces, le développement larvaire dure moins de deux semaines. Émergence à partir de la surface de l'eau. Sauf celles de *Coquillettidia*, les larves doivent régulièrement remonter respirer près de la surface. Jusqu'à 12 mm.

Deux sous-familles.

5.3.4.1 – Sous-famille des Anophelinae

Pas de siphon respiratoire. Pour respirer les larves doivent se placer horizontalement sous la surface (figs. 19.26, 19.28a). Un genre *Anopheles*.

5.3.4.2 – Sous-famille des Culicinae

Siphon respiratoire toujours présent (figs. 19.27, 19.28b et c). La majorité des genres utilise leur siphon pour respirer sous la surface, le corps est alors en position oblique. Un seul genre *Coquillettidia* (= *Mansonia*) ne remonte pas à la surface pour respirer, il utilise son siphon terminé en pointe (figs. 19.27c, 19.28c) pour percer le parenchyme des racines ou des feuilles des hydrophytes. De la même manière, la nymphe de *Coquillettidia* plante l'extrémité de ses deux cornes respiratoires dans la végétation (fig. 19.30c) (Wesenberg-Lund, 1943).

Nymphes libres et mobiles. Région thoracique fortement dilatée. Deux cornes respiratoires. Abdomen terminé par deux palettes natatoires ovalaires mobiles pourvues d'une arête médiane

(fig. 19.30). Les nymphes sont proches de celles des Chaoboridae mais, vivantes, elles sont en forme de virgule.

Les adultes dont la durée de vie peut, dans certains cas, atteindre plusieurs mois ont de grandes possibilités de dispersion. Attraction des mâles par les femelles (vibrations alaires). Les femelles sont strictement hématophages, le repas de sang est indispensable à la maturation des ovules. Les œufs flottent à la surface de l'eau. Chez les Anophelinae, ils forment des agrégats irréguliers (fig. 19.29a et b), chez les Culicinae, ils sont collés entre eux formant une sorte de radeau (fig. 19.29c et d).

Clé des larves, nymphes et adultes (Cranston *et al.*, 1987).

5.4 – SUPER-FAMILLE DES CHIRONOMOIDEA

5.4.1 - Famille des Simuliidae (clés 19.C1, 19.C2, 19.C5, 19.C11)

Larve eucéphale. Corps renflé dans la partie postérieure, celle-ci terminée par un disque en forme de ventouse entouré d'une couronne de crochets. Un unique pseudopode thoracique. Présence de prémandibules dont les soies apicales sont disposées en éventail (figs. 19.31, 19.32). Les prémandibules et les autres pièces buccales sont adaptées à la filtration (fig. 19.33). Les larves peuvent se renconter en grande concentration dans les microhabitats favorables ; elles sont normalement fixées au substrat par leur « ventouse » postérieure. Elles peuvent se laisser dériver après avoir fixé un fil de soie au substrat. Ce fil de soie va leur permettre de stopper leur dérive. Jusqu'à 10 mm.

La famille renferme deux tribus : Prosimuliini et Simuliini. Il y a plusieurs genres de Prosimuliini et un genre de Simuliini (*Simulium*) lui-même divisé en sept sous-genres (genres !) eux-mêmes subdvisés en de nombreux « groupes » d'espèces.

— Tribu des Prosimuliini (fig. 19.34c et d)

Les deux articles basaux de l'antenne sont clairs et contrastent avec l'article terminal qui est sombre. Frontoclypeus plus large au un tiers postérieur. Dent médiane du submentum avec deux dents accessoires nettement plus saillantes que les dents latérales.

— Tribu Simuliini (fig. 19.34a, b)

Antenne de teinte uniformément sombre, cependant, un anneau est plus clair à l'articulation. Frontoclypeus plus large à la base ; dent médiane de l'hypostome sans dent accessoire et pas plus développée que les dents latérales.

Les nymphes sont dans un cocon tissé par la larve de dernier stade. La nymphe est fixée au substrat par sa face ventrale. Elle porte des cornes respiratoires ramifiées (fig. 19.35a et b). Chez les Prosimuliini, sur le dernier segment abdominal, deux fortes épines dirigées vers l'avant ; cocon à tissage lâche (fig. 19.35c). Chez les Simuliini, pas d'épines qui seraient ainsi disposées ; cocon à tissage plus serré (fig. 19.35a et b).

Les antennes de l'adulte sont courtes (comme chez les Brachycères), mais multiarticulées (caractère propre aux Nématocères). Les femelles, dont les capacités de dispersion sont importantes, sont dans leur majorité hématophages. Leur pullulation dans certaines régions d'Europe constitue une véritable nuisance pour le bétail et les humains.

Clé des larves et des nymphes : Rivosecchi (1978) ; Clergue-Gazeau (1991).

5.4.2 - Famille des Thaumaleidae (= Famille des Orphnephilidae) (clés 19.C2, 19.C11)

Larve eucéphale. Corps de forme cylindrique avec pseudopode prothoracique impair et pseudopode anal impair (habitus de Chironomidae ou de Ceratopogonidae), mais tête

hypognathe portant de nombreuses protubérances. Larve hygropétrique. Jusqu'à 15 mm. Deux genres, dont le plus répandu et le plus connu est *Thaumalea* (fig. 19.36a).

Nymphes du même type que celles des Psychodidae (fig. 19.36b).

5.4.3 - Famille des Ceratopogonidae (= Famille des Héleidae) (clés 19.C2, 19.C3, 19.C11)

Larve eucéphale. Famille morphologiquement très hétérogène avec des formes terrestres et aquatiques ; d'après Knoz (1980), quatre sous-familles en milieu aquatique. Jusqu'à 15 mm.

5.4.3.1 – Sous-famille des Ceratopogoninae (fig. 19.37a et b)

Aspect vermiforme. Segments allongés, beaucoup plus longs que larges. Pas de pseudopodes mais quelques soies périanales. Tête effilée, normalement sclérifiée. Les exemplaires fixés ont un aspect en aiguille caractéristique. Larves plutôt fouisseuses. Les femelles de certains genres (*Culicoides*) sont hématophages. Environ quinze genres.

5.4.3.2 – Sous-famille des Leptoconopinae (fig. 19.37e)

Aspect également vermiforme mais forme moins effilée que les Ceratopogoninae, larve à capsule céphalique non sclérifiée, présence uniquement de baguettes sclérifiées soutenant les pièces buccales. Un ou deux genres. Les femelles sont hématophages. Les Leptoconopinae sont présents dans le sud de la France.

5.4.3.3 – Sous-famille des Dasyheleinae (fig. 19.37c)

Tête prognathe. Segments à peine plus longs que larges. Uniquement un pseudopode anal, court et rétractile. Apparemment un seul genre, *Dasyhelea*.

5.4.3.4 – Sous-famille des Forcipomyinae (fig. 19.37d)

Tête hypognathe. Des pseudopodes antérieurs et postérieurs comme chez les Chironomidae, mais leur corps présente de nombreuses expansions spiniformes. Environ quatre genres.

Nymphes libres, mais inactives, souvent terrestres. Deux cornes respiratoires. Des rangées d'épines sur l'abdomen. Au moins chez les Ceratopogoninae, figurent deux pointes courtes plus ou moins arquées à l'extrémité de l'abdomen (fig. 19.37f).

5.4.4 - Famille des Chironomidae (clés 19.C2, 19.C7, 19.C12)

Les Chironomidae constituent la famille de Diptères la plus importante en milieu aquatique avec environ 130 genres souvent subdivisés en sous-genres et en « groupes » d'espèces (Serra-Tosio et Laville, 1991). En dépit de diverses mises au point (Bryce et Hobart, 1972 ; Wiederholm, 1983, 1986 et 1989 ; Armitage *et al.*, 1995), la systématique des larves au niveau générique reste difficile puisqu'elle implique le plus souvent un certain nombre de montages microscopiques. L'identification des larves au niveau spécifique est impossible dans de très nombreux cas. Beaucoup de spécialistes des Chironomides utilisent actuellement les exuvies nymphales comme base de détermination (cf. Merritt et Cummins, 1988 [cf. introduction], et surtout Langton, 1991), mais là encore, même si les montages sont plus faciles, puisqu'une exuvie est relativement mince et transparente, les caractères à observer impliquent nécessairement la réalisation de préparations microscopiques. Compte tenu de ces différents aspects, nous resterons à un niveau relativement élémentaire : sous-famille ou tribu, parce que, à ce niveau systématique, les caractères distinctifs peuvent être observés avec une loupe binoculaire, et les risques d'erreur sont réduits. Il existe une sous-famille de Chironomidae avec des représentants en milieu marin (zone littorale) : sous-famille des Telmatogetoninae qui ne sera pas traitée ici.

Les larves sont eucéphales. Le corps est cylindrique avec des pseudopodes prothoraciques et anaux (les pseudopodes thoraciques peuvent être réduits à un bourrelet transversal portant de fines denticulations). Antennes pluriarticulées. Souvent présence de prémandibules en avant des mandibules proprement dites, mais ces prémandibules n'ont jamais le développement qu'elles ont chez les Simuliidae (fig. 19.38a et b).

Chez les Tanypodinae, le mentum est peu développé, le prémentum comporte une ligule (glosse) portant des dents, flanquée de paraligules (paraglosses) (fig. 19.39). Chez les autres Chironomidae, le mentum (plaque labiale), bien développé, constitue une plaque triangulaire dentée flanquée ou non de plaques submentales (plaques paralabiales) (fig. 19.43a). Œil larvaire formé de une ou deux taches oculaires. Généralement, une paire de pédicelle préanaux (procercus, au pluriel procerci) portant un nombre variable de soies ; ces pédicelles préanaux peuvent être très courts ou absents. Taille des larves, jusqu'à 20 mm.

Nymphes mobiles. Région thoracique renflée portant dorsalement une paire de processus respiratoires de formes variées selon les sous-familles et même les tribus. Extrémité postérieure de l'abdomen avec un lobe anal aplati, frangé ou non de rangée de soies (figs. 19.38c, 19.41, 19.44).

5.4.4.1 – Sous-famille des Tanypodinae (= Pelopiinae) (figs. 19.39, 19.40, 19.41)

Tête prognathe de forme souvent tronconique et de teinte jaunâtre. Antenne rétractile dans une gaine à l'intérieur de la tête. Mandibules portant une seule dent apicale. Pédicelles préanaux sclérifiés trois fois plus longs que larges. Glosses (ligules) en forme de fourchette (avec des dents de longueur variable). Larves prédatrices. Environ trente genres.

5.4.4.2 – Sous-famille des Podonominae (fig. 19.42)

Antennes non rétractiles. Prémandibules absentes. Pédicelles préanaux cinq à six fois (et même jusqu'à dix fois selon Bryce et Hobart, 1972) plus longs que larges. Sous-famille créée en 1937. Représentants peu répandus, sous-famille non incluse dans la clé. Un seul genre *Paraboreochlus* signalé en Corse (Vergon et Bourgeois, 1993).

5.4.4.3 – Sous-famille des Buchonomyiinae

Sous-famille créée par Ashe (1985). Prémandibule absente comme chez les Podonominae, mais pédicelles préanaux absents.

Sous-famille non incluse dans la clé. Un seul genre : *Buchonomyia*.

5.4.4.4 – Sous-famille des Chironominae (= Tendipedinae)

Présence à peu près constante de plaques paralabiales (plaques submentales) striées. Deux taches oculaires disposées l'une au-dessus de l'autre. Cette importante sous-famille peut être divisée en deux tribus (fig. 19.43a, b, c, d, e).

— Tribu des Tanytarsini (fig. 19.43c, d, e)

Plaques paralabiales striées, allongées transversalement, se touchant, ou presque, dans le plan médian. Antennes portées sur un tubercule céphalique plus long que large. Présence de soies bifides plumeuses (visibles seulement au microscope) à l'arrière des segments abdominaux 2 à 6. Environ douze genres.

Certains genres (*Rheotanytarsus*) de cette sous-famille construisent un tube-retraite collé au substrat prolongé par plusieurs « bras », sur lesquels des fils de soies sont tendus (fig. 19.46). Le seston est arrêté par ces fils de soies qui sont régulièrement brossés par les larves. D'autres genres (par exemple *Stempellina*, *Zavrelia*, *Lauterborniella*) construisent un étui comparable à celui de certains Trichoptères (fig. 19.47).

— Tribu des Chironomini (fig. 19.43a et b)

Plaques paralabiales en forme d'éventail ne se touchant pas dans le plan médian. Antennes généralement insérées directement sur la capsule céphalique ; si elles sont portées sur un tubercule, celui-ci est aussi long ou moins long que large. Environ quarante genres.

Certains genres construisent des galeries (soie et particules organiques agglomérées) dans les sédiments organiques (vases). On observe souvent la construction d'un cône de soie à travers lequel la larve filtre le seston grâce à des ondulations de l'abdomen ; lorsque le cône est plein, celui-ci est ingéré et la larve tisse un nouveau cône.

Compte tenu de leur intérêt en écologie des pollutions, nous donnons ci-après les caractères du genre *Chironomus lato sensu* et de deux groupes d'espèces.

Chironomus

Une à deux paires de branchies tubulaires ventrales sur le onzième segment abdominal ; larves généralement de couleur rouge.

— groupe *thummi* , présence de deux paires de branchies tubulaires sur le onzième segment (fig. 19.45a) ;

— groupe *plumosus,* outre ces deux paires de branchies, présence d'une paire de processus tubulaires sur la partie postérieure du dixième segment abdominal (fig. 19.45b).

*5.4.4.5 – **Sous-famille des Orthocladiinae lato sensu*** (fig. 19.43f, g, h)

= Sous-famille des Orthocladiinae stricto sensu + sous-famille des Diamesinae + sous-famille des Prodiamesinae

Une ou deux taches oculaires ; s'il y en a deux, elles ne sont jamais superposées. Larves avec ou sans plaques paralabiales ; si ces plaques existent, elles ne sont jamais striées. La distinction entre Orthocladiinae d'une part, et Diamesinae + Prodiamesinae d'autre part, est possible en considérant un ensemble de caractères (clé 19 C7).

Chez certains genres d'Orthocladiinae, il existe des phénomènes de phorésie (ou de parasitisme ?) avec des Éphéméroptères (*Symbiocladius*, *Epoicocladius*) (fig. 19.48) ou des Mollusques Ancylidae (*Eukiefferiella*), et même des poissons chez certaines espèces tropicales (Armitage *et al.*, 1995).

Les trois sous-familles d'Orthocladiinae *lato sensu* renferment au minimum 75 genres.

5.5 – SUPER-FAMILLE DES TIPULOIDEA

Les larves de cette super-famille sont toutes de type hémicéphale (fig. 19.49). Elles constituaient autrefois la famille des Tipulidae maintenant divisée en trois familles de taille inégale : les Tipulidae *stricto sensu*, les Cylindrotomidae et les Limoniidae.

5.5.1 - Famille des Tipulidae (clés 19.C1, 19.C4, 19.C11)

Tête partiellement sclérifiée, massive, sombre, rétractile dans les premiers segments thoraciques ; lorsque la tête est rétractée, seule dépasse l'extrémité des pièces buccales et les antennes. Mandibules mobiles dans un plan horizontal. Extrémité de l'abdomen terminée par une cupule respiratoire où s'ouvrent les stigmates postérieurs entourée de six, plus rarement huit lobes égaux. Ventralement, on trouve des branchies trachéennes (fig. 19.49). Larves détritivores, souvent présentes à proximité des rives dans les débris organiques plus ou moins fortement décomposés. Jusqu'à 60 mm. Environ cinq genres.

Nymphes libres, terrestres ; cornes respiratoires présentes, larges à leur base ; pattes dépassant les fourreaux alaires.

5.5.2 - Famille des Cylindrotomidae (clés 19.C1, 19.C4, 19.C11)

Même caractère pour la région antérieure que les Tipulidae. Extrémité de l'abdomen entourée de quatre processus effilés. Corps hérissé d'expansions parfois bifides, parfois dentées. Larves herbivores vivant dans la végétation des milieux stagnants ou marécageux. Jusqu'à 30 mm.

Phalacrocera (fig. 19.50a)

Processus longs et effilés, bifides dans la partie postérieure.

Triogma (fig. 19.50b)

Processus courts et trapus jamais bifides.

5.5.3 - Famille des Limoniidae (clés 19.C1, 19.C4, 19.C11)

Même caractère pour la région antérieure que les Tipulidae, mais tête généralement plus claire et légèrement aplatie dorso-ventralement. Extrémité de l'abdomen avec au maximum cinq lobes entourant la cupule respiratoire (parfois seulement deux prolongement ciliés, exceptionnellement pas de prolongement). Chez une espèce (*Thaumastoptera calceata*), présence d'un étui analogue à celui des Trichoptères. Sauf *Antocha* qui est apneustique, toutes les larves sont amphipneustiques. Environ trente genres.

La systématique de ce groupe a été revue, mais les auteurs ne sont pas toujours d'accord entre eux sur le rang de certains sous-genres, considérés par certains systématiciens comme de véritables genres. Par ailleurs, certains genres ont été subdivisés, et certaines espèces rattachées à un genre différent de leur genre d'origine. Ces différents aspects nous conduisent à ne prendre en compte que les quatre tribus (telles qu'elles sont définies par Webb et Brigham, 1982) en indiquant le nom des genres dont les caractères sont suffisamment spectaculaires pour permettre une identification sans ambiguïté. Certains auteurs élèvent chacune des tribus au rang de sous-famille. On pourra consulter Brindle (1967) et Nilsson (1997) pour l'identification des larves. Jusqu'à 20 mm.

Comme chez les Tipulidae, de très nombreux genres vivent dans des milieux humides à la limite de l'eau libre.

— Tribu des Limoniini (figs. 19.51, 19.52)

Les représentants de cette tribu sont proches des Tipulidae. La tête est ovalaire. Les mandibules sont de type broyeur et la plupart des espèces sont détritivores. L'extrémité postérieure est très variable avec soit absence de stigmates et présence de deux prolongements, soit pas de prolongement mais des stigmates très réduits, soit encore des stigmates très développés.

Thaumastoptera calceata (fig. 19.51)

La principale caractéristique de cette espèce de petite taille (jusqu'à 7 mm) est la présence d'un étui mobile, analogue à celui de certains Trichoptères Hydroptilidae, mais aplati dorso-ventralement. Extrémité postérieure dépourvue de lobe.

Antocha vitripennis (= Taphrophila vitripennis) (fig. 19.52)

La larve est apneustique (pas de stigmate visible). Elle présente deux prolongements postérieurs avec des soies. Quatre branchies trachéennes articulées sont visibles ventralement. Six bourrelets locomoteurs dorsaux et ventraux de teinte sombre. La larve vit dans un tube de soie fixé au substrat dans les zones à courant rapide des cours d'eau de taille moyenne à grande.

• Autres Limoniini

Il existe plusieurs autres genres de Limoniini. Leurs caractéristiques communes sont celles définies au niveau de la tribu. Les stigmates sont en général bien développés. Ces stigmates sont entourés ou non de lobes.

— Tribu des Pediciini (fig. 19.53)

Larves dont l'extrémité de l'abdomen est prolongée par deux lobes (comme chez *Antocha*), mais présence de stigmates. Deux paires de trachéobranchies articulées en position ventrale. Capsule céphalique allongée avec des mandibules acérées (régime de type carnivore), palpes maxillaires aussi longs que les mandibules (fig. 19.53b).

Dicranota (figs. 19.4, 19.53)

Cinq paires de pseudopodes. Prolongements postérieurs assez longs. Corps recouvert de soies couchées de couleur sombre simulant une « sorte de fourrure ». Genre très répandu dans les zones à courant rapide des petits cours d'eau.

• Autres Pediciini

Quatre paires de pseudopodes ou de bourrelets locomoteurs. Prolongements postérieurs souvent courts.

— Tribu des Hexatomini (fig. 19.54)

Larves dont l'extrémité de l'abdomen est prolongée par quatre lobes portant souvent des touffes de longues soies. Parfois deux paires de trachéobranchies en position ventrale. Capsule céphalique allongée avec des mandibules acérées (régime de type carnivore), palpes maxillaires nettement plus longs que les mandibules (fig. 19.54b).

Hexatoma (fig. 19.54a et d)

Dernier segment abdominal renflé ; quatre prolongements cylindriques, les deux ventraux plus longs que les deux dorsaux, lesquels prolongements portent de longues soies ; corps recouvert de soies courtes de couleur claire. Genre présent dans les sables et sédiments meubles des ruisseaux et rivières.

Pilaria (fig. 19.54c)

Quatre paires de prolongements portant des soies qui les dépassent en longueur. Prolongements ventraux aplatis, nettement plus développés que les prolongements dorsaux.

• Autres Hexatomini

Quatre paires de prolongements (les deux ventraux un peu plus longs que les deux dorsaux) portant des soies qui les dépassent généralement en longueur.

— Tribu des Eriopterini (fig. 19.55)

Extrémité postérieure formant une cupule entourée de cinq lobes de longueur sub-égale (fig. 19.55b). La face postérieure de chaque lobe est aplatie et de teinte sombre. Tête de forme ovalaire. Mandibules de type broyeur. Tous les Eriopterini sont détritivores (comme les Limoniini) ; de nombreuses espèces se rencontrent en milieu humide plus rarement dans les zones courantes des cours d'eau.

Scleroprocta (fig. 19.55a et c)

Cupule stigmatique entourée de lobes dont la face postérieure est noirâtre. Chaque lobe allongé, de forme ovale, est en outre bordé de soies.

• Autres Eriopterini

Structure des lobes différente de celle du genre *Scleroprocta*.

SOUS-ORDRE DES BRACHYCÈRES

Les larves de Brachycères sont soit eucéphales (fig. 19.56) (nous conservons ce terme même si la tête des Stratiomyidae, uniquement sclérifiée à l'avant, est assez différente de celle des Nématocères eucéphales), soit acéphales (fig. 19.7) ; dans ce dernier cas, la tête se réduit à quelques plaques sclérifiées et à quelques baguettes également sclérifiées supportant les pièces buccales. Les mandibules sont biarticulées, la partie distale étant transformée en crochet mobile dans un plan vertical.

Les nymphes de Brachycères peuvent être « nues ». La nymphose peut se faire dans la dernière exuvie larvaire (par exemple chez les Stratiomyidae et les Ephydridae) qui se sclérifie. Les nymphes sont parfois aquatiques (certains Empididae), plus généralement terrestres, dans les milieux humides près des rives.

5.6 – SUPER-FAMILLE DES STRATIOMYIOIDEA

5.6.1 - Famille des Stratiomyidae (clés 19.C1, 19.C3, 19.C10)

Corps aplati dorso-ventralement. Téguments de consistance cornée et d'aspect chagriné imprégnés de calcaire. Forme générale lancéolée. Stigmates postérieurs s'ouvrant dans un atrium entouré par une rosette de soies plumeuses, rosette parfois réduite à quelques soies (fig. 19.57). Tête bien individualisée antérieurement, contrairement aux autres larves de Brachycères ; cette tête est partiellement enchâssée dans le prothorax ; elle n'a donc pas la mobilité relative de celle des larves eucéphales de Nématocères. Elle ne peut pas se rétracter dans le prothorax comme cela se passe pour les autres Brachycères (fig. 19.56). L'appareil buccal est considérablement modifié avec fusion des mandibules et des maxilles en un ensemble unique, disposé verticalement, permettant aux larves de racler le périphyton (fig. 19.56c). La région antérieure du pharynx est modifiée de façon complexe en un organe de filtration (Vaillant et Delhom, 1956). Vivantes, les larves sont particulièrement peu actives.

Il existe des larves exclusivement terrestres, d'autres à la limite des milieux terrestres et aquatiques, et enfin des larves aquatiques. Taille jusqu'à 60 mm pour certains genres très allongés (fig. 19.58), plus généralement jusqu'à 20 mm. Environ sept genres.

Nymphes : nymphose dans la dernière exuvie larvaire. La nymphose est terrestre en zone humide près des rives.

5.7 – SUPER-FAMILLE DES EMPIDOIDEA

5.7.1 - Famille des Empididae (clés 19.C1, 19.C8, 19.C9, 19.C10)

Larve acéphale. Corps souvent blanchâtre ou jaunâtre plus ou moins réfringent. Présence de pseudopodes. Toujours quelques soies réfringentes implantées soit directement à l'extrémité de l'abdomen, soit sur une ou deux paires de prolongements. La plupart des Empididae sont terrestres, seuls quelques genres (cinq) ont des larves aquatiques. Taille jusqu'à 7 mm. Larves prédatrices, notamment de Simuliidae. Deux sous-familles :

5.7.1.1 – Sous-famille des Hemerodromiinae (fig. 19.59)

Sept pseudopodes abdominaux.

5.7.1.2 – Sous-famille des Clinocerinae (fig. 19.60)

Huit pseudopodes abdominaux.

La nymphe est libre et aquatique chez les Hemerodromiinae ; elle présente une paire de cornes respiratoires sur le thorax et des processus respiratoires effilés au niveau de l'abdomen (fig. 19.59d). Chez les Clinocerinae, la nymphe est libre. Elle porte à l'extrémité de l'abdomen deux longs crochets arqués (fig. 19.60c).

Les adultes d'Empididae regroupés en essaim effectuent des danses près de l'eau, mais il s'agit en général de formes terrestres. Par ailleurs, chez plusieurs espèces, le mâle offre une proie à la femelle au moment de l'accouplement.

5.7.2 - Famille des Dolichopodidae (clés 19.C1, 19.C8, 19.C10)

Larves en milieu terrestre et subaquatique, rares en milieu aquatique. Larve acéphale. Habitus d'asticot (cf. également les Rhagionidae et les Anthomyidae). Présence de bourrelets locomoteurs. Extrémité postérieure terminée par quatre lobes (comme chez les Rhagionidae) se terminant en pointe ; les lobes ventraux sont plus longs que les lobes dorsaux (fig. 19.61). Jusqu'à 10 mm. Quatre genres.

Nymphe dans un cocon ; elle très trapue avec deux cornes respiratoires effilées et des pattes atteignant presque l'extrémité de l'abdomen. La nymphose a lieu près des rives

5.8 – SUPER-FAMILLE DES TABANOIDEA

5.8.1 - Famille des Rhagionidae (clés 19.C1, 19.C8, 19.C10)

La plupart des genres sont terrestres ; il existe un genre à larve aquatique : *Chrysopilus* (Thomas, 1981). Habitus d'asticot (cf. également les Dolichopodidae et les Anthomyidae). Présence de deux replis longitudinaux latéraux et de bourrelets locomoteurs. Extrémité postérieure avec quatre lobes foliacés (deux ventraux et deux dorsaux) de même dimension, encadrant une cavité au fond de laquelle s'ouvrent les deux stigmates postérieurs (fig. 19.62). Larves prédatrices de teinte ivoire. Taille jusqu'à 20 mm.

Nymphe libre ; fourreaux alaires très courts ; bords postérieurs des segments abdominaux bordés d'épines. Nymphose près des rives.

5.8.2 - Famille des Athericidae (clés 19.C1, 19.C8, 19.C9, 19.C10)

Les Athericidae appartenaient autrefois à la famille des Rhagionidae ; l'examen de divers caractères ont conduit les systématiciens à les séparer des Rhagionidae (Thomas, 1974a et b). Les larves sont exclusivement aquatiques. Abdomen terminé soit par deux prolongements frangés de soies plus longs que les pseudopodes (g. *Atherix ls.*), soit par cinq paires de prolongements effilés (g. *Atrichops*) ; présence de prolongements effilés latéraux sur l'abdomen. Sept paires de pseudopodes abdominaux (*Atrichops*) ou huit (*Atherix ls.*) (fig. 19.63). Larves prédatrices. Taille jusqu'à 25 mm.

Superficiellement, les larves d'*Atherix* ressemblent aux larves de *Dicranota* (Limoniidae) ; l'examen des pièces buccales (vraies mandibules chez *Dicranota*, crochets verticaux chez *Atherix*) permet de les différencier.

Nymphe libre ; fourreaux alaires très courts, des processus spiniformes sur l'abdomen. Nymphose près des rives.

5.8.3 - Famille des Tabanidae (clés 19.C1, 19.C8, 19.C10)

Larves en milieu terrestre, subaquatique et aquatique. Corps fusiforme, souvent blanchâtre ; téguments striés longitudinalement (fig. 19.7) ; sur l'abdomen, des bourrelets locomoteurs

présentent des nodosités plus ou moins marquées à disposition dorsale, latérale et ventrale (fig. 19.64). Les larves de Tabanides étant fouisseuses, on peut considérer que cette disposition des bourrelets locomoteurs favorise les déplacements dans les sédiments. Un siphon unique rétractile à l'extrémité de l'abdomen. Larves prédatrices, crochets mandibulaires très développés. Taille jusqu'à 50 mm pour *Tabanus bovinus*, en général 20-25 mm pour les autres espèces de *Tabanus*, et les autres genres de Tabanidae dont notamment *Chrysops* et *Haematopota*. Environ six genres.

Nymphe libre : des rangées d'épines au bord postérieur des segments abdominaux, pas de corne respiratoire, pattes pas plus longues que les fourreaux alaires (fig. 19.8). Nymphose à terre, près des rives.

Les femelles de Tabanidae sont hématophages.

5.9 – SUPER-FAMILLE DES SYRPHOIDEA

5.9.1 - Famille des Syrphidae (clés 19.C1, 19.C8)

Cette importante famille de Diptères comporte de très nombreux genres en milieu terrestre ; en milieu aquatique, on compte seulement neuf genres. La tribu représentée en milieu aquatique est celle des Eristalini. L'appareil buccal est très réduit en liaison avec un régime alimentaire microphage. Corps de forme cylindrique à segmentation indistincte en raison de nombreux plis transversaux. Abdomen prolongé par un long siphon respiratoire constitué d'éléments télescopiques (fig. 19.65). Ce siphon permet aux larves de survivre dans des milieux dépourvus d'oxygène. Les différents genres de Syrphidae aquatiques se rencontrent surtout dans des milieux très putrides (fosse d'aisances par exemple) ; ils peuvent, lorsque les conditions sont similaires (forte pollution organique), survivre en eau douce. Jusqu'à 25 mm (sans le siphon).

La nymphose a lieu en milieu terrestre dans la dernière exuvie larvaire.

5.10 – SUPER-FAMILLE DES EPHYDROIDEA

5.10.1 - Famille des Ephydridae (clés 19.C1, 19.C8)

Extrémité de l'abdomen terminée par un siphon portant lui-même deux prolongements tubulaires rétractiles. Huit paires de pseudopodes ventraux, la dernière paire étant très développée (fig. 19.66). Mâchoires à bord denté. Deux types de régime alimentaire : soit les larves creusent des galeries (larves « mineuses ») dans les plantes aquatiques, se nourrissant du parenchyme, soit elles se nourrissent de bactéries et d'algues microscopiques avec un appareil buccal permettant filtration et raclage de substrat. Taille jusqu'à 12 mm. Environ sept genres.

La nymphose a lieu dans la dernière exuvie larvaire, souvent en milieu aquatique.

5.11 – SUPER-FAMILLE DES SCIOMYZOIDEA

5.11.1 - Famille des Sciomyzidae (= Famille des Tetanoceridae) (clés 19.C1, 19.C8)

Segmentation souvent indistincte. Larve effilée aux deux extrémités comme chez les Tabanidae mais, lorsque les pseudopodes sont présents, ils sont uniquement ventraux. Quelques soies dorsales et latérales. Extrémité postérieure redressée. Un atrium respiratoire encadré par plusieurs lobes. Stigmates surmontés de soies hydrofuges ramifiées (fig. 19.67). Les larves se nourrissent exclusivement de Pulmonés aquatiques qu'elles dévorent intégralement (parasitoïdes) avant de s'attaquer à un autre Pulmoné. Il faut que la larve consomme plus d'une

dizaine de Mollusques pour achever son développement (Berg et Knutson, 1978). Durée du cycle environ un an. Taille jusqu'à 17 mm. Environ neuf genres.

La nymphose a lieu à terre dans la dernière exuvie larvaire.
Clé des genres d'Europe du Nord : Nilsson (1997).

5.12 – SUPER-FAMILLE DES MUSCOIDEA

5.12.1 - Famille des Anthomyidae (= Famille des Muscidae *pro parte*) (clés 19.C1, 19.C8)

Habitus d'asticot. Extrémité postérieure de l'abdomen avec deux prolongements dorsaux et deux ventraux recourbés vers l'avant. Des bourrelets locomoteurs (fig. 19.68). Corps blanc jaunâtre. Plusieurs genres ont des larves aquatiques ; parmi ceux-ci un genre particulièrement commun : *Limnophora*. Larve prédatrice. Taille jusqu'à 12 mm.

La nymphose a lieu dans la dernière exuvie larvaire, généralement en milieu aquatique.

5.12.1 - Famille des Scatophagidae (= Famille des Muscidae *pro parte*)

La plupart des Scatophagidae sont terrestres et se rencontrent notamment dans les déjections du bétail. Un genre (*Acanthocnema*) est aquatique. Habitus d'asticot. Extrémité postérieure de l'abdomen tronquée et entourée de lobes coniques courts (fig. 19.69). Crochets mandibulaires dentés. Larve prédatrice.

RÉFÉRENCES

Armitage P. D., Cranston P. S. et Pinder L. C. V. 1995. *The Chironomidae. Biology and Ecology of non-biting Midges*. Chapman et Hall, Londres, 572 p.

Ashe P. 1985. A larval diagnosis for the subfamily Buchonomyinae and the genus *Buchonomyia* with a description of the 1st instar larvae of *Buchonomyia thienemanni* Fittkau. *Spixiana*, suppl. 11 : 143-178.

Balvay G. 1977. Détermination des larves de *Chaoborus* (Diptera, Chaoboridae) rencontrées en France. *Annales hydrobiol.* 8 : 27-32.

Berg C. O. et Knutson L. 1978. Biology and systematics of the Sciomyzidae. *Ann. rev. ent.*, 23 : 239-258.

Brindle A. 1967. The larvae and pupae of the British Cylindrotominae and Limoniinae (Diptera, Tipulidae). *Transaction of the Society for British entomology*, vol. 17: 151-216.

Bryce D. et Hobart A. 1972. The biology and identification of the larvae of the Chironomidae (Diptera). *Ent. gaz.*, 23 : 175-217.

Clergue-Gazeau M. 1991. Clés de détermination des Simulies (Diptera, Simuliidae) des Pyrénées. *Annales limnol.*, 27 : 267-286.

Cranston P. S., Ramdsdale C. D., Snow K. R. et White G. B. 1987. *Adults, Larvae and Pupae of British Mosquitoes (Culicidae)*. F.B.A., n°48, 152 p.

Disney R. H. L. 1975. *A key to the larvae, pupae and adults of the British Dixidae (Diptera)*. F.B.A., n° 31, 78 p.

Epler J.H. 2005. Identification manual for the larval Chironomidae (Diptera) of North and South Carolina. Special publication SJ2001-SP13. North Carolina Department of Environment and Natural Resources Raleigh : 526 p. http//esb.enr.state.nc.us/BAUwww/Chironomid.htm.

Johannsen O. A. 1977. *Aquatic Diptera* - 4e édition des mémoires n° 164 (1934), 177 (1935), 205 (1937) publiés par la Cornell Univ. Exp. appl. Mem., 369 p. (ouvrage uniquement consacré à la faune nord-américaine, mais de nombreux genres sont holarctiques. La nomenclature, souvent périmée, devra être confrontée avec celles d'ouvrages plus récents).

Knoz J. 1980. Celed Pakomarcoviti- Ceratopogonidae : 297-309. In : Rozkosny, R (éd.), *Klic vodnich larev hmyzu*. Ceskoslovenska Akademie vd., Prague.

Komarek J. et Vimmer A. 1922. The larvae of the European Blepharoceridae (Diptera). *Ann. biol. lac.*, 11 : 63-77.

Langton P. H. 1991. *A Key to Pupal Exuviae of West Palearctic Chironomidae.* Privately published Langton, 3st Felix road, Ramsey Forty Foot, Huntingdon, Cambridgeshire, Angleterre, 386 p.

Nicolai P. 1983. *Blefariceridi (Diptera: Blephariceridae).* C.N.R., 25 : 47 p.

Nilsson A (éd.) 1997. *Aquatic insects of North Europe.* Vol. 2. *Odonata – Diptera.* Appolo Books, Stenstrup, 440 p.

Rivosecchi L. 1978. *Simuliidae (Diptera Nematocera).* F.I., 13, VIII, 533 p.

Rivosecchi L. 1984. Ditteri (Diptera). C.N.R., 28 : 177 p. (généralités sur les Diptères aquatiques et clés des genres et dans certains cas des espèces de la faune italienne).

Serra-Tosio B. et Laville H. 1991. Liste annotée des Chironomidés de France continentale et de Corse. *Annales limnol.*, 27 : 37-74.

Thienemann A. 1974. *Chironomus.* Die Binnengewässer, Band XX, Stuttgart, 834 p.

Thomas A. 1974a. Diptères torrenticoles peu connus 1 — Athericidae (larves et imagos) du sud de la France (Brachycères, Orthorrhaphes). *Annales. limnol.*, 10 : 58-84.

Thomas A. 1974b. Diptères torrenticoles peu connus 2 — Athericidae (nymphes) du sud de la France (Brachycères, Orthorrhaphes). *Annales limnol.*, 10 : 121-130.

Thomas A. 1981. Travaux sur la taxonomie, la biologie et l'écologie d'insectes torrenticoles du sud-ouest de la France (Éphéméroptères et Diptères : Dixidae, Cecidomyiidae, Rhagionidae et Athericidae), avec quelques exemples de perturbations par l'Homme. Thèse, université de Toulouse, 330 p. Diagnoses des Rhagionidae et Athericidae : 39-91.

Vaillant, F. 1979. Psychodidae, in « *Die Fliegen der palaearktischen Region* », Lindner Ed. Stuttgart, 270 p.

Vaillant F. et Delhom M. 1956. Les formes adaptatives de l'appareil buccopharyngien chez les larves de Stratiomyiidae (Diptera). *Bull. Soc. hist. nat. Afr. noire*, 47 : 217-250.

Vergon J. P. et Bourgeois C. 1993. *Diptères Chironomides (larves aquatiques).* Tome I : *Caractères généraux - Sous famille et tribus.* A.F.L., 10 : 32 p.

Webb J. L. et Brigham W. V. 1982. Aquatic Diptera, in : A. R. Brigham, W. U. Brigham and A. Gnilka (éds.) *Aquatic Insects and Oligochaetes of North and South Carolina.* Midwest Aquatic Enterprises, Mahomet Illinois, 837 p.

Wesenberg-Lund C. 1943. *Biologie der Süsswasserinsekten.* Gyldendalske Boghandel. Nordisk Forla : Kopenhagen et Verlag J. Springer : Berlin. Wien, 682 p.

Wiederholm (éd.), T. 1983. *Chironomidae of the Holarctic region. Keys and diagnoses.* Part 1. *Larvae. Entomologica Scandinavica*, suppl. 19, 447 p.

Wiederholm (éd.), T. 1986. *Chironomidae of the Holarctic region. Keys and diagnoses.* Part 2. *Pupae. Entomologica Scandinavica*, suppl. 28, 482 p.

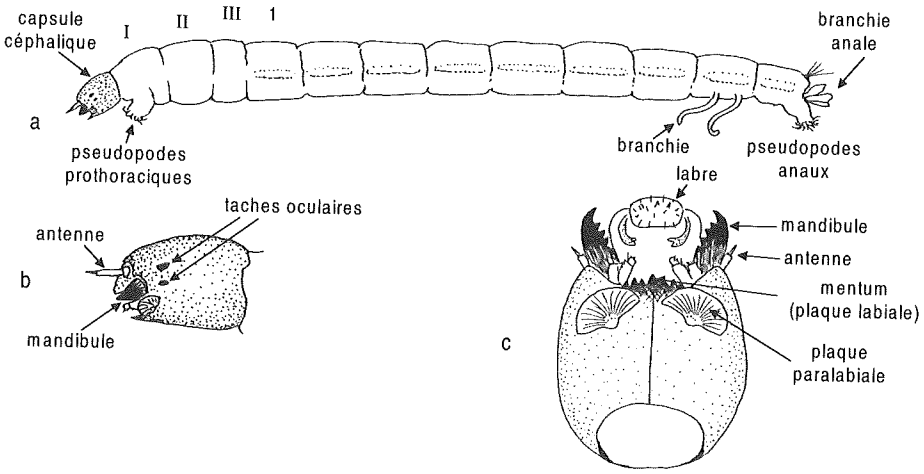
Wiederholm (éd.), T. 1989. *Chironomidae of the Holarctic region. Keys and diagnoses.* Part 3. *Adult males. Entomologica Scandinavica*, suppl. 34, 532 p.

O. Diptères

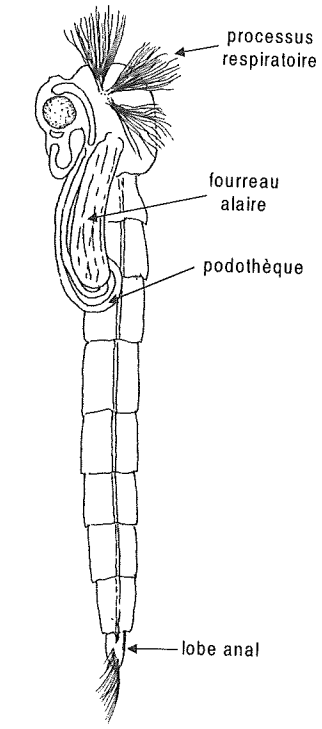
sO. Nématocères

Larve de type eucéphale

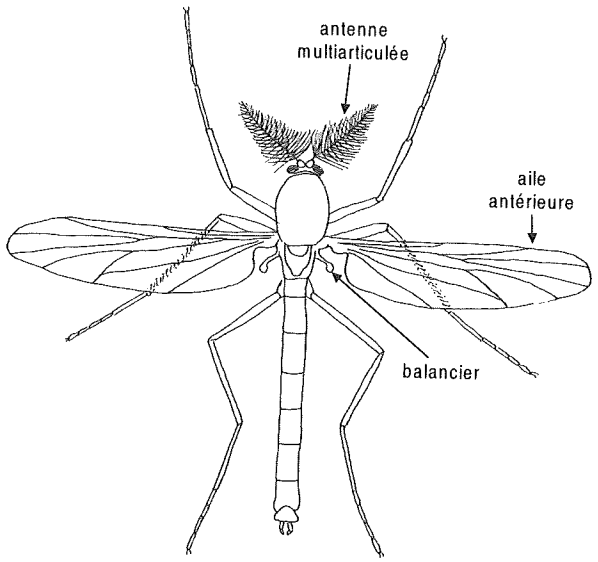
Chironomus, F. Chironomidae



19.1 - a : larve, vl ; b : capsule céphalique, vl ; c : capsule céphalique, vv



19.2 - Nymphe, vl



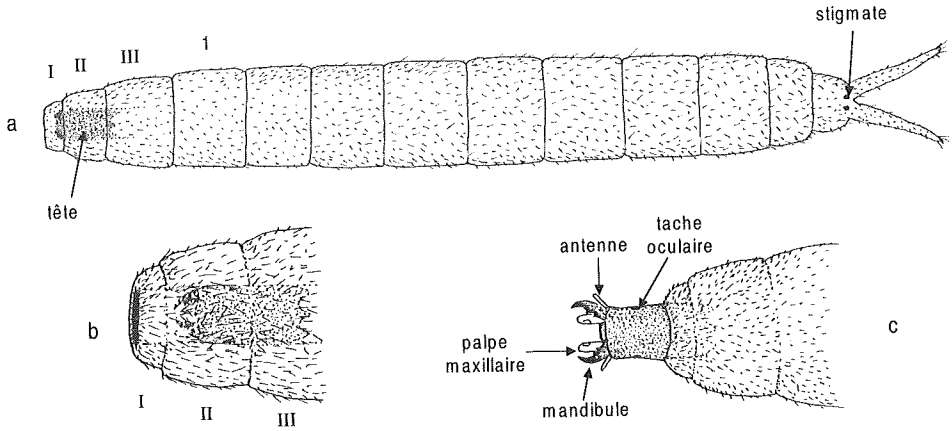
19.3 - Adulte, vd, ailes écartées

O. Diptères

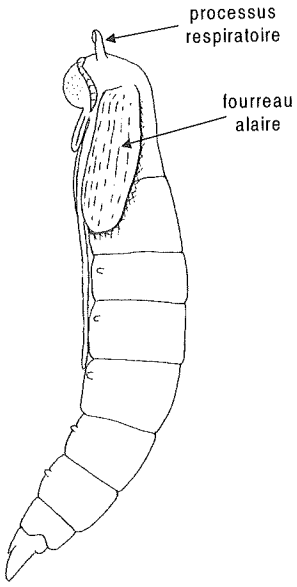
sO. Nématocères

Larve de type hémicéphale

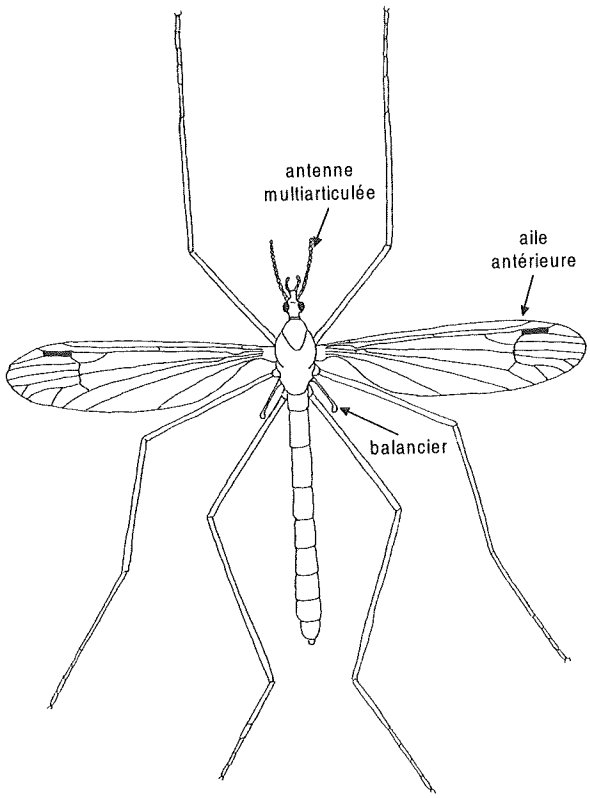
Dicranota, F. Limoniidae



19.4 - a : larve, vd, tête rétractée ; b : région antérieure, vd, tête rétractée ; c : région antérieure, vd, tête sortie



19.5 - Nymphe, vl



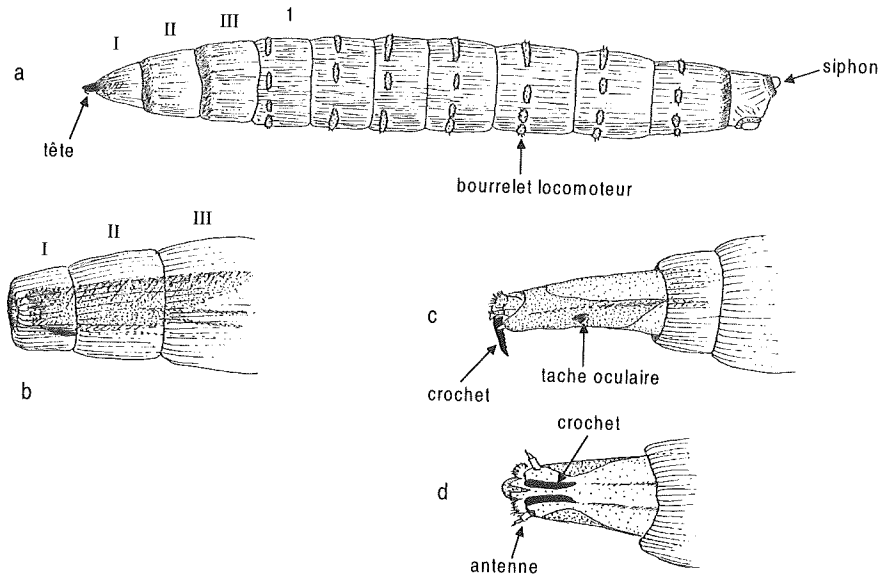
19.6 - Adulte, vd, ailes écartées

O. Diptères

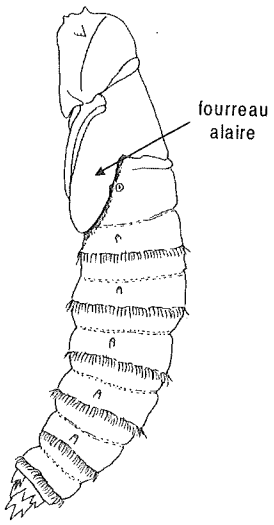
sO. Brachycères

Larve de type acéphale

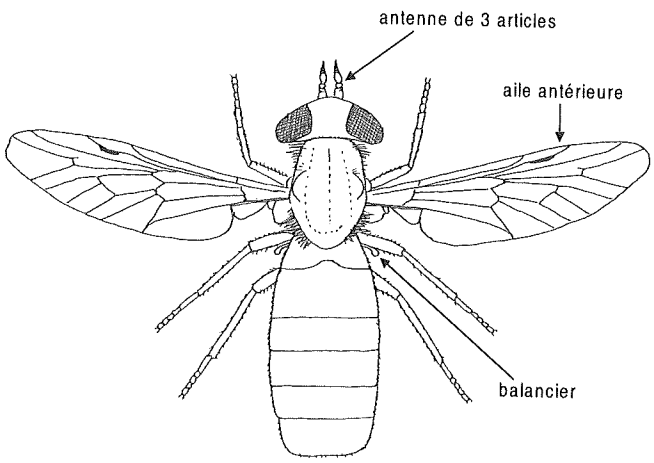
Haematopota, F. Tabanidae



19.7 - a : larve, vl, tête sortie ; b : région antérieure, vl, tête rétractée ; c : région antérieure, vl, tête sortie ; d : région antérieure, vv, tête sortie

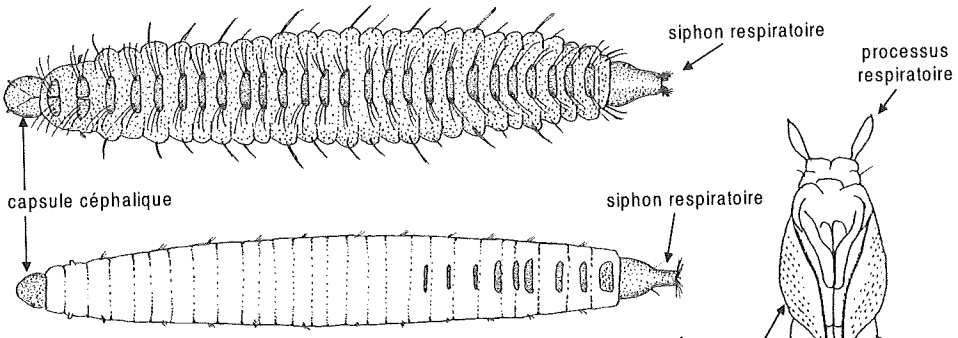


19.8 - Nymphe, vl

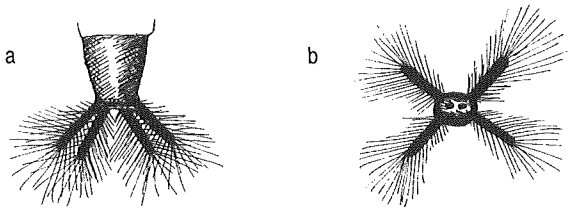


19.9 - Adulte, vd, ailes écartées

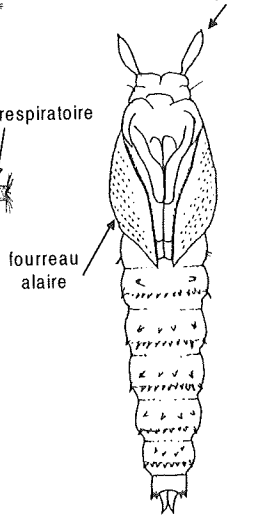
F. Psychodidae



19.10 - Deux types de larve, vd

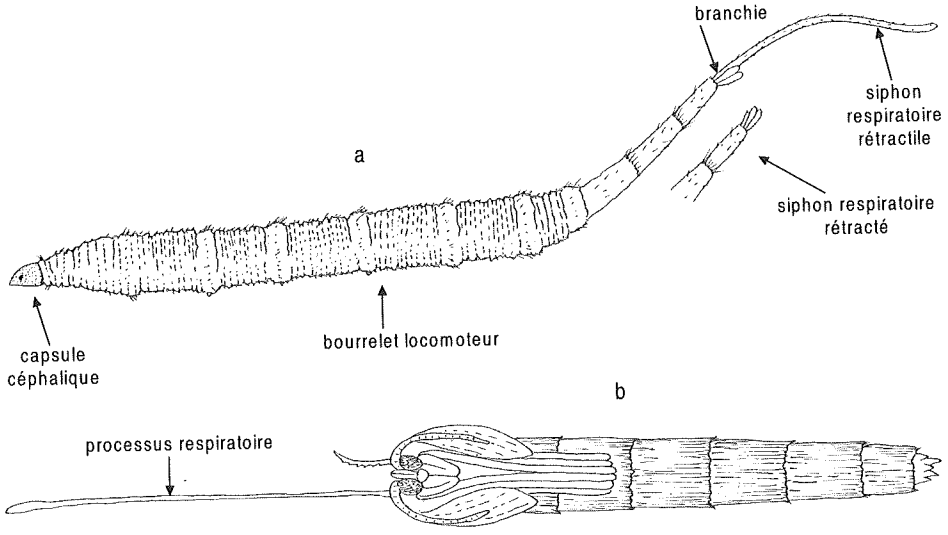


19.11 - Siphon respiratoire et soies hydrofuges.
a : vd ; b : vp



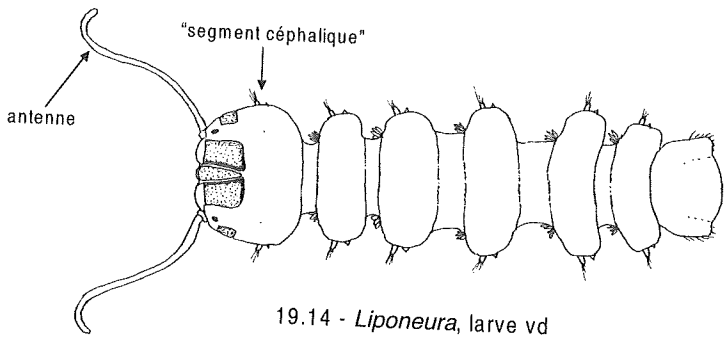
19.12 - Nymphe, vv

F. Ptychopteridae

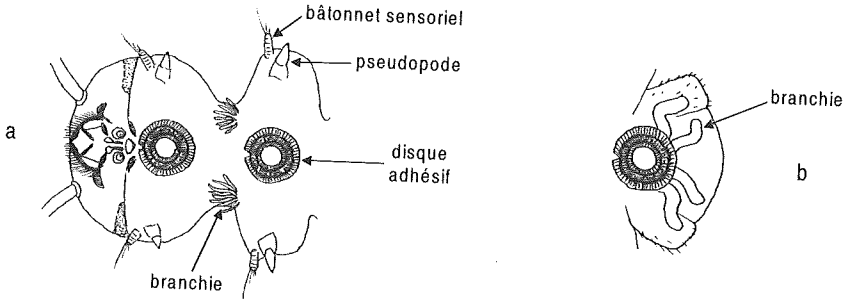


19.13 - *Ptychoptera*. a : larve, vl ; b : nymphe, vv

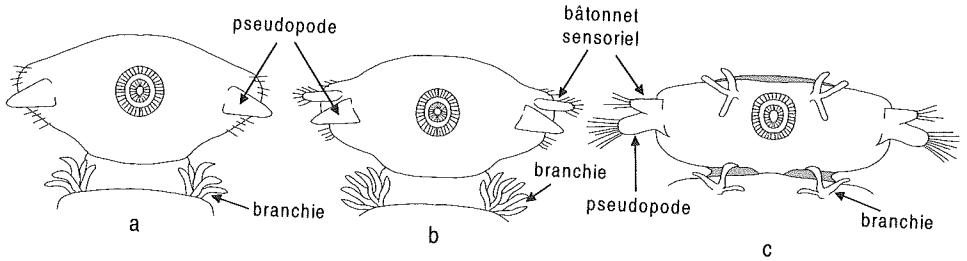
F. Blephariceridae



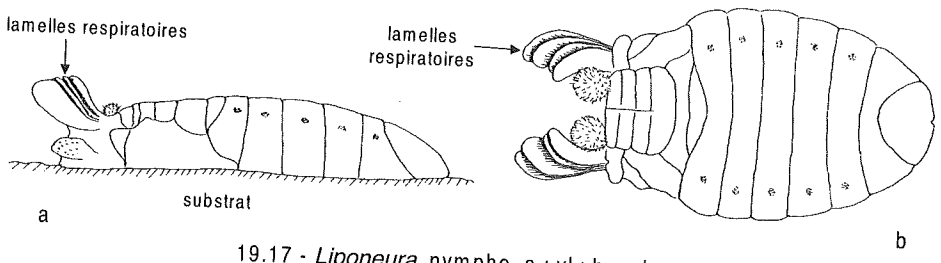
19.14 - *Liponeura*, larve vd



19.15 - *Liponeura*, larve vv. a : région antérieure ; b : dernier segment abdominal.

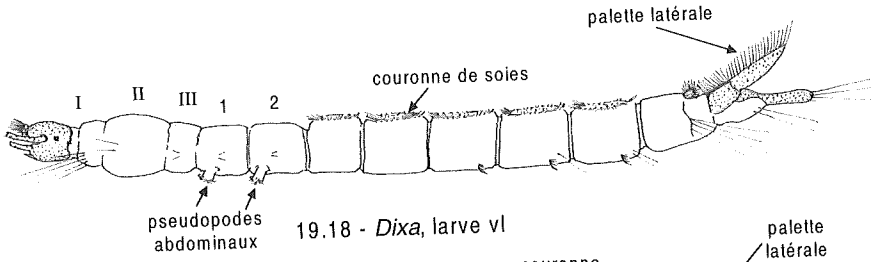


19.16 - Segment abdominal vv. a : *Blepharicera* ; b : *Liponeura* ; c : *Hapalothrix*

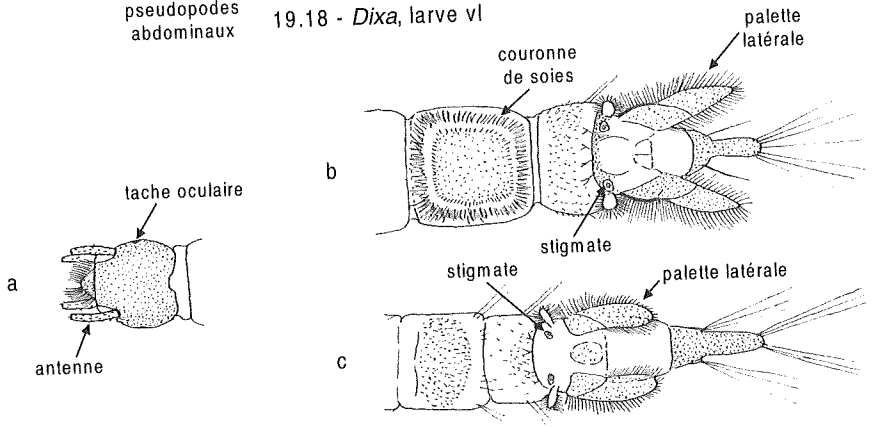


19.17 - *Liponeura*, nymphe. a : vl ; b : vd.

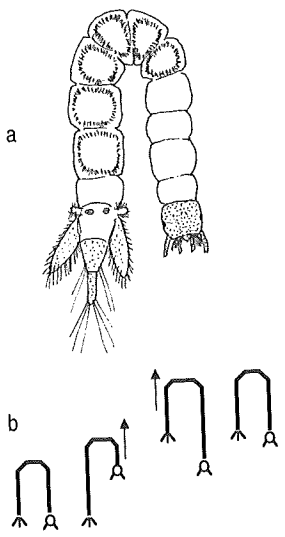
F. Dixidae



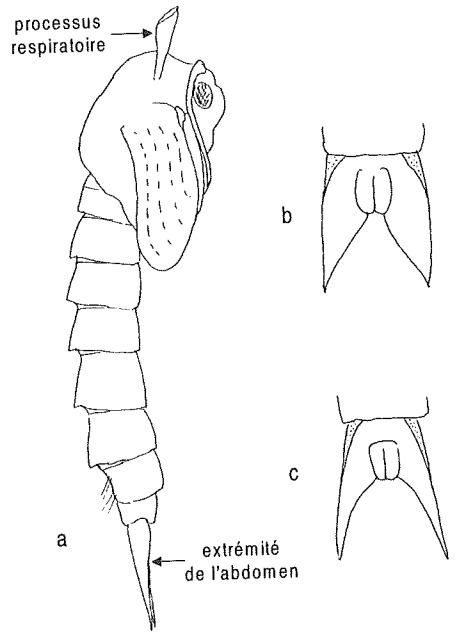
19.18 - *Dixa*, larve vl



19.19 - a : capsule céphalique, vd ; b : *Dixa*, extrémité de l'abdomen, vd ; c : *Dixella*, extrémité abdominale, vd

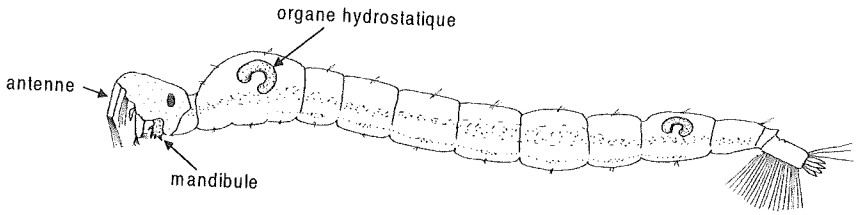


19.20 - Mode de déplacement des Dixidae. a : larve vd ; b : position de la larve pendant son déplacement

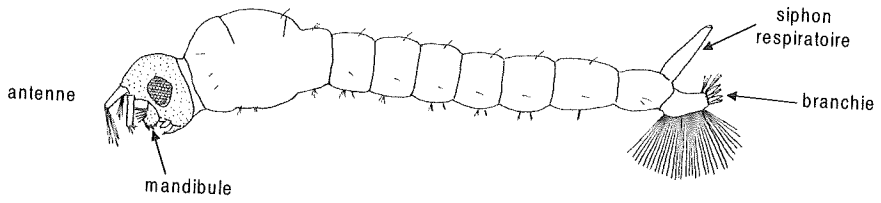


19.21 - Nymphe. a : vl. Extrémité de l'abdomen vv ; b : *Dixa* ; c : *Dixella*

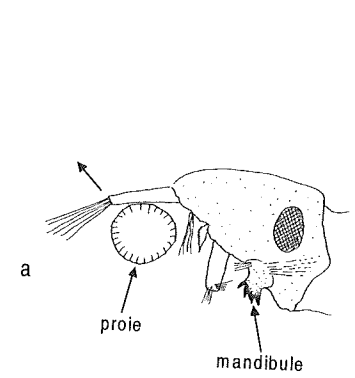
F. Chaoboridae



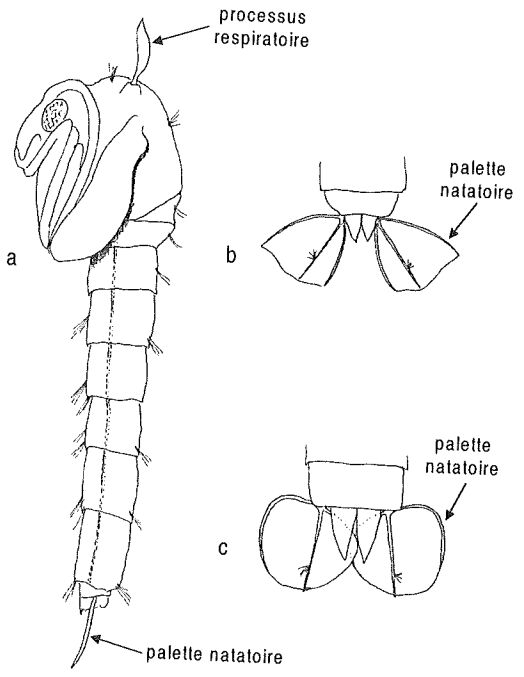
19.22 - *Chaoborus*, larve vl



19.23 - *Mochlonyx*, larve vl

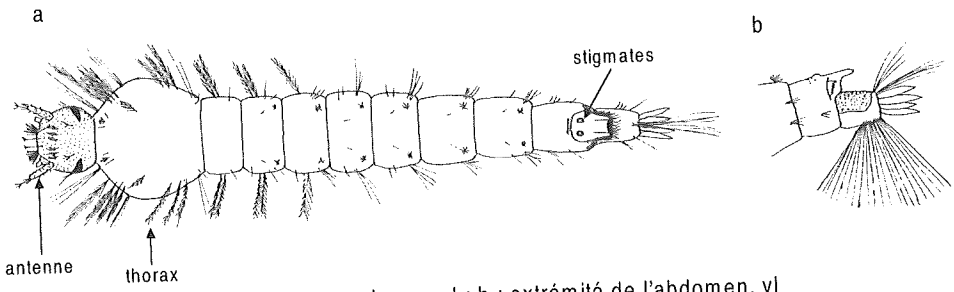


19.24 - Mode de capture de la proie avec les antennes "ravisseuses" chez *Chaoborus*

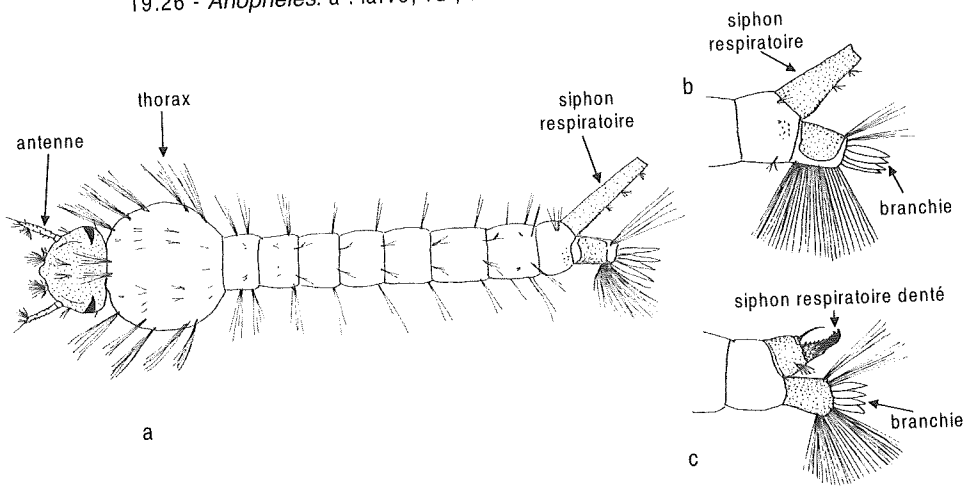


19.25 - Nymphe. a : vl. Extrémité de l'abdomen b : *Chaoborus* vv, c : *Mochlonyx*

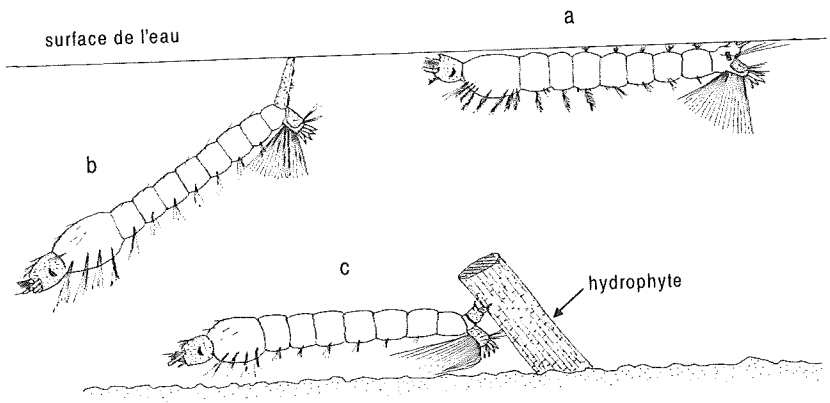
F. Culicidae



19.26 - *Anopheles*. a : larve, vd ; b : extrémité de l'abdomen, vl

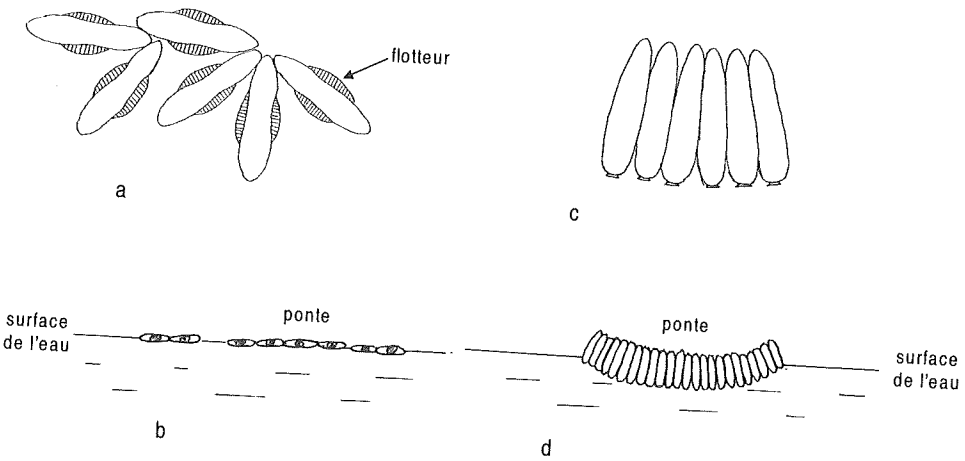


19.27 - Culicinae. a : larve, vd ; extrémité de l'abdomen, vl ; b : *Culex* ; c : *Coquillettidia*

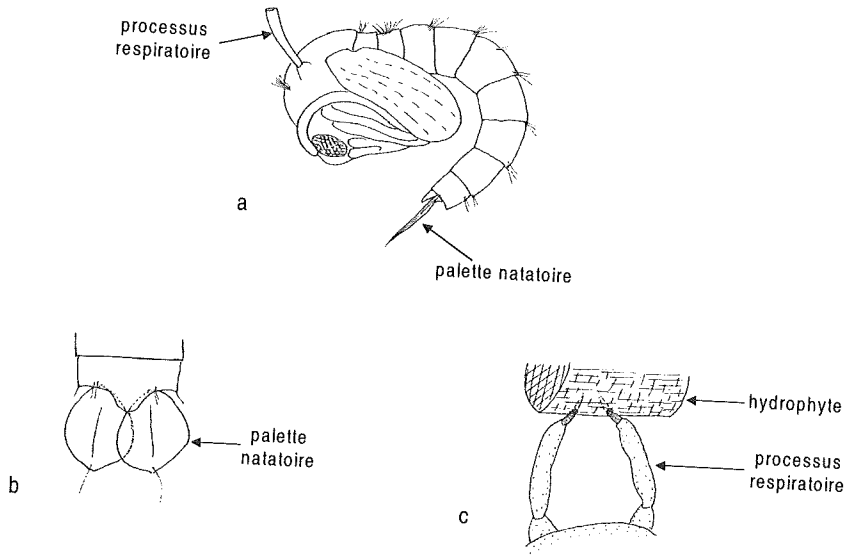


19.28 - Position de trois types de larve dans le milieu aquatique.
a : Anophelinae ; b : *Culex* ; c : *Coquillettidia*

F. Culicidae 2

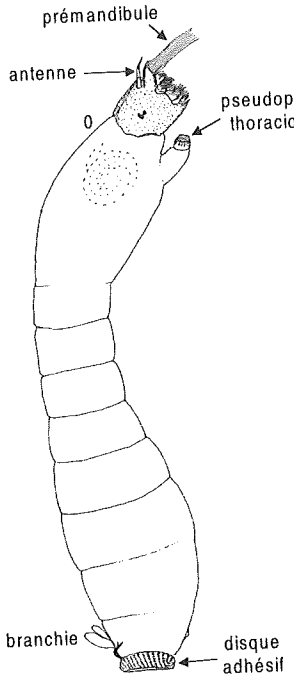


19.29 - Pontes de Culicidae. a : œufs d'Anophelinae, vd ; b : ponte à la surface de l'eau, vl ; c : œufs de Culicinae, vl ; d : ponte de Culicinae, vl

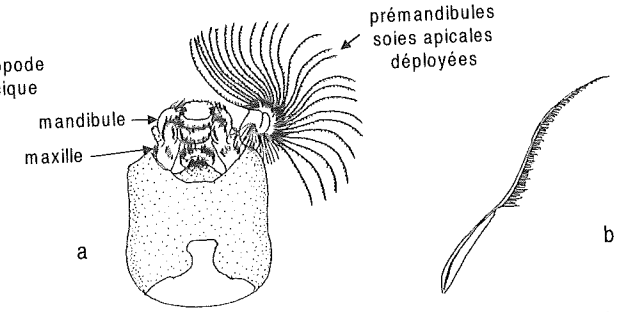


19.30 - Nymphe de Culicidae. a : vl ; b : extrémité de l'abdomen, vd ; c : processus respiratoire de *Coquillettidia* enfoncé dans le parenchyme d'un hydrophyte

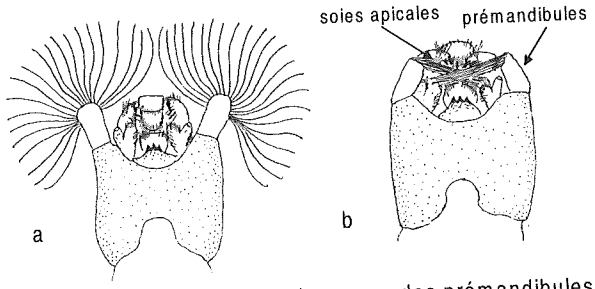
F. Simuliidae



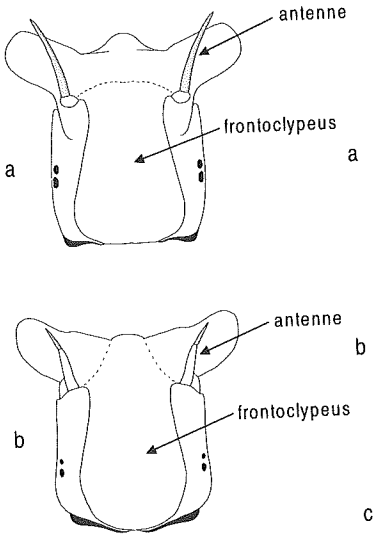
19.31 - Larve, vl



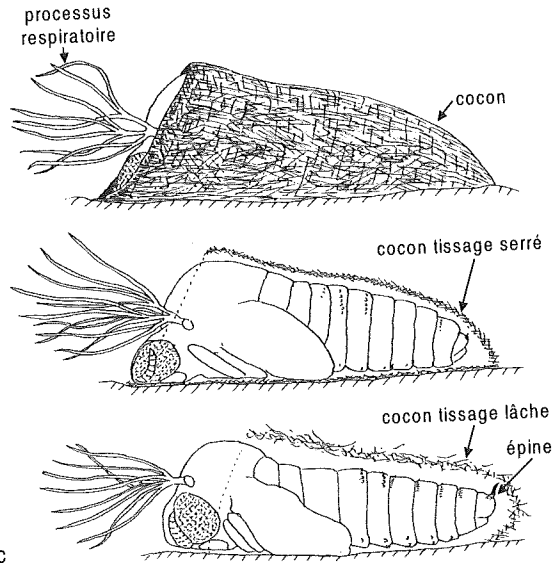
19.32 - a : capsule céphalique, vv ; b : soie apicale, détail



19.33 - Mode de filtration et de brossage des prémandibules. a : Prémandibule en position de filtration ; b : brossage des soies apicales

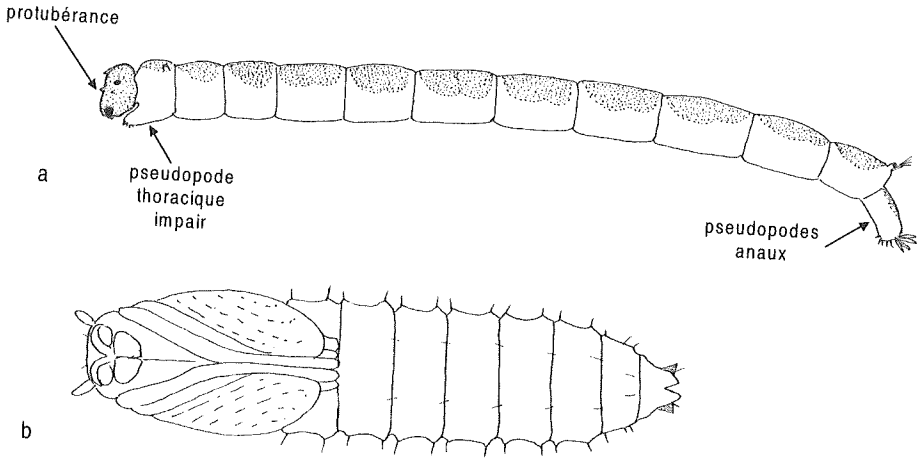


19.34 - Capsule céphalique vd. a : Prosimuliini ; b : Simuliini



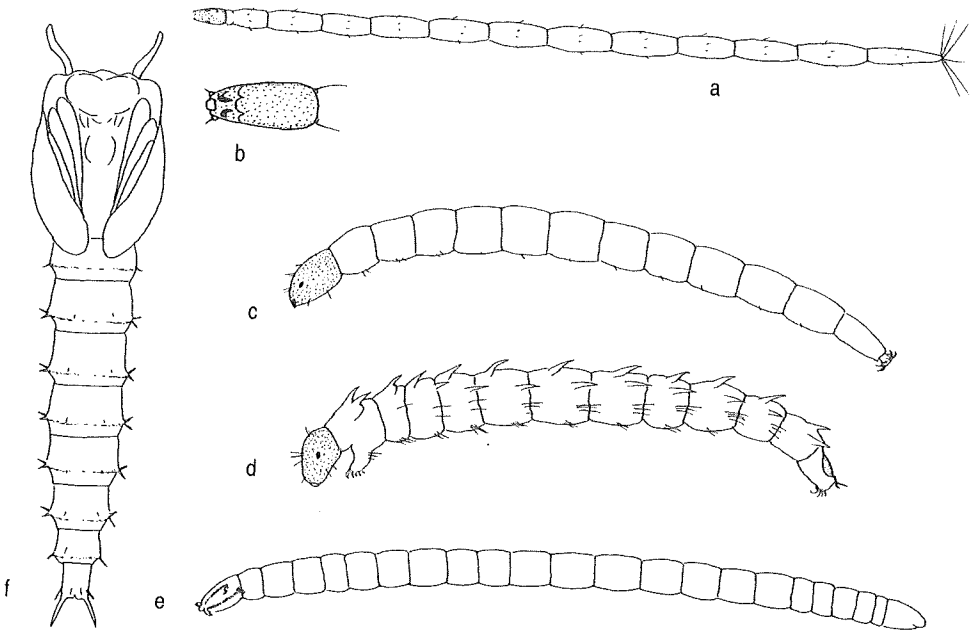
19.35 - Nymphe de Simuliidae, vl. a : nymphe de Simuliini dans son cocon ; b : Simuliini dans son cocon coupé longitudinalement ; c : Prosimuliini dans son cocon coupé longitudinalement

F. Thaumaleidae



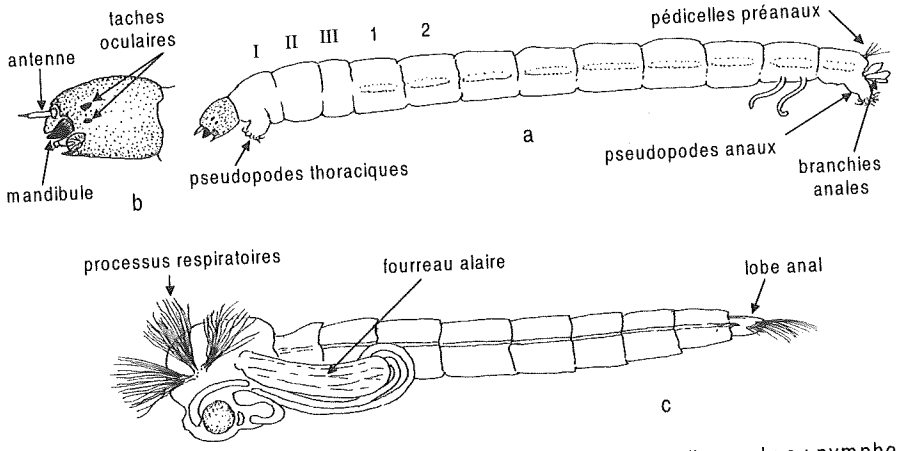
19.36 - *Thaumalea*. a : larve, vl ; b : nymphe, vv.

F. Ceratopogonidae

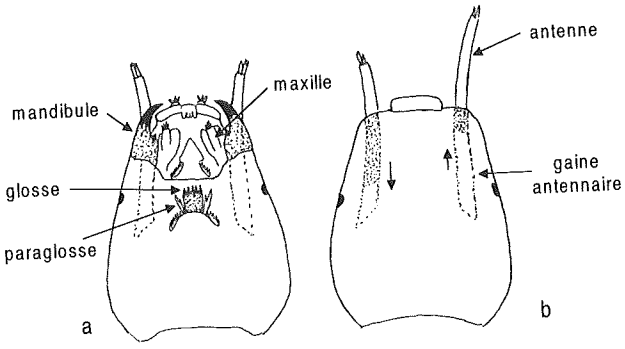


19.37 - a : larve de Ceratopogoninae, vl ; b : tête de Ceratopogoninae, vv ; c : larve de Dasyheleinae, vl ; d : larve de Forcipomyinae, vl ; e : larve de Leptoconopinae, vl (adapté de Rivosecchi, 1984) ; f : nymphe de Ceratopogoninae, vv.

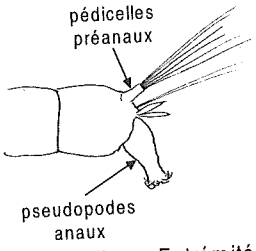
F. Chironomidae



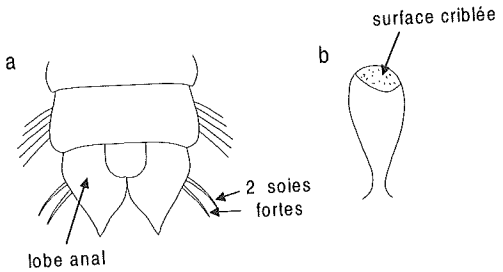
19.38 - *Chironomus*, Chironomini. a : larve, vl ; b : capsule céphalique, vl ; c : nymphe,



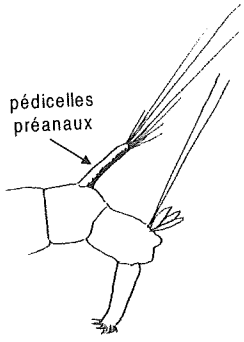
19.39 - Tanypodinae. Capsule céphalique, a : vv ; b : vd



19.40 - Tanypodinae. Extrémité de l'abdomen, vl

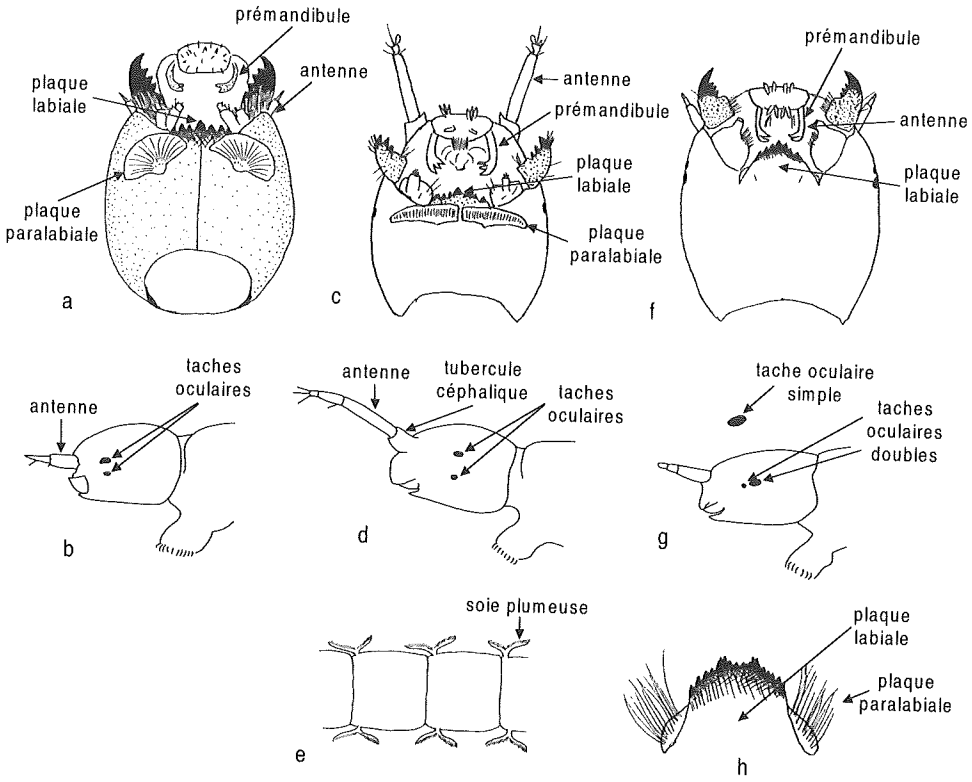


19.41 - Tanypodinae, nymphe. a : extrémité de l'abdomen ; b : processus respiratoire

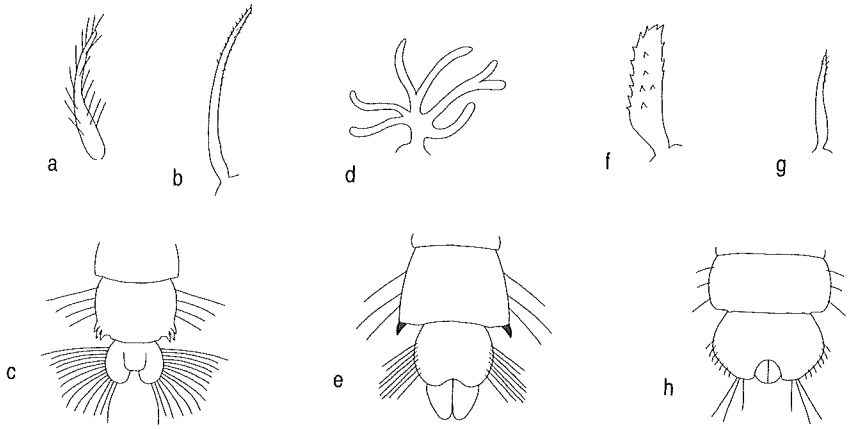


19.42 - Podonominae, extrémité de l'abdomen, vl (d'après Wiederholm, 1983)

F. Chironomidae 2

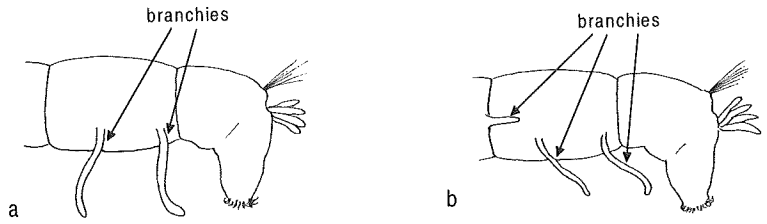


19.43 - Chironomini, a : capsule céphalique vv ; b : capsule céphalique vl. Tanytarsini, c : capsule céphalique vv ; d : capsule céphalique vl ; e : abdomen vd. Orthocladiinae, f : capsule céphalique vv ; g : capsule céphalique vl ; h : plaque labiale et plaques paralabiales vv.

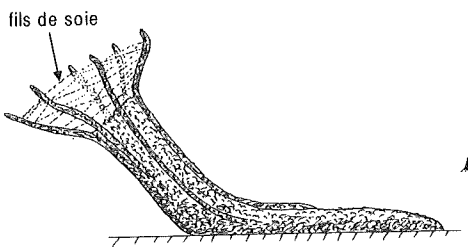


19.44 - Nymphes de Chironomides. Tanytarsini, a et b : processus respiratoires ; c : extrémité de l'abdomen vd. Chironomini, d : processus respiratoire ; e : extrémité de l'abdomen vv. Orthocladiinae, f et g : processus respiratoire ; h : extrémité de l'abdomen vd

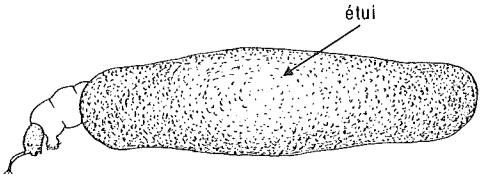
F. Chironomidae 3



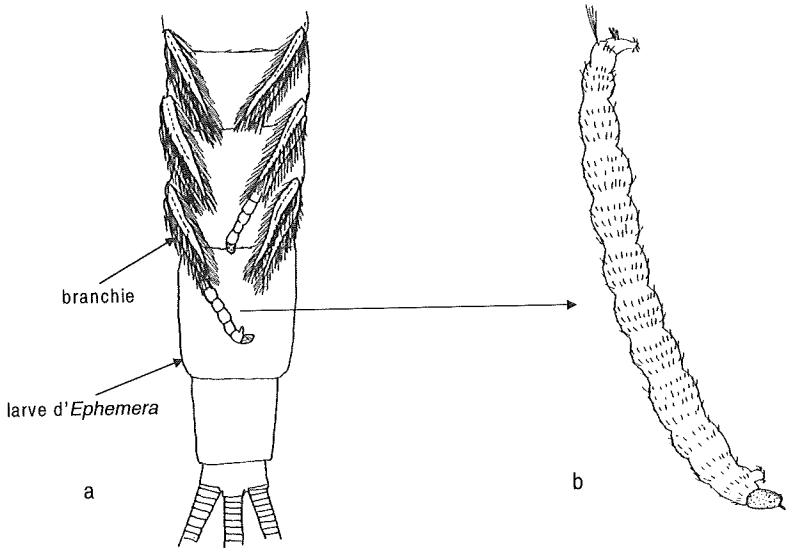
19.45 - Larve de *Chironomus*, extrémité de l'abdomen vl.
a : groupe *thumni* ; b : groupe *plumosus*



19.46 - Tube-retraite de *Rheotanytarsus*, vl

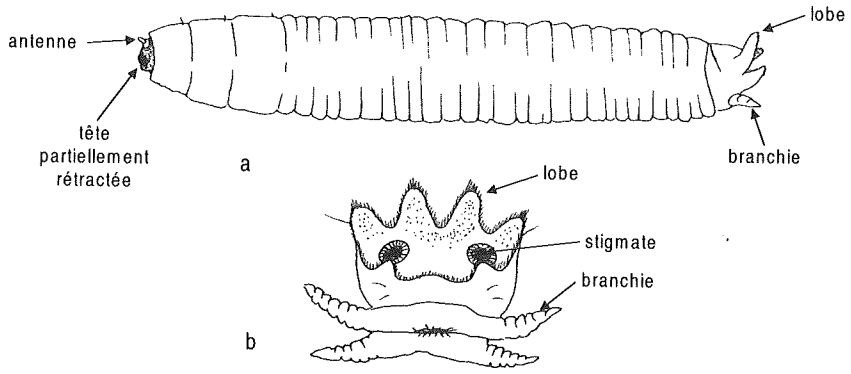


19.47 - Larve de *Lauterborniella* dans son étui vl (d'après Thienemann, 1974)



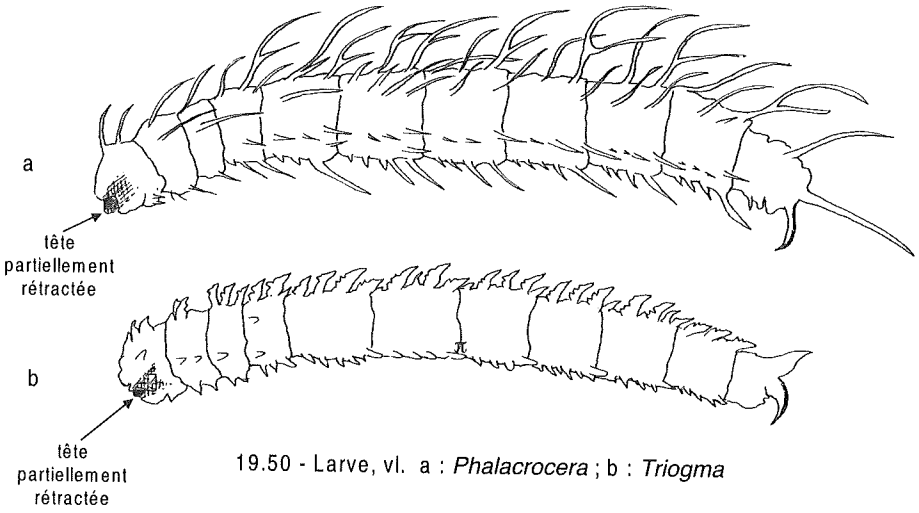
19.48 - Phorésie chez les Orthocladiinae. a : larve dans les branchies d'une larve d'*Ephemera* (Éphéméroptères) ; b : larve d'*Epoicocladius ephemerae*, vl (d'après Thienemann, 1974)

F. Tipulidae



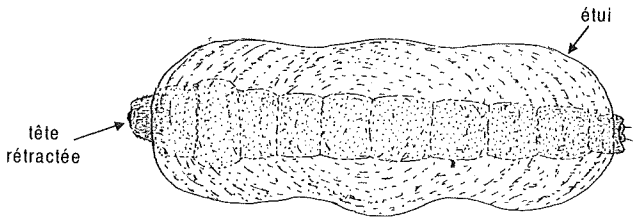
19.49 - Tipulidae. a : larve, vl ; b : larve extrémité postérieure, vp

F. Cylindrotomidae



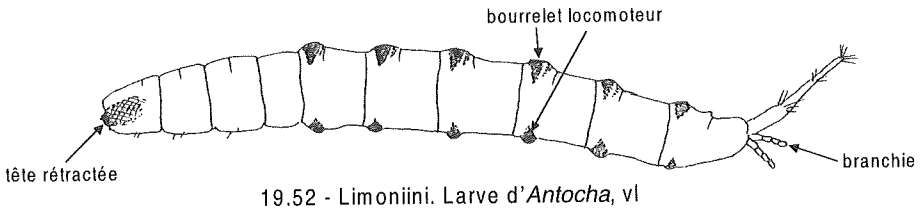
19.50 - Larve, vl. a : *Phalacrocera* ; b : *Triogma*

F. Limoniidae

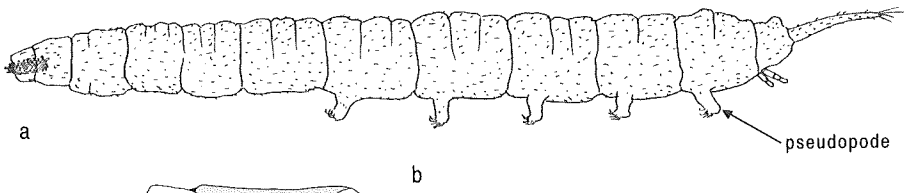


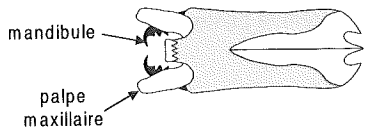
19.51 - Limoniini. Larve de *Thaumastoptera*, vd, dans son ét

F. Limoniidae 2

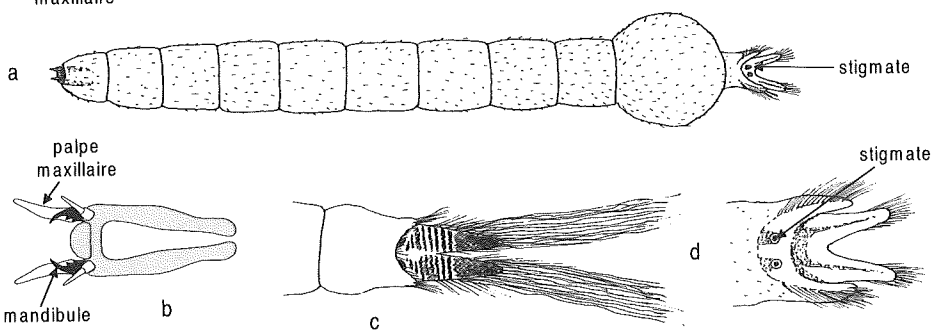


19.52 - Limoniini. Larve d'*Antocha*, vl

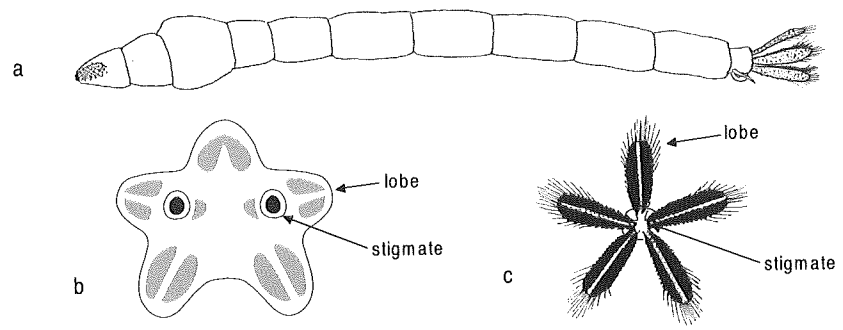




19.53 - Pediciini. a : larve de *Dicranota*, vl ; b : tête de *Dicranota*, vv

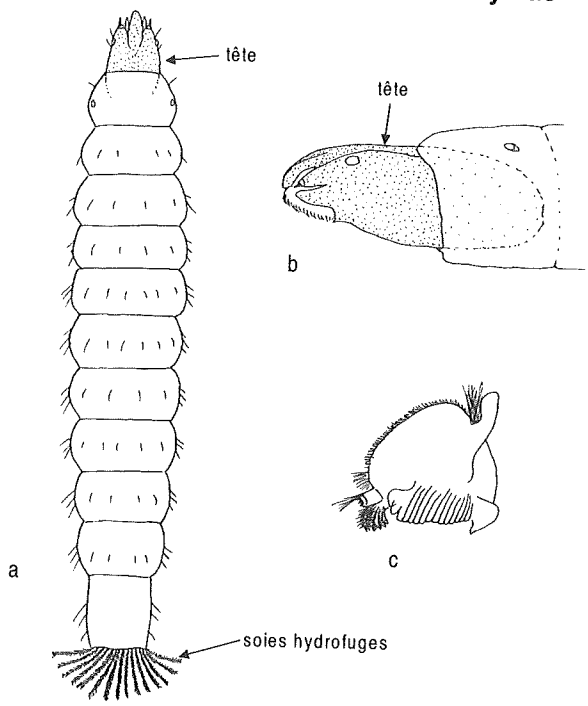


19.54 - Hexatomini. a : larve d'*Hexatoma* vd ; b : tête d'*Hexatoma* vv ; c : extrémité postérieure de *Pilaria* vd ; d : extrémité postérieure d'*Hexatoma* vd

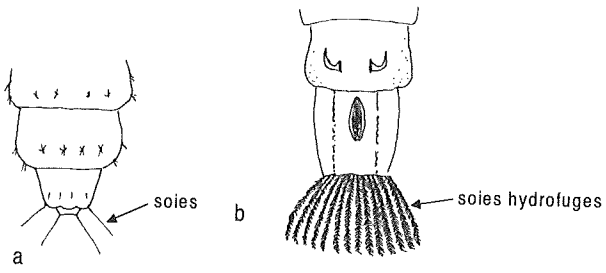


19.55 - Eriopterini. a : larve de *Scleroprocta* vl ; b : autre larve d'Eriopterini, extrémité de l'abdomen vp ; c : extrémité de l'abdomen de *Scleroprocta* vp.

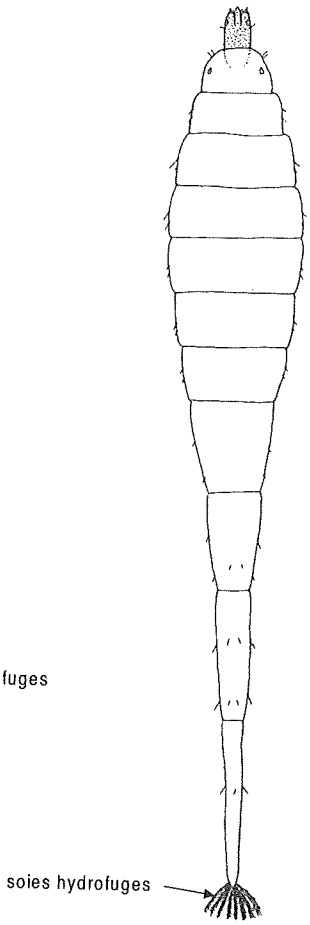
F. Stratiomyidae



19.56 - Stratiomyidae. a : larve de type court vd ; b : région antérieure vl ; c : complexe maxillo-mandibulaire

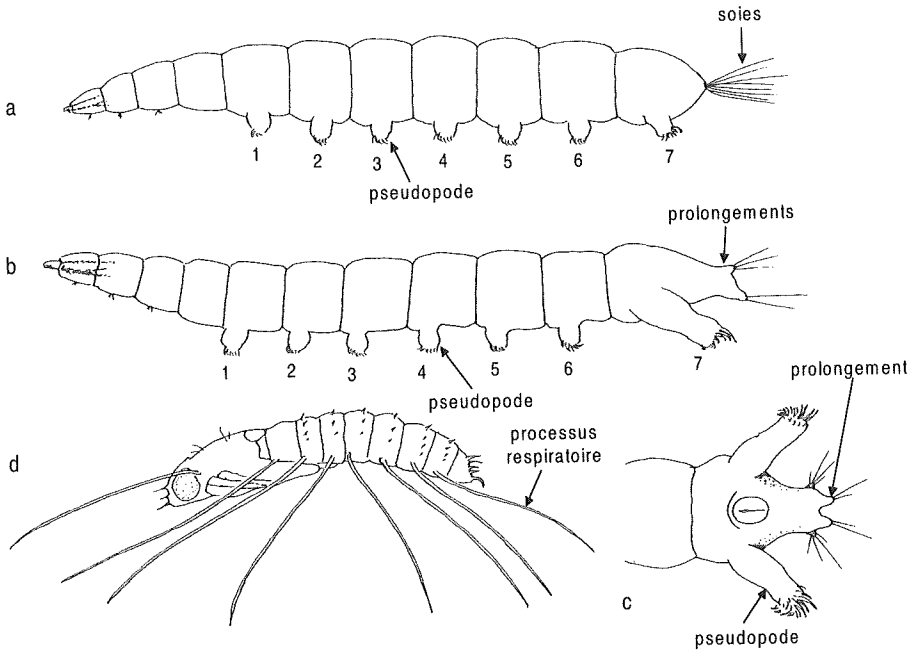


19.57 - Stratiomyidae, région postérieure. a : larve avec peu de soies vd ; b : larve avec une rosette de soies hydrofuges vv.

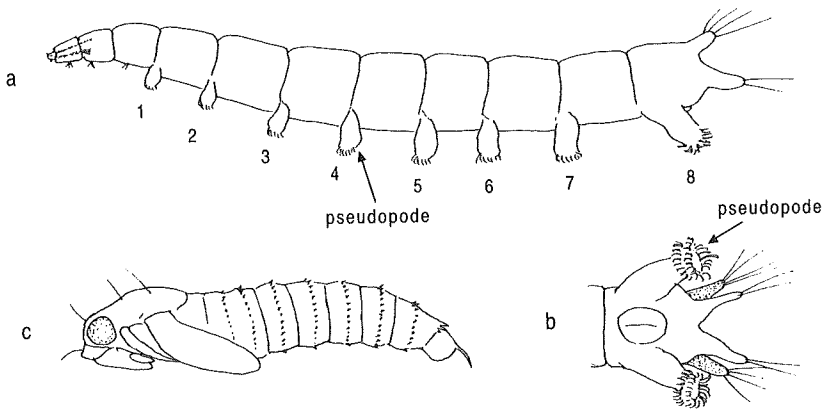


19.58 - Stratiomyidae, larve de type allongé vd

F. Empididae

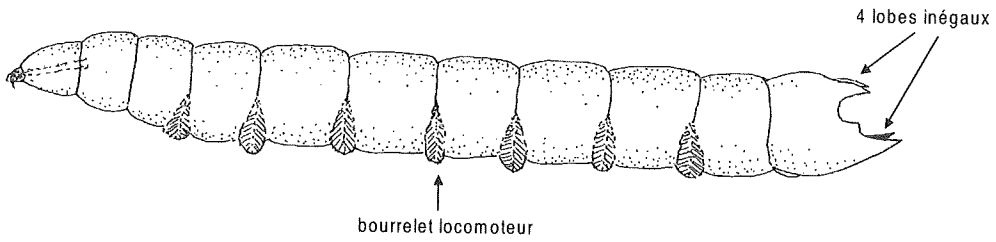


19.59 - sF. Hemerodromiinae. a : larve sans prolongements postérieurs vl ; b : larve avec prolongements postérieurs vl ; c : extrémité postérieure de larve avec prolongements vv ; d : nymphe vl



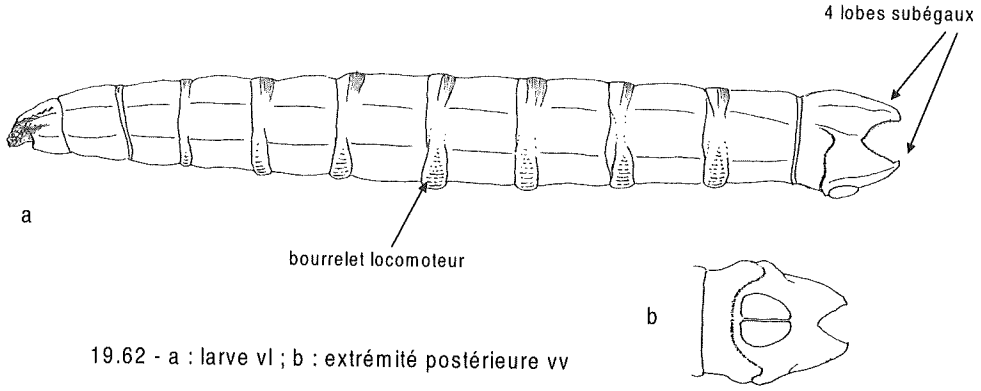
19.60 - sF. Clinocerinae. a : larve vl ; b : extrémité postérieure vv ; c : nymphe vl.

F. Dolichopodidae



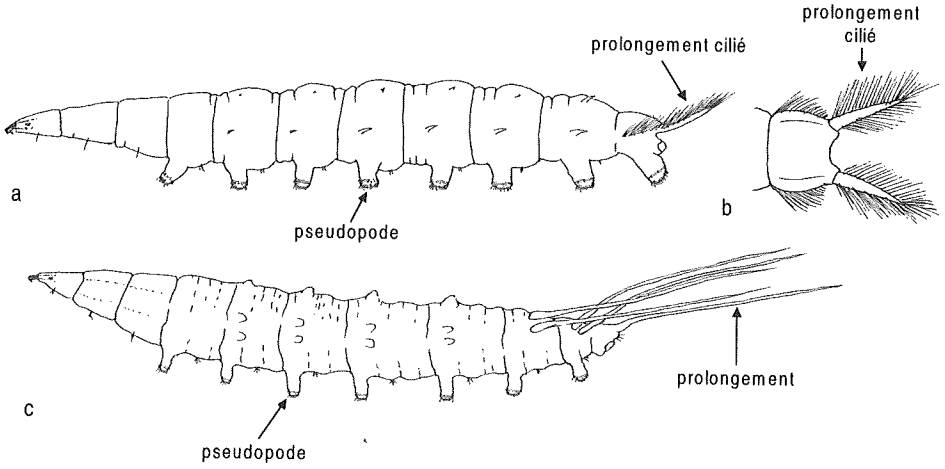
19.61 - Larve vl

F. Rhagionidae



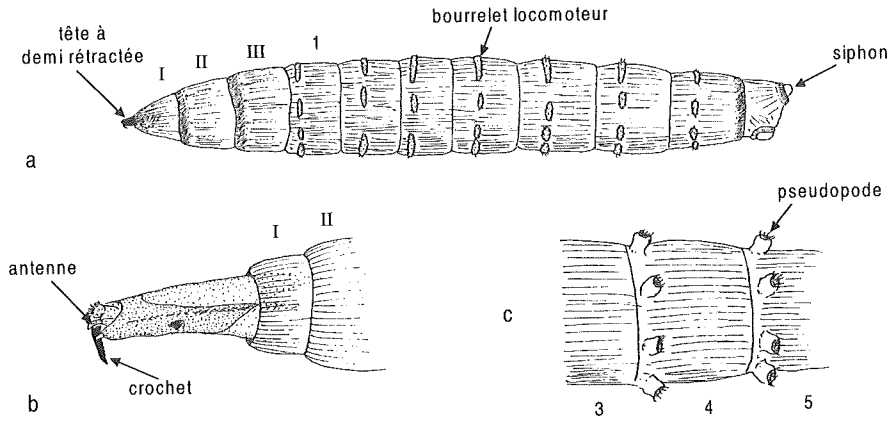
19.62 - a : larve vl ; b : extrémité postérieure vv

F. Athericidae



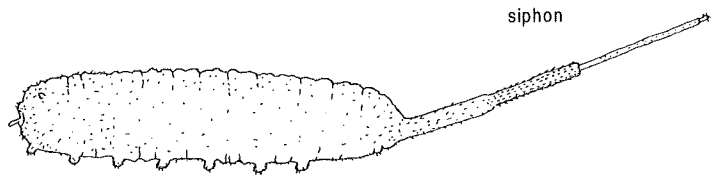
19.63 - a : larve d'*Atherix* vl ; b : larve d'*Atherix*, extrémité postérieure vd ; c : larve d'*Atrichops* vl

F. Tabanidae



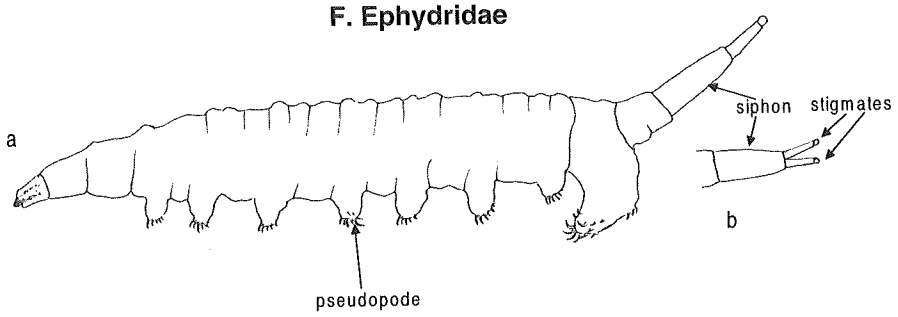
19.64 - a : larve de Tabanidae vl ; b : tête sortie ; c : 3 segments abdominaux vl d'un autre genre de Tabanidae

F. Syrphidae



19.65 - Larve de Syrphidae, vl

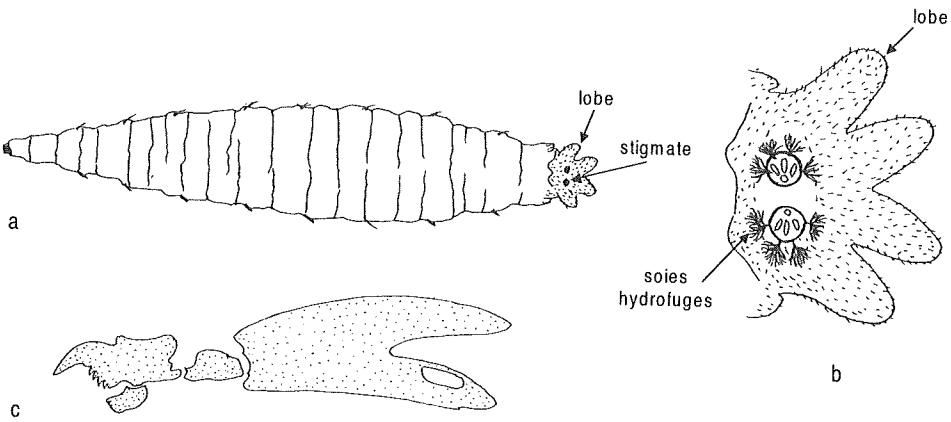
F. Ephydridae





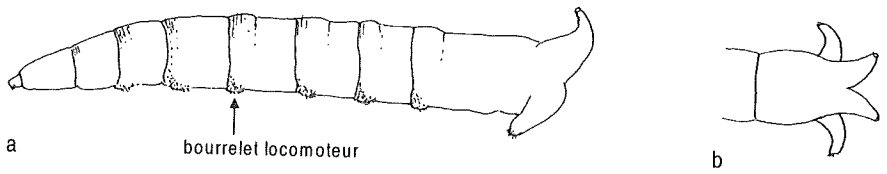
19.66 - Ephydridae. a : larve vl ; b : siphon vd ; c : mandibule et pièces sclérifiées céphaliques

F. Sciomyzidae



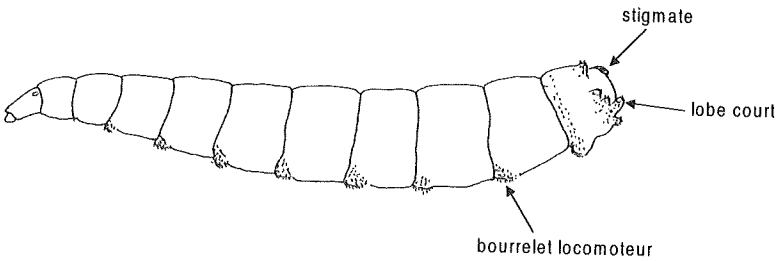
19.67 - a : larve vd ; b : extrémité de l'abdomen vd ; c : mandibule et pièces sclérifiées céphaliques

F. Anthomyidae



19.68 - *Limnophora*. a : larve vl ; b : extrémité de l'abdomen vd

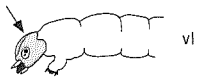
F. Scatophagidae



19.69 - Larve d'*Acanthocnema* vl

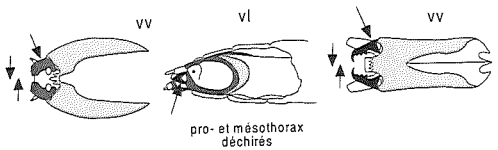
19.C1

O. Diptères



bien individualisée (exceptionnellement translucide), non rétractile dans le thorax → **sO. des Nématocères 1** (sauf SF Tipuloidea + F. Stratiomyidae (sO. Brachycères) **19.C2**

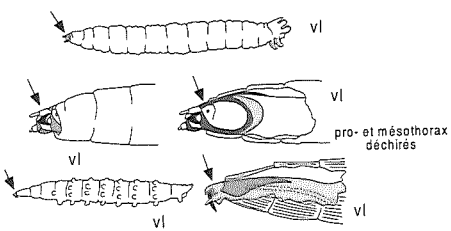
CAPSULE CÉPHALIQUE

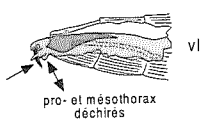


partiellement ou mal individualisée, toujours rétractile dans le thorax → PIÈCES MASTICATRICES + MODE DE DÉPLACEMENT DES PIÈCES MASTICATRICES

mandibules → dans un plan horizontal → **sO. des Nématocères SF des Tipuloidea** **19.C4**

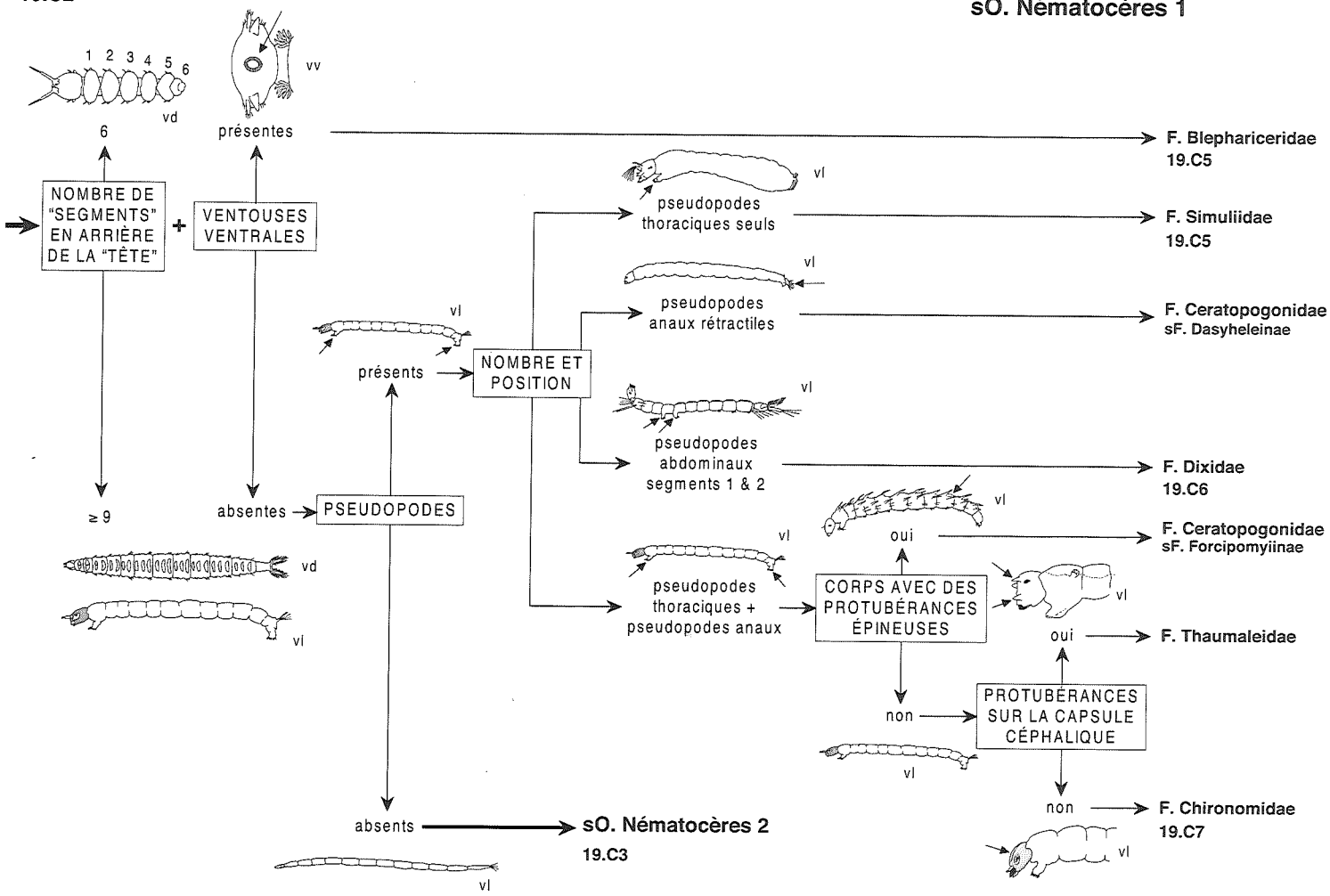
crochets (ou structures masticatrices régressées) → dans un plan vertical → **sO. Brachycères** (sauf F. Stratiomyidae) **19.C8**





19.C2

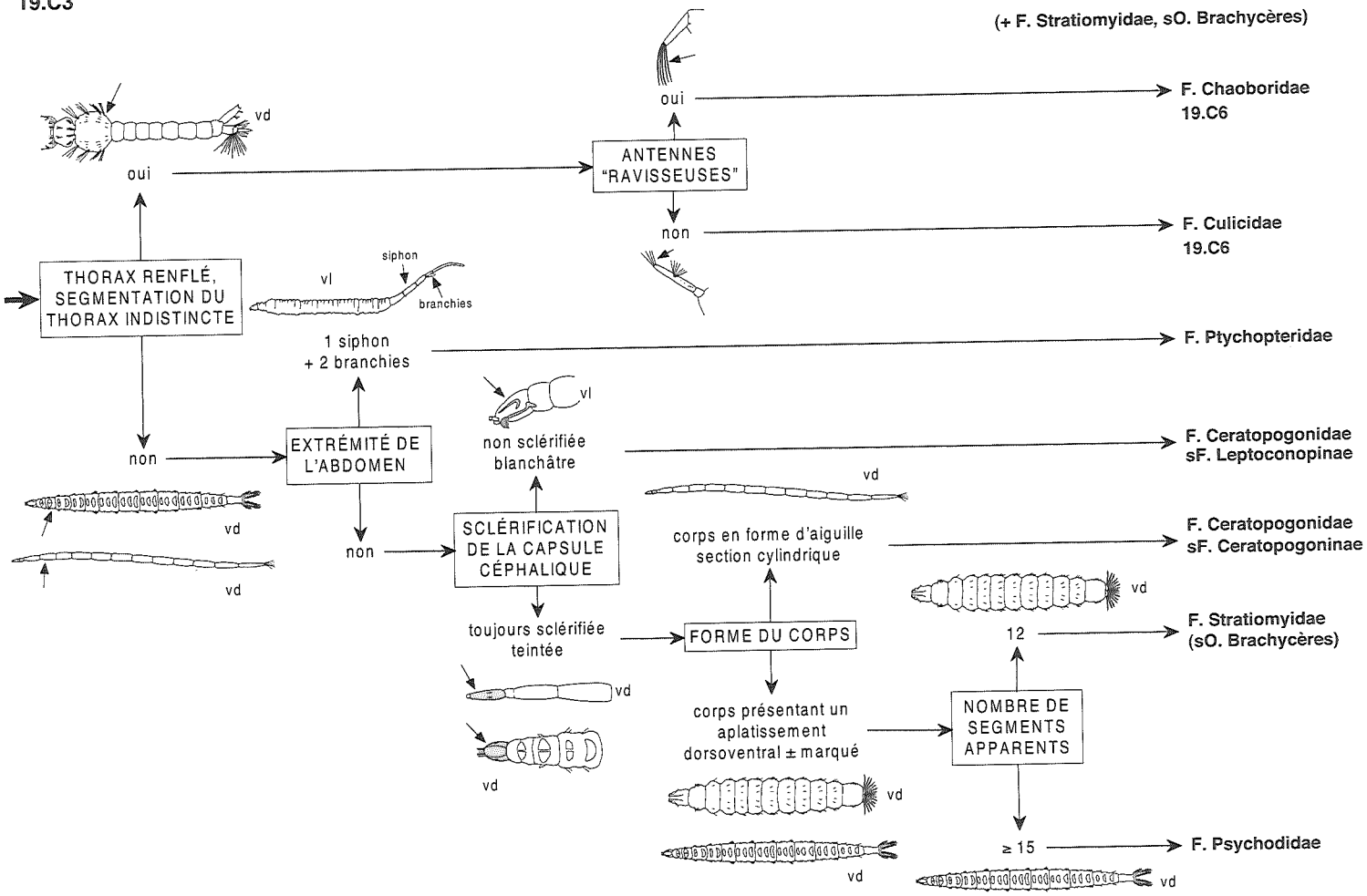
sO. Nématocères 1



19.C3

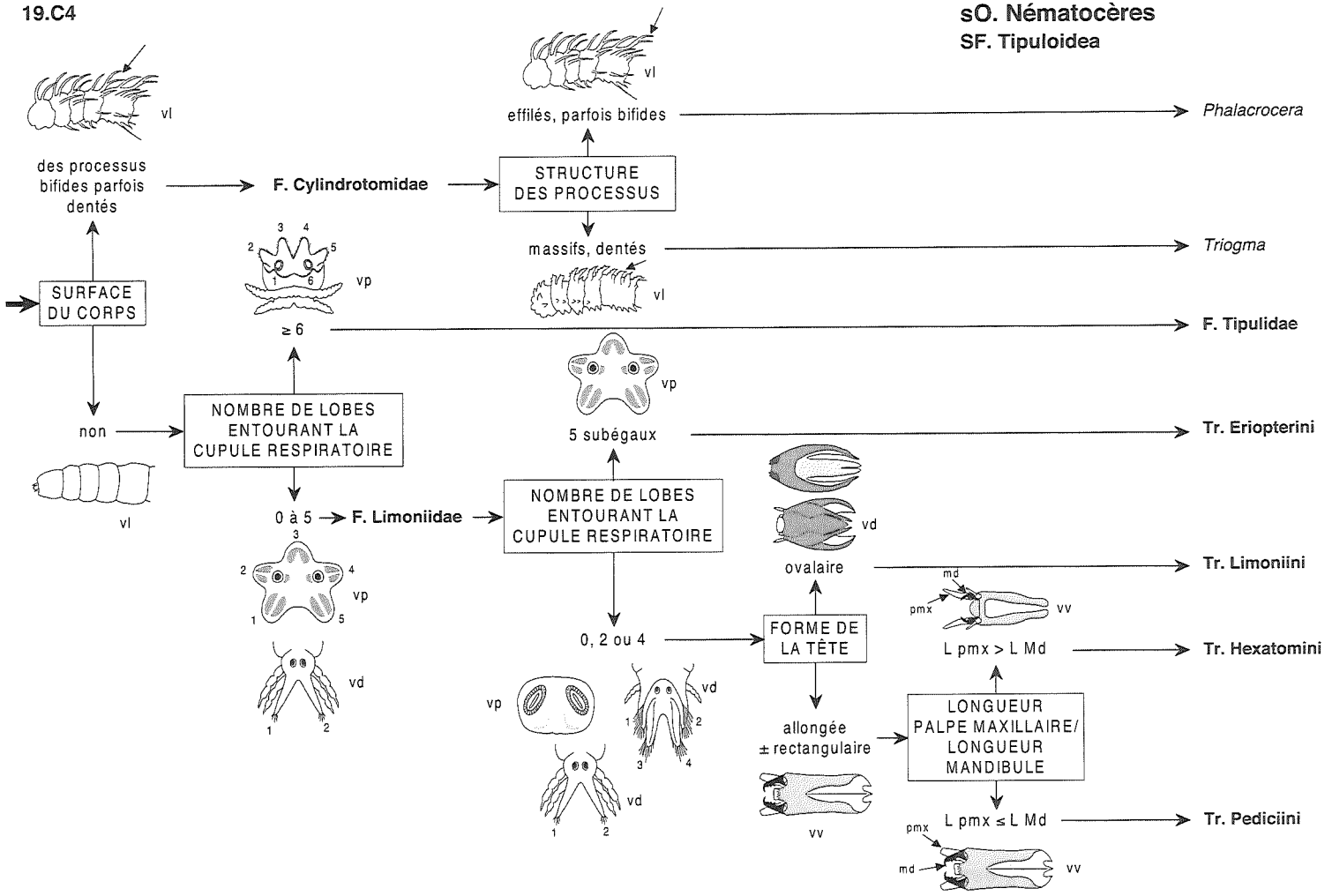
sO. Nématocères 2

(+ F. Stratiomyidae, sO. Brachycères)



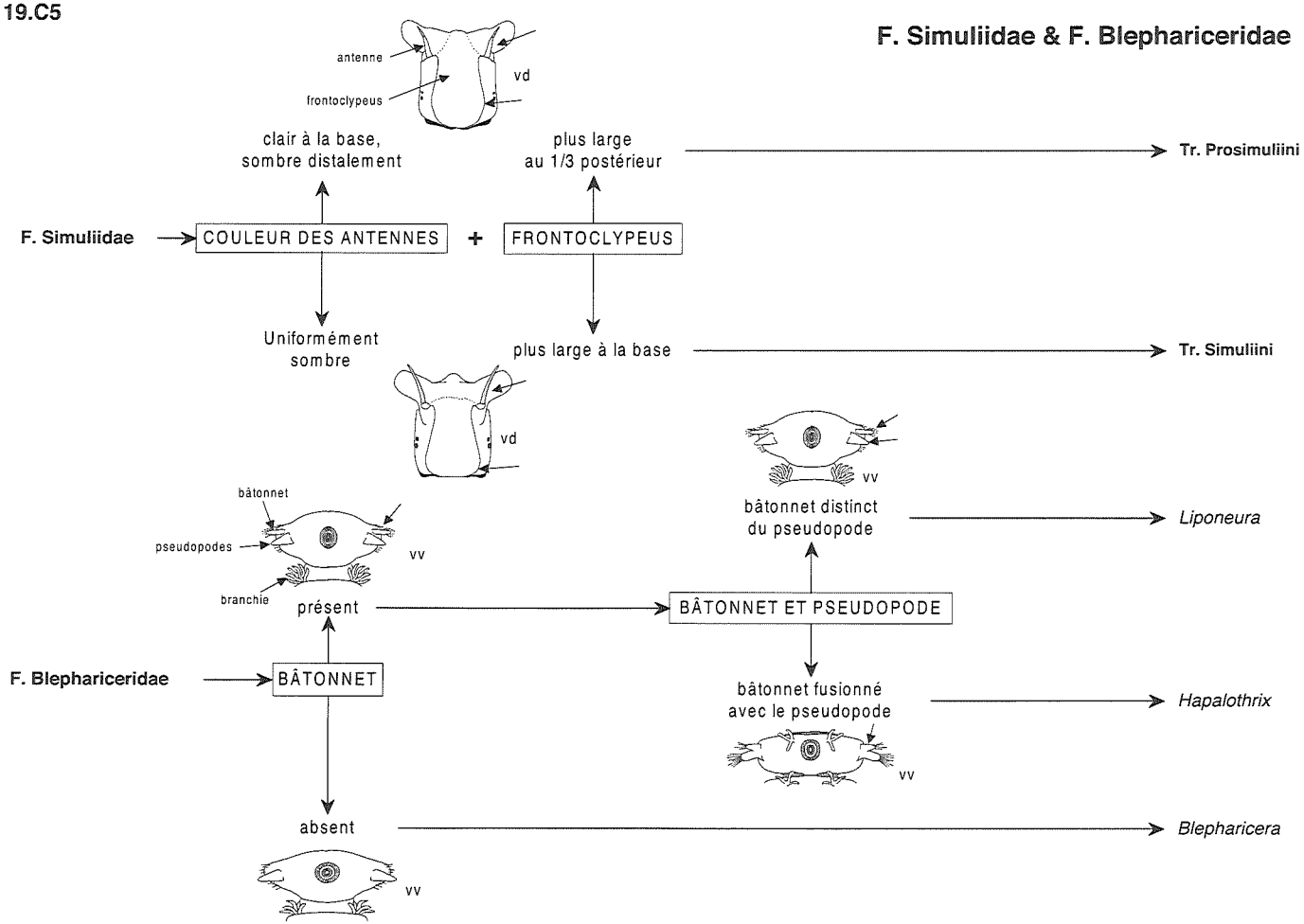
19.C4

sO. Nématocères
SF. Tipuloidea



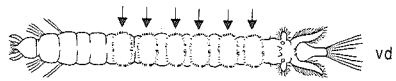
19.C5

F. Simuliidae & F. Blephariceridae



19.C6

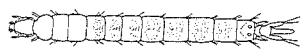
F. Dixidae, F. Chaoboridae & F. Culicidae

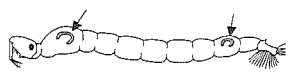


des soies disposées en couronne → *Dixa*

F. Dixidae → FACE DORSALE DE CERTAINS SEGMENTS ABDOMINAUX

des soies non disposées en couronne → *Dixella*

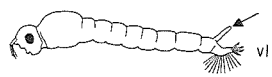


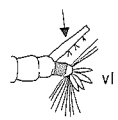


présents — absent → *Chaoborus*

F. Chaoboridae → ORGANES HYDROSTATIQUES + SIPHON RESPIRATOIRE

absents — présent → *Mochlonyx*

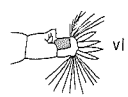




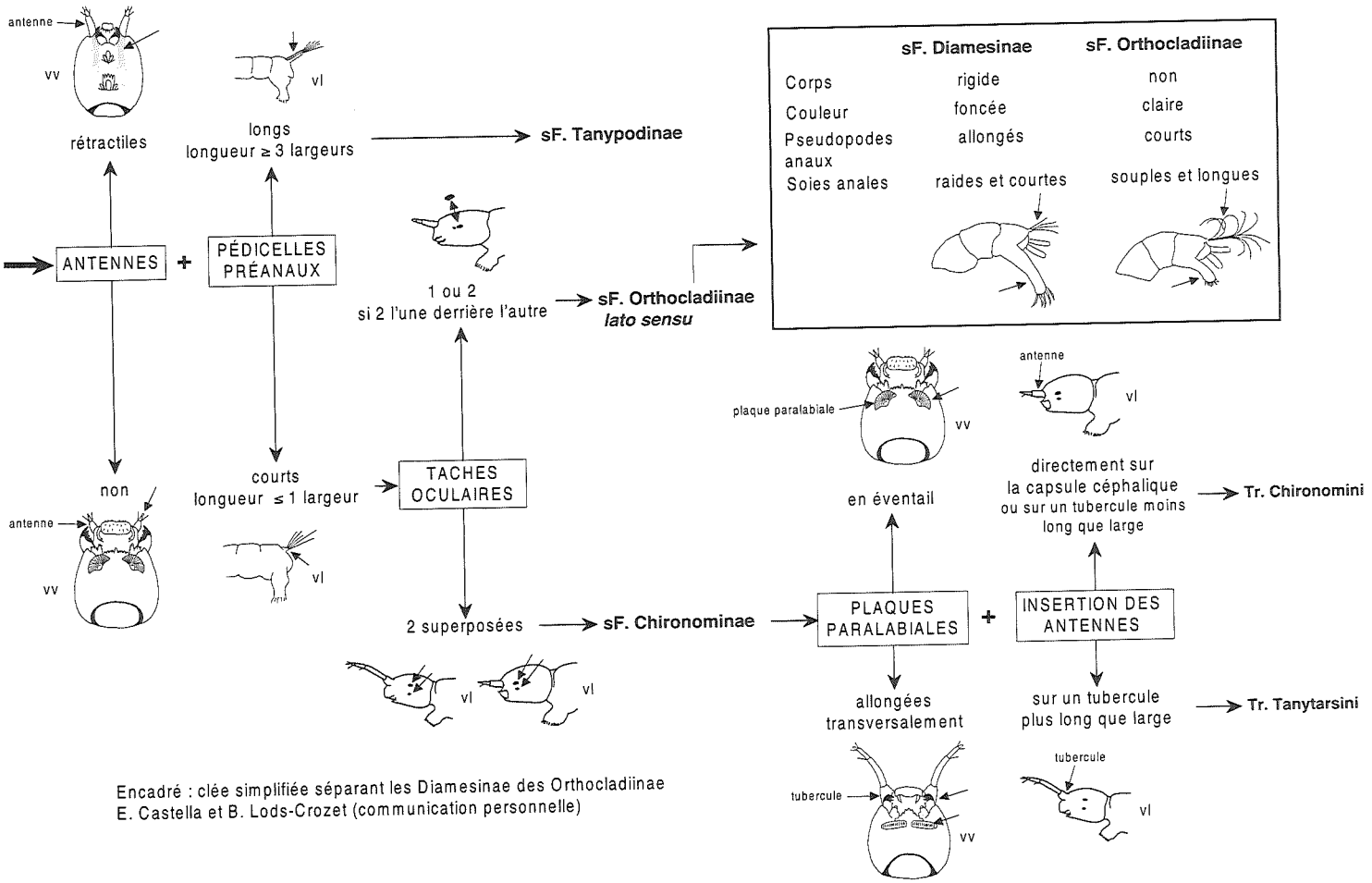
présent → **sF. Culicinae**

F. Culicidae → SIPHON RESPIRATOIRE

absent → **sF. Anophelinae**



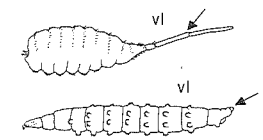
F. Chironomidae



Encadré : clée simplifiée séparant les Diamesinae des Orthocladiinae
E. Castella et B. Lods-Crozet (communication personnelle)

19.C8

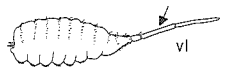
sO. Brachycères
(sauf F. Stratiomyiidae)



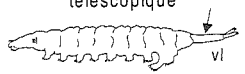
un prolongement impair correspondant à 1 siphon respiratoire

EXTRÉMITÉ DE L'ABDOMEN

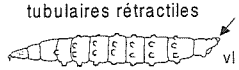
FORME DU PROLONGEMENT



un long prolongement télescopique → F. Syrphidae



un prolongement cylindroconique portant deux prolongements tubulaires rétractiles → F. Ephydridae

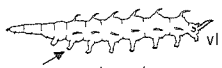


un prolongement court ± rétractile → F. Tabanidae



ou une paire de prolongements effilés portant une frange de soies ou 5 paires de prolongements effilés → F. Athericidae 19.C9

PROLONGEMENTS POSTÉRIEURS

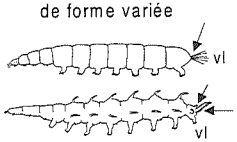


pseudopodes

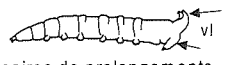
ces caractères non réunis → F. Empididae 19.C9

ou pas de prolongement impair ou une (ou des) paire(s) de prolongements de forme variée

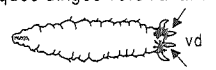
ORGANES LOCOMOTEURS





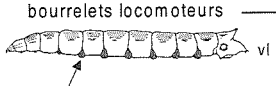


4 paires de prolongements arqués dirigés vers l'avant → F. Anthomyiidae



plusieurs lobes charnus, stigmates protégés par des soies ramifiées → F. Sciomyzidae

bourrelets locomoteurs



EXTRÉMITÉ DE L'ABDOMEN

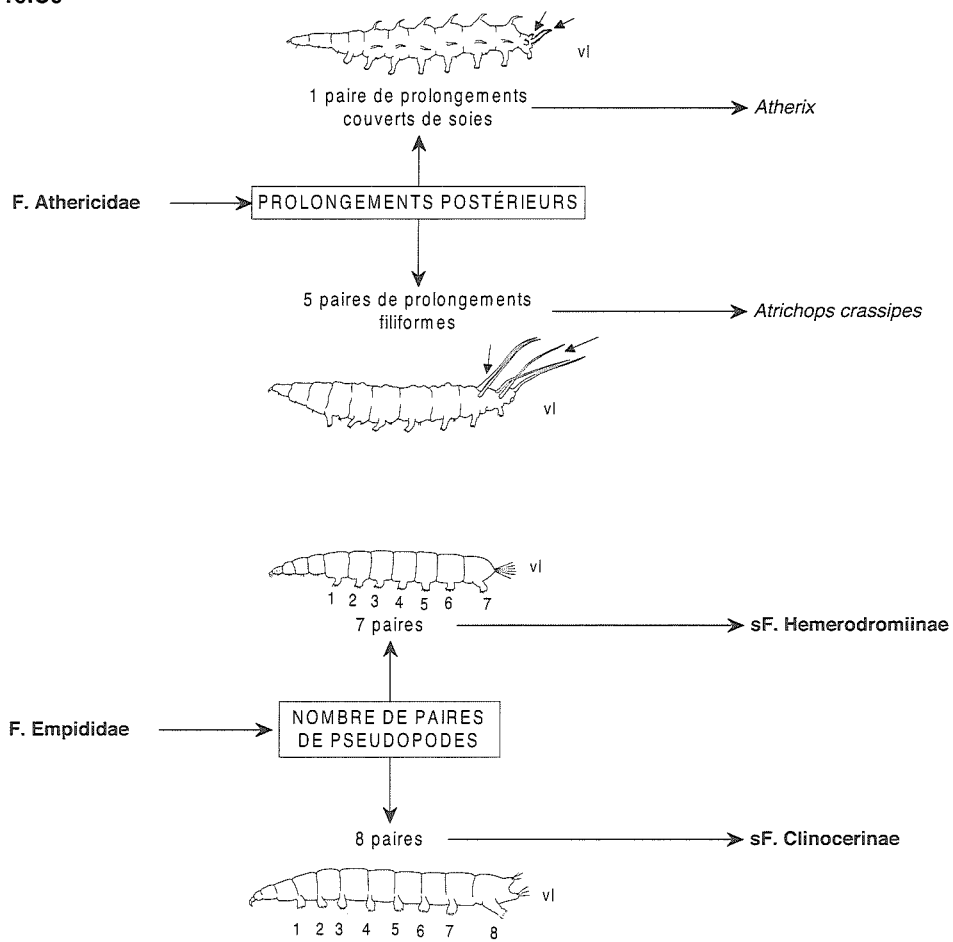


4 lobes triangulaires → F. Dolichopodidae



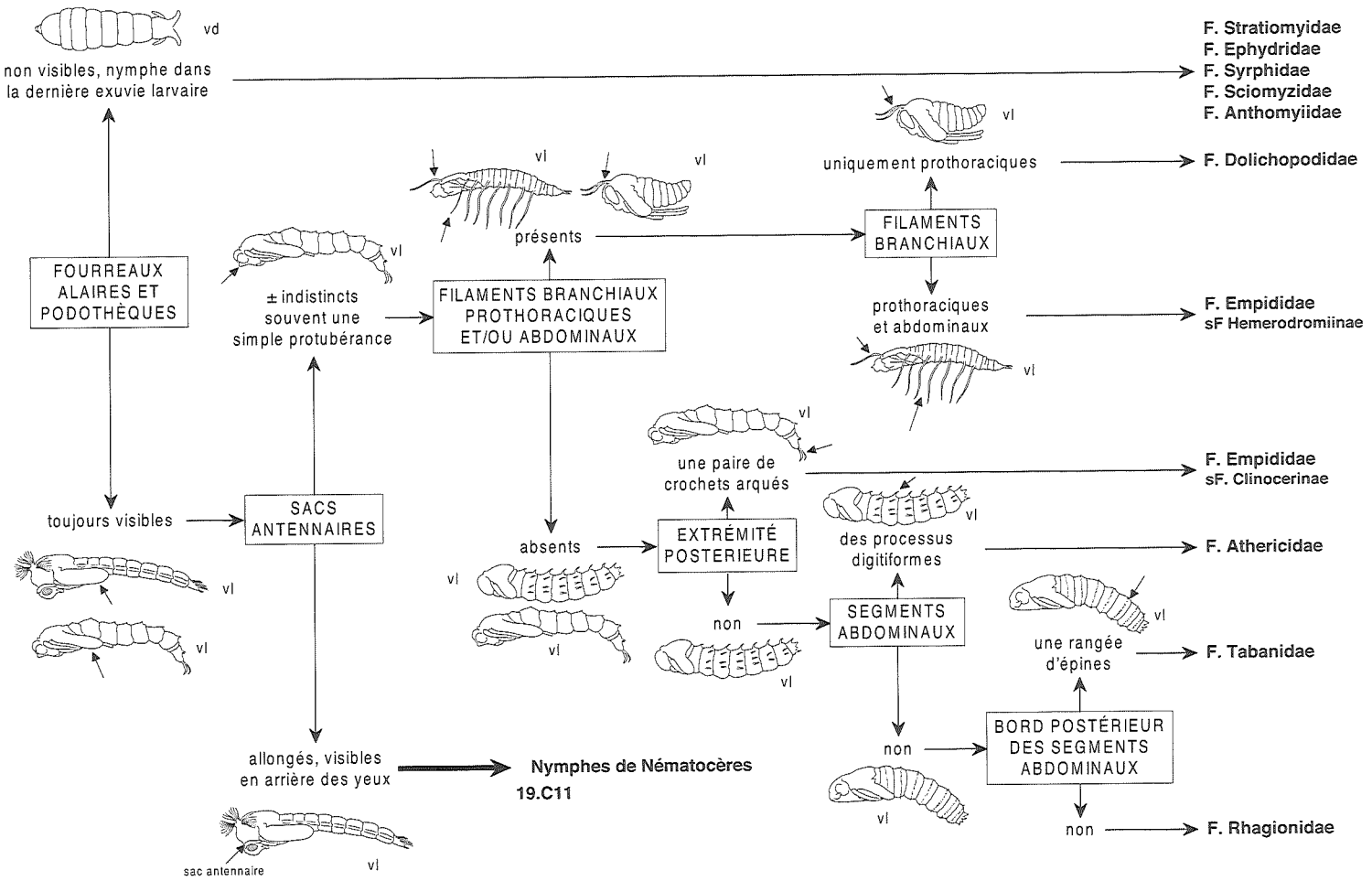
4 lobes foliacés → F. Rhagionidae

19.C9


vl
1 paire de prolongements couverts de soies
Atherix
F. Athericidae
PROLONGEMENTS POSTÉRIEURS
5 paires de prolongements filiformes
Atrichops crassipes
vl
vl
1 2 3 4 5 6 7
7 paires
sF. Hemerodromiinae
F. Empididae
NOMBRE DE PAIRES DE PSEUDOPODES
8 paires
sF. Clinocerinae
vl
1 2 3 4 5 6 7 8

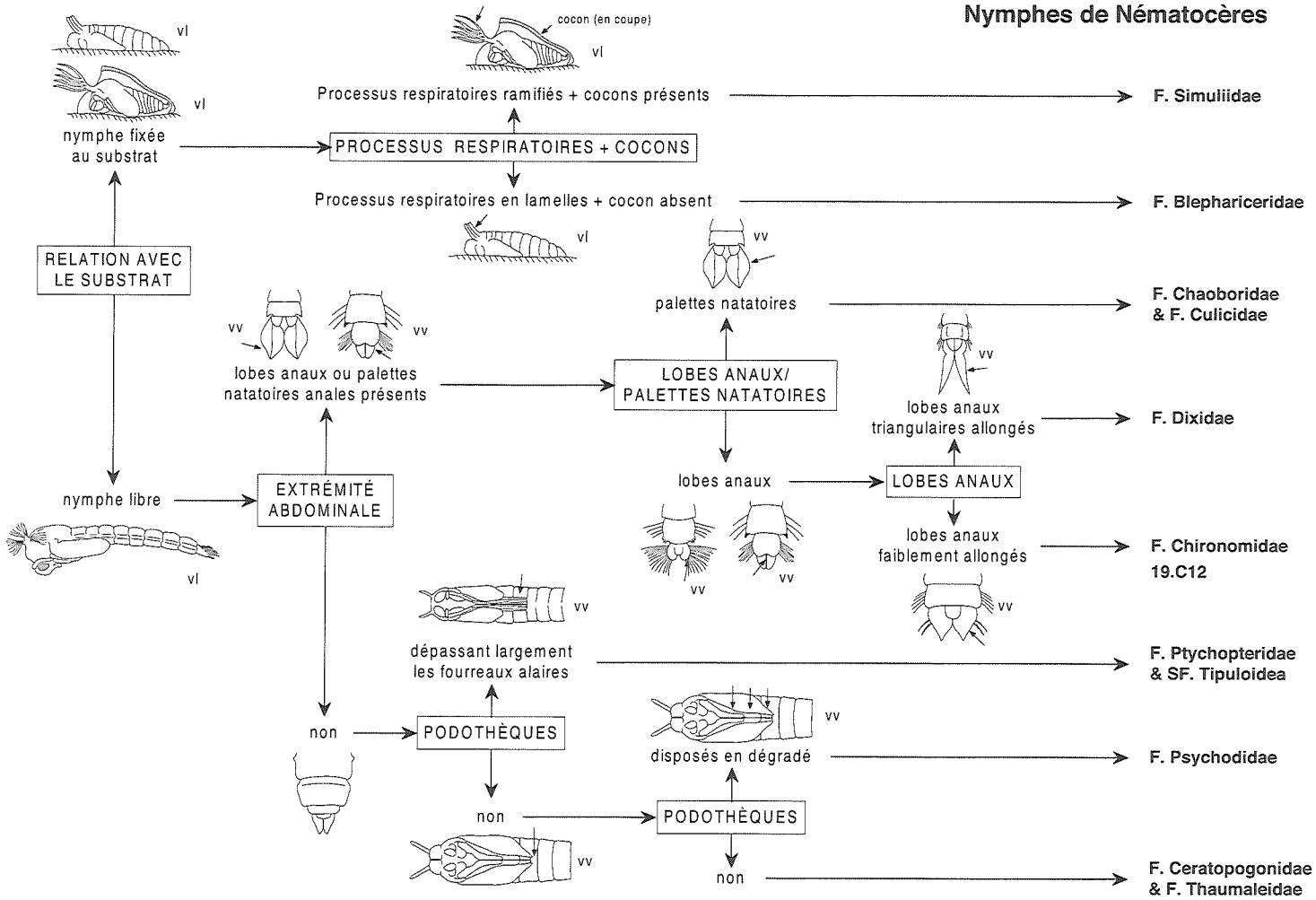
19.C10

Nymphes de Diptères



19.C11

Nymphes de Nématocères



19.C12

Nymphes de Chironomidae

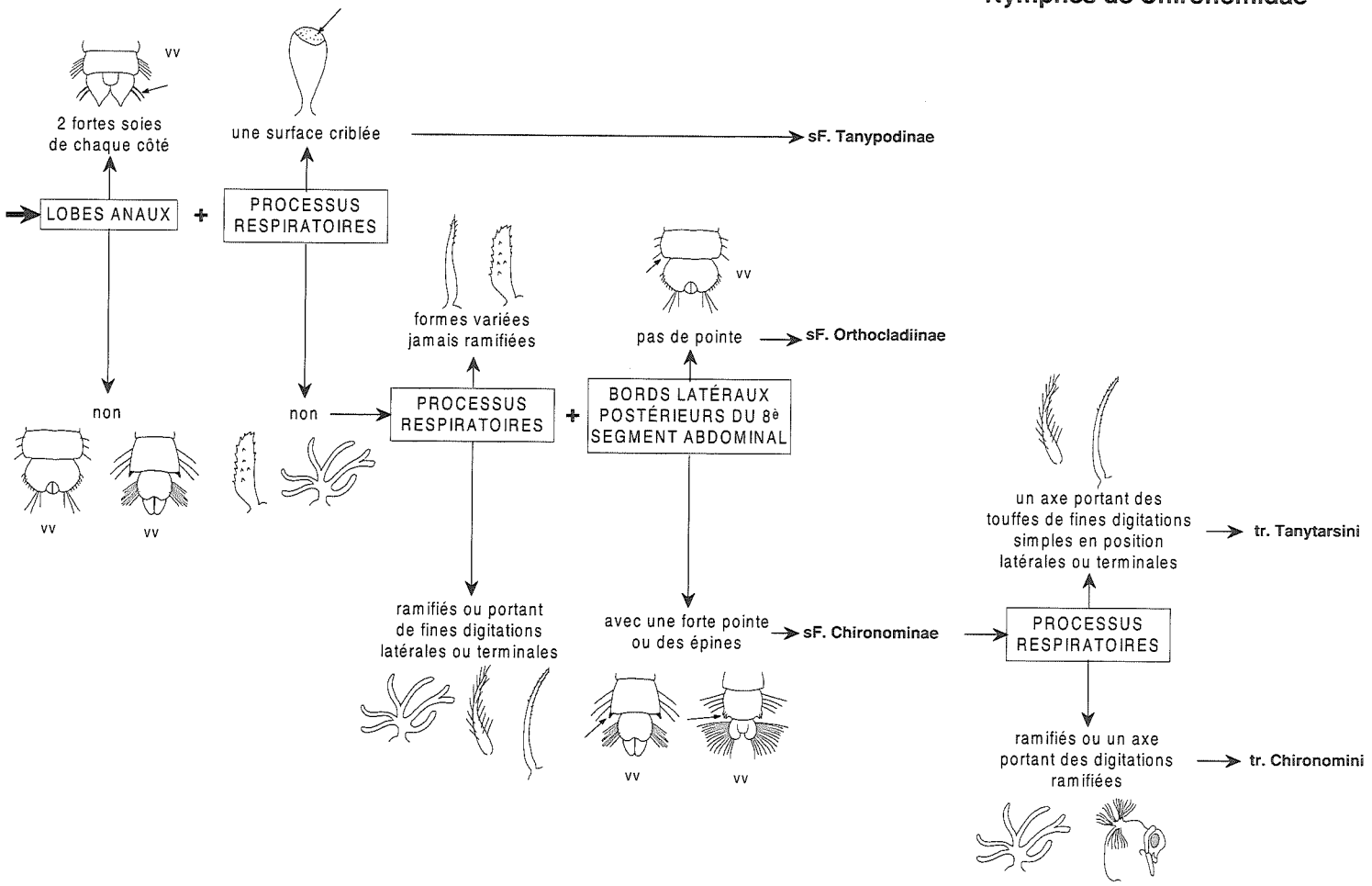
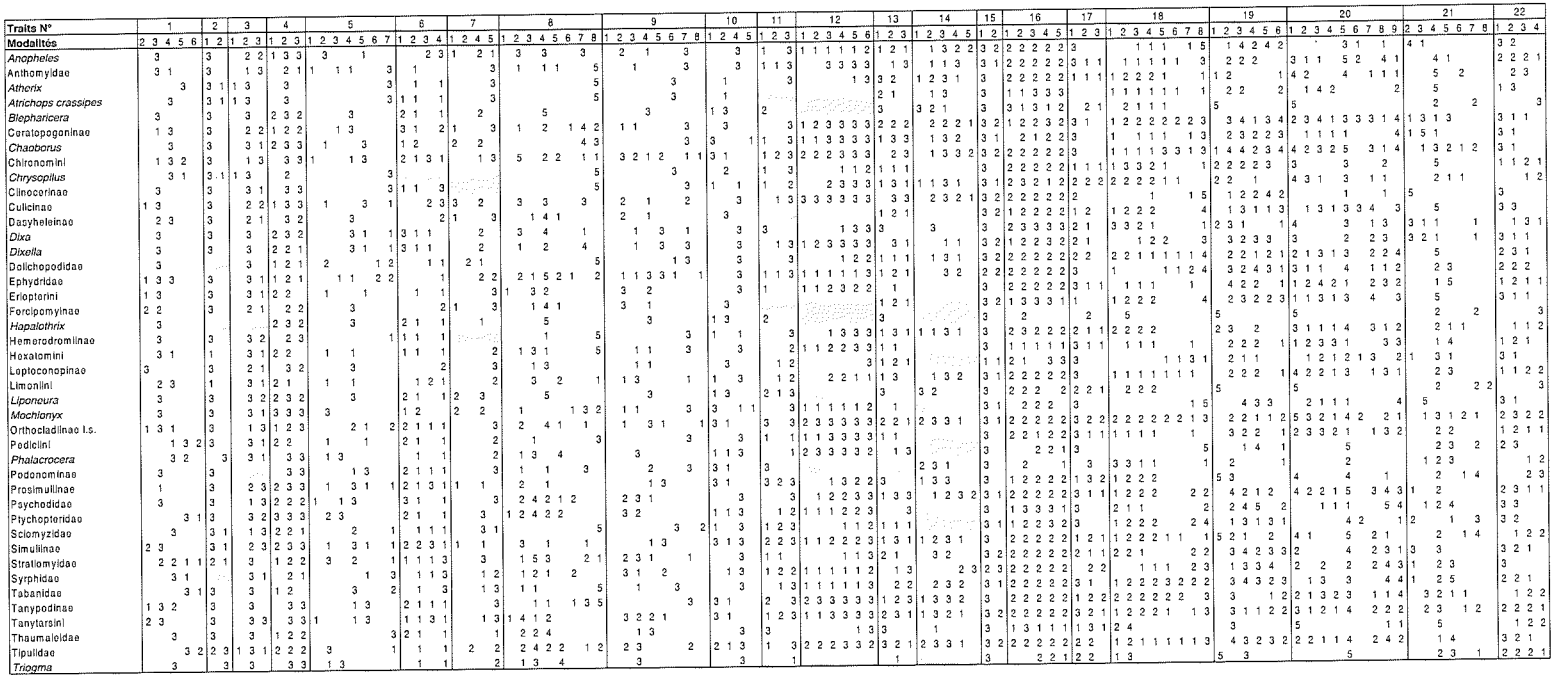


Tableau 19.T1 - Traits biologiques, physiologiques et écologiques : Diptères



CHAPITRE 20

APPROCHE ÉCOLOGIQUE

Ce chapitre ne constitue pas une mise au point exhaustive ; il représente seulement un aperçu des possibilités offertes par l'utilisation des tableaux de traits biologiques, physiologiques et écologiques figurant à la fin de chaque groupe.

Les écosystèmes peuvent être considérés comme des milieux hétérogènes que l'on peut assimiler à des mosaïques d'habitats aux conditions environnementales différentes. Le peuplement faunistique de l'écosystème réagit à cette variabilité environnementale. On peut alors penser que ce sont les espèces qui présentent les caractéristiques biologiques et les stratégies écologiques les plus appropriées à chaque type d'habitat de la mosaïque qui vont être sélectionnées. Il est donc raisonnable d'affirmer que certaines combinaisons d'adaptations doivent être plus particulièrement rencontrées dans certains habitats, compte tenu de leurs caractéristiques mésologiques. Si l'on admet que la structure et la dynamique des peuplements, dans les systèmes lotiques, sont principalement gouvernées par des processus autécologiques (Townsend et Hildrew, 1994), des relevés faunistiques doivent pouvoir restituer — à différentes échelles spatiales et/ou temporelles — un ensemble d'informations claires, non seulement sur l'organisation et la diversité fonctionnelle de la communauté benthique, mais également sur les propriétés de l'environnement colonisé et sur leurs modifications éventuelles. Cela suppose évidemment de pouvoir rassembler et de savoir structurer de façon appropriée la somme des connaissances autécologiques sur les différents taxons d'une communauté. Les récents développements réalisés dans l'analyse synthétique des traits biologiques d'espèces (Usseglio-Polatera, 1991 ; Bournaud *et al.*, 1992 ; Chevenet *et al.*, 1994 ; Dolédec et Chessel, 1994), ouvrent ainsi de nouvelles perspectives quant à la description de la structure et du fonctionnement d'un système écologique, ou quant à l'évaluation de sa qualité biologique (Usseglio-Polatera, 1994 ; 1997 ; Resh *et al.*, 1994 ; Statzner *et al.*, 1997 ; Townsend *et al.*, 1997 ; Usseglio-Polatera *et al.*, 1999).

La base de données réalisée (cf. les différents tableaux synoptiques dans les paragraphes consacrés aux principaux groupes de macroinvertébrés aquatiques) fournit pour 473 taxons (fig. 20.1) des informations sur les traits biologiques, physiologiques et écologiques retenues (cf. introduction). Notre intention dans ce chapitre est de montrer comment structurer et utiliser cette somme de connaissances.

Pour illustrer cette démarche, nous prendrons trois exemples concrets, l'un consacré à l'évolution des peuplements de macroinvertébrés le long de la Loire, l'autre portant sur l'évolution de l'impact d'une pollution sur un petit cours d'eau, le Méaudret, et le troisième sur l'évolution temporelle des peuplements d'Éphéméroptères et de Trichoptères du Rhône à Lyon. Sur ces trois exemples, nous appliquerons trois types d'approche en utilisant soit des méthodes simples de statistique descriptive, soit des techniques plus complexes d'ordination multivariée pour montrer quelles informations écologiques peuvent alors être obtenues.

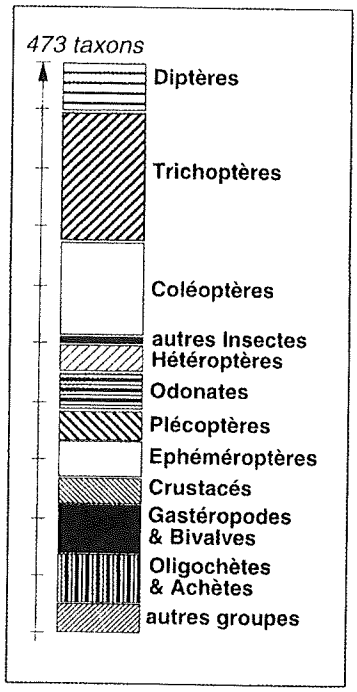


Figure 20.1 – Distribution des 473 taxons dans les principaux groupes de macroinvertébrés

Avant de présenter ces différentes approches, nous allons montrer, à partir d'un exemple théorique très simple, le principe de la démarche à suivre pour organiser les données bio/écologiques et faunistiques (fig. 20.2). Dans l'exemple choisi, deux stations sont comparées sur la base des abondances et des notes d'affinité pour les modalités du trait « distribution longitudinale » de trois taxons. Les notes d'affinité des taxons pour chaque modalité du trait considéré sont pondérées par leurs abondances respectives. Ces notes d'affinité pondérées sont sommées sur l'ensemble des taxons, pour chacune des modalités du trait. Les sommes de notes obtenues sont ensuite exprimées en fréquences relatives par trait. Compte tenu de la valeur indicatrice de son peuplement faunistique, la station A est proche d'un métarhithron et la station B d'un hyporhithron, ce qui signifie écologiquement deux types de fonctionnement différents. Il est bien évident que l'on peut appliquer cette démarche pour l'ensemble des taxons d'un prélèvement et l'ensemble des traits biologiques et écologiques (fig. 20.3).

1 - Première approche : distribution de fréquences des notes d'affinités pour les différentes modalités d'un trait

Nous avons utilisé des données recueillies sur la Loire (cf. notamment Ivol *et al.*, 1997, et des données non publiées). Trente-huit stations (des sources jusqu'au dernier secteur non

soumis aux influences estuariennes) ont été choisies (fig. 20.4). Seuls les microhabitats en secteur rapide ont été échantillonnés. Quatre groupes d'insectes ont été identifiés au niveau générique : les Éphéméroptères, les Plécoptères, les Coléoptères et les Trichoptères.

Dans un premier niveau d'analyse, on se borne à calculer la distribution des fréquences relatives des sommes de notes d'affinité calculées pour les différentes modalités d'un trait biologique (« nombre de générations par an ») et de quatre traits écologiques (« distribution longitudinale», « vitesse du courant », « degré de trophie » et « valeur saprobiale »), dans cinq stations choisies sur le profil longitudinal (fig. 20.5).

A Sainte-Eulalie, station la plus en amont (8 km de la source), le peuplement est plutôt caractérisé par des espèces oligosaprobes et rhéophiles, monovoltines, et présentant des affinités pour les milieux oligotrophes du rhithron. Le long du profil longitudinal, apparaît une proportion croissante d'espèces multivoltines (réchauffement des eaux), β- voire α-mésosaprobes (augmentation du niveau de contamination organique), ayant plus d'affinités pour les milieux stagnants, méso- et/ou eutrophes (ralentissement du cours et eutrophisation progressive des habitats).

2 - DEUXIÈME APPROCHE : TYPOLOGIE OBSERVÉE ET TYPOLOGIE DE RÉFÉRENCE

Une deuxième approche consiste à comparer une typologie (en matière de traits biologiques et/ou écologiques) observée sur un ensemble de relevés à une typologie de référence, qui serait définie, pour chaque trait, par l'ensemble des taxons d'une liste faunistique de référence (fig. 20.6). La liste faunistique de référence peut-être considérée comme la liste faunistique constituée par l'ensemble des taxons potentiellement présents dans une station donnée (par exemple, la liste obtenue dans un ensemble de stations de référence). Cette liste peut être définie à différentes échelles spatiales (bassin-versant, zone biogéographique, territoire national...). Cette approche implique le recours à des techniques d'ordination multivariée. Dans les exemples qui vont suivre nous avons utilisé la programmathèque ADE dans sa version 4.0 (Chessel et Doledec, 1995), à laquelle on pourra se référer.

2.1 - L'EXEMPLE DE LA LOIRE

Pour chaque trait, la typologie de référence peut être, par exemple, définie par le premier (F1) ou les deux premiers (F1 et F2) axes factoriels définis par l'Analyse des correspondances (AFC) appliquée à la fraction du tableau initial réduit aux taxons de la liste faunistique de référence (en lignes) et aux modalités du trait considéré (en colonnes) (fig. 20.7A).

Chaque taxon de la liste faunistique de référence occupe alors une position déterminée sur cette typologie de référence (fig. 20.7A et B), et en fonction de son affinité pour les différentes modalités du trait considéré. Chaque modalité peut également être positionnée au centre de gravité des positions des taxons qui l'utilisent (fig. 20.7A).

Chaque relevé faunistique est ensuite replacé sur ce plan de référence, en fonction des taxons qui le constituent (et éventuellement en fonction d'une expression de leur abondance — fig. 20.7C). Il convient alors de comparer et d'interpréter les positions respectives des différents relevés, et donc de repérer les anomalies de distribution révélatrices de certaines perturbations (figs. 20.6 et 20.7D).

Cette démarche est illustrée par le trait « degré de trophie ». Ce trait s'exprime en trois modalités. La typologie de référence est définie par les taxons de la liste complète (473 taxons). Elle est illustrée par les deux facteurs définis par une Analyse en composantes multiples (ACM)

appliquée au tableau [473 taxons x 3 modalités] et correspond à un gradient de trophie des habitats oligotrophes (coordonnées positives sur F1) vers les habitats eutrophes (coordonnées négatives sur F1).

Les carrés noirs correspondent aux positions des taxons. [Compte tenu du nombre réduit de modalités, 27 combinaisons différentes (= 33) de notes d'affinité sont possibles. Un carré noir est donc représentatif de la position de plusieurs taxons présentant un profil écologique identique pour la variable « degré de trophie ».]

La position moyenne de groupes systématiques hiérarchiquement supérieurs au genre (ordre, classe, embranchement suivant les groupes) peut être calculée et projetée sur cette typologie de référence. Un aperçu de l'homogénéité de comportement du groupe (ici l'ordre) pour le trait considéré est alors obtenu en réunissant, par un trait, cette position moyenne aux positions de l'ensemble des taxons appartenant à ce groupe. La figure 20.7B illustre ainsi les différences de profils d'affinité entre insectes Plécoptères d'une part, qui colonisent préférentiellement les habitats oligotrophes, et Coléoptères et Trichoptères d'autre part, présents dans des milieux de niveaux trophiques variés avec cependant plus de taxons dans les milieux oligotrophes à mésotrophes pour les Trichoptères, et plus de taxons dans les milieux mésotrophes à eutrophes pour les Coléoptères.

La typologie observée est définie par les peuplements des quatre ordres d'insectes échantillonnés sur trente-huit stations de la Loire. La position moyenne des trente-huit relevés (cf. fig. 20.4) est calculée (compte tenu de leur contenu faunistique) sur les deux axes définissant la typologie de référence, et projetée sur cette typologie de référence (figs. 20.7C et 20.7D).

L'information écologique restituée par le peuplement faunistique traduit globalement des affinités pour un degré de trophie progressivement plus élevé le long du gradient amont-aval, avec cependant quelques stations particulières, comme la station 13 qui « sort » de l'évolution générale. En effet, malgré sa localisation dans un secteur amont, la station 13 est caractérisée par une communauté à affinité importante pour les milieux eutrophes.

La démarche peut être reproduite pour d'autres variables biologiques comme (1) le mode d'alimentation (fig. 20.8A et B) ou (2) le nombre de générations par an (fig. 20.8C et D).

Dans le premier cas, une plus grande homogénéité des positions moyennes des différentes stations est observée (fig. 20.8A). On remarque néanmoins une proportion de brouteurs et de broyeurs plutôt plus grande dans les stations les plus en amont (stations 1 à 8) ou dans les stations situées à l'aval des barrages de Grangent et Villerest (stations 12 et 15), et une proportion de filtreurs et de mangeurs de fins débris organiques plutôt plus importante dans la station 9 (située à l'aval de la ville du Puy, première perturbation importante subie par la Loire) et la plupart des stations situées à l'aval de Roanne (à partir de la station 16).

L'évolution de la position des relevés le long du gradient longitudinal, pour le trait « nombre de générations par an » (fig. 20.8C et D), est plus complexe. Les stations 1 à 8 (stations d'altitude supérieure ou égale à 700 m) présentent la plus forte proportion de taxons à cycle biologique long (univoltin), conséquence du régime thermique à faibles températures sur une période plus longue.

La plupart des stations situées à l'aval de la ville du Puy se distribuent le long d'un axe en fonction de la proportion relative de taxons plutôt univoltins (modalité '1') ou plutôt plurivoltins (modalité '>1') constitutifs de leur peuplement.

Il est à noter (1) l'apparition de communautés présentant une proportion importante de taxons à plusieurs générations annuelles, à l'aval des barrages de Grangent (stations 13 et 14) et Villerest (station 15), et (2) l'influence des apports de l'Allier sur les communautés faunistiques des stations situées à l'aval de la confluence (notamment la station 22, à caractère lotique plus prononcé) avec la présence de taxons à cycle biologique long.

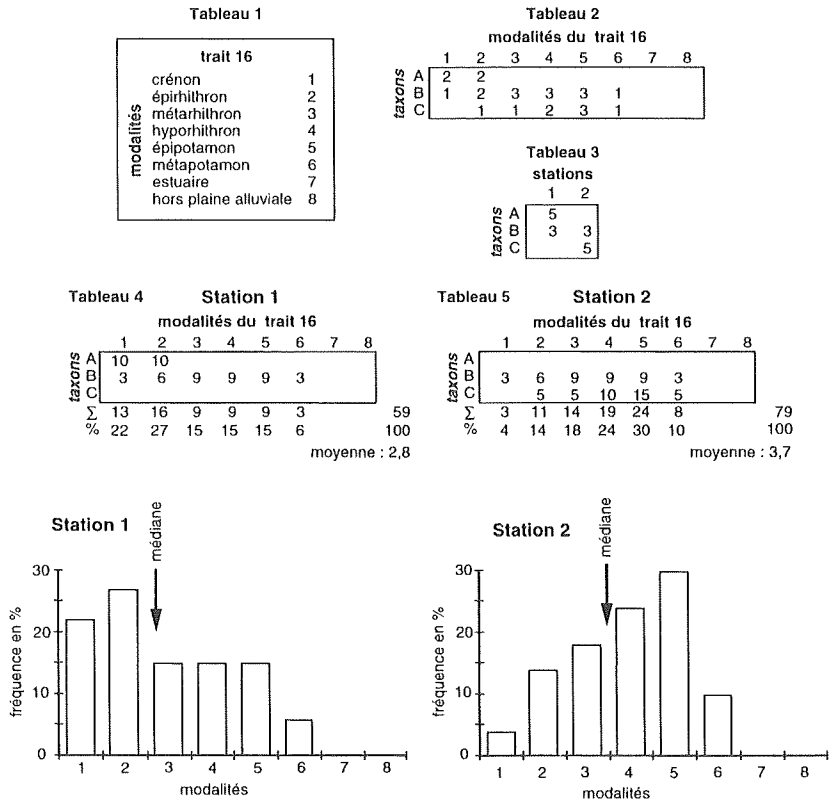


Figure 20.2 - Exemple simplifié d'utilisation des tableaux de traits. A partir du tableau 2 : notes d'affinité des taxons A, B et C pour les modalités du trait 16 (cf. tableau 1) et du tableau 3 : abondance des taxons A, B et C dans les stations 1 et 2, on peut calculer pour chaque station (tableaux 4 et 5), chaque taxon et chaque modalité une note d'affinité du taxon pour la modalité, pondérée par son abondance dans la station. Il est alors possible pour chaque modalité du trait de faire la somme des différentes notes d'affinité pondérées sur l'ensemble des taxons. Pour chaque station les sommes obtenues pour les différentes modalités du trait peuvent s'exprimer en distribution de fréquence. Cette distribution de fréquence est représentée graphiquement (2 histogrammes).

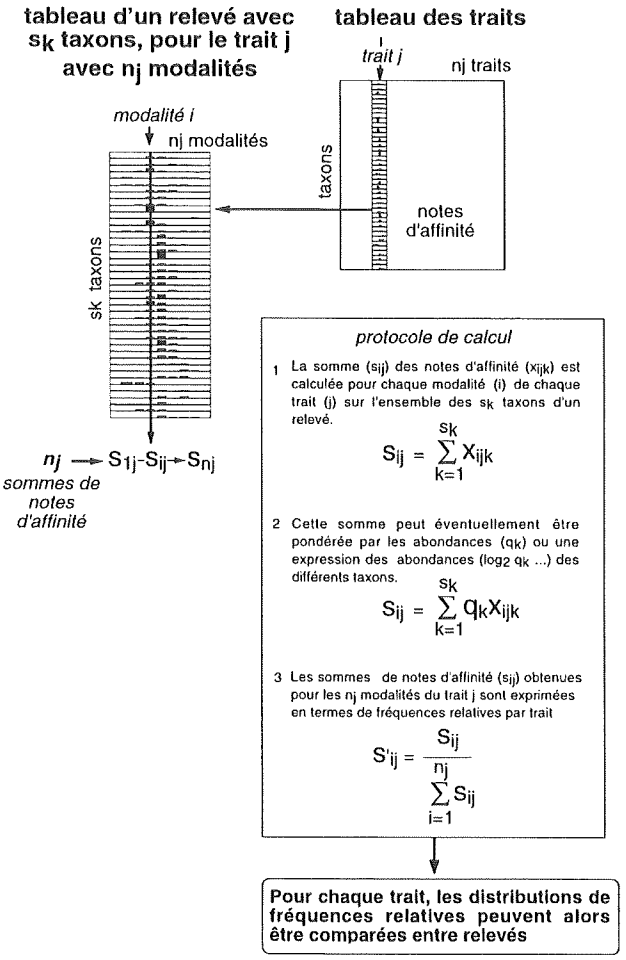


Figure 20.3 - Comparaison des profils de sommes de note d'affinité par modalité pour différents relevés. Foemalisation du protocole de calcul (cf. également fig. 20.2).

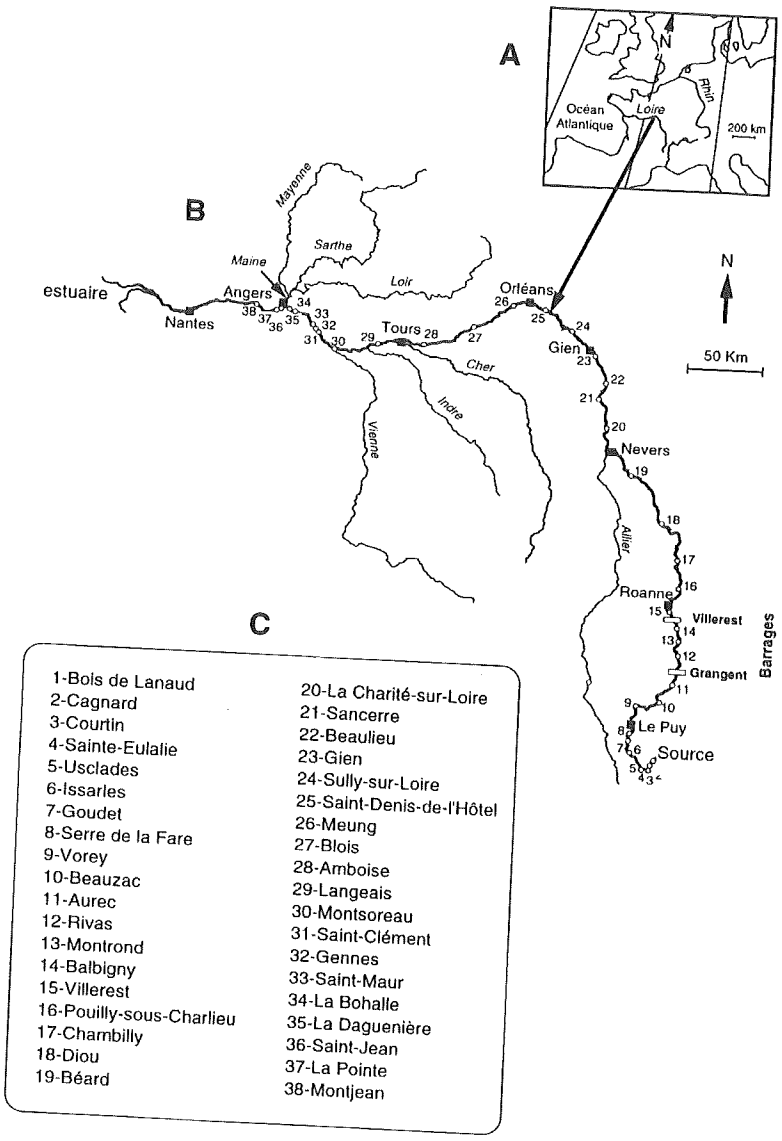


Figure 20.4 - La Loire. A : carte de situation en Europe. B : la Loire, ses principaux affluents dans les limites de son bassin versant. Les numéros 1 à 38 correspondent aux 38 stations de prélèvement. C : noms des 38 stations.

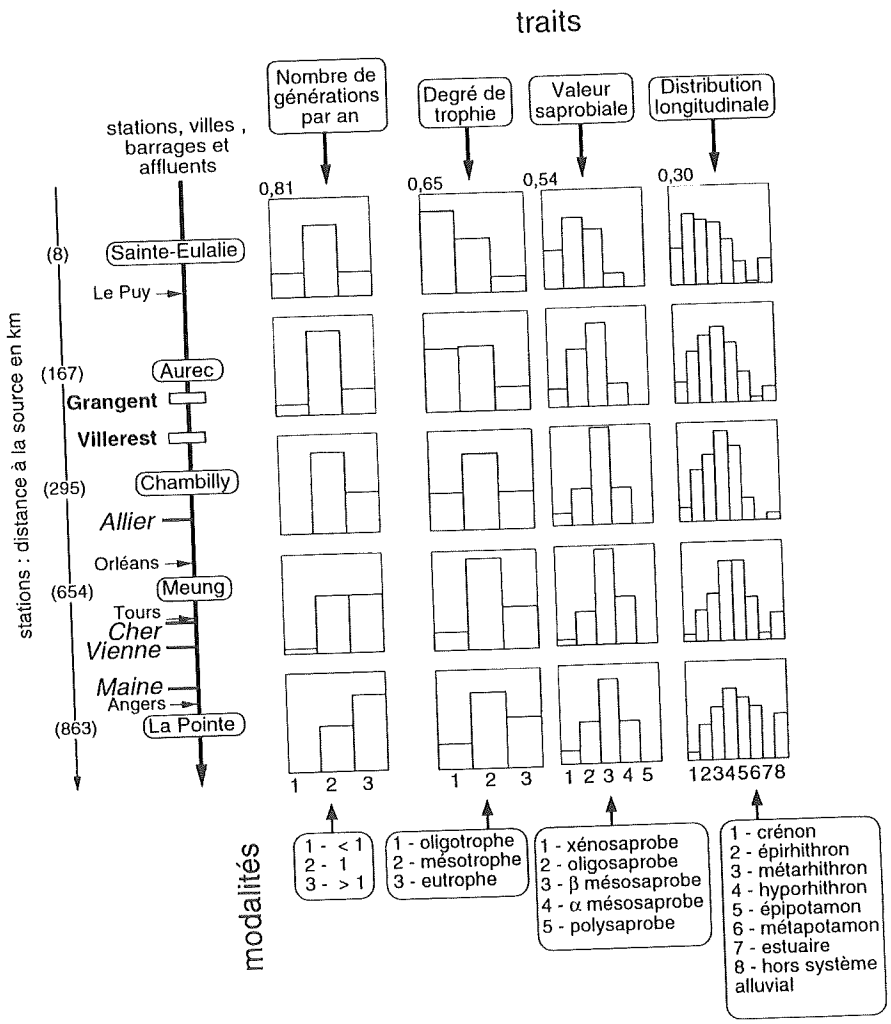


Figure 20.5 - Distribution de fréquences des modalités (sous forme d'histogrammes) pour un trait biologique et trois traits écologiques pour cinq stations choisies sur le profil longitudinal de la Loire.

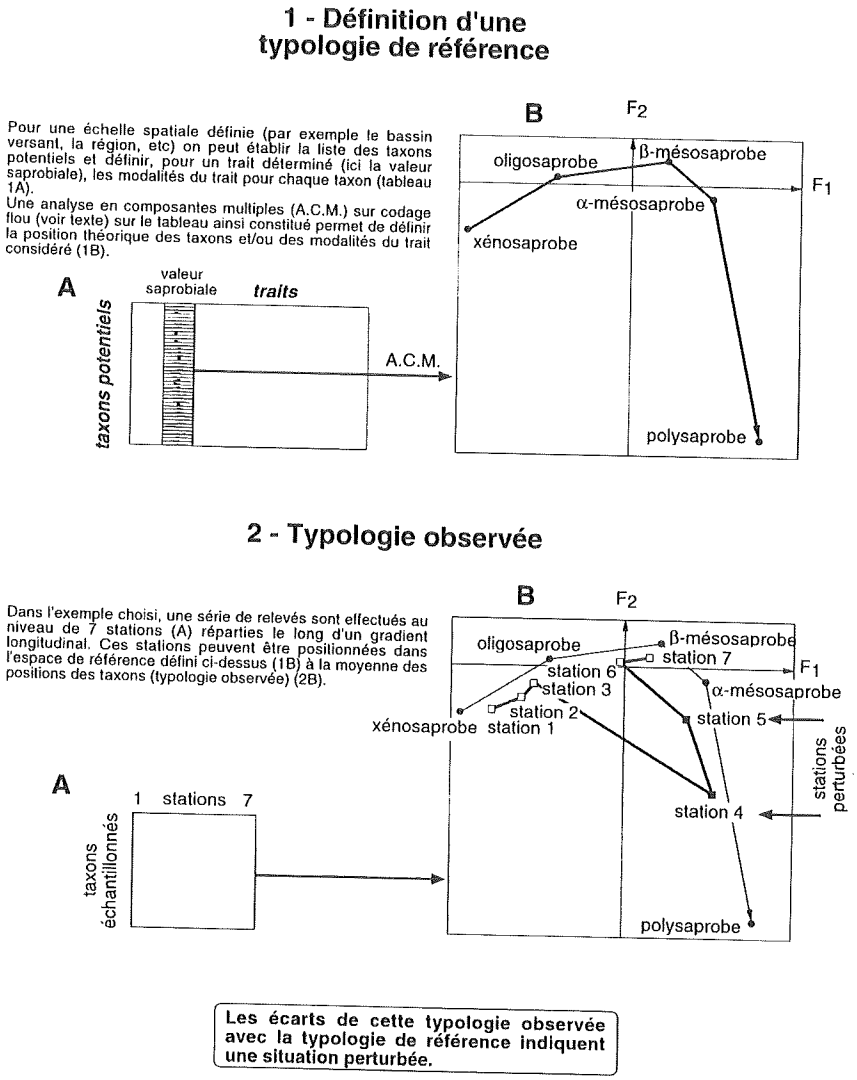


Figure 20.6 - Comparaison d'une typologie de référence (1) avec une typologie observée (2). Formalisation et illustration de la démarche.

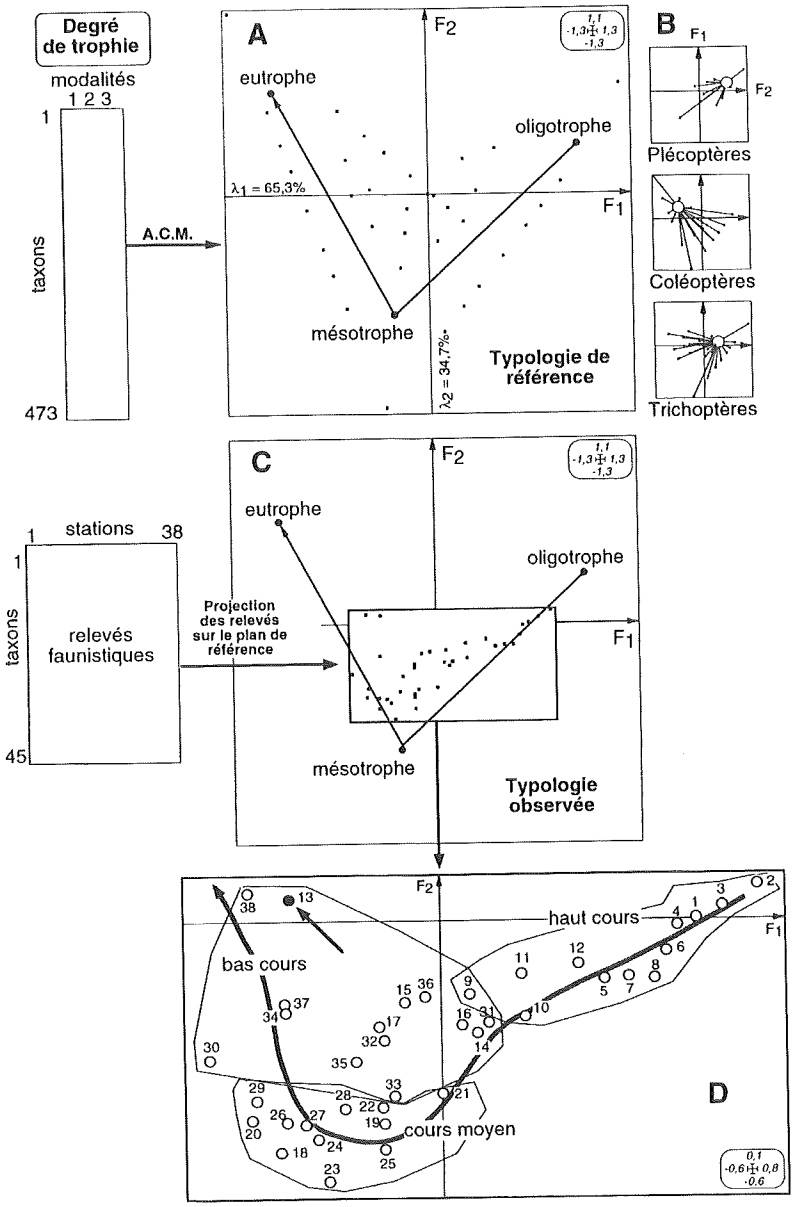


Figure 20.7 - Comparaison entre typologie de traits observés (ici le degré de trophie) et une typologie de référence. La démarche suivie est la même que dans la fig. 20.6, mais ici les 38 stations de la Loire sont prises en compte (cf. fig. 20.4). A : typologie de référence ; B : contribution de trois ordres d'insectes (Plécoptères, Coléoptères et Trichoptères) à cette typologie de référence ; C : projection des points (petits carrés) correspondant aux 38 relevés sur le plan de référence défini en A ; D : détail du secteur en C. Le tracé en grisé correspond à l'évolution longitudinale des communautés.

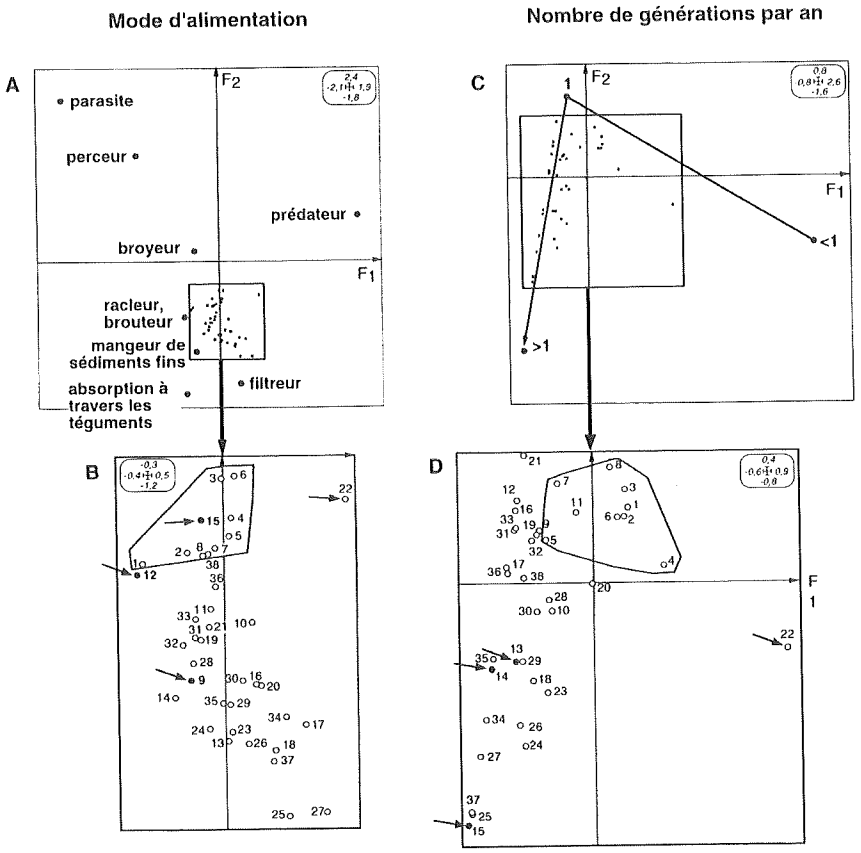


Figure 20.8 - Comparaison d'une typologie avec une typologie de référence (l'exemple concerne deux traits biologiques). La démarche suivie est le même que dans la fig. 20.7. A : mode d'alimentation, typologie de référence ; dans le rectangle en grisé projection des points (petits carrés) correspondant aux 38 relevés ; B : détail du secteur grisé en A, les stations 9, 12 et 15 (ronds noirs et flèches) correspondant à des stations perturbées (voir texte), la station 22 (flèche) présente une forte proportion de prédateurs ; C : nombre de générations par an, typologie de référence ; dans le rectangle en grisé projection des points (petits carrés) correspondant aux 38 relevés ; D : détail du secteur grisé en C, les stations 13, 14 et 15 (ronds noirs et flèches) correspondant à des stations perturbées (voir texte), la station 22 (flèche) présente une forte proportion de taxons à cycle long.

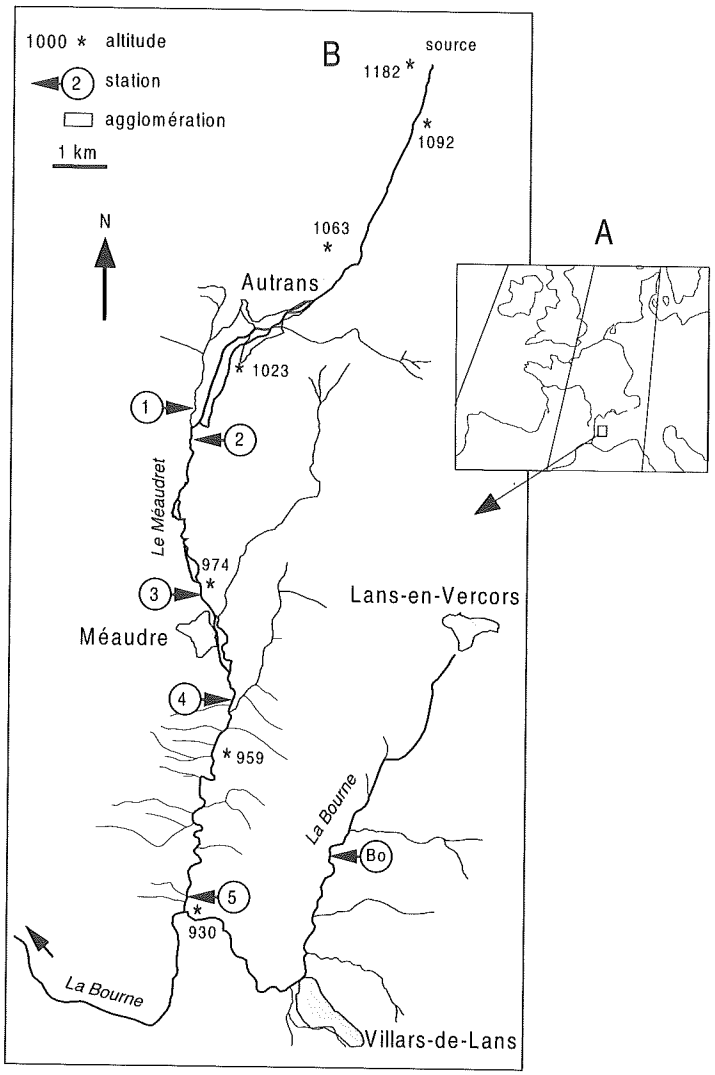


Figure 20.9 - Le Méaudret. A : carte de situation en France. B : le Méaudret dans son bassin versant. De 1 à 5 : stations de prélèvement sur le Méaudret. Bo : station de prélèvement sur la Bourne.

2.2 - L'EXEMPLE DU MÉAUDRET

Dans un deuxième exemple nous reprenons les données d'une étude de Pegaz-Maucet (1980) portant sur l'impact de Autrans et Méaudre sur la qualité biologique du Méaudret, un affluent de la Bourne (Isère). Le Méaudret est long de 19 km, son bassin versant est de 80 km^2. Il prend sa source à 1 182 m et conflue avec la Bourne à 930 m d'altitude (fig. 20.9). Son régime hydrologique est de type pluvio-nival avec un étiage de juillet à novembre.

Cinq stations d'étude ont été choisies, sur le Méaudret, de façon à encadrer les deux principales sources de perturbations (Autrans et Méaudre — fig. 20.9). L'augmentation périodique de population (tourisme essentiellement hivernal, mais également estival) se traduisait en effet par un pic de pollution organique. Les communes de Autrans et Méaudre, à l'époque dépourvues de station d'épuration, rejetaient effectivement leurs effluents directement dans le Méaudret dont le pouvoir d'autoépuration était insuffisant pour assainir le volume des eaux usées déversées. Le Méaudret présentait donc une nette perturbation organique au niveau de la station 2 (teneurs élevées en DBO5 : jusqu'à 36 mg/l ; ammoniaque : jusqu'à 12,5 mg/l ; nitrites : 0,3 mg/l), et à un degré moindre au niveau de la station 3 (DBO5 : jusqu'à 15 mg/l ; ammoniaque : jusqu'à 8 mg/l ; nitrites : 1,0 mg/l).

Une sixième station, située sur la Bourne, avait été choisie parce qu'elle présentait des caractéristiques hydromorphologiques proches de celles du Méaudret. Faiblement anthropisée, elle pouvait donc être considérée comme une station de référence non perturbée.

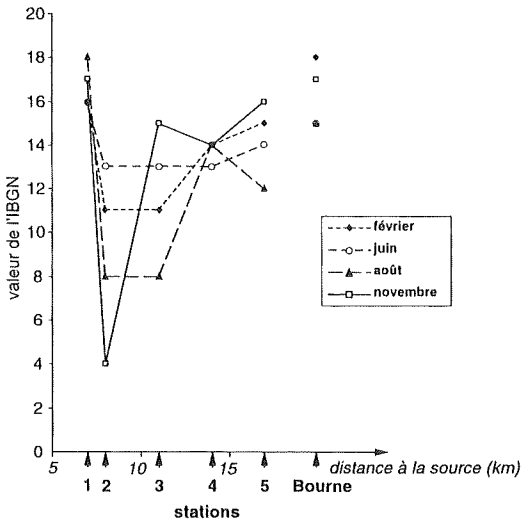


Figure 20.10 – Évolution spatio-temporelle de l'indice biologique global normalisé (IBGN) sur 5 stations du Méaudret et une station de la Bourne.

Quatre campagnes d'échantillonnage (février, juin, août, novembre) des peuplements de macroinvertébrés ont été réalisées en suivant le protocole IQBG (Verneaux *et al.*, 1977). Bien que le protocole de prélèvement IQBG ne corresponde pas exactement à celui de l'IBGN (AFNOR, 1992), il est cependant possible d'utiliser la liste des taxons prélevés lors de cette étude pour calculer un indice IBGN.

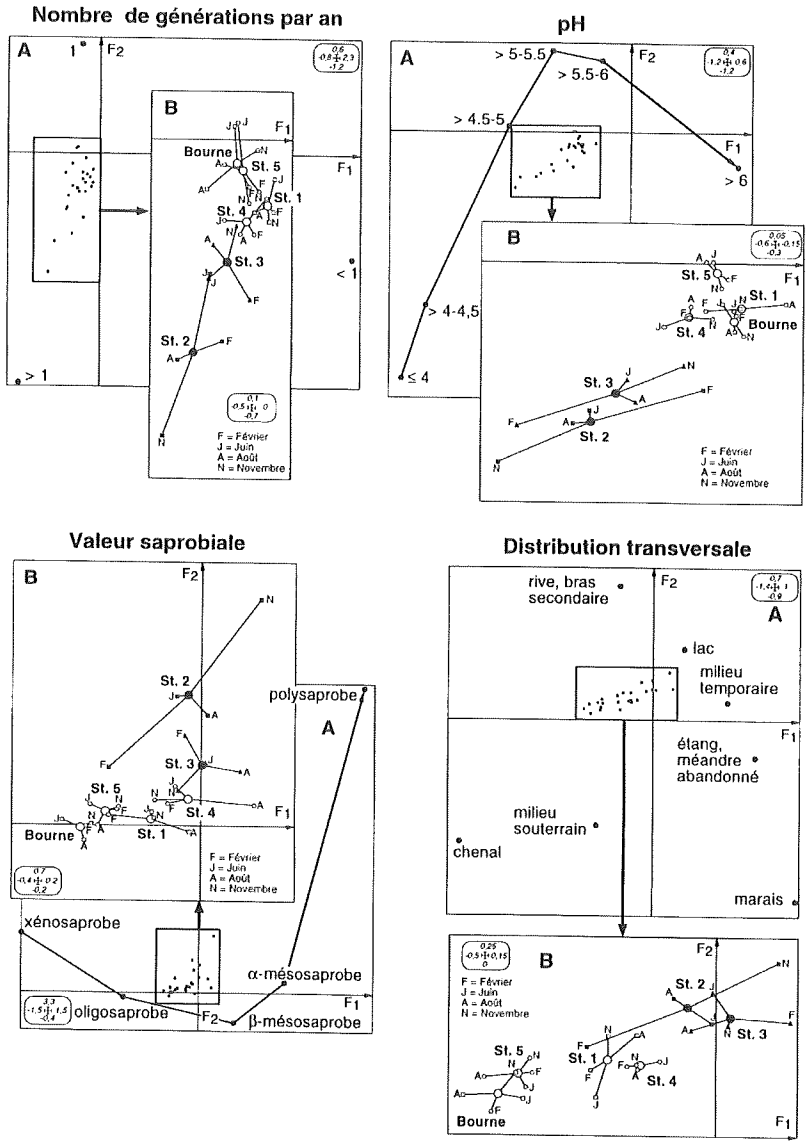


Figure 20.11 - Comparaison d'une typologie observée (cf. également le texte) avec une typologie de référence. La démarche suivie est la même que dans les figs. 20.6, 7 et 8. Quatre types de traits sont pris en compte. Pour chacun d'entre eux, A désigne la typologie de référence, le rectangle grisé contient les positions des 24 relevés (6 stations x 4 relevés saisonniers) sur cette typologie de référence, B donne le détail des rectangles en grisé. Chaque station est positionnée au centre de gravité des 4 relevés qui lui correspondent.

L'évaluation de la qualité biologique du Méaudret par la méthode IBGN (fig. 20.10) illustre : 1) la perturbation de la rivière au niveau de la station 2, avec toutefois un impact très variable selon la saison (valeur variant de 4 en novembre à 13 en juin) et 2) sa récupération partielle entre les stations 3 et 5 (valeur moyenne annuelle évoluant de 9 à 14 entre les stations 2 et 5). Cependant, la simple observation de ces courbes ne permet pas d'interpréter véritablement ce qui se passe écologiquement.

Sur les 22 traits disponibles, quatre ont été utilisés pour décrire et comparer l'organisation des peuplements macrobenthiques de ces six stations (fig. 20.11). La typologie de référence est ici définie par les taxons potentiellement présents dans la zone biogéographique 2 : « Alpes » (cf. introduction). Elle est constituée par 403 des 473 taxons considérés dans la liste complète.

La confrontation de la typologie stationnelle observée à la typologie de référence pour les quatre traits représentés sur la figure 20.11 permet de confirmer et de préciser l'évolution de l'organisation des communautés macrobenthiques du Méaudret le long du profil longitudinal.

Par rapport aux « stations de référence », les stations 2 et 3 sont caractérisées par un cortège de taxons à cycle biologique plus court (une proportion plus forte d'espèces plurivoltines sans doute révélatrice d'une instabilité stationnelle plus élevée), à plus faible sensibilité aux contaminations de nature organique (la valeur saprobiale des deux stations est « tirée » vers le pôle polysaprobe). Les taxons constitutifs sont par ailleurs moins sensibles aux faibles valeurs de pH. Associée au caractère précédent, cette faible sensibilité correspond en fait plus à des capacités importantes de résistance de la communauté relictuelle aux perturbations des conditions physico-chimiques qu'au résultat de variations de pH significatives entre les différentes stations (cf. Pegaz-Maucet, 1980). Ces taxons sont, par ailleurs, plutôt plus caractéristiques des espaces périfluviaux (donc plutôt moins rhéophiles et plus thermophiles que les taxons des stations de référence et des stations situées plus en aval [4 et 5]).

Ces différences sont moins nettement observées pour les stations situées en aval de Méaudre confirmant la récupération progressive du Méaudret. Les stations 4 et 5 occupent en effet, pour les quatre traits, une position moyenne qui se rapproche de celle des stations de référence (1 et Bourne).

3 - TROISIÈME APPROCHE : CONFRONTATION ENTRE STRUCTURE FAUNISTIQUE ET ORGANISATION DES TRAITS BIOLOGIQUES ET/OU ÉCOLOGIQUES DE PEUPLEMENTS MACROBENTHIQUES

Une troisième approche consiste à confronter directement la structure faunistique d'un ensemble de relevés à l'organisation simultanée des traits biologiques et/ou écologiques de leurs communautés. Plusieurs traits biologiques et/ou écologiques peuvent alors être considérés simultanément. L'objectif majeur est de déterminer, de manière optimale, la structure commune aux deux tableaux et ainsi de pouvoir interpréter les différences faunistiques observées en termes de différences dans les combinaisons de traits biologiques et écologiques présentées par les taxons constitutifs des communautés.

En préalable à la confrontation, le tableau réunissant les relevés faunistiques et le tableau rassemblant les notes d'affinité des taxons pour les traits biologiques et écologiques sélectionnés sont analysés séparément (fig. 20.12), respectivement par Analyse factorielle des correspondances (AFC) et par une Analyse en composantes multiples (ACM) sur « codage flou ». Puis, une analyse de co-inertie (Dolédec et Chessel, 1994) est utilisée pour étudier les relations entre traits biologiques et structure faunistique, relations qu'il convient ensuite d'interpréter. Deux exemples vont permettre d'illustrer cette démarche.

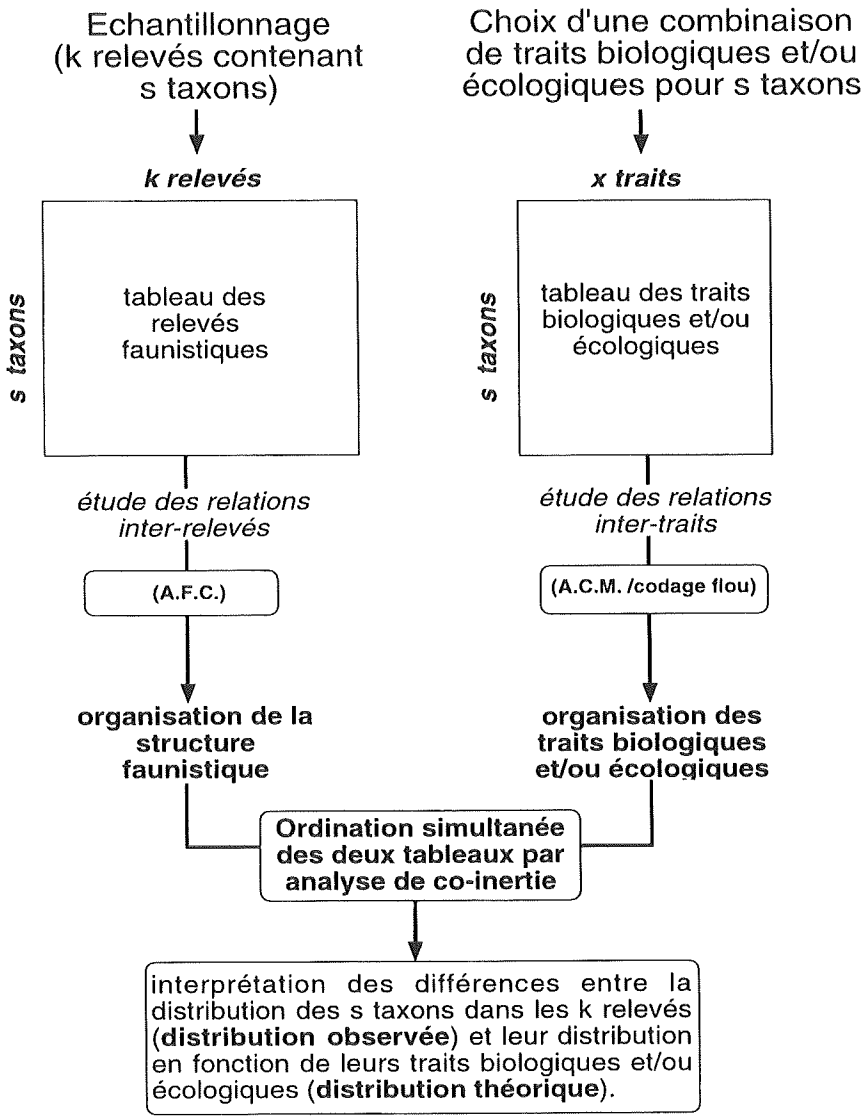


Figure 20.12 - Confrontation de la structure faunistique d'un ensemble de relevés avec l'organisation des traits biologiques de leurs peuplements. Illustration de la démarche.

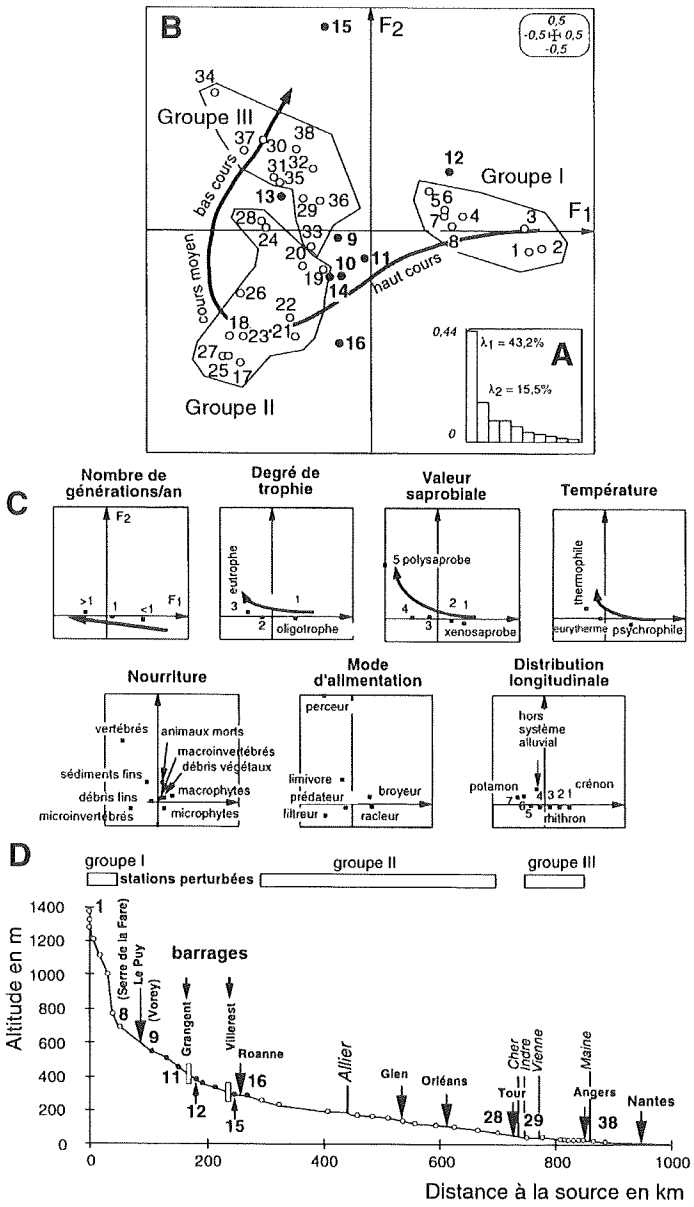


Figure 20.13 - Confrontation de la structure faunistique et de l'organisation des traits biologiques du peuplement de quatre ordres d'insectes dans 38 stations de la Loire (cf. figure 20.4) par analyse de co-inertie. Voir également le texte. A : histogramme des valeurs propres de l'analyse de co-inertie. B : projection des positions des 38 stations sur le plan F1F2, les ronds noirs correspondent aux stations perturbées. C : projection des modalités de 7 traits biologiques et écologiques sur le même plan factoriel. D : position des 38 stations sur le profil longitudinal, les ronds noirs correspondent aux stations perturbées.

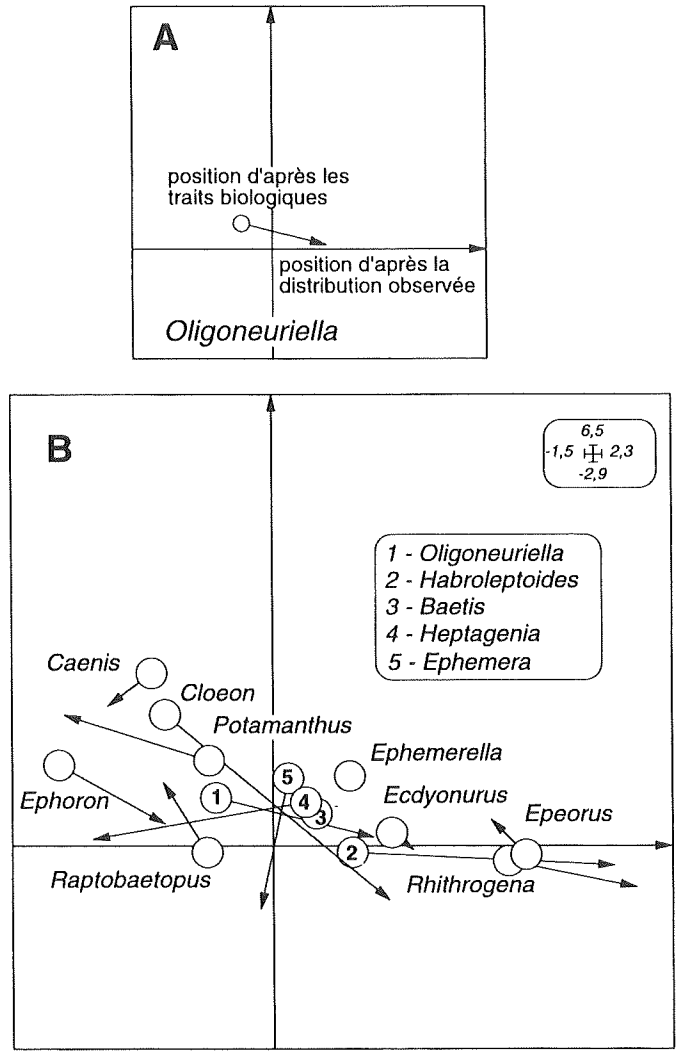


Figure 20.14 - Confrontation de la structure faunistique et de l'organisation des traits biologiques du peuplement des Éphéméroptères pour 38 stations de la Loire par analyse de co-inertie. A : exemple du genre *Oligoneuriella* ; chaque genre est représenté par un vecteur, l'origine du vecteur (rond blanc) correspond à la position du genre compte tenu de sa combinaison de traits biologiques, l'extrémité (flèche) représente la position du genre compte tenu de sa distribution dans les 38 stations. B : projection des positions des genres d'Éphéméroptères dans le plan F1F2 de l'analyse (cf. figure 20.13 B).

3.1 - MISE EN ÉVIDENCE ET ANALYSE D'UN EFFET SPATIAL

Reprenant les données utilisées dans un des exemples précédents (fig. 20.4 et paragraphe 1), nous allons analyser l'évolution de la qualité biologique de la Loire par confrontation de la structure faunistique et de l'organisation des traits biologiques du peuplement constitué par quatre ordres d'insectes le long du continuum (figs. 20.13 et 14).

Les huit premières stations (groupe I) s'individualisent nettement des stations suivantes, par leur coordonnées positives sur le premier facteur (F1) défini par l'analyse de co-inertie. Comme l'analyse faunistique (Ivol *et al.*, 1997), l'analyse des traits biologiques indique qu'une modification majeure dans l'organisation des communautés intervient dans le secteur le plus amont, entre Serre de la Fare (site 8) et Vorey (site 9). Cette première zone de transition coïncide à la fois avec une réduction importante de la pente moyenne du cours d'eau (à environ 50 km de la source) et l'arrivée des effluents de la ville du Puy, première perturbation importante subie par la Loire.

Deux groupes de stations (le groupe II correspondant au secteur Roanne-Tours, le groupe III correspondant au secteur Tours-Montjean) présentent des coordonnées similaires sur F1, mais sont bien séparés par leurs coordonnées sur F2. Cette seconde zone de transition souligne l'impact de la ville de Tours et de trois affluents importants (le Cher, l'Indre et la Vienne), drainant à la fois des zones urbaines et agricoles, sur la qualité et l'organisation des communautés benthiques.

Les stations 9 à 11 ont également une coordonnée négative sur F1, mais sont situées plus près de l'origine. La position des stations 12 à 16, très variable sur le plan F1-F2, illustre l'effet perturbateur des barrages de Grangent et Villerest et de la ville de Roanne sur l'organisation des communautés faunistiques. Cet effet n'était pas si apparent par la simple analyse des données faunistiques (Ivol *et al.*, 1997).

L'observation des positions des modalités sur l'axe F1 illustre clairement l'évolution de la combinaison dominante de caractéristiques biologiques et écologiques observée chez les différents taxons des communautés macrobenthiques, le long du gradient amont-aval. Cette évolution correspond à une augmentation progressive (1) du nombre de générations par an, (2) du niveau trophique des habitats colonisés, (3) de la tolérance aux pollutions organiques, et (4) de la thermophilie. Elle correspond également à un gradient décroissant (1) de la taille des particules alimentaires consommées, avec (2) réduction progressive de la fréquence relative des racleurs et broyeurs au profit des filtreurs et des consommateurs de fins débris organiques.

Les taxons les plus caractéristiques des quatre ordres d'insectes peuvent être identifiés (fig. 20.14). Chaque taxon peut être représenté par un vecteur (fig. 20.14A). L'origine de ce vecteur correspond à la position de ce taxon, compte tenu de sa combinaison de traits biologiques et écologiques ; l'extrémité de ce vecteur représente la position de ce taxon, compte tenu de sa distribution dans les 38 stations échantillonnées (les coordonnées, qui ont été standardisées, sont comparables). La taille des vecteurs illustre la plus ou moins bonne correspondance entre structure faunistique et structure bio/écologique, et par extension peut être utilisée comme indicateur potentiel de perturbation.

Nous prendront uniquement comme exemple les Éphémaroptères ; le raisonnement serait le même pour les trois autres ordres.

La plupart des genres numériquement bien représentés (*Baetis*, *Caenis*) sont associés à des vecteurs de faible taille. D'autres taxons, relativement abondants, comme *Heptagenia*, ou *Oligoneuriella* sont représentés par un vecteur de taille plus grande qui illustre une mauvaise correspondance entre distribution faunistique et combinaison de traits biologiques. Cela peut éventuellement traduire la présence de ces espèces dans des habitats qui ne correspondent pas à leur combinaison de traits biologiques et écologiques (signe éventuel d'une perturbation de leur

environnement ou d'une médiocre adaptation des populations aux habitats dans lesquels elles sont retrouvées - populations rélictuelles ?). Deux cas de figure sont à considérer :

1) Les taxons comme *Heptagenia* que l'on retrouve principalement dans des stations qui globalement correspondent à des conditions environnementales théoriquement rencontrées plutôt à l'aval, alors que leurs combinaisons de traits biologiques et écologiques (= vecteurs orientés des valeurs positives vers les valeurs négatives de F1) correspondent à une distribution plus en amont. On peut alors s'interroger sur leur absence dans leurs zones biotypologiques et/ou habitats « de prédilection » (exclusion compétitive ?) et sur la stabilité de leurs populations dans les stations dans lesquelles elles sont retrouvées.

2) Les taxons comme *Oligoneuriella* que l'on retrouve essentiellement dans des stations qui globalement correspondent à des conditions théoriquement rencontrées plus en amont alors que leurs combinaisons de traits (= vecteurs orientés des valeurs négatives vers les valeurs positives de F1) correspondent à une distribution plus en aval. Ces taxons trouvent alors localement des conditions favorables à leur établissement. La stabilité de leurs populations peut également être discutée.

Les espèces « rares » sont souvent représentées par un vecteur de très grande taille. Dans ce cas, la mauvaise correspondance entre distribution faunistique et combinaison de traits biologiques et écologiques traduit plus sûrement le caractère accidentel de ces taxons dans les habitats dans lesquels ils ont été échantillonnés.

3.2 - MISE EN ÉVIDENCE ET ANALYSE D'UN EFFET TEMPOREL

Dans ce deuxième exemple nous analysons l'évolution des peuplements de Trichoptères et d'Éphéméroptères d'une même station (le Rhône à Lyon) (fig. 20.15A, B et C) sur une période de vingt-quatre années (1959-1982) (fig. 20.15 D). Le suivi a été réalisé par piégeage lumineux des adultes. Malgré la sélectivité de son principe attractif, cette méthode d'échantillonnage a montré son efficacité dans le suivi à long terme des écosystèmes aquatiques (cf. discussion dans Usseglio-Polatera, 1985). Seuls les relevés estivaux (juin et juillet) ont été analysés (Usseglio-Polatera, 1985 ; Usseglio-Polatera et Bournaud, 1989). Au cours de la période de suivi, le Rhône à Lyon a été principalement affecté par la mise en service du barrage de Pierre-Bénite (en 1966), créant une retenue, responsable au niveau de la station d'étude d'un ralentissement du cours et d'une élévation permanente de la hauteur d'eau (fig. 20.15D). La station est, par ailleurs, soumise aux vidanges régulières des barrages de hautes chutes situés en amont.

Notre objectif est de confronter la structure faunistique à l'organisation des traits biologiques du peuplement d'Ephéméroptères et de Trichoptères pendant ces vingt-quatre années. Cette confrontation vise :

1) à confirmer les hypothèses émises quant aux modifications environnementales responsables de l'évolution observée de la structure faunistique du peuplement sur la période d'étude (= effet temporel) ;

et 2) à préciser les différences dans l'organisation (par exemple trophique) et les capacités des communautés à résister aux perturbations.

Les confrontations de la structure faunistique des peuplements et de l'organisation de leurs traits biologiques (les onze traits sont simultanément considérés, mais les modalités de quatre traits seulement sont représentées) d'une part (fig. 20.16), de la structure faunistique des peuplements et de l'organisation de leurs traits écologiques (onze traits considérés/quatre traits illustrés) d'autre part (fig. 20.17), ont été menées de manière indépendante.

La confrontation de la structure faunistique et de l'organisation des traits biologiques des communautés restitue une évolution relativement régulière des communautés sur la période 1959-1977 (des valeurs positives vers les valeurs négatives de F1 — fig. 20.16B). Celle-ci se

traduit biologiquement, par une augmentation progressive de la taille et une réduction du nombre de générations par an des espèces constitutives du peuplement (fig. 20.16C). Ces modifications coïncident avec la disparition d'organismes perceurs-suceurs et la réduction du nombre d'organismes interstitiels au profit d'organismes fouisseurs. La position des années de la période 1978-1982 inqique qu'il n'y a pas retour à la situation entérieure.

La confrontation de la structure faunistique et de l'organisation des traits écologiques des communautés met en évidence une distinction nette des positions des relevés de la période 1959-1970 d'une part et 1972-1982 d'autre part, sur l'axe F1, avec le maintien d'une évolution régulière des positions des relevés de la première période suivant F1.

L'évolution des combinaisons de caractéristiques écologiques des taxons implique l'évolution des peuplements de Trichoptères et d'Éphéméroptères vers des communautés plus limnophiles, thermophiles, indicatrices de milieux plus eutrophes. Les taxons capturés au cours des premières années sont plutôt caractéristiques du chenal principal, mais également des milieux temporaires de la zone du rhithron.

Il semble que l'évolution constatée des communautés faunistiques puisse être imputée à deux séries de facteurs. Tout d'abord, les vidanges périodiques des retenues des barrages situés en amont, qui, en entraînant d'énormes quantités de sédiments fins, ont contribué au colmatage des espaces interstitiels (entraînant la réduction de la circulation d'eau et de l'oxygénation des habitats hyporhéiques) et à l'uniformisation du substrat. Depuis fin 1966, la mise en service du barrage de Pierre-Bénite, en ralentissant le cours du fleuve, a par ailleurs accru l'uniformisation de la mosaïque d'habitats. Les communautés de Trichoptères et d'Éphéméroptères sont alors devenues plus sensibles aux vidanges périodiques. Il se peut en effet que toute une série de microhabitats lotiques (bancs de galets à couverture algale et bryophytique importante par exemple — décrits dans Parde, 1925), constitués par des zones de courant rapide même à débit d'étiage, de faible hauteur d'eau et de turbidité réduite, aient disparu sous l'action combinée de la sédimentation et de l'élévation de la hauteur d'eau. Ces habitats permettaient le développement estival local d'une communauté caractéristique de brouteurs rhéophiles sténotopes (Glossosomatidae) (fig. 20.17 D) et de perceurs/suceurs (Hydroptilidae), progressivement remplacée, avec l'augmentation des MES, par des organismes essentiellement filtreurs (Hydropsychidae) ou prédateurs (Polycentropodidae).

Il peut paraître étonnant que les taxons progressivement éliminés au cours de la période d'étude présentent des traits biologiques (taille réduite, cycle biologique court, polyvoltinisme) qui les identifient plutôt comme des stratèges r (au sens de McArthur et Wilson, 1963, ou Pianka, 1970), alors que les espèces caractéristiques de la période la plus récente (taille importante, cycle biologique long) adoptent plutôt une stratégie de type K. Cette observation ne fait que confirmer la simplification supposée de la mosaïque fluviale. Les conditions de l'apparition locale et très temporaire de microhabitats particuliers (algues filamenteuses sur substrat dur, galets en courant rapide recouverts par une couche importante de périlithon) qui permettaient le développement d'espèces à cycle court, et donc l'augmentation estivale de la diversité faunistique du peuplement, ne sont plus réunies, notamment depuis 1966-67 en raison de la mise en service de l'aménagement de Pierre-Bénite. Cette simplification de la mosaïque fluviale s'accompagne paradoxalement d'une stabilisation de la structure mésologique par suite de la régularisation du cours. L'habitat est plus pauvre et plus homogène, mais hydrologiquement plus stable. Les taxons à cycle biologique plus long, qui ont la possibilité d'exploiter les nouvelles conditions de milieu, ont donc une opportunité de développement qui a pu aboutir à l'exclusion compétitive des taxons du groupe précédent.

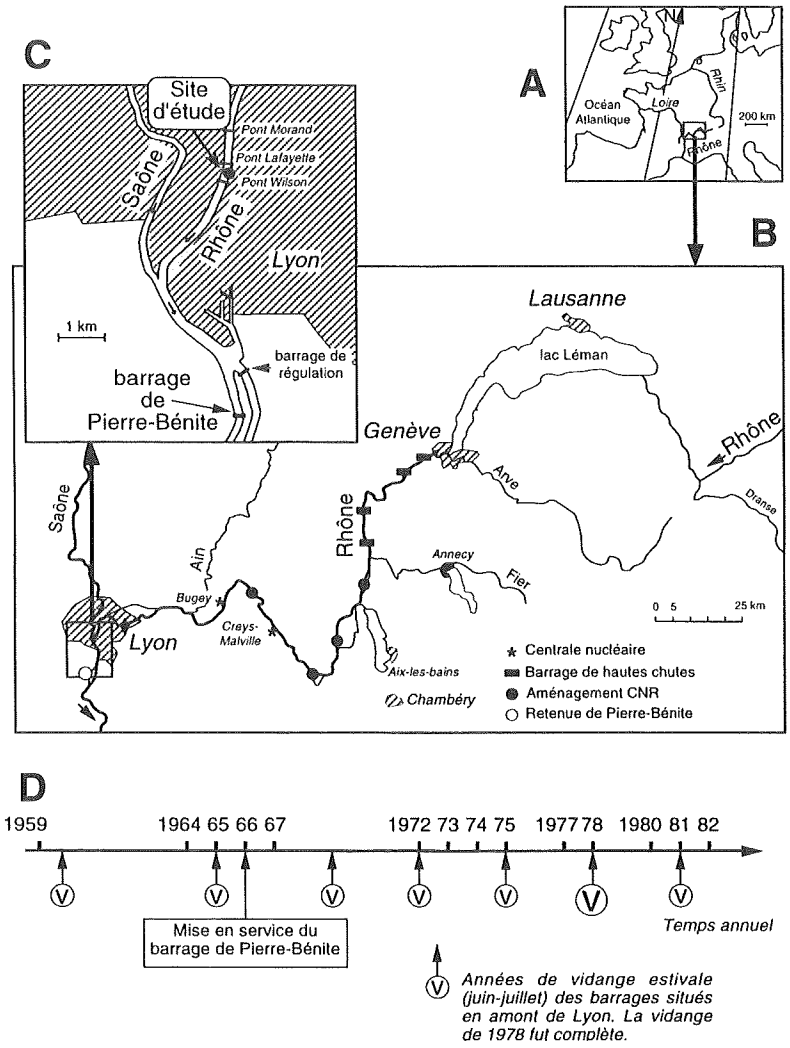


Figure 20.15 - Le Rhône dans son cadre européen. B : le Haut-Rhône, ses principaux affluents et ses différents aménagements. C : Le Rhône dans l'agglomération lyonnaise. D : localisation temporelle des différentes vidanges des retenues amont et de la mise en service du barrage de Pierre-Bénite entre 1959 et 1982.

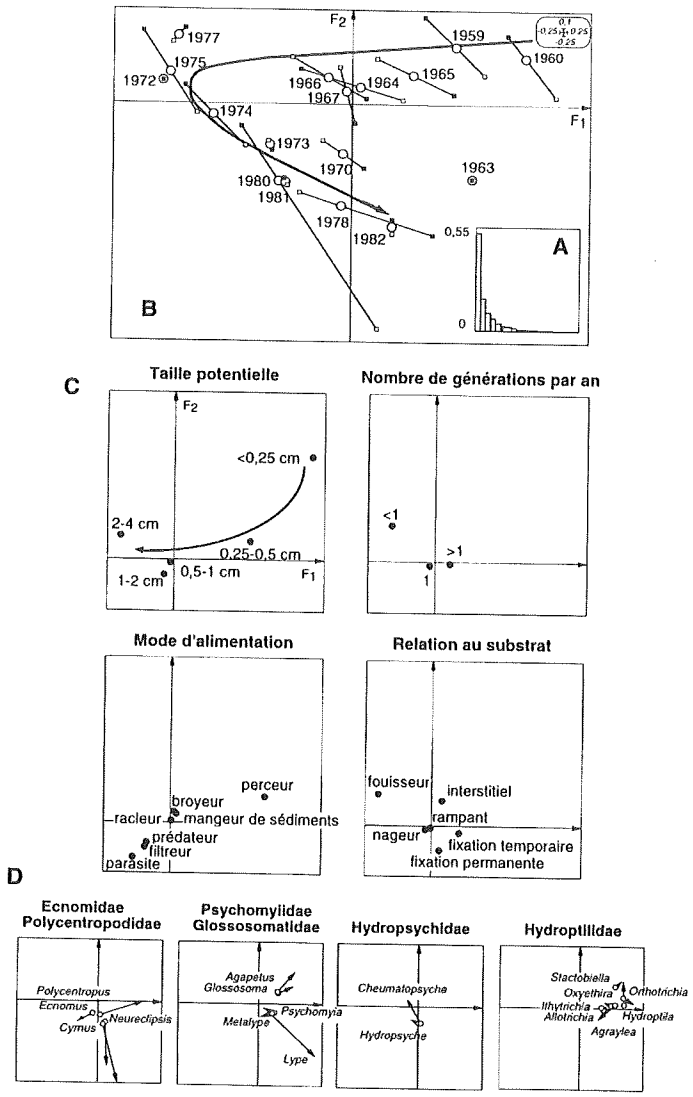


Figure 20.16 - Confrontation de la structure faunistique et de l'organisation des traits biologiques du peuplement des Éphéméroptères et des Trichoptères du Rhône à Lyon, sur la période 1959-1982 (32 relevés mensuels) par analyse de co-inertie. A : graphe des valeurs propres. B : projection des positions des relevés de juin (carrés noirs) et de juillet (carrés blancs) sur le plan F1F2 de l'analyse. Chaque année échantillonnée est située au centre de gravité (cercles blancs) des positions des relevés qui lui correspondent. C : projection des positions des modalités de quatre traits biologiques sur le même plan factoriel. D : projection des positions des genres de quelques familles de Trichoptères sur le même plan factoriel.

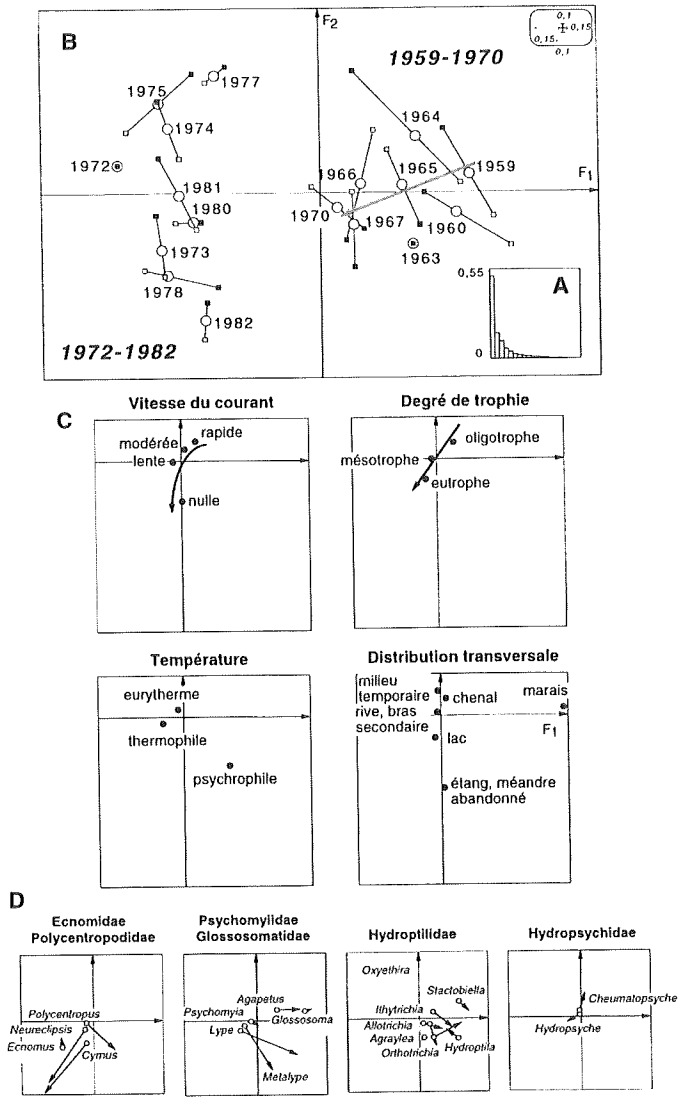


Figure 20.17 - Confrontation de la structure faunistique et de l'organisation des traits écologiques du peuplement des Éphéméroptères et des Trichoptères du Rhône à Lyon, sur la période 1959-1982 (32 relevés mensuels) par analyse de co-inertie. A : graphe des valeurs propres. B : projection des positions des relevés de juin (carrés noirs) et de juillet (carrés blancs) sur le plan F1F2 de l'analyse. Chaque année échantillonnée est située au centre de gravité (cercles blancs) des positions des relevés qui lui correspondent. C : projection des positions des modalités de quatre traits biologiques sur le même plan factoriel. D : projection des positions des genres de quelques familles de Trichoptères sur le même plan factoriel.

4 - INDICES BIOTIQUES

Depuis les travaux précurseurs de Kolkwitz et Marsson (1909) et surtout ceux de Richardson (1929), les macroinvertébrés sont à la base de nombreux indices biotiques pour la plupart basés sur l'abondance ou la richesse d'un certain nombre de groupes taxonomiques indicateurs (cf. également Hellawell, 1989). La validité de ces indices dépasse cependant difficilement les limites du contexte national, voire régional, dans lequel ils ont été définis, par suite de la modification des cortèges faunistiques.

Par ailleurs, ces indices qui s'expriment généralement sous la forme d'une simple valeur (par exemple, une note de 0 à 20 pour l'IGBN) (cf. fig. 20.10) montrent seulement une situation anormale. Cette première information reste essentielle, mais elle est peu informative sur ce qui se passe. Il est donc nécessaire d'expliquer ce résultat. L'utilisation des traits biologiques/écologiques permet de réaliser cette interprétation. Celle-ci peut être effectuée avec des traitements sophistiqués (cf. fig. 20.11 et paragraphe 2.2), mais des traitements plus simples peuvent évidemment être également utilisés.

CONCLUSION

La recherche, le codage et l'analyse de l'information sur les traits biologiques et écologiques des organismes benthiques permettent donc d'obtenir une synthèse des connaissances autécologiques actuelles sur ces organismes.

Les procédures présentées (avec des traitements simples ou complexes) utilisent de manière optimale la valeur indicatrice des êtres vivants. Elles sont capables de restituer une information claire sur la structure et le fonctionnement, non seulement de la communauté étudiée, mais également de l'environnement colonisé. Elles autorisent une meilleure compréhension de la structure et du fonctionnement des écosystèmes à différentes échelles spatiales (microhabitat, section de cours d'eau, bassin, écorégion, zone biogéographique) et/ou temporelles, à partir des informations restituées par tout ou une partie de leur peuplement faunistique. Les traits biologiques de taxons peuvent en particulier être utilisés (à différentes échelles spatiales) pour expliquer l'évolution régressive ou la dynamique invasive de certains taxons en fonction des caractéristiques « locales » de l'environnement. Codée à un niveau systématique adéquat, l'information sur les traits biologiques et écologiques des macroinvertébrés peut aider à l'interprétation des résultats fournis par les méthodes normalisées d'évaluation de la qualité des cours d'eau utilisées en routine (type IBGN...).

Cette démarche a également permis de valider ou d'infirmer les hypothèses prévues par certains modèles écologiques (par exemple, le River Habitat Templet, cf. Resh *et al.*, 1994) quant aux combinaisons de caractéristiques biologiques attendues chez les espèces d'une communauté située dans un espace théorique de variabilité spatio-temporelle.

La confrontation directe d'écosystèmes géographiquement éloignés est enfin possible. En effet, dans la mesure où l'on compare uniquement la signification biologique et écologique des taxons, des cortèges faunistiques avec pas ou peu de taxons communs sont alors comparables.

RÉFÉRENCES CITÉES

AFNOR 1992. Essais des eaux - Détermination de l'indice biologique global normalisé (IBGN). Association française de normalisation, norme homologuée T90.350, 8 p.

Bournaud M., Richoux P. et Usseglio-Polatera P. 1992. An approach to the synthesis of qualitative ecological information from aquatic coleoptera communities. *Regulated Rivers,* 7 : 165-180.

Chevenet F., Dolédec S. et Chessel D. 1994. A fuzzy coding approach for the analysis of long-term ecological data. *Freshwat. Biol.*, 31 : 295-309.

Chessel D. et Dolédec S. 1995. *ADE version 4.0 - Hypercard stacks and Quickbasic microsoft programme library for the analysis of environmental data.* Univ. Lyon I, 192 p.

Dolédec S. et Chessel D. 1994. Co-inertia analysis: an alternative method for studying species-environment relationships. *Freshwat. Biol.*, 31 : 277-293.

Hellawell J. M. 1989. *Biological Indicators of Freshwater Pollution and Environmental Management.* Elsevier Applied Science, London, 546 p.

Illies J. (éd.), 1978. *Limnofauna Europaea*, 2nd éd. Fischer, Stuttgart.

Ivol J. M., Guinand, B., Richoux P. et Tachet H. 1997. Longitudinal changes in Trichoptera and Coleoptera assemblages and environmental conditions in the Loire River (France). *Arch. hydrobiol.*, 138 : 525-557.

Kolkwitz R. et Marsson M. 1909. Ökologie der tierische Saprobien. Beitrage zur Lehere von biologische Gewässerbeurteilung. *Int. Rev. Hydrobiol*, 2 : 126-152.

McArthur R. H. et Wilson E .O. 1963. An equilibrium theory of insular zoogeography. *Evolution*, 17 : 373-387.

Parde M. 1925. *Le Régime du Rhône, étude hydrologique.* 1re partie : *Etude générale.* Univ. Lyon, 887 p.

Pegaz-Maucet D. 1980. Impact d'une perturbation d'origine organique sur la dérive des macro-invertébrés d'un cours d'eau. Comparaison avec le benthos. Thèse, univ. Lyon 1, 130 p.

Pianka E. R., 1970. On r- and K-selection. *Am. Nat.*, 104 : 592-597.

Resh V. H., Hildrew A. G., Statzner B. et Townsend C. R. 1994. Theoretical habitat templets, species traits, and species richness: a synthesis of long-term research on the Upper Rhône River in the context of concurrently developed ecological theory. *Freshwat. Biol.*, 31 : 539-554.

Richardson R. E. 1929. The bottom fauna of the middle Illinois River, 1913-1925 : its distribution abundance, valuation and index value in the study of stream pollution. *Bull. Ill. nat . Hist. Surv.*, 17 : 387-475.

Statzner B., Hoppenhaus K., Arens M.-F. et Richoux P. 1997. Reproductive traits, habitat use and templet theory: a synthesis of world-wide data on aquatic insects. *Freshwat. Biol.*, 38 : 109-135.

Townsend C. R., Dolédec S. et Scarsbrook M. R. 1997. Species traits in relation to temporal and spatial heterogeneity in streams: a test of habitat templet theory. *Freshwat. Biol.*, 37: 367-387.

Townsend C. R. et Hildrew A. G. 1994. Species traits in relation to a habitat templet for river systems. *Freshwat. Biol.*, 31: 265-275.

Usseglio-Polatera P. 1985. Évolution des peuplements de Trichoptères et d'Ephéméroptères du Rhône à Lyon (1959-1982). Résultats de piégeage lumineux. Thèse, univ. Lyon 1, 451 p.

Usseglio-Polatera P. 1991. Représentation graphique synthétique de la signification écologique d'un peuplement. Application aux macroinvertébrés du Rhône à Lyon. *Bull. écol.*, 22 : 195-202.

Usseglio-Polatera P. 1994. Theoretical habitat templets, species traits, and species richness: aquatic insects in the Upper Rhône River and its floodplain. *Freshwat. Biol.*, 31 : 417-437.

Usseglio-Polatera P. 1997. Caractéristiques biologiques, stratégies écologiques et évolution environnementale d'un hydrosystème : l'exemple des Trichoptères du Rhône à Lyon (France). *Geobios* 21 : 151-158.

Usseglio-Polatera P. et Bournaud M. 1989. Trichoptera and Ephemeroptera as indicators of environmental changes of the Rhone river at Lyons over the last twenty-five years. *Regulated Rivers*, 4 : 249-262.

Usseglio-Polatera P., Thomas S., Beisel J.-N. et Moreteau J.-C. 1999. Illustration de la valeur indicatrice des caractéristiques biologiques des macroinvertébrés d'une communauté benthique à différentes échelles d'observation. *Annales limnol.*, 35 : 71-80.

Verneaux J., Faessel B. et Malésieux G. 1977. Note préliminaire à la proposition de nouvelles méthodes de détermination de la qualité des eaux courantes. Centre hydrobiol. univ. Besançon et Lab. hydroécol., 8 p.

CHAPITRE 21

COMPLÉMENTS

Depuis la publication du livre « Invertébrés d'eau douce »2000 par CNRS Editions, des changements liés aux progrès réalisés dans le domaine de la taxonomie de certains groupes, à la découverte de « nouvelles » espèces indigènes et enfin à l'arrivée de nouvelles espèces invasives ont eu lieu. Certains de ces changements ont pu être intégrés dans les différents chapitres, mais pour d'autres, il n'était pas techniquement possible de le faire, d'où l'existence de ce chapitre 21.

Certains groupes ont fait l'objet de **révisions taxonomiques** récentes, c'est le cas par exemple des Ephemerellidae et des Heptageniidae chez les Ephéméroptères, des Perlidae chez les Plécoptères et des Sericostomatidae chez les Trichoptères. Lorsque cela a été possible, ces modifications ont été effectuées directement dans le chapitre correspondant, mais si celles-ci risquaient d'entraîner de profonds bouleversements, nous avons préféré traiter ce type de problème dans le cadre du chapitre 21.

A une époque où, malheureusement, on n'a plus l'habitude d'établir des *Red List of Threatened Species* (listes rouges des espèces menacées), la **découverte de « nouvelles » espèces indigènes** est réconfortante, même si, ces « nouvelles » espèces prennent *de facto* le statut d'espèces menacées. Dans certains cas, nous avons pu intégrer ces découvertes dans le chapitre correspondant, mais pour d'autres cas, ces découverte seront traitées dans ce chapitre.

La mise en service du canal Main-Danube en 1992 a considérablement accéléré l'**arrivée de nouvelles espèces « invasives »** . Certaines de ces espèces appartiennent à des groupes taxonomiques totalement nouveaux pour la faune des macroinvertébrés d'eau douce. C'est le cas notamment de l'Annelide Polychète *Hypania invalida* ou de celui des Mysidacés avec différentes espèces de Mysidae. Compte tenu de la nécessité de présenter de façon détaillée les caractères taxonomiques de ces « nouveaux » groupes, ceux-ci seront traités presque exclusivement dans ce chapitre.

1- RÉVISIONS TAXONOMIQUES

Nous avons, toutes les fois que cela était possible, traité ces différents aspects dans les chapitres correspondants, mais dans certains cas, la place nous a manqué et nous avons dû les traiter de façon plus approfondie dans le chapitre 21.

1.1 – EPHÉMÉROPTÈRES

Une meilleure connaissance de la faune mondiale et surtout la multiplication des approches phylogénétiques ont entraîné de nombreux bouleversements, notamment au niveau générique, dans la classification de certaines familles : Baetidae, Heptageniidae, Caenidae et Ephemerellidae.

Phénomène récurrent en taxonomie, notamment chez les insectes, la notion de genre reste toujours une conception aux contours mal définis. S'il y a, heureusement des genres dont la pertinence est incontestable, la validité de certains genres, dans des groupes morphologiquement assez homogènes, conduit à d'interminables querelles entre ceux qui divisent le groupe en de nombreux genres et ceux qui au contraire considèrent qu'il s'agit là d'une simple variabilité interspécifique à l'intérieur d'un seul genre.

L'ensemble des développements qui vont suivre est basé sur des commentaires et des suggestions de Michel Brulin que je tiens à remercier ici.

Pour les Baetidae, M. Brulin considère que « les deux genres *Baetis* et *Acentrella* correspondent à des formes rhéophiles, et les genres *Cloeon*, *Procloeon*, *Centroptilum* et *Baetopus* à des formes plutôt limnophiles . Le genre *Baetis lato sensu* est ici conservé, tel qu'il est globalement défini dans le travail majeur de Müller-Liebenau (1969). Les genres *Alainites*, *Labiobaetis* et *Nigrobaetis* (voir MASSELOT & THOMAS (1996) étant plutôt récemment considérés par quelques auteurs, comme sous-genres du genre *Baetis*. *Alainites* correspond principalement à *Baetis muticus*, *Labiobaetis* à *B. atrebatinus* et *B. tricolor*, *Nigrobaetis* à *B. niger* et *B. digitatus* ». *Raptobaetopus* est considéré comme un sous-genre de *Baetopus*, de la même manière *Pseudocentroptilum* devient un sous-genre de *Procloeon*.

Pour les Heptageniidae, les modifications concernant l'ancien genre *Heptagenia* ont été effectuées directement dans le chapitre 12. Nous avons admis la validité des genres *Dacnogenia coerulans* et *Kageronia fuscogrisea*, dans la mesure où ces deux genres présentaient des caractères originaux qui les distinguaient des autres espèces du genre *Heptagenia stricto sensu*.

Les Caenidae comprennent deux genres *Caenis* et *Brachycercus* (avec trois espèces *B. harrisellus, B .europaeus* et *B. minutus*, mais cette dernière espèce est parfois considérée comme appartenant à un genre distinct : *Cercobrachys*).

Pour la majorité des spécialistes, les Ephemerellidae comprennent deux genres : *Torleya* et *Ephemerella*, découpage admis notamment par Eiseler (2005), ou Bauerfeind et Humpesch, (2001), mais d'autres (Jacob, 1992) se basant notamment sur les génitalia des adultes mâles considèrent que le genre *Ephemerella* doit être subdivisé en *Serratella* et *Ephemerella stricto sensu*. Cette distinction, basée sur les adultes apparaît effectivement comme pertinente ; malheureusement au niveau des larves la distinction au niveau des deux genres est impossible si on se réfère à des caractères tels que la forme des branchies, la taille relative des différents articles du palpe labial et la forme des griffes des pattes thoraciques. Comme beaucoup d'auteurs, nous avions pensé conservé le genre *Ephemerella sensu lato*. M. Brulin (communication personnelle) nous a suggéré de prendre en compte les cerques : cerques portant de nombreuses épines, avec alternance de bandes sombres et de bandes claires (*Serratella ignita*) ou présentant une unique bande sombre sur chacun des cerques (*S. mesoleuca)* ; cerques ne présentant que de fines soies, pas de bandes sombres sur les cerques (*Ephemerella notata* et *E. mucronata*). Cette distinction n'est strictement applicable qu'à ces quatre espèces (fig.21.1).

Brulin M. 2006 (2007). Atlas de distribution des Ephémères de France. Première partie : hors Baetidae et Heptageniidae (Insecta, Ephemeroptera). Ephemera, 8 (1) : 1-73.

Jacob U. 1992 (1993). Zur Systematik und Verbreitung der europäischen Ephemerellidae (Ephemeroptera). Verh. Westtd. Entom.Tag 1992 : 101-110.

1.2 - PLÉCOPTÈRES

Dans sa mise au point de 2004, Zwick donne un nouveau caractère pour distinguer les larves de Capniidae de celle des Leuctridae. La forme générale des larves de ces deux familles est très proche. Le caractère généralement utilisé est celui portant sur la présence d'une membrane articulaire entre tergites et tergites de certains segments abdominaux (voir chapitre 13). Ce caractère est parfaitement valide, mais souvent difficile à voir sur de petites espèces ou de jeunes individus. Zwick (2004) montre que chez les Leuctridae, le labium est grand, recouvrant la base du labium et des maxilles, tandis que chez les Capniidae, le mentum est réduit, en position postérieure ne recouvrant pas la base du labium et des maxilles.

Le genre *Thyrrenoleuctra* (F. Leuctridae) est présent en Corse. Les larves se caractérisent par des paraproctes avec deux prolongements dans le plan médian (fig. 21.1.2). Taille jusqu'à 7mm.

Zwick, P. 2004. Key to the West Palaearctic genera of stoneflies (Plecoptera) in the larval stage. *Limnologica,* 34 : 315-348.

2- DÉCOUVERTE DE « NOUVELLES » ESPÈCES INDIGÈNES

Grâce à l'action de l'OPIE Benthos et grâce au réseau qui s'est mis en place autour de cette structure, les naturalistes, amateurs ou intégrés à des structures liées à l'environnement, ont fait preuve d'une remarquable activité aboutissant à la découverte de « nouvelles » espèces indigènes. Dans les pays voisins, des structures analogues ont permis d'aboutir au même résultat. C'est le cas de trois espèces d'Ephéméroptères : *Neoephemera maxima*, *Arthroplea congener* et *Ametropus fragilis*, d'une espèces de Plécoptères : *Isoptena serricornis* et d'un Trichoptères (en Autriche) : *Microptila minutissima.*

2.1 - EPHÉMÉROPTÈRES

2.1.1 - *Neoephemera maxima* **(F. Neoephemeridae)** (fig. 21.2)

Cette espèce avait été signalée en 2000 au moment où paraissait la première édition. Pour attirer l'attention sur cette espèce, nous avions dû nous contenter d'un dessin médiocre issu de la littérature. Grâce à B. Fontan, Aquabio, 33750 Saint Germain-du-Puch, nous avons pu disposer de nombreuses larves à différents stades et réaliser une description correcte.

Les larves matures ont, à l'oeil nu, un habitus de *Serratella*, avec des cerques dressés, mais le caractère distinctif reste la forme des branchies 2 qui constituent un opercule protégeant les branchies des segments suivants (figs. 21.2.1). Ce caractère se retrouve également chez les Caenidae, mais *Neoephemera* se distingue des Caenidae par les caractères suivants :

1/ L'avant-dernier segment abdominal porte latéralement des prolongements se terminant en pointe (figs. 21.2.1 et 2.2) ; ces prolongements dépassent le dernier segment abdominal ; ce caractère est également visible chez les jeunes larves. Chez les Caenidae, l'avant-dernier segment abdominal présente latéralement de courtes pointes qui atteignent au plus le tiers antérieur du dernier segment abdominal.

2/ Les branchies 2 (fig. 21.2.3) présentent sur leur bord interne un repli couvert de très nombreuses soies courtes. L'intrication des soies couvrant ces deux replis constitue un ensemble très cohérent (fig. 21.2.4). Les deux replis constituent ainsi deux bandes auto-agrippantes. Les larves peuvent cependant écarter les deux branchies 2, mais la présence du repli interdit tout

chevauchement. Chez les Caenidae, les branchies 2 ne présentent pas de repli, de ce fait elles ne sont jamais accolées dans le plan médian et peuvent se chevaucher partiellement

3/ Il y a deux paires de fourreaux alaires (fig. 21.2.2) (caractère visible chez les larves matures) chez *Neoephemera*, une seule chez les Caenidae.

4/ La taille des larves matures dépasse largement celle des Caenidae, d'où le nom de l'espèce : *N.* ***maxima*** .

Cette espèce, décrite à partir de larves provenant de Haute-Garonne, a été retrouvée dans des cours d'eau à fond sableux (Fontan *et al.*, 1999) du département de la Gironde.

2.1.2 - *Arthroplea congener* **(F. Arthropleidae)** (fig.21.3)

La larve présente un habitus d'Heptageniidae ou de *Choroterpes* (Leptophebiidae) (fig. 21.3.1), mais elle se distingue facilement des autres espèces d'Ephéméroptères par la forme du palpe maxillaire dont l'article distal est très long et arqué. Cet article distal est recouvert d'une double rangée de soies (fig. 21.3.2). Le palpe maxillaire peut exécuter des mouvements de balayage de 180° de l'avant vers l'arrière (Soldan, 1979). Les branchies sont simples et foliacées (fig. 21.3.3). La larve, découverte en Franche-Comté, se rencontre dans des microhabitats où le courant est lent, notamment à la face inférieure de feuilles de nénuphar [(Julienne & Brulin, 2005 (2007)].

Julienne, L & Brulin, M. 2005 (2007). Additions à la faune des Ephémères de France (11) : *Arthroplea congener* Bengtsson, 1908 [Ephemeroptera, Arthropleidae]. Ephemera, 7, (2) : 89-94.

Soldan, T. 1979. Struktur und Funktion der Maxillarpalpen von *Arthroplea congener* (Ephemeroptera, Heptageniidae). Acta Entomologica Bohemoslovaca, 76 : 300-307.

2.1.3 – *Ametropus fragilis* **(F. Ametropodidae)** (fig.21.4)

La larve a un habitus de Baetidae (21.4.1), mais la forme des pattes, notamment les pattes prothoraciques qui paraissent atrophiées par rapport aux pattes méso- et métathoraciques (21.4.2), ainsi que les longues griffes des pattes méso- et métathoraciques soulignent l'originalité de cette larve qui a été décrite de façon détaillée par Keffermuller (1959). Les branchies sont ovalaires et frangées de soies (fig. 21.4.3). Les pattes, les maxilles, le labre et le labium présentent une dense pilosité (fig. 21.4.4). Cette larve est présente, généralement dans de grands cours d'eau, en Pologne (Keffermuller 1959, Jazdzewska 1973), en Allemagne et en Italie. Elle se rencontre sur des fonds sableux ou limoneux. Elle est détritivore. Elle a été découverte dans la Loire à Giens en 2009 (M. Chovet, communication personnelle). Taille jusqu'à 15 mm.

Une seule espèce : *Ametropus fragilis.*

Jazdzewska T. 1973. Notes on the biology and ecology of the mayfly *Ametropus eatoni* Brodskij (Ephemeroptera). Polskie Pismo Entomologiczne, 43 : 469-477.

Keffermuller M. 1959. Nowe dane dotyczace jetek (Ephemeroptera) z rodzaju *Ametropus* Alb.i *Behningia* Lest., Pr. Kom. Biol. Pozn. TPN, Wydz. Mat. – Przyr., 19 : 1-32.

2.2 - PLÉCOPTÈRES

Isoptena serricornis **(F. Chloroperlidae)** (fig. 21)

La taille de la larve (jusqu'à 12 mm) est proche de celle des *Siphonoperla*. Elle était connue jusqu'à présent de Scandinavie et d'Europe centrale. Elle a été retrouvée en Rhénanie-

Palatinat et tout récemment en Alsace (Boiché *et al.*, 2009). Cette espèce se caractérise par une dense pilosité sur la tête, le thorax et les pattes, l'abdomen est plus glabre (fig. 21.5.1). Les palpes maxillaires sont fortement modifiés avec notamment un élargissement des articles 3 et 4 (fig. 21.5.3). Les cerques sont aussi longs que l'abdomen (fig. 21.5.2). La taille des pattes thoraciques va croissant des PI aux PIII. Fémurs et tibias portent postérieurement de longues franges de soies. Dans leur partie distale, les tibias portent de fortes épines arquées. Cette larve présente tous les caractères d'une adaptation à la vie fouisseuse ce qui explique qu'elle soit présente sur des fonds de cours d'eau sablonneux mais avec un courant assez vif (Zwick et Hohmann, 2005). Elle se nourrit de larves de Chironomides et d'Oligochètes.

Une seule espèce : *Isoptena serricornis.*

Boiché A., Mondy C., Jacquemin G. et Thiebaut G. 2008 (2009). Découverte *d'Isoptena serricornis* (Pictet, 1841) en France (Plecoptera, Chloroperlidae). Ephemera, 10(1) : 1-6.

Zwick P. et Hohmann M. 2005. Biological notes on *Isoptena serricornis*, an exceptional stonefly in shifting river sand (Plecoptera : Choroperlidae). Lauterbornia, 55 : 43-64.

2. 3 - TRICHOPTÈRES

Microptila minutissima **(F. Hydroptilidae)** (fig. 21.6)

La larve, décrite par Graf *et al.* (2004), ressemble à une larve d'*Hydroptila* mais elle est minuscule (longueur : 1,4 à 2,1 mm) (fig. 21.6.1). Le premier segment abdominal présente une mince plaque dorsale translucide, visible uniquement en lumière rasante (fig. 21.6.2). La patte prothoracique est d'une conformation voisine de celle d'*Hydroptila* (fig. 21.6.3). L'étui (longueur: 1,7 à 2,2 mm) est entièrement constitué de soie comme chez *Tricholeiochiton* et non recouvert d'éléments minéraux ou végétaux comme chez *Hydroptila* ou *Agraylea* (21.6.1).

Microptila est présent en Suisse, dans le nord de l'Italie notamment en Lombardie et en Autriche où la larve a été découverte. Les larves de *Microptila* sont à la fois crénobiontes et hygropétriques, elles occupent les mêmes habitats que les larves du genre *Stactobia* avec lesquelles elles coexistent. *M. minutissima* n'a, jusqu'à présent, pas encore été trouvée dans les Alpes françaises.

Une seule espèce : *M. minutissima*

Graf, W., Waringer, J. et Zilka-Römer, J. 2004 . The larva of *Microptila minutissima*, Ris, 1897 (Trichoptera : Hydroptilidae). *Aquatic Insects*, 26 : 31-38.

3 - ARRIVÉE DE NOUVELLES ESPÈCES « INVASIVES »

Dans l'introduction, nous avions déjà évoqué (Introduction 2.2) le cas des espèces invasives. Dans la première édition, nous avions pu intégrer plusieurs espèces dont *Crangonyx pseudogracilis* et *Corophium*. Depuis 2000, le nombre d'espèces invasives a considérablement augmenté. On trouvera une liste détaillée de ces espèces invasives dans Devin *et al.* (2005). Chovet et Lécureuil (2008) ont observé l'arrivée de ces espèces invasives dans la Loire moyenne. Piscart *et al.* (2010) donnent une première évaluation de l'impact des Amphipodes invasifs sur les peuplements d'Amphipodes indigènes.

Nous ne présentons ici que 7 de ces espèces, plus particulièrement celles dont l'impact

écologique apparaît le plus important. Au préalable, nous allons définir la signification du terme « ponto-caspien ». (fig. 21.7)

La mer Noire (parfois appelée le Pont-Euxin) et la mer Caspienne constituent deux « petites » mers intérieures. Il n'y a *a priori* aucune relation entre la mer Noire et la mer Caspienne et aucune relation entre les cours d'eau Ouest européens et les cours d'eau Est européens, mais depuis plusieurs siècles, l'Homme, pour faciliter la navigation sur les grands cours d'eau et pouvoir passer d'un cours d'eau à un autre, a creusé des canaux. C'est ainsi que la Volga est reliée au Don par le canal Don-Volga mis en service en 1952. Ce canal relie de fait la mer Caspienne à la mer Noire via la mer d'Azov. Similairement le Dniepr qui débouche dans la mer Noire est relié au Rhin par tout un ensemble de canaux qui relient le Dniepr à la Vistule, puis à l'Oder, l'Elbe, l'Ems et enfin le Rhin, cet ensemble de canaux constitue le « corridor central ». Le Danube qui débouche également dans la mer Noire est relié au Rhin par le canal Main-Danube mis en service en 1992, l'ensemble Danube-Rhin constituant le « corridor sud ». Le Rhin lui-même est relié aux grands cours d'eau de France, de Belgique et des Pays-Bas par tout un ensemble de canaux de différents gabarits. Il n'y a donc, théoriquement, pour un animal aquatique, plus de barrières physiques entre le bassin ponto-caspien et l'Europe centrale et occidentale.

Le déplacement des espèces invasives se fait soit directement en rampant sur le fond ou en nageant, soit plus généralement en utilisant les péniches comme moyen de transport, ce fut le cas notamment du Polychète *Hypania invalida* qui construit un tube fait de mucus et de débris sur des substrats durs dont les coques des péniches. *H. invalida* est typiquement une espèce invasive ponto-caspienne (de **Pon**t (du grec pontos : un des noms de la mer) Euxin et mer **Caspienne**).

3.1 - CLASSE DES POLYCHÈTES

Hypania invalida **(F.Ampharetidae)** (fig. 21.8.1)

Les Polychètes sont des Annelides essentiellement marins. On distingue aujourd'hui deux Sous-Classes : les Scolecida et les Palpata. La Sous-Classe des Palpata comprend la majorité des Polychètes. Elle est divisée à son tour en 2 Ordres : les Aciculata qui comprennent de nombreuses formes errantes et les Canalipalpata qui comprennent de nombreuses formes sédentaires. Les Canalipalpata comprennent 3 Sous-Ordres dont les Terebellida. Les Terebellida comprennent plusieurs Familles dont les Ampharetidae. *Hypania invalida* appartient à la Famille des Ampharetidae.

Hypania invalida est un des rares Polychètes adapté à la vie en eau douce. Cette adaptation est récente (voir références dans Devin *et al.*, 2005). D'origine ponto-caspienne, son invasion des eaux de l'Europe occidentale est très récente. *Hypania invalida* se caractérise par un corps allongé, multisegmenté. Les segments antérieurs, plus renflés que les postérieurs, portent des faisceaux de soies. Des tentacules sont présents au niveau des segments céphaliques). *Hypania invalida* vit dans un tube fait de fines particules organiques collées entre elles avec du mucus. Longueur du corps jusqu'à 25 mm.

3.2 - CLASSE DES CRUSTACÉS

Parmi les Crustacés, les Péracarides constituent l'essentiel des espèces invasives ponto-caspiennes.

3.2.1 - *O. AMPHIPODES* (fig. 21.8.2)

De nombreuses espèces d'Amphipodes se sont trouvées engagées dans ce processus de colonisation qui se poursuit actuellement. Il est impossible de prendre en compte ici toutes ces espèces dont la systématique reste souvent complexe. Nous ne considérerons que le cas de *Dikerogammarus* spp.

Cet Amphipode est caractérisé par deux pointes (« cornes ») situées en position dorsale sur deux segments postérieurs du pléon (Fig. 2). C'est un Gammaridae de grande taille (jusqu'à 3 cm pour un mâle adulte) d'origine ponto-caspienne. *Dikerogammarus*, bien qu'omnivore, comme la majorité des Gammaridae, présente également un comportement prédateur (*killer shrimp* = « crevette » tueuse) qui s'exerce notamment au détriment des populations d'Amphipodes indigènes.

3.2.2 - *O. ISOPODES* (fig. 21.8.3)

Jaera est un Isopode de la famille des Janiridae, il est également d'origine ponto-caspienne. Deux espèces sont présentes : *Jaera istri* et *J. danubica*. *J. istri* se caractérise par une forme ovale allongée (Fig.3) tandis que *J. danubica* présente des élargissements au niveau des péréiopodes postérieurs. Les antennes 1 sont très courtes. Les uropodes, contrairement à ce que l'on observe chez les Aselles, sont très courts. Taille jusqu'à 10 mm.

Brtek J. 2003. *Jaera danubica* sp.n. (Crustacea, Isopoda, Asellota) from the Danube in Bratislava. Slovenské Narodné Muzeum, 225 : 3 – 7.

3.2.3 - *O. MYSIDACÉS* (figs. 21.9, 21.10)

Comme les Amphipodes et Isopodes, les Mysidacés sont des Crustacés du super-Ordre des Péracarides. Les Mysidacés comprennent plusieurs familles dont les Mysidae. Les Mysidae ressemblent à de petites crevettes avec notamment des yeux pédonculés, une carapace céphalothoracique et une palette natatoire (telson + uropodes). Chez tous les Mysidae, l'endopodite des uropodes porte à sa base un statocyste. Les Mysidae diffèrent des véritables crevettes (O. Décapodes) parce que la carapace céphalothoracique ne recouvre pas la base des péréiopodes, ni la partie postérieure du 7° segment du péréion et la totalité du 8°. Les péréiopodes sont clairement biramés, chaque rame portant des franges de soies. Chez les femelles, les péréiopodes postérieurs portent du côté interne, au niveau du coxopodite, une lame mince et souple : l'oostégite. Les différents oostégites forment une poche où sont déposés les œufs (*marsupium* d'où le nom d'*opossum shrimps* donné par les auteurs anglophones aux Mysidae.

Les mâles se caractérisent par la présence d'une paire de pénis (juste en arrière des 2 derniers péréiopodes. Le pléopode 4 est long et souvent segmenté. Il joue probablement un rôle dans l'accouplement.

Chez les femelles, le marsupium est bien visible au niveau des derniers péréiopodes. Les pléopodes de 1 à 5 sont courts, tous semblables et unisegmentés.

Trois espèces sont présentes en eau douce en Europe occidentale. *Mysis relicta* est une espèce autochtone présente notamment en Irlande (plusieurs lacs et le fleuve Shannon) et dans le nord de l'Europe (Gledhill *et al.*, 1993). Cette espèce a souvent été introduite dans les lacs (Europe et Amérique du Nord) pour servir de nourriture aux poissons. *Limnomysis benedeni* et *Hemimysis anomala* sont deux Mysidae d'eau douce d'origine ponto-caspienne.

Hemimysis anomala est, depuis quelques années, présente dans les grands lacs

d'Amérique du Nord qu'elle a pu coloniser grâce à l'eau douce contenu dans le ballast de navires en provenance d'Europe (*ballast water invaders*). C'est la réédition (deux décennies plus tard) du processus qui a permis aux Dréissènes de coloniser les grands lacs d'Amérique du Nord. L'hémolymphe d'*Hemimysis anomala* est rouge (*bloody-red shrimp*), cette coloration disparaît après la mort de l'animal, mais cette coloration rouge permet de détecter, à l'œil nu, les essaims d'*H. anomala* lorsqu'ils sont près de la surface (Moy, 2004).

Pour distinguer ces 3 espèces (outre le caractère de couleur de l'hémolymphe propre à *H. anomala*) on peut considérer : la forme de l'écaille antennaire (exopodite) de l'antenne 2, la forme du telson et, chez les mâles, la forme du pléopode 4 (Deprez *et al.*, 2005) (fig. 21.10).

La longueur du corps peut atteindre 20 mm chez *M. relicta*, elle ne dépasse pas 10 mm chez *H. anomala*. Le développement est de type direct. Le nombre d'embryons présents dans le marsupium varie en fonction de la taille de la femelle. Chez *Mysis relicta* le nombre d'embryons varie de 10 à 40.

Ecaille antennaire (fig. 21.10)

Chez les 3 espèces l'écaille antennaire est constituée de 2 articles. L'article distal est très réduit chez *Hemimysis anomala* et *Mysis relicta* ; il est allongé chez *Limnomysis benedeni*, il est arqué et se termine en pointe chez les mâles de cette dernière espèce.

Telson (fig. 21.10)

Le telson est allongé et trapézoïdal chez *H. anomala* et *M. relicta* ; le bord postérieur est droit chez *H. anomala* et porte une rangée de petites épines encadrée de deux grandes épines ; le bord postérieur est échancré chez *M. relicta*. Le bord postérieur du telson est également échancré chez *L. benedeni*, mais il est large à sa base, plus étroit ensuite et porte de plus longues épines dans l'échancrure que celles de *H. anomala*

Pléopode 4 (fig. 21.10)

Il comprend un article basal allongé qui chez *H. anomala* et *M. relicta* porte un prolongement multisegmenté qui se termine par deux fins prolongements, chez *L. benedeni* ce prolongement n'est pas segmenté.

Chovet M. et Lécureuil J.Y. 2008 (2009). Les macroinvertébrés benthiques de la Loire moyenne (France) et leur évolution depuis 1977. *Ephemera*, 10 (2) : 103-122.

Deprez, T. *et al.*, 2005 - NeMys. World Wide Web electronic publication. www.nemys.ugent.be, version (11/2007).

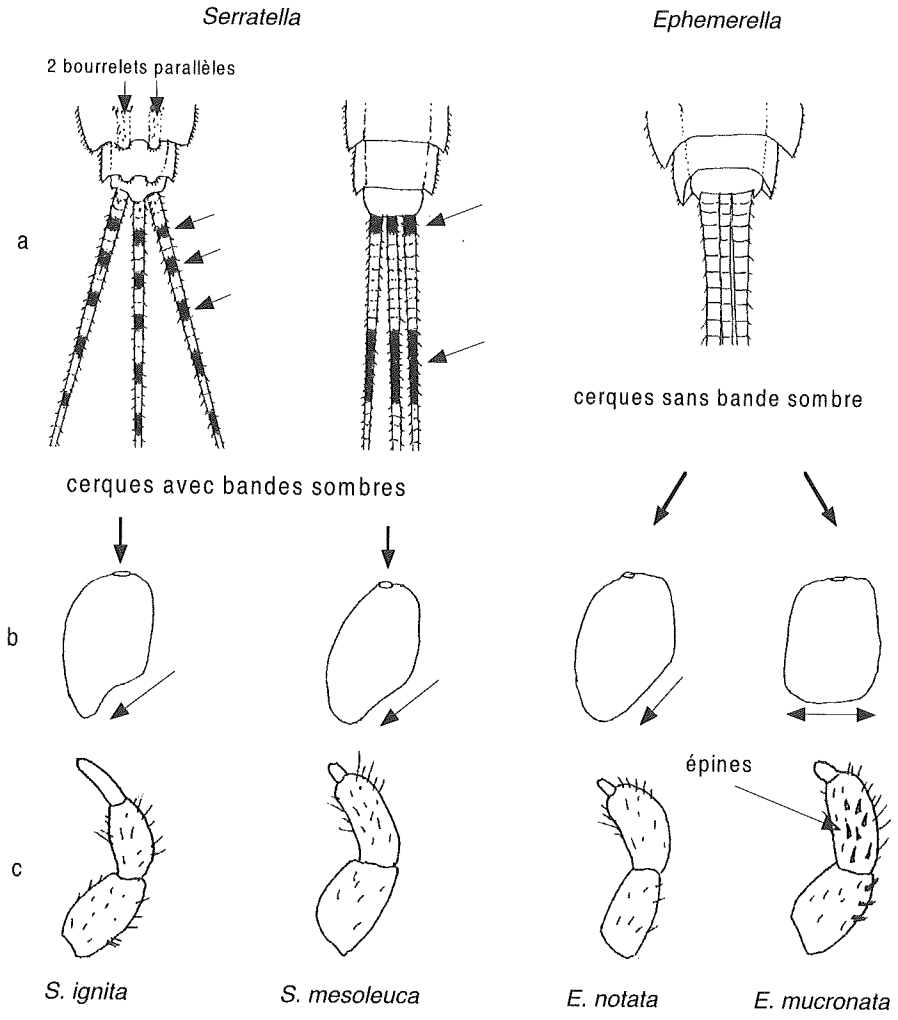
Devin, S., Bollache, L., Noël, P.Y. & Beisel, N. 2005. Patterns of biological invasions in French freshwater systems by non-indigenous macroinvertebrates. *Hydrobiologia*, 551 : 137-146.

Gledhill T., Sutcliff D. W. et Williams W. D. 1993. British Freshwater Crustacea Malacostraca : a key with ecological notes. F.B.A., n° 52, 173 p.

Moy, P. 2004. www.seagrant.wisc.edu, puis *Hemimysis*.

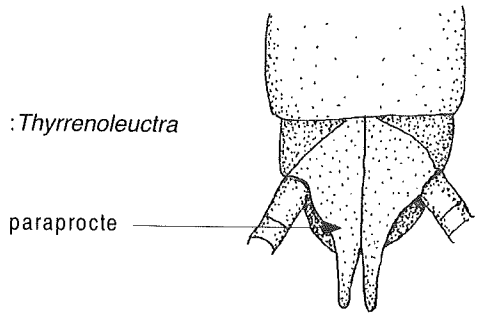
Piscart C., Bergerot B., Lafaille P. et Marmonier P. 2010. Are amphipod invaders a threat ro regional biodiversity. *Biol Invasions*, 12 : 853-863.

F. Ephemerellidae

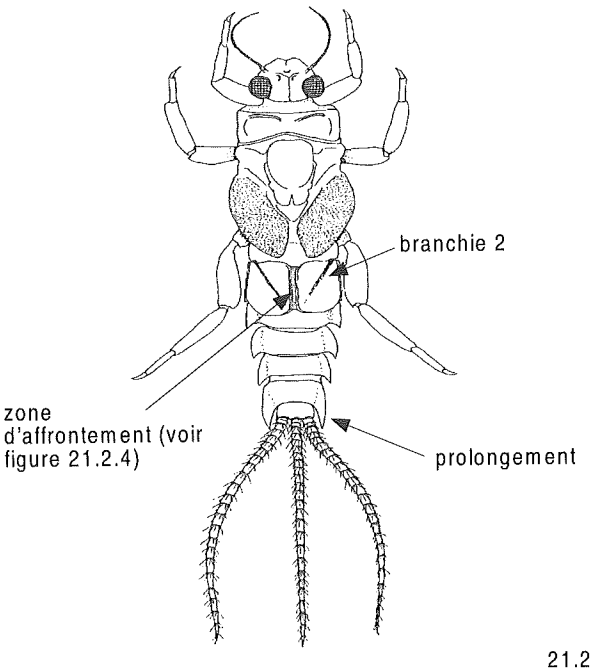


21.1 - Ephemerellidae (Ephéméroptères). Trois caractères (a, b et c) pour séparer les deux genres : *Serratella* et *Ephemerella* et les quatre espèces. a : extrémité de l'abdomen et cerques; b : branchie; c : palpe labial.

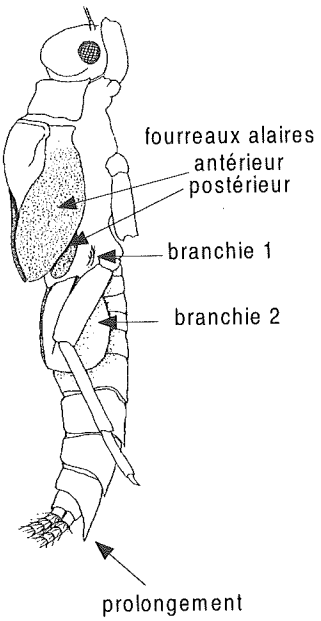
21.1.2 - Leuctridae : *Thyrrenoleuctra* (Plecoptères)



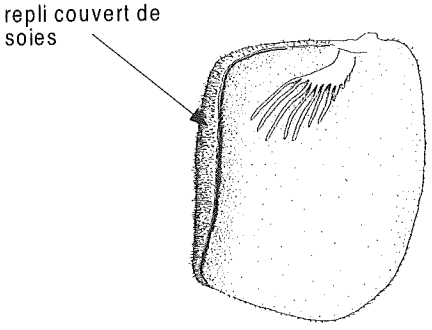
O. Ephéméroptères
F. Neoephemeridae
Neoephemera maxima



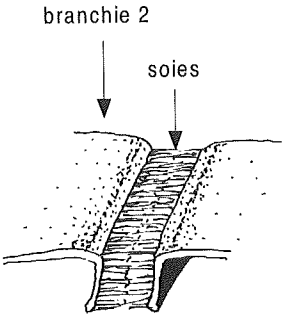
21.2.1 - Larve vd



21.2.2 - Larve vl

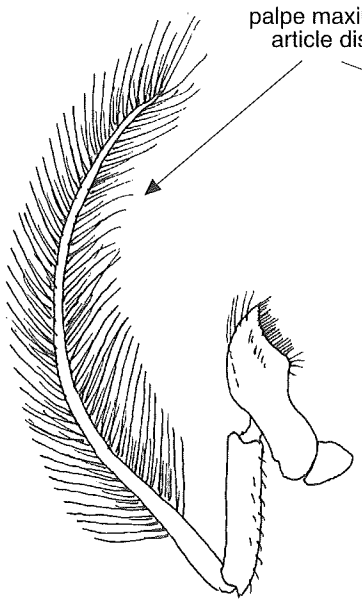


21.2.3 - Branchie 2, face interne

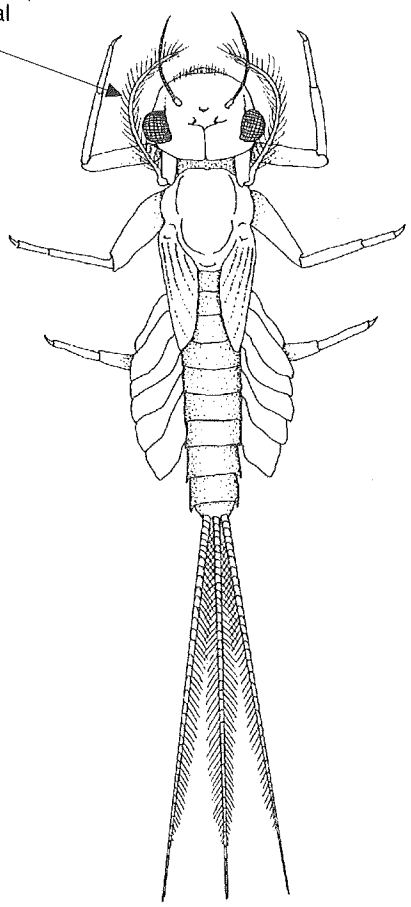


21.2.4 - Coupe théorique partielle au niveau de la zone d'affrontement entre les deux branchies 2

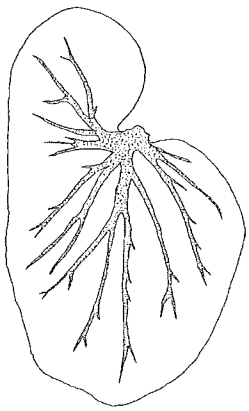
O. Ephéméroptères
F. Arthropleidae
Arthroplea congener



21.3.2 - Maxille

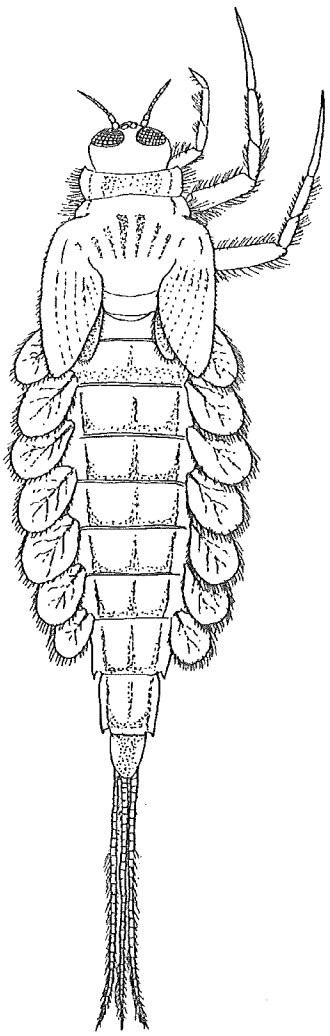


21.3.1 - Larve, vd

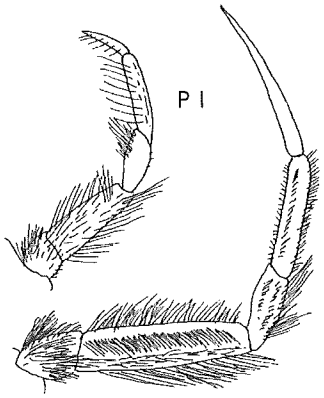


21.3.3 - Branchie

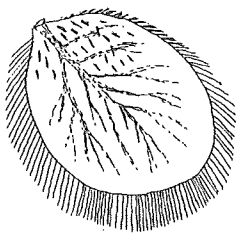
O. Ephéméroptères
F. Ametropodidae
Ametropus fragilis



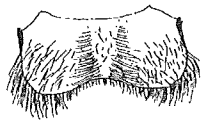
21.4.1 - Larve, vd

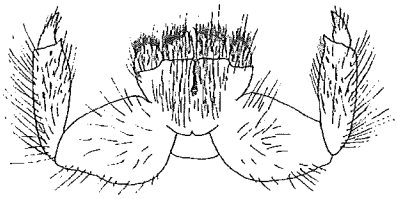


21.4.2 - PI et PII, vd



21.4.3 - Branchie

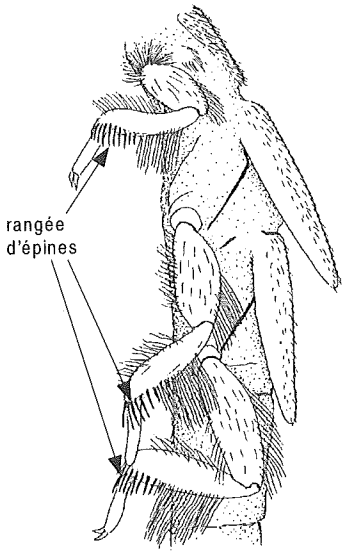




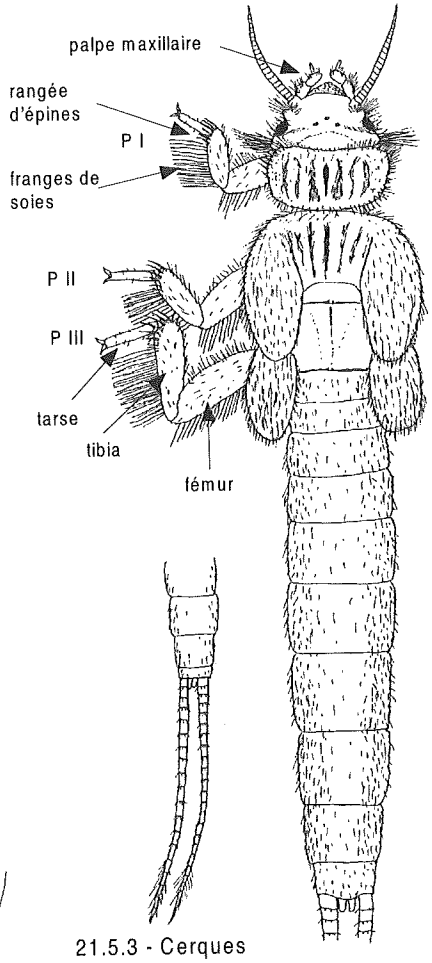
21.4.4 - Labre et labium

Adapté de Keffermuller (1959)
et Jazdzewska (1973)

O. Plécoptères
F. Chloroperlidae
Isoptena serricornis

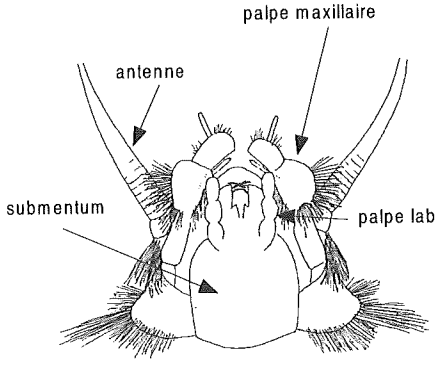


21.5.2 - Thorax, vl.



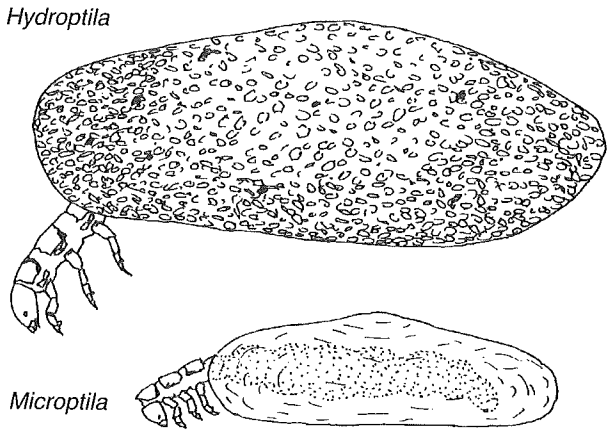
21.5.3 - Cerques

21.5.1 - Larve d'*Isoptena*, vd.

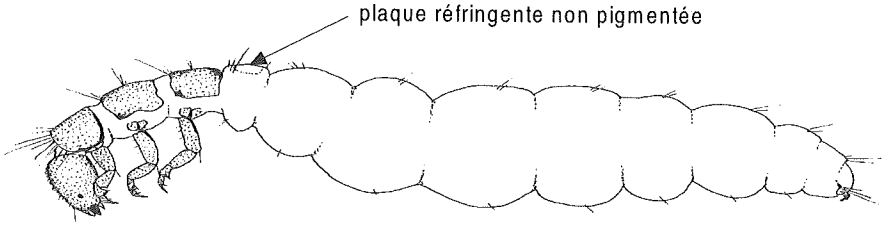


21.5.4 - Tête , vv

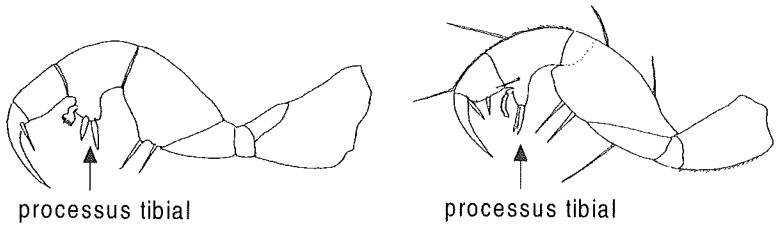
O. Trichoptères
F. Hydroptilidae
Microptila minutissima



21.6.1 - Tailles comparées de larves d'*Hydroptila* et de *Microptila* dans leur étui. L'étui d'*Hydroptila* est recouvert d 'éléments minéraux et de fins débris, tandis que celui de *Microptila* ne comporte que de rares débris permettant de voir l'abdomen de la larve. Document établi à partir d'une macrophotographie.



21.6.2 - Larve de *Microptila*, vl



Hydroptila sp *Microptila*

21.6.3 - P I d'*Hydroptila* et de *Microptila* , ramenées à la même échelle.

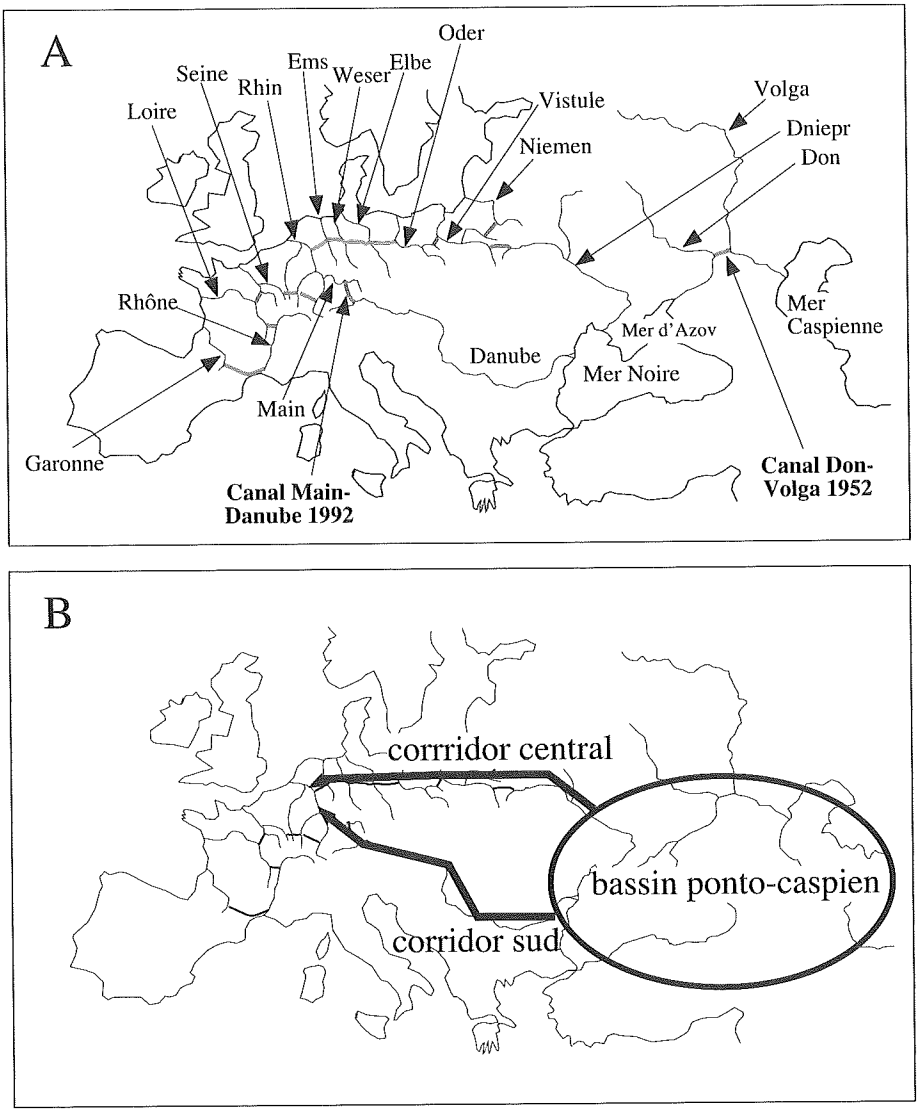
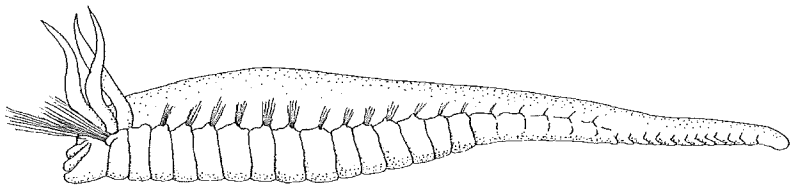


Figure 21.7 - "Espèce d'origine ponto-caspienne". A : principaux fleuves d'Europe (traits fins) et canaux (traits épais en grisés). La date de mise en service du canal Volga-Don (reliant la mer Caspienne à la mer Noire) et celle du canal Main-Danube (reliant la mer Noire à l'Europe occidentale) sont indiquées. B : le bassin ponto-caspien et les deux "corridors".

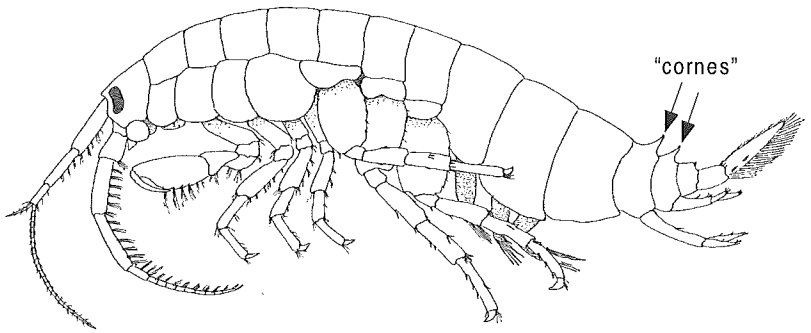
Cl. Polychètes



21.8.1 - *Hypania invalida* , vl

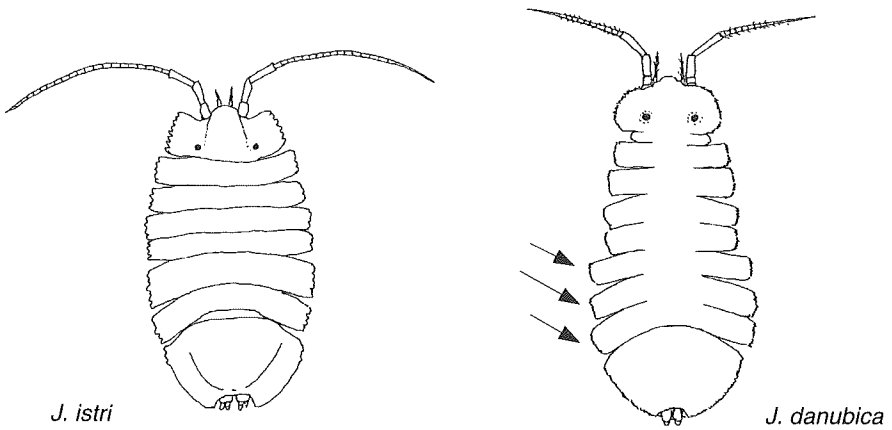
Cl. Crustacés 1

O. Amphipodes



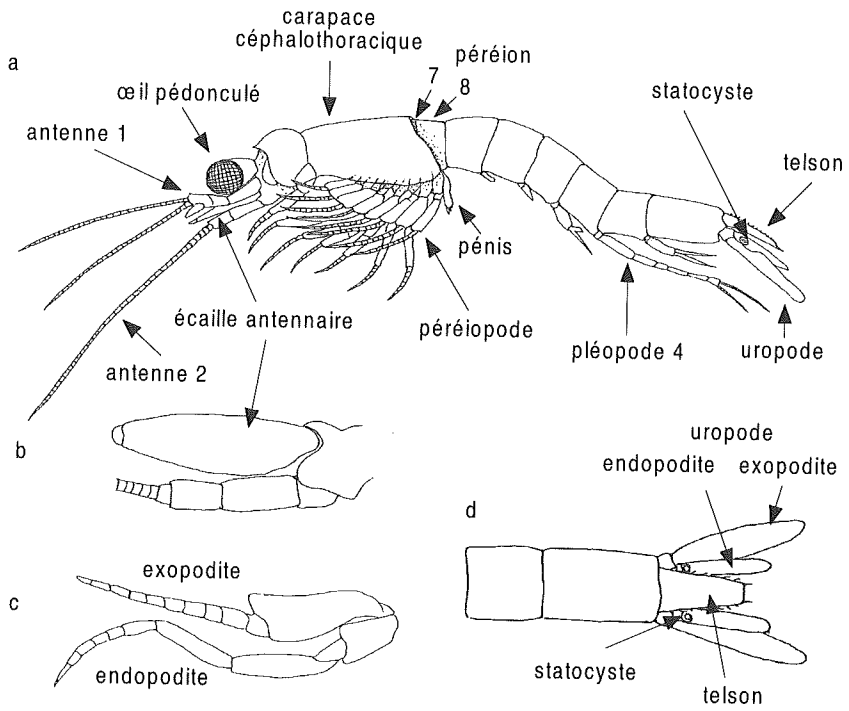
21.8.2 - *Dikerogammarus* vl

O. Isopodes
F. Janiridae

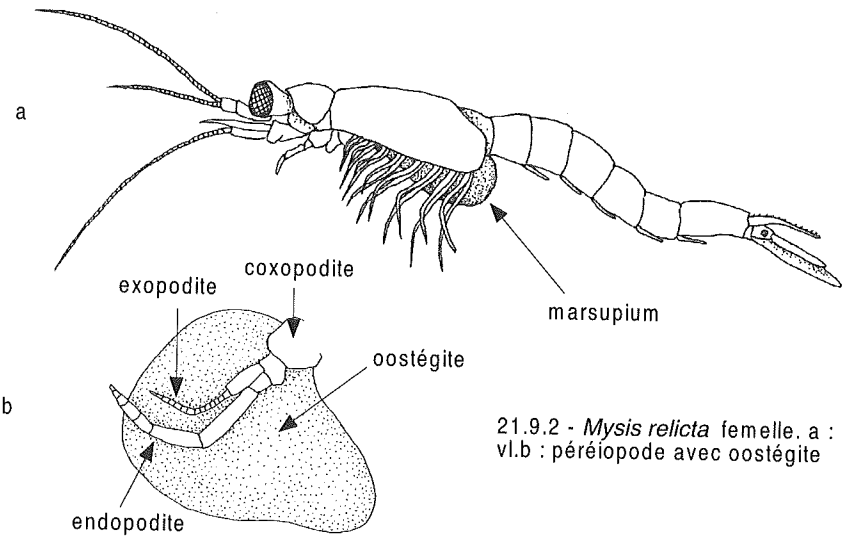


21.8.3 - *Jaera istri* et *J. danubica*

Cl. Crustacés 2
O. Mysidacés 1

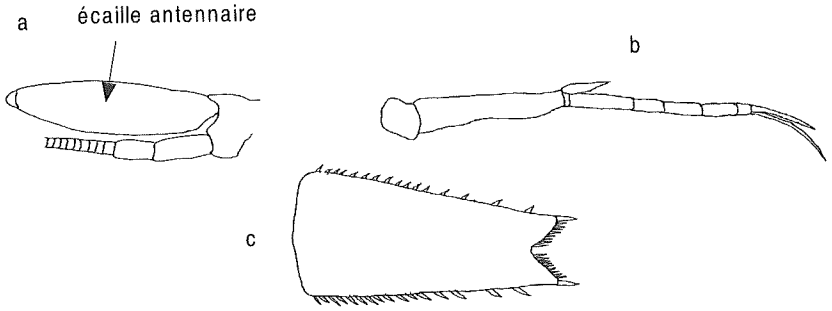


21. 9. 1 - *Hemimysis anomala* mâle. a : vl. b : partie proximale de l'antenne 2, vl. c : péréipode, vl. d : fin du pléon, vd. Les soies ne sont pas représentées.

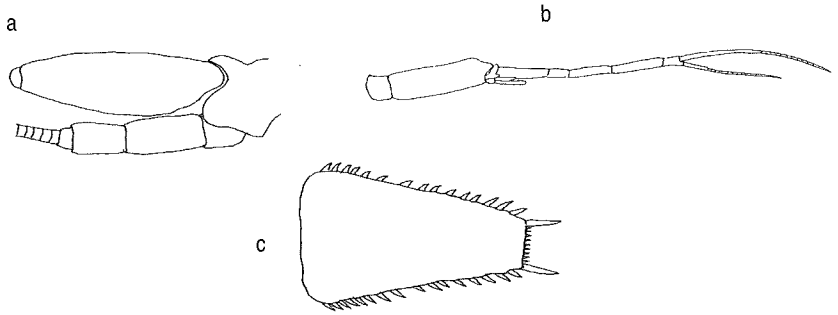


21.9.2 - *Mysis relicta* femelle. a : vl.b : péréiopode avec oostégite

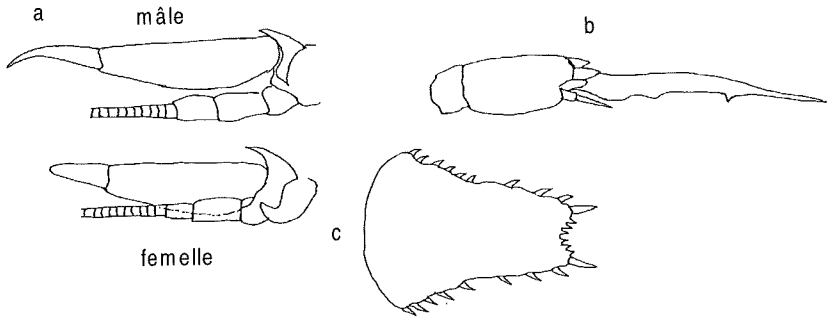
Cl. Crustacés 3
O. Mysidacés 2



21.10.1 - *Mysis relicta* . a : écaille antennaire (antenne 2).
b : pléopode 4 (mâle). c - telson, vd.



21.10.2 - *Hemimysis anomala*. a : écaille antennaire (antenne 2).
b : pléopode 4 (mâle). c - telson, vd.



21.10.3 - *Limnomysis benedeni* . a : écaille antennaire (antenne 2).
b : pléopode 4 (mâle). c - telson, vd

REMERCIEMENTS

Cette deuxième édition a été réalisée à partir des documents originaux de la première édition. Même si nous avons utilisé le même type d'ordinateur et les mêmes types de logiciels, entre 2000 et 2010, différentes versions des logiciels de texte ou de graphique sont apparues sans qu'il y ait toujours une parfaite adéquation entre les versions successives. Pour obtenir une mise en page pour le texte et une mise en forme pour les figures dans la continuité de la première édition, il a été nécessaire d'effectuer un véritable travail de « traduction ». C'est dans ce contexte que Janine Tachet a bien voulu se charger à nouveau de la mise en page des textes et la mise en forme des figures, travail ingrat mais essentiel puisque nous fournissons à l'éditeur un document prêt à être imprimé. Nous la remercions très chaleureusement pour son efficacité et sa compétence.

Nous remercions Albert-Louis Roux, professeur émérite, qui a rédigé la préface de cette deuxième édition.

Les auteurs tiennent à remercier ici, pour leur soutien amical et leur aide matériel, les membres de UMR 5023, Ecologie des Hydrosystèmes fluviaux, Université Lyon I, notamment : Leah A. Bêche, Gudrun Bornette, Michel Creuzé des Châtelliers, Sylvain Dolédec, Maxence Forcellini, Nadjette Houriez, Pierre Joly, Nathalie Lyvet, Pierre Marmonier, Sylvie Mérigoux, Jean-Michel Olivier, Sara Pujalon, Jean-Claude Rostan, Pierre Sagnes et Bernhard Statzner.

Cet ouvrage est destiné à fournir les bases d'une systématique des macroinvertébrés d'eau douce. Même si notre expérience personnelle nous a permis de résoudre de nombreux problèmes systématiques, nous avons apprécié de pouvoir faire appel à des compétences extérieures.

Nous remercions en tout premier lieu le groupe qui gère et anime le site internet de l'OPIE Benthos (www. invfmr.org) et notamment Michel Brulin, Gennaro Coppa, Jacques Le Doaré, Samuel Jolivet et Paul Troël.

Nous remercions tous ceux qui ont apporté leur contribution par leurs remarques pertinentes à propos des clés et/ou des diagnoses. Nous remercions également tous ceux qui n'ont pas hésité à nous envoyer des photographies ou des échantillons permettant ainsi d'améliorer très sensiblement certaines descriptions basées uniquement sur d'anciennes données de la littérature.

Pour la France, nous citerons : Adrien Auzeil, Gaït Archambaud-Suard, Aude Beauger, Yannick Beneat, Alain Berly, Anatole Boiché, Vincent Bouchareychas, Christine Chambert, Gérard Cochet, Michel Chovet, Pâquerette Dessaix, Bruno Fontan, Evelyne Franquet, Jean-François Fruget, Jean Giudicelli, Yves Lécureuil, Yannick Letet, Anne Morgillo, Jean Régondaud, Antoine Robé, Alain Thomas, François Vaillant, Jean Wulliot, Bertrand You.

Pour l'Allemagne : Fritz Kohmann, Peter J. Neu, Thomas Pitsch, Wolfgang Tobias, Peter Zwick ; pour l'Autriche : Ernst Bauernfeind, Wolfram Graf, Hans Malicky, Astrid Schmidt-

Kloiber ; pour la Belgique : Jean-Pierre Vanden Bossche ; pour l'Espagne : Nuria Bonada, Diego Garcia de Jalon, Marcos A. Gonzales, Ma. Angels Puig ; pour le Luxembourg : Alain Dohet ; pour les Pays-Bas : Lazare Botosaneanu ; pour le Pays de Galles : John M. Edington ; pour la Suisse : Emmanuel Castella, Ruth Bänziger, Sandra Knispel.

Le chapitre 20, consacré à l'usage des traits biologiques et écologiques doit beaucoup à Daniel Chessel, Bernard Statzner, Sylvain Dolédec (UMR 5023, Lyon I), ainsi qu'à Vince H. Resh (Université de Berkeley, Californie), Alan G. Hildrew (Queens Mary College, Londre) et Colin R. Townsend (Université de Otago, Nouvelle Zélande). Ces six personnes, dans le cadre d'une étude collective sur l'application possible des théories de *l'habitat templet* et du *patch dynamics* dans les écosystèmes d'eaux courantes, ont développé tout un ensemble de concepts théoriques et mis au point des développements informatiques qui ouvrent des perspectives originales en matière de traitement et d'interprétation des données écologiques.

Nous remercions Thomas Mourier qui en 1999 s'est intéressé au manuscrit de la première édition et l'a soutenu chaleureusement au niveau des différentes instances du CNRS, lui permettant ainsi d'être publié. Nous sommes heureux de remercier Anne Cadiot et Céline Ribet de CNRS Editions qui ont pris en charge la publication de cette deuxième édition.

INDEX SYSTÉMATIQUE

Acanthocnema, 517
Acentrella, 186, 582
A. sinaica, 187
Acentria, 303
A. ephemerella, 302
A. nivea, 302
Acentropus niveus, 302
Achaeta, 89
Achètes, 107
Acilius, 325
Acroloxidae, 122
Acroloxus, 122
Adephaga, 312, 316
Adicella, 428
Aeolosomatidae, 89
Aeshna, 245, 246, 249
Aeshnidae, 249
Afronurus zebratus, 188
Agabini, 323
Agabus, 323
A.bipustulatus, 319
Agapetinae, 414
Agapetus, 406, 414
Agraylea, 416
Agriotypidae, 304
Agriotypus, 423, 429
A. armatus, 304
Agrypnia, 418
A. crassicornis, 418
Alainites (cf. *Baetis*), 186, 582
Allogamus, 422
Allotrichia pallicornis, 416
Ameletidae, 186
Ameletus inopinatus, 183, 186
Ametropodidae, 188, 583
Ametropus fragilis, 188, 583, 584
Ampharetidae, 586
Amphichaeta, 91, 93
Amphinemura, 216, 218
Amphipodes, 153, 587
Anabolia, 406, 422, 427
A. nervosa, 421
Anacaena, 329
Anacaenini, 328
Anaciaeschna isosceles, 249
Anax, 249
A. imperator, 243, 249
Ancylidae, 122
Ancylus fluviatilis, 122
Anisops sardea, 280
Anisoptères, 243, 248
Anisozygoptères, 243
Anisus contortus, 123, 124
Annulipalpia, 408
Anodonta, 139, 140
Anomalopterygella chauviniana, 420
Anomalopteryx, 420
Anopheles, 507
Anophelinae, 507
Anostracés, 151
Anthomyidae, 517
Antocha, 512
A. vitripennis, 512
Apatania, 419
Apataniinae, 419
Aphanomyces astaci, 157
Aphanoneura, 89
Aphelocheiridae, 280
Aphelocheirus, 43
A. aestivalis, 280
Apistomyia, 506
Aplexa hypnorum, 124
Arctocorisa, 281
Arcynopteryx compacta, 220
Argulus, 42, 149, 150
Armiger crista, 123
Artemia, 150, 151
Arthropleidae, 188, 583
Arthroplea congener, 188, 583, 584
Asellidae, 156
Asellus, 155, 156
Astacidae, 158
Astacus, 156, 158
A. astacus, 158
A. leptodactylus, 158
Athericidae, 515
Atherix, 515
Athripsodes, 427
Atrichops, 515
Atyaephyra, 156
A. desmarestii, 157
Atyidae, 157, 186
Aulonogyrus, 317
Austropotamobius, 158
A. pallipes, 158
A. torrentium, 158
Baetidae, 186, 188
Baetis, 182, 183, 186, 582
B. atrebatinus, 186, 582
B. digitatus, 186, 582
B. incurvus, 186
B. muticus, 186, 582
B. niger, 582
B. tricolor, 582
B. vernus, 183
Baetopus, 181, 186, 582
B. tenellus, 183, 187
B. wartensis, 187
Basommatophores, 122
Bathyomphalus contortus, 124,
Batracobdella paludosa, 109
Bdellocephala punctata, 67
Belgrandia, 121, 122
Beraea, 431
Beraeamyia squamosa, 431
Beraeidae, 431
Beraeodes, 404, 431
B. minutus, 426, 432
Beraeodina palpalis, 431
Berosini, 329
Berosus, 313, 326, 329
Besdolus, 220, 221
Bidessini, 319
Bidessus, 319
B. geminus, 320
B. *pusillus*, 320
Bithynia, 121
B. tentaculata, 28, 120
Bithyniidae, 121
Bivalves, 137
Blepharicera, 506
Blephariceridae, 506
Boreobdella verrucata, 109
Boyeria irene, 249
Brachycentridae, 425
Brachycentrus, 407, 420, 425
Brachycercus, 185, 582
B. harisellus, 582
B. europaeus, 582
B. minutus, 582
Brachycères (Diptères), 501, 514

Brachyptera, 216, 217
Brachythemis, 250
Brachytron pratense, 249
Branchiobdella, 111
Branchiobdellida, 107, 111
Branchiobdellidae, 89
Branchiopodes, 149, 150
Branchioures, 149
Branchiura sowerbyi, 43, 92, 94
Brychius elevatus, 318
Bryozoaires, 77
Bucéphalose, 138
Bucephalus polymorphus, 30
Buchonomyia, 510
Buchonomyiinae, 510
Byrrhoidea, 331
Bythinella, 121, 122
Bythiospeum, 121, 122
Caenidae, 185, 583
Caenis, 182, 185, 582
Calamoceras marsupus, 429
Calamoceratidae, 429
Callicorixa praeusta, 282
Calopterygidae, 246
Calopteryx, 245, 246
Cambaridae, 158
Capnia, 219
Capniidae, 219, 583
Capnioneura, 219
Capnopsis schilleri, 219
Cataclysta lemnata, 303
Catagapetus nigrans, 415
Centroptilum, 186, 582
C. luteolum, 187
Ceraclea, 54, 427
Ceratopogonidae, 509
Ceratopogoninae, 509
Cercion lindeni, 247
Cercobrachys (cf. *Brachycercus*), 582
Ceriagrion tenellum, 248
Chaetarthria seminulum, 329
Chaetarthrini, 329
Chaetogaster, 91, 93, 138
C.diaphanus, 90
Chaetopterygini, 420
Chalcolestes viridis, 247
Chaoboridae, 507
Chaoborus, 46, 503, 507
Cheumatopsyche lepida, 409
Chimarra marginata, 37, 408
Chironomidae, 509
Chironominae, 510
Chironomini, 511
Chironomoidea, 508
Chironomus, 43, 502, 511
C. plumosus, 511
C. thummi, 511
Chirotonetes ignotus (cf. *Isonychia*), 188
Chlorohydra, 60
Chloroperla, 219, 220
Chloroperlidae, 216, 219, 584
Choroterpes picteti, 184
Chrysomelidae, 335
Chrysomeloidea, 335
Chrysopilus, 515
Chrysops, 516
Clavidae, 60
Clinocerinae, 514
Cloeon, 183, 186, 187, 582
C. dipterum, 181, 502
Cnidaires, 59
Coelambus, 320
Coelostoma, 330
Coenagrion, 245, 247, 248
Coenagrionidae, 247
Coléoptères, 311
Colymbetes, 324
Colymbetinae, 323
Colymbetini, 324
Conchostracés, 152
Congeria cochleata, 140
Copelatinae, 323
Copelatus, 323
Copropsychoda, 505
Coquillettidia, 507
Corbicula fluminea, 141
Corbiculacea, 140
Corbiculidae, 141
Cordulegaster, 245, 246, 249
Cordulegasteridae, 249
Cordulia, 245,
C. aenea, 251
Corduliidae, 250
Cordylophora, 59
C. caspia, 60
Corixa, 282
Corixidae, 281
Corixinae, 281
Corophiidae, 154
Corophium, 43, 153, 585
C. curvispinum, 154
Crambidae, 302
Crangonyctidae, 154
Crangonyx, 154
C. pseudogracilis, 153, 154, 585
Craspedacusta, 59
C. sowerbyi, 61
Crenitis punctatostriata, 329
Crenobia alpina, 67
Cristatella mucedo, 79
Crocothemis erythraea, 250
Crunoecia, 425
Crustacés, 149
Cryptocérates, 279
Cryptothrix nebulicola, 420
Culicidae, 507
Culicinae, 507
Culicoidea, 506
Curculionidae, 335
Curculionidea, 335
Cybister lateralimarginalis, 312, 326
Cybisterini, 326
Cylindrotomidae, 512
Cymatia, 281
Cymatiinae, 281
Cymbiodyta marginella, 328
Cyphon, 334
Cyrnus, 411
C. trimaculatus, 411
Dacnogenia coerulans, 188, 582
Dasyheleinae, 509
Décapodes, 149, 156
Démosponges, 53
Dendrobaena subrubicunda, 95
Dendrocoelidae, 67
Dendrocoelum, 67
D. lacteum, 65, 67
Dero, 92, 93
Deronectes, 322
Diamesinae, 511
Dicosmoecinae, 420
Dicranota, 513, 515
Dictyogenus, 221
Dikerogammarus, 587
Dina lineata, 110
Dinocras, 216, 221
Dioptopsis, 506
Diplacodes lefebvrii, 250
Diplectrona, 409
D. felix, 409
Dipseudopsidae, 412
Diptères, 501
Diura bicaudata, 216, 220
Dixa, 506
Dixella, 506
Dixidae, 506
Dolichopodidae, 515

Donacia, 335
Donaciinae, 335, 501
Dreissena, 30, 138, 140
D. polymorpha, 28, 140
Dreissenacea, 140
Dreissenidae, 140
Drusinae, 419
Drusus, 420
D. discolor, 43, 407, 419, 420
Dryopidae, 331
Dryops, 332
Dugesia, 67
D. tigrina, 44, 65, 66, 67
Dugesiidae, 67
Dupophilus brevis, 332, 333
Dytiscidae, 318
Dytiscinae, 324
Dytiscini, 325
Dytiscus, 312, 314, 325
D. latissimus, 326
Ecclisopteryx, 420
Ecdyonurus, 183, 188
Echinogammarus, 153, 154
E. berilloni, 154
Ecnomidae, 412
Ecnomus, 412
E. deceptor, 412
E. tenellus, 412
Ectoproctes, 78
Eiseniella tetraedra, 95
Electrogena, 182, 188
E. lateralis, 188
E. ujhelyii, 188
(= *E. quadrilineata*)
Elmidae, 332
Elminae, 332
Elminthidae, 332
Elmis, 315, 332, 333
Elodes, 334
Elophila nymphaeata, 303
Empididae, 514
Empidoidea, 514
Enallagma cyathigerum, 247
Enchytraeidae, 95
Enochrus, 313, 326, 327
Enoicyla, 420
E. pusilla, 419
Entoproctes, 78
Eoperla ochracea, 221
Epeorus, 183, 188
Ephemera, 32, 182, 183, 184, 185
Ephemerella, 183, 185, 582
E. major (cf. *Torleya*), 186
E. mucronata, 582
E. notata, 582
Ephemerellidae, 185, 582
Ephemeridae, 183, 185
Éphéméroptères, 181
Ephoron, 32, 182, 183, 185
E. virgo, 182, 187
Ephydatia, 55
Ephydridae, 516
Ephydroidea, 516
Epitheca bimaculata, 251
Epoicocladius, 511
Eretes sticticus, 325
Eretini, 325
Eriglenus, 323
Eriocheir sinensis, 156, 159
Eriopterini, 513
Eristalini, 516
Eristalis, 503
Ernodes, 431
Erotesis baltica, 428
Erpobdella, 110
E. octoculata, 110
E. testacea, 110
Erpobdellidae, 110
Erythromma, 247, 248
E.lindeni, 247
Esolus, 315, 332
Eubria palustris, 334
Eubriidae, 334
Eucarides, 152
Eukiefferiella, 511
Euleuctra geniculata, 218
(cf. *Leuctra geniculata*)
Fasciola hepatica, 120, 124
Ferrissia, 123
Ferrissiidae, 122
Forcipomyinae, 509
Fredericella sultana, 79
Galba, 124
G. truncatula, 120, 124
Gammaridae, 153
Gammarus, 153, 154
G. fossarum, 44, 154
G. pulex, 154
G. roeseli, 154
G. tigrinus, 154
Gastéropodes, 119
Gaurodytes, 319, 323
Gerridae, 283
Gerris, 283
Gerromorpha, 282
Glaenocorisa propinqua, 281
Glossiphonia, 109
Glossiphoniidae, 109
Glossosoma, 414
Glossosomatidae, 414
Glossosomatinae, 414
Glyphotaelius pellucidus, 423
Gnathobdelliformes, 110
Goera, 423
Goeridae, 303, 423
Gomphidae, 248
Gomphus, 245, 248
Gordiacés, 75
Gordius, 75
Graphoderus, 325
Graptodytes, 321
Guignotus, 320
G. pusillus, 320
Gymnolèmes, 79
Gyraulus, 123
Gyrinidae, 317
Gyrinus, 317
Habroleptoides, 184
Habrophlebia, 184
Haematopota, 516
Haementeria costata, 109
Haemonia, 335
Haemopis sanguisuga, 110
Hagenella chlathrata, 418
Halesus, 422
Haliplidae, 317
Haliplus, 317
Hapalothrix, 506
Haplogastra, 326
Haplosclerides, 53
Haplotaxidae, 92
Haplotaxis gordioides, 92
Hebridae, 278
Helaeomyia petrolei, 503
Heleidae, 509
Helichus, 331
Helicopsyche revelieri, 432
Helicopsychidae, 432
Helminthidae, 332
Helobdella stagnalis, 109
Helochares, 327
Helodes, 334
Helodidae, 334
Helophoridae, 330
Helophorus, 330
Hemerodromiinae, 514
Hemianax ephippiger, 249
Hemiclepsis marginata, 109
Hemimysis anomala, 587
Hémiptères, 277

Hemisphaera, 314, 329
Heptagenia, 188
H. fuscogrisea, 188
(= *Kageronia fuscogrisea*)
Heptageniidae, 183, 188, 582
Hesperocorixa, 282
Heterogastra, 331
Heteromeyenia baileyi, 55
Hétéroptères, 277
Hexagenia, 32
Hexatoma, 503
Hexatomini, 513
Hippeutis complanatus, 123
Hirudidae, 110
Hirudinées, 107
Hirudo medicinalis, 108, 110
Holocentropus, 411
Homilia, 427
Homoptères, 277
Hyalinella punctata, 79
Hydaticini, 325
Hydaticus, 325
Hydatophylax infumatus, 421
Hydra, 59
Hydradephaga, 312, 317
Hydraena, 331
Hydraenidae, 330
Hydres, 59
Hydridae, 59
Hydrobiidae, 121
Hydrobius, 327
Hydrocanthares, 312, 317
Hydrochara, 328
H. caraboides, 328
H. flavipes, 328
Hydrochidae, 330
Hydrochus, 330
Hydrocyphon, 334
Hydroglyphus pusillus, 320
Hydroïdes, 59
Hydrometra, 282
Hydrometridae, 282
Hydrophilidae, 326
Hydrophilinae, 327
Hydrophilini, 327
Hydrophiloidea, 326
Hydrophilus, 312, 314, 326, 328
H. aterrimus, 328
H. piceus, 328
H. pistaceus, 328
Hydroporinae, 319
Hydroporini, 320
Hydroporus, 320
Hydropsyche, 410
H. contubernalis, 32
H. pellucidula, 409
Hydropsychidae, 409
Hydropsychoidea, 409
Hydroptila, 415, 416
Hydroptilidae, 315, 415, 585
Hydroptiloidea, 414
Hydroscapha, 311, 312, 314, 336
H. granulum, 336
Hydroscaphidae, 336
Hydrous, 328
Hydrovatini, 319
Hydrovatus, 319
Hydrozoaires, 59
Hygrobia hermanni
(= *H. tarda*) , 313, 318
Hygrobiidae, 318
Hygrotus, 320
Hyménoptères, 303
Hypania invalida, 581, 586
Hyperrhyacophila, 413
Hyphydrini, 319
Hyphydrus, 319
Hyporhyacophila, 413
Ilybius, 324
Ilyocoris cimicoides, 280
Insectes, 175
Integripalpia, 417
Ironoquia dubia, 421
Ischnura, 247, 248
Isogenus nubecula, 220
Isonychia ignota, 181, 182, 188
Isonychiidae, 188
Isoperla, 216, 220
Isopodes, 155, 587
Isoptena, 219
I. serricornis, 583, 584, 585
Ithytrichia, 415, 417
Jaera, 587
J. istri, 587
J. danubica, 587
Janiridae, 587
Kageronia fuscogrisea, 188, 582
Labiobaetis (cf. *Baetis*), 186
Laccobiini, 328
Laccobius, 328
Laccophilinae, 323
Laccophilus, 323
Laccornis oblongus, 321
Lamellibranches, 137
Larainae, 332
Lasiocephala basalis, 425
Lauterborniella, 510
Lépidoptères, 301
Lepidostoma, 421
L. hirtum, 424
Lepidostomatidae, 424
Lepidurus apus, 152
Leptoceridae, 426
Leptoceroidea, 426
Leptocerus, 407, 427
Leptoconopinae, 509
Leptophlebia, 182, 184
Leptophlebiidae, 184
Lestes, 245, 247
Lestidae, 247
Leucorrhinia, 250
Leuctra, 218
L. geniculata, 218
L. major, 27, 46, 218
Leuctridae, 218, 583
Libellula, 245, 250
Libellulidae, 249
Libellulinae, 250
Limnebius, 314, 331, 336
Limnephilidae, 419
Limnephilinae, 420
Limnephilini, 420
Limnephiloidea, 419
Limnephilus, 418, 423
Limnius, 333
Limnomysis benedeni, 587
Limnophora, 517
Limnoxenus, 327
Limoniidae, 512
Limoniini, 512
Liponeura, 506
Liriope, 505
Lithax, 424
L. niger, 427
L. obscurus, 424
Lithoglyphus, 121, 122
L.naticoides, 120
Lophopus crystallinus, 79
Lumbricidae, 95
Lumbriculidae, 94
Lymnaea, 119, 120, 124
L. stagnalis, 124
L. truncatula, 120
Lymnaeidae, 124
Lype, 412
Macromia splendens, 251
Macromiidae, 251
Macronychus quadrituberculatus, 333

Macroplea, 331, 335
M. appendiculata, 331, 335
Malacostracés, 149, 152
Mansonia, 507
Margaritifera, 38
M. margaritifera, 139
M. auricularia, 139
Margaritiferidae, 139
Marthamea, 221
Mégaloptères, 299
Méganisoptères, 243
Meladema coriaceum, 324
Melampophylax, 422
Menetus dilatatus, 123
Mermithoidea, 74
Mesogastropoda, 119
Mesophylax, 422
Mesovelia, 283
Mesoveliidae, 282
Metalype fragilis, 411
Metanoea, 420
Metaporus meridionalis, 321
Metarhyacophila, 413
Metreletus, 186
M. balcanicus, 186
Micrasema, 425
Microcara testacea, 334
Microhydra ryderi, 61
Micronecta, 281
Micronectinae, 281
Microptila, 416, 583
M. minutissima, 583, 585
Microvelia, 283
Mochlonyx, 507
Molanna, 429
Molannidae, 428
Molannodes tinctus, 429
Monocentra, 419
Muscidae, 517
Muscoidea, 517
Musculium lacustre, 141
Mysidacés, 152, 587
Mysidae, 587
Mysis relicta, 587,588
Mystacides, 427
M. azurea, 405
Myxas glutinosa, 124
Myxophaga, 312, 336
Naididae, 93
Nais, 93
Nartus grapei, 324
Naucoridae, 280
Naucoris maculatus, 280
Nebrioporus, 322
Nehalennia speciosa, 247
Némathelminthes, 73, 74
Nématocères (Diptères), 501, 505
Nématodes, 74
Némertes, 73
Némertiens, 73
Nemotaulius punctatolineatus, 423
Nemoura, 215, 218
N. cinerea, 216, 218
Nemouridae, 218
Nemouroidea, 216, 217
Nemurella, 218
N. picteti, 216, 218
Neoephemera maxima, 188, 583, 584
Neoephemeridae, 185, 188, 583
Nepa, 281
Nepidae, 280
Nepomorpha, 279
Neritidae, 121
Neritoidea, 119
Neureclipsis bimaculata, 41, 43, 410
Neuronia, 418
Neurorthidae, 301
Neurorthus fallax, 301
Névroptères, 300
Nigrobaetis (cf. *Baetis*), 186, 582
Niphargidae, 154
Niphargus, 154
Normandia, 333
Noteridae, 318
Noterus, 318, 323
Notidobia, 430
N. ciliaris, 430
Notonecta, 280
Notonectidae, 280
Notostracés, 151
Nychia marshalli, 280
Nymphula stagnalis, 303
Obelia, 60
Ochthebius, 331
Odonates, 243
Odontoceridae, 303, 429
Odontocerum, 423, 430
O. albicorne, 429
Oecetis, 427
Oecismus, 430
O. monedula, 430
Oligochètes, 89
Oligoneuriella, 43, 181, 182, 188
O. rhenana, 182, 183, 187
O. pallida, 187
Oligoneuriidae, 183, 187, 188
Oligoplectrum, 43, 407, 420, 425
O. maculatum, 425
Oligostomia, 417
O. reticulata, 418
Oligotrichia striata, 418
Onychogomphus, 248
Ophidonais serpentina, 93
Ophiogomphus cecilia, 248
Orchestia cavimana, 155
Orconectes, 159
O. limosus, 157, 159
Orectochilus villosus, 317
Oreodytes, 322
Orphnephilidae, 508
Orthetrum, 250
Orthocladiinae, 183, 511
Orthotrichia, 416
Osmylidae, 301
Osmylus fulvicephalus, 301
Oulimnius, 333
Oxyethira, 417
Oxygastra curtisii, 251
Pachyleuctra, 219
Pacifastacus leniusculus, 158
Paduniella vandeli, 412
Palpicornia, 326
Paludicella articulata, 79
Parachiona picicornis, 422
Paracorixa concinna, 282
Paracymus, 327, 329
Paragomphus genei, 248
Paraleptophlebia, 182, 183 184
Paranais, 91, 93
Parapoynx stratiotata, 303
Pararhyacophila, 413
Parasetodes respersella, 427
Parasigara, 282
Pectinatella magnifica, 79
Pediciini, 513
Pelopiinae, 510
Peltodytes, 313, 318
Péracarides, 149, 152
Perla, 43, 216, 221
Perlidae, 216, 221
Perlodes, 215, 220
Perlodidae, 216, 220
Perloidea, 219
Petasidae, 61

Phacopteryx brevipennis, 422
Phagocata vitta, 67
Phalacrocera, 512
Pharyngobdelliformes, 110
Philopotamidae, 408
Philopotamoidea, 408
Philopotamus, 408
Philydrus, 327
Phryganea, 417, 418
Phryganeidae, 417
Phryganoidea, 417
Phylactolèmes, 79
Physa, 124
Physella, 124
Physidae, 124
Piguetiella blanci, 93
Pilaria, 513
Piscicola, 43, 150
P. geometra, 108, 110
Piscicolidae, 109
Pisidium, 138, 141
Placobdella, 109
Planaires, 65
Planaria torva, 67
Planariidae, 66
Planipennes, 300
Planorbarius corneus, 123
Planorbidae, 123
Planorbis, 123
Platambus maculatus, 323, 324
Plateumaris, 335
Plathelminthes, 65
Platycnemididae, 247
Platycnemis, 247
Plea leachi, 279
Plécoptères, 215
Plectrocnemia, 410
Pleidae, 279
Plumatella, 79
Podonominae, 510
Polycelis, 66
P. felina, 66
P. nigra, 65, 67
P. tenuis, 67
Polycentropodidae, 410
Polycentropus, 410
Polymitarcidae, 183, 184
Polymitarcyidae, 184
Polyphaga, 312, 326
Pomatinus substriatus, 331
Porhydrus, 321
Potamanthidae, 183, 184
Potamanthus, 182, 184
P. luteus, 182, 183, 184
Potamon ibericum, 159
Potamonectes, 322
Potamonidae, 159
Potamophilus acuminatus, 332
Potamophylax, 423
Potamopyrgus, 121, 122
P. antipodarum
(= *P. jenkinsi*), 119, 120, 122
Potamothrix
moldaviensis, 92, 94
Potomida, 140
P. littoralis, 139, 140
Prionocyphon serricornis, 334
Pristina, 91, 92, 93
Proasellus, 155, 156
P. coxalis, 156
P. meridianus, 156
Procambarus, 158
P. clarkii, 159
Procloeon, 186, 187, 582
Prodiamesinae, 511
Propappus, 92
P. volki, 95
Proppapidae, 95
Prosimuliini, 508
Prosobranches, 119, 121
Prosopistoma, 181, 183
P. pennigerum, 185
Prosopistomatidae, 185
Prosrhyacophila, 413
Prostoma graecense, 74
Protonemura, 215, 218
Psephenidae, 334
Pseudanodonta
complanata, 139, 140
Pseudocentroptilum
(cf. *Procloeon*)
Pseudoneureclipsis
lusitanicus, 412
Pseudunio auricularia, 139
Psilopa petrolei, 503
Psychoda, 44, 505
Psychodidae, 505
Psychodoidea, 505
Psychomyia, 406, 411
P. pusilla, 44, 411
Psychomyiidae, 411
Ptilocolepus, 417)
P. granulatus, 44, 417
Ptychoptera, 505
Ptychopteridae, 505
Ptychopteroidea, 505
Pulmonés, 119, 122
Pyralidae, 302
Pyrrhosoma nymphula, 247
Radix, 124
Ranatra, 278, 281
R. linearis, 281
Raptobaetopus
(cf. *Baetopus*)
Rhabdiopteryx, 216, 218
Rhagionidae, 515
Rhantus, 324
Rheotanytarsus, 510
Rhithrogena, 182, 188
Rhyacophila, 413
Rhyacophilidae, 413
Rhyacophiloidea, 413
Rhynchelmis, 92
Rhynchobdelliformes, 108
Riolus, 315, 333
Ripistes parasita, 43, 94
Scarodytes, 321
Scatella, 503
Scatophagidae, 517
Schizopelex, 430
S. festiva, 431
S. furcifera, 431
Sciomyzidae, 120, 516
Sciomyzoidea, 516
Scirtes, 334
Scirtidae, 334
Scirtoidea, 334
Scleroprocta, 513
Segmentina, 123
Serratella, 582, 583
S. ignita, 183, 582
S. mesoleuca, 582
Sericostoma, 430
Sericostomatidae, 430
Sericostomatoidea, 430
Setodes, 428
Sialidae, 300
Sialis, 300
Siettitia, 313, 316, 321
Sigara, 282
Silo, 424
Silonella aurata, 424
Simuliidae, 508
Simuliini, 508
Simulium, 508
Siphlonuridae, 187
Siphlonurus, 183, 187
Siphonoperla, 220
Sisyra, 54, 301
Sisyridae, 301
Slavina appendiculata, 92, 93
Somatochlora, 251

Sparganophilidae, 95
Sparganophilus tamesis, 95
Specaria rosinae, 94
Spercheidae, 330
Spercheus emarginatus, 330
Sphaeridiinae, 329
Sphaeriidae, 141
Sphaerium, 138, 141
S. lacustre, 141
Spicipalpia, 413
Spongiaires, 53
Spongilla lacustris, 53
Spongillidae, 53, 54
Stactobia, 407, 415, 417, 585
Stactobiella risi, 416
Stagnicola, 124
Staphylinoidea, 330
Stempellina, 510
Stenelmis, 332
Stenophylacini, 420
Stictonectes, 322
Stictotarsus, 322
Stratiomyidae, 514
Stratiomyioidea, 514
Stylaria, 93
S. lacustris, 55, 90, 92
Stylodrilus heringianus, 92, 94
Suphrodytes dorsalis, 320
Symbiocladius, 511
Sympecma, 247
Sympetrinae, 250
Sympetrum, 245, 250
S. fonscolombii, 250
Synagapetus, 415
Syrphidae, 516
Syrphoidea, 516
Tabanidae, 515
Tabanoidea, 515
Tabanus bovinus, 516
Taeniopterygidae, 217
Taeniopteryx, 216, 217
Talitridae, 155
Tanypodinae, 510
Tanytarsini, 510
Taphrophila vitripennis, 512
Tendipedinae, 510
Tetanoceridae, 516
Thaumalea, 509
Thaumaleidae, 508
Thaumastoptera calceata, 502, 512
Theodoxus, 119, 121
Thermonectini, 325
Theromyzon, 109
T. tessulatum, 108, 109
Thraulus bellus, 184
Thremma, 426
T. gallicum, 426
T. sardoum, 426
Thremmatidae, 426
Thyrrenoleuctra, 583
Tinodes, 412
Tipulidae, 511
Tipuloidea, 511
Torleya, 185, 582
T. major, 186
Trachylines, 59, 61
Triaenodes, 428
Tricholeiochiton fagesi, 417
Trichoptères, 403
Trichostegia minor, 417, 418
Triclades, 65
Triogma, 512
Triops cancriformis, 152
Trocheta, 111
T. bykowskii, 107
Trochospongilla horrida, 55
Troglocaris inermis, 157
Tubifex, 92
T. tubifex, 90
Tubificidae, 94
Turbellariés, 65
Uenoidae, 426
Uncinais, 94
Unio, 140
U. crassus, 139
Unionacea, 139
Unionidae, 139
Urnatella gracilis, 78
Valvata, 119, 120, 121
Valvatidae, 121
Vejdovskyella, 93
Velia, 283
Veliidae, 283
Vivipara, 119
Viviparidae, 121
Viviparus, 121
Wormaldia, 409
Xanthoperla, 219
X. apicalis, 219
Ylodes, 428
Y. conspersus, 428
Y. kawraiskii, 428
Y. reuteri, 428
Y. simulans, 428
Yola bicarinata, 319
Zavrelia, 510
Zygoptères, 243, 246

ERTÉBRÉS D'EAU DOUCE

ystématique, biologie, écologie

La biodiversité des invertébrés d'eau douce, qui comprennent notamment des insectes, des crustacés et des mollusques, est très élevée dans les eaux courantes ou stagnantes. Très sensibles aux perturbations qui affectent leur habitat, les invertébrés sont largement utilisés comme « marqueurs » de ces perturbations ; leur identification constitue donc un enjeu à la fois scientifique et écologique important.

L'ouvrage est conçu avec une double approche : systématique avec des clés de détermination et de très nombreuses planches de diagnoses permettant l'identification des différents genres et taxons, mais également biologique et écologique sous forme de tableaux de données numérisées.

Il intéressera aussi bien les chercheurs que les naturalistes professionnels et amateurs. Il constitue un outil pour les spécialistes impliqués dans les programmes de protection de la nature et de l'environnement, en particulier ceux qui sont en charge de la surveillance, de la gestion, et du suivi de la qualité de l'eau et des milieux aquatiques.

Dans cette nouvelle édition, les références bibliographiques ont été actualisées, la systématique de quelques groupes clés (Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères) a été révisée et de nouvelles espèces indigènes et invasives ont été décrites. Près de 500 taxons sont présentés.

Ouvrage réalisé sous la direction de Henri TACHET, en collaboration avec Philippe RICHOUX, Michel BOURNAUD et Philippe USSEGLIO-POLATERA. Les 4 auteurs, spécialistes des macroinvertébrés benthiques, ont été enseignants-chercheurs entre 1975 et 2000 au sein de l'UMR CNRS : Ecologie des Hydrosystèmes fluviaux de l'Université Lyon I (France).

ISBN : 978-2-271-06945-0

9 782271 069450

www.cnrseditions.fr

38 €