

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

BADJIMOKHTAR ANNABA UNIVERSITY
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA



جامعة باجي مختار - عنابة

Faculté des Sciences
Département de Biologie

THESE

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de DOCTORAT

**Contribution à l'étude des Chironomidae (Diptera, Insecta)
des mares temporaires de la Numidie Orientale. Aspect de
Biologie, Ecologie et Systématique**

Option:

Biologie animale et Environnement

Par : Mme Debbiche Zerguine Karima

Directeur de thèse:

Mr. Samraoui Boudjema

Professeur

Université de Guelma

Devant le jury composé de

Président:

Mr. Bairi Abd El Madjid

Maitre de Conférences
(A)

Université de Annaba

Examineurs:

Mlle. Berchi Salima

Professeur

Université de Constantine

Mr. Ouakid Mohamed Laid

Maître de Conférences (A)

Université de Annaba

Mr. Menai Rachid

Maître de Conférences (A)

Université de Guelma

Année universitaire 2009/2010

Remerciements

J' exprime ma profonde gratitude à Mr Bairi A. E. M (Université d'Annaba) d'avoir accepté de présider le jury de cette thèse. J'adresse mes plus vifs remerciements à Mlle Berchi S. (Université de Constantine), Mr Ouakid M. L. (Université d'Annaba) et Mr Menai R. (Université de Guelma) pour l'intérêt que chacun a porté à mon travail et d'avoir accepté sans hésitation d'en être les examinateurs.

Je tiens à remercier Mr Samraoui B. (Université de Guelma) de m'avoir mise sur la voie des Chironomidae. Je le remercie pour les échantillons de Chironomidae qu'il m'avait prêté pour mon étude. Je le remercie particulièrement pour sa confiance, ses encouragements et la grande liberté qu'il m'a accordée.

Un immense merci à Mr Rossaro B. (Université de Milan, Italie) pour sa grande compétence, sa disponibilité et générosité.. J'ai énormément apprécié ses qualités de rigueur et d'honnêteté scientifique. Je lui suis reconnaissante pour toutes les connaissances qu'il m'a transmises sur le monde des Chironomidae.

J' exprime également mes remerciements à Mr Moubayed Z. (Montpellier) et Mr Goddeeris B. (Institut Royal des Sciences Naturelles, Bruxelles, Belgique) pour leur aide, je n'oublierais jamais les séjours que j'ai passés avec eux. Ils ont changé ma vie.

Je tiens à remercier particulièrement Mr Menai R. pour les nombreuses discussions qu'on a faites. Je le remercie pour sa présence, ses encouragements et ses remarques scientifiques fructives.

Je voudrais également remercier tous mes collègues au Département de Biologie, Université 08 mai 45 de Guelma, sans exceptions pour leurs encouragements et d'avoir fait confiance dans mes compétences.

Un très grand merci à toute ma famille : mon cher mari Fateh, mes sœurs Salima et Rim et mes frères Tayeb et Mohamed pour leur présence et encouragements.

Enfin, je tiens à remercier plus particulièrement tous les Chironomidae (larves, nymphes ou adultes) et surtout ceux de la Numidie, qui sont victimes et bénéficiaires. Sans eux je n'aurais jamais pu réaliser l'inventaire des Chironomidae du Nord-est algérien.

A papa et maman

Résumé

Notre étude réalisée dans la région de la Numidie orientale dans l'Est algérien, concerne la connaissance des communautés de Chironomidae (Diptera) dans 26 mares temporaires au cours de quatre cycles hydrologiques successifs (1996-2000). Les aspects de Biologie, écologie et systématique de cette famille de Diptères ont été étudiés.

Cette étude a mis en évidence 64 espèces de Chironomidae réparties sur trois sous familles : celle des Chironominae, Orthoclaadiinae et Tanypodinae. En effet, la sous famille des Chironominae est la famille la plus riche en espèces et en nombre d'individus avec 34 espèces et 500 individus.

Malgré le nombre réduit des espèces enregistrées dans ce travail (64), et ceci comparativement avec les travaux des oueds de Djurdjura, le nombre des espèces nouvelles est élevé (40) ce qui correspond à 70% des espèces échantillonnées. Ceci nous permet de conclure que nos connaissances sur la faune Chironomidienne sont encore incomplètes.

Summary

Our study conducted in the eastern region of Numidia in eastern Algeria, to the knowledge of communities of Chironomidae (Diptera) in 26 temporary ponds in four successive hydrological cycles (1996-2000). Aspects of biology, ecology and systematics of this family of Diptera were studied.

This study revealed 64 species of Chironomidae on three subfamilies: that of Chironominae, Orthoclaadiinae and Tanypodinae. Indeed, the subfamily Chironominae is the family the richest in species and number of individuals with 34 species and 500 individuals. Despite the small number of species recorded in this work (64) and compared this with the work of wadis Djurdjura the number of new species is high (40) which corresponds to 70% of species sampled. This allows us to conclude that our knowledge of the chironomid fauna are still incomplete.

الملخص

لدينا دراسة في المنطقة نوميديا في شرق الجزائر ، لمعرفة المجتمعات من (Chironomidae) في 26 البرك المؤقتة في أربع دورات متتالية هيدرولوجية 1996-2000. وتمت دراسة جوانب من علم الأحياء ، علم البيئة والنظاميات هذه العائلة من حشرة.

وكشفت هذه الدراسة 64 نوعا من تحت عائلة Chironomidae على ثلاثة : Chironominae ، Orthoclaadiinae و Tanypodinae والواقع أن Chironominae هي أغنى تحت العائلة في الأنواع وعدد من الأفراد مع 34 نوع و 500 فرد.

وعلى الرغم من قلة عدد الأنواع المسجلة في هذا العمل (64) ، وبالمقارنة مع هذا العمل من أودية جرجرة هناك عدد أنواع جديدة عالية (40) وهو ما يعادل 70 ٪ من عينات الأنواع. وهذا يسمح لنا أن نستنتج أن معرفتنا الحيوانات Chironomidae لا تزال غير مكتملة.

Table des matières

Résumé	I
Introduction	1
Chapitre 1 : Biologie des Chironomidae	5
1.1 Morphologie des Chironomidae	5
1.1.1 les œufs.....	5
1.1.2 stade larvaire.....	10
1.1.3 stade nymphal.....	18
1.1.4 l'adulte	24
1.2 Systématique des Chironomidae	31
1.2.1 Classification et nomenclature.....	31
1.2.2 Le concept de la synonymie.....	31
1.2.3 L'homonymie.....	32
1.2.4 Les caractères d'identification des Chironomidae.....	32
1.2.5 Utilisation des chromosomes dans la taxonomie : cytotaxonomie.....	33
1.2.6 Guides d'identification.....	34
1.2.7 Les sous familles des Chironomidae.....	35
1.2.7.1 Sous famille des Orthocladiinae.....	36
1.2.7.2 Sous famille des Tanypodinae.....	39
1.2.7.3 Sous famille des Chironominae.....	46
1.2.7.4 Sous famille des Diamesinae.....	51
1.2.7.5 Sous famille des Prodiamesinae.....	52
1.2.7.6 Sous famille des Podonominae.....	56
1.2.7.7 Sous famille des Telmatogetoniinae.....	58
1.2.7.8 Sous famille des Buchonomyiinae.....	59
1.2.7.9 Sous famille des Aphroteniinae.....	59
1.2.7.10 Sous famille des Chilenomyiinae.....	62
1.3 Biologie des Chironomidae	63
1.3.1 les larves.....	63
1.3.2 les nymphes.....	68
1.3.3 les adultes.....	75
Chapitre 2 : Ecologie des Chironomidae	79
2.1 Influence des facteurs biotiques.....	79
2.2 Influence des facteurs abiotiques.....	86
2.3 Ecologie des sous familles des Chironomidae.....	97
2.4 les Chironomidae en tant que bioindicateurs.....	104

	116
	116
Chapitre 3 : Présentation de la zone d'étude	116
3.1 Présentation de la région d'El Kala.....	120
3.2 Le parc national d'El Kala.....	123
3.3 Climatologie.....	124
3.4 Relation température-précipitation.....	126
3.5 Présentation des sites d'études.....	
3.6 Description des sites d'études.....	
Chapitre 4 : Matériel et méthodes	130
4.1 Matériel d'étude.....	130
4.1.1 Matériel biologique.....	130
4.1.2 Matériel expérimental.....	132
4.2 Méthode d'étude.....	133
4.2.1 Sur le terrain.....	133
4.2.2 Au laboratoire.....	134
4.2.3 Analyse des données.....	138
Chapitre 5 : Résultats	140
5.1 check-list des espèces des Chironomidae au cours des 04 cycles.....	140
5.2 Check-list des espèces de Chironomidae par cycle.....	142
5.3 Description des espèces de Chironomidae de la Numidie.....	145
5.4 Relation des espèces de Chironomidae avec les sites d'étude.....	197
5.4.1 Check-list des espèces de Chironomidae dans les mares de la Numidie orientale	197
5.4.2 Répartition spatiale des espèces de Chironomidae.....	209
5.4.3 La richesse spécifique.....	213
5.4.4 Indices de diversité.....	220
5.5 Répartition temporelle des espèces de Chironomidae.....	222
5.5.1 Phénologie des Chironomidae pendant le cycle 1.....	223
5.5.2 Phénologie des Chironomidae pendant le cycle 2.....	224
5.5.3 Phénologie des Chironomidae pendant le cycle 3.....	227
5.5.4 Phénologie des Chironomidae pendant le cycle 4.....	230

5.6 L'étude de l'abondance des Chironomidae dans la Numidie.....	233
5.6.1 Abondance des différents groupes de Chironomidae.....	233
5.6.2 L'évolution mensuelle de l'abondance des Chironomidae.....	233
5.6.3 Statut des espèces des Chironomidae.....	246
Chapitre 6 : Discussion.....	252
Conclusion	261
Bibliographie.....	262

Introduction

Introduction

La famille des Chironomidae est un groupe d'insectes Diptères du sous ordre des Nématocères. Les membres de cette famille sont appelés communément « les moucheron non piqueurs » ou « Non Biting Midges des anglophones » au stade adulte et « bloodworms » au stade larvaire. Les larves des Chironomidae sont également bien connues sous le nom de : « ver de vase ».

Les Chironomidae sont souvent le groupe de macroinvertébrés le plus abondant, en nombre d'espèces et individus, rencontrés dans tous les milieux aquatiques d'eaux douces. En plus, les Chironomidae ont envahi la mer se trouvant le long des côtes du monde entier et vivant à une profondeur de 30 m dans l'océan, et la terre, où ils peuvent être rencontrés dans les milieux humides ou le feuillu sec de litières de forêt. De même, les Chironomidae se présentent dans tous les continents. En effet, ils ont été trouvés vivants à des hauteurs de 5600 m sur les glaciers de l'Himalaya (Kohshima, 1984) et à des profondeurs de plus de 1000 m dans le Lac Baïkal (Linevich, 1971 ; Armitage *et al.*, 1995 ; Epler, 2001).

Les Chironomidae sont parmi les insectes aquatiques les plus tolérants à la température de l'eau et de l'air. En effet, les larves de *Paratendipes thermophilus* vivent dans les mares chaudes de 38.8°C (Hayford *et al.*, 1995) et les adultes de *Diamesa mendotae* capables de dépasser leur point de fusion et survivre à des températures atmosphériques de moins de -20°C (Lencioni, 2004 ; Bouchard et Ferrington, 2009).

Les Chironomidae sont des insectes holométaboles, leurs larves, nymphes et adultes forment une part intégrale de la chaîne trophique servant de nourriture pour d'autres invertébrés, poissons, oiseaux et amphibiens. D'autre côté, les adultes de Chironomidae sont considérés comme nuisances lorsque de grandes émergences se présentent près des habitations humaines. Ils ont été impliqués dans la production de réactions allergéniques pour l'Homme (Ali, 1991 ; Armitage *et al.*, 1995).

Cependant, les Chironomidae sont connus depuis longtemps comme des indicateurs potentiels de la qualité de l'eau. En effet, quelques groupes de genres et/ou d'espèces habitent les milieux de haute qualité ; d'autres préfèrent les milieux pollués. De même, les paléolimnologues ont également utilisé les Chironomidae comme indicateurs

environnementaux et climatiques dans des études rétrospectives visant à mesurer et à comprendre les récentes modifications de l'environnement, notamment les changements climatiques et les propriétés physico-chimiques des lacs.

Malheureusement, l'étude des Chironomidae rencontre deux sortes de problèmes : i) la confusion dans la nomenclature des espèces et, ii) l'existence de deux systèmes de classification, l'un est basé sur les adultes et l'autre sur les stades immatures. L'ensemble des problèmes taxonomiques rencontrés au cours de l'étude des Chironomidae ont été élaborés par Ashe (1983). Actuellement, les Chironomidae attirent de plus en plus l'attention des chercheurs pour élaborer des travaux traitant tous les stades dans le but de séparer les espèces (Wiederholm, 1983, 1986, 1989).

Le problème commun dans la littérature traitant la morphologie des Chironomidae est que plusieurs noms alternatifs sont fréquemment utilisés pour la même structure. En fait, le glossaire de Sæther (1980) est une tentative constructive pour la rationalisation de cette situation. Pour cette raison, ses recommandations ont été suivies tout au long de ce travail.

A travers la famille des Chironomidae, les stades larvaire et nymphal sont inféodés aux habitats aquatiques alors que les adultes sont aériens et souvent ils sont collectés à des distances plus ou moins loin de leurs habitats d'émergence. La description des espèces est, par tradition, basée sur les adultes, et la connaissance des stades immatures est variable à travers les tribus ou même à travers les espèces d'un même genre. En effet, quelques genres ont des stades immatures terrestres, d'autres genres ont des larves exclusivement aquatiques. Cependant, beaucoup d'espèces ont des stades immatures inconnus (Lévêque *et al.*, 2005).

La famille des Chironomidae est divisée en 11 sous familles : Telmatogetoniinae, Usambaromyiinae, Podonominae, Tanypodinae, Buchonomyiinae, Diamesinae, Prodiamesinae, Orthocladiinae, Chironominae, Chilomyiinae et les Aphroteniinae. En effet, les sous familles des Telmatogetoniinae, Podonominae, Buchonomyiinae, Chilomyiinae, Usambaromyiinae et les Aphroteniinae sont restreintes dans leurs distributions et même en nombre d'espèces. L'occurrence des Diamesinae et les Prodiamesinae dépend des conditions climatiques. Cependant, les sous familles des Orthocladiinae, Tanypodinae et Chironominae sont celles qui abritent le maximum d'espèces et sont très largement distribuées à travers le monde (Wiederholm, 1983 ; Armitage *et al.*, 1995 ; Ferrington, 2008).

Une révision des 10 sous familles a été fournie par Cranston (1995), l'analyse cladistique de la phylogénie des sous familles a été établie par Sæther (2000a), et la distribution zoogéographique a été résumée par Ashe et al. (1987) et Sæther (2000b). Une liste des noms des genres et sous genres et les synonymes a été publiée par Ashe (1983).

Des catalogues régionaux fournissent des données valables concernant la distribution des Chironomidae : Ashe et Cranston (1990) pour la région paléarctique, Sæther et Spies (2004) pour l'Europe, Oliver et al. (1990) pour le Néarctique, Spies et Reiss (1996) pour la région Néotropicale, Freeman et Cranston (1980) pour la région afrotropicale, Cranston et Martin (1989) pour les régions d'Australie et l'Antarctique, et Sublette et Sublette (1973) pour la région Orientale.

Une richesse spécifique et générique est enregistrée dans les régions Paléarctique et Néarctique, respectivement, ceci est probablement dû au fait que la majorité des chercheurs sur les Chironomidae sont localisés dans ces régions (Armitage *et al.*, 1995 ; Ferrington, 2008).

La recherche sur les Chironomidae dans la région Méditerranéenne est très active ces dernières années, le nombre des espèces connues dans les pays méditerranéens (Sud de la France, Espagne, Portugal, Grèce, Turquie, Syrie, Liban, Tunisie et le Maroc) évolue exponentiellement. Les données sur les Chironomidae de la Méditerranée étaient très restreintes avant la publication de Reiss (1977) sur les espèces Paléarctiques ; dans cette publication une liste des espèces endémiques de la région Méditerranéenne a été fournie.

Les régions du Nord de la Méditerranée (Espagne, France, Italie et la Grèce) sont mieux étudiées. Néanmoins, plusieurs contributions du sud méditerranéen se sont émergées. Une revue sur la faune méditerranéenne (Laville et Reiss, 1992) a recordé la présence de 97 espèces mais, dans ce travail les espèces de l'Est de la Turquie (Caspers et Reiss, 1989) et les Alpes Italiens (Rossaro, 1988) ont été également incluses.

Les Chironomidae de l'Afrique du Nord sont encore mal connus. Parmi les références de base les plus importantes on peut citer : Azzouzi et Laville (1987) pour le Maroc, et Boumaiza et Laville (1988) pour la Tunisie. Concernant l'Algérie, des résultats préliminaires ont été fournis par Moubayed et al. (1992), Lounaci et al. (2000), et Moubayed et al. (2007). Dans ce dernier travail, les récoltes réalisées à partir de plusieurs oueds dans la région de la Kabylie du Djurdjura, au Nord algérien, ont permis d'établir une liste de 87 espèces de Chironomidae,

dont 8 Tanypodinae, 3 Diamesinae, 57 Orthocladiinae et 19 Chironominae. Parmi ces espèces 53 sont nouvelles pour l'Algérie.

Les mares temporaires méditerranéennes sont des zones humides de petite taille, qui occupent des dépressions souvent endoréiques, avec une alternance de phases sèches et inondées. Elles se rencontrent dans les cinq régions du monde à climat méditerranéen (l'Europe et l'Afrique du Nord, l'Australie, l'Amérique du Nord (Californie), l'Amérique du Sud et l'Afrique du Sud) (Grillas *et al.*, 2004). Elles sont particulièrement riches dans le Bassin Méditerranéen et notamment dans la Numidie (Samraoui et De Bélair, 1998 ; De Bélair, 2005), où elles sont très nombreuses et constituent des sites très importants pour la biodiversité (Samraoui *et al.*, 1998 ; Samraoui et De Bélair, 1998 ; Samraoui et Dumont, 2002).

En fait, les mares temporaires sont des milieux caractéristiques du paysage nord-africain. En Algérie, l'étude des mares remonte à Gauthier (1928) qui s'intéressait durant plusieurs années au zooplancton et aux macroinvertébrés d'un complexe de mares près d'Alger. Ce travail fut suivi d'une longue période d'interruption et les mares algériennes ne firent l'objet d'aucune autre étude scientifique jusqu'à la fin du XX^e siècle.

En 1996, un programme de recherche des mares temporaires de la Numidie, dans le nord-est algérien, a été mis en place. Cette étude, initiée par Pr Samraoui (Université d'Annaba), a pour objectif d'améliorer les connaissances de la structure et du fonctionnement des mares temporaires méditerranéennes.

Notre étude vise à étudier la communauté chironomienne dans 26 mares temporaires de la Numidie et ceci pendant 04 cycles hydrologiques successifs (1996-2000). Elle a pour objectifs :

- La réalisation de l'inventaire des Chironomidae des mares temporaires de la Numidie
- La précision du statut des espèces des Chironomidae (abondance et répartition)
- La définition de la phénologie des espèces de Chironomidae
- L'identification des espèces chironomidiennes rares et abondantes
- La détermination des facteurs qui orientent la distribution et l'échéance des espèces de Chironomidae dans les sites étudiés.

Chapitre 1: Biologie des Chironomidae

Chapitre 1 : Biologie des Chironomidae

1.1 Morphologie

Les Chironomidae sont des Diptères faisant partie du groupe morphologique des Culiciformes, c'est-à-dire que leur aspect général est celui d'un moustique. Ce sont des Nématocères et à ce titre, ils sont caractérisés par des antennes longues (plus ou moins aussi longues que la tête). Leur appareil buccal est très régressé et l'atrophie des mandibules au stade adulte ne leur permet pas de piquer.

Leur cycle de développement comporte trois états morphologiquement très différents qui, tout en ayant un aspect général identique d'une sous-famille à l'autre, présentent des variations anatomiques qui constituent des bases essentielles de la systématique.

Beaucoup de terminologies ont été utilisées mais la terminologie utilisée dans ce mémoire est celle de Sæther (1980).

1.1.1. Les œufs

a) Structure

L'œuf des Chironomidae, comme tous les Insectes, est de type centrolécithe, riche en vitellus qui constitue une masse centrale de réserves nutritives. Le cytoplasme contenant plusieurs noyaux est périphérique (Beaumont et Cassier, 1983).

La coque de l'œuf comporte, de l'intérieur vers l'extérieur, l'enveloppe vitelline et le chorion séparés par une couche cireuse protectrice. En général, le chorion des œufs des Chironomidae est peu épais et contient des protrusions et présente un micropyle (Dinulesco, 1932 ; Williams, 1982). Cependant, il peut être lisse chez d'autres espèces comme *Tanytarsus barbitarsis* (Kokkinn et Williams, 1988) ou épais conférant une certaine protection contre la dessiccation chez les œufs des Telmatogetoninae (Nolte, 1993).

En général tous les Chironomidae pondent leurs œufs sous forme de masses gélatineuses en contact de l'eau. Cependant les membres de la sous famille des Telmatogetoninae font exception puisque leurs œufs sont pondus individuellement sans matrice gélatineuse (Nolte, 1993).

b) Le nombre des œufs

Souvent, les masses d'œufs des Chironomidae contiennent approximativement 20 à 30 œufs. Ce nombre peut s'étendre jusqu'à plus de 3000 chez les espèces de grande taille (Davies, 1976). En fait, La ponte la plus volumineuse a été enregistrée chez *Chironomus*

tentans avec 3300 œufs dans une seule masse. Néanmoins, il peut y avoir également des variations intraspécifiques (Nolte, 1993).

c) La forme et la taille des œufs

La forme des œufs chez les Chironomidae est généralement elliptique ou réniforme. De même, les œufs peuvent être aussi deltoïdes chez quelques Telmatogetoninae (*Telmatogeton japonicus*) et quelques Orthocladiinae comme *Orthocladus sp.* et *Eukiefferiella claripennis* (Nolte, 1993) (Figure1).

Les œufs nouvellement pondus sont souvent blancs ou jaunâtres. Néanmoins, certains Tanypodinae (par exemple : *Psectrotanypus varius*) produisent des œufs bruns-oranges. Chez certains Chironominae (comme : *Microtendipes pedellus*) les œufs sont bruns alors que ceux de *Pseudochironomus prasinatus* sont verdâtres (Nolte, 1993).

La taille des œufs varie considérablement entre les espèces. En effet, les œufs les plus petits sont ceux de *Corynoneura* et *Thienemanniella* dont la taille est autour de 170 µm de long et 70µm de largeur, alors que *Tanypus punctipennis*, un grand Tanypodinae, pond des œufs d'une taille de 612µm de long et 135µm de largeur. Généralement, chez les Chironomidae le ratio: longueur/largeur est de 2.5 à 3 (Nolte, 1993).

d) Les masses d'œufs

La majorité des espèces des Chironomidae pondent leurs œufs en lots enrobés dans une masse gélatineuse. En fait, il y a des différences spécifiques dans la morphologie des masses d'œufs. Nolte (1993) a largement étudié les masses d'œufs chez les groupes de Chironomidae.

En effet, chez les Tanypodinae les masses d'œufs sont globulaires ou en forme de bâtonnets. Elles sont, dans la majorité des cas, attachées à un support solide par un long pédoncule d'un seul côté. Cependant chez les espèces de la tribu des Macropelopiini les masses sont attachées aux supports par une région plate à un seul côté.

Les œufs des Diamesinae sont pondus sous forme de chaînes. En effet, la femelle pond ses œufs en rampant sur un support. D'un autre côté, les masses d'œufs des Orthocladiinae sont soit linéaires ou en forme de « balle ».

Chez les Chironominae, les masses d'œufs des Chironomini sont de forme cylindrique avec un pédoncule gélatineux (Figure 2), elles sont généralement de grande taille. Par exemple, les masses pondues par *Chironomus plumosus* peuvent être 36 mm de long. Chez certains Chironomini, comme *Polypedilum convictum* les œufs sont disposés en tours hélicoïdales (Williams, 1982).

Par contre la tribu des Tanytarsini montre une grande diversité. En effet, Nolte (1993) a noté que les œufs des espèces appartenant à cette tribu pondent des masses d'œufs en forme linéaire, soit associés en groupes ou pondus séparément. Par exemple, *Tanytarsus barbitarsis* peut pondre ses œufs séparément ou en de nombreux lots contenant un nombre réduits d'œufs (Kokkinn et Williams, 1988). *Paratanytarsus dissimilis* a été décrit différemment par Cavanaugh et Tilden (1930) en pendant ses œufs dans des masses linéaires, ou les œufs sont attachés modérément pour former une ligne ou bien ils sont pondus séparément. D'autres formes de masses d'œufs ont été décrites chez les Tanytarsini comme celle globulaire de *Tanytarsus neoflavellus* (Davis, 1966) et en bâtonnets chez *Paratanytarsus laccophilus* (Lindeberg, 1958).

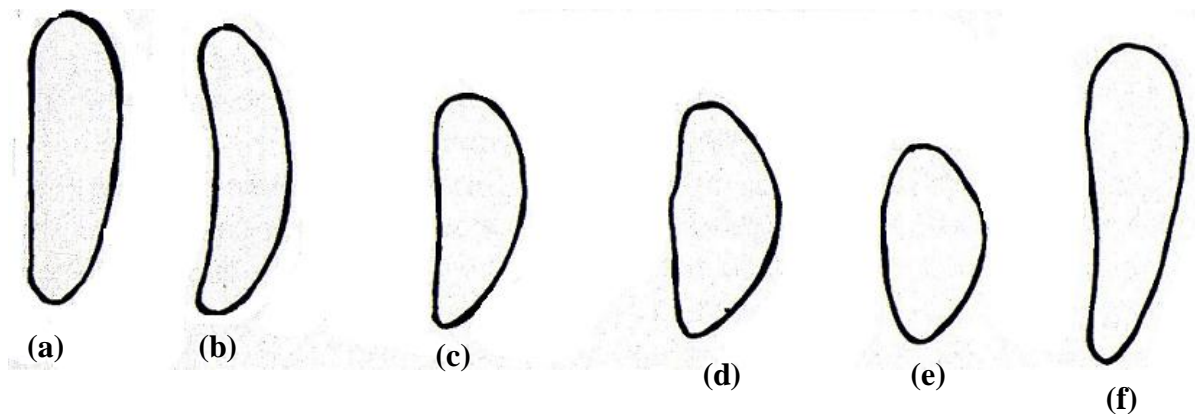


Figure 1 : les formes des œufs de quelques Chironomidae (a) : *Chironomus tentans*, (b) : *Dicrotendipes nervosus*, (c) : *Cricotopus sylvestris*, (d) : *Metricnemus fuscipes*, (e) : *Paratanytarsus tenuis*, (f) : *Procladius culiciformis* (Armitage et al ., 1995).



Figure 2: Masses d'œufs de *Chironomus plumosus* [1].

Chez les Buchonomyiinae, un petit groupe de Chironomidae, les œufs sont pondus en masses rudement tubulaires et ouvertes dans ces deux côtés avec un filon sur toute sa longueur. Les œufs dans ses masses sont librement mobiles dans une gélatine fluide (Ashe et Murray, 1983).

e) la nature de la matrice gélatineuse

Souvent, les œufs des Chironomidae sont pondus dans une matrice gélatineuse. Cette matrice constitue les revêtements de l'œuf pour sa protection. Elle est élaborée par les glandes collatérales maternelles (Beaumont et Cassier, 1983). La matrice gélatineuse est constituée de plusieurs types de gélatine distinguables par leurs indices de réfraction.

Chez les Tanypodinae, toutes les masses d'œufs ont une matrice basique constituant le volume de la masse dans laquelle les œufs sont suspendus. Les masses pédonculées ont un deuxième type de gélatine qui s'étend à travers le pédoncule (Nolte, 1993). Chez les Macropelopiini, les masses d'œufs ont un troisième type de gélatine rayée avec des décolorations qui disparaît quand les œufs se développent (Munsterhjelm, 1920 ; Nolte, 1993). Selon Nolte (1993), chez les Tanypodinae les œufs sont arrangés dans la matrice linéairement mais les rangées peuvent être spirales ou enroulés en boucles.

Chez *Diamesa* sp, il y a deux types de gélatine dans les masses d'œufs : un tube interne contenant les œufs et une enveloppe périphérique. Alors que chez *Pseudodiamesa* sp il y a un seul type de gélatine distinct et les œufs sont arrangés en une seule rangée (Oliver, 1959 ; Nolte, 1993).

Chez les Orthocladiinae dont les masses d'œufs sont linéaires la matrice gélatineuse est constituée de trois composants : une couche interne de gélatine, le tube qui est une couche reflétant la lumière entourant les œufs et une couche externe. Cependant, chez *Corynoneura* et *Thinemanniella* la couche externe est manquante et elle est remplacée par une couche fine hyaline. Chez d'autres espèces comme certains *Cricotopus* et *Rheocricotopus* la couche réfringente ou le tube est manquante et les œufs sont enrobés de gélatine. Concernant les masses d'œufs en forme de « balle » les œufs peuvent être entourés du tube, chez certaines espèces ce tube peut manquer.

Chez les Orthocladiinae terrestres, les masses d'œufs sont très petites et comprennent une couche interne de gélatine, une interface reflétant la lumière et une couche gélatineuse externe. Cette dernière est une enveloppe épaisse qui protège les œufs contre la déshydratation (Thienemann et Strenzke, 1940).

Les masses d'œufs des Chironomini sont caractéristiques par leur forme cylindrique et leur pédoncule gélatineux. Elles contiennent également des fibres centrales. Ces fibres consistent en des filaments réfringents qui s'étendent sur toute la longueur de la masse. Chez certaines espèces comme *Chironomus plumosus* les fibres sont claires et visibles mais chez d'autres comme *Dicrotendipes* (Silina, 1959) et *Microtendipes* (Baz, 1959) elles sont très difficiles à observer ou peuvent être absentes.

f) Le développement embryonnaire

La durée du développement embryonnaire a été reportée par Thienemann (1954) de 2.5 à 6 jours. Cependant, elle est amplement influencée par les facteurs environnementaux et surtout la température (Kokkinn, 1990). En effet, les œufs de *Thiennemanniella vittata* éclosent dans un minimum de 4 jours à 20°C, 6 jours à 15°C 13 jours à 10°C et 31 jours à 5°C (Williams, 1981).

Le temps nécessaire à l'éclosion des œufs de *Tokunagayusurika akamusi* décroît significativement lorsque la température augmente entre 5 et 25°C, et les œufs n'éclosent pas à 30°C. De même, le pourcentage des œufs de *T. akamusi* qui se développent en larves est également négativement corrélé avec la température. L'étude a montré également que le temps d'éclosion décroît avec les photopériodes allongées (Zhijun *et al.*, 2002).

1.1.2 Le stade larvaire

Les Chironomidae possèdent quatre stades larvaires mais toutes les observations morphologiques et taxonomiques ont été faites sur le dernier stade. En effet, la majorité des structures apparaissent dans les stades larvaires précoces (Olafsson, 1992) mais beaucoup de

caractères du stade final, surtout les formes et ratios, ne s'appliquent pas sur les premiers stades et ne permettent pas une bonne différenciation (Cranston, 1995a; Epler, 2001).

a) Différences avec les autres familles de Diptères

Les larves des Chironomidae sont des Diptères Nématocères typiques. Elles possèdent une capsule céphalique bien individualisée développée, exposée, complète et non rétractile et un corps segmenté étroit, allongé et qui ne possède pas de pattes thoraciques (Cranston, 1995a) (Figure 3).

Les larves des Chironomidae diffèrent des autres larves Nématocères par la combinaison des caractères suivants :

- L'absence des stigmates (larves apneustiques).
- La présence de deux paires de pseudopodes sur le premier segment thoracique et le dernier segment abdominal.
- Le segment abdominal terminal porte une paire de procerques qui supportent chacun une touffe de soies plus ou moins longs.

Les larves des Cératopogonidae possèdent des pseudopodes antérieurs et ressemblent beaucoup aux larves d'Orthoclaadiinae terrestres (Tachet *et al.*, 2000). Cependant les larves des Cératopogonidae possèdent un pharynx fort et sclérotinisé armé de deux crochets différent de celui des Chironomidae dont le pharynx est très peu modifié.



Figure 3 : Forme générale d'une larve de Chironomidae [2]

Les larves des Thaumaleidae, qui possèdent également une paire de pseudopodes antérieurs, sont métapneustiques et hypognathes alors que toutes les larves des Chironomidae sont prognathes avec des pièces buccales dirigées antérieurement.

Les larves des Chironomidae sont apneustiques, à la différence des larves des Cératopogonidae, Thaumaleidae et des Psychodidae et ne possèdent pas un siphon respiratoire comme les Culicidae ni un disque adhésif comme celui des Simuliidae (Ferrarese et Rossaro, 1981).

b) Dimensions et colorations

Les larves des Chironomidae ont une longueur de presque 3 jusqu'à 25-30 mm. Leur coloration est variable allant du jaune blanchâtre au rouge en passant par le vert ou le bleu. Elles peuvent être également brunâtres, violets ou oranges. Des fois, on note des ornements sur les segments du corps.

c) La capsule céphalique

Pour l'identification des larves de Chironomidae il est nécessaire de connaître les détails morphologiques posés surtout sur la tête et la région périanale.

➤ **Le squelette céphalique :** (figure 4)

La capsule céphalique des Chironomidae consiste d'un cranium sclérotinisé, qui comprend l'apotome dorsal et une paire de genae latéraux. Ces trois sclérites sont séparés par des lignes de mue ou : sutures. En fait, il y a des différences morphologiques entre les différentes sous familles mais dans l'état le plus divisé le clypeus est discret et plus de cinq sclérites labraux se trouvent antérieurement par rapport à l'apotome frontal. Des variations peuvent se présenter et incluent la fusion du clypeus et l'apotome frontal pour former l'apotome frontoclypeal. La position des soies céphaliques dorsales est en relation avec ces sclérites, en effet, S1 et S2 se trouvent sur le labre (soies labrales), S3 sur le clypeus (soies clypeales) et les S4 et S5 sur l'apotome frontal (soies frontales).

Les genae forment les parties latérales et ventrales de la tête sclérotinisée et sur laquelle se trouvent les soies qui restent : S6 (soies suborbitales), S7 (soies supraorbitales), S8 (pariétales), S9 et S10 (soies genales) et S11, S12 (coronales). Toutes ses soies sont localisées comme leur nom implique. La variation dans l'emplacement de ces soies est d'une grande valeur taxinomique au niveau générique.

➤ **Antennes**

La plupart des Chironomidae possèdent des antennes bien développées, segmentées, placées antéro-dorsalement sur les genae supérieurs. Les antennes sont divisées en cinq segments mais il peut y avoir 4 ou 3 ou 7 segments.

Généralement les antennes des larves de Chironomidae sont formées par un segment basal de longueur et de diamètre variés et d'un flagelle avec un nombre variable de segments. Sur la paroi du segment basal on peut noter un sensillum circulaire : l'organe annulaire. Sur l'apex du deuxième segment, et parfois sur d'autres, se trouve une formation spéciale à fonction sensitive : les organes de Lauterborn, qui peuvent être sessiles ou pédonculés. (Figure 5)

Les antennes montrent des variations suivant les groupes. En effet, elles sont rétractiles dans la tête chez les Tanypodinae. Si elles ne sont pas rétractiles elles peuvent être montées sur des pédicules qui peuvent être munis d'épines ou de peignes, ou le segment antennaire basal est inséré directement sur les genae. De même, chez les Diamesinae le troisième segment est annulaire.

➤ **Labrum ou labre supérieur** (Figure 6)

Le labrum représente la portion antérieure de l'apophyse frontale. La surface ventrale du labrum est l'épipharynx ou palatum, qui porte des soies, des lamelles ou des épines, il a un rôle sensitif et nutritionnel.

Sur le labrum sont insérées les soies labrales postérieures nommées : SIVA et SIVB avec SIVA qui sont de larges sensilles et les SIVB sont plus petits et qui peuvent manquer. Plus antérieurement, on trouve trois paires de soies: les SIII qui sont fines simples et dans une position médio-postérieure par rapport aux soies SII. Ces dernières sont également souvent simples mais peuvent être grandes et pectinées. Les soies labrales les plus postérieures sont les SI qui sont très variées et ont un rôle taxinomique important (surtout chez les Orthoclaadiinae). En effet, elles peuvent être simples ou bifide, plumeuses ou pectinées.

Au niveau de la surface ventrale du labrum on trouve également les prémandibules. Ce sont des appendices pairs, mobiles portant une ou plusieurs dents apicales. Elles sont munies ou non d'une touffe de soies appelée : la brosse prémandibulaire. Les prémandibules peuvent être réduits, vestigiaux ou manquer, comme chez les Tanypodinae, les Podonominae et les Aphroteniinae.

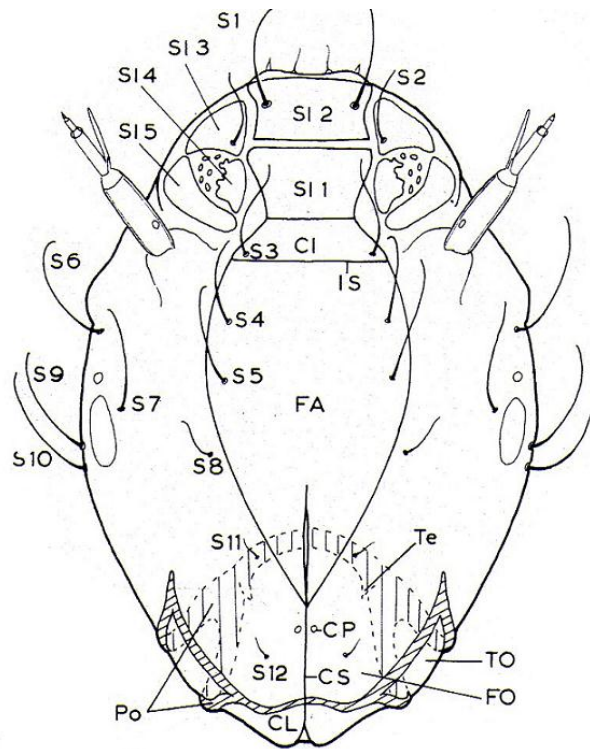


Figure 4 : Capsule céphalique d'un Chironominae (vue dorsale). Cl : clypeus, CL : lobe coronal, CP : pores coronales, CS : suture coronale, FA : apotome frontal, FO : foramen occipital, IS : suture clypeolabrale, Po : postmentum, S 1-12 : soies céphaliques, S1 (S1 1-5): sclérites. Te : tentorium, TO : triangulum occipital (Sæther, 1980).

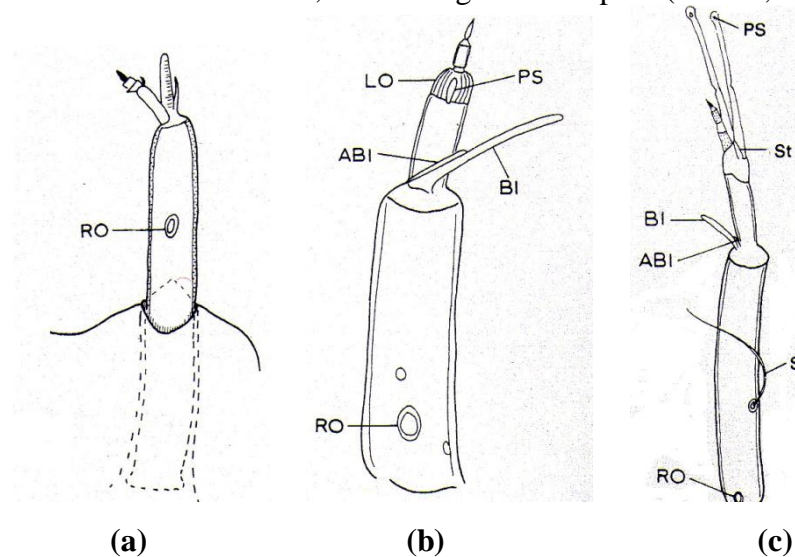


Figure 5 : Morphologie des antennes chez différents groupes de Chironomidae. (a) : Tanypodinae, (b) : Orthoclaadiinae, (c) : Tanytarsini. ABI : flagellum accessoire, BI : flagellum, LO : organe de Lauterborn, PS : peg sensillum, RO : organe annulaire, S : soie, St : stilet (Sæther, 1980).

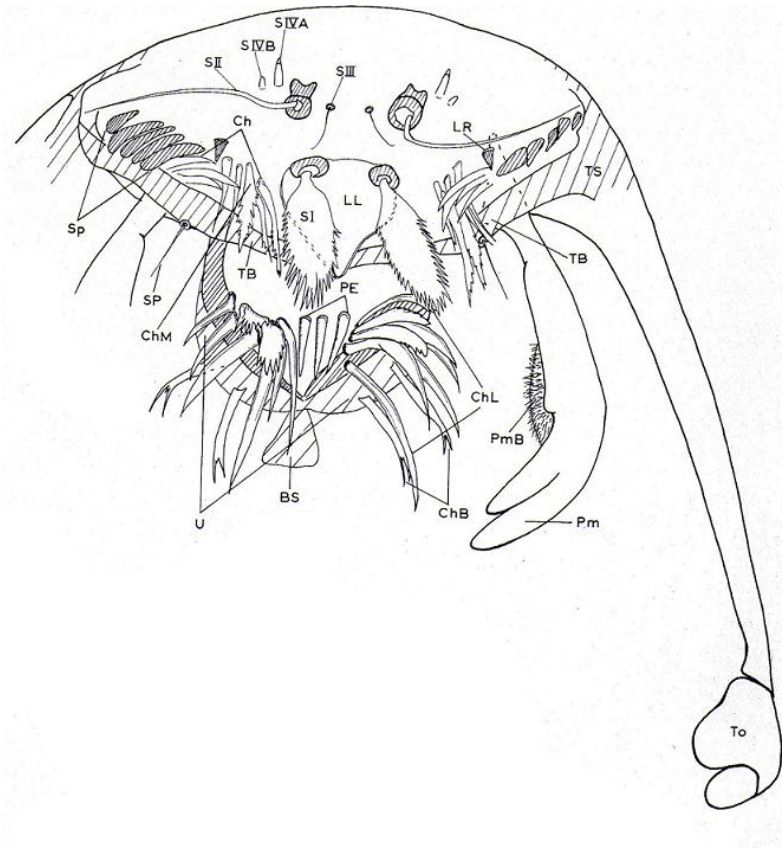


Figure 6 : structure du labrum. BS : sclérite basale, Ch : chaeta, ChB : chaetulae basale, ChL : Chaetulae laterales, ChM : chaetules media, LL : lamella labrales, LR : labral rod, PE : pecten epipharyngis, Pm : prémandibules ; PmB : brosse prémandibulaire ; SI, SII, SIII, SIVA, SIVB : soies labrales, SP : seta premandibularis, TB : barre tormale, To : triangulum occipital, TS : sclérite triangulaire, U : ungula (Sæther, 1980).

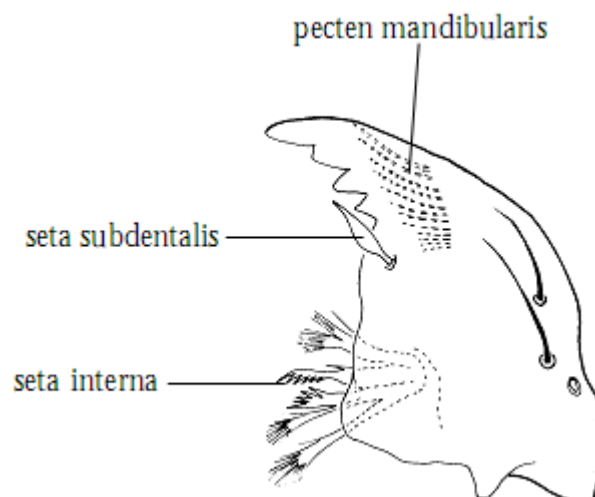


Figure 7: structure de la mandibule d'un Chironomidae (Epler, 2001)

Les mandibules sont des pièces buccales. Ils sont dentés avec une dent externe dorsale qui manque chez la majorité des taxa, une dent apicale et un nombre variable de dents internes (souvent 2-3).

Trois soies ou groupes de soies peuvent être identifiés :

- le pecten mandibularis : qui a la forme de peigne, il est situé sur la surface subapicale.
- le seta subdentalis sur le mola interne
- seta interna, basale, en forme de branche, souvent localisée sur la surface mandibulaire interne.

Les mandibules peuvent être falciformes chez les Tanypodinae ou plus larges chez les autres sous familles.

➤ **Mentum ou Labium ou Labre inférieur** (Figure 8)

Le mentum est une pièce sclérifiée médioventrale de la capsule céphalique presque toujours munie de dents. Cette pièce est formée de deux parois: le dorsomentum et le ventromentum, ce dernier peut s'étendre latéralement en plaques ventromentales ou paralabiales.

La présence ou l'absence de ces plaques paralabiales, outre que leur forme ont une grande importance de point de vue systématique. En effet, chez les Tanypodinae le ventromentum est hyalin et le dorsomentum apparait comme une surface dentée.

Chez la sous famille des Orthocladiinae, les plaques ventromentales peuvent être très réduites ou assez développées comme celles de *Nanocladius*. Chez les Chironominae, les plaques ventromentales sont très développées et leur surface dorsale est variablement striée.

La forme du mentum et ses plaques ventromentales permettent la connaissance des larves des Chironomidae du niveau de sous famille jusqu'à l'espèce.

➤ **Complexe premento-hypopharyngial** (Figure 9)

Le complexe premento-hypopharyngial se trouve dorsalement au mentum, et il est complètement couvert par celui-ci en position ventrale. Il consiste de deux lobes :

- **Le prémentum** : ventral, il est bien développé chez les Tanypodinae. Dans cette sous famille, la plaque médiane du prémentum, articulée et dentée s'appelle : ligula. Celle-ci est composée des glosses fusionnées et portent latéralement deux paraligulas dentées. L'appendice M, qui est dorsal par rapport au ligula, est une plaque triangulaire et hyaline ornementée avec une bande médiane : la pseudoradula.

Chez les autres sous familles ces structures sont très réduites et différemment construites.

- **L'hypopharynx** : dorsal, il n'est jamais bien développé. Il porte plusieurs rangées d'écaillés ou, chez les Tanypodinae, porte des rangées de dents sur chaque côté formant le pecten hypopharyngial.

➤ **Tâches oculaires**

Les yeux des larves de Chironomidae sont des zones subcuticulaires de pigment simples. Cependant, il y a des différences taxinomiques concernant la forme et la position des tâches oculaires. En effet, chez les larves des Chironominae il y a deux tâches oculaires verticales, alors que celles des Orthoclaadiinae sont également doubles et superposées l'une par rapport à l'autre avec l'une plus petite et plus ou moins antérieure à l'autre (Figure 10).

Chez les Tanypodinae, il y a une seule tâche oculaire de chaque côté et sont réniformes. Chez toutes les autres sous familles les tâches oculaires sont simples.

➤ **Le corps**

Le corps des larves de Chironomidae est divisé en un thorax et un abdomen. (Figure 11)

- **Thorax** : constitué toujours de trois segments. Les seuls appendices qu'on trouve au niveau du thorax sont deux pseudopodes (qu'on appelle les pseudopodes antérieurs). Ces derniers placés sur le premier segment thoracique, ils sont charnus, non segmentés et portent une couronne de griffes simples ou en forme de crochets. Les pseudopodes peuvent être trouvés chez la majorité des Chironomidae. Cependant ils peuvent être réduits ou fusionnés chez les espèces terrestres.
- **Abdomen** : plus étroit, constitué de 09 segments. Des pseudopodes similaires à ceux du thorax se trouvent ventrolatéralement au niveau du segment abdominal terminal et sont appelés : les pseudopodes postérieurs. De même, sur la face dorsale de l'avant dernier segment se trouve une paire de tubercules supportant chacun une touffe de soies s'appelle : les procerques. Dans la région terminale de l'abdomen on trouve également souvent 02 paires de tubules anaux.

Les espèces appartenant au genre *Chironomus* possèdent dans cette région des tubules remplis d'hémolymphe appelés : tubules ventraux et ont un rôle dans la respiration. Généralement, il y a 02 paires de tubules ventraux placés sur le segment abdominal VIII, et souvent, selon les espèces, une paire latérale sur le segment abdominal VII.

1.1.3 Le stade nymphal

Le stade nymphal des Chironomidae est très court comparativement au stade larvaire. En effet, sa durée est de quelques heures à plusieurs jours.

Les caractères des nymphes (ou pupes) des Chironomidae sont mieux visibles sur leurs exuvies. Ces dernières constituent des outils très utiles pour la détermination des différents niveaux taxinomiques et notamment les espèces (Langton, 1991 ; Langton et Wisser, 2003).

a) Différences avec les autres familles de Diptères

Il est difficile de séparer les nymphes des Chironomidae de celles des autres Diptères. Néanmoins, elles sont toujours pourvues d'une paire d'organes respiratoires et une paire de lobes anaux situés sur le dernier segment. La combinaison de ces deux caractères distingue les pupes des Chironomidae de celles des autres Diptères. Par exemple, les nymphes des Simuliidae possèdent également des organes respiratoires mais elles n'ont pas de lobes anaux (Tachet *et al.*, 2000).

b) Dimensions et colorations

Les pupes des Chironomidae ont la forme de virgule avec un céphalothorax renflé et un abdomen aplati dorso-ventralement (Figure 12). Leur longueur varie d'un peu moins de 3 à 18 mm. La coloration suit, le plus souvent, celle de la larve.

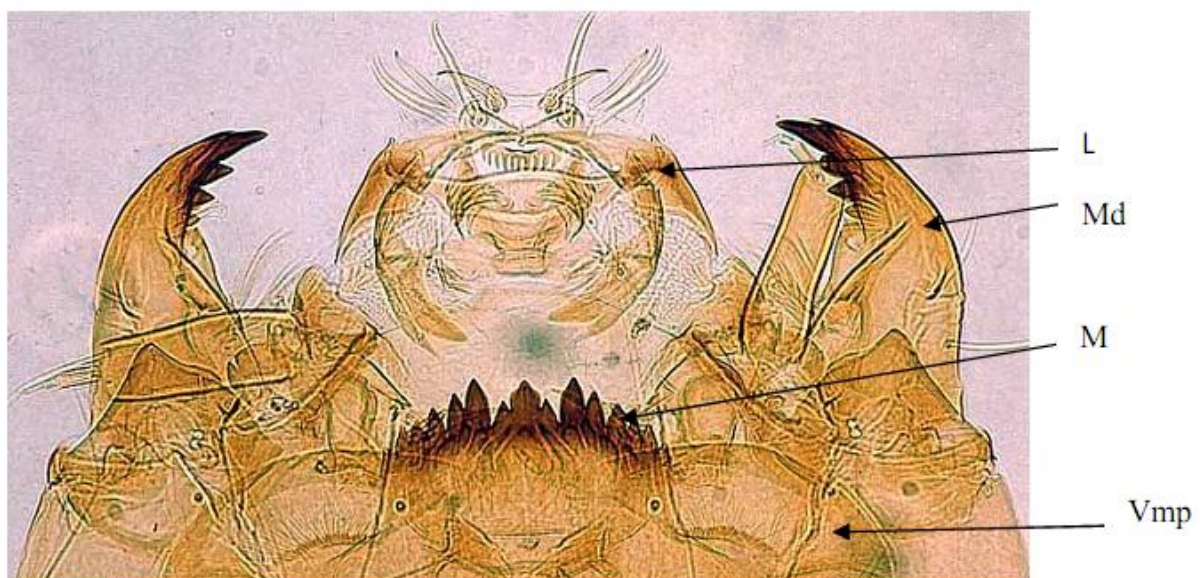


Figure 8 : Structure du mentum d'un Chironominae. L : labre, M : mentum, Md : mandibule, Vmp : plaques paralabiales [3].

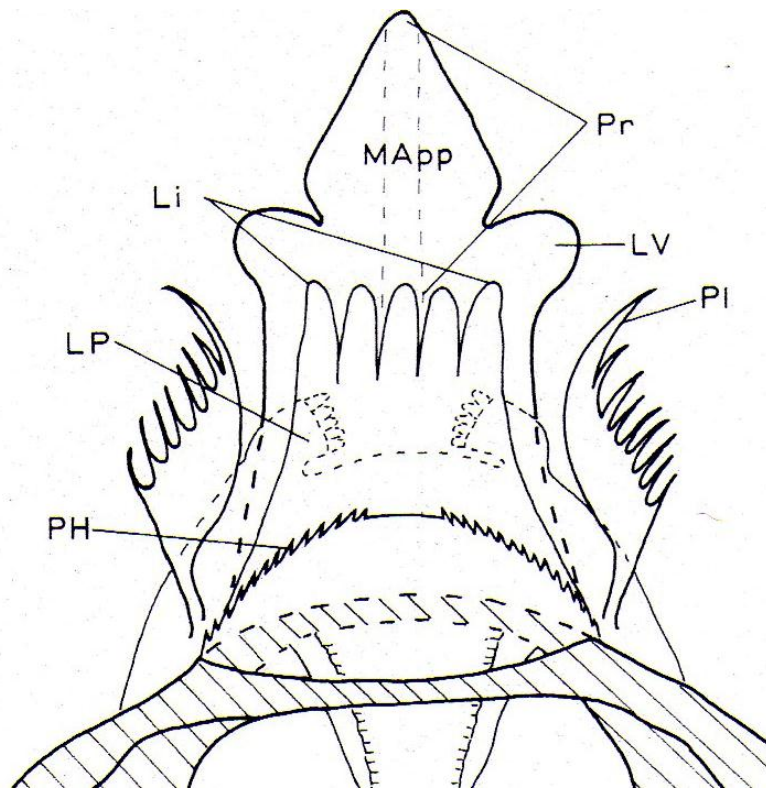


Figure 9 : Structure du complexe prémento-hypopharyngial (Li : ligula, LP : palpe labial, LV : vesicules labiales, Mapp : appendice M, PI : paraligula, Pr : pseudoradula (Sæther, 1980).

Tâches oculaires



(a)

(b)

(c)

Figure 10 : Position des tâches oculaires chez les Chironomidae. (a) Tanypodinae, (b) Orthoclaadiinae et (c) Chironominae [4].



Figure 11 : le corps de la larve d'un Chironomidae (A) : larve complète, (B) pseudopodes antérieures, (C) : région anale d'un Chironominae. Les flèches montrent les pseudopodes antérieurs et postérieurs [5].

c) Céphalothorax (Figure 13)

On distingue trois régions dans la nymphe : la tête (région céphalique), le thorax et l'abdomen. Néanmoins, la tête et le thorax sont fusionnés et on les traite ensemble en tant que céphalothorax.

La tête porte les ébauches antennaires, une paire de tubercules céphaliques et une paire de soies frontales. Des caractères de la région céphalique sont d'une grande importance taxinomique, sont : la localisation, le nombre et la longueur des soies frontales, le vertex, postorbit et la région oculaire.

Le thorax porte une paire d'organes respiratoires, appelés aussi : cornes prothoraciques ou cornes thoraciques, de formes très variables en fonction des espèces ou des genres (Figure 14). Ces organes servent dans un premier temps à la respiration aquatique puis ensuite à la

respiration aérienne dans les derniers moments de la vie nymphale quand la nymphe se tient au niveau de l'interface air-eau.

Les parties les plus importantes de la corne prothoracique sont : le plastron et l'atrium. Celui-ci est connecté distalement au plastron poreux qui est en contact direct avec l'air de l'environnement extérieur (Figure 15).

Le thorax porte également les ébauches alaires, ou ptérothèques, et les ébauches des pattes, ou podothèques.

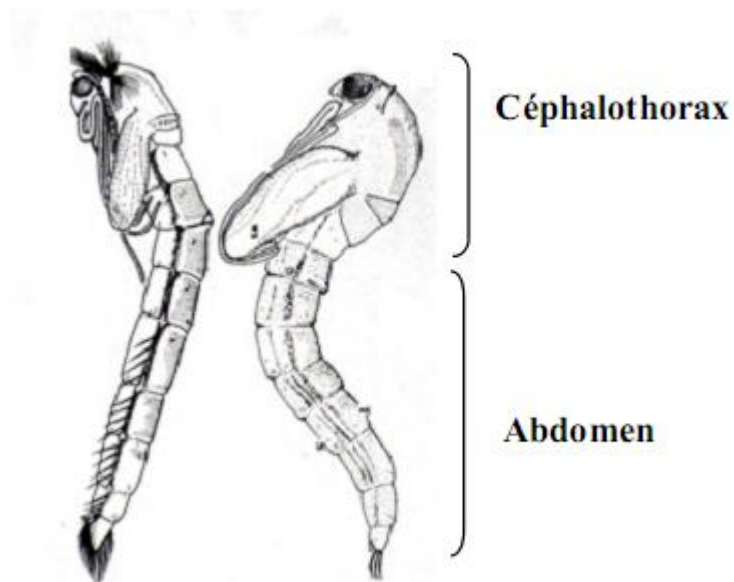


Figure 12: forme générale de la nymphe de Chironomidae (Armitage *et al.*, 1995).

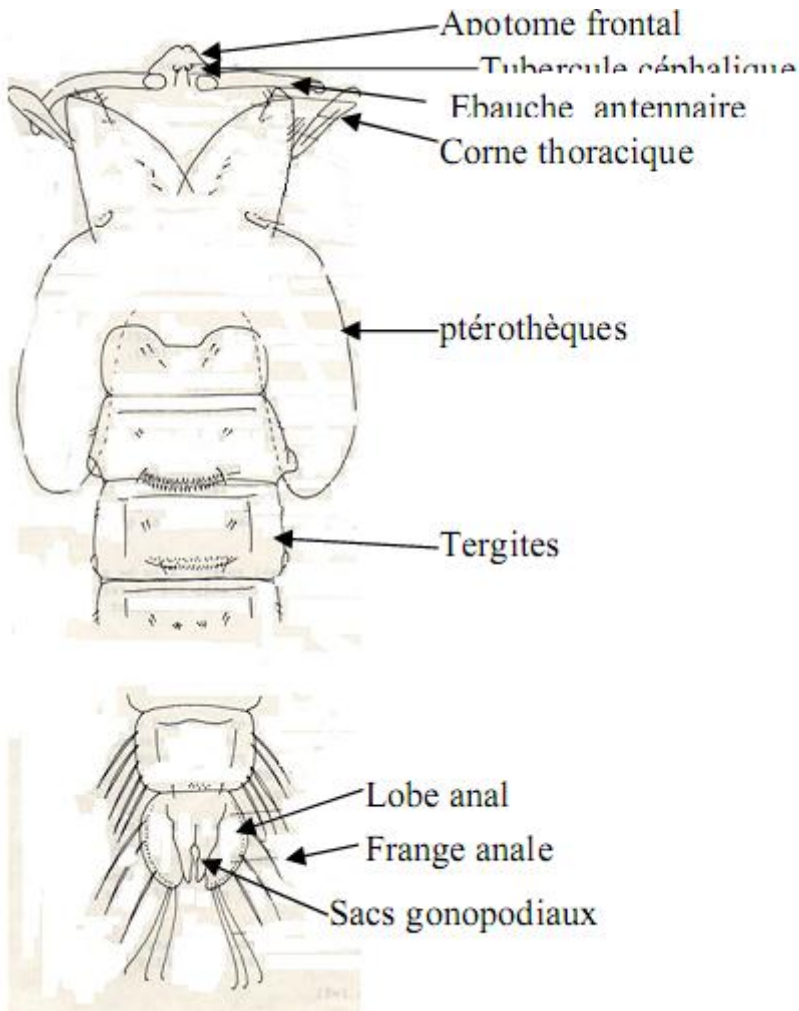


Figure 13 : structure de l'exuvie nymphale d'un Chironomidae (*Psectrocladius*) (Langton, 1991).

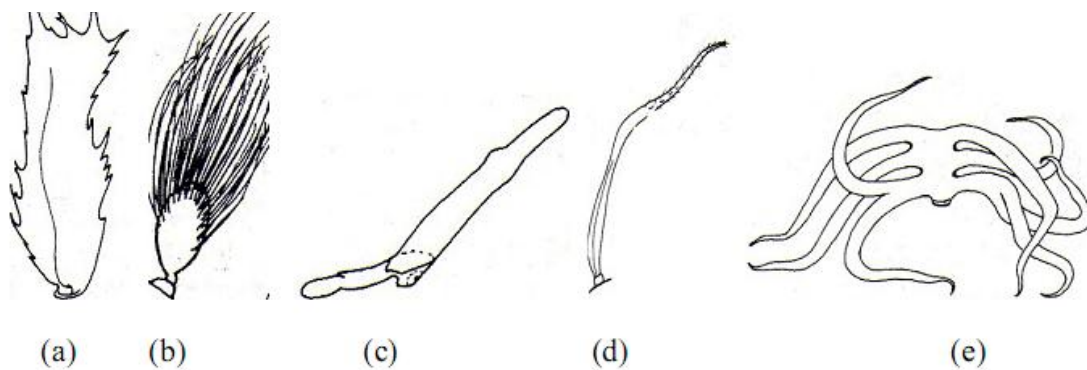


Figure 14 : Différentes formes des cornes thoraciques (a) : *Heterotanytarsus* ; (b) : *Cladotanytarsus* ; (c) *Rheotanytarsus* ; (d) : *Pseudochironomus* ; (e) : *Polypedilum* (Sæther, 1980).

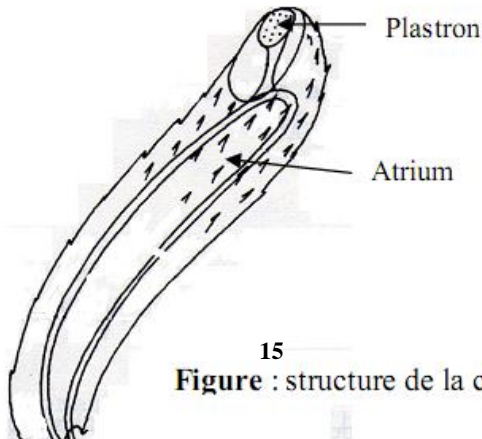


Figure 15 : structure de la corne thoracique d'un Chironomidae (Langton, 1991)

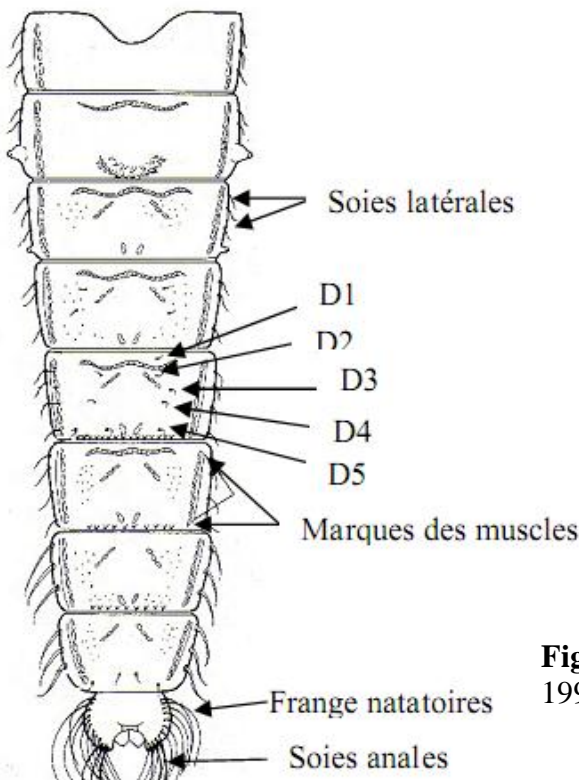


Figure 16 : Structure de la nymphe (Langton, 1991)

d) Abdomen (Figure 16)

L'abdomen des nymphes des Chironomidae est formé de 09 segments articulés. Outre un certain nombre de soies, l'exuvie nymphale présente des ornements très variables utiles pour la caractérisation des divers niveaux taxinomiques. Ces ornements sont représentés par : des épines, spinules et des tubercules. La forme, la disposition et l'abondance peuvent être des critères spécifiques de détermination.

Chaque tergite supporte normalement cinq paires de soies (D1-D5), qui forment un arc à partir de D1 (soies antérieures) jusqu'aux D5 (soies postérieures). Cependant, ces soies sont souvent difficiles à observer.

Les pleures des segments I-VIII supportent des soies latérales qui peuvent être filamenteuses ou aplaties.

Le dernier segment s'élargit formant les deux lobes anaux. La marge externe de ces lobes anaux porte toujours des soies natatoires formant la frange ou palette natatoire. Outre les soies natatoires on trouve près de l'apex du dernier segment des soies souvent rigides et incurvées, en nombre de 3 ou 4, qu'on appelle les soies apicales et subapicales. Ces dernières peuvent aussi manquer. De même, dans leur partie distale, les lobes anaux portent des soies appelées : les macrosetae anales. Ces dernières peuvent être filamenteuses, courtes en forme d'épines ou en forme de cheveux.

Les lobes anaux cachent toujours les appendices génitaux particulièrement de grande taille chez les mâles et sont contenus dans des sacs gonopodiaux.

1.1.4 L'adulte (l'imago) (Figure 17)

Le corps de l'adulte Chironomidae est constitué de trois parties :

a) **La tête** : globuleuse, elle porte :

- **Les antennes** : elles sont longues et présentent un dimorphisme sexuel puisqu'elles sont plumeuses chez le mâle et moniliformes chez la femelle.

L'antenne de l'adulte des Chironomidae est constituée d'un scape étroit, un pédicelle globuleux et d'un nombre (souvent 11-14) flagellomères de forme cylindrique

Le nombre des segments antennaires et leur forme sont en fonction des espèces et ce caractère est utilisé pour la détermination. Le rapport liant la longueur du dernier segment de l'antenne du mâle, à la longueur de tous les autres réunis (AR= Antennal Ratio des Anglais) est notamment utilisé pour différencier les Chironominae.

Chez les Chironominae et les Orthocladiinae, le dernier segment antennaire est le plus long alors que chez les Tanypodinae et les Podonominae c'est l'avant dernier segment qui est le plus long.

- **Les yeux** sont très grands et réniformes. Chez certaines espèces ils apparaissent pubescents et ceci est dû à la présence de fines microtriches entre les facettes. Deux tubercules frontaux peuvent également exister dorsalement par rapport aux pédicelles des antennes et peuvent avoir une importance diagnostique.
- **Les pièces buccales** sont très réduites. Les palpes maxillaires sont souvent bien développés. Ils sont plus ou moins longs et comportent selon les espèces de 3 à 5 segments. Les mandibules sont absentes mais les autres pièces buccales sont présentes

mais très réduites. En effet, l'hypopharynx et le labium forment le canal alimentaire qui absorbe le nectar (Burt et al., 1986).

b) **Thorax** : généralement bien développé, il comporte trois parties d'inégale importance:

Le pronotum : c'est le segment thoracique antérieur immédiatement en arrière du cou dont la forme représente un caractère systématique important pour la différenciation des genres. Le pronotum est divisé antérieurement en un *antépronotum*, ensuite un *collier* et un petit *postpronotum*.

Le mesonotum : est le deuxième segment thoracique. Il est volumineux et contient les muscles du vol. Dorsalement il contient trois parties distinctes : le *scutum*, le *scutellum* et le *postnotum*. Le scutum peut avoir une suture médiane ou tubercule, et souvent il contient une rangée médiane et longitudinale de soies appelée : *soies acrostichales*.

Le metanotum : est le segment thoracique postérieur, il est très réduit de même que les pleures et le sternum ; sa structure et sa coloration sont rarement utilisées dans la classification des espèces.

Le thorax porte les appendices suivants :

- **Les ailes** : Elles constituent également une pièce anatomique importante pour la détermination des espèces. La forme générale de l'aile, la présence ou l'absence de soies sur la membrane alaire (macrotriches ou microtriches) et enfin la forme de la nervation sont autant des caractères fréquemment utilisés en systématique.

La nomenclature des nervures des ailes est déterminée selon le système de Comstock-Needham.

La nervation des ailes chez les Chironomidae est relativement réduite comparativement aux autres Diptères. Les six veines primaires sont présentes : la *costa* est simple et s'étend souvent pas plus loin de l'apex de l'aile ; la *subcosta* est aussi simple mais plus courte, la *Radiale (Radius)* est divisée en trois branches, mais peut être à deux branches par manque de la R_{2+3} (exemple, chez les Podonominae, les Aphroteneiinae et Telmatogetoninae) ou à 04 branches comme chez certains Tanypodinae. Le secteur médian a deux branches ; la veine cubitale (*cubitus*) et la *postcubitale (postcubitus)* sont simples ; la veine anale est courte ou s'étend jusqu'à la marge.

La membrane alaire est divisée en cellules qui sont nommées selon la veine antérieure qui les délimite.

La nervation alaire constitue un outil systématique important. Ainsi, la veine transverse M-Cu manque chez les Chironominae et les Orthoclaadiinae. La veine R_{2+3} est bifurquée seulement chez les Tanypodinae et absente ou très claire chez beaucoup d'autres espèces.

D'autre part, il y a un dimorphisme sexuel dans la forme de l'aile. En effet, l'aile de la femelle est plus large que celle du mâle.

- **Les pattes :** elles constituent également un caractère anatomique spécifiquement variable tant en ce qui concerne la morphologie que la coloration.

La structure de base d'une patte comporte les segments suivants : *coxa*, *trochanter*, *fémur*, *tibia* et cinq segments *tarsaux* dont le dernier se termine par deux griffes. Les principales variations portent entre autres sur la longueur relative des différents segments des pattes antérieures. L'estimation du rapport tibio-tarsal c'est-à-dire de la longueur du premier article tarsal par rapport à celle du tibia (LR = leg ratio des Anglais) est fréquemment utilisé au niveau spécifique. De même sont à observer la forme du 5^e article du tarse qui peut être cylindrique ou aplati, le nombre *d'éperons*

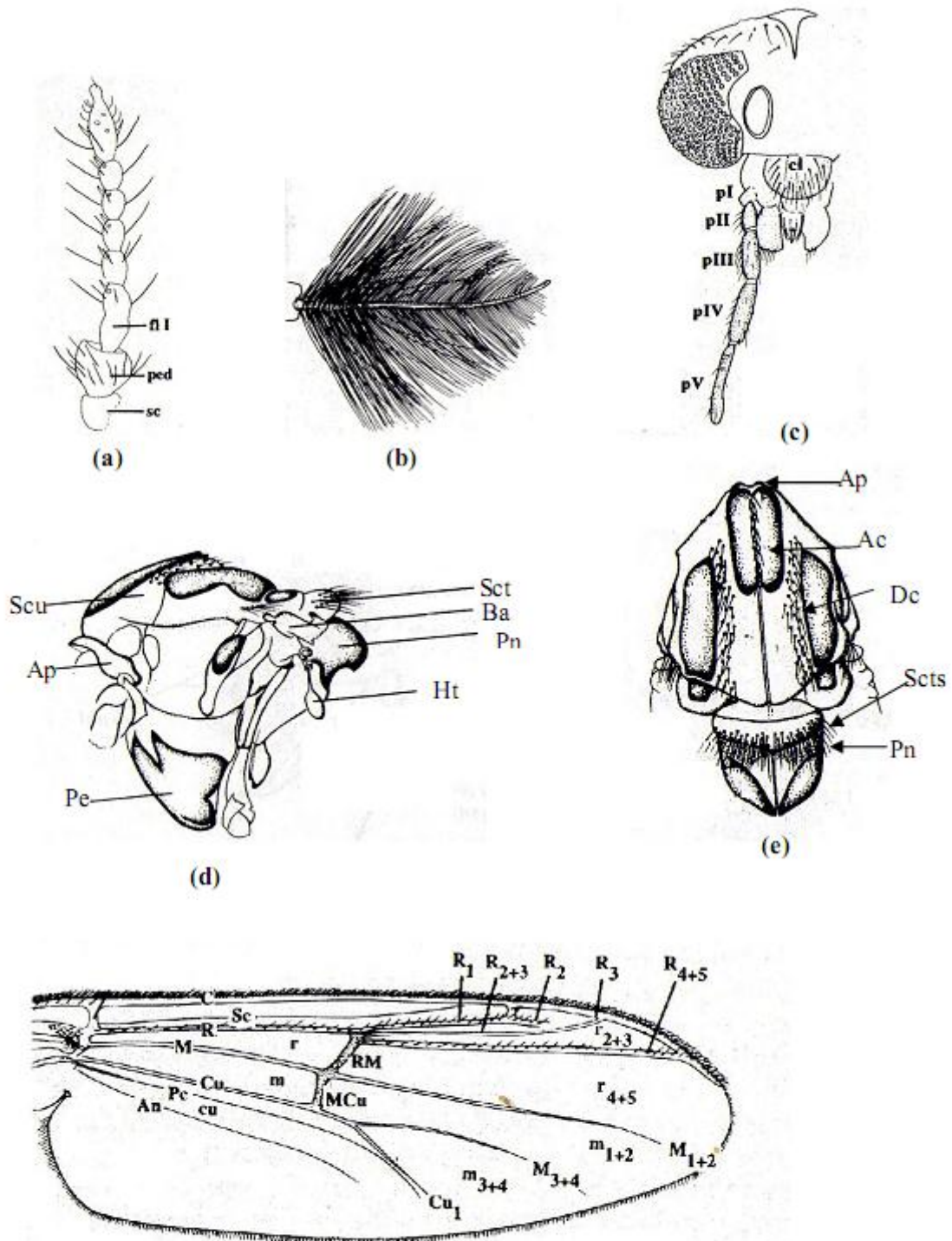


Figure 17 : Morphologie de l'adulte. (a) : structure de l'antenne de la femelle ; (b) : antenne du mâle ; (c) : la tête ; (d) : vue latérale du thorax ; (e) : vue dorsale du thorax ; (f) : structure de l'aile. Ac : soies acrostichales ; An : nervure anale ; Ap : Antépronotum ; Ba : base de l'aile ; C : costa ; Cl : clypeus ; Cu : nervure cubitale ; Dc : soies dorso-centrales ; fl : flagellomère ; Ht : haltère ; M (m) : nervure médiane (cellule) ; PI-V : palpomères ; Pe : Pré-episternum ; Ped : pedicelle ; Pn : post-pronotum ; Pc : postcubitus ; R (r) : nervure radiale (cellule) ; sc : scape ; Sc : subcosta ; Sct : scutellum ; Scts : soies du scutellum ; Scu : scutum (Armitage *et al.*, 1995 ; Pinder, 1978) .

- c) **Abdomen** : il est composé de 10 segments, les sept segments antérieurs sont aplatis dorso-ventralement. L'abdomen de la femelle est plus court et plus renflé que celui du mâle. La partie dorsale présente une coloration ou des ornements souvent utiles pour l'identification. De même que les derniers segments abdominaux qui forment les genitalias.
- **Les genitalias mâles** : dans la partie postérieure au segment VIII il y a les genitalias externes. Les caractéristiques des genitalias ont été l'objet de plusieurs controverses concernant leur origine résultant dans différentes terminologies. Cependant, ces terminologies ont été réécrites et raccommodées par Sæther (1971).

Le tergite IX a une extension postéro-médiane formant le *point anal*. Parmi les caractères les plus distinctifs des genitalias mâles sont : les *gonocoxites* basaux et les *gonostyles* apicaux ou subapicaux.

Les gonocoxites des Chironomidae supportent un nombre variable d'appendices appelés : *volsellae* et ils sont nommés selon leurs positions relatives (médians, inférieurs et supérieurs) (Figure 18 c). De même, il peut y avoir d'autres lobes associés à l'*aedeagus* et le pénis.

Des structures internes ou apodèmes sont également très variables. Leur terminologie suit Schlee (1968) et Sæther (1971). Les apodèmes les plus importants et toujours présents sont les *sternapodèmes* (ou apodèmes sternaux), qui sont divisés en un sternapodème transverse et deux sternapodèmes latéraux, dont chacun d'eux est associé au *coxapodème*, qui est l'apodème dans la cavité du gonocoxite. Le *phallapodème* est la marge antérieure du lobe aedeagal. L'*aedeagus* est un organe complexe qui fait passer le spermatophore au spermathèque de la femelle.

- **Les genitalias femelles** : (Figure 18 d) Chez la femelle, le tergite VIII est modifié sauf chez les Telmatogetoninae chez lesquels il est fortement réduit. Les *gonapophyses VIII* forment un caractère important dans la diagnose morphologique, surtout s'ils sont divisés en deux lobes. Ces lobes, appelés lobe dorsomédian et ventrolatéral. Ils varient diagnostiquement dans leurs formes, orientations et les microtriches de surface. Les gonapophyses (leurs lobes s'ils sont divisés) forment les parois du *vagin* placé au milieu.

Le tergite IX est bien développé. Le sternite IX est membraneux sauf pour les *coxosternapodèmes* qui sont sclérotinisés. Le *gonocoxite IX* est variablement développé mais il est souvent un renflement latéral.

Le segment X n'est pas différencié en tergites et sternites, mais il supporte une plaque postgénitale et une paire de cerques non segmentés.

Intérieurement, il y a, généralement, deux capsules séminales. Les canaux ou spermiductes sont séparés sur toute leur longueur, se terminant en l'orifice du spermathèque qui débouche dans le vagin.

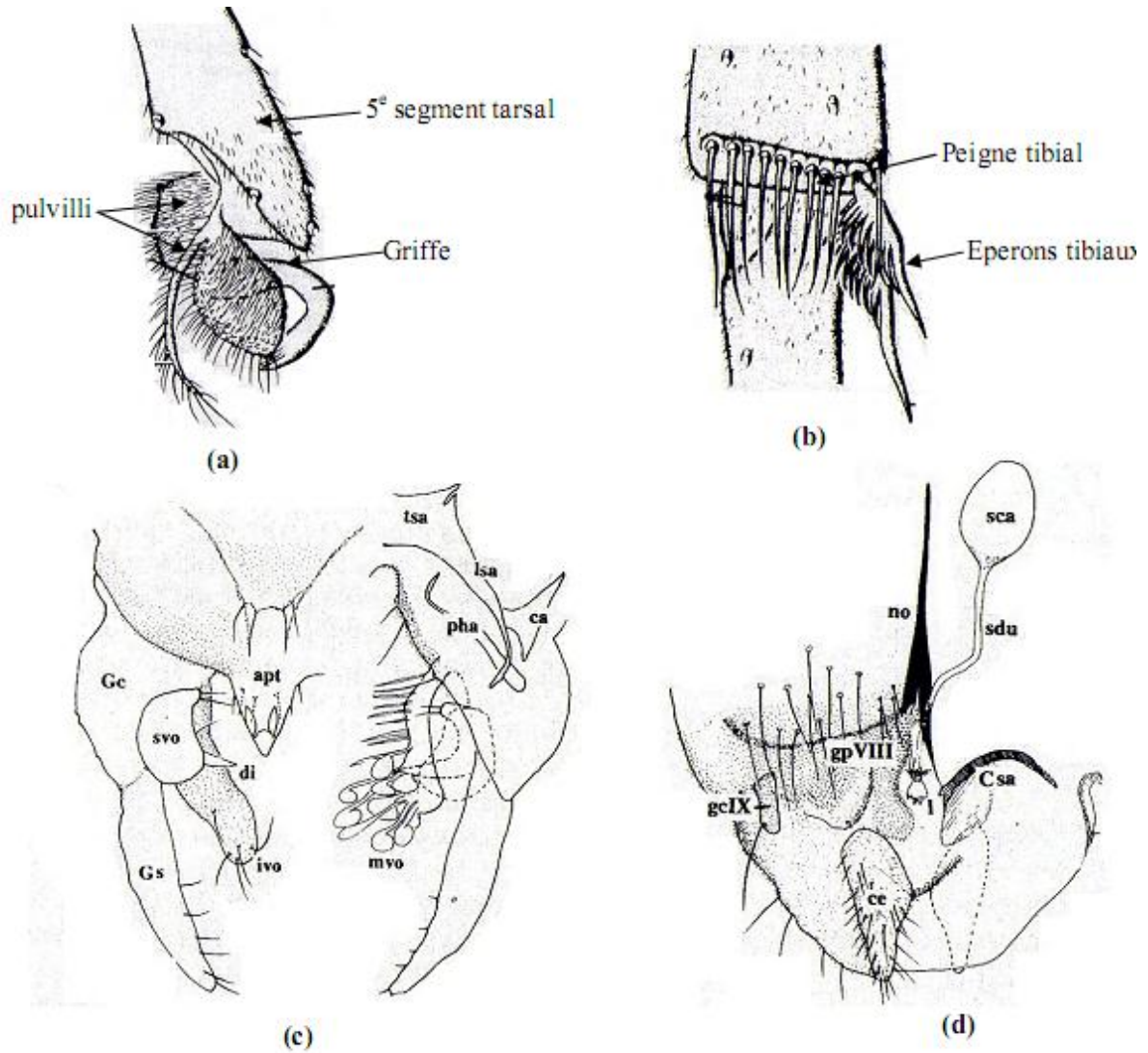


Figure 18: Morphologie de l'adulte. (a) (b) : structure de la patte ; (a) : structure du tibia ; (b) : structure du dernier segment tarsal ; (c): génitalia du mâle; (d) : génitalia de la femelle. apt : point anal ; ca : coxapodème ; ce : cerque ; Csa : coxosternapodème ; di : digitus ; Gc : gonocoxite ; gcIX : gonocoxite IX ; gp VIII : gonapophyse VIII ; Gs : gonostyle ; ivo : volsella inférieure ; l : labium ; lsa : sternapodème latéral ; mvo : volsella médian ; no : notum ; pha : phallapodème ; sca : capsule séminale ; sdu : canal séminal ; svo : volsella supérieure ; tsa : sternapodème transverse (Armitage *et al.*, 1995 ; Pinder, 1978) .

1.2 Systématique des Chironomidae

1.2.1 Classification et nomenclature

La classification biologique est l'arrangement hiérarchique des groupes d'individus en groupes, dans lesquels les catégories ou les niveaux portent des noms. L'application de ces noms est gouvernée par les règles de la nomenclature (ICZN, 1985). Ces règles visent à la stabilité des noms en donnant la priorité aux noms historiquement corrects et d'un usage consistant lorsqu'il y a conflit.

La catégorie fondamentale est : « l'espèce » placée dans d'autres catégories croissantes. Les catégories utilisées dans la nomenclature des Chironomidae portent les suffixes universels et sont les suivantes :

- Superfamille : **Chironomoidae**
- Famille : **Chironomidae**
- Sous famille : **Chironominae**
- Tribu : **Chironomini**
- Genre : *Chironomus*
- Sous genre : *Chironomus*
- Espèce : *plumosus*

La catégorie de sous tribu porte le suffixe : **ina** comme celle de Zavrelina.

La catégorie de sous espèce n'est utilisée que rarement dans les études contemporaines des Chironomidae.

1.3.2 Le concept de la synonymie

On appelle synonymie quand une espèce est décrite comme nouvelle plus d'une fois. De même, une synonymie se présente quand un genre est décrit avec un nouveau nom alors qu'il est identique à un autre genre déjà existant (Ashe, 1983 ; Ashe et Cranston, 1990).

La synonymie se présente également lorsqu'un nom générique a été déjà appliqué à un autre taxon animal. Par exemple, Beck a décrit le genre *Beckiella* alors que ce nom a été déjà attribué à un genre oribatide acarien (Grandjean, 1964 ; Sæther, 1977a).

1.3.3 L'homonymie

On appelle homonymie quand deux espèces différentes appartenant au même genre portent le même nom, et ceci à travers une description originale (homonymie primaire) ou à travers l'inclusion subséquente dans le même genre (homonymie secondaire) (Ashe, 1983).

1.3.4 Les caractères d'identification des Chironomidae

La discrimination des taxa individuels implique la reconnaissance de caractères. Ceux-ci sont les caractéristiques des organismes qui peuvent être exprimées de différentes manières, appelées : états.

Les états les plus utilisés sont : la présence ou l'absence d'une caractéristique comme une veine dans une aile ou une soie. Ils peuvent être aussi : le nombre de segments dans les antennes, ou de soies dans une aire particulière, la longueur absolue ou la forme d'une structure. De même, les ratios de deux caractères indépendants peuvent être discriminatoires.

Généralement, les gros caractères de la morphologie externe sont examinés, par exemple chez l'adulte l'innervation des ailes, la présence de soies et la couleur sont des caractères importants.

La morphométrie a été utilisée très tôt dans l'étude des Chironomidae avec la découverte que la longueur relative des segments des pattes et des antennes varie sensiblement avec les espèces.

Avec l'évolution des techniques microscopiques plus de caractères subtiles, comme la structure des génitalia des adultes et les arrangements des soies, sont tenus en compte pour la discrimination des espèces.

Concernant les stades immatures, il a été trouvé que les exuvies nymphales offrent des caractères discriminatoires très importants au niveau spécifique. Les larves ont également une signification similaire mais avec plus de difficultés. Les larves sont peu utilisées pour la discrimination des espèces dont les caractères sont proches. Les œufs peuvent également présenter des caractères signifiants au niveau spécifique mais sont très peu utilisés (Nolte, 1993).

1.3.5 Utilisation des chromosomes dans la taxonomie : cytotaxonomie

Malgré que les caractères dérivés de la morphologie externe offrent un très bon moyen pour l'identification des Chironomidae, il y a également beaucoup d'informations données par les chromosomes.

Comme chez tous les Diptères, il y a relativement un nombre réduits de chromosomes paires ($2n=4-8$), et souvent formant des chromosomes polyténiques au cours de la mitose. La polyténisation peut augmenter la quantité d'ADN jusqu'à 2^{13} fois (Siirin *et al.*, 2003).

Les chromosomes polyténiques se forment par réplication de l'ADN sans séparation des chromatides nouvellement formées et sans division cellulaire. Cette particularité permet d'observer facilement des chromosomes et a été utilisée également pour étudier la transcription.

Les chromosomes polyténiques (=géants) sont présents dans les glandes salivaires, mais également ils ont été trouvés dans d'autres tissus : l'épithélium intestinal et les tubes de Malpighi.

Par la suite de techniques de fixation et de coloration appropriées les chromosomes polyténiques offrent des informations importantes sur des caractères de signification taxonomique et phylogénétique. Ces caractères sont :

- Chaque chromosome polyténique a ses bandes spécifiques.
- La forme et position du centromère.
- Le nombre et la localisation des bandes fonctionnellement actives : les puffs.
- Les réarrangements des chromosomes.

Actuellement, la cytologie a une grande valeur dans la discrimination taxonomique d'espèces similaires (Kiknadze *et al.*, 1996). L'étude de Michailova (1989) concernant l'utilisation de la cytotaxonomie dans la systématique des Chironomidae offre des détails sur les méthodes d'utilisation des chromosomes et leur application ainsi que des clés taxinomiques pour beaucoup de taxa. Dès lors d'autres travaux ont été réalisés (Hribar *et al.*, 2008 ; Petrova et Zhironov, 2008).

1.3.6 Guides d'identification

Beaucoup de systématiciens ont produit des guides pour l'identification des Chironomidae dans une région biogéographique définie. Ces guides peuvent identifier un seul genre ou toute une sous famille ou bien tous les taxa des Chironomidae connus dans une aire géographique. De même, les clés peuvent inclure tous les stades du cycle biologique ou, plus souvent, seulement un stade.

Les clés d'identification sont basées sur des matériels, de préférence, examinés et dessinés par l'auteur ou collectés à partir d'autres sources publiées.

Parmi les clés d'identification des Chironomidae les plus importantes :

- Clés d'identification des larves, nymphes et adultes des genres de Chironomidae de l'Holarctique (Wiederholm, 1983, 1986, 1989).
- La clé d'identification des adultes femelles par Sæther (1977b), cette clé concerne les sous familles, tribus et genres.
- Pour les Chironomidae des régions de l'Holarctique des clés récentes ont été réalisées par Sasa (1989) et elles concernent les adultes mâles des espèces japonaises.
- Les exuvies nymphales des Chironomide d'Angleterre et de l'Est du Paléarctique ont été identifiées par Langton (1984, 1991 respectivement).
- Les adultes mâles d'Angleterre ont été identifiés par Pinder (1978).
- Les larves du nord et sud de Carolina ont été identifiées par Epler (2001)
- Les larves, nymphes et adultes de l'Italie ont été identifiés par les clés de Ferrarese et Rossaro (1981), Rossaro (1982), Ferrarese (1983) et Lencioni (1985).
- Les larves des Nederland de tous les Chironomidae ont été identifiées dans le guide de Moller Pillot (1984).
- Le genre *Limnophyes* dans l'Holarctique et les régions afrotropicales ont été identifiées dans tous les stades connus, et même les adultes femelles, par Sæther (1990).
- Le genre *Paratanytarsus* dans le paléarctique a été également identifié aux stades : adulte mâle et nymphal par Reiss et Säwedal (1981).
- Le genre *Tanytarsus* de l'Europe a été décrit, dans son stade d'adulte mâle, par Reiss et Fittkau (1971).

Malgré la richesse des données sur les Chironomidae dans la région de l'Holarctique, d'autres parties du monde sont mal étudiées et peu de guides d'identification des Chironomidae ont été alors réalisés.

1.3.7 Les sous familles des Chironomidae

La famille des Chironomidae est divisée en 10 sous familles et 22 tribus révisées et fournies par Cranston (1995b). Les sous familles des Chironomidae sont : Telmatogetoninae, Podonominae, Tanypodinae, Buchonomyiinae, Diamesinae, Prodiamesinae, Orthoclaadiinae, Chironominae, Chilenomyiinae et la sous famille des Aphroteniinae (Tableau 1).

Tableau 1: Majeures divisions des Chironomidae

Sous famille	Tribu
--------------	-------

Tanypodinae	-Coelotanypodini -Macropelopiini -Pentaneurini -Tanypodini -Anatopyiini -Coelopyiini -Natarsiini -Procladiini
Podonominae	-Boreochlini -Podonomini
Telmatogetoninae	
Diamesinae	-Diamesini -Protanypodini -Boreoheptagyini -Harrisonini -Heptagyini -Lobodiaminesini
Prodiamesinae	
Orthoclaadiinae	-Metriocnemini -Orthoclaadiini -Corynoneurini
Chironominae	-Chironomini -Tanytarsini -Pseudochironomini
Buchonomyiinae	
Aphroteniinae	
Chilenomyiinae	

1.2.7.1 Sous famille des Orthoclaadiinae (Figure 19)

La sous famille des Orthoclaadiinae comprend des espèces caractérisées au stade adulte par le fait que l'article distal de l'hypopigium (gonostyle) est replié sur l'article proximal (gonocoxite). De même, le premier article du tarse de la première paire de patte est plus court que le tibia, par conséquent le rapport tibio-tarsal (ou leg ratio des Anglais) est inférieur à 1. D'un autre côté, sur l'aile la nervure médio-cubitale est absente.

Les nymphes possèdent ou non l'organe thoracique respiratoire. Quand il est présent il n'est jamais ramifié. Sur l'angle postéro-latéral des tergites il n'y a jamais de crochets. Chez quelques genres les lobes anaux possèdent une frange de soies natatoires.

Les larves sont toujours dépourvues de tubules ventraux et d'hémoglobine, par conséquent leurs colorations ne sont jamais rougeâtres. Généralement, elles sont blanches ou jaunâtres, parfois verdâtres, marrons ou violets.

I. Description des larves

a) Dimensions, colorations

Au 4^e stade les larves d'Orthoclaadiinae mesurent de 3 à 15 mm. Les dimensions du corps présentent une valeur taxinomique. Par contre, la coloration du corps a une modeste valeur taxinomique, sauf pour certains cas comme par exemple : *Paratrichocladus rufiventris* où c'est une caractéristique de l'espèce.

b) Capsule céphalique

- **Antennes** : elles sont généralement composées de 5 segments, mais parfois elles peuvent avoir 4 (*Corynoneura*) ou 6-7 (*Heterotrissocladus*). Les organes de Lauterborn sont présents comme deux renflements insérés sur les côtés du 3^e segment. A l'apex du deuxième segment il y a un court stylet qu'on appelle : peg sensillum. D'autre part, l'antenal ratio a une grande importance taxinomique.
- **Le labre supérieur (=labrum)** : la morphologie des setae antérieures SI est l'un des caractères de majeur intérêt taxinomique. Elles peuvent être simples (*Eukiefferiella* et *cardiocladus*) ou bifides (*Cricotopus*) ou frangées ou palmées chez beaucoup d'autres genres (*Parametriocnemus*, *Limnophyes*, *Tvetenia*, *Psectrocladius*). Les SII et SIII sont toujours simples.
- **Prémandibules** : peuvent être simples, bifides ou munies de 3-4 dents.
- **Mandibules** : la seta interna souvent présente mais elle peut manquer chez quelques genres (exemple : *Euorthocladus frigidus*), elle est divisée en rames mais elle ne s'étend jamais en éventail comme chez les Diamesinae.
- **Les maxilles** : présentent plusieurs structures d'intérêt taxinomique comme les lamelles de la galea et le pecten galearis.
- **Prémentum et hypopharynx** : A la base du complexe prémento-pharyngial il y a une série de lamelles qui constituent le pecten hypopharyngial. Dans la partie apicale il y a quelques sensilles homologues aux palpes labiales et aux paraligula. Quelques lamelles dentées constituent l'appendice-M. Dans cette partie le ligula est réduit.
- **Mentum (=labre inférieur)** : Chez les Orthoclaadiinae, il est possible de distinguer un dorsomentum et un ventromentum.
Le ventromentum peut s'étendre en deux lames qui font sailli latéralement au-delà du dorsomentum (comme chez *Nanocladus*) ou être très réduit (la plupart des genres

dont *Cricotopus*, *Thiennemania*...). Latéralement au mentum il y a une touffe de soies appelée : barbe chez quelques genres comme : *Psectrocladius*.

La dent médiane peut être simple (*Cricotopus*, *Orthocladius*) ou bifide (*Psectrocladius*, *Allopsectrocladius*). Les dents latérales sont souvent au nombre de 6 (*Cricotopus*, *Orthocladius*...); elles peuvent être 5 (*Eukiefferiella*), mais on trouve rarement 10 dents (*Euorthocladius rivulorum*).

c) Le corps

- **Segments abdominaux** : A l'angle postéro-latéral des segments abdominaux on peut trouver de robustes soies, de nombre et de longueur variables. En effet, elles peuvent être simples, longues (jusqu'à 300µm) chez *Euorthocladius frigidus* et *Cricotopus tremulus*, ou elles se présentent comme une touffe de courtes (*Cricotopus bicinctus*) ou longues soies (*Cricotopus Isocladius sylvestris*).
- **Procerques** : sont généralement présents, leur longueur est remarquablement variable chez les divers groupes. Par exemple chez *Eukiefferiella* sp ils sont très longs et portent une soie robuste latérale. Mais, à l'apex des procerques il y a toujours une touffe de 4-8 soies apicales.
- **Pseudopodes postérieurs** : sur le 10^e segment abdominal s'insèrent deux pseudopodes munis d'ongles et 04 tubules anaux dont la morphologie présente chez certains genres un intérêt taxinomique.
Chez quelques formes terrestres l'extrémité caudale est profondément modifiée avec des réductions des procerques et des pseudopodes postérieurs.

II. Description des nymphes

a) Dimensions et colorations

Les dimensions varient entre 1.5- 3 mm (*Corynoneura*, *Rheosmittia*) et 12 mm (*Acricotopus*, *Orthocladius*, *Psectrocladius*). Elles sont généralement blanchâtres, jaunâtres, marrons ou grises.

Le dimorphisme sexuel est toujours évident dans le développement des gonopodes et des sacs antennaires. Chez quelques espèces il se manifeste dans la présence de spinules ou tubercules au 8^e segment.

- b) Capsule céphalique :** l'importance taxinomique réside dans la présence ou l'absence de tubercules munis ou non de soies frontales médialement aux sacs antennaires.
- c) Thorax :** la surface du thorax est toujours lisse. Les podothèques sont toujours pliés en S.
Une grande importance taxinomique réside dans la présence ou l'absence de l'organe respiratoire (=corne thoracique) ainsi que sa morphologie.
- d) Tergites et sternites abdominaux :** chez les Orthoclaadiinae, la présence et la disposition des épines et spinules sur les tergites constituent un critère diagnostique sûr et rapide pour déterminer les espèces. En particulier on doit considérer la présence de spinules ou épines médianes, latérales, postérieures et intersegmentaires. Des spinules, et plus rarement des épines, sont présentes sur les sternites.
- e) Lobes anaux et gonopodes :** les lobes anaux sont généralement arrondis à l'apex, convexe latéralement. Chacun d'eux porte en général 3 macrosetae. A la marge latérale il y a un éventail de soies robustes, parfois elles sont courtes et assez délicates. Parfois, les lobes anaux sont profondément réduits (exp : *Euorthocladius rivicola*) ou transformés en crochets, ongles, épines... (*Krenosmittia*, *Reosmittia*,
Les sacs gonopodiaux sont plus développés chez les mâles.

III. Description des adultes

Les adultes des Orthoclaadiinae sont caractérisés par :

- a) Antennes :** elles sont généralement composées de 11-14 segments chez le mâle et 5-7 chez la femelle. Le dernier segment a une longueur, approximativement, égale ou un peu supérieure à celle de la somme des autres segments.
- b) Ailes :** elles sont glabres ou recouvertes de macrotriches. La nervure médio-cubitale est toujours absente.
- c) Pattes :** l'éperon tibial antérieur est plus ou moins développé mais il n'est jamais absent comme chez les Chironominae. Les peignes tibiaux généralement absents des

pattes médianes. Généralement, un seul peigne aux tibias postérieurs, formé d'épines libres.

- d) Les génitalia mâles** : l'article distal de l'hypopigium du mâle (ou gonostyle) est toujours replié vers ou sur les gonocoxites.

1.2.7.2 Sous famille des Tanypodinae (Figure 20)

Les Tanypodinae sont des Chironomidae caractérisés par des antennes avec 15 segments chez les mâles adultes et avec 11-15 segments chez les femelles. Les mâles se distinguent de ceux des Diamesinae et Prodiamesinae par la morphologie de l'hypopigium du mâle ayant une structure simple et caractéristique.

Les nymphes sont caractérisées par le fait qu'elles possèdent des lobes anaux généralement étendus formant une sorte de nageoire et ils sont toujours munis de 02 grosses soies latérales à fonction natatoire. Dans la majorité des cas les organes respiratoires se terminent distalement en une plaque criblée.

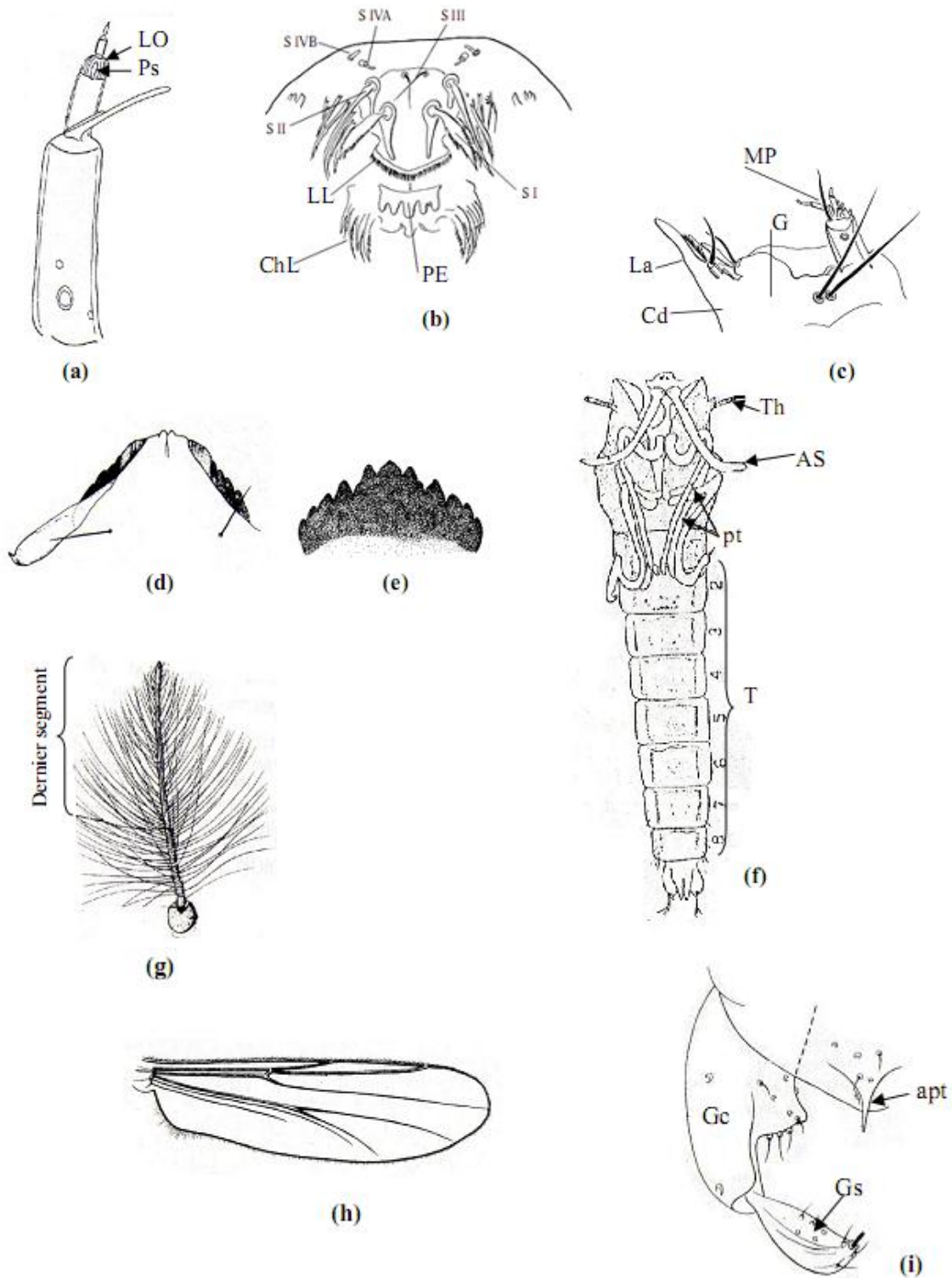


Figure 19 : Sous famille des Orthoclaadiinae (a) : structure de l'antenne de la larve ; (b) : le labre ; (c) : maxille ; (d) (e) : le mentum ; (d) : *Nanocladus* sp. ; (e) *Cricotopus* sp. ; (f) : structure de la nymphe ; (g) l'antenne d'un adulte mâle ; (h) : l'aile ; (i) : génitalia mâle. apt : point anal ; AS : gaine antennaire ; Cd : cardo ; ChL : chaetula ; G : galea ; Gc : gonococcite ; Gs : gonostyle ; La : lacinia ; LL : lamelle labrale ; LO : organe de Lauterborn ; MP : palpe maxillaire ; pd : podothèques ; PE : pecten epipharyngis ; Ps : peg sensillum ; SI-SIVB : soies labrales ; T : tergites ; Th : corne thoracique (Pinder, 1978; Langton, 1991 ; Armitage *et al.*, 1995).

I. Description des larves

a) Dimensions et colorations

Les larves des Tanypodinae ont une longueur comprise entre 3 et 15 mm. La couleur du corps varie du blanc-jaunâtre au vert clair, le brun, l'orangé, le rose, le rouge sanguin. Parfois sur le corps il y a des ornements. La coloration de la tête varie du jaune pâle au brun clair, l'orangé et le rouge sanguin.

b) La tête

Elle peut être arrondie (la longueur = la largeur), ou aérodynamique (longueur presque 2 fois la largeur). Il serait important de déterminer la valeur de « l'indice céphalique » comme rapport entre la largeur maximale et la longueur de la tête. Elle porte :

- **Les antennes** : toujours rétractiles dans une cavité spéciale et généralement de 4 segments. Elles paraissent toujours assez longues en relation avec la tête. Leur segment basal est long de peu plus de 2-9 fois la somme des autres segments.

Les caractéristiques importantes dans la taxinomie des Tanypodinae sont : la longueur de l'antenne, le rapport antennaire (Antennal Ratio) et la position de l'organe annulaire sur le segment basal.

- **Tâches oculaires** : la tête porte latéralement les tâches oculaires réniformes qui fusionnent. Elles ont une faible valeur taxinomique au niveau spécifique
- **Mandibules** : sont falciformes ou repliés en crochets (*Clinotanypus*). A la marge interne, elles peuvent porter soit une rangée de dents (*Psectrotanypus*), ou, dans la majorité des cas deux dents appelées respectivement : dent latérale et dent secondaire. Chez *Procladius* il y a seulement une dent latérale à la marge externe.
- **Maxilles** : elles diffèrent de celles des autres Chironomidae par la possession d'un palpe maxillaire particulièrement développé. Dans ce dernier on prend en considération seulement le segment basal et la position de l'organe annulaire sur le segment basal. Sur le côté interne de la maxille on peut noter une formation lobée (=lacinia) qui porte des soies plus ou moins développées.
- **Mentum (=labium ou labre inférieur)** : il est assez peu développé. Il est divisé en deux plaques plus ou moins fines et réduites : le ventromentum, qui occupe la zone médiane de la face ventrale, est en position postérieure par rapport aux maxilles et les mandibules. Le dorsomentum dans la même position que le ventromentum mais il est dorsal par rapport à ceci et s'étend latéralement.

Les extensions latérales du dorsomentum peuvent avoir la forme d'une plaque dentée par côté comme chez : les Macropelopiini, les Procladiini et les Tanypodini, ou elles peuvent porter des dents isolées comme chez les Coelotanypodini, ou être réduites en deux petites formations légèrement sclérifiées presque cachées par le ventromentum comme chez les Pentaneurini..

➤ **Complexe premento-hypopharyngial :**

Dans le complexe premento-hypopharyngial on considère les parties suivantes :

- **L'appendice M du prémentum**, qui a l'aspect d'une pièce hyaline à forme de triangle avec l'apex retourné antérieurement. Il peut porter deux vésicules latérales. Sur le côté dorsal de l'appendice M il y a une bande de minuscules spinules : la pseudoradula qui manque seulement chez *Tanypus*.
- **La ligula** : elle a une marge antérieure à 4, 5 ou 6 dents. Elle peut être concave : quand la dent médiane, plus petite, a l'apex en position plus reculée en arrière par rapport aux autres, convexe : quand l'apex de la dent médiane se trouve en position plus avancée par rapport aux autres, ou directe : quand les dents sont de même longueur et posées en ligne droite, ou ondulée : quand la dent médiane et les deux plus latérales sont plus longues que les deux restantes. De part et autre de la ligula sont posées latéralement les paraligula sclérifiées à forme de plaques pointues ou dentées plus ou moins profondément.
- **Les peignes de l'hypopharynx** : deux rangées de dents posées immédiatement aux côtés de la ligne médiane sur la base de l'hypopharynx. Il est toujours important de considérer le nombre de dents dans chaque rangée.

c) Thorax et abdomen

La disposition des soies sur les segments thoraciques et la présence de la frange de soies natatoires ont une valeur taxinomique. En outre, il peut être pris en considération la longueur des procerques et celle des tubules anaux par rapport à la largeur, la coloration et la présence ou l'absence de crochets au niveau des ongles des pseudopodes postérieurs.

II. Description des nymphes

Comme celles de tous les Chironomidae, les nymphes des Tanypodinae sont constituées d'un céphalothorax dont le thorax est renflé, un abdomen aplati se terminant par les lobes anaux. Cependant, les caractéristiques essentielles des nymphes des Tanypodinae sont :

- **Organes respiratoires ou cornes thoraciques :** à faible agrandissement apparaissent comme deux cornets posés antéro-dorsalement sur chaque côté du thorax. Les organes respiratoires ont une grande valeur dans la détermination des genres et des espèces. Ils sont généralement bien développés, cylindriques, aplatis ou gonflés. Distalement, ils se terminent par le plastron qui peut être en forme d'une plaque criblée, ou peut être aussi extrêmement réduit et posé au sommet d'une formation en forme de mamelon. Le plastron peut aussi manquer (exemple : *Procladius crassinervis*). De même, l'atrium est de dimensions variables.

- **Thorax :** sur la surface thoracique, au voisinage de la base de la corne respiratoire, on peut trouver une rangée de tubercules bien développés qui construisent les peignes thoraciques. Sur le mesonotum et le postnotum se trouvent respectivement une paire de tubercules et un tubercule isolé.

- **Abdomen :** des 9 segments abdominaux il y a des segments particulièrement importants : le premier qui peut ou non porter des marques et les 3 derniers (7, 8 et 9). Les segments intermédiaires seront parfois pris en considération par rapport à la distribution des zones pigmentaires, à la présence de soies macroscopiques sur les tergites (ex : *Macropelopia*) et à la distribution des soies latérales.

Les lobes anaux, qui construisent le 10^e segment abdominal, ont la forme et la fonction d'une nageoire. Ils peuvent être triangulaires (*Natarsia* : biconvexes (*Psectrotanypus varius* : à spatule (*Procladius* : ou réduits (*Tanypus*). Les marges externes des lobes anaux sont toujours pourvues de deux soies appelées : les soies de la nageoire. Parfois sur la marge externe de la nageoire se trouvent aussi des spinules de longueur et d'épaisseur réduites (figure) ou également une frange complète de soies (*Clinotanypus nervosus*).

Les sacs gonopodiaux des mâles peuvent être plus longs que la nageoire mais souvent ils sont plus courts. Ceux des femelles sont courts et arrondis.

D'un notable poids systématique est la coloration de l'exuvie qui diffère selon les espèces de l'incolore hyalin au jaune foncé, elles peuvent être aussi brunes.

III. Description des adultes

Les adultes des Tanypodinae sont caractérisés par :

- a) **Antennes** : les antennes du mâle sont généralement composées de 15 segments, le segment terminal est très court et succède au 14^e très allongé. Les antennes de la femelle comprennent de 11 à 15 segments de forme sub-sphérique.

- b) **Ailes** : elles sont toujours recouvertes de macrotriches et des microtriches. La nervure médio-cubitale est toujours présente. De même, la nervure radiale (R_{2+3}) est présente et fourchue.

- c) **Les génitalia mâles** : sont de structure simple chez les Tanypodinae. En effet, les pièces génitales sont dépourvues de lobes basaux aux coxites.

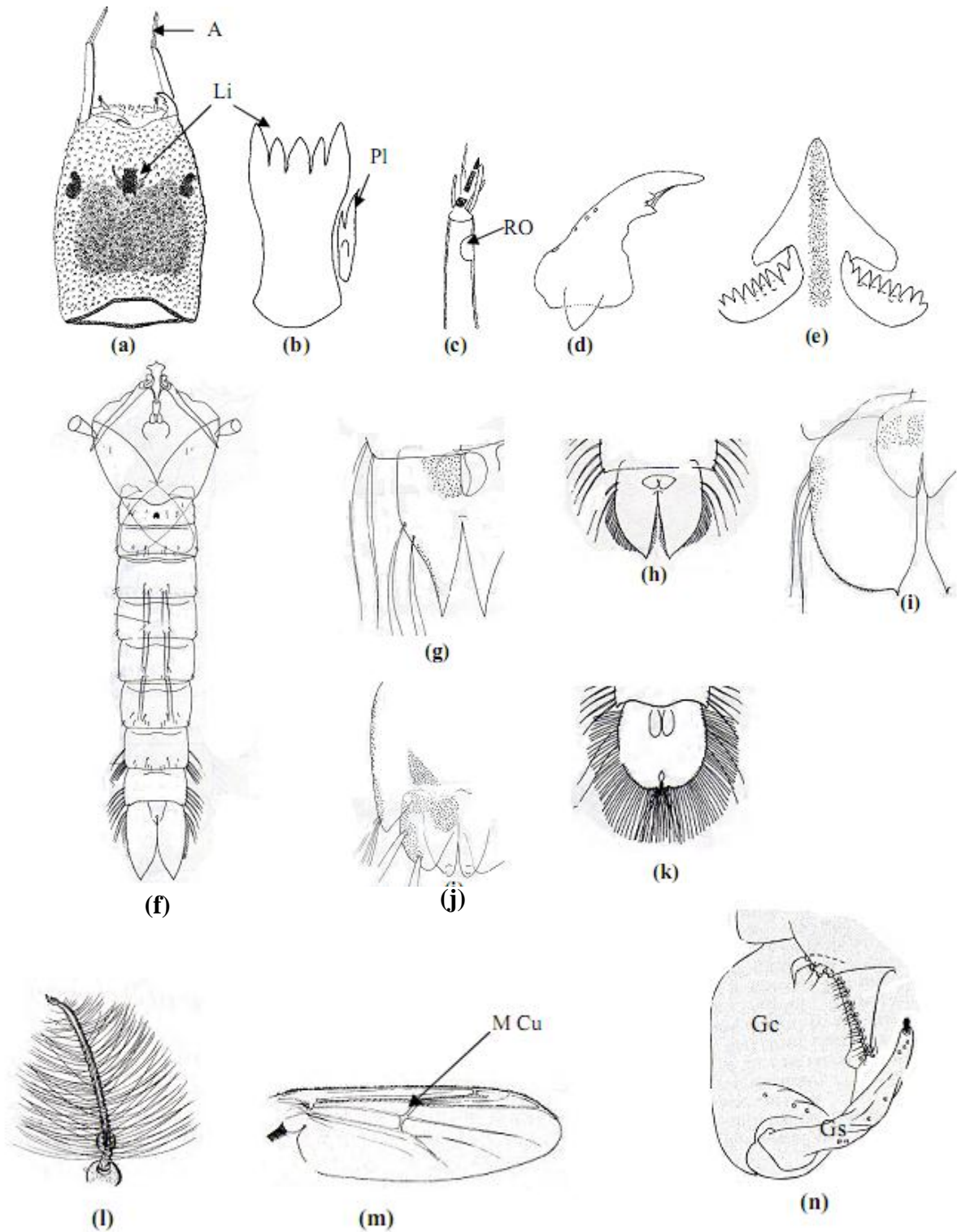


Figure : Sous famille des Tanypodinae. (a, b, c, d, e) : la larve ; (a) : capsule céphalique ; (b) : ligula et paraligula ; (c) : l'antenne ; (d) : mandibule ; (e) mentum ; (f, g, h, i, j, k) : la nymphe ; (f) : nymphe de *Macropelopia* ; (g) : *Natarsia* ; (h) : *Psectrotanypus varius* ; (i) : *Procladius sp.* ; (j) : *Tanypus* ; (k) : *Clinotanypus nervosus* ; (l, m, n) : l'adulte ; (l) : l'antenne du mâle ; (m) : l'aile ; (n) : hypopygium. A : antenne, Gc : gonococcyte, Gs : gonostyle, Li : ligula, MCu : nervure médio-cubitale, Pl : paraligula, RO : organe annulaire (Pinder, 1978 ; Lanotou, 1991 ; Armitage *et al.* 1995)

1. 2.7.3 Sous famille des Chironominae (Figure 21)

La sous famille des Chironominae comprend des espèces caractérisées au stade adulte par un éperon tibial antérieur réduit, des pièces génitales présentant le plus souvent une structure complexe. De même que les tylets ne peuvent se replier et sont toujours allongés dans le prolongement des coxites. D'un autre côté, sur l'aile la nervure médio-cubitale est présente.

Les nymphes possèdent ou non un organe thoracique respiratoire qui peut être plumeux ou non ramifié. Les tergites sont souvent ornements d'une armature formée de crochets accolés. De nombreuses soies sub-égales sont également présentes aux palettes natatoires.

Les larves des Chironominae sont généralement pourvues d'hémoglobine et colorées en rouge. Elles se reconnaissent aisément par la disposition de leurs tâches oculaires, les plaques paralabiales toujours bien développées et striées et la présence, chez beaucoup d'espèces, de tubules ventraux dans la région anale.

I. Description des larves

a) Dimensions et colorations

Au 4^e stade les larves peuvent être de petite taille (3 mm chez *Tanytarsus* sp.) mais elles peuvent avoir de grandes dimensions (jusqu'à 30 mm), par exemple chez le genre *Chironomus* sp. *Glyptotendipes* sp. et *Polypedilum* sp. Les larves de Chironominae sont souvent rougeâtres suite à la présence d'hémoglobine, mais elles peuvent être parfois blanchâtres ou verdâtres.

b) Capsule céphalique

Sur la capsule céphalique se trouvent la majorité des caractères utilisés dans la classification des larves. Elle est de forme ovoïde ou plus ou moins carrée et de couleurs variables du jaunâtre au brun.

- **Tâches oculaires :** il y a souvent deux tâches oculaires égaux de chaque côté de la tête, séparés et posés l'une sur l'autre. Quand il y a une seule, elle serait ronde et n'est jamais réniforme comme chez les Tanypodinae.
- **Antennes :** toujours bien développées, elles sont généralement composées de 5-8 segments. Les organes de Lauterborn sont normalement présents et insérés sur le 2^e segment, parfois ils alternent entre le 2^e et le 3^e segment chez les Chironomini. Cependant, ils sont toujours placés sur le deuxième segment chez les Tanytarsini. Chez cette même tribu ils peuvent être placés sur de longues pédicelles (exemple : chez le genre *Tanytarsus*). Chez les Chironomini et les Pseudochironomini les

antennes sont insérées sur des protubérances arrondies alors que chez les Tanytarsini elles sont placées sur des pédicules distincts et plus ou moins longs.

- **Le labre supérieur (=labrum) :** le labrum est constitué dorsalement de 1 ou 2 sclérites médians et de 1-3 paires de sclérites latéraux, munis respectivement des soies labrales SI et SII. La morphologie des setae antérieures est moins importante sur le point systématique que chez les Orthoclaadiinae. Cependant, elle diffère suivant les tribus. En effet, les SI sont simples, palmées ou plumeuses mais leurs bases sont séparées chez les Chironomini et les Pseudochironomini et fusionnées chez les Tanytarsini. Les SII sont simples chez les Chironomini, souvent plumeuses chez les Tanytarsini et les Pseudochironomini. Les SIII sont toujours simples en forme de soies. Les SIV sont présentes, très bien développées, situées sur des pédicelles chez quelques genres du complexe *Harnischia*.
- **Prémandibules :** toujours présents et bien développées constituées de 1-7 dents et une brosse prémandibulaire.
- **Mandibules :** avec une dent dorsale chez les Tanytarsini et la plupart des Chironomini (sauf le complexe *Harnischia*), une dent apicale bien différenciée et des dents internes. La seta interna souvent présente et plumeuses.
- **Les maxilles :** sont insérées sous les mandibules et sont constituées principalement par trois parties : lacinia, le galéa et le palpe maxillaire sur lesquelles s'insèrent des soies et spinules. En général, les maxilles n'ont pas été étudiées en détails mais leurs longueurs et leurs formes ne sont d'une importance taxinomique que pour le complexe *Harnischia*.
- **Mentum (=labre inférieur) :** souvent avec 9-16 dents sombres. Il est situé dans la région médiane de la capsule céphalique. Le mentum est formé de deux lames très distinctes chez les Chironominae, le dorsomentum et le ventromentum.
Chez les larves des Chironominae la marge supérieure du dorsomentum présente de 1-4 dents médianes et 5-7 paires de dents latérales. Le ventromentum est dépourvu de dents, mais il s'étend sur les deux côtés en deux formations plates appelées : plaques

paralabiales ou plaques ventromentales. Ces dernières sont toujours bien développées avec des stries distinctes.

La forme des plaques striées du ventromentum est importante sur le point systématique. En effet, elles sont larges et courtes chez les Pseudochironomini et les Tanytarsini séparées dans le plan médian par moins de la largeur de la dent médiane. Elles sont en forme de deux éventails qui se rejoignent dans le plan médian chez les Chironomini.

c) **Le corps** : constitué de 13 segments, 3 thoraciques et 10 abdominaux. Il porte des soies fines et courtes, souvent difficiles à observer. Le corps porte sur le premier segment thoracique les pseudopodes antérieurs. La région anale porte diverses structures d'un grand intérêt taxinomique, on distingue :

- **Procerques** : sont généralement présents et normalement développés. Comme chez les Orthoclaadiinae, les procerques portent à leur apex des soies apicales plus ou moins longues mais sans importance taxinomique chez la majorité des groupes.
- **Pseudopodes postérieurs** : placés sur le 10^e segment abdominal d'ongles et de crochets.
- **Tubules anaux** : il y a 04 tubules anaux dont la morphologie et la taille présentent un intérêt taxinomique, ils peuvent être très développés chez les espèces qui vivent dans des milieux eutrophiques.
- Chez certains Chironomini, il y a 1 ou 2 paires de **tubules ventraux** de longueur et forme variable selon les genres placés sur le 9^e segment abdominal (par exemple : 2 paires chez *Chironomus plumosus*). En plus, chez certaines espèces il y a une paire de courts tubules appelés : **tubules latéraux** (ou tubuli dans quelques ouvrages) placés sur le 7^e segment abdominal (exemple : *Chironomus plumosus* et *Einfeldia pagana*).

II. Description des nymphes

a) Dimensions et colorations

Les dimensions varient entre 3 mm (*Tanytarsus* sp.) et 12 mm (*Chironomus* sp.). Leur coloration suit celle des larves, par conséquent, elles sont généralement rougeâtres, verdâtres ou marrons.

b) Tête

Dans la capsule céphalique nymphale les caractères important diagnostiquement sont : la présence ou l'absence des tubercules céphaliques ainsi que leur forme, ainsi que l'absence ou présence des soies frontales.

c) Thorax

➤ **Corne thoracique :** Une grande importance taxinomique réside dans la présence ou l'absence de l'organe respiratoire (=corne thoracique) ainsi que sa morphologie.

En effet, chez les Chironomini et les Pseudochironomini l'organe respiratoire thoracique est formé de deux ou plusieurs branches (comme chez *Polypedilum*). Par contre, chez les Tanytarsini l'organe respiratoire thoracique est non ramifié (pointu, lisse ou avec des poils sur toute leur longueur, ou absent.

➤ **Tergites et sternites abdominaux :** comme chez les autres groupes de Chironomidae, l'ornementation que présentent les tergites abdominaux constitue un critère diagnostique important. En effet, chez les Chironomini et les Pseudochironomini il y a, en général, sur les tergites 2-5 des bandes de points antérieures et postérieures, et une bande médiane. On peut trouver différentes formes d'ornementations par exemple les épaulettes en forme de raquettes de *Glyptotendipes* sp.

Les sternites abdominaux sont de moindre importance sur le plan systématique.

➤ **Lobes anaux:** les lobes anaux sont sans macrosetae anales. Ils sont munis souvent d'une frange filamenteuse.

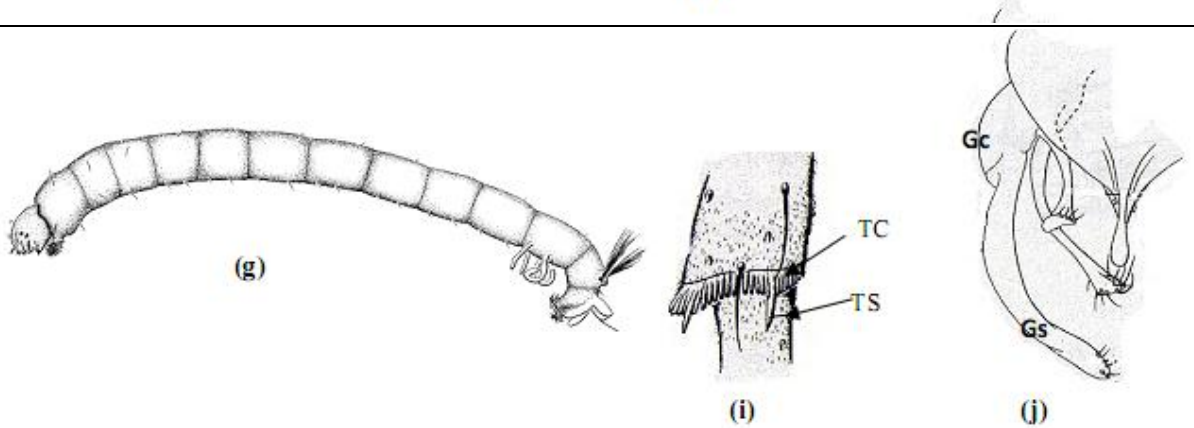
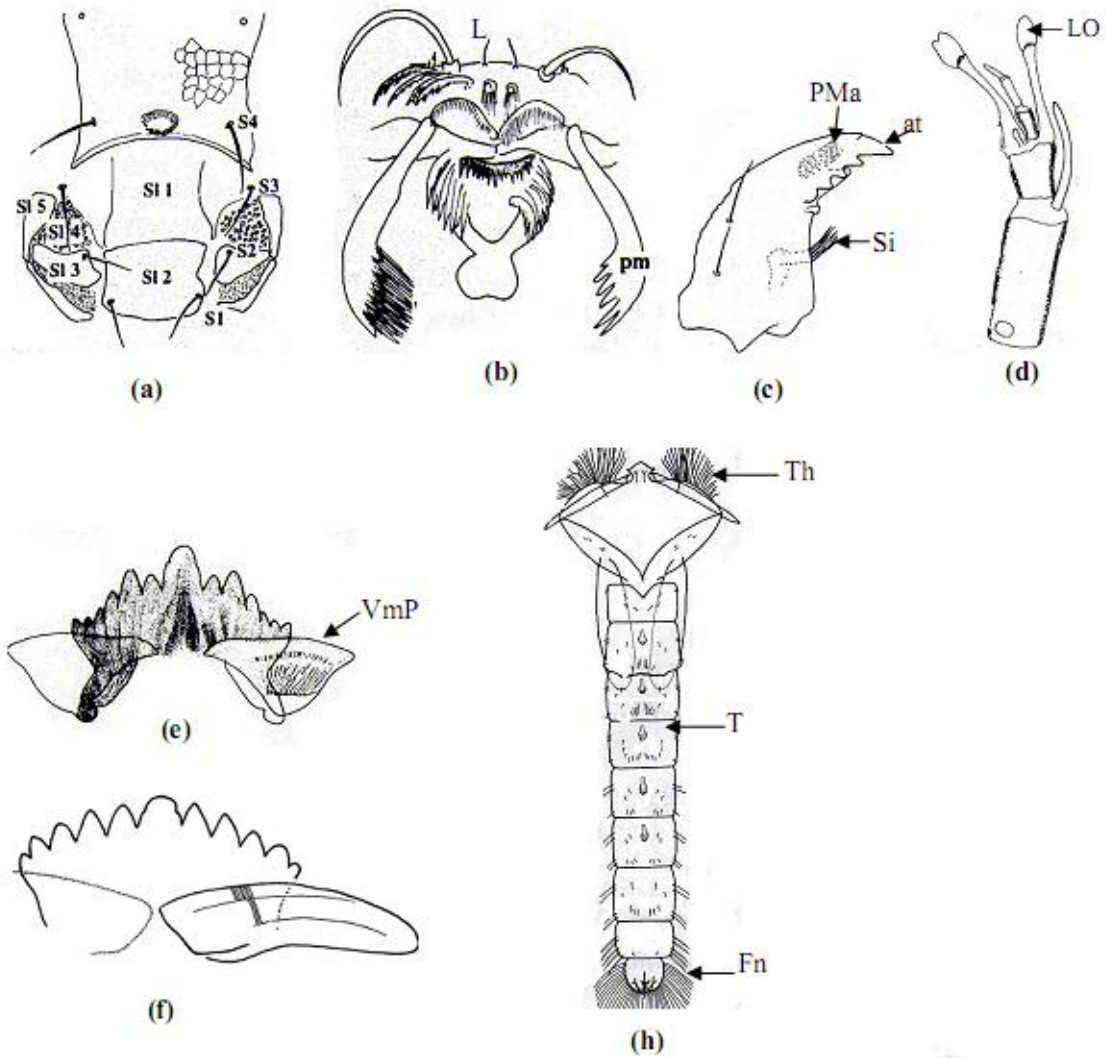


Figure 21 : Sous famille des Chironominae. (a, b, c, d, e, f, g) : structure de la larve ; (a) : capsule céphalique ; (b) : labrum ; (c) : mandibule ; (d) : antenne ; (e) : mentum d'un Chironomini ; (f) : mentum d'un Tanytersini ; (g) : larve complète ; (h) : nymphe de *Glyptotendipes* ; (i) : peignes tibiales ; (j) : hypopygium d'un Chironomini. at : dent apicale, Fn : frange natatoire, Gc : gonococcite, Gs : gonostyle L : labre ; LO : organe de Lauterborn, Pm : prémandibule, PMa : pecten mandibularis, SI-S5 : sclérites de la capsule céphalique, Si : seta interna, T : tergites, TC : peignes tibiales ; TS : éperons tibiaux, VmP : plaques ventromentales (Pinder, 1978 ; Langton, 1991 ; Armitage *et al.*, 1995).

III. Description des adultes

Les adultes des Chironominae sont caractérisés par :

- d) **Antennes** : elles sont généralement composées de 11-14 segments chez le mâle et 5-7 chez la femelle. Le dernier segment a une longueur, approximativement, égale ou un peu supérieure à celle de la somme des autres segments.
- e) **Ailes** : elles sont glabres ou recouvertes d'une façon plus ou moins étendue de macrotriches. La nervure médio-cubitale est toujours absente.
- f) **Pattes** : le premier segment du tarse des pattes antérieures est plus long du tibia. Ce dernier est, normalement, dépourvu d'épines ou d'éperon. Les tibias des pattes médianes et postérieures sont munis à leur apex de structures en forme de peigne composée de petites épines fusionnées à leurs bases, lesquelles peuvent présenter 1 ou 2 longues dents.
- g) Les génitalia mâles : l'article distal de l'hypopigium du mâle (ou gonostyle) est uni à l'article proximal (gonocoxite) et il est dirigé vers l'arrière, et il ne présente pas d'épine terminale. Le gonocoxite est pourvu normalement de 1 ou 2 appendices basaux chez les Chironomini et 3 ou 4 chez les Tanytarsini.

1.2.7.4 Sous famille des Diamesinae (Figure 22)

Les Diamesinae sont caractérisés par la possession, au stade adulte, de la nervure medio-cubitale sur les ailes, ce caractère est en commun aux Prodiamesinae et les Tanypodinae. De ces dernier, les adultes des Diamesinae se distinguent par la morphologie de l'hypopigium des mâles et des antennes, alors qu'ils se distinguent des Prodiamesinae par la bifurcation de la nervure cubitale qui est proximale par rapport à la position de la nervure radio-médiane et médio-cubitale. De même, le tarsomère 4 est cordiforme.

Les nymphes Diamesinae possèdent souvent une corne thoracique qui est de formes très variables mais elle peut manquer chez certains genres comme *Pseudodiamesa* et *Pottasia*. Les soies insérées sur le thorax ont une importance taxonomique. Il en existe 10 paires dénommées : T1, T2..... Les podothèques antérieurs et médians s'étendent directement mais ceux postérieurs sont incurvés entre les ébauches alaires. En général, les segments abdominaux sont munis de grosses à leurs marges caudales.

Les nymphes présentent un dimorphisme sexuel évident. En effet, elles portent des sacs antennaires allongés chez le mâle et courts chez les femelles. A la base des sacs antennaires il y a un tubercule qui peut être lisse ou rugueux. Entre deux sacs antennaires s'insèrent deux soies frontales.

Les larves présentent une morphologie générale similaire à un Orthoclaadiinae, de celles-ci elles peuvent se distinguer par :

- La présence d'un bord occipital large et noir
- Le 3^e segment antennaire annulaire
- Le labre inférieur (=mentum) est muni de plus de six paires de dents latérales (généralement entre 8 et 12 paires), les plaques paralabiales sont toujours munies de soies.
- Le prémentum et les maxilles sont munis d'épais faisceaux de grosses soies ou chaetulae.
- La soie interne (seta interna) de la mandibule s'étend en éventail
- L'absence des procerques
- L'allongement des pseudopodes postérieurs.

Les Diamesinae sont divisés en six tribus, trois d'entre elles qui sont : Diamesini, Boreoheptagyini et Protanypodini existent dans l'Holarctique, alors que les tribus des Harrisonini, Heptagyini et Lobodiamesini se trouvent dans l'hémisphère sud (Brundin, 1966). Parmi les espèces appartenant à la sous famille des Diamesinae : *Pseudodiamesa nivoka*, *Potthastia longimanus*, *Diamesa steinboeckii*, *Diamesa aberrata*, *Boreoheptagyia* sp.

1.2.7.5 Sous famille des Prodiamesinae (Figure 23)

Les Prodiamesinae sont caractérisés par le fait que chez l'adulte les ailes possèdent comme les Diamesinae et les Tanypodinae la nervure médio-cubitale, mais la bifurcation de la cubitale à la différence des Diamesinae et la position distale par rapport à la radio-médiane et à la medio-cubitale.

Les nymphes des Prodiamesinae ressemblent beaucoup à celles des Orthoclaadiinae, mais elles se distinguent par la combinaison des caractères suivants :

- Corne thoracique toujours présentes mais avec connexion indirecte avec les stigmates de l'adulte.

- Le lobe anal avec soit (1) une frange complète constituée de longues soies et souvent 4-5 macrosetae marginales ou, (2) 3 macrosetae marginales ; ou (3) une frange constituée de courtes soies.
- Sur les tergites abdominaux il n'y a jamais de grosses épines.
- Les trois ébauches de pattes sont recourbées en S.
- Les marges antérieures des segments abdominaux sont munies de fines bandes noires.

Les larves des Prodiamesinae sont caractérisées par :

- Antennes constituées de quatre segments. Le segment basal est beaucoup plus grand que les trois successifs. A l'apex du deuxième segment il y a deux organes de Lauterborn.
- Le labrum présente généralement une paire de peignes labrales et un groupe de grosses soies diversement développées. Néanmoins, chez *Odontomesa* les peignes labrales manquent.
- Les soies labrales sont profondément modifiées : les SI sont dentées à leur apex, les SII et SIII sont simples.
- Le mentum présente des plaques paralabiales allongées et toujours munies de longues soies (barbe).
- Le prémentum présente une seule touffe de soies.

Parmi les espèces appartenant à la sous famille des Prodiamesinae : *Monodiamesa tuberculata*, *Prodiamesa olivacea*, *Odontomesa fulga*.

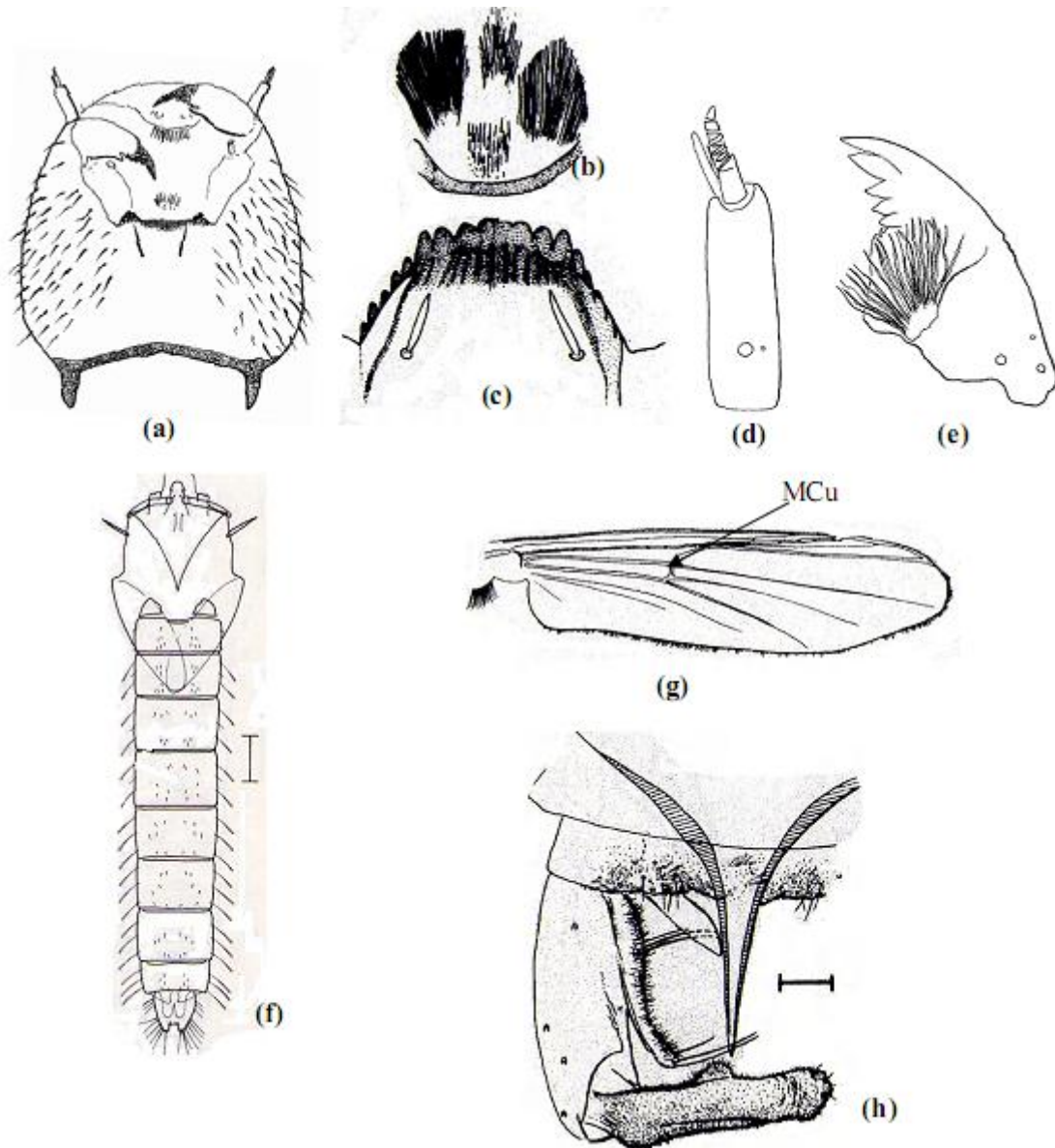


Figure 22 : la sous famille des Diamesinae. (a, b, c, d, e) : la larve ; (a) : la capsule céphalique ; (b) : prémentum ; (c) : mentum ; (d) : l'antenne ; (e) : mandibule ; (f) : nymphe ; (g) : aile de l'adulte ; hypopygium. Gc : gonococcyte, Gs : gonostyle, MCu : nervure médio-cubitale, (Pinder, 1978 ; Langton, 1991 ; Armitage *et al.*, 1995 ; Epler, 2001).

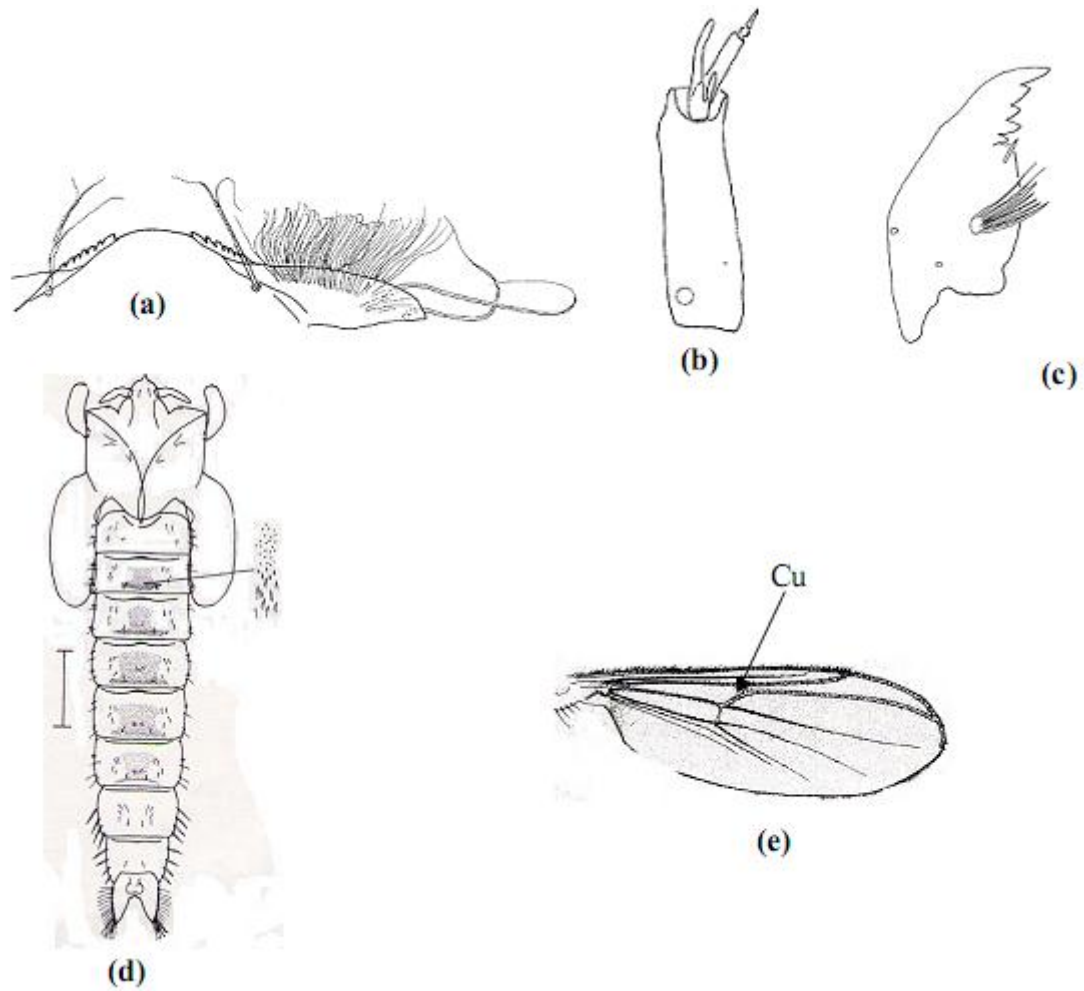


Figure 23 : la sous famille des Prodiamesinae. (a, b, c, d) : la larve ; (a) : mentum ; (b) : l'antenne ; (c) : mandibule ; (d) : la nymphe ; (e) : aile de l'adulte; Cu : nervure cubitale, (Pinder, 1978 ; Langton, 1991 ; Armitage *et al.*, 1995 ; Epler, 2001)

1.2.7.6 Sous famille des Podonominae (Figure 24)

Chez les Podonominae les adultes sont caractérisés par des ailes avec la nervure médio-cubitale plus distale que chez les Prodiamesinae. Les genitalias mâles sont très variables, en effet, les gonostyles sont soit simples (*Lasiodiamesa sphagnicola*) ou bilobés (*Parochlus kiefferi*).

Les nymphes des Podonominae sont caractérisées par :

- Deux paires de soies frontales
- Corne thoracique présente et elle est munie d'un plastron.
- Les podothèques antérieurs et médians sont directs.
- Les segments VII-IX sans filaments latéraux et le tergite I sans marque.
- Chez certains genres, comme *Parochlus* et *Trichotanytus* les soies latérales du lobe anal sont irrégulières, ou les soies sont courtes et fines comme celles des nymphes de *Boreochlus thienemanni*.

Les larves des Podonominae ont une longueur comprise entre 5 et 8 mm. Généralement, elles sont brunâtres, rarement verdâtres et jamais rougeâtres.

La tête est plus ou moins allongée, souvent $\frac{1}{4}$ plus longue que large. Sur chaque côté une ou deux tâches oculaires, celle antérieure est plus petite que la postérieure. Elle porte :

- Les antennes : bien développées avec 4-5 segments, le 3^e segment est annulaire et les organes de Lauterborn sont rarement développés et souvent absents.
- Les soies labrales SI et SII sont très larges, en forme de faucille, ventralement dirigées et situées sur des pédicules. Les soies SIII sont soit fines et longues ou en forme de faucille et de même taille que SI et SII. Les soies SIV A et SIV B sont soit des soies fines ou en forme de bâtonnet. On note souvent la présence de chaeta et des spinules près des soies labrales. Le pecten epipharyngis consiste de 3-5 épines.
- Parmi les caractéristiques principales des larves des Podonominae est l'absence des prémandibules.
- Les mandibules : leur face externe est inclinée au milieu, avec 6-11 dents ; la seta interna est une large brosse avec de nombreuses branches.
- Le mentum est formé d'une dent médiane et 7-15 paires de dents latérales. Les plaques ventromentales sont très réduites.

Le corps des larves des Podonominae est caractérisé par les procerques qui sont très longs, 5-10 fois plus longs que larges. Ces derniers portent apicalement 5-13 soies.

Parmi les espèces appartenant à la sous famille des Podonominae : *Boreochlus thienemanni*, *Lasiodiamesa sphagnicola*, *Parochlus kiefferi*.

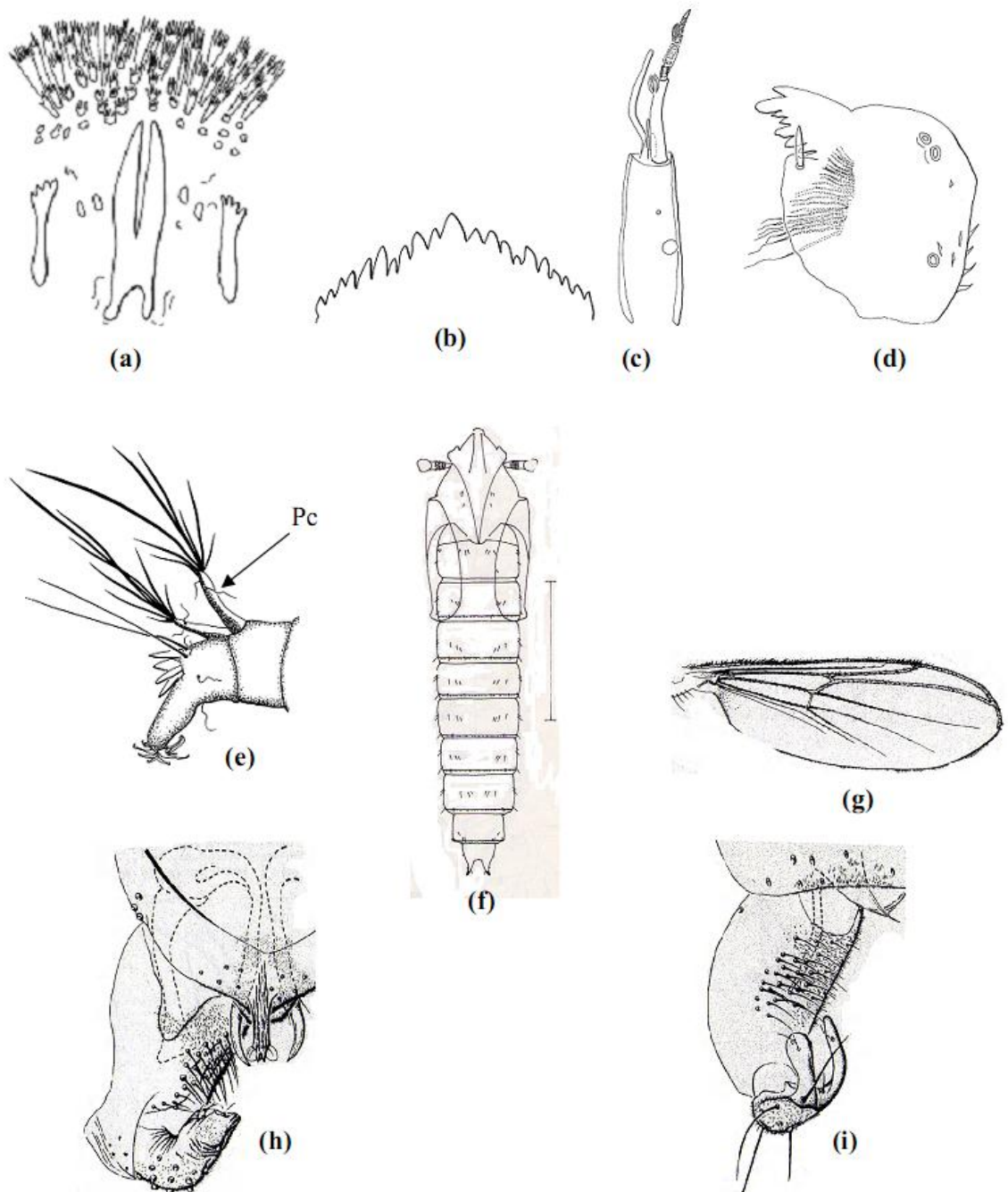


Figure 24 : la sous famille des Podonominae. (a, b, c, d,e) : la larve ; (a) : région prémento-hypopharyngiale ; (b) : mentum ; (c) : l'antenne ; (d) : la mandibule ; (e) : partie postérieure; (f) : la nymphe ; (g) : l'aile de l'adulte ; (h) : l'hypopygium de *Lasiodiamesa sphagnicola* ; l'hypopygium de *Parochlus kiefferi*. Gc : gonococcite, Gs : gonostyle, MCu : nervure médio-cubitale, (Pinder, 1978 ; Langton, 1991 ; Armitage *et al.*, 1995 ; Epler, 2001)

1.2.7.7 Sous famille des *Telmatogetoninae* (Figure 25)

La sous famille des *Telmatogetoninae* est caractérisée par des espèces ayant au stade adulte des ailes avec la R_{2+3} absente. En plus les nervures R_1 et la R_{4+5} sont largement séparées. De même, le 4^e segment tarsal est cordiforme et les genitalias mâles sont larges et diversement construits. Les femelles adultes sont caractérisées par un ovipositeur formé des gonostyles, des lobes postérieurs du tergite IX, des cerques allongés et des gonapophyses VII. Les capsules séminales sont absentes, le canal des spermathèques renflé agit comme un réceptacle séminal.

Les nymphes des *Telmatogetoninae* sont caractérisées par un lobe anal comprenant les tergites VIII et IX fusionnés en un disque circulaire frangé avec des épines courtes et sans soies latérales ou apicales. Les segments abdominaux sont sans soies latérales. Le lumen de la corne thoracique s'ouvre dans sa moitié.

Les larves des *Telmatogetoninae* sont d'une taille moyenne à grande, de couleur jaunâtre ou brunâtre sombre.

La tête porte soit deux paires de tâches oculaires ou une seule de chaque côté ou absentes (chez *Telmatogeton torrenticola*). La tête porte :

- Antennes très courtes, leur longueur est inférieures à 1/5 celle des mandibules. Elles sont constituées de 4 segments, le 3^e n'est jamais annulaire.
- Les soies labrales sont toutes bien développées et simples. Les prémandibules sont bien sclérifiées, grandes et constituées de plus de trois dents et une brosse prémandibulaire bien développée.
- Les mandibules avec une seule dent apicale et 3-6 dents internes. Pecten mandibularis absent. Seta subdentalis longue. Seta interna avec 6-7 soies formant une branche.
- Le mentum avec 11-15 dents ; les plaques ventromentales très étroites et sans barbe.
- Maxilles avec un palpe supportant des sensilles et des soies. Galea sans lamelles ou pecten galearis.

Le corps est constitué de trois segments thoraciques, dont le premier porte les pseudopodes antérieurs qui sont fusionnés à leurs bases, et 9 segments abdominaux. Les procerques et les tubules anaux sont absents. Cependant, on note la présence de 2 ou 3 soies anales.

Parmi les espèces appartenant à la sous famille des Telmatogetoninae : *Telmatogeton remanei*, *Telmatogeton japonicus*, *Thalassomyia frauenfeldi*, *Psammathiomyia pectinata*.

1.2.7.8 Sous famille des Buchonomyiinae (Figure 26)

Les adultes de la sous famille des Buchonomyiinae sont caractérisés par des ailes avec la nervure M-Cu est très proche de la base. Le sternite IX du mâle avec des lobes latéraux de petite taille ne dépassant jamais les genitalias.

Les nymphes des Buchonomyiinae sont caractérisées par des tergites et un lobe anal munis d'éperons postéro-latéraux. Le lobe anal est muni également de 4-6 soies postéro-latérales et 7-8 paires de macrosetae anales. Les podothèques antérieurs et médians sont dirigés vers l'arrière alors que les podothèques postérieurs sont recourbés entre les ébauches alaires.

A l'exception de celles du premier stade, les larves de Buchonomyiinae sont inconnues.

La sous famille des Buchonomyiinae est constituée d'un seul genre *Buchonomyia* qui inclus quatre espèces : l'espèce Paléarctique *B. thienemanni* Fittkau (1955), l'espèce orientale *B. burmanica* Brundin et Sæther (1979) et l'espèce Neotropicale *B. brundini* Andersen et Sæther (1995). Une quatrième espèce, *B. succinea*, a été décrite dans le Baltique (Seredszus et Wichard, 2002).

1.2.7.9 Sous famille des Aphroteniinae (Figure 27)

Les adultes de la sous famille des Aphroteniinae sont caractérisés par des ailes avec la R_{2+3} absente, en plus la R_1 et la R_{4+5} sont largement séparées. De même, le 4^e segment tarsal est cylindrique. Les genitalias des mâles sont réduits. Chez les adultes femelles le gonocoxite IX est fusionné avec le tergite IX pour former un gonotergite annulaire. Celui-ci est bien développé, à la forme d'une coiffe et muni de soies.

Les nymphes des espèces des Aphroteniinae possèdent une corne thoracique très caractéristique. Celle-ci est dépourvue de plastron et a une longueur d'au moins la moitié de celle du thorax.

Les larves des Aphroteniinae sont distinguables de celles des autres sous familles par les caractéristiques suivantes :

- Antennes non rétractiles

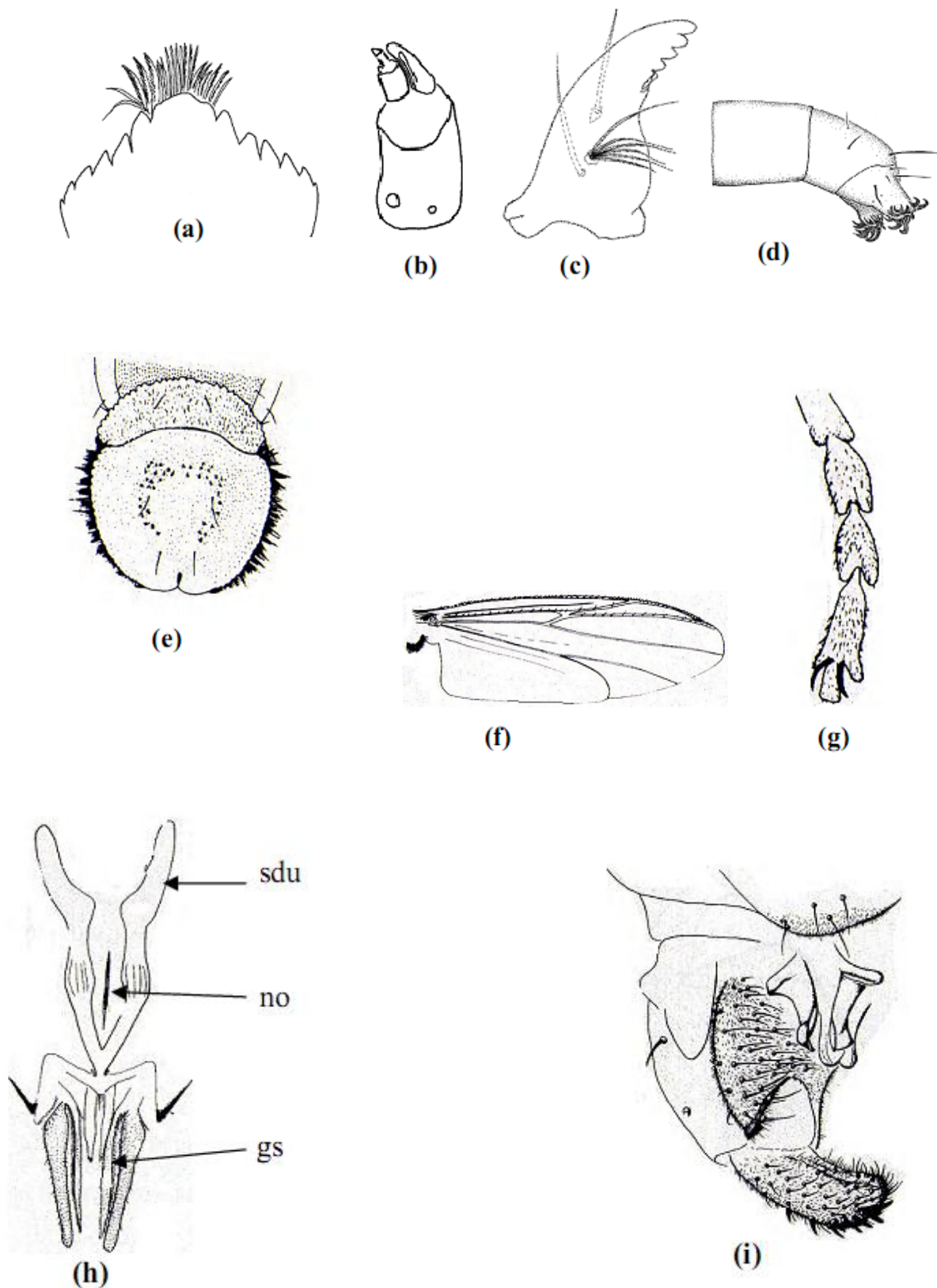


Figure 25: la sous famille des Telmatogetoninae. (a, b, c, d) : la larve ; (a) : mentum ; (b) : l'antenne ; (c) : mandibule ; (d) : la partie postérieure ; (e) : segments postérieurs de la nymphe ; (f) : aile de l'adulte ; (g) : tarsomères distaux ; (h) : génitalia femelle ; (i) : hypopygium. Gc : gonococcite, Gs : gonostyle, no : nodus, sdu : spermiducte (Pinder, 1978 ; Langton, 1991 ; Armitage *et al.*, 1995 ; Epler, 2001).

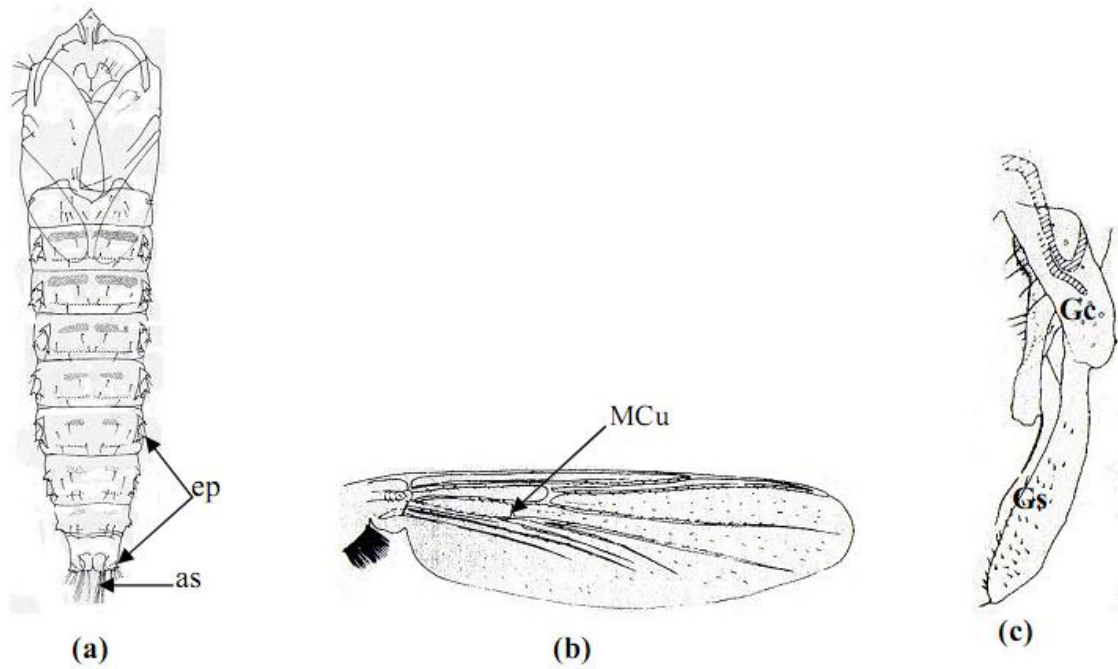


Figure 26 : La sous famille des Buchonomyiinae. (a) : la nymphe ; (b) : l'aile de l'adulte ; (c) : hypopygium. as : soies anales, ep : éperons ; Gc : gonococcite ; Gs : gonostyle ; Mcu : nervure médio-cubitale (Langton, 1991; Armitage *et al.*, 1995).

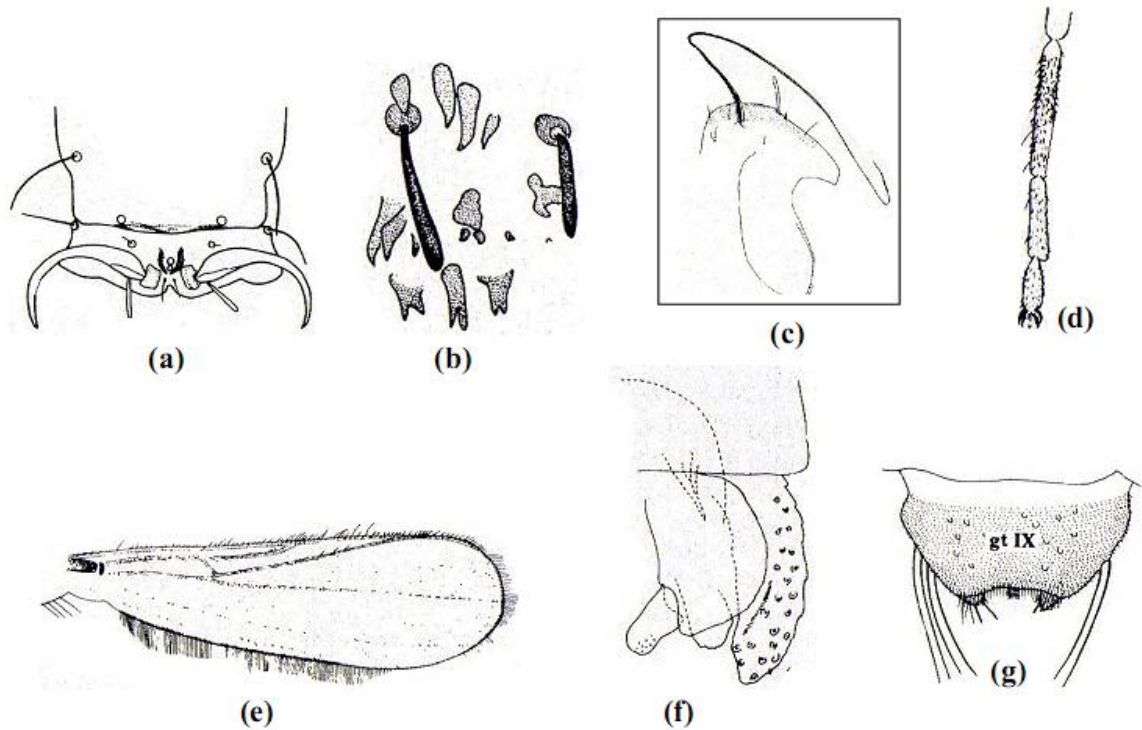


Figure 27 : La sous famille des Aphroteniinae. (a, b) structures larvaires ; (a) : labium ; (b) : sculptures sur le corps ; (c) : thorax de la nymphe ; (d, e, f, g) : l'adulte ; (d) : segment tarsal ; (e) : l'aile ; (f) : génitalia femelle ; (g) : hypopygium. gt : gonotergite. (Armitage *et al.*, 1995).

- Le mentum n'est pas muni de dents et les plaques ventromentales sont relativement réduites et non striées.
- Les soies labrales sont longues.
- Le corps est couvert d'ornementations caractéristique. En effet, les larves sont couvertes de tubercules et de nombreuses soies.

Parmi les espèces de la sous famille des Aphroteniinae : *Aphroteniella filicornis*

1.2.7.10 Sous famille des Chilenomyiinae (Figure 28)

La sous famille des Chilenomyiinae est caractérisée par des adultes ayant des ailes avec la veine médio-cubitale présente, les veines R_1 et la R_{4+5} sont largement séparées, en plus, la R_{2+3} est absente. Les sternites IX des mâles ne sont pas fixés aux gonocoxites IX, mais des lobes latéraux s'étendent plus en avant que les gonocoxites et les gonostyles. Chez les femelles adultes, les gonocoxites IX sont séparés et bien développés dépassant les cerques.

Les espèces des Chilenomyiinae ont été décrites seulement à partir des adultes mâles et femelles. En fait, les larves et nymphes de cette sous famille ne sont pas connues.

Parmi les espèces appartenant à cette sous famille : *Chilenomyia paradoxa* (Brundin, 1983).

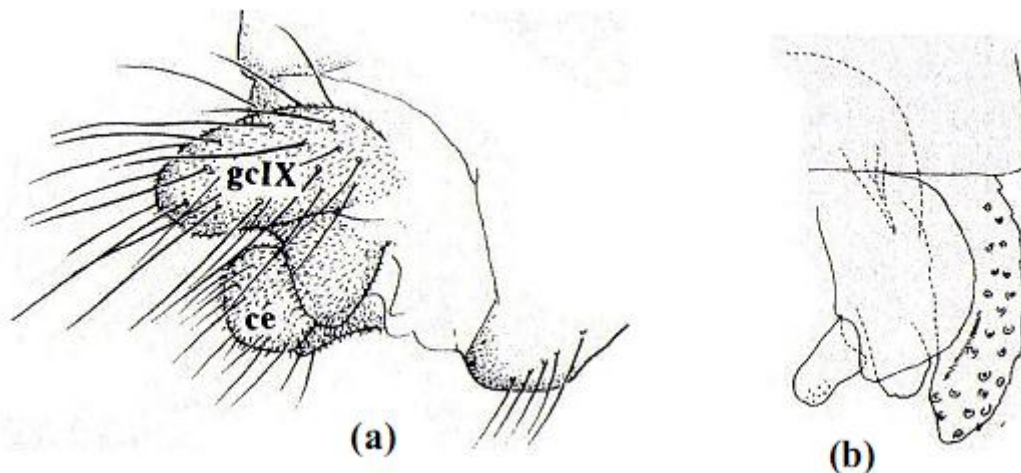


Figure 28 : La sous famille des Chilenomyiinae. (a) génitalia femelle ; (b): hypopygium. ce : cerque ; gc : gonocoxite (Armitage *et al.*, 1995).

1.3 Biologie des Chironomidae

1.3.1 Les larves

a) Habitat

Les Chironomidae est le groupe de macroinvertébrés le plus ubiquiste et le plus abondant en nombre d'espèces et individus, de plus ils existent dans la majorité des habitats (Epler, 2001).

En fait, on estime à 15.000 le nombre d'espèces de Chironomidae à travers le monde (Armitage *et al.* 1995). Toutefois ce nombre prête à discussion. En effet, des espèces sont encore découvertes et nouvellement décrites (Moubayed et Lounaci, 2007 ; Cranston et Nolte, 1996).

Les Chironomidae envahissent la mer, nichant aux bords de la mer et vivant 30 m au fond des océans (Cranston, 1983). De plus, les larves des Chironomidae se retrouvent dans tous les milieux dulçaquicoles et même terrestres (Delettre, 2000).

Il est certain que la nette préférence pour les habitats aquatiques n'est plus à démontrer : ceux-ci varient des eaux courantes conventionnelles (torrents, ruisseaux, rivières, fleuves) (Rossaro *et al.*, 2006 ; Lobinske *et al.*, 1996) aux eaux dormantes (étangs, lacs, rizières) (Dykman et Hann, 1996 ; Vala *et al.*, 2000) mais également d'habitats atypiques comme les flaques d'eau et même du mince film d'eau. Ces milieux sont appelés « habitats madicoles ». Oliver et Sinclair (1989) ont noté quatre espèces madicoles obligatoires : *Hudsonimyia karehana* (Tanypodinae), *Limnophyes fumosus* (Orthocladiinae), *Syndiamesa hygropetricus* (Diamesinae) et *Orthocladus fuscimanus* (Orthocladiinae).

Sous certaines conditions, comme une teneur extrêmement basse en oxygène dissous, les larves de Chironomidae sont les seules à être présentes dans les sédiments benthiques. Les variations extrêmes de températures (McMullin *et al.*, 2000), de pH, de salinité, de profondeur, de courant et de productivité sont exploitées par les larves et les imagos de quelques espèces de Chironomidae. Ainsi, ils se retrouvent dans les régions glaciaires des plus hautes montagnes, comprises à des altitudes supérieures à 5600 m dans le massif de l'Himalaya (Sæther & Willassen 1987) et restent actifs à des températures de - 16 °C (Kohshima, 1984). Quelques Chironomidae tolèrent la pression osmotique élevée des eaux du littoral comme *Clunio marinus* (Neumann et Honegger, 1991).

Des études écologiques ont montré que la distribution des larves de Chironomidae est conditionnée par certains facteurs du milieu tels que : la profondeur, le type du substrat, le niveau trophique du milieu et les facteurs chimiques tels que la concentration en oxygène (Lobinske *et al.*, 1996). De même, certains facteurs physiologiques interviennent dans les variations spatiales des Chironomidae tels que : les adaptations physiologiques des espèces avec les conditions physiques et chimiques du milieu (Lindegaard, 1992).

Le tableau 2 montre les majeures subdivisions de la famille des Chironomidae et leurs habitats typiques (Williams et Feltman, 1992).

b) Alimentation

Pendant les premières heures de leur vie post embryonnaire, les jeunes larvules se nourrissent de la substance mucilagineuse de la ponte, ensuite elles percent l'enveloppe pour devenir planctoniques. Elles deviennent microdétritivores ingérant les petites particules organiques.

Dès le second stade, quand les larves recherchent un support, elles se nourrissent de la pellicule détritique du fond, ingérant à la fois algues mortes ou vivantes ainsi que des particules inorganiques. Les espèces périphtiques et notamment les Orthoclaadiinae exploitent le périphton, leur labium étant adapté au raclage de la surface des végétaux. Certaines larves creusent des galeries dans les plantes aquatiques ingérant partiellement les tissus végétaux (Dejoux, 1981).

Le mode de vie et même la morphologie des larves des Chironomidae sont conditionnés par les habitudes alimentaires qu'elles entretiennent (Ferrarese et Rossaro, 1981). Les habitudes alimentaires des larves de Chironomidae sont influencées par les caractéristiques environnementales du système aquatique comme la nature du substrat et le dépôt de la matière organique d'origine allochtone qui reflète directement sur la qualité d'aliments disponibles (Silva *et al.*, 2008).

Le comportement de l'alimentation varie selon les habitats. Ainsi, en milieu lacustre les Orthoclaadiinae ne se fixent pas sur les supports mais ils se trouvent entre la végétation aquatique ou bien sur les pierres si ces dernières sont couvertes du périphton. Dans les eaux courantes, les larves recherchent les milieux bien oxygénés et quittent les biotopes d'eau calme (Dejoux, 1981).

Tableau 2: les majeures subdivisions de la famille des Chironomidae et leurs habitats typiques

Sous famille	Tribu	Habitat
Tanypodinae	Coelotanypodini	Zones littorales et mares (lentique)
	Macropelopiini et Coelopyiini	Ruisseaux et rivières (lotiques) ; quelques milieux lotiques littoraux et profonds.
	Natarsiini et Pentaneurini	Eaux à courants rapides
	Anatopyiini	Eaux à courants rapides, littoral lentique
	Tanypodini et Procladiini	Littoral lentique
Podonominae	Boreochlini	Eaux à courants rapides, littoral lentique : surtout les eaux froides.
	Podonomini	Eaux à courants rapides, les eaux froides.
Telmatogetoninae		Les eaux salées, estuaires
Buchonomiinae		Mal connu, mais probablement dans les rivières du Paléarctique.
Diamesinae	Diamesini	Eau de montagne froide et courante
	Protanypini	Zone profonde des lacs
Orthocladinae	Clunionini	Marins, cotes rocheux
	Corynoneurini	Eaux lotiques à courant rapide et lent ; littoral lentique.
	Metriocnemini	Grande variété d'habitats lentiques et lotiques ;
	Orthocladiini	Grande variété d'habitats lentiques et lotiques et même les milieux marins.
Chironominae	Chironomini	Habitats lentiques littoraux et profonds ; lotiques lents, surtout sur des substrats sableux et associés aux macrophytes aquatiques.
	Tanytarsini	Eaux lotiques rapides et lentes, littoral lentique ; occasionnellement dans les eaux polluées.
Chilenomyiinae		Mal connu, restreints au Chili
Aphroteniinae		Habitats lentiques et lotiques dans l'hémisphère sud dans les aires sableuses et montagneuses.

b) Modes d'alimentation

Parmi les approches les plus utilisées pour la classification écologique des Chironomidae, et notamment les autres groupes d'insectes aquatiques, est celle basée sur le mode d'alimentation (Fesl, 2002 ; Merritt *et al.*, 1992). Cette approche tient en compte des différentes modalités d'alimentation des Chironomidae ainsi que les adaptations morphologiques pour l'acquisition de la nourriture.

En se basant sur les modes d'alimentation, les Chironomidae sont divisés en six groupes :

- **Les collecteurs- rassembleurs** (ou ramasseurs ou cueilleurs) : les larves se nourrissent des matériaux sédimentés ou déposés sur des substrats submergés. Ce groupe fonctionnel d'alimentation prédomine lorsque les fines particules de la matière organique s'accumulent, par exemple dans les lacs, les mares ou les zones dont le courant est faible dans une rivière. La plupart des Chironomidae sont des collecteurs-rassembleurs pendant toute leur vie alors que d'autres, comme les Tanypodinae, sont des collecteurs-rassembleurs seulement pendant les stades précoces de leur vie.

Ce type d'alimentation est le plus commun chez les Chironomidae et il est représenté dans la plupart des sous familles.

Les larves de Chironominae sont majoritairement présentes dans les 10 premiers centimètres du sédiment et très rarement en dessous de 40 centimètres de profondeur. Elles préfèrent les sédiments de zones aquatiques stagnantes peu profondes qui contiennent des plantes aquatiques et qui sont riches en matières organiques en décomposition (feuilles, algues...). La sclérification et le développement du mentum leurs permettent de brouter le détritus et la matière organique à la surface du sédiment (Oliver, 1971 ; Henriques-Oliveira *et al.*, 2003).

- **Les collecteurs-filtreurs** : les larves de ces Chironomidae se nourrissent des particules en suspension dans la colonne d'eau. Les adaptations morphologiques et comportementales pour ce mode de nutrition ont été largement étudiées (Kanstantinov, 1971; McLachlan, 1977). En fait, les larves utilisent les sécrétions salivaires pour construire un filet conique à travers leurs tubes leur permettant de filtrer les particules. La construction de ces filets de sécrétions salivaires dure 40 secondes (Nilsson, 1984). Beaucoup de Chironominae appartiennent à ce mode d'alimentation : *Chironomus*, *Glyptotendipes*, *Polypedilum* (*Pentapedilum*), *Endochironomus*...

- **Les grattoirs** : les larves appartenant à ce mode de nutrition possèdent des mandibules bien développées qui sont utilisées pour gratter les particules alimentaires des surfaces des rochers, sédiments, bois et d'autres objets submergés. Beaucoup de Diamesinae, des Orthoclaadiinae comme les espèces de *Cricotopus* et peu de Chironominae (tel que : le Tanytarsini *Constempellina*) sont des grattoirs. Bien que les grattoirs soient abondants dans les eaux lotiques, ils peuvent être aussi présents dans des milieux lenticules. De même, les grattoirs peuvent vivre librement ou dans des tubes.
- **Les destructeurs** : ils font recours à la mastication, l'extraction, ou le grattage pour l'acquisition de la nourriture. Les destructeurs sont souvent associés aux grosses particules organiques comme les plantes vasculaires (*Cricotopus myriophilli*), le bois submergé (*Brillia flavifrons*, *Stenochironomus*, *Stictochironomus*) les algues coloniales (*Cricotopus nostocicola*) ou la litière de feuilles (quelques espèces de *Chironomus*).
- **Les prédateurs et les perceurs** : ces deux groupes fonctionnels d'alimentation, attaquent et ingèrent toute la proie ou une partie seulement de celle-ci (les prédateurs) ou percent les tissus et sucent les liquides de leurs proies (perceurs). Malgré que ces modes de nutrition soient souvent associés avec les Tanypodinae les autres sous familles sont également concernées, par exemple : les Orthoclaadiinae (*Cricotopus*, *Nanocladius*, *Metriocnemus*, *Rheocricotopus*) et les Chironominae (*Micropsectra*, *Rheotanytarsus*, *Endochironomus*, *Chironomus*, *Glyptotendipes*, *Xenochironomus*) (Darby, 1962 ; Oliver, 1971 ; Coffman et Ferrington, 1984).

Les larves de Tanypodinae sont carnivores et exercent leur prédation sur les micro-invertébrés du fond tels que les diatomées, Rotifères, Protozoaires, Oligochètes, etc. (Epler, 1995) et même sur d'autres Chironomidae (Berg, 1995; Callisto *et al.*, 2002). Le cannibalisme par ailleurs n'est pas rare dans cette sous famille (McShaffrey et Olive, 1985).

Les larves de Tanypodinae qui sont prédatrices ont un mode de vie libre et ont une série d'adaptations pour ce mode de vie. En fait, elles possèdent des mandibules falciformes et pointues, un ligula fort et sclérifié pour pouvoir transpercer la proie. Elles sont également munies d'antennes rétractiles, une tête aérodynamique, des pseudopodes longs et souvent d'une frange de soies de long des segments abdominaux, leurs

permettant d'effectuer des mouvements rapides pour la capture des proies (Ferrarese, 1983).

Les modes de nutrition montrent une grande flexibilité puisque certaines espèces peuvent être classifiées dans plusieurs modes. Par exemple, elles sont capables de passer du mode des collecteurs-rassembleurs à celui des filtreurs, et vice versa, et ceci selon la composition du sédiment. Ainsi, Coffman et Ferrington (1984) suggèrent que *Chironomus plumosus* montre une grande flexibilité dans son mode de nutrition suivant la déposition des feuilles des plantes. En effet, en absence de litière de feuilles au sédiment *Chironomus plumosus* devient filtreur.

c) Locomotion

Les larves des Chironomidae montrent trois modes de motilité : la nage, la reptation et les ondulations respiratoires de tout le corps. La nage et les ondulations respiratoires impliquent l'utilisation d'ondes metachronales issues de l'inflexion du corps dans le sens tête-queue. Alors que la nage est produite par des flexions bord-à-bord de tout le corps, les ondulations respiratoires emploient des ondes sinusoïdales.

La reptation résulte d'un programme indépendant d'activation des muscles. Au lieu de transmettre longitudinalement une onde metachronale par la flexion du corps, ils utilisent l'arche du corps en alternance avec l'utilisation des pseudopodes antérieurs et postérieurs comme points d'ancrage (Brachenbury, 2000).

1.3.2 Les nymphes

On désigne par stade nymphal l'adulte pharate qui se développe déjà dès la mue nymphale (c'est-à-dire la mue à partir de la cuticule larvaire) et la cuticule nymphale contenant l'adulte en développement.

a. Rôle du stade nymphal

Le stade nymphal lie deux stades actifs de la vie des insectes : le stade larvaire et imaginal. Alors que le stade nymphal de la plupart des insectes est immobile, les nymphes de la plupart des Chironomidae sont actives pendant une très grande partie de leur existence. Chez la majorité des Chironomidae les nymphes se déplacent pour accomplir trois fonctions principales : la mue à partir de la cuticule larvaire, fournir l'oxygène pour la respiration et se déplacer à la surface pour l'émergence de l'adulte.

b. La mue à partir de la cuticule larvaire

Le céphalothorax nymphal est formé dans les segments thoraciques de la larve et son gros volume exerce une pression sur la suture dorsale. Des mouvements ondulatoires de l'abdomen engagent les points sur le tégument nymphal avec le tégument larvaire, conduisant la nymphe en avant dans le thorax larvaire. Cette extra pression cause la rupture de la suture à partir de l'arrière de la tête larvaire jusqu'au premier tergum abdominal, des mouvements ondulatoires continuelles relâchent facilement la nymphe à l'extérieur.

Chez les Tanypodinae et les Podonominae, dont la cuticule larvaire est accrochée au substrat avec leurs pseudopodes pendant la mue, les mouvements ondulatoires de l'abdomen nymphal libèrent la nymphe facilement de l'exuvie larvaire.

Cependant, chez la majorité des espèces qui vivent dans des tubes limitant les mouvements de la nymphe, la cuticule larvaire se relâche au avant tout au long du corps jusqu'à ce qu'elle se jette dans le tube, où elle peut rester ou bien elle le quitte pour construire un autre ou mener une vie libre.

c. Structures nymphales assurant le développement de l'adulte (Figure 29)

Pendant la vie nymphale, dès que la mue de la cuticule larvaire est achevée le développement de l'adulte à l'intérieur de la nymphe commence. Cependant, la différenciation des organes internes de l'adulte est encore incomplète.

Le développement de l'adulte est rapide et la durée de la vie nymphale dépasse rarement 72 heures. Par conséquent, il exige un bon approvisionnement en oxygène.

Chez quelques nymphes qui n'ont pas de structures spécialisées pour absorber l'oxygène, celui-ci passe par diffusion à travers la cuticule. Cependant, la plupart des nymphes possèdent des structures qui permettent l'absorption de l'oxygène appelées : cornes thoraciques.

Les cornes thoraciques les plus élaborées sont celles des Tanypodinae et les Podonominae dont toutes les espèces nagent librement et vivent dans des milieux riches en oxygène. Les nymphes de ces deux sous familles ont des cornes thoraciques ouvertes dans leurs extrémités et s'appliquent dans l'interface eau/air pour renouveler leur oxygène directement de l'air (Figure 29 a, b, c).

L'extrémité de la corne thoracique s'appelle le plastron. Celui-ci est composé de petits anneaux cuticulaires hydrophobiques qui permettent la continuité de l'air entre la corne et

l'atmosphère, ou, quand la nymphe est submergée ils forment une surface hydrofuge à partir de laquelle l'oxygène pénètre dans la corne. Chez les espèces qui manquent de plastron, elles restent submergées jusqu'à l'émergence et l'oxygène doit diffuser à travers toute la surface de la corne.

A partir du plastron un tube, de longueur variable selon les espèces, appelé : l'aéropyle passe à l'atrium de la corne. Ce dernier a une structure similaire à celle du plastron. En effet, il est constitué de deux parois minces : les parois, interne et externe, joints par des ponts entretoisés et perforés par de petits pores.

Les nymphes qui vivent dans des tubes, ne quittent leurs tubes que pour l'éclosion à la surface de l'eau. Ainsi, la majorité de l'oxygène provient de l'eau. Leurs cornes thoraciques sont des tubules soit simples ou en forme de branches remplies d'hémolymphe. Chez les Chironomini, ces derniers sont traversés par des trachéoles. Ces trachéoles sont des invasions secondaires de la corne thoracique qui sont en continuité avec le système trachéal thoracique de l'adulte pharate (Figure 29 d). Plus le milieu est anoxique plus le nombre de ces tubules et trachéoles est élevé. Ainsi, chez les Chironomini, et particulièrement le genre *Chironomus* contient des espèces dont les cornes thoraciques sont très plumeuses, ces espèces sont les plus tolérantes aux conditions d'anoxie par rapport aux autres espèces. Par contre, les Tanytarsini et les Orthoclaadiinae ont des cornes thoraciques simples et se trouvent souvent près de la surface de l'eau sur la végétation (Figure 29 e, f).

d. Locomotion

Les nymphes des Chironomidae exposent deux modes de nage : la culbute (ou saut) et ondulation du corps à la manière d'une anguille (Brachenbury, 2000). Le premier mode est principalement une manœuvre courte et rapide d'évasion, alors que le deuxième est une forme de locomotion plus rapide que le premier employé pour délivrer la nymphe à la surface avant l'émergence (Brachenbury, 2000).

e. Adaptations morphologiques de la nymphe

➤ Adaptation à la nage

Chez les Tanypodinae les nymphes nagent librement, elles sont ainsi susceptibles à la flottaison et sont munies de structures leurs permettant de s'adapter avec ce mode de vie. En effet, ces nymphes ont des cornes avec un plastron large pour leur permettre de flotter. De même, chez certains Tanypodinae (Pentaneurini) les soies (ou macrosetae) anales sont couvertes d'une matière gélatineuse gluante d'origine inconnue. Cette dernière permet

l'adhésion de la nymphe au substrat et avec une flexion brusque de l'abdomen la nymphe se déplace vers la surface. D'autres Tanypodinae (Anatopyniini et Macropelopiini) possèdent des soies en forme de crochets servant à l'ancrage des nymphes sur les algues ou les feuilles des plantes submergées (Figure 29 g, h). Chez *Guttipelopia*, un Pentaneurini, ne présente pas toutes ces adaptations mais possède un peigne thoracique de grande taille. Ce peigne consiste en des séries de dents digitiformes ou coniques qui forment une rangée s'étendant d'une corne thoracique à l'autre. Ce peigne sert à supporter la nymphe sur la végétation submergée.

Chez les espèces dont les nymphes construisent des tubes dans lesquelles elles vivent, celles-ci ne quittent leurs tubes que pour éclore à la surface de l'eau et leur frange anale ne sert donc pas à la natation.

Chez ces espèces, la frange anale peut être : large, plate, creuse. La forme et la longueur de cette frange reflètent la nature du biotope dans lequel elles vivent. En fait, plus la concentration de l'oxygène est basse plus la frange est plus large. En effet, chez ces espèces la frange sert à accentuer les mouvements respiratoires à l'intérieur du tube.

Chez certains genres comme *Thienemanniella* et *Corynoneura*, une longue frange compense l'absence de la corne thoracique. Le développement le plus remarquable de la corne thoracique et la frange est observée chez les espèces vivant dans la vase comme celles appartenant au genre *Chironomus*.

Les nymphes de *Cryptotendipes* vivant dans le sable possèdent un lobe anal réduit et de très longues cornes thoraciques en forme de branches (Figure 29 i, j, k). Les nymphes de *Cryptotendipes* vivent dans des tubes construits verticalement dans le substrat ; les mouvements abdominaux causent la projection des branches antérieures de leurs cornes thoraciques dans l'eau.

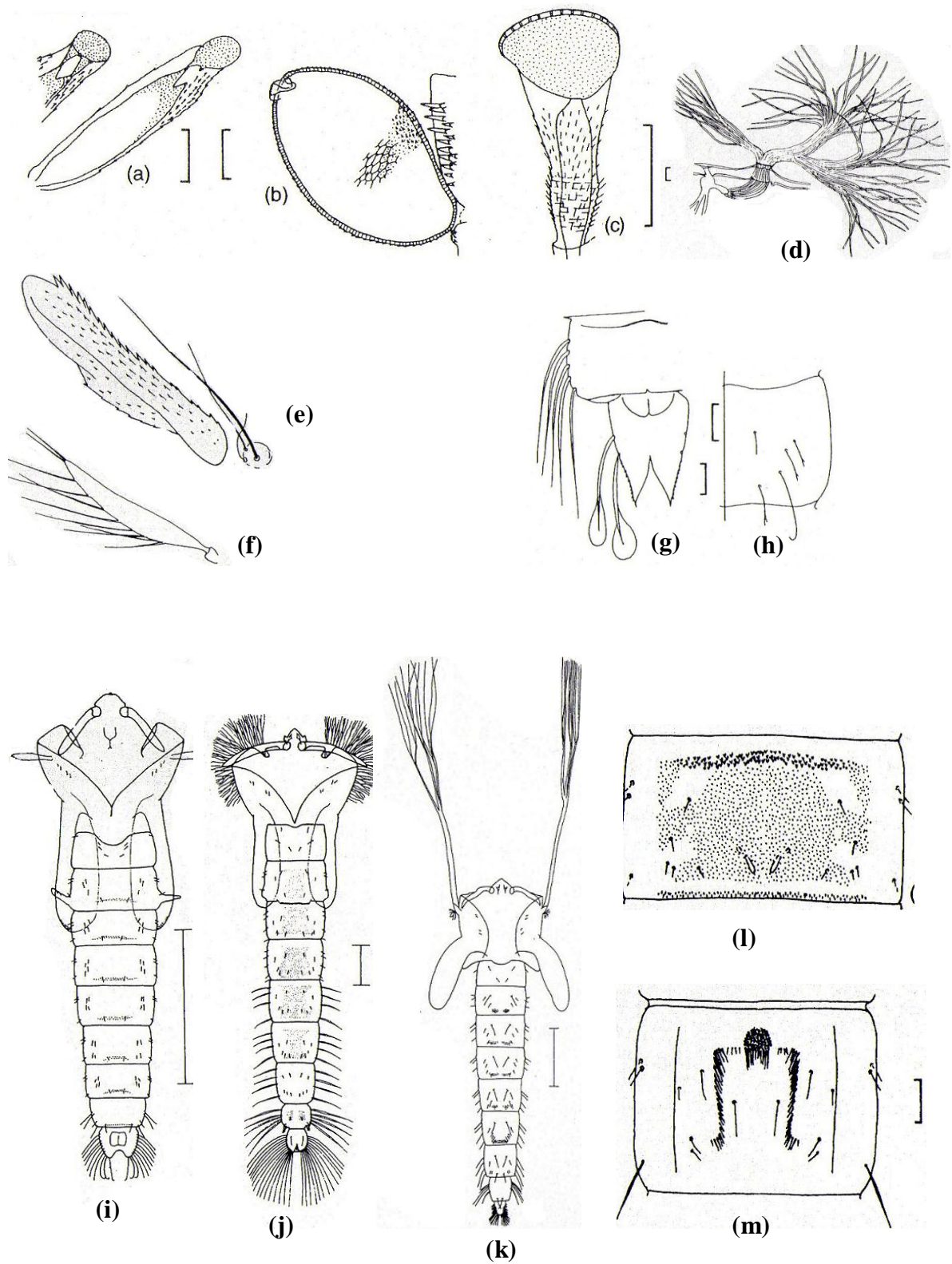


Figure 29: Structures nymphales d'adaptation. Cornes thoraciques de (a) : *Zavrelimyia* sp ; (b) : *Ablabesmyia longistyla* ; (c) : *Boreochlus thiennemani* ; (d) : corne thoracique et connexion trachéolaire avec le système trachéal de *Chironomus annularis* ; (e) : *Cladotanytarsus nigrovittatus* ; (f) : *Zalutschia humphresiae* (g) : segment anal de *Paramerina* ; (h) : soies d'ancrage de *Monopelopia tenuicalcar* ; (i, j, k) : exuvies nymphales de : (i) : *parametriocnemus stylatus* ; (j) : *Chironomus* sp ; (k) : *Cryptotendipes holsatus* ; (l) : tergite IV de *Polypedilum pedestre* ; (m) tergite IV de *Paratanytarsus bituberculatus* (Armitage *et al.*, 1995 ; Sæther, 1980)

➤ **La fonction sensorielle**

Les nymphes des Chironomidae reçoivent les informations sur leur position dans la cuticule larvaire, leur position dans le tube et d'autres positions relatives par les soies sensorielles. Toutes les soies, à l'exception des soies de la frange, ont une fonction sensorielle. Chaque soie est insérée sur une bosse de cuticule et traversée par une connexion neurale au système nerveux de l'adulte pharate. La longueur des soies sensorielles des tergites et sternites reflètent, en général, la longueur de l'armature cuticulaire. Par exemple, les épines longues des Tanytarsini sont accompagnées de longues soies sensorielles (Figure 291, m), alors que chez la même tribu les tergites armés de courtes épines sont souvent munies de courtes soies sensorielles.

La fonction sensorielle chez la nymphe est assurée également par les tubercules frontaux. Ceux-ci sont creux et sont souvent munis de soies sensorielles.

f) Emergence

➤ **Processus de l'émergence**

Quand le pharate adulte achève son développement, les ailes commencent à s'étendre dans leurs gaines. Leurs surfaces sont maintenant plus grandes que l'espace qu'elles accommodent et se bouclent. Le liquide de la mue entre les cuticules est absorbé et remplacé par l'air, des mouvements ondulatoires forts sont accomplis par l'abdomen et jettent la nymphe hors du tube. En effet, la nymphe continue ses mouvements de nage et arrive à la surface de l'eau. Cependant, ces mouvements ont une autre fonction. En fait, la cuticule nymphale est engagée et avance (glisse) l'abdomen de l'adulte en avant vers le thorax nymphal, infiltrant le thorax de l'adulte avec l'hémolymphe. En outre, la séparation des segments abdominaux de la cuticule nymphale sépare les premières connexions neurales et une autre forme de mouvements abdominaux commence. Ce sont les mouvements péristaltiques, où les muscles longitudinaux de l'abdomen se contractent dans les segments successifs de l'arrière vers l'avant. L'augmentation de la pression dans le thorax conduit à la fissure de la suture au long de la ligne médio-dorsale. A ce stade, la nymphe doit arriver à la surface de l'eau.

Les phénomènes de l'éclosion se poursuivent et la suture céphalique en forme de Y se fissure en faisant apparaître la tête. Les parties supérieures de la cuticule thoracique nymphale se rompent le long des pleures, qui ne sont pas encore sclérotinisés, emportant avec eux la moitié supérieure des ébauches des yeux.



Figure 30: Natarsia en émergence [6]

Les ouvertures internes des gaines alaires sont maintenant dirigées horizontalement, ceci libère les ailes comprimées qui s'étendent, simultanément jusqu'à leur taille complète, poussant l'insecte en avant et en arrière hors de l'exuvie. Ceci est suffisant pour libérer les antennes et les pattes de leurs gaines. Les pattes s'étendent et durcissent immédiatement pour pouvoir supporter l'animal sur la surface de l'eau. Enfin l'abdomen se rétracte laissant l'imago perché sur son exuvie maintenant vide.

Le processus complet de l'éclosion dure de 20 secondes à une minute (Figure 30).

➤ **Facteurs écologiques influençant l'émergence**

L'émergence correspond au passage de l'état nymphal aquatique à l'état adulte aérien. C'est un phénomène périodique dépendant d'une multitude de facteurs qu'impliquent les variations saisonnières (luminosité, température ...) (Vilchez-Quero et Lavandrier, 1986 ; Pinder *et al.*, 1993 ; Sherk et Rau, 2008). En effet, la réduction de la luminosité paraît constituer un facteur puissant déterminant les émergences. C'est ainsi que les maximums ont lieu avant le lever du jour et après le coucher du soleil (Vilchez-Quero et Lavandrier, 1986).

Le maximum des rythmes de l'émergence est également soumis à l'influence de la lune. Ainsi, pour une même espèce et selon les régions considérées, l'apparition des pics de l'émergence par rapport aux phases lunaires peut également varier. Dejoux et ses collaborateurs (1969) ont rapporté que *Clinotanypus claripennis* présente dans le lac Tchad un maximum d'émergence à la pleine lune alors que dans le lac Victoria (Uganda) ce maximum a lieu au premier quartier (Mc Donald, 1956).

Le taux d'émergence chez les Chironomidae est également sous l'influence de la prédation. En effet, les travaux de Dykman et Hann (1996) ont montré que l'abondance et la biomasse des Chironomidae émergeant sont plus élevées en présence de poissons.

1.3.3 Les Adultes

a) Alimentation

L'alimentation des adultes a été l'objet de longues discussions. En effet, certains travaux ont montré que les adultes Chironomides ne se nourrissent pas (Downes et Colless, 1967). Néanmoins, il a été établi qu'une grande partie d'espèces se nourrissent de nectar, le suc suintant de végétaux, le pollen, le miellat des aphides et au laboratoire les adultes ont pris une solution de sucrose (Goff, 1972; Armitage *et al.*, 1995).

L'énergie issue de l'alimentation est utilisée différemment selon le sexe. En effet, elle permet aux mâles d'étendre leur période de vol, alors que les femelles utilisent cette énergie pour augmenter leur longévité (Burt *et al.*, 1986). Martin et Potter (1977) ont noté également que l'alimentation permet la maturation des œufs chez les femelles de *Chironomus tepperi*.

b) Locomotion

Les adultes des Chironomidae sont aériens. Le vol en essaims a été longtemps étudiés dans plusieurs travaux (Hirabayashi *et al.*, 2003). Ce comportement d'agrégation sous forme d'essaims aériens a été également observé chez beaucoup d'insectes : Ephéméroptères, Trichoptères et les Odonates (Wiley et Kohler, 1984).

En effet, des essaims denses en colonnes de Chironomidae sont souvent observés, ils s'étendent des sommets des arbres, les toits des maisons ou autour des lacs (Armitage *et al.*, 1995).

La plupart des espèces de Chironomidae ont des sites et durées caractéristiques du vol en essaims. Ainsi, les changements du climat (le vent, l'intensité de la luminosité et l'humidité) et la diversité du terrain peuvent l'affecter profondément (Lindeberg, 1964).

Les sites des essaims chez les Chironomidae sont très variés. Ainsi, ils se regroupent soit très proche de la végétation (à 0.5-2m) ou plus haut au sommet des arbres (Lindeberg, 1964).

Le nombre des adultes dans un essaim varie considérablement selon les espèces. En effet, il peut s'étendre de quelques individus (Syrjämäki, 1968) à plusieurs centaines de millions d'individus (Gibson, 1945).

La séparation des essaims de deux ou plusieurs groupes d'espèces a été démontré. En effet, une étude de LeSage et Harrison (1980) a montré que les espèces de *Cricotopus* se regroupent isolément à différentes hauteurs de la terre.

c) Reproduction et ponte

Parmi les activités des adultes les plus importantes sont celles de la reproduction. Cette dernière implique l'accouplement suivi par la ponte des œufs par les femelles (Jackson et Resh, 1989).

Chez la plupart des espèces méditerranéennes la reproduction a eu lieu pendant toute l'année avec un ou plusieurs maximums d'intensité en fonction des saisons (Dejoux, 1981).

La formation des essaims chez les Chironomidae est en relation étroite avec la reproduction, favorisant ainsi la rencontre des sexes par un regroupement de nombreux individus (Dejoux, 1981, Fyodorova et Azovsky, 2003).

Il y a une relation étroite entre la taille de l'essaim et le nombre d'accouplements. En effet, la formation de vol en essaims permet un taux élevé d'accouplements surtout si la densité de la population est faible (Kon, 1987). Ainsi, les essaims les plus denses attirent plus de femelles (Delettre, 1984 ; Neems *et al.*, 1992).

L'accouplement a eu lieu généralement en vol mais chez certaines espèces, le couple, formé dans un essaim, choisit sur le sol (Ferrington et Sæther, 1987). De même, des copulations sans la formation d'essaims aériens ont été observées chez *Diamesa sp.* (Kohshima, 1985).

d) La parthénogenèse

La parthénogenèse est répandue chez les insectes mais elle n'est pas particulièrement commune chez les Chironomidae (Armitage *et al.*, 1995). Néanmoins, elle est connue chez les Tanytarsisni et les Orhtoclaadiinae (Delettre et Cancela de Fonseca, 1979 ; Cranston, 1987).

Chez les Chironomidae, dans certains environnements, la parthénogenèse peut conférer un avantage considérable pour la reproduction. Elle enlève non seulement le problème de l'émergence synchrone des deux sexes mais aussi la nécessité des adultes pour se regrouper en essaims (Delettre et Cancela de Fonseca, 1979).

Parmi les espèces qui adoptent la parthénogenèse : *Paratanytarsus grimmii* (Langton *et al.*, 1988), *Bryophaenocladus furcatus* (Cranston, 1987) et *Eretmoptera murphyi* (Cranston, 1985).

e) L'oviposition

Après l'accouplement, la femelle vole plus loin du site de l'essaim pour déposer ses œufs. Les pontes sont généralement déposées à la surface de l'eau au crépuscule ou à l'aube (Oliver,

1971 ; LeSage et Harrison, 1980). Les femelles de la plupart des Chironomidae sont attirées vers le site de ponte par la lumière réfléchi à la surface de l'eau (Lerner *et al.*, 2008).

La capacité potentielle reproductive (fécondité) peut aller d'un seul œuf à des masses d'œufs contenant plus de 3000 œufs (Nolte, 1993). Généralement, les espèces de grande taille pondent plus d'œufs que les petites espèces. Par exemple les espèces de *Corynoneura* pondent 70 œufs par femelle alors que *Polypedilum convictum*, qui est une espèce dont la longueur d'aile est de 2mm, produit approximativement 300 œufs par femelle (Svenson, 1979).

Les masses d'œufs sont soit accrochées à des objets flottants ou semi-émergées, par un filament muqueux ou simplement suspendues à une bulle d'air. La flottaison par le moyen d'une bulle d'air dans la masse d'œufs a été mise en évidence chez *Polypedilum convictum*. Cette bulle d'air diminue progressivement et la masse d'œufs tombe au fond après 10-14 heures de l'oviposition (Williams, 1985). A son émission, la ponte se trouve au sein d'une gangue mucilagineuse protectrice (Williams, 1985).

La plupart des Chironomidae pondent leurs œufs à la surface ou près de l'eau. Les sites de ponte sont très variés selon les espèces. En effet, des masses d'œufs de Chironomidae ont été observées dans les lacs, les fleuves, ruisseaux et rivières (Williams, 1985), rizières (Clement *et al.*, 1977), la mer et la végétation dans le cas des espèces terrestres (Frouz, 1997). Les sites de ponte peuvent être très spécifiques. Ainsi, *Kiefferulus brevibucca* pond ses œufs sur les toits de voitures (Theron, 1972).

Les pontes peuvent présenter des formes différentes souvent caractéristiques d'un genre. Ainsi, elles peuvent être en forme de haricot (chez *Chironomus*), sphériques, ou bien rubanées. Par exemple, *Cardiocladius capucinus* pond ses œufs sur le bord rocheux de la rivière Danube (Roumanie), les masses d'œufs sont sous forme d'un ruban de 10-15 cm de largeur (Dinulesco, 1932).

D'une manière générale la ponte se développe à la surface de l'eau, elle peut être entraînée par le vent et le courant et parcourir de longues distances avant que les œufs éclosent ce qui contribue notablement à assurer la dissémination de l'espèce malgré l'augmentation du risque de destruction (Davies, 1976).

Chapitre 2:

Ecologie des Chironomidae

Chapitre 2 : Ecologie des Chironomidae

2.1 Influence des facteurs biotiques sur les Chironomidae

2.1.1 La prédation

La productivité élevée des Chironomidae ainsi que leur existence ubiquiste dans les écosystèmes aquatiques leur confèrent un rôle clé dans la structure trophique des communautés animales dans ces écosystèmes. En effet, les larves de Chironomidae présentent une source majeure d'aliments pour les oiseaux d'eau et constituent de ce fait un transfert de biomasse important des milieux aquatiques aux milieux terrestres (Sánchez *et al.*, 2006).

De même, les poissons sont considérés comme les prédateurs principaux des larves de Chironomidae surtout dans les eaux stagnantes. Iwakuma et Yasuno (1983) ont reporté que 50% de la mortalité dans les populations chironomidiennes sont dus à la prédation par les poissons. Beaucoup de travaux ont été consacrés à l'étude de différents groupes de poissons qui se nourrissent de Chironomidae (Cyprinidae : Martyniak, 1990 ; Characidae : Kenmuir, 1975 ; Salmonidae : Kelly-quinn et Bracken, 1990 ; Anguillidae : Mann et Blackburn, 1991)

Les adultes de Chironomidae peuvent également être la proie de prédateurs aquatiques, notamment les poissons, les oiseaux d'eau et les insectes carnassiers surtout en périodes de densités élevées (Wilson, 1969 ; Tokeshi, 1995 ; Lobinske *et al.*, 2002 ; Dietoia *et al.*, 2007).

Les larves, les nymphes et les adultes de Chironomidae constituent également une source alimentaire importante pour les Amphibiens (Triton : Avery, 1968 ; Grenouilles et Crapauds : Wilson, 1969).

Les larves de Chironomidae présentent également une source trophique pour d'autres insectes aquatiques, tels que les larves d'Odonates (Johnson, 1985 ; Koperski, 1998), les Coléoptères, les larves de Plécoptères (Hershey et Dodson, 1985), les Ephéméroptères (Soluk et Clifford, 1985), les Corixidae (Ranta et Espo, 1989) et les Trichoptères (Lavandier, 1984). Elles constituent également une proie importante pour les invertébrés aquatiques. En effet, Ingersholl et Nelson (1990) ont montré que la survie et l'émergence de *Chironomus riparius* sont nulles en présence de sangsue.

Le degré de la prédation sur les larves de Chironomidae diffère selon le milieu. En effet, la présence de poissons réduit la biomasse des Chironomidae émergeant dans les lacs. Néanmoins, ceci n'est pas le cas dans les étangs et les mares. En effet, ces systèmes aquatiques peu profonds contiennent une dense couverture de macrophytes submergés où se réfugient les insectes et évitent la prédation (Dykman et Hann, 1996).

Ainsi, l'hétérogénéité spatiale réduit la prédation dans la zone littorale des milieux lenticules peu profonds (Goyke et Hershey, 1992).

Beaucoup de prédateurs affectent la composition de la population en effectuant une sélection par la taille. Ainsi, dans les eaux la majorité des invertébrés prédateurs sont de petite taille et se nourrissent principalement du premier et deuxième stade larvaire (Tokeshi, 1995).

Les larves de certains Chironomidae, surtout celles appartenant aux sous familles des Chironominae et Orthocladiinae, fabriquent des tubes plus ou moins enfoncés dans le substrat et plus ou moins groupés selon les espèces (Chaloner et Wotton, 1996).

Ces tubes sont construits par différents matériaux : débris organiques et minéraux soudés par du mucus (chez les genres *Chironomus* et *Dicrotendipes*). Dans certains cas ces tubes sont construits par des filaments de soies que les larves sont capables de produire par leurs glandes salivaires qu'ils utilisent pour cémenter les particules de différents types et tailles (Chaloner et Wotton, 1996). Certaines larves de Chironomidae vivent à l'intérieur de galeries qu'elles creusent à l'intérieur des plantes par exemple les larves de *Glyptotendipes* et *Endochironomus* (Koperski, 1998).

La fabrication des tubes par les larves de Chironomidae constitue un moyen important non seulement pour se protéger contre la prédation (Hershey, 1987; Goyke et Hershey, 1992) mais également contre les substances toxiques (Halpern *et al.*, 2002).

2.1.2 Le parasitisme

Les Chironomidae, à l'état larvaire ou adulte, sont souvent les hôtes de parasites variés. L'intestin des larves de Chironomidae est fréquemment parasité par des nématodes de la famille des Mirmithidae entraînant des malformations morphologiques et physiologiques majeures, telles que l'apparition de cavités dans l'abdomen et le thorax (Camino, 1991). De même, ces nématodes peuvent infecter les imagos de divers Chironomidae, surtout les femelles, causant la destruction de leurs appareils reproducteurs à savoir les spermathèques et les ovaires (Jonson et Kleve, 2003). Les Chironomidae contractent ces parasites en ingérant leurs œufs avec les algues et le détritus (Armitage *et al.*, 1995).

Des acariens peuvent apparaître sur la partie ventrale de l'abdomen et entraîner des aberrations létales telles que l'extrusion latérale de la masse d'œufs chez les femelles et la rupture des veines alaires causant la noyade des organismes émergeant (Kouwets et Davids, 1984). De même, ces ectoparasites peuvent inhiber l'accouplement chez les adultes mâles (McLachlan, 1999) (Figure 31).

Les larves de Chironomidae peuvent être également parasités par des microorganismes tels que les Champignons (Alencar *et al.*, 2003) et les bactéries (*Bacillus thuringiensis*) (Charbonneau *et al.*, 1994).



Figure 31: des acariens parasitant des adultes de *Cricotopus trifasciatus* (Zerguine, obs. pers)

2.1.3 La compétition

Les larves de Chironomidae peuvent entrer en compétition, pour l'espace et pour la nourriture, avec des membres d'un même taxon (compétition intraspécifique) ou avec des membres de taxons différents (compétition interspécifique).

Ainsi, Frouz et ses collaborateurs (2008) ont montré que l'augmentation de la densité des larves provoque une diminution du poids moyen des larves de *Glyptotendipes paripes*, ainsi qu'une augmentation de la mortalité et une réduction du taux de croissance. Ils ont conclu qu'à des densités élevées, les larves de Chironomidae passent leur temps à chercher leur nourriture et s'engagent dans des comportements d'agressivité et d'antagonisme.

La compétition des Chironomidae avec d'autres invertébrés a été également discutée. Cette compétition peut être pour des ressources alimentaires communes. En effet, les larves de Chironomidae détritivores entrent en compétition avec les Gastéropodes détritivores (broueurs) du genre *Lymnea* (Cucker, 1983) ; les espèces périphtiques comme *Cricotopus sp.* entrent en compétition avec les larves d'Ephéméroptères (de Souza *et al.*, 2007). De même, une compétition pour l'espace et la nourriture a été également trouvée chez les Chironomidae et les Oligochètes (Smit *et al.*, 1992; Lods-Crozet et Reymond, 2005).

2.1.4 Commensalisme/ parasitisme

Le commensalisme est une relation entre deux êtres vivants dans laquelle l'un tire profit de l'autre sans lui causer dommage (Ramade, 1984).

Le commensalisme est très répandu chez les Chironomidae. Les animaux hôtes incluent : des Ephéméroptères, Mégaloptères, Odonates, Mollusques et poissons (Tableau 4). En général, les organismes qui sont relativement de grande taille et ont une mobilité moyenne sont fréquemment choisis comme hôtes.

Le commensalisme confère aux Chironomidae plusieurs avantages : meilleures opportunités de nourriture, une mobilité élevée et surtout une protection du risque de

prédation. En effet, l'association des Chironomidae avec des hôtes de plus grande taille les rend moins vulnérables à une grande variété de prédateurs dans les écosystèmes aquatiques.

L'évolution du comportement du commensalisme vers le parasitisme a été mise en évidence chez de nombreux insectes. Hors, chez les Chironomidae ce chemin évolutionnaire paraît être plus difficile puisque seulement peu d'espèces sont devenues parasites (Jacobsen, 1995 ; Tokeshi, 1992). Néanmoins, un nombre de Chironomidae peuvent vivre comme ectoparasites sur d'autres invertébrés : Spongiaires, Mollusques, Insectes aquatiques tels que : les Ephéméroptères et les Mégaloptères (Tableau 3).

D'autres interactions ont été mises en évidence entre les larves de Chironomidae et les autres invertébrés aquatiques comme la phorésie et la symbiose (Callisto et Goulart, 2000 ; Epler, 1995 ; De la Rosa, 1992).

Les relations nutritionnelles entre les Chironomidae et leurs hôtes sont extrêmement difficiles à déterminer vu la diversité de leur régime alimentaire. En effet, l'association entre *Nanocladius* et les larves d'Ephéméroptères représente un bon exemple de la difficulté pour établir la catégorie écologique à laquelle appartient cette relation nutritionnelle. D'ailleurs, dans la littérature on peut trouver différentes interprétations, comme la phorésie (Callisto et Goulart, 2000), symphorésie (Epler, 1986) ou parasitisme (Doucett *et al.*, 1999). Cette diversité de catégories peut résulter de différents aspects : soit confusion de concept, flexibilité du comportement ou différentes stratégies d'alimentation des larves de *Nanocladius*, ou bien différents niveaux d'associations entre *Nanocladius* et ses hôtes (Roque de Oliviera *et al.*, 2004).

Des études sur la dynamique dans la population des Chironomidae et leurs hôtes sont fondamentales pour la compréhension des aspects écologiques des interactions intra ou interspécifiques des larves avec leurs hôtes et les effets de ces interactions entre eux (Svensson, 1980) (Figure 32).

Tableau 3: Quelques espèces de Chironomidae parasites et leurs hôtes.

Espèce de Chironomidae commensale	Hôte	Référence
<i>Parachironomus varus</i>	<i>Physa fontinalis</i> et <i>Radix ovata</i> (Gastéropodes :Lymnacidæ)	Meier, 1987
<i>Baeoetenus bicolor</i>	<i>Anodonta cataracta</i> (Bivalvia : Unionidæ)	Gordon <i>et al.</i> , 1978
<i>Symbiocladius rithrogena</i>	<i>Heptagenia lateralis</i> (Ephéméroptères)	Condreanu, 1939

Tableau 4: Quelques espèces de Chironomidae commensales et leurs hôtes.

Espèce de Chironomidae commensale	Hôte	Référence
<i>Epoicocladius</i> sp	<i>Ephemera guttilata</i> (Ephéméroptères)	Tokeshi, 1986
<i>Eukiefferiella</i> sp.	<i>Deleatidium fumosum</i> (Ephéméroptères)	Winterbourn, 2004
<i>Nanocladius asiaticus</i>	<i>Protohermes grandis</i> (Mégaloptères)	Hayashi & Ichiyanagi, 2005
<i>Rheotanytarsus</i>	<i>Elasmothemis cannaerioides</i> (Odonata)	Ferreira-Peruquetti & Trivinho-Strixino, 2003
<i>Ichthyocladius</i>	<i>Hypostomus</i> (Poissons)	Roque de Oliveira, 2004
<i>Xenochironomus xenolabis</i>	Porifera : Spongillidae	Steffan, 1968
<i>Paratanytarsus</i> sp	<i>Dreissena polymorpha</i> et <i>D. bugensis</i> (Mollusques : Bivalves)	Ricciardi, 1994

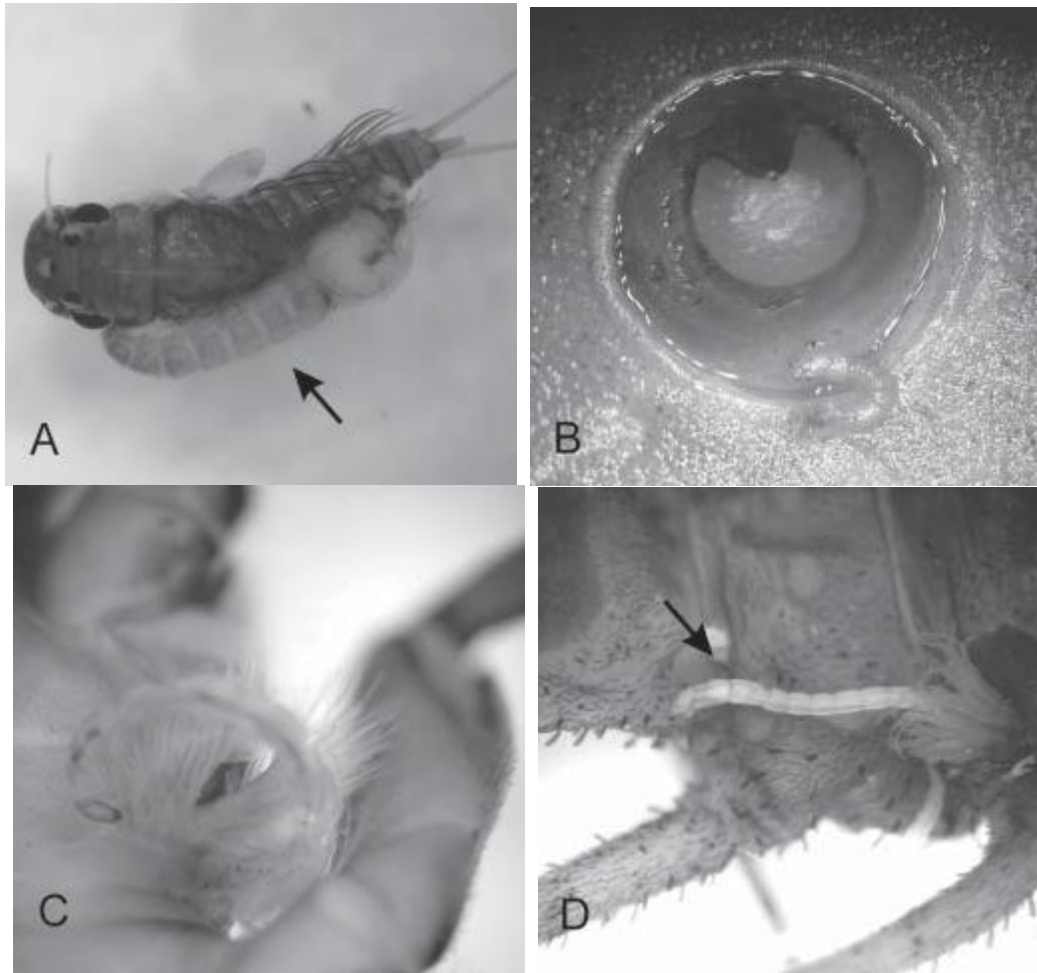


Figure 32: Larves de Chironomidae sur d'autres animaux aquatiques. A : larve de *Corynoneura sp* attachée à un segment abdominal d'une larve d'Ephéméroptères ; B : Larve de *Ichthyocladius* attachée à la tête d'un poisson ; C : Larve de *Corynoneura sp.* attachée au thorax d'une larve de *Plecoptera*; Larve de *Corynoneura* attachée aux segments abdominaux d'un Mégaloptère (Roque de Oliveira *et al.*, 2004).

2. 2 Influence des facteurs abiotiques

La composition des espèces des communautés de Chironomidae montre des différences qualitatives et quantitatives entre les habitats indiquant la sélectivité des larves pour le choix des sites. Cette sélectivité est sous l'influence de facteurs abiotiques divers, parmi les plus importants : la nature du substrat, la matière organique, la salinité, la teneur en oxygène et la température.

2.2.1 Influence de la nature du substrat

La plupart des espèces de Chironomidae vivent dans le fond ou la vase où elles creusent ou se trouvent dans les feuilles des plantes en décomposition qui se trouvent mélangées avec le sol. Ainsi, le type de substrat est considéré comme un facteur important dans l'abondance des Chironomidae.

En milieu lacustre aussi bien que dans les eaux courantes, se rencontrent des biotopes très tranchés selon que les fonds sont sableux, vaseux, rocheux, argileux, etc. Les études faites pour rechercher l'influence de la nature du substrat ont permis de distinguer 4 groupes d'espèces :

- Les espèces eurytopes qui peuvent se développer sur n'importe quel substrat, *Procladius* appartient à ce groupe (Higuti *et al.*, 1993).

- Les espèces sténotopes négatives qui se développent sur un grand nombre de fonds mais dont la présence est incompatible avec 1 ou 2 types de substrats particuliers. C'est le cas par exemple de *Clinotanypus claripennis* que l'on ne rencontre jamais sur les fonds de sable.

- Les espèces sténotopes positives peuvent se développer sur des fonds très variables mais présentent toutefois une affinité très grande pour un ou plusieurs substrats. *Cladotanytarsus lewisi* peut être rangé dans ce groupe étant donné son affinité avec les fonds de sable, de même *Tanytarsus nigrocinctus* pour sa présence en grand nombre sur les fonds argileux (Armitage, 1970) et *Einfeldia dissidens* sur les fonds limoneux (Smit *et al.*, 1994),

- Les espèces sténotopes mixtes sont celles qui présentent à la fois une affinité pour un type de substrat et une incompatibilité pour un autre. *Ablabesmyia dusoleili*, un Tanypodinae, est par exemple dans ce cas et présente une grande affinité pour les fonds argileux compacts alors qu'on ne le trouve jamais sur les fonds sableux (Dejoux, 1981).

Armitage (1995) reporta que dans les eaux courantes les variations de la vitesse du courant influence profondément la constitution de la faune benthique, et notamment celle des larves de Chironomidae, et ceci par le changement de leurs microhabitats. En effet, la communauté zoobenthique varie suivant les différents grains de sédiments (Smit *et al.*, 1994 ; Hijuti et Takeda, 2002).

D'autre part, le nombre des Chironomidae varie considérablement avec le type du sédiment. En effet, Wene (1940) a constaté que plus les grains du sédiment sont plus fins plus l'abondance est élevée. Ainsi les substrats argileux limoneux sont les plus abondants en larves de Chironomidae et que les fonds sableux sont les plus pauvres en individus.

2.2.2 Influence de la matière organique

Il y a une relation étroite entre la végétation émergente ou épilithique et la concentration de la matière organique surtout dans les eaux stagnantes où la vitesse de l'eau est presque nulle. De nombreux facteurs sont nécessaires pour la production de la matière organique en particulier : la lumière, le gaz carbonique et les nutriments.

L'eutrophisation d'un lac consiste en un enrichissement rapide en nutriments. En effet, la de la matière organique en dégradation sédimente depuis l'épilimnion provoquant une forte consommation de l'oxygène que ne compense pas une production équivalente. Les eaux sont donc dédioxygénées et seront peu favorables aux espèces animales aérobies.

Les macrophytes aquatiques sont utilisés par les différents insectes et notamment les Chironomidae de plusieurs manières : ils servent d'habitats, ils peuvent être utilisés pour la déposition des œufs, ils servent également de refuges contre les prédateurs et contribuent à la création de nouveaux microhabitats par la formation du détritus (Pinder, 1986). En effet, le détritus de ces plantes sert non seulement d'habitat pour la majorité des Chironomidae mais également comme source importante de nourriture (Woodcock *et al.*, 2005).

A cet égard, beaucoup de travaux ont montré que le contenu du sol en matière organique est un facteur important dans la structure et l'abondance des communautés chironomidienne. En fait, il y a une corrélation nettement positive entre le contenu du sol en matière organique et la population de Chironomidae (Frouz et Paoletti, 2000).

Les larves de Chironomidae se nourrissent d'algues épiphytiques (Tokeshi, 1986) et épilithiques, ceci montre que les algues jouent un rôle majeur dans la structure de l'alimentation des larves de Chironomidae (Maasri *et al.*, 2008).

2.2.3 Influence de la salinité

Elle est définie comme étant la concentration de corps solides dans l'eau et surtout le chlorure de sodium (NaCl). Dans beaucoup de travaux, il a été confirmé que parmi les variables environnementales la salinité est la plus importante dans la distribution des communautés de Chironomidae dans les eaux continentales (Colbo, 1996 ; Nazarova, 2005).

Un grand nombre d'espèces de Chironomidae se classent comme étant euryhalines (Dejoux, 1981) et se montrent tolérantes à un large intervalle de salinités tel que *Chironomus riparius* qu'on trouve dans tous les habitats (Bervoets *et al.*, 1996).

De même, les larves de *Tanytarsus barbitarsis* peuvent survivre dans des milieux hypersalins et des milieux dont la salinité est beaucoup plus basse. Ceci a été discuté dans plusieurs travaux. En fait Paterson et Walker (2004) ont reporté que les larves de *T. barbitarsis* fouissent la compétition avec d'autres détritivores tels que *Chironomus duplex* et la prédation par d'autres invertébrés qui ne peuvent pas survivre dans des milieux hypersalins. D'autre part, Kokkin (1986) a expliqué la tolérance des larves à de telles variations de salinité par l'excrétion des ions chlorides par le tissu rectal postérieur.

Beaucoup d'espèces de Chironomidae sont considérées comme halophiles et constituent un composant majeur des eaux saumâtres. Parmi les espèces halophiles les plus connues : *Chironomus salinarus*, *C. halophilus* et *Microchironomus deribae* (Pinder, 1995). Cette dernière espèce a été enregistrée à une salinité de 40‰ (Laville et Tourenq, 1967). *Tanytarsus barbitarsis*, *Cryptochironomus defectus*, *Cricotopus silvestris*, et *Procladius sp.* ont été trouvés dans des eaux de salinité de 20 ‰ (Kokkin, 1986 ; Walker *et al.*, 1995).

Enfin, d'autres espèces sont considérées comme halophobes car leur présence est limitée aux eaux de salinité de moins de 1‰. On citera dans cette catégorie *Albabesmyia nilotica*, *Cryptochironomus melutensis* (Kokkin, 1986)

La salinité affecte profondément les groupements écologiques des Chironomidae. En effet, les Chironomidae sont d'excellents indicateurs de la salinité dans les systèmes aquatiques lacustres. Pour ce fait, des modèles : Chironomidae/salinité ont été développés dans plusieurs travaux (Zhang *et al.*, 2007).

D'autre part, Cette caractéristique a permis d'évaluer la possibilité de rétablir les paléosalinités des lacs à partir d'assemblages de capsules céphaliques de Chironomidae fossiles (Walker *et al.*, 1995 ; Hilde *et al.*, 2005).

2.2.4 Influence de la teneur en oxygène

Les Chironomidae sont souvent les seuls insectes trouvés dans les sédiments des zones profondes où les conditions sont hypoxiques (concentrations de l'oxygène moins de 3 mg/ l) et même si elles sont anoxiques (Pinder, 1995).

Les larves de Chironomidae sont apneustiques, c'est-à-dire que leur système respiratoire est clos et les échanges gazeux se font à travers la cuticule. En effet la respiration chez les larves de Chironomidae est strictement cutanée. Chez ces animaux la cuticule est membraneuse et hautement perméable et la diffusion de l'oxygène à travers tout le corps est suffisante pour survivre même dans des milieux très pauvres en oxygène (Erman et Helm, 1970). Ce type de respiration cutanée se rencontre également chez d'autres Diptères tels que : Ceratopogonidés, Simuliidés, Chaoboridés (Gerhardt, 1992)

Les Chironomidae qui vivent dans des sédiments riches en matière organique et pauvre en oxygène sont les seuls à exploiter ces environnements par le développement d'adaptations physiologiques et comportementales. En effet, les larves et les nymphes de la plupart des espèces vivant dans ces conditions construisent des galeries dans le sédiment ou des tubes dans lesquels elles vivent (Figure 33). Les habitants des tubes ou des galeries sont capables de ventiler leurs tubes par des ondulations dorso-ventrales de leur corps, ces mouvements permettent ainsi le renouvellement de l'eau dans ces tubes (Walshe, 1950).

Chez *Chironomus dorsalis* la hauteur du tube est dépendante de la concentration de l'oxygène. Ces larves prolongent leurs tubes au dessus de la surface du sédiment quand les concentrations de l'oxygène baissent (Konstantinov, 1971). D'autres espèces comme *Chironomus plumosus* construisent des galeries interconnectées et ventilées par des mouvements ondulatoires (Jonasson et Kristiansen, 1967 ; Gingras *et al.*, 2007).

Les ondulations ainsi que les mouvements de ventilations des galeries et des tubes permettent également d'exploiter l'alimentation qui se trouvent dans le sédiment *in situ* et de ce fait réduire l'effort pour la recherche de la nourriture (Gingras *et al.*, 2007).

Durant les périodes d'anoxie les larves deviennent inactives et peuvent ainsi survivre pendant de longues périodes (Nagell et Landahl, 1978).

En plus de leurs adaptations comportementales, les larves de Chironomidae surtout celles appartenant à la sous famille des Chironominae possèdent de l'hémoglobine dans leur hémolymphe qui leur confère une coloration rougeâtre. La présence de l'hémoglobine joue un rôle primordial dans leur respiration. L'hémoglobine trouvée dans l'hémolymphe des Chironomidae a une grande affinité pour l'oxygène et sert à stocker l'oxygène absorbé à travers la cuticule jusqu'à ce qu'il soit utilisé (Walshe, 1950). L'hémoglobine est également impliquée dans le transport de l'oxygène aux différents tissus.

Beaucoup plus nette est l'affinité marquée des Orthocladinae en général pour les biotopes très oxygénés. En effet, Ohno (1985) a constaté que *Cricotopus bicinctus* est beaucoup plus sensible à une faible teneur en oxygène que *Chironomus yoshimatsu*.

En eau courante la situation est différente. En effet, les larves sont moins résistantes aux conditions d'anaérobies que les larves des eaux stagnantes. Walshe (1948) a constaté que les larves de deux espèces de Chironomidae : *Tanytarsus brunnipes* et *Anatopynia nebulosa*

vivant dans des milieux lotiques consomment plus d'oxygène que les larves de *Chironomus longistylus* et *Anatopynia varia* vivant dans des eaux stagnantes.



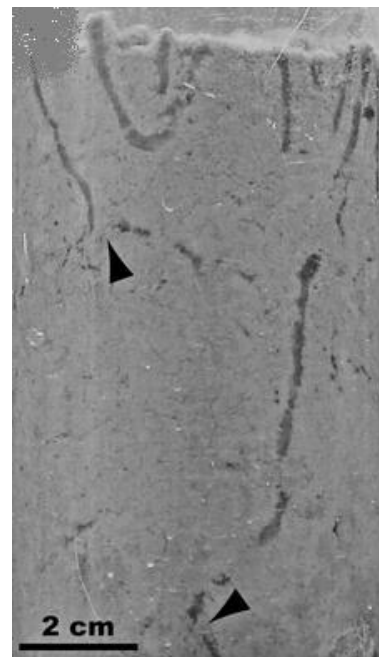
(a)



(b)



(c)



(d)

Figure 33: les galeries et les tubes construits par les larves de Chironomidae. (a) : les tubes, (b, c, d) : les galeries. Les branches basales sont indiquées par des flèches (Gingras et al., 2007) [7].

2.2.5 Influence de l'acidité

Pour les animaux des eaux continentales le contenu de l'eau en ions d'hydrogène est l'un des facteurs les plus importants. Ce facteur peut varier en dépend de la composition chimique de l'environnement, incluant la nature de la roche mère ainsi que les processus biologiques qui s'accomplissent dans l'eau, tels que : la photosynthèse, la décomposition de la matière organique, etc.

Le pH est instable dans le même corps d'eau suivant la saison. En effet, en été quand le taux de photosynthèse atteint un pic, la concentration des ions hydrogène décroît considérablement et le pH de l'eau augmente. Alors qu'en hiver, le processus de décomposition de la matière organique avec la formation du dioxyde de carbone et des produits acides conduisent à une acidification de l'eau. Cependant, ces fluctuations ne dépassant pas l'intervalle de 6.5-8.5 sont normales et n'entravent pas les activités vitales des animaux aquatiques (Walshe, 1948).

Beaucoup d'études réalisées ont clairement démontré l'influence de l'acidification sur le fonctionnement et la structure des communautés d'invertébrés dans les écosystèmes aquatiques (Bass, 1994 ; Bass et Potts, 2001). Ainsi, plus le pH décroît au dessous de la valeur 4 ou augmente au dessus de la valeur 8 la composition spécifique est appauvri et l'abondance et la biomasse des macroinvertébrés diminuent (Berezina, 2001).

Dans des milieux aquatiques acides (pH : 4-5), les larves de seulement peu d'espèces de Trichoptères, Odonates et Brachycères existent alors que la proportion des Chironomidae augmente (Cranston *et al.*, 1997). D'autre part, dans des milieux alcalins les formes dominantes sont soit des oligochètes (au pH 9) ou les larves de Chironomidae (au pH11) (Gerhardt, 1992).

La tolérance à l'acidité varie même au sein de la famille des Chironomidae entre les membres des différentes sous-familles. En effet, dans des milieux très acides (valeurs de pH entre 3.3 et 4) la proportion des Chironominae et les Tanypodinae était beaucoup plus élevée par rapport à celle des Orthoclaadiinae (Cranston *et al.*, 1997 ; Janssens De Bisthoven *et al.*, 2005 ; Ozkan, et Camur-Elipek, 2007). Néanmoins, quelques genres appartenant à la sous famille des Orthoclaadiinae ont été trouvés en proportion non négligeable dans des milieux acides tels que : *Psectrocladius*, *Monopsectrocladius*, et *Zalutschia* (Walker *et al.*, 1985).

La grande tolérance des larves de Chironominae à l'acidité est peut être due à la présence de l'hémoglobine et la capacité de l'oxygène à se lier à celui-ci (Jernelov *et al.*, 1981). En effet, les protons (les molécules d'hydrogène) entrent en compétition avec les molécules

d'oxygène pour les sites de liaisons sur l'hémoglobine. Hors les molécules d'oxygène ont une grande affinité et une coopérativité pour ces sites de liaisons (Weber et **Vinogradov, 2001**).

2.2.6 Influence de la température

L'influence de la température sur les stades aquatiques, larvaires et nymphales, et adulte a été discutée dans plusieurs travaux (Armitage *et al.*, 1995 ; Frouz *et al.*, 2002).

La phase larvaire est de loin la plus importante dans les milieux aquatiques. En effet, dans des conditions physicochimiques optimales (salinité, pH...), l'abondance ainsi que la richesse spécifique atteignent leur maximum dans l'intervalle de température compris entre 19 et 30°C et ceci pour les larves de Chironomidae et les autres macroinvertébrés tels que : Epheméroptères et Plécoptères (Bass, 1995; Callisto *et al.*, 2002).

La survie et la tolérance des Chironomidae aux variations extrêmes de température ont été discutées dans plusieurs travaux. En effet, les Chironomidae se trouvent dans les milieux froids ou chauds.

Selon Danks (2007) un climat est dit froid lorsque la température de l'air est sous 0°C pour au moins quelques mois et la plupart des habitats aquatiques restent gelés pendant la même période. Ceci inclue, les régions arctiques, antarctiques, boréales, les Alpes et les régions de hautes altitudes.

Dans les régions froides, les facteurs limitants sont surtout: une période de neige ou glace étendue de 6 à 10 mois par an, une saison de croissance courte limitée à la période de déglaciation, quantité et qualité réduite de nourriture, risque élevé de sécheresse, faibles précipitations, pauvre qualité du sol, des vents très forts et des températures très basses. Dans l'Arctique, la température de l'air en hiver est entre -50 et -70 °C, et en été entre +10 et +15°C, et que celle d'une mare temporaire est de -20°C en hiver et +20°C en été (Downes, 1964 ; Strathdee et Bale, 1998).

Dans ces régions, la température des habitats terrestres ou aquatiques est proche du minimum physiologique de la vie des insectes et peu d'espèces sont capables d'ajuster leur métabolisme pour qu'il soit actif dans ces conditions et ainsi compléter leur cycle vital.

La richesse spécifique et l'abondance diminuent avec l'augmentation de la latitude et altitude, ceci est du à la croissance de la sévérité environnementale et les conditions d'isolement conduisant à de bas taux de colonisation et de spéciation ainsi que l'élévation du taux d'extinctions (Downes, 1988 ; Strathdee et Bale, 1998)

Les zones humides dans les hautes altitudes et latitudes (Lods-Crozet *et al.* 2001; Maiolini & Lencioni, 2001) sont principalement colonisés par les Chironomidae qui présentent des adaptations physiologiques, comportementales et écologiques au froid (Irons *et al.*, 1993 ; Danks, 2004 ; Lencioni, 2004).

Chez les Chironomidae la réduction ou l'absence des ailes chez les adultes (brachyptérie et aptérie) est une adaptation physiologique qui peut être une réponse à plusieurs contraintes telles que : i) une température de l'air plus basse que le seuil physiologique du vol ; ii) des vents très forts qui entravent le maintien d'une direction définie de vol, la formation des essaims ou emmener les insectes à des endroits défavorables.

L'état de brachyptérie et d'aptérie est généralement associé aux changements comportementaux de l'alimentation et de l'accouplement impliquant une série de modifications morphologiques secondaires.

En effet, dans l'Arctique, les adultes Chironomides s'accouplent sur le sol au lieu des essaims (Downes, 1988). Chez les mâles, ce comportement implique un élargissement des fémurs, sclérotinisation des génitalia et inactivation des récepteurs sexuels utilisés pour reconnaître les femelles pendant le vol tels que les antennes. Ce comportement a été également observé chez d'autres insectes : Coléoptères, Plécoptères, Epheméroptères ; et d'autres Diptères : Culicidae, Ceratopogonidae, Chaoboridae, Simuliidae, Empididae et Thaumaleidae (Downes, 1964).

Pour la réduction du risque de dispersion des deux sexes causée par les vents, les Chironomidae font recours à la parthénogenèse. En effet, des populations de femelles ont été observées dans les régions froides du Nord (Downes, 1964). Ces femelles produisent peu d'œufs par rapport à ceux produits par la reproduction sexuelle chez les mêmes espèces des régions de basses altitudes mais ces œufs sont de plus grande taille pour assurer la nourriture des larvules (Downes, 1964; Lencioni, 2004).

Les larves de Chironomidae évitent la glace ou la dessiccation en se localisant dans la portion du corps d'eau qui ne gèle pas (Olsson, 1981). Ainsi, dans les lacs elles se réfugient dans la partie centrale près ou dans la vase. Dans les fleuves la majorité des invertébrés, et notamment les larves de Chironomidae, migrent dans les parties non glacées, par exemple la zone hyporeique, où ils peuvent rester actifs.

En hiver, beaucoup de Chironomidae construisent des cocons souples, transparents et peu épais utilisant leurs sécrétions salivaires et suspendent leur croissance, développement, mouvement et alimentation (Danks, 2004). Ces cocons sont fermés et entourent complètement les larves maintenant l'humidité et la température internes plus élevées que celles à

l'extérieur. Avant la construction du cocon les larves évacuent l'intestin et se posent pliées sur elles mêmes de telle sorte que la tête soit entre les pseudopodes postérieurs (Danks, 2000).

Les insectes vivant dans les zones de hautes altitudes et latitudes, et notamment les Chironomidae, s'adaptent également avec la sévérité de l'environnement en modifiant leurs cycles de vie. En effet, les adaptations concernant le cycle de vie les plus fréquentes sont : la prolongation du développement à plusieurs années par la quiescence ou diapause ; et la réduction du nombre des générations par année (Danks, 2000, 2004).

De longs cycles de vie associés avec une croissance très lente ont été observés chez les Chironomidae d'Alaska et Canada comme : *Chironomus hyperboreus* (02 ans), *Chironomus prior* et *Chironomus tardus* (07 ans) et *Diamesa davisi* (1-2 ans) (Danks, 2004).

D'autre part, la capacité des Chironomidae à survivre dans des milieux très froids sans d'autant leurs causer dommage est assurée par des adaptations physiologiques et biochimiques telles que l'hibernation.

L'hibernation implique la gèle de l'hémolymphe et rarement de tous les tissus, ce glaçage commence progressivement à des températures très basses (-5 à -10°C) permettant le contrôle de la formation des cristaux de glace.

La formation des cristaux de glace est favorisée par des substances spécifiques produites par l'insecte appelées : « les noyaux de glace ». Ces substances sont des protéines ou des lipoprotéines synthétisées par l'insecte et déposées dans l'hémolymphe (Strathdee et Bale, 1998). La formation des cristaux de glace se fait autours de ces substances.

La température à laquelle se forment les cristaux de glace est définie et contrôlée par un autre type de substances synthétisées par l'insecte : les cryptoprotecteurs et les substances anti-gèle (Storey, 1990). Ces substances sont représentées par : des polyols (par exemple le glycérol, mannitol et le sorbitol), des sucres (par exemple le glucose, fructose), des acides aminés (comme l'alanine) et les protéines hysteres thermales (Danks, 1996). Toutes ces substances ont le rôle de réduire le point de congélation des liquides corporels qui est de -10°C chez les insectes (Bale, 1996), protéger les structures macromoléculaires contre les effets néfastes de la congélation, stabiliser les protéines et les enzymes contre la dénaturation et limiter la formation des cristaux de glace. En plus, elles représentent une source d'acides aminés, de carbone et d'eau utilisables après la décongélation au printemps (Duman *et al.*, 1982)

L'hibernation est souvent associée à l'état de surfusion qui consiste au maintien des liquides corporels dans un état non congelé à des températures beaucoup plus basses que le point naturel de congélation (-20 à -40°C) (Bale, 1996 ; Strathdee et Bale, 1998). Ainsi, au

début de l'hiver les larves éliminent le contenu de l'intestin et synthétisent de grandes quantités de cryptoprotecteurs et substances anti-gèle dans l'hémolymph (jusqu'à 10 à 14% du poids frais) (Ring, 1982). La surfusion a été également observée chez les adultes de *Diamesa* à l'Himalaya qui étaient actifs à -16°C (Kohshima, 1984). D'ailleurs, les espèces les plus tolérantes au froid appartiennent au genre *Diamesa* (Bouchard et Ferrington, 2009) (Figure 34).

D'autre part, il a été confirmé par plusieurs travaux que les larves de Chironomidae peuvent tolérer la dessiccation complète, c'est-à-dire un contenu d'eau au dessous de 0.1 g H₂O /g du poids sec (Alpert, 2005). Cette tolérance à la dessiccation ou l'état d'anhydrobiose est due à leur accumulation de sucres (glucose et tréhalose) avant la période de sécheresse (Crowe *et al.*, 1992) et également à leur capacité de construire des tubes (Crowe, 2002 ; Kikawada *et al.*, 2005). En effet, les tubes des larves de Chironomidae qu'elles construisent avec le détritit ou les grains du sol et leurs sécrétions salivaires servent de barrière physique non seulement aux prédateurs et ennemies mais également ils réduisent le taux de déshydratation.



Figure 34 : Une larve de *Diamesa zernyi* (Diamesinae) en hibernation dans un état congelé dans le lac glacial de Noce Bianco (Alpes italiens 46 °N, 2450 m.a.t) (Lencioni, 2004).

2.3 Ecologie des Chironomidae

2.3.1 Ecologie de la sous famille des Orthoclaadiinae

Les Orthoclaadiinae comprennent un nombre élevé d'espèces qui colonisent les milieux les plus variés, à partir des torrents glaciaux, aux fleuves des plaines. Ils habitent les sources, ruisseaux, torrents, lacs, fleuves à lent courant, milieux stagnants : mares...

L'absence de l'hémoglobine chez les larves des Orthoclaadiinae détermine une mineure tolérance à la diminution du contenu d'oxygène dans l'eau. Par conséquent, les Orthoclaadiinae sont rares des milieux anoxiques ; dans les fonds des lacs eutrophiques et les sédiments très riches en matière organique.

La majorité des espèces construisent des tubes qui adhèrent au substrat, quelques unes vivent libres, d'autres vivent dans des cavités naturelles, sur les pierres et sur la végétation. Dans les eaux courantes, l'habitat le plus commun est la couverture biologique des substrats durs (le périphyton). La couverture biologique peut être constituée d'algues, champignons, bactéries... un habitat particulier est constitué des feuilles de macrophytes terrestres colonisées par quelques espèces de *Brillia*, *Parametriocnemus*...

Les macrophytes aquatiques sont toujours couverts d'une pellicule biologique riche en Orthocladiinae, mais par contre rares sont les espèces qui creusent des galeries dans les tissus des végétaux.

Quelques espèces habitent les fonds sableux riches en détriments (*Nanocladius* sp) et très peu d'espèces habitent les fonds limoneux.

Certaines espèces sont rhéophiles préférant les eaux courantes (*Euorthocladius* sp, *Rheocricotopus* sp) d'autres vivent dans les eaux presque stagnantes ou à débit très lent (*Isocladius sylvestris*).

Les stades aquatiques des Orthocladiinae, notamment les larves et les nymphes, peuvent vivre dans un intervalle assez large de température. En effet, il y a des espèces sténothermes froides (*Parorthocladius nudipennis*), d'autres relativement thermophiles (*Rheocricotopus chalybeatus*).

2.3.2 Ecologie de la sous famille des Tanypodinae

Les larves et les nymphes des Tanypodinae mènent une vie libre, c'est-à-dire qu'elles ne construisent pas de tubes dans lesquels elles vivent. On les trouve dans tous les milieux lotiques et lentiques : les puits temporaires, les fosses, les lacs, mares, les sources, les torrents les fleuves et les ruisselles à courant lent. Elles ne sont rares que dans les milieux marins ou saumâtres. Dans l'eau, les larves des Tanypodinae vivent soit dans le benthos ou au milieu des macrophytes.

En effet, les larves des Tanypodinae habitent tous les milieux aquatiques et ont une valeur écologique assez importante vu leur tolérance aux conditions eutrophiques des lacs et le manque d'oxygène.

En fait, des espèces de Tanypodinae sont des habitants naturels des zones profondes des lacs eutrophiques, comme *Tanypus punctipennis*. D'autres espèces (*Monopelopia tenuicalcar*) préfèrent les lacs mésotrophiques. Cependant, *Macropelopia fehlmanni* semble préférer la zone profonde des lacs oligotrophiques (Ferrarese, 1983).

La nature du substrat benthique habité par les larves des Tanypodinae influence la distribution de beaucoup d'espèces. En effet, beaucoup de genres comme : *Macropelopia*, *Procladius*, *Tanypus*, *Paramerina* et *Monopelopia* préfèrent les fonds à composition sableuse-limoneuse des eaux stagnantes et les fleuves à courant lent. Quelques espèces, comme

Macropelopia nebulosa se trouve également dans les zones à fond sableux-limoneux des eaux à courant très fort comme les torrents de montagne.

Les larves des Tanypodinae sont carnivores se nourrissant des copépodes, cladocères, larves de Culicidae, quelques oligochètes, autres larves de Chironomidae (Orthoclaudiinae, Chironominae).

En rapport avec les habitudes prédatrices, les mouvements des larves des Tanypodinae sont beaucoup plus rapides que les larves des autres Chironomidae. En plus elles montrent une multitude d'adaptations morphologiques avec ce mode de vie :

- ❖ Tête aérodynamique
- ❖ Antennes rétractiles dans une cavité
- ❖ Mandibules falciformes
- ❖ Sclérisation insuffisante de la zone du mentum
- ❖ Forme particulière de quelques parties du complexe prémento-pharyngien : ligula, paraligula...

2.3.3 Ecologie des Chironominae

Les Chironominae sont distribués dans toutes les zones à partir des hautes altitudes jusqu'aux plaines et colonisent une vaste gamme de milieux d'eaux douces soit calmes ou courantes. Les Chironominae sont particulièrement communs dans les lacs ou le long d'un court d'eau où le courant est faible. Les espèces des Chironomini et les Tanytarsini sont également observées dans les eaux saumâtres.

Dans les lacs les Chironominae se trouvent essentiellement dans les 10 premiers mètres de la profondeur où on rencontre souvent la plus haute densité.

La présence et l'abondance relative d'une espèce dans un type de milieu déterminé présente des variations selon la saison et parfois d'une année à une autre, en relation avec les descendances des générations au cours de l'année et les années successives et elles sont strictement corrélées avec les exigences écologiques particulières des larves.

Les larves des Chironominae préfèrent vivre au niveau des sédiments limoneux-sableux ou ceux constitués de sables fins, mais les larves de certains genre comme *Cryptochironomus* se rencontrent également dans les substrats constitués de sables moyens ou grossiers mélangés avec des cailloux. La majeure partie des larves sont distribuées dans la couche superficielle du

sédiment, mais si celui-ci est peu compact elles peuvent coloniser aussi les couches plus profondes (jusqu'à 20 cm).

Les larves des Chironominae vivent dans des tubes construits d'une sécrétion produite par leurs glandes salivaires recouverte par des algues ou grains de sable ou même des cailloux. Les larves des Chironomini et les Tanytarsini sont bien représentées également entre la végétation aquatique ou entre la couverture algale des pierres. Certaines d'entre elles construisent des galeries dans les tissus des macrophytes, comme par exemple celles appartenant aux genres *Endochironomus*, *Glyptotendipes*, *Pentapedilum* et *Stenochironomus*. Les larves de *Xenochironomus xenolabis* et *Demeijerea rupifex* vivent généralement dans les colonies des Bryozoaires ou dans les cavités palléales des Mollusques Gastéropodes.

Les larves qui vivent au niveau des sédiments sont essentiellement détritophages et se nourrissent du détritus organique présent dans les couches superficielles et constitué surtout des restes des organismes animaux et végétaux d'origines aquatiques et terrestres et décomposé, en grande partie, par la flore bactérienne. Cependant, d'autres formes larvaires, comme par exemple celles appartenant au genre *Rheotanytarsus*, se nourrissent des particules de détritus en suspension dans l'eau. Les larves de *Chironomus* du groupe *plumosus* et de certains genres vivant à l'intérieur des tissus des plantes aquatiques produisent une sécrétion salivaire pour ingérer les particules du détritus dans leur retenue. Les larves qui vivent à l'intérieur des organismes animaux se nourrissent des tissus de leurs hôtes. Il y a d'autres Chironominae dont les larves sont phytophages et se nourrissent d'algues épiphytiques et épilitiques, et d'autres sont carnivores se nourrissant des larves d'autres Chironomidae et de petits Oligochètes.

Les larves présentent divers comportements pour confronter les caractéristiques chimiques de l'eau et des sédiments, et en particulier leur contenu en oxygène. Concernant ce dernier élément, les larves des Chironominae peuvent normalement s'adapter aux variations importantes de sa concentration. En fait, elles présentent dans leur hémolymphe un pigment, l'hémoglobine, capable d'emmagasiner l'oxygène dissout dans l'eau pour être utilisé par leurs tissus, quand les concentrations de cet élément dans le milieu externe tendent à atteindre des valeurs très modérées (généralement inférieures à 45% de saturation). La quantité de l'hémoglobine dans l'hémolymphe et son efficacité varient toutefois selon les espèces, la saison et le poids corporel de l'animal. Les larves de certaines espèces de *Chironomus* et d'autres genres, comme par exemple *Glyptotendipes* et *Dicrotendipes*, sont en mesure

d'exercer une certaine activité métabolique aussi en présence de concentrations limitées d'oxygène. Plus sensibles sont par contre les larves des Tanytarsini, qui pour maintenir une activité métabolique normale exigent une quantité élevée d'oxygène (ne dépassant pas 50% de saturation). Néanmoins, même les larves les plus tolérantes ne peuvent survivre en totale anoxie pendant des périodes prolongées.

La structure qualitative et quantitative de la population de Chironominae peut subir de profondes modifications quand les propriétés du milieu changent par des causes naturelles ou liées à l'activité de l'Homme. Par exemple, un enrichissement progressif des éléments organiques détermine une élévation de son niveau trophique, qui peut modifier la structure du sédiment, la qualité et la quantité du débris organique de son contenu, les concentrations soit de l'oxygène ou les autres variables chimiques et influencer ainsi indirectement l'installation de diverses espèces et sur leur abondance numérique.

Dans les zones qui présentent un niveau trophique élevé ou des formes graves de pollution et où on note toujours une diminution importante de l'oxygène dissous, on trouve en fait certaines espèces de *Chironomus* groupe *plumosus*, en même temps que d'autres genres de Chironominae soient absents ou en nombre réduit. Ceux-ci sont par contre abondants dans des zones mésotrophiques (ou eutrophiques modérés) et sont représentés le plus souvent par des genres appartenant aux Chironomini tels que : *Cryptochironomus*, *Cladopelma*, *Endochironomus*, *Glyptodendipes*, *Polypedilum* groupe *nubeculosum*, ou bien de Tanytarsini comme : *Cladotanytarsus*, *Micropsectra* et *Tanytarsus*. La majeure partie des espèces de Tanytarsini sont toutefois distribuées dans les milieux oligotrophiques. Ces milieux sont caractérisés par la présence des genres tels que *Pagastiella*, *Pseudochironomus* et *Stictochironomus*.

Par conséquent, il est évident que la communauté des Chironominae peut fournir des informations précises sur les conditions environnementales dans un milieu et sur les modifications qu'il a subit dans une période définie.

Pour pouvoir utiliser correctement les Chironominae et les autres sous familles (Diamesinae, Tanypodinae, Orthoclaudiinae...) comme indicateurs de la qualité d'un milieu, il est toutefois indispensable d'améliorer les connaissances sur leur systématique et l'écologie des diverses espèces.

2.3.4 Ecologie des Diamesinae

Les Diamesinae sont divisés en six tribus, trois d'entre elles qui sont : Diamesini, Boreoheptagyini et Protanypodini existent dans l'Holarctique, alors que les tribus des Harrisonini, Heptagyini et Lobodiamesini se trouvent dans l'hémisphère sud (Brundin, 1966).

Les Diamesinae se trouvent surtout dans les zones froides. Les stades aquatiques, larves et nymphes, vivent dans les eaux courantes comme les sources et les torrents de montagne où les eaux sont froides et riches en oxygène. En effet, La majorité des espèces des Diamesinae sont sténothermes froides. Seulement les genres *Potthastia* et *Sympotthastia* sont moins exigeants et tolèrent des températures jusqu'à 15°C. Cependant, la plupart des espèces comme *Diamesa steinboeckii* et *Diamesa dampfi* vivent normalement dans les eaux dont la température est autour de 2-3°C (Oliver, 1983 ; Ferrarese et Rossaro, 1981).

Beaucoup d'espèces tolèrent les courants assez forts en possédant des griffes très fortes sur leurs pseudopodes postérieurs avec lesquelles elles s'accrochent aux rochers (par exemple *Boreoheptagyia* sp). D'autres espèces s'adaptent avec le courant fort en vivant dans les anfractuosités du substrat (). Quelques espèces de Diamesinae ont la capacité aussi à construire des étuis ou des tubes dans lesquels elles vivent (par exemple *Protanypus* sp.). Ces tubes qu'elles construisent avec les sécrétions de leurs glandes salivaires leur permettent de se protéger contre le courant et les prédateurs. D'autres espèces, comme : *Diamesa zernyi*, exploitent les anfractuosités et vivent également dans des tubes partiels.

Il est possible de trouver les mêmes espèces dans les milieux stagnants où l'eau est très froide et riche en oxygène comme les lacs des zones glacières (*Potthastia gr. longimana*).

Un autre facteur de grande importance est l'épaisseur du couvert biologique. En effet, les Diamesinae exigent un couvert de périphyton pour s'installer. Quelques espèces se contentent d'un pauvre couvert (*D. gr. Latitarsis*, *D. steinboeck*), d'autres exigent un couvert abondant (*D. thienemanni*) (Oliver, 1983 ; Ferrarese et Rossaro, 1981).

2.3.5 Ecologie des Prodiamesinae

Les stades aquatiques des Prodiamesinae préfèrent des milieux variés et sont plus eurythermes que ceux des Diamesinae. Les larves des Prodiamesinae vivent dans des fonds sableux riches en matières organiques, des lacs, les fleuves et les torrents : *Prodiamesa*

olivacea est une espèce qui est cosmopolite se trouvant dans tous les milieux à travers le monde (Ferrarese et Rossaro, 1981).

De même, les larves et nymphes du genre *Monodiamesa* sont rencontrées dans tous les milieux à partir du littoral aux zones profondes des lacs mésotrophiques aux lacs très oligotrophiques mais toujours sur des fonds sableux. Les espèces appartenant à ce genre se trouvent aussi dans les eaux courantes (Sæther, 1983a).

2.3.6 Ecologie des Podonominae

Cette sous famille a une distribution bipolaire (amphitropicale) mais elle atteint sa plus grande diversité dans les zones tempérées du sud qui sont habitées par 86% de la faune du monde. Les larves de la majorité des espèces sont rhéobiontiques, vivant dans les eaux courantes bien oxygénées, et sténothermes froides (Brundin, 1983).

2.3.7 Ecologie des Telmatogetoninae

La plupart des espèces des Telmatogetoninae vivent dans les zones marines, les larves sont souvent associées aux algues. Cependant, à Hawaii cinq espèces de *Telmatogeton* ont été trouvées dans les eaux douces des courts d'eaux et les torrents.

De même, les espèces de *Thalassomya* vivent dans les zones marines intertidales avec une préférence aux eaux à salinité modérée. Ce genre est distribué à travers les mers chaudes dans le Néarctique, le Paléarctique et au Japon (Cranston, 1983).

2.3.8 Ecologie et distribution des Buchonomyiinae

La sous famille des Buchonomyiinae est constituée d'un seul genre *Buchonomyia* qui inclus quatre espèces : l'espèce Paléarctique *B. thienemanni* Fittkau (1955), l'espèce orientale *B. burmanica* Brundin et Sæther (1979) et l'espèce Neotropicale *B. brundini* Andersen et Sæther (1995). Une quatrième espèce, *B. succinea*, a été décrite dans le Baltique (Seredszus et Wichard, 2002).

La distribution des de *Buchonomyia* a suggéré que le genre est sténotherme froid supportant un maximum de température de 16°C (Murray et Ashe, 1981 ; Sæther, 1983b). Néanmoins, il a été également trouvé en Espagne et en Italie dans des températures supérieures à 20°C (Marziali *et al.*, 2004).

De même, les Buchonomyiinae vivent dans des conditions écologiques très variées. En effet, ils ont été échantillonnés dans le rithron comme dans le potamon des rivières. De même, ils ont été trouvés dans des substrats variés : galets-graviers (Marziali *et al.*, 2004), ou des substrats sableux (Andersen et Sæther, 1995). Les espèces de cette sous famille colonisent des milieux avec des concentrations élevées d'oxygène (7.5-9.7 mg/l) et évitent les milieux lenticques (Marziali *et al.*, 2004; Ashe, 1995). Ashe (1995) a découvert dans la rivière Flesk (Irlande) des larves de *B. thienemanni* dans des tubes de Trichoptères et a suggéré que probablement ces larves peuvent vivre en tant que commensales, parasites ou prédateurs.

2.4 Les Chironomidae en tant que bioindicateurs

Un aperçu dans la littérature indique l'existence de considérables informations sur l'importance de la réponse des insectes aquatiques aux perturbations de nutriments, pesticides et autres facteurs physicochimiques (Bass et Potts, 2001 ; Freimuth et Bass, 1994). Les qualités indicatrices des insectes aquatiques sont largement reconnues dans la détection de la qualité de l'eau et les changements écologiques dus aux activités anthropogéniques (Mafalda *et al.*, 2007). Les travaux accomplis sur les Trichoptères, Plécoptères et les Ephéméroptères ont prouvé que les insectes peuvent être utilisés comme de véritables indicateurs de pollution (Thomas *et al.*, 2006).

Malgré que la science du biomonitoring ait commencé il y a 70-80 ans (Kolkwitz et Marsson, 1909 ; Thienemann, 1922) son évolution reste primitive en comparaison avec d'autres sciences, ceci est probablement dû au manque de connaissance sur la taxinomie, la zoogéographie et l'écologie des insectes aquatiques (Armitage *et al.*, 1995). Néanmoins, le biomonitoring a considérablement progressé ces dernières années et beaucoup de travaux et revues prennent en considération les différents aspects de l'impact des activités humaines sur les zones humides (Lenat et Resh, 2001; Adriaenssens *et al.*, 2004; Gabriels *et al.*, 2005).

Dans le biomonitoring, deux approches peuvent être distinguées: l'approche de la bioconservation, où la biodiversité et la conservation des espèces sont les objectifs pour l'étude d'un habitat aquatique; et l'approche de la bioévaluation, où l'étude est focalisée sur la qualité de l'eau, ainsi les communautés biologiques sont un moyen d'étude et non un objectif.

La première approche implique une identification du matériel biologique au niveau spécifique mais dans l'autre approche une exigence moins rigoureuse est impliquée dans l'identification des organismes échantillonnés (Gabriels *et al.*, 2005).

Beaucoup d'auteurs recommandent l'identification au niveau spécifique pour éviter le manque d'information et montrer fortement la relation entre l'environnement et les assemblages biologiques (Lenat et Resh, 2001; King et Richardson, 2002; Adriaenssens *et al.*, 2004). Cependant, l'identification des espèces demande beaucoup de temps et elle est onéreuse et par conséquent, beaucoup d'autres chercheurs affirment qu'il n'est pas nécessaire de descendre au niveau spécifique (Olsgard *et al.*, 1998; Dolédec *et al.*, 2000; Gayraud *et al.*, 2003). Néanmoins, quel que soit le niveau taxonomique utilisé, il doit être précis par la méthode d'étude pour le calcul de l'index biotique de la qualité d'eau de l'habitat.

L'index de qualité benthique (BQI) a été créé pour caractériser les différents types de lacs, surtout si ceux-ci contiennent un mélange d'espèces indicatrices (Wiederholm, 1980), cet indice est représenté par la formule suivante:

$$BQI = \sum_{i=0}^5 \frac{k_i n_i}{N}$$

Où

- k_i représente une valeur de 5 à 1 constante pour chaque espèce indicatrice et 0 si celle-ci est absente.
- n_i représente le nombre d'individus pour chaque espèce indicatrice.
- N est le nombre total des individus de toutes les espèces indicatrices présentes

Parmi les indices biotiques fiables, l'indice biotique belge (BBI) utilisé pour la classification des systèmes aquatiques. La méthode de BBI est une méthode standardisée pour évaluer la qualité des corps d'eau basée sur les communautés de macroinvertébrés. La méthode a été proposée par De Paw et Vanhooren (1983). Depuis sa première publication, cette méthode a été largement utilisée pour évaluer la qualité de l'eau non seulement en Belgique mais également dans d'autres régions (De Paw et Hawkes, 1993).

Les Chironomidae représentent une partie importante des communautés benthiques dans presque tous les écosystèmes aquatiques. Ils constituent des candidats primordiaux pour leur

utilisation dans la bioindication et ceci pour plusieurs raisons. En fait, les Chironomidae ont un intime contact avec le sédiment solide ainsi que les pores d'eau et la couche superficielle d'eau pour de longues périodes de leur cycle de vie. En plus, ils sont très largement distribués et souvent les plus abondants de toutes les espèces d'insectes dans les écosystèmes aquatiques (Pinder, 1986). Leur diversité écologique est prouvée par leur tolérance physiologique aux conditions sévères de l'environnement comme : la salinité, l'acidité, le froid et la dessiccation et les teneurs très basses en oxygène dissous (Warrin *et al.*, 2008).

Les Chironomidae ont été utilisés dans la classification des systèmes aquatiques selon :

- leur eutrophisation, principalement les lacs profonds et les milieux lotiques.
- le degré de toxicité par les métaux lourds (action anthropique)
- Les larves, grâce à leurs capsules céphaliques, sont utilisées dans l'étude de la paléontologie des grands lacs pour connaître leur histoire de vie.

2.4.1 Pollution organique

a) Classification et eutrophisation des lacs

Le composant le plus commun du benthos profond est représenté par les larves de Chironomidae et l'abondance de certaines espèces, ou groupes d'espèces, est souvent caractéristique d'un type particulier de lac. Thienemann (1925), travaillant sur les lacs européens et Deevey (1942), travaillant sur les lacs américains reconnaissent plusieurs types (Tableau 5).

Tableau 5: Classification des lacs basée sur la faune profonde chironomienne (Thienemann, 1925 ; Deevey, 1942).

Type du lac : niveau trophique	Chironomides indicateurs d'Europe	Chironomides indicateurs d'Amérique
Ultraoligotrophique (Lac Type I)	<i>Heterotrissocladius subpilosus</i>	<i>Heterotrissocladius oliveri</i>
Oligotrophique (Lac Type II)	<i>Tanytarsus lugens</i> avec <i>Heterotrissocladius grimshawi</i> ou <i>H. scutellatus</i>)	<i>Tanytarsus</i> sp. avec <i>Monodiamesa tuberculata</i> et <i>Heterotrissocladius changi</i>
Mesotrophique (Lac Type II/III)	<i>Stictochironomus rosenschoeldi</i> et <i>Sergentia coracina</i>	<i>Chironomus atritibia</i> et <i>Sergentia coracina</i>
Modérément Eutrophique (Lac Type III)	<i>Chironomus anthracinus</i>	<i>Chironomus decorus</i>
Fortement eutrophique (Lac Type III)	<i>Chironomus plumosus</i>	<i>Chironomus plumosus</i>
Dystrophique (Lac Type IV)	<i>Chironomus tenuistylus</i> et <i>Zalutschia zalutschicola.</i>	<i>Chironomus</i> sp. avec <i>Zalutschia zalutschicola</i>

Les facteurs déterminant les assemblages des Chironomidae dans la zone profonde des lacs sont représentés par l'interaction entre la qualité et la quantité des nutriments avec les conditions d'oxygène. Ces nutriments proviennent de la précipitation de la matière organique produite dans l'épilimnion.

Dans les lacs oligotrophiques les Chironomidae sont souvent des espèces libres et peuvent guetter pour leur nourriture même si elle est rare (Davies, 1976). Par contre les ressources trophiques sont beaucoup plus importantes dans les lacs eutrophiques et la majorité des larves de Chironomidae vivent dans des tubes dans lesquels elles se nourrissent en broutant tout autour ou par filtration des particules organiques dans ces tubes. Ces derniers servent également à la respiration et leur facilitent l'approvisionnement en oxygène dans les conditions anaérobiques. En plus, ces larves peuvent consommer le maximum de l'oxygène

grâce à la présence de l'hémoglobine. Par conséquent les lacs eutrophiques sont dominés par les espèces appartenant au genre *Chironomus* et *Zalutschia* qui remplissent largement ces conditions.

En effet, l'abondance des Chironomidae dans la zone profonde et leur réponse aux conditions trophiques font d'eux un important élément dans la classification des lacs (Rae, 1989 ; Cui *et al.*, 2007).

Néanmoins, cette classification largement utilisée dans l'Holarctique trouve des difficultés dans d'autres régions, par exemple : la Nouvelle Zélande dans laquelle les lacs sont pauvres en espèces de Chironomidae et par conséquent ils n'ont aucune valeur dans la bioindication de ces lacs (Forsyth, 1978).

D'un autre côté, Sæther (1975) a montré que les lacs oligotrophiques (pauvres en matière organique et riches en oxygène) ont les mêmes conditions (espèces chironomidiennes) que les lacs eutrophiques peu profonds dont l'hypolimnion est large. Il conclut que la corrélation entre l'état trophique (mesurée par la quantité du phyplancton et les plantes décomposées sédimentées) et les communautés chironomidiennes profondes est faible.

Sæther (1979) reporta que la faune profonde des Chironomidae est plus corrélée avec les conditions trophiques exprimées par les concentrations moyennes de phosphore/ la profondeur moyenne d'un lac, ou par la concentration de la chlorophylle a/ la profondeur moyenne d'un lac.

Depuis Sæther beaucoup d'autres travaux visent à rechercher une méthodologie pour la standardisation dans la classification des lacs. Ce manque de standardisation reflète la complexité de ces milieux. Par conséquent, une espèce utilisée comme bioindicatrice dans un cas ne peut être utilisée dans un autre cas (Persoone et DePauw 1979 ; Lang, 2000).

b) Classification des eaux courantes

Beaucoup d'investigations ont été consacrées à la recherche d'un modèle de classification des eaux courantes mais le succès réalisé avec la typologie des lacs n'a pas pu être suivi de la même manière pour les eaux courantes. Le problème majeur est la zonation longitudinale dans un même système de milieu lotique. Néanmoins, un système de classification basé sur les caractéristiques biologiques et physiques est établi et suggère une partie supérieure ou « rithron » et une partie inférieure ou « potamon ». Ces deux régions sont principalement définies par la température, le substrat et leur faune respective (Tachet *et al.*, 2000).

Thienemann (1954) travaillant sur un nombre de rivières de haute altitude, a déduit que le nombre des espèces d'Orthoclaadiinae, Diamesinae et Prodiamesinae décroît de 70% dans les rivières de montagnes (ou rithron) à 29% dans les rivières de prairies (ou le potamon), alors que le nombre des espèces des Chironomini augmente respectivement de 6 à 49%.

Récemment, l'attention des chercheurs est attirée de plus en plus à la classification des milieux lotiques selon leurs communautés chironomidiennes. Ces travaux visent à trouver la corrélation entre les Chironomidae et la zonation et les facteurs environnementaux au sein des eaux courantes. Néanmoins, des contraintes omettent souvent à la réalisation d'une classification précise et fiable telles que : le manque de connaissance du niveau taxonomique le plus bas (les espèces) et l'écologie du groupe en question (Schöll et Haybach, 2004 ; Adriaenssens *et al.*, 2004 ; Johnson et Hering, 2009).

Cependant, la classification des rivières selon les communautés de Chironomidae a été réalisé pour de nombreuses petites rivières (Bass et Harrel, 1981 ; Orendt, 2003 ; Rossaro et Mietto, 2007). En effet, Orendt (2003) a réalisé la classification de rivières préalpines basée sur 338 espèces. Pour ce fait, il a utilisé l'analyse des clusters, les profils écologiques des espèces et le ratio : (Diamesinae + Orthoclaadiinae)/ Chironominae. Son étude a pu classifier les rivières préalpines en quatre catégories : (1) des rivières de montagne froides d'été, (2) des rivières chaudes d'été, (3) des rivières de prairies chaudes d'été et (4) la section basse de la rivière dominée par la communauté littorale. Les résultats de son étude suggèrent que la température de l'eau est le facteur le plus important dans la classification des rivières basée sur les Chironomidae. Ceci est en accord avec d'autres travaux (Rossaro, 1993 ; Lindegaard et Brodersen, 1995).

2.4.2 pollution chimique

Les décharges directes d'effluent et l'eau d'écoulement agricole contiennent le plus souvent des mélanges complexes de contaminants qui peuvent produire de nouveaux composés par les processus de transformation et par conséquent ils contribuent à la complexité de toute la charge toxique de l'environnement. Par l'emploi des mesures chimiques et physiques seulement, l'effet de la pollution sur les communautés biologiques ne peut pas être complètement et facilement évalué (Rosenberg, 1992). Généralement, les indicateurs biologiques fournissent un outil potentiel pour l'observation directe de l'effet global des contaminants environnementaux en vertu de leur rôle dans les écosystèmes aquatiques (Warwick, 1988).

Les Chironomidae sont impliqués dans l'évaluation de la pollution chimique de deux manières :

- La mesure des quantités des métaux lourds dans leurs tissus
- L'observation et la mesure des difformités morphologiques chez les larves.

a) Mesure des métaux lourds

Les métaux issus des décharges industrielles sont déposés dans les différents composants du système aquatique comme l'eau, les particules en suspension, le sédiment et les organismes vivants. En général, les quantités les plus élevées des matériaux chimiques dans un environnement aquatique se trouvent dans le sédiment (Adams *et al.*, 1992 ; Van Hattum *et al.*, 1993). En effet, la contamination du sédiment est considérée par plusieurs auteurs comme l'un des risques les plus importants pour un environnement aquatique (Armitage, 1980 ; Ahsanullah *et al.*, 1984 ; Adams *et al.*, 1992).

Les Chironomidae sont étroitement associés au sédiment et ils passent la majorité de leur cycle biologique dans ou sur le sédiment en tant que larves. Ces dernières broutent les couches superficielles du sédiment et se nourrissent des particules organiques sédimentées. Les métaux lourds (cadmium, cuivre, plomb, fer, zinc, chrome, manganèse et le nickel) peuvent être absorbés par les organismes benthiques, et notamment les Chironomidae, ils s'accumulent dans leurs tissus, et ainsi dans ceux de tous les membres de la chaîne alimentaire (Bervoets *et al.*, 1997 ; Bervoets *et al.*, 2001). En effet, les Chironomidae constituent une source importante d'aliments pour de nombreux Vertébrés : les poissons et les oiseaux. Ainsi ces contaminants peuvent passer chez l'homme et menacent sa santé (Dallinger *et al.*, 1987).

La toxicité de ces métaux est très variable selon leur nature, leur spéciation dans le milieu (état d'oxydo-réductions, phases adsorbées ou précipitées, phases particulières biodisponibles ou fixées...) et leurs voies de pénétration dans les organismes (ingestion, respiration, contact dermique). Cette diversité d'impact conduisant à une diversité de symptômes est une des difficultés des études toxicologiques dans la recherche sur les polluants (Timmermans *et al.*, 1992). La concentration de contaminants accumulée dans les organismes aquatiques peut fournir des informations sur la biodisponibilité des contaminants et est un critère d'évaluation de la qualité du milieu.

De nombreuses études se sont intéressées à la bioaccumulation des métaux chez les Chironomidae. En effet, d'après Bervoets et al. (1994 ; 1997 ; 1998 ; 2001), la seule mesure des niveaux totaux des métaux dans l'eau et les sédiments donne peu d'informations sur la détérioration de la qualité de l'écosystème et les concentrations en métaux mesurées dans les larves des Chironomidae ne peuvent pas être prédites par la simple mesure des concentrations métalliques dans les sédiments et/ou l'eau.

La variabilité des écosystèmes doit être prise en compte lors de l'étude de la qualité des sédiments : les caractéristiques physico-chimiques des sédiments et les associations géochimiques des métaux traces dans le sédiment influencent la spéciation et régulent la bioaccumulation des métaux par les organismes (Bervoets *et al.*, 1994; Bervoets *et al.*, 1997). Ainsi aucune accumulation de cuivre n'est observée chez *C. tentans* quand le cuivre est présent sous forme chélaté. Le cuivre est accumulé à partir de solutions où la forme aqueuse dominante est l'ion libre Cu^{2+} et le complexe $\text{Cu}(\text{OH})_2$ (Dodge et Theis, 1979). La même observation est faite pour *C. riparius* avec le cadmium. Ainsi, Warren *et al.*, (1998) observent une relation linéaire entre la concentration en cadmium de l'eau et celle de *C. staegeri*. Kosalwat et Knight (1987) observent une relation exponentielle entre la concentration en cuivre de l'eau et celle de *C. decorus* pour les larves exposées au cuivre par l'eau et une relation linéaire entre la concentration en cuivre du sédiment et celle de *C. decorus*. Les larves de *C. decorus* possèdent des mécanismes permettant de réguler le stockage du cuivre et de l'excréter pour des concentrations de 0.05 à 1 mg Cu/L, mais elles perdent cette capacité quand la concentration en cuivre excède 1 mg/L (Kosalwat et Knight, 1987).

La capacité de l'accumulation est aussi largement fonction des caractéristiques de l'organisme (Bervoets *et al.*, 1997). Krantzberg (1989) a observé, en considérant une importante biomasse, que les concentrations en nickel et en cadmium sont plus élevées dans les larves les plus jeunes et que, pour un âge donné, les concentrations en fer, manganèse, nickel et calcium sont plus importantes dans les organismes les plus gros.

b) Les difformités morphologiques

Les difformités morphologiques des larves des Chironomidae sont considérées comme des indicateurs d'un stress environnemental causé par la pollution de l'eau et du sédiment par les métaux lourds, les pesticides et également par la contamination organique.

De telles anomalies reflètent des effets sous-létaux et peuvent être considérées en tant que signaux de détection précoce pour la dégradation environnementale par les contaminants chimiques (Warwick, 1990).

Les difformités morphologiques peuvent être définies comme des caractères morphologiques qui s'écartent de la configuration normale (Warwick, 1988 ; Madden *et al.*, 1995). Les pièces buccales sont soumises aux effets mécaniques, abrasion ou rupture, qui sont des phénomènes communs qui résultent du contact continu avec les particules minérales ou du matériel organique sclérifié (Janssens de Bisthoven et Ollevier, 1989; Vermeulen, 1995).

Les larves de la plupart des Chironomidae vivent sur ou dans le sédiment, où elles se nourrissent sur la matière organique (détritiques). A cause de leurs habitudes d'alimentation, les larves sont directement exposées aux contaminants dans les sédiments au cours de leur développement.

Les résultats de plusieurs études indiquent qu'il y a une relation étroite entre l'augmentation de l'incidence des difformités et la quantité des matières toxiques dans le sédiment (par exemple : Warwick, 1985; Janssens de Bisthoven et Van Speybroeck, 1994 ; Nazarova *et al.*, 2001). De même, les travaux au laboratoire ont montré que chez les Chironomidae les difformités peuvent être induites par les métaux lourds (Janssens de Bisthoven, 1995), les pesticides organochlorés (Madden *et al.*, 1992)...

Les anomalies morphologiques de la capsule céphalique peuvent permettre de mettre en évidence l'existence d'un facteur toxique mais elles demandent une bonne connaissance de la taxonomie et de la morphologie des espèces étudiées (Bird *et al.*, 1995). De plus, il faut tenir compte des difformités naturelles lorsque ce paramètre est utilisé comme indicateur des dégradations environnementales (Bird *et al.*, 1995). Pour ces raisons, les anomalies morphologiques sont des indicateurs biologiques difficilement utilisables bien que des études ont montré la validité de leur utilisation. De même, certains auteurs confirment que ces difformités sont moins révélatrices de la toxicité que ne le sont les mesures des matières toxiques dans le corps des Chironomidae (Cushman, 1984).

En étudiant les différentes composantes de la capsule céphalique des larves de *C. riparius* pouvant être le siège de difformités (mandibules, prémandibules, plaque paralabiales, antennes...), Vermeulen (1995) a montré que le calcul de la fréquence de difformité des plaques paralabiales est suffisant pour évaluer la toxicité des sédiments. Les difformités des

plaques paralabiales sont d'ailleurs un bon indicateur de la présence de pétrole (Cushman, 1984) et le plomb (De Bisthoven *et al.*, 1998). Groenendijk *et al.* (1998) ont montré que les difformités des plaques paralabiales et la présence d'une asymétrie latérale chez les larves de *C. riparius* indiquent la présence d'un stress imputable aux métaux.

Des anomalies morphologiques au niveau de la capsule céphalique ont été constatées chez différentes espèces de Chironomidae exposées à des sédiments contaminés (Warwick, 1988). Une étude sur des sites de natures différentes a montré que la fréquence des difformités des plaques paralabiales augmente avec la dégradation de l'environnement : jusqu'à 5.3% de difformités dans les zones de pollution urbaine et de 0.8 à 2.5% en région agricole contre 0% dans les sites de référence (Bird, 1994).

Cependant, une autre étude désirant mettre en évidence l'effet du cadmium présent en faible quantité dans les sédiments (4µg Cd/g sec de sédiment) montre que l'on doit tenir compte de la forte incidence des malformations naturelles lorsqu'on utilise les malformations du labre comme indicateur de la dégradation de la qualité du milieu chez les Chironomidae (Bird *et al.*, 1995).

Généralement, la fréquence des difformités dans les sites non contaminés est < 1% mais des fréquences de 9 à 19% ont déjà été signalées sur certains sites non contaminés (Nazarova *et al.*, 2004).

2.4.3 Les Chironomidae et la paléolimnologie

La paléolimnologie est une science multidisciplinaire qui utilise l'information biologique, chimique et physique préservée dans les profils sédimentaires lacustres afin de reconstruire les conditions environnementales passées dans les écosystèmes aquatiques terrestres et leurs bassins versants (Smol, 1988).

Les réponses aux problèmes environnementaux actuels sont souvent cachées dans le passé. La limnologie allonge de plusieurs décennies, voir des siècles et même des millénaires, nos connaissances des systèmes aquatiques (et leur environnement immédiat). En effet, ces données à long-terme sont essentielles à une bonne compréhension des écosystèmes, elles permettent de définir le cadre temporel et l'étendue de la variabilité naturelle des systèmes. Elles offrent également des réponses aux problèmes de gestion de l'environnement et ainsi elles peuvent servir à valider des modèles de prédiction (Smol, 2007).

Ainsi, la paléolimnologie est une approche importante dans la reconstruction des changements environnementaux à la fois naturels et anthropiques, tels les changements climatiques, l'eutrophisation et l'acidification des lacs, l'influence de la pollution sur les organismes, etc.

De l'ensemble des composés biologiques préservés dans les sédiments lacustres, les algues siliceuses (diatomées, chrysophycées) (Lotter *et al.*, 1997), les microcrustacés (ostracodes, cladocères et copépodes) (Smith, 1993 ; Lotter *et al.*, 1997), et les larves d'insectes aquatiques telles que : les Chaoboridae et les Chironomidae représentent les bio-indicateurs les plus importants (Smith, 1993 ; Porinchu, 2003 ; Räsänen *et al.*, 2007).

Pour croître, les Chironomidae comme les autres insectes, rejettent leur cuticule chitineuse plusieurs fois au cours de leur développement par le phénomène de la mue. Les exuvies et les restes des larves vivant au fond des lacs s'accumulent dans le sédiment. Ainsi, les parties sclérifiées, surtout la capsule céphalique, sont préservées sans altération pendant plusieurs milliers d'années (Walker, 1987).

L'identification des restes larvaires fossilisés est une tâche très difficile puisque plusieurs fragments se détruisent conduisant à la perte de caractères de diagnostic importants. De plus, pour de nombreuses espèces les larves n'ont pas été encore identifiées. Néanmoins, beaucoup d'espèces ont été reconnues dans plusieurs lacs (surtout en Europe et en Amérique) en se basant sur leurs matériels fossiles (Porinchu et MacDonald, 2001 ; Räsänen *et al.*, 2007 ; Rolland *et al.*, 2009).

Les Chironomidae ont été utilisés pour la première fois en tant qu'indicateurs des changements paléo-environnementaux en 1927 (Gams, 1927). Jusqu'aux années 80, les Chironomidae fossiles ont été principalement utilisés comme indicateurs de : paléoproduktivité des lacs (Deevey, 1942), eutrophication (Brundin, 1949), la salinité (Kanstantinov, 1951) et l'acidification (Wiederholm et Ericksson, 1977).

Ce n'est que dans les années 80 et plus tard que les Chironomidae ont été employés pour déterminer les variations climatiques. En effet, en examinant les restes de Chironomidae au lac Marion (Colombie, Angleterre), Walker et Mathewes (1987) ont trouvé que les variations dans la distribution des Chironomidae reflètent un réchauffement climatique juste après la fin du glaciaire.

Il est reconnu depuis longtemps que la température a un effet significatif sur les fonctions physiologiques des Chironomidae influençant fortement la distribution des taxa à travers de larges gradients géographiques (Walker *et al.*, 1992). Cependant, à l'échelle locale, les larves peuvent être influencées par une grande variété de variables environnementales incluant : l'eutrophication, acidification, les métaux toxiques et chimiques (Lindegaard, 1995). De même, les variables liées au lac telles que : la profondeur, l'oxygène dissous, le statut trophique et le type de substrat sont également importants. Des recherches subséquentes sur ces variables ont conduit au développement de modèles quantitatifs de déduction pour la salinité, l'eutrophisation et la profondeur d'eau (Verschuren *et al.*, 2004). De même, beaucoup de données ont été générées en regard de la relation entre la distribution des Chironomidae et le statut trophique/productivité des lacs.

Au cours des décades dernières de nombreuses études ont été conduit, mais la plupart des ces études sont localisées à l'hémisphère nord du globe (Verschuren *et al.*, 2004). En Amérique du Nord par exemple, Quinlan *et al.* (1998) ont développé une méthode pour reconstruire les déficits en oxygène dans l'hypolimnion. Quinlan et ces collaborateurs ont également examiné avec succès l'eutrophisation à long-terme dans un nombre de lacs canadiens (Clerk *et al.*, 2000 ; Little *et al.*, 2000). En Europe, des modèles de déduction ont été construits avec succès par Lotter *et al.* (1997) et Brooks *et al.* (2001) séparément. Un modèle de déduction de la Chlorophylle a a été également établi par Brodersen et Lindegaard (1997).

Néanmoins, récemment un nombre d'études sur la construction des modèles de déduction ont été conduit dans d'autres régions de la terre. Par exemple, en Chine (Enlou *et al.*, 2006), et le lac Tanganyika dans l'Afrique tropicale de l'Est (Eggermont et Verschuren, 2003).

Chapitre 3:

Présentation de la zone d'étude

Chapitre 3 : Présentation de la zone d'étude

3.7 Présentation de la région d'El Kala

La région d'El Kala est un immense écosystème humide constitué d'une mosaïque d'habitats : marins, lacustres, lagunaires, forestiers..., par sa richesse écosystémique, elle présente une importance évidente sur les plans touristique, économique et scientifique.

a) Situation géographique (Figure 35)

La région d'El Kala est située à l'extrême Nord-est de l'Algérie (Tell Nord-oriental). Selon Marre (1987), elle présente deux ensembles structuraux : les monts gréseux de la Cheffia et leur prolongement jusque vers le Cap Rosa, et la terminaison orientale de la plaine d'Annaba occupée par le lac de la Mekhada.

Deux principaux cours d'eau drainent la région : l'Oued Bounamoussa à l'Ouest et l'Oued Kebir à l'Est, qui convergent vers le marais de la Mekhada avant de rejoindre la mer par l'intermédiaire d'un exutoire unique : l'Oued Mafragh (Marre, 1987).

b) Eléments de géomorphologie

Le relief est constitué de collines et de basses montagnes, dont le point culminant est le Djebel Ghora à 1202 m, ainsi que de petits bassins intramontagnards que les oueds empruntent, et des dépressions occupées par des formations palustres ou lacustres (Marre, 1987).

Ce relief et la tectonique récente ont eu une profonde influence sur le réseau hydrologique de la région (de Bélair, 1990).

Le sol est en majorité de nature gréso-argileuse. Cette formation induit un milieu de pédogénèse acide (Aouadi, 1989). Des sols salins associés aux sols d'apport alluviaux et hydromorphes occupent les dépressions marécageuses.

3.8 Le parc national d'El Kala

Le caractère exceptionnel d'El Kala réside dans sa réserve naturelle théoriquement protégée qui laisse le visiteur de cette région admiratif et contemplateur. Créé par le décret n° 831462 le 23 juillet 1983, Le Parc National s'étend sur une superficie de 76438 ha.

Situé au nord-est de l'Algérie, il est limité à l'est par la frontière algéro-tunisienne, au nord par la mer méditerranéenne, à l'ouest par les marais de la Mekhada, au sud par les contreforts du djebel El Ghorra (Figure 36).

Le Parc est composé d'une mosaïque d'écosystèmes forestiers, lacustres, dunaires et marins, lui conférant une haute valeur biologique et écologique dans le bassin méditerranéen. Sa flore, sa faune et son patrimoine culturel lui ont valu son inscription en tant que réserve de la Biosphère par l'UNESCO en 1990. Il est constitué d'un massif montagneux, de plaines et de lacs et d'une côte très diversifiée, séparée localement de la plaine par un cordon dunaire important où se développe une végétation basse. Du nord au sud, on retrouve un littoral long de 40 km, des maquis, des forêts de pins, d'eucalyptus, de chêne liège (*Quercus suber*) et de chêne zeen (*Quercus faginea*) sur les hauteurs à partir de 700 m s'étendant jusqu'à 1202 m d'altitude.

Son importance écologique et scientifique a été soulignée par divers travaux (Bélaïr, 1990). En effet, la diversité de ces écosystèmes lui donne une importance d'un intérêt scientifique en tant qu'une aire enserrant un complexe de zones humides. En fait, le parc national d'El Kala comporte plusieurs lacs protégés : lac Mellah, lac Tonga, l'Oubeïra et le lac bleu). Le Tonga et l'Oubeïra sont classés par la convention RAMSAR en tant que sites d'importance internationale.

Cependant, le découpage basé sur l'importance des différentes zones du parc est composé des classes suivantes :

- Classe 1 : Réserve intégrale (zone littorale et lacustre)
- Classe 2 : Primitive ou de sauvetage (zone des dunes littorales et forestières montagneuses de chênes zène et chênes liège). Ce sont des formations végétales très peu anthropisées et des ensembles de végétations d'un haut intérêt mais fragiles et en péril (exemple : Aulnaies).
- Classe 3 : zone à faible croissance, mais susceptible d'aménagement. Le terme de croissance n'envisage que des interventions très réduites de l'homme dans la modification du paysage (Ouchtati, 1993).
- Classe 4 : Zone urbaine et de détente (périphérique).

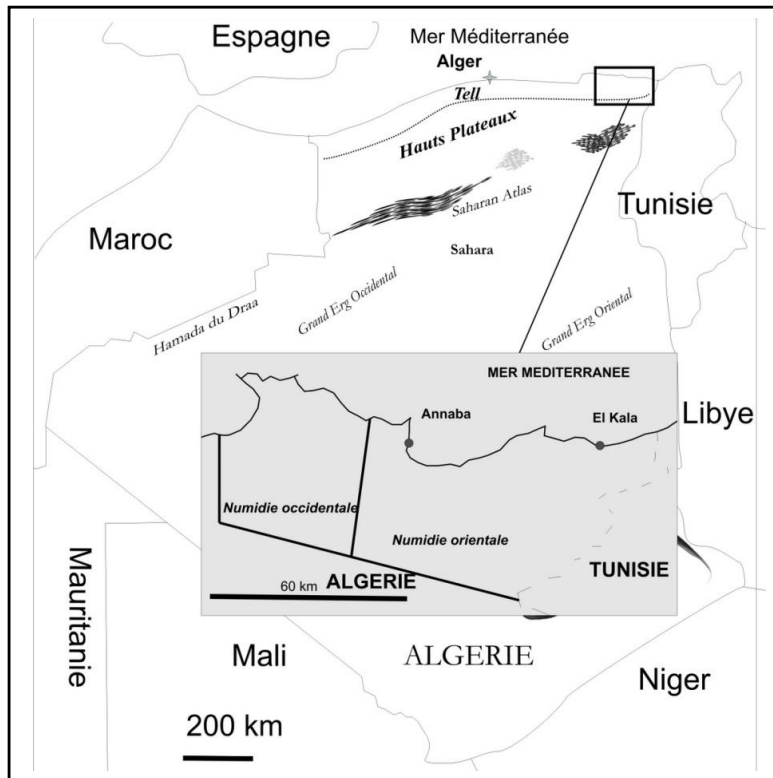


Figure 35 : Situation géographique de la région d'El Kala (Zerguine *et al.*, 2009)

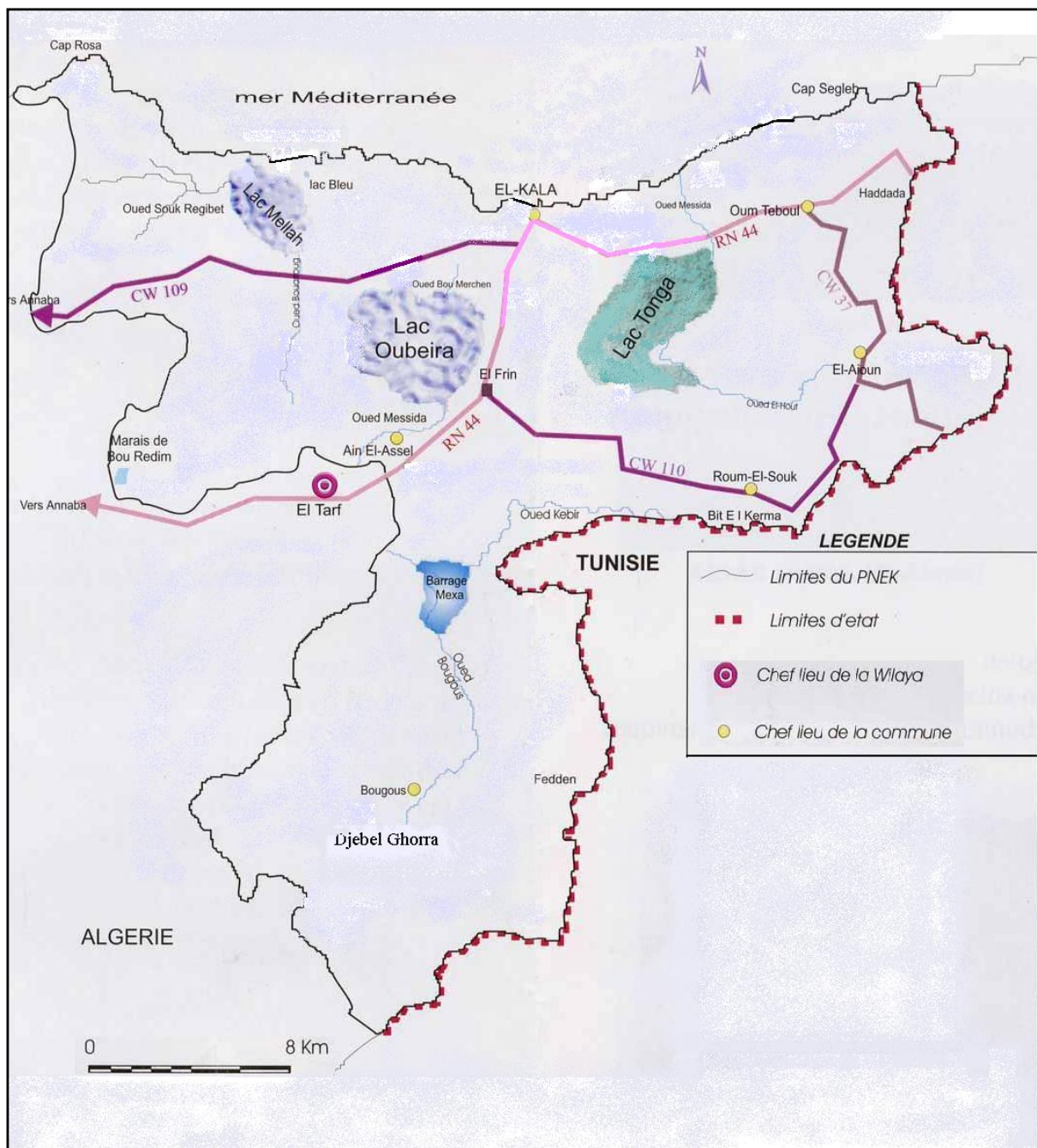


Figure 36 : Situation géographique du Parc National d'El Kala (PNEK) [8]

3.9 Climatologie

Le facteur du milieu le plus important est le climat. Il a une influence directe sur la faune et la flore. D'une manière générale, la région d'El Kala se situe dans un climat méditerranéen chaud. Les températures les plus basses sont naturellement enregistrées en hiver alors que l'été est chaud et sec (Ozenda, 1982 ; Samraoui et de Bélair, 1999).

3.9.1 la température

Elle est en fonction de l'altitude, de la distance de la mer, des saisons et de la topographie (Ozenda, 1982). Les températures négatives les plus élevées sont enregistrées en altitude dans le djebel Ghorra, le minimum peut descendre jusqu'à -9°C , la saison froide est longue et la gelée blanche est importante (Nour, 1989). En se basant sur les données du tableau ci-dessous (Tableau 6), nous constatons que janvier est le mois le plus froid avec une température moyenne de 13.22°C . La saison chaude est bien marquée, les températures maximales situées en Juillet et Août et Septembre sont généralement liées au Sirocco et les incendies.

Tableau 6 : valeurs moyennes mensuelles de la température de l'air ($^{\circ}\text{C}$) durant les 04 cycles hydrologiques (1996-2000).

	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov
Cycle1 (1996-1997)	15.15	13.9	13.2	13.8	15.50	20.75	23.2	25.7	26.95	24.5	21.6	17.2
Cycle2 (1997-1998)	14.7	13	13.2	14.1	16.7	19	35.5	31	28	31	22	21.5
Cycle3 (1998-1999)	15.5	14	16.5	18.5	26	28	28	31.5	33	30	29	22.5
Cycle4 (1999-2000)	17.5	12	17	18.6	22.3	25.5	26	32.5	30	31	28.5	22.5
moyenne	15.8	13.22	14.97	16.25	20.12	23.31	28.17	30.17	28.87	29.12	25.27	20.92

3.9.2 la pluviosité

Les pluies qui tombent en Algérie sont, pour la plupart influencées par le relief. En effet, Les températures les plus basses sont naturellement enregistrées en altitude durant l'hiver au djebel Ghorra. Au niveau de la mer, les températures descendent en-dessous de 0°C . Le gradient altitudinal conditionne donc fortement la pluviosité. Les points les plus arrosés sont les zones sommitales telles que le Djebel Ghorra (Belair, 1990).

Le tableau 7 présente les moyennes mensuelles des précipitations enregistrées dans la station météorologique d'El Kala des années 1996-2000. En effet, le tableau montre que la moyenne annuelle des précipitations maximale est de 124.75 mm avec novembre et décembre les mois le plus pluvieux.

Tableau 7: Valeurs moyennes mensuelles des précipitations durant les 04 cycles hydrologiques (1996-2000).

	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov
Cycle1 (1996-1997)	58	112	39	21	53	11	12	0	3	83	155	199
Cycle2 (1997-1998)	139	70	84	35	85	48	8	0	0	0	5	237
Cycle3 (1998-1999)	64	70	101	100	90	25	0	0	0	0	0	52
Cycle4 (1999-2000)	50	25	89	41	40	15	3	0	0	0	0	11
moyenne	77.75	69.25	78.25	49.25	67	24.75	5.75	0	1	20.75	50	124.75

3.9.3 l'humidité

L'humidité de l'air est relativement élevée à proximité du littoral et atteint ses valeurs maximales dans les mois les plus froids (novembre, décembre, janvier et février). Les formations marécageuses et lacustres ainsi que la présence d'une couverture forestière maintiennent une humidité élevée pendant la saison chaude où l'évaporation atteint son maximum (Tableau 8).

Tableau 8: Valeurs moyennes mensuelles de l'humidité de l'air (%) durant les 04 cycles hydrologiques (1996-2000)

	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov
Cycle1 (1996-1997)	64.89	69.12	80.24	77.23	66.08	74.39	76.77	77.32	71.83	76.29	75.87	77.06
Cycle2 (1997-1998)	78.5	74.33	83.5	70.83	72.83	78	59.71	69	72.5	68.7	75.7	80.71
Cycle3 (1998-1999)	80.42	80.25	75.8	70.33	78.25	73.12	61.5	64.75	70.75	68.5	71.5	69.8
Cycle4 (1999-2000)	86.5	81.6	73.25	-	-	72.75	74.21	56.75	65.71	72.75	76.25	74.5
moyenne	77.57	76.32	78.19	72.80	72.39	74.56	68.05	66.95	70.19	71.56	74.83	75.51

3.9.4 les vents

Le tableau ci-dessous montre les vitesses moyennes mensuelles des vents (Km/h) enregistrées dans la station météorologique d'El Kala (1996-2000). La fréquence des vents diminue simultanément au printemps, cette diminution est compensée par une augmentation des vents du secteur N-NE durant le printemps et plus encore en été. Les vents du secteur N-NE sont liés aux périodes de haute pression et donc le beau temps, alors que les vents O-NO apportent les pluies de la période froide (Automne, hiver) à l'opposé le sirocco qui souffle principalement en été assèche l'atmosphère et favorise avec les températures élevées les incendies des forêts (De Bélair, 1990 in Metallaoui, 1999).

Tableau 9 : Valeurs moyennes mensuelles de la vitesse moyenne du vent (km/h) durant les 04 cycles hydrologiques (1996-2000).

	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov
Cycle1 (1996-1997)	10.8 6	9	11.5	12.5	10	10	9.33	11.11	8.41	8.25	12.3	12.9
Cycle2 (1997-1998)	14	11	10	12	10	9	10	11	10	11	11	13
Cycle3 (1998-1999)	15	11	16	12	10	8	12	12	12	12	10	12
Cycle4 (1999-2000)	17	12	13	-	-	7	8	7	7	8	10	11
moyenne	14.21	13.25	12.62	9.12	10	8.5	9.83	10.27	9.35	9.81	10.82	12.22

3.10 Relation température-précipitation

3.10.1 Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen

Ce diagramme permet de calculer la durée de la saison sèche en portant la pluviométrie moyenne annuelle sur des axes où l'échelle de la pluviométrie est double de celle de la température. D'après Bagnouls et Gaussen (1957), il n'y a sécheresse que lorsque la courbe de précipitation rencontre celle des températures et passe au dessus d'elle.

Selon les travaux antérieurs (Samraoui et de Bélair, 1998 ; Metallaoui, 1999 ; Hammoudi, 1999 ; Benslimane, 2001...) dans la région d'El Kala la période sèche s'étend sur quatre mois et quelques jours (de la fin d'avril jusqu'au début septembre). Ainsi, le diagramme montre que nous sommes en présence de deux saisons bien distinctes :

- Saison sèche (mai à septembre) où les précipitations sont déficitaires par rapport à l'évaporation. Le minimum s'observe en juillet et août.
- Saison humide (octobre à avril) où les précipitations l'emportent sur l'évaporation.

3.10.2 le climagramme d'Emberger

En 1955, Emberger a classé les climats méditerranéens en faisant intervenir deux facteurs essentiels : les précipitations et la température.

Pour déterminer l'étage bioclimatique de la zone d'étude, il faut procéder au calcul du quotient pluviométrique d'Emberger Q_2 selon la relation suivante :

$$Q_2 = 1000. P / \frac{(M+m).(M-m)}{2}$$

Où :

M : température moyenne des maxima du mois le plus chaud (°K)

m : température moyenne des minima du mois le plus chaud (°K)

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

L'indice d'Emberger classe les plaines sublittorales de la Numidie orientale dans l'étage bioclimatique de végétation subhumide chaud ce qui expliquerait la présence de sept espèces tropicales et subtropicales : *Digitaria debiis*, *Echinochloa clona*, *Paspalum disticum*, *Panicum repens*, *Althernentera sessilis*, *Glinus lotoides* et *Lippia nodiflora* (Samraoui et al., 1992 ; Samraoui et de Bélair, 1998 ; Métallaoui, 1999).

3.11 Présentation des sites d'études

La Numidie recèle une grande variété de milieux aquatiques et terrestres (Samraoui et de Bélair, 1999). Cette richesse se traduit par une grande diversité floristique et faunistique. Parmi les milieux les moins connus figurent les mares qui, en fait, représentent une grande diversité de milieux allant des mares éphémères aux mares permanentes.

Notre étude concerne l'étude de la richesse des mares temporaires situées dans la Numidie Orientale. La situation géographique des mares échantillonnées est représentée par la (Figure 37).

Le substrat, la salinité, la proximité des cours d'eau ou la présence de poissons sont autant des facteurs diversifiant (Metallaoui, 1999).

En Algérie l'étude de ce type de zones humides est relativement ancienne (Gauthier, 1928 ; Gauthier-Lièvre, 1931) mais elle a depuis été négligée au détriment de milieux vulnérables.

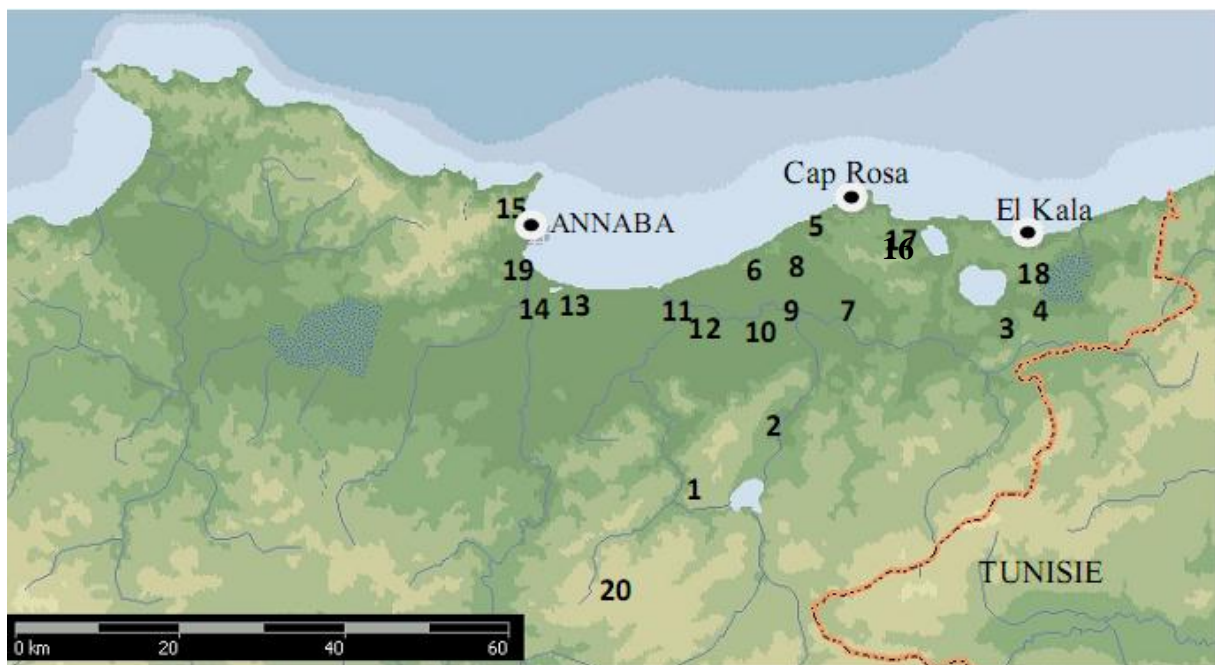


Figure 37 : Situation géographique des sites d'étude (1 : Feid 1-4 ; 2 : Mare aux Frènes ; 3 : Messida ; 4 : Gauthier1-4 ; 5 : Fedjoudj ; 6 : Gérard ; 7 : Isoetes ; 8 : Bérrihane Ecole ; 9 : Bérrihane Sud ; 10 : El Hrib ; 11 : Tamaris ; 12 : Carrière ; 13 : Mafragh ; 14 : Sangliers ; 15 : Boukhadra ; 16 : Ruppia ; 17 : Mara du Lac Bleu ; 18 : El Frine ; 19 : Les Salines ; 20 : Mare aux Butomes.

3.12 Description des sites d'études

La figure 38 présente des photos qui montrent quelques unes des mares étudiées.



Figure 38 : Représentation photographique de quelques sites d'étude (Samraoui, 2007).

De même, le tableau ci-dessous (Tableau 9) regroupe les différents sites d'études, leurs coordonnées G.P.S (latitude-longitude), superficie, profondeur maximale, conductivité moyenne, la nature du substrat et des exemples de végétation entourant les plans d'eau.

Chapitre 4:

Matériel et méthodes

Chapitre 4 : Matériel et méthodes

4.1 Matériel d'étude

4.1.1 Matériel biologique

a) Définition

Les Chironomidae sont des Insectes Diptères faisant partie du groupe de Culiciformes, c'est-à-dire que leur aspect général est celui d'un moustique. Ce sont des Nématocères et à ce titre, ils sont caractérisés par des antennes longues (au moins aussi longues que la tête) et des palpes pendants. Leur appareil buccal est très régressé et l'atrophie des mandibules ne leur permet pas de piquer, pour cela on les appelle « *moucheons non-piqueurs* » (*non-biting midges* des Anglais). Leur position systématique au sein du règne animal est la suivante :

Règne : Animalia

Embranchement : Arthropoda

Sous-embranchement : Hexapoda

Classe : Insecta

Sous classe : Pterygota

Section : Neoptera

Super ordre : Endopterygota

Ordre : Diptera

Sous ordre : Nematocera

Infra ordre : Culicimorpha

Superfamille : Chironomoidea

Famille : Chironomidae

b) Cycle biologique (Figure 39)

Les Chironomidae sont des Insectes Holométaboles, leur cycle de développement comporte quatre états morphologiquement très différents qui, tout en ayant un aspect général identique d'une sous famille à l'autre, présentent des variations anatomiques qui constituent une des bases essentielles de la systématique.

Le cycle biologique des Chironomidae commence par la déposition des œufs dans l'eau. Ceux-ci sont réunis en masses ou en cordons gélatineux ou parfois ils sont déposés individuellement. Les œufs sont de forme ovale, sphérique, piriforme ou cylindrique et peuvent être libres ou attachés à un objet.

Les œufs éclosent après une période plus ou moins longue libérant les larves. Ces dernières subissent un nombre réduit de mues et passent par quatre stades larvaires. Les larves peuvent mener une vie libre, sédentaire ou à l'intérieur d'un tube qu'elles construisent avec le substrat et les sécrétions salivaires.

Le stade larvaire est suivi par celui de la nymphe. Celle-ci peut nager librement ou, chez les espèces tubicoles, peut rester partiellement incluse dans le tube larvaire. A maturité, les nymphes atteignent la surface de l'eau grâce à l'air produit dans l'espace intercuticulaire de l'adulte qui se forme à l'intérieur d'elles. L'émergence de l'adulte se fait alors à la surface de l'eau en une période très courte.

La vie imaginaire est brève. Ainsi, les adultes ne tardent pas à s'accoupler pour pondre les œufs.

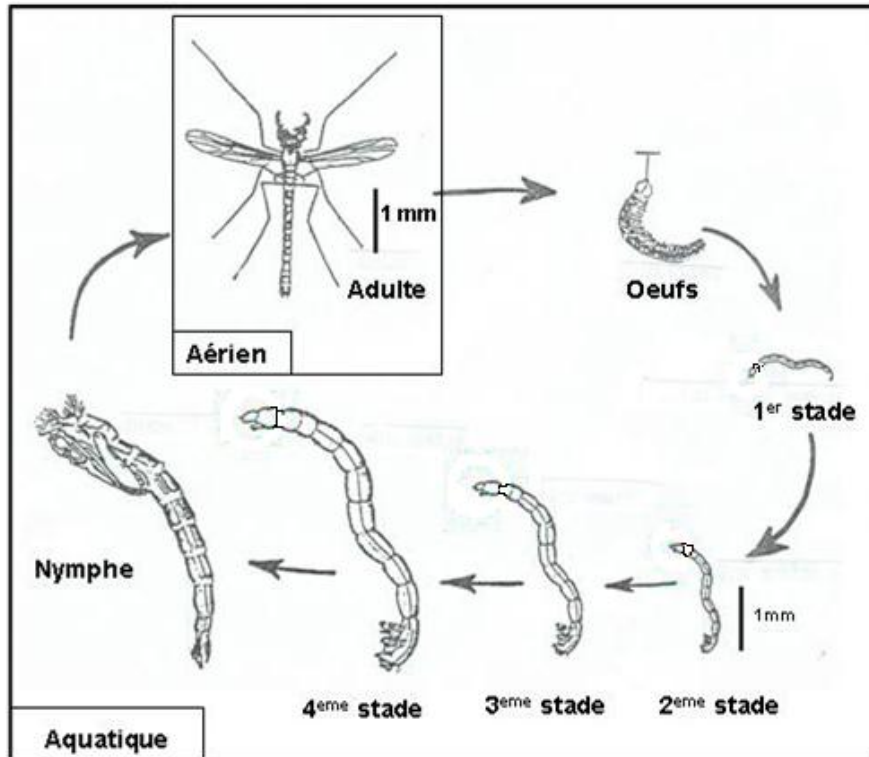


Figure 39 : cycle biologique des Chironomidae

4.1.2 Matériel expérimental

a) Sur le terrain

- un filet de type de toile de moustiquaire rigide monté sur un manche de bois.
- Des bouteilles en plastique
- Du formol à 5% pour la conservation des échantillons
- Un conductimètre
- Un Oxymètre
- Un profondimètre

b) Au laboratoire

- Une loupe binoculaire de type Leica Zoom 2000
- Un microscope (Leica CME)
- Un microscope avec appareil photo (Motic B1 Series System Microscopes)
- Plaque chauffante (Rommelsbacher)
- Etuve (Fisher bioblock scientifique)
- Des boîtes de pétri
- Des bols en plastique
- Des salières
- Entonnoir
- Bec Benzen
- Des Pincés
- Un pinceau
- Epingles entomologiques pour la dissection
- Etiquettes
- Tubes en verre avec bouchon
- Lames et lamelles
- Boîtes pour conserver les lames montées
- Eau distillée
- KOH
- Acide acétique glacial
- Milieu de montage (Baume de Canada ou Euparal)
- Essence d'Euparal (si l'Euparal a été utilisé)
- Xylène (si le baume de Canada a été utilisé)

- Propanol à 95% (peut être substitué par : l'alcool bytilique ou le phénol)

4.2 Méthodes d'étude

4.2.1 Sur le terrain

a) Choix des sites

Nous avons sélectionné les sites sur la base de plusieurs critères :

- ✓ Tous les sites échantillonnés appartiennent à la même région (Numidie Orientale). Ils partagent ainsi des conditions climatiques semblables.
- ✓ Les sites sélectionnés sont des mares, donc des milieux stagnants favorables pour le développement des larves et nymphes des Chironomidae.
- ✓ Les sites échantillonnés sont des mares temporaires qui ne partagent pas les mêmes caractéristiques : substrat, conductivité...et s'étendent sur une grande superficie (de la Mafragh à la frontière tunisienne).
- ✓ L'originalité et la richesse floristique et faunistique.
- ✓ La richesse faunistique de ces sites a été déjà explorée par plusieurs travaux (Samraoui et De Bélair, 1998 ; Metallaoui, 1999 ; Hammoudi, 1999 ; Benslimane, 2001), et ont montré l'importance de l'abondance des Chironomidae dans ces sites mais les espèces chironomidiennes n'ont pas été encore déterminées.

b) Echantillonnage

La durée de l'étude s'étale sur quatre cycles hydrologiques (1996-2000). L'échantillonnage a été réalisé par Mr Samraoui B. Pour chaque cycle, un échantillonnage bimensuel est effectué au niveau des sites durant une période allant de novembre jusqu'au juin. La technique de récolte consistait à utiliser :

-un filet à plancton de 20 µm de vide de maille et un filet de type de toile de moustiquaire rigide monté sur un manche de bois.

-les coups de deux filets étant effectués au milieu et en bordure des berges dans les parties à forte végétation aquatique ainsi qu'au fond dans les parties boueuses et sableuses des mares.

-le contenu des filets est récupéré dans des flacons en plastique sur lesquels sont inscrits les noms des sites et les dates des prélèvements. Une recherche complémentaire faite à la main dans le filet de type toile de moustiquaire, dans les feuilles et plantes aquatiques.

-le contenu des flacons en plastique est fixé sur place dans du formol à 4%.

-sur les mêmes stations, la présence, l'abondance et la dominance de la végétation aquatique et des espèces végétales qui constituent la prairie avoisinante ont été notés.

4.2.2 Au laboratoire

Les organismes récoltés ont été triés, comptés, identifiés, et rangés par groupes fonctionnels.

Les larves, nymphes et adultes des Chironomidae sont séparés des autres groupes d'insectes. En effet, ils doivent être montés entre lames et lamelles dans un milieu de montage approprié pour l'observation et la conservation. Deux milieux de montage peuvent être utilisés pour les Chironomidae. Ce sont : le baume de Canada et l'Euparal (Wirth et Marston, 1968). L'Euparal a été généreusement fourni par M. Goddeeris B. (Institut Royal des Sciences Naturelles, Bruxelles, Belgique).

➤ Le tri des individus des Chironomidae

Le montage de tous les individus des Chironomidae est pratiquement impossible surtout si un grand nombre a été collecté. Un tri des individus (larves, nymphes et adultes) est nécessaire avant le montage entre lame et lamelle. Le tri des individus se fait selon plusieurs caractères qui peuvent être observés quand les individus sont dans l'alcool (ou le formol). Parmi les caractères principaux il y a :

- **l'apparence générale du corps**

- la taille des individus : les individus de *Chironomus* sp. et *Glyptotendipes* sp. sont de grande taille alors que ceux de *Corynoneura* sp. sont de petite taille.
- présence ou absence de soies, leur position, longueur, simples ou groupées en touffes (comme chez les larves de *Cricotopus sylvestris*)...
- les pseudopodes des larves: présence de crochets sur les pseudopodes ou non, la forme des griffes...

- la présence ou absence des cornes thoraciques des nymphes, leur forme, leur taille..., par exemples les cornes thoraciques de *Chironomus plumosus* sont plumeuses et s'observent aisément sous loupe binoculaire. Ainsi, les nymphes de cette espèce ne nécessitent pas un montage (sauf en cas de doute).
- présence ou absence de tubules ventraux ou latéraux dans la partie postérieure du corps, ainsi que leur forme et nombre.
- **la couleur du corps** : elle est mieux observée chez les individus vivants ou fraîchement mis dans l'alcool. Certaines larves sont blanchâtres, jaunâtres, rougeâtres, verdâtres ou même violets. Certaines larves ont des bandes colorées sur leurs corps.
- **La forme et les structures de la capsule céphalique des larves** :
 - Certaines larves ont des capsules céphaliques arrondies, d'autres sont très allongées (larves de *Clinotanypus* sp.)
 - Certaines larves ont des projections sur leurs capsules céphaliques.
 - La longueur des antennes (exemple : les antennes de *Corynoneura* sp. et *Thiennemaniella* sp.)
 - Le mentum et ses structures associées sont facilement visibles chez les larves de grande taille et conduisent directement au genre, par exemple : le mentum de *Polypedilum* sp. avec deux dents médianes caractéristiques et de *Chironomus* sp., les plaques paralabiales triangulaires caractéristiques de *Dicrotendipes* sp.

➤ **Montage des individus des Chironomidae**

Le montage des individus des Chironomidae (larves, nymphes et adultes) se fait au cours de plusieurs étapes successives faisant intervenir plusieurs bains de produits chimiques. Cependant, les exuvies larvaires et nymphales sont montées par une méthode différente.

➤ **Montage des exuvies**

Les exuvies larvaires et nymphales sont, seulement, mises dans un bain de propanol à 95% avant qu'elles soient montées dans le baume de Canada ou l'Euparal.

➤ **Procédure de montage des Chironomidae**

Le montage des individus des Chironomidae (larves, nymphes et adultes) se fait au cours des étapes suivantes :

- L'utilisation des deux milieux de montage (l'Euparal ou le Baume de Canada) nécessite le passage par un éclaircissement dans une solution à 10% de l'hydroxyde de potassium (KOH). Ce dernier sert à digérer les tissus musculaires internes et laisser les parties sclérifiées du corps (exosquelette). Cette étape consiste à laisser les individus dans le KOH pendant toute une nuit avant de passer à l'étape suivante. Néanmoins, une méthode plus rapide consiste à cuire les individus gentiment dans la solution de KOH pendant 1 à 3 minutes. Ceci peut se faire dans un bain marie, directement sur la flamme d'un bec Benzen ou bien laisser sur une plaque chauffante pendant 5 à 10 minutes.
- L'étape suivante consiste à laisser les individus des Chironomidae dans un bain d'eau distillée pendant 3 à 10 minutes. On note que la durée des bains dépend de la taille des individus et qu'il faut contrôler l'éclaircissement à la loupe binoculaire chaque minute.
- Après le bain d'eau distillée, les individus des Chironomidae sont mis dans un bain d'acide acétique glacial pendant 5 à 10 minutes. Pour un meilleur éclaircissement cette étape peut se faire sur une plaque chauffante à 60°C pendant 2 à 3 minutes.
- L'étape suivante consiste à mettre les individus de Chironomidae dans un bain de propanol à 95% pendant 3 à 10 minutes. Le propanol peut être substitué par l'alcool butylique ou le phénol.
- la dernière étape consiste à la dissection et le montage des individus de Chironomidae. On applique plusieurs gouttes de milieu de montage (Baume de Canada ou Euparal) sur la lame utilisant les pinces et on procède de la manière suivante :
 - Les larves sont placées dans la goutte du milieu de montage ventralement, on couvre avec la lamelle puis on applique une pression légère pour étaler les pièces buccales (mandibules...) pour une meilleure visualisation (Figure 40 A).
 - Les nymphes sont positionnées de telle sorte que l'abdomen est monté sur sa face dorsal et le céphalothorax est sur son côté, pour mieux visualiser les cornes thoraciques et les ptérothèques et les podothèques.

- Les exuvies nymphales ont le céphalothorax et l'abdomen séparés. Ainsi, le céphalothorax est disséqué sur sa ligne médiane, les deux côtés sont positionnés différemment (l'un sur sa face dorsale et l'autre sur sa face ventrale). L'abdomen est positionné sur sa face dorsale (Figure 40 C).
 - Toutes les parties de l'adulte sont disséquées soigneusement sous cinq lamelles : les pattes, les antennes, l'abdomen positionné dorsalement, le thorax sur son côté et la tête dirigée dorsalement (Figure 40 B).
 - Si le milieu de montage durcit rapidement il est préférable d'ajouter une goutte d'essence d'Euparal ou l'éthanol (si l'Euparal est utilisé) ou de xylène (si le baume de Canada est utilisé).
 - Étant donné que les échantillons vont être observés sous un microscope optique, qui inverse l'image, l'étiquette est placée à l'envers sur la lame pour qu'elle soit facilement lisible lorsque la lame est examinée.
- Une fois la lame est faite elle doit être placée sur une plaque chauffante à 60°C ou dans l'étuve pour qu'elle soit parfaitement sèche et prête à l'observation.

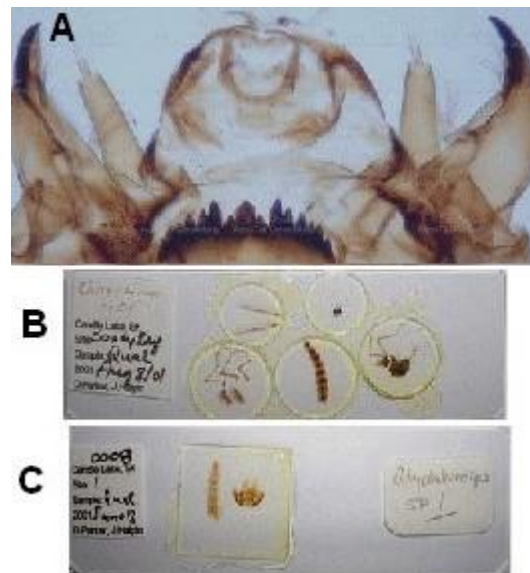


Figure 40: Montage des individus de Chironomidae (A : larves, B : adultes, C : exuvies nymphales).

4.3 Analyse des données

4.3.1 Quelques caractéristiques des espèces qui constituent un peuplement

Une fois que la liste des espèces animales d'un peuplement est établi, il est possible de déterminer un certain nombre de caractéristiques des ces espèces :

a) L'abondance

Correspond au nombre d'individus échantillonnés.

b) La fréquence

Elle peut s'exprimer par le nombre de relevés contenant l'espèce étudiée. Elle peut s'exprimer sous forme de pourcentage d'où $C = p \cdot 1000 / P$.

p : le nombre de relevés contenant l'espèce étudiée

P : le nombre total de relevés effectués

4.3.2 La structure d'un peuplement

Elle exprime le mode de distribution des individus parmi les espèces qui composent le peuplement, en d'autres termes l'organisation du tableau espèces-relevés. Ce mode de répartition peut être étudié au moyen d'indices synthétiques de diversité (Southwood, 1978). Divers indices existent qui permettent de comparer entre eux des peuplements et de voir comment ceux-ci évoluent dans l'espace et dans le temps.

a) Indice de Shannon

Cet indice a l'avantage de faire intervenir l'abondance des espèces. Il se calcule à l'aide de la formule suivante :

$$H = \sum_{i=1}^n -P_i \log_2(p_i)$$

Où :

$$P_i : \frac{n_i}{N}$$

n_i : effectif de l'espèce i

N : effectif total d'un peuplement

Cet indice mesure le niveau de complexité d'un peuplement. Un indice de diversité élevé correspond à un peuplement à grand nombre d'espèce pour un petit nombre d'individus.

L'indice de Shannon tient en compte de l'abondance des espèces.

b) Equitabilité

Afin de pouvoir comparer les diversités de deux peuplements ayant des richesses spécifiques différentes, on définit l'équitabilité ou « régularité » comme étant le rapport :

$$E = H / H_{\max}$$

Où : H : indice de diversité

H_{\max} : étant la diversité maximale ($H_{\max} = \log_2 S$), S : la richesse spécifique.

Une valeur de E proche de 1 traduit un peuplement plus équilibré.

4.3.3 Analyse factorielle des correspondances (AFC)

C'est une méthode qui a été réalisée à l'aide de la suite du logiciel de l'ADE-4 (Chessel et Doledec, 1992). Elle a été appliquée avec succès à l'étude de nombreux groupements végétaux et de certaines associations animales, elle permet de rechercher les caractéristiques du milieu qui règlent la répartition des organismes.

C'est une méthode descriptive d'ordination où une correspondance est réalisée entre deux types de caractères. Le point de départ de l'analyse est le tableau brut des données, où les relevés sont représentés par colonnes et les espèces par lignes ou l'inverse.

Chaque intersection relevé-espèce indique la présence ou l'absence de l'espèce. Le nuage des points représenté soit par les relevés soit par les espèces dans l'espace multidimensionnel original est caractérisé par des directions d'allongements privilégiées. Il s'agit d'axes factoriels qui contiennent une certaine proportion de l'information totale des données, les axes sont donc extraits par l'AFC. Le premier axe factoriel contient le maximum d'informations, le second un peu moins et ainsi de suite jusqu'au dernier axe. Sur ces axes factoriels pris deux à deux sont réalisés des projections de points relevés ou point espèces. Les valeurs propres et le taux d'inertie qui quantifient la part de l'information expliquée par les différents axes, permettent de décider du nombre d'axes à retenir (Chessel et Bernaudeau, 1987).

Chapitre 5: Résultats

Chapitre 5 : Résultats

5.1 Check-list des espèces des Chironomidae au cours des 04 cycles

Le tableau 10 présente le check-list des espèces de Chironomidae dans les mares temporaires de la Numidie Orientale au cours de 04 cycles successifs (1996-2000). Ce tableau nous montre que dans ces sites 64 espèces de Chironomidae sont présentes. Ces espèces sont réparties sur 03 sous familles, la sous famille des Chironominae contient la majorité des espèces avec 34 espèces, suivie par celle des Orthoclaadiinae (17 espèces) et enfin la sous famille des Tanypodinae englobe 13 espèces. D'après ce tableau, on remarque également que les Chironomidae sont représentés par tous les stades de leur cycle de vie : larvaire, nymphal et imaginal.

Tableau 10 : Check-list des espèces des Chironomidae au cours des 04 cycles

Sous famille	Tribu	Espèce	Stade
Tanypodinae	Tanypodini	<i>Tanytus punctipennis</i>	L, ex, P
	Clinotanyptini	<i>Clinotanytus nervosus</i>	L
		<i>Psectrotanytus varius</i>	L, P, ex
	Procladini	<i>Procladius choreus</i>	L, P, ex, M
	Pentaneurini	<i>Ablabesmyia phatta</i>	L, P, ex, M
		<i>Larsia atrocincta</i>	ex
		<i>Natarsia punctata</i>	P, ex, M
		<i>Natarsia sp</i>	L
		<i>Xenopelopia falcigera</i>	P, ex, M
		<i>Xenopelopia sp</i>	L
<i>Zavrelimyia hirtimana</i>		P, ex, M	
<i>Paramerina griekenland</i>		P, ex	
<i>Paramerina sp.</i>	L		
Orthoclaadiinae	Orthoclaadiini	<i>Cricotopus flavocinctus</i>	L, ex, P
		<i>Cricotopus trifasciatus</i>	ex, L
		<i>Cricotopus sylvestris</i>	L, P, ex, M
		<i>Cricotopus ornatus</i>	P, ex
		<i>Psectrocladius brehmi</i>	ex, M
		<i>Psectrocladius dilatatus</i>	ex, M
		<i>Psectrocladius (Allopsectrocladius) platypus</i>	L, P, ex, M
		<i>Psectrocladius (Allopsectrocladius) flavus</i>	L, ex
		<i>Psectrocladius (Mesopsectrocladius) sp.</i>	L
		<i>Psectrocladius (Psectrocladius) sordidellus</i>	L, P, ex, M
		<i>Psectrocladius (Psectrocladius) limbatellus</i>	ex

(ex : exuvie nymphale ; L : larve ; M : adulte mâle ; P : nymphe)

Suite Tableau 10: Check-list des espèces des Chironomidae au cours des 04 cycles

Sous famille	Tribu	Espèce	Stade	
Orthoclaadiinae	Metriocnemini	<i>Bryophaenocladus sp.</i>	L	
		<i>Camptocladus stercorarius</i>	L	
		<i>Limnophyes minimus</i>	P, ex, M	
		<i>Limnophyes sp</i>	L	
		<i>Corynoneura scutellata</i>	L, P, ex, M	
		<i>Eukiefferiella gracei</i>	ex	
Chironominae	Tanytarsini	<i>Cladotanytarsus sp</i>	L	
		<i>Cladotanytarsus mancus</i>	ex	
		<i>Cladotanytarsus atridorsum</i>	ex	
		<i>Paratanytarsus mediterraneus</i>	M	
		<i>Paratanytarsus natvigi</i>	ex, M	
		<i>Paratanytarsus bituberculatus</i>	ex	
		<i>Paratanytarsus grimmii</i>	ex	
		<i>Paratanytarsus sp</i>	L	
		<i>Tanytarsus fimbriatus</i>	M	
		<i>Tanytarsus formosanus (=horni)</i>	P, ex, M	
		<i>Tanytarsus gregarius</i>	M	
	<i>Tanytarsus sp</i>	L		
	Chironomini		<i>Chironomus plumosus</i>	L, ex, P, M
			<i>Chironomus riparius</i>	L, ex, P, M
			<i>Cryptochironomus sp</i>	L
			<i>Dicotendipes sp.</i>	L
			<i>Dicotendipes pallidicornis</i>	ex
			<i>Einfeldia pagana</i>	L
			<i>Einfeldia paganus</i>	ex
			<i>Endochironomus tendens</i>	L, ex, P, M
			<i>Endochironomus albipennis</i>	ex
			<i>Glyptotendipes gripekoveni</i>	P, ex
			<i>Glyptotendipes barbipes</i>	P, ex
<i>Glyptotendipes signatus</i>			ex	
<i>Kiefferulus tendipediformis</i>	P, ex, M			
<i>Kiefferulus sp.</i>	L			
<i>Microchironomus tener</i>	ex			
<i>Microchironomus sp.</i>	L			
<i>Parachironomus monochromus</i>	L, P, ex, M			
<i>Paratendipes sp</i>	L			
<i>Polypedilum sp.</i>	L			
<i>Polypedilum (Tripodura) sp.</i>	L			
<i>Polypedilum nubifer</i>	P, ex			
<i>Pseudochironomus sp</i>	L			

(ex : exuvie nymphale ; L : larve ; M : adulte mâle ; P : nymphe)

5.2 Check-list des espèces de Chironomidae par cycle

Tableau 11: Check-list des espèces de Chironomidae par cycle et leur fréquence

Espèce	Cycle 1	Cycle 2	Cycle 3	Cycle 4	Fréquence
<i>Tanypus punctipennis</i>	x	x	x	x	4/4
<i>Clinotanypus nervosus</i>		x			1/4
<i>Psetrotanypus varius</i>	x	x	x	x	4/4
<i>Procladius choreus</i>	x	x	x	x	4/4
<i>Ablabesmyia phatta</i>	x	x	x	x	4/4
<i>Larsia atrocincta</i>			x	x	2/4
<i>Natarsia punctata</i>		x	x	x	3/4
<i>Natarsia sp</i>			x		1/4
<i>Xenopelopia falcigera</i>	x	x	x	x	4/4
<i>Xenopelopia sp</i>	x	x	x	x	4/4
<i>Zavrelimyia hirtimana</i>	x	x	x	x	4/4
<i>Paramerina griekenland</i>		x			1/4
<i>Paramerina sp.</i>		x		x	2/4
<i>Cricotopus flavocinctus</i>	x	x	x	x	4/4
<i>C. trifasciatus</i>	x	x	x	x	4/4
<i>C. sylvestris</i>	x	x	x	x	4/4
<i>C. ornatus</i>		x	x	x	3/4
<i>Psectrocladius brehmi</i>	x		x	x	3/4
<i>P. dilatatus</i>	x		x		2/4
<i>P. (Allopsectrocladius) platypus</i>	x	x	x	x	4/4
<i>P. (Allopsectrocladius) flavus</i>	x				1/4
<i>P. (Mesopsectrocladius) sp.</i>	x				1/4
<i>P. (Psectrocladius) sordidellus</i>	x	x	x	x	4/4
<i>P. (Psectrocladius) limbatellus</i>				x	1/4
<i>Bryophaenocladius sp.</i>		x			1/4
<i>Camptocladius stercorarius</i>		x			1/4
<i>Limnophyes minimus</i>	x	x	x	x	4/4
<i>Limnophyes sp</i>				x	1/4
<i>Corynoneura scutellata</i>	x	x	x	x	4/4
<i>Eukiefferiella gracei</i>			x	x	2/4
<i>Cladotanytarsus sp</i>			x	x	2/4
<i>C. mancus</i>		x			1/4
<i>C. atridorsum</i>		x			1/4
<i>Paratanytarsus mediterraneus</i>	x	x	x	x	4/4
<i>P. natvigi</i>		x	x		2/4
<i>P. bituberculatus</i>	x	x			2/4

Suite Tableau 11: Check-list des espèces de Chironomidae par cycle et leur fréquence

Espèce	Cycle 1	Cycle 2	Cycle3	Cycle 4	Fréquence
<i>P. grimmii</i>		x			1/4
<i>Paratanytarsus sp</i>	x	x	x	x	4/4
<i>Tanytarsus fimbriatus</i>		x	x		3/4
<i>T. formosanus (=horni)</i>	x	x	x	x	4/4
<i>T. gregarius</i>				x	1/4
<i>Tanytarsus sp</i>			x	x	2/4
<i>Chironomus plumosus</i>	x	x	x	x	4/4
<i>C. riparius</i>	x	x	x	x	4/4
<i>Cryptochironomus sp</i>			x	x	2/4
<i>Dicrotendipes sp.</i>	x	x	x	x	4/4
<i>D. pallidicornis</i>		x	x		2/4
<i>Einfeldia pagana</i>		x	x	x	3/4
<i>E. paganus</i>			x	x	2/4
<i>Endochironomus tendens</i>	x	x	x	x	4/4
<i>E. albipennis</i>		x			1/4
<i>Glyptotendipes gripekoveni</i>		x			1/4
<i>G. barbipes</i>	x	x	x	x	4/4
<i>G. signatus</i>		x			1/4
<i>Kiefferulus tendipediformis</i>	x	x	x		3/4
<i>Kiefferulus sp.</i>			x		1/4
<i>Microchironomus tener</i>				x	1/4
<i>Microchironomus sp.</i>		x			1/4
<i>Parachironomus monochromus</i>	x	x	x	x	4/4
<i>Paratendipes sp</i>	x				1/4
<i>Polypedilum sp.</i>	x				1/4
<i>Polypedilum (Tripodura) sp.</i>			x		1/4
<i>P. nubifer</i>	x		x	x	3/4
<i>Pseudochironomus sp</i>	x				1/4

Le tableau ci-dessus nous informe sur la présence ou l'absence des espèces de Chironomidae au cours des 04 cycles hydrologiques, et leur fréquence respective. Ainsi, on remarque que toutes les espèces sont présentes dans tous les cycles au moins une fois.

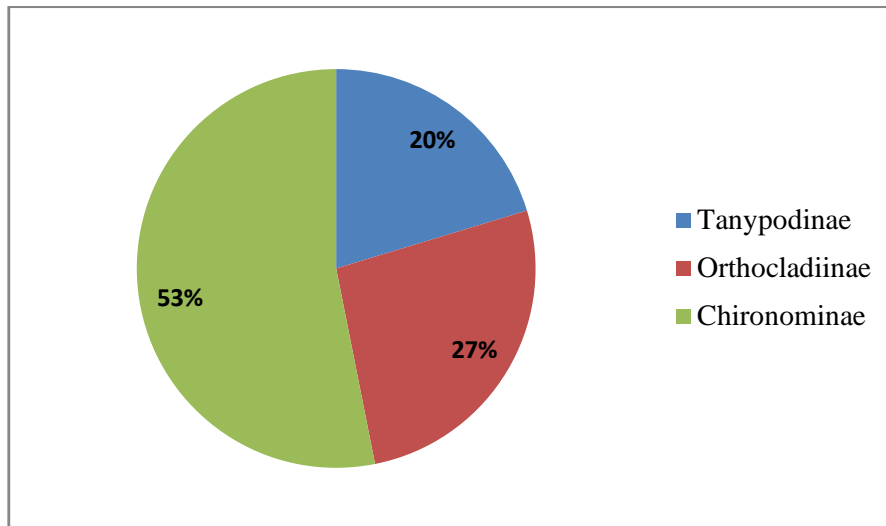


Figure 41: le pourcentage des trois sous familles de Chironomidae dans les mares temporaires de la Numidie.

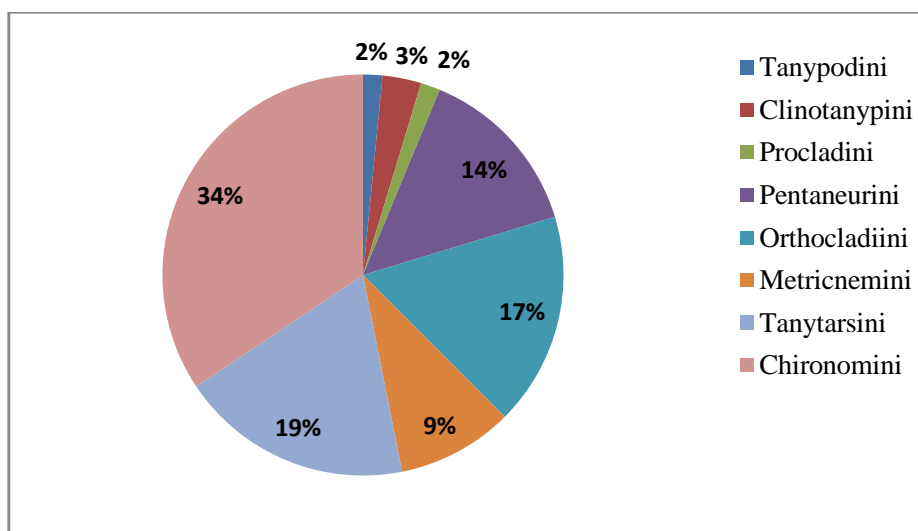


Figure 42 : le pourcentage des tribus des Chironomidae dans les mares temporaires de la Numidie.

Les figures 41 et 42 représentent, respectivement, le pourcentage des sous familles de Chironomidae et celui de leurs tribus. D'après la figure, la sous famille la plus riche en espèces est celle des Chironominae, suivie par celle des Orthocladiinae et enfin celle des Tanypodinae.

La figure 42 montre que la tribu des Chironomini englobe le maximum d'espèces avec 22 espèces (34%) de tous les Chironomidae présents dans les sites d'étude, suivie par la tribu des Tanytarsini (12 espèces, 19%) et celle appartenant à la sous famille des Orthocladiinae,

Orthoclaadiini avec 11 espèces (17%). Les tribus les plus pauvres spécifiquement sont celles appartenant à la sous famille des Tanypodinae : Tanypodini et Procladini avec une seule espèce seulement.

5.3 Description des espèces de Chironomidae de la Numidie

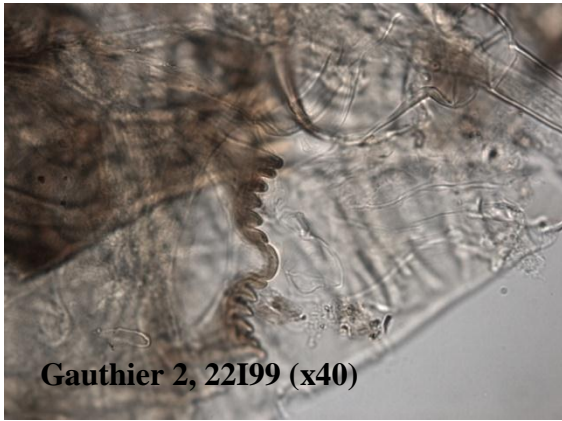
1. *Tanypus punctipennis* (Meigen) (Figure 43)

Cette espèce appartient à la sous famille des Tanypodinae, elle n'a été capturée qu'aux stades nymphal et larvaire dans les sites d'étude. La larve de cette espèce est de grande taille (10-12 mm), la capsule céphalique est de forme ovale. La larve est caractérisée par :

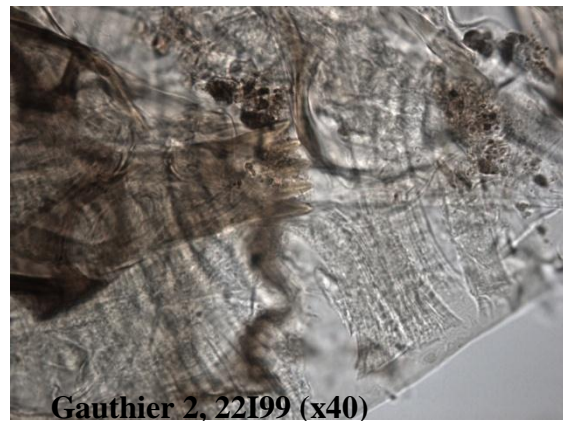
- Une mandibule courte et comprimée
- les dents du dorsomentum sont transverses
- pseudoradula absente
- les paraligulas profondément divisées à approximativement la moitié de leur longueur.
- Le corps est muni d'une frange natatoire, avec 6 tubules anaux, des procerques 5 fois plus longs que larges.

La nymphe de *T. punctipennis* est caractérisée par :

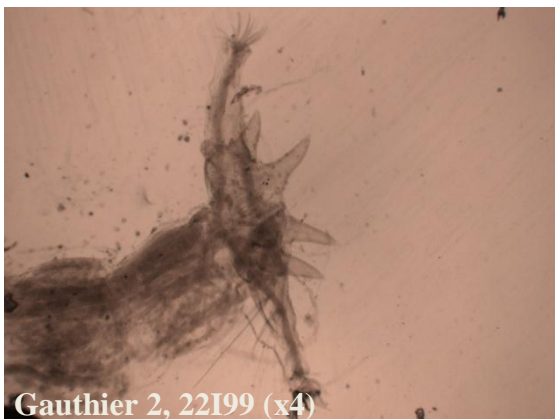
- Les segments (II) III-VIII avec une frange latérale de filaments
- Lobe anal court, arrondi
- Le segment VIII s'étend postérieurement de chaque côté du lobe anal.
- Corne thoracique 645-1010 μm de long et en forme de D, couverte de petits points sans plastron.



(a)



(b)



(c)

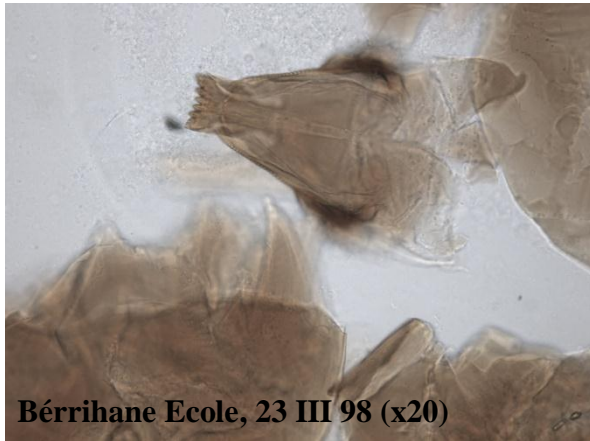
Figure 43 : *Tanypus punctipennis* (a) : dorsomentum ; (b) : ligula ; (c) : partie anale.

2. *Clinotanypus nervosus* (Meigen) (Figure 44)

Cette espèce appartient à la sous famille des Tanypodinae, tribu des Clinotanypini, elle n'a été capturée qu'au stade larvaire dans les sites d'étude. La larve de cette espèce est de grande taille (15 mm), la capsule céphalique est de forme conique longue. La larve est caractérisée par :

- Antennes très longues, AR : 14
- Mandibule : en crochet, courbée à un angle de 90°, la dent apicale 3 fois plus longue que large, avec 2 dents adjacentes
 - Maxilles : le segment basal du palpe maxillaire très long, sclérotinisé et situé sur un long pédicelle.
- Ligula avec 6 dents, concave.
- Paraligula : longue, fine avec 2 à 4 points accessoires.

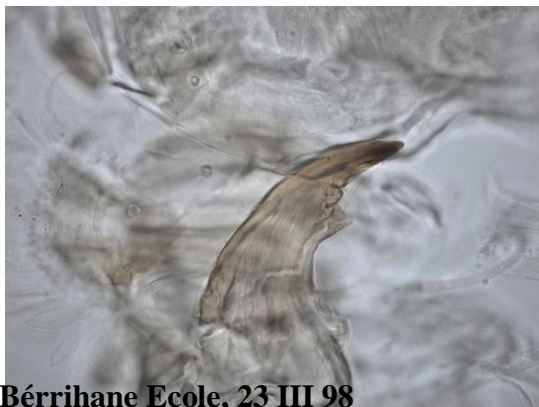
Le genre *Clinotanypus* est relativement proche de *Coelotanypus* occupant une part spéciale parmi les Tanypodinae, et ceci par la forme exceptionnelle de leurs structures : mandibule, ligula, maxilles, antennes.



(a)



(b)



(c)



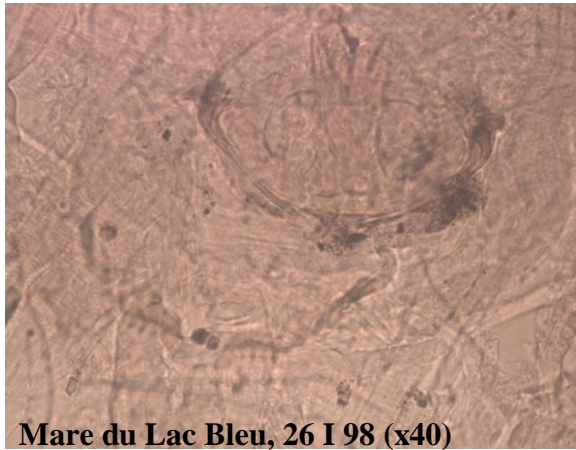
(d)

Figure 44: *Clinotanypus nervosus*. (a) : la ligula, (b) : la forme de la tête, (c) : mandibule, (d) : antenne

3. *Psectrotanypus varius* (Kieffer) (Figure 45)

Cette espèce appartient à la sous famille des Tanypodinae, tribu des Clinotanypini, elle n'a été capturée qu'aux stades larvaire et nymphal dans les sites d'étude. La larve de cette espèce est de grande taille (10-11mm), la capsule céphalique est de forme ovale arrondie. Elle est caractérisée par :

- AR : 6.3
- Mandibule : longue, dent apicale est longue 2.5X de la largeur basale.
- Le dorsomentum est muni de 6 ou 7 dents égales de chaque côté
- Ligula, avec 4 dents égales. Paraligula est d'au moins 3/4 la longueur de la ligula et divisée en 3-20 branches.
- Le corps est muni d'une frange anale, les tubules anaux sont coniques, procerques 4X plus longs que larges.



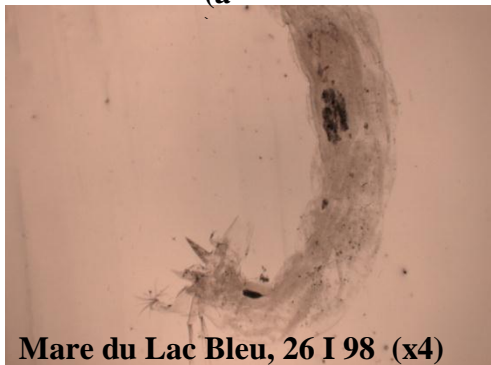
Mare du Lac Bleu, 26 I 98 (x40)

(a)



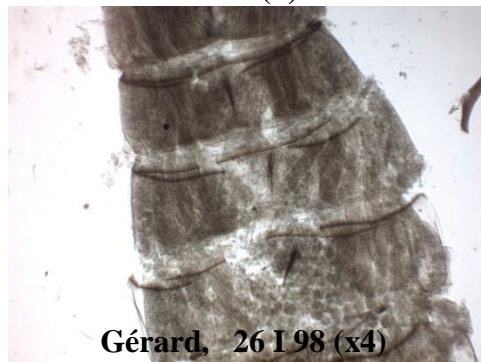
Mare du Lac Bleu, 26 I 98

(b)



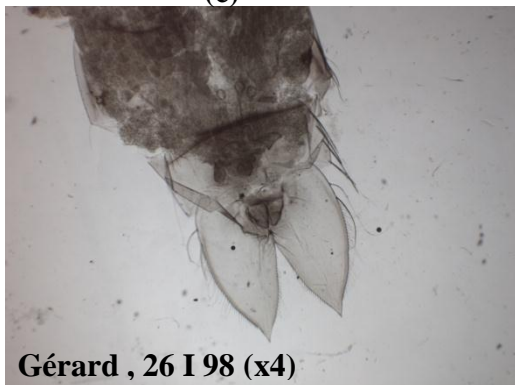
Mare du Lac Bleu, 26 I 98 (x4)

(c)



Gérard, 26 I 98 (x4)

(d)



Gérard, 26 I 98 (x4)

(e)

Figure 45 : *Psectrotanypus varius*. (a) : la ligula et dorsomentum, (b) : mandibule, (c) : partie anale, (d) : segments III-V de la nymphe ; (e) : lobe anal.

La nymphe de *Psectrotanypus varius* est d'une couleur verdâtre ou brune, elle est caractérisée par :

- Les segments III- V portent de longues soies.
- Un lobe anal avec une marque arrondie et une échancrure profonde
- La corne thoracique est un tube un peu aplati, de 4-5 fois plus long que large, avec une plaque criblée réniforme et une superficie recouverte par de grands points.

4. *Procladius choreus* (Skuse) (Figure 46)

Cette espèce appartient à la sous famille des Tanypodinae, tribu des Procladiini, elle a été capturée dans les sites d'étude aux stades : larvaire, nymphal et imaginal.

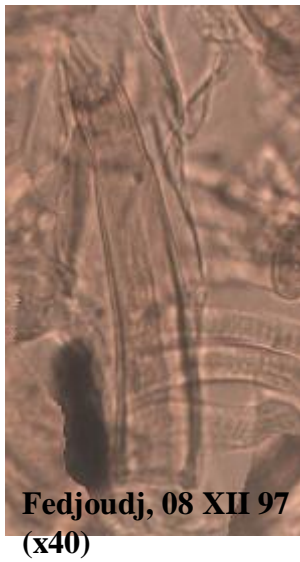
La larve de cette espèce est de taille moyenne (9-11mm), la capsule céphalique est de forme ovale. Elle est caractérisée par :

- Antenne aussi longue que les mandibules avec un AR : 3.5-5
- Mandibule avec une dent apicale sombre et une seule dent interne.
- dorsomentum avec 6 dents brunâtres de chaque côté
- Ligula avec 5 dents, paraligula moins longue que la ligula.
- Le corps est muni d'une frange natatoire et de 4 tubules anaux.

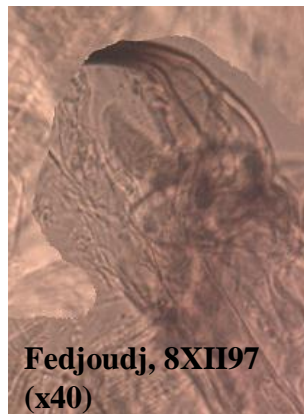
La nymphe de *P. choreus* est d'une couleur souvent jaunâtre, elle est caractérisée par une corne thoracique en forme d'une trompette avec une surface couverte de spinules, la plaque criblée est ovale et communique avec l'atrium respiratoire.

Les adultes de *P. choreus* sont caractérisée par :

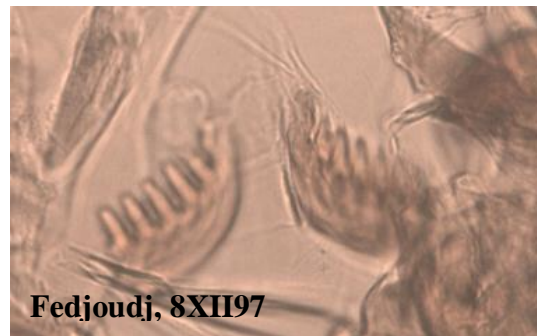
- La membrane des ailes est recouverte de macrotriches. La partie distale de l'aile est noirâtre.
- Le processus postérieur du gonostyle est deux fois plus long que large



(a)



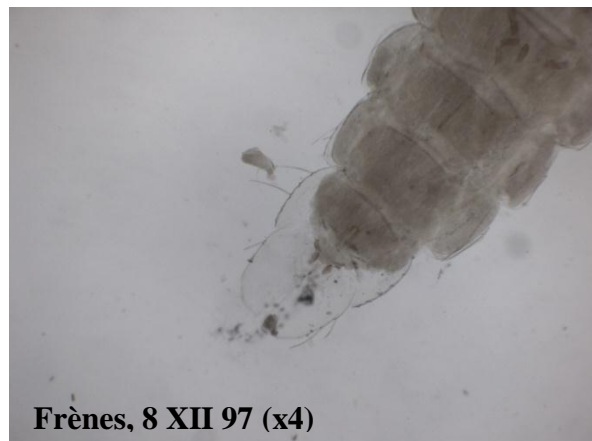
(b)



(c)



(d)



(e)

Figure 46: *Procladius choreus*. (a) : antenne de la larve ; (b) : mandibule ; (c) : dorsosentum ; (d) : corne thoracique de la nymphe ; (e) : partie anale de la nymphe.

5. *Ablabesmyia phatta* (Eggert) (Figure 47)

Cette espèce appartient à la sous famille des Tanypodinae, tribu des Pentaneurini, elle a été capturée dans les sites d'étude aux stades : larvaire, nymphal et imaginal.

La larve de cette espèce est de taille moyenne (9-12mm), la capsule céphalique est de forme ovale, elle a une longueur de 1.2-1.5 mm. Elle est caractérisée par :

- Antenne d'une longueur d'au moins la moitié de la tête, AR : 3.8-5
- Mandibule : incurvée dans son apex. Dent apicale sombre et 3 fois plus longue que la largeur de la base. Dent basale très large.
- Maxille : elle constitue une clé importante dans la séparation des espèces appartenant au genre *Ablabesmyia*. Le palpe maxille est divisé en deux chez l'espèce *A. phatta*.
- Ligula avec 5 dents, profondément concave, le 1/3 apicale est très sombre (noirâtre).
- Paraligula : bifide sa longueur est la moitié de celle de la ligula.
- Le corps est dépourvu de frange natatoire. Les pseudopodes postérieurs sont munis de crochets noirs (une clé de détermination du genre *Ablabesmyia*)

Les nymphes de *A. phatta* sont caractérisées par :

- Un organe respiratoire (corne thoracique) avec l'ouverture de l'atrium qui s'élargit distalement en une petite plaque criblée avec des plusieurs pores. La membrane de la corne thoracique est recouverte d'épines homogènement distribuées.
- Les tergites abdominaux sont munis d'épines individuellement distribuées.
- Lobe anal est d'une longueur de 700µm.

Les adultes de *A. phatta* sont caractérisés par :

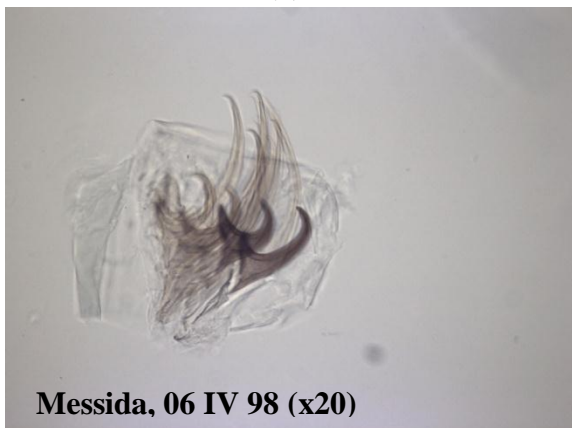
- AR =2.5
- Des pattes colorées par des bandes sombres
- Dans sa partie basale, l'hypopigium supportent deux paires d'appendices lesquels celui qui est en position ventrale est épineux. L'appendice dorsal est en forme de bourrelet.



(a)



(b)



(c)

Figure 47: *Ablabesmyia phatta*. (a) : la ligula et mandibule, (b) : palpe maxillaire ; (c) crochets des pseudopodes postérieurs.

6. *Larsia atrocincta* (Goetghebuer) (Figure 48)

Cette espèce appartient à la sous famille des Tanypodinae, tribu des Pentaneurini, elle a été capturée dans les sites d'étude aux stades : larvaire et en tant qu'exuvie nymphale.

La larve de *Larsia* est de petite taille (5 mm), la capsule céphalique est de forme ovale, l'index céphalique est de 0.6. Elle est caractérisée par :

- Antenne relativement longue d'au moins $\frac{3}{5}$ la longueur de la tête, AR : 3.7- 4.5, deuxième segment antennaire est 10 fois plus long que large.
- Mandibule : fortement incurvée dans son apex. Dent apicale est de 2.5 fois plus longue que la largeur de la base. Dent basale large.
- Maxille : le segment basal du palpe maxillaire est 4 fois plus long que large.
- Ligula avec 5 dents
- Paraligula : bifide, sa longueur est de la moitié de celle de la ligula.

- Le corps de la larve est dépourvu de frange natatoire. Les tubules anaux sont 3 fois plus longs que larges.

La nymphe de *Larsia atrocincta* est d'une couleur brûnatre, elle est caractérisée par :

- Les tergites abdominaux sont ornements de groupes de points s'étendant latéralement.
- L'atrium respiratoire est alvéolaire.
- Le lobe anal est muni de petites dents seulement extérieurement.



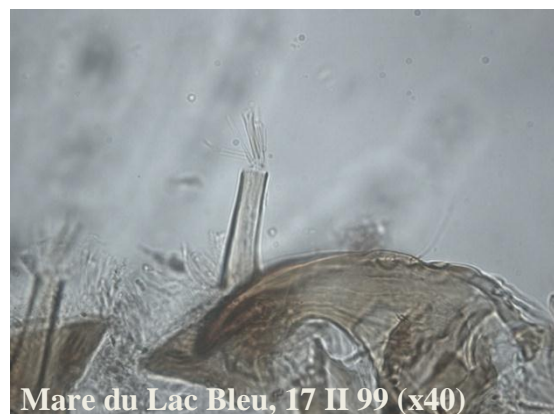
(a)



(b)



(c)



(d)

Figure 48 : *Larsia atrocincta*. (a) : forme générale de la tête, (b) : ligula et paraligula; (c) mandibule ; (d) : palpe maxillaire

7. *Natarsia punctata* (Fabricius) (Figure 49)

Cette espèce appartient à la sous famille des Tanypodinae, tribu des Pentaneurini, elle a été capturée dans les sites d'étude aux stades : larvaire, nymphal et imaginal.

La larve de cette espèce est de taille moyenne (10 mm), la tête est brônatre et le corps est rougeâtre. La capsule céphalique est de forme ovale, l'indexe céphalique est de 0.6 - 0.7. Les larves de *Natarsia* sont difficilement distinguables de celles de *Larsia* et *Paramerina* mais on peut les séparer par :

- Antenne d'une longueur d'au moins le tiers de la tête, AR : 1.7 – 3.0, le segment basal est long.
- Mandibule : incurvée dans son apex. Dent apicale deux fois plus longue que large. Dent basale très large.
- Maxille : le segment basal du palpe maxillaire est 2.5 fois plus long que large.
- Ligula avec 5 dents
- Paraligula : bifide sa longueur est la moitié de celle de la ligula.
- Le corps est dépourvu de frange natatoire.

La nymphe de *N. punctata* est caractérisée par :

- Segments abdominaux VIII et IX avec des soies courtes et filamenteuses.
- Corne thoracique de forme cylindrique, elle se termine par une plaque criblée apaltie.

Les adultes de *N. punctata* sont caractérisés par :

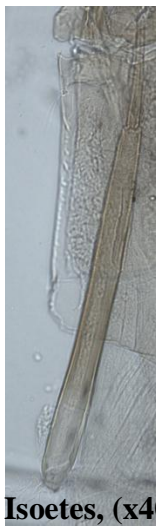
- Des ailes avec des marques sombres (noires) visibles
- Le gonostyle est renflé à sa base.



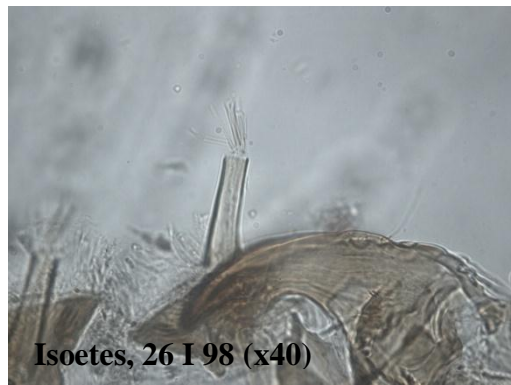
(a)



(b)



(c)



(d)

Figure 49: *Natarsia punctata*. (a) : ligula et paralingula ; (b) : mandibule ; (c) antenne ; (d) : palpe maxillaire

8. *Xenopelopia falcigera* (Kieffer) (Figure 50)

Cette espèce appartient à la sous famille des Tanypodinae, tribu des Pentaneurini, elle a été capturée dans les sites d'étude aux stades : larvaire, nymphal et imaginal.

La larve de cette espèce est de taille moyenne (08 mm), la tête est brônatre et le corps est brun verdâtre ou brun. La capsule céphalique est longue, l'indexe céphalique est de 0.45 - 0.50. Elle est caractérisée par :

- Antenne d'une longueur d'au moins la moitié de la tête, AR : 3.0, le 2^{ème} segment est sombre.

- Mandibule : fortement incurvée dans son apex. Dent apicale deux fois plus longue que large. Dent basale large.
- Dorsomentum sans dents.
- Maxille : le segment basal du palpe maxillaire est un peu incurvé
- Ligula avec 5 dents, très étroite dans son milieu, la ligne des dents est droite.
- Paraligula : bifide, sa longueur est la moitié de celle de la ligula.
- Le corps est dépourvu de frange natatoire.

Les nymphes de *X. falcigera* sont distinguables par l'ensemble des caractères suivants :

- Corne thoracique munie d'un atrium fortement sinueux et étroit
- Lobe anal est denté sur sa face externe seulement.

Les mâles de *X. falcigera* sont caractérisés par le lobe du gonococcite qui supporte une rangée de processus longs et fins tout au long de sa marge médiane.

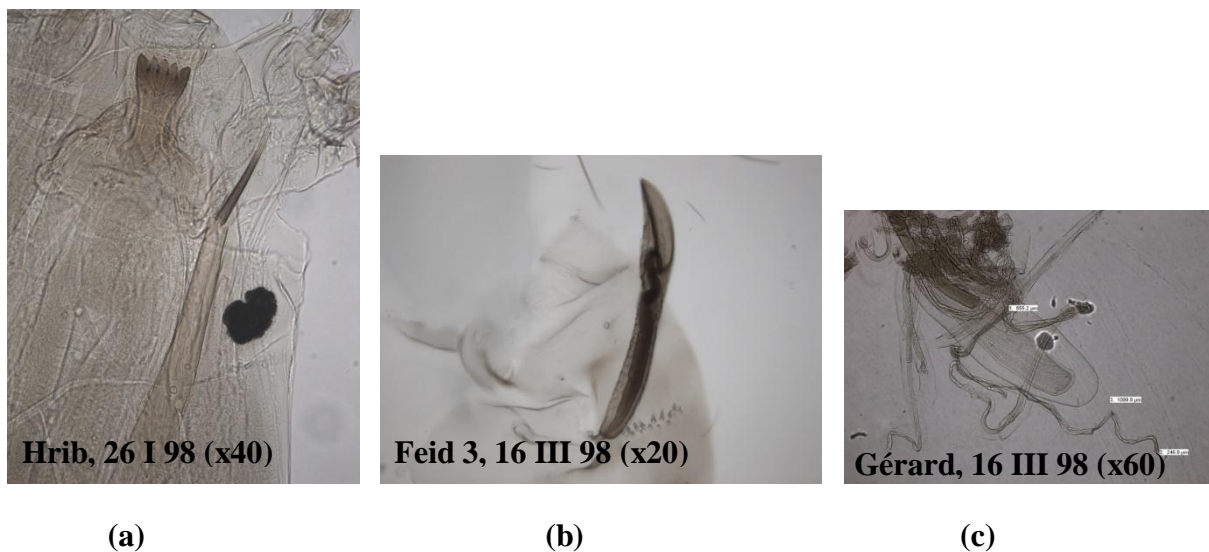


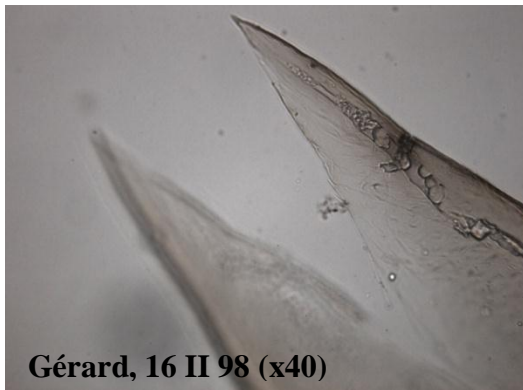
Figure 50: *Xenopelopia falcigera*. (a) : ligula et antenne ; (b) : corne thoracique ; (c) structure de l'adulte.

9. *Zavrelimyia hirtimana* (Kieffer) (Figure 51)

Cette espèce appartient à la sous famille des Tanypodinae, tribu des Pentaneurini, elle a été capturée dans les sites d'étude qu'aux stades : nymphal et imaginal.

La nymphe de *Z. hirtimana* est caractérisée par une couleur brun clair, elle est distinguable par une corne thoracique de forme tubulaire est munie d'un plastron très réduit. De même, le lobe anal est muni d'épines sur ses faces externe et interne.

Les adultes de *Z. hirtimana* sont caractérisés par des ailes ayant 3 bandes noires, sans marques distinctes.



Gérard, 16 II 98 (x40)



Feid3, 08 XII 97(x10)

Figure 51: lobe anal de *Z. hirtimana*

Figure 52: lobe anal de *P. grieckenland*

10. *Paramerina grieckenland* (Fittkau) (Figure 52)

Cette espèce appartient à la sous famille des Tanypodinae, tribu des Pentaneurini, elle a été capturée dans les sites d'étude aux stades larvaire et nymphal.

La larve de cette espèce est de taille moyenne (6 mm), la tête est jaunâtre-brun et le corps est pale avec des tâches rougeâtre. La capsule céphalique est longue, l'index céphalique est de 0.50. Elle est caractérisée par :

- Antenne d'une longueur d'au moins de la moitié de la tête, AR : 2.5-3.
- Mandibule : modérément incurvée dans son apex. Dent apicale 2.5 fois plus longue que large. Dent basale très large (un caractère distinctif du genre *Paramerina*).
- Dorsomentum sans dents.
- Ligula avec 5 dents, très étroite dans son milieu, la ligne des dents est légèrement concave.
- Paraligula : bifide, sa longueur est la moitié de celle de la ligula.
- Le corps est dépourvu de frange natatoire.

Les nymphes de *P. grieckenland* sont caractérisées par :

- Le sgment VII porte quatre filaments latéraux
- Corne thoracique munie d'un atrium large
- Le lobe anal est allobgé et muni d'épines seulement dans sa face externe.

11. *Cricotopus (Cricotopus) flavocinctus* (Kieffer) (Figure 53)

Le genre *Cricotopus* appartient à la sous famille des Orthocladiinae, tribu des Orthocladiini. Dans la région de la Numidie, il est divisé en deux sous genres : *Cricotopus (s.str.)* et *Isocladius*. Les espèces de la Numidie appartenant à ces deux sous genres sont distribuées comme suit :

Tableau 12: les divisions du genre *Cricotopus* dans la région de la Numidie Orientale.

<i>Cricotopus (Cricotopus s. str)</i>	<i>Cricotopus (Isocladius)</i>
<i>C. (C.) flavocinctus</i> (Kieffer)	<i>C. (I.) ornatus</i> (Meigen) <i>C. (I.) sylvestris</i> (Fabricius) <i>C. (I.) trifasciatus</i> (Panzer)

La larve de *Cricotopus* (W. D. Wulp) est distinguable par l'union des caractères suivants :

- Antenne de 5 segments,
- Labrum avec setae anteriores SI bifides
- Mentum avec une dent médiane impaire et 6 dents latérales
- Mandibule souvent rugueuse à sa surface externe
- Les segments abdominaux sont souvent munis de touffes de soies à leur angle postéro-latéral.

La nymphe de *Cricotopus* (W. D. Wulp) est reconnaissable par les caractères principaux suivants :

- Corne thoracique souvent présente
- Le 2^{ème} tergite abdominal est muni à son extrémité caudale d'épines disposées en plusieurs rangées ; les tergites II-VI sont pourvus soit de spinules divisées en deux groupes pour le sous genre (*Cricotopus s. stricto*) ou bien étendues sur toute la surface pour le sous genre : *Isocladius*.

L'espèce de *C. (C.) flavocinctus* appartient au sous groupe : *festivellus*. La larve de de cette espèce est caractérisée principalement par :

- Une taille d'approximativement 6 mm
- AR est inférieur à 1.
- Pecten epipharyngis très fin
- Mandibule n'est pas rugueuse et munie de seta interna.

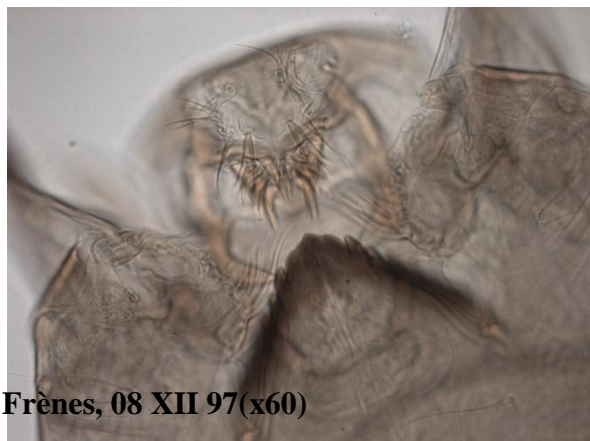
- Mentum avec une dent médiane large et 6 dents latérales.
- Prémandibule simple et sans brosse prémandibulaire.

La nymphe de *C. (C.) flavocinctus* est caractérisée par :

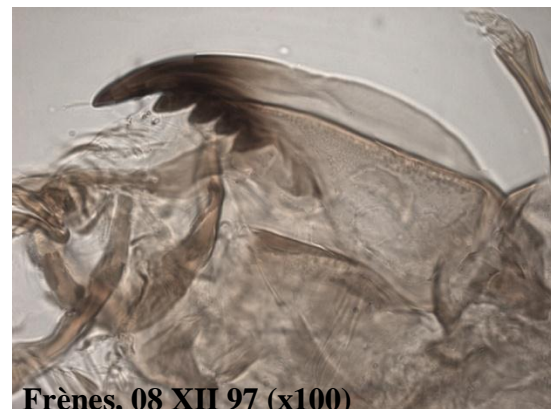
- Corne thoracique absente
- L'armature des segments III-V s'étend dans les coins antero-latéraux des tergites. De même, les tergites III et IV portent seulement une rangée de soies.

L'adulte de *C. (C.) flavocinctus* est caractérisé par :

- Pulvilli absents
- Gonococcite avec un seul lobe distinct
- Tarses antérieures uniformément colorés (brun foncé).

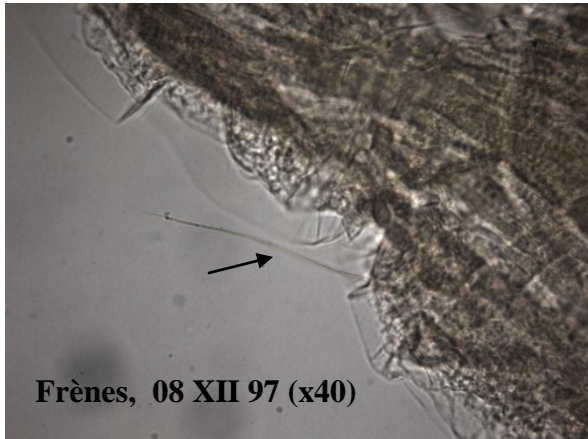


(a)

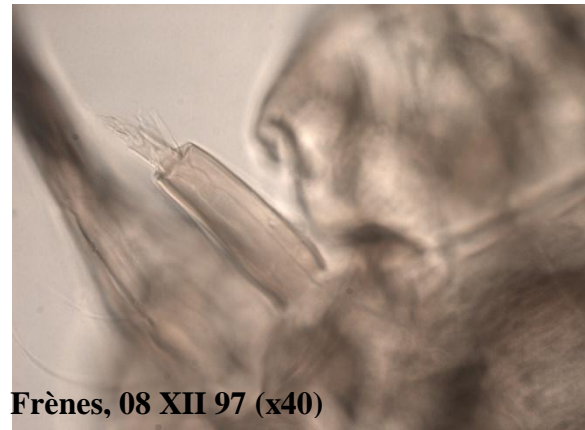


(b)

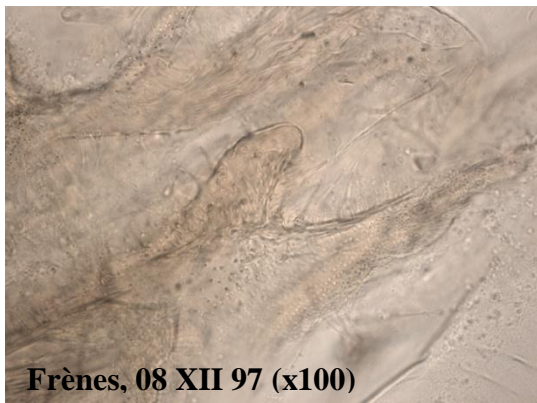
Figure 53: *C. (C.) flavocinctus*. (a) : mentum et labrum ; (b) mandibule.



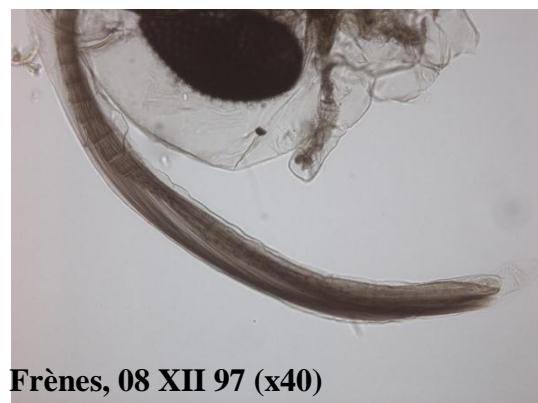
(c)



(d)



(e)



(f)

Figure 53 : *C. (C.) flavocinctus*. (c) : les touffes sur les segments abdominaux ; (d) : antenne ; (e) hypopygium ; (f) : gaine antennaire de l'adulte.

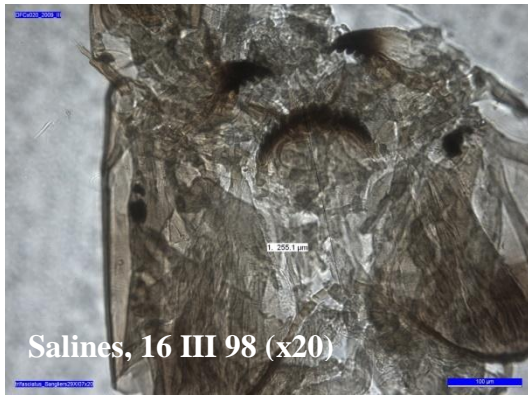
12. *C. (I.) trifasciatus* (Panzer) (Figure 54)

L'espèce de *C. (I.) trifasciatus* n'a été échantillonnée qu'aux stades larvaire et nymphale (exuvie).

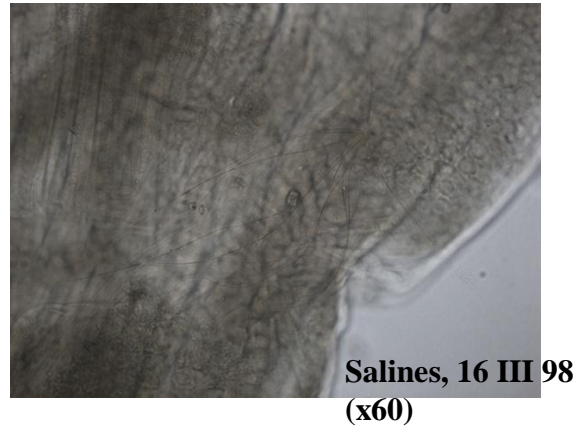
La larve de *C. trifasciatus* est relativement semblable à celle de *C. (I.) sylvestris*. Elles sont distinguables par :

- la longueur des touffes sur le corps.
- La forme des griffes des pseudopodes antérieurs comme dans la figure 54c.
- Les touffes de soies sur les segments I- VI (le VII ne porte pas de touffes)

La nymphe de *C. trifasciatus* est caractérisée par des soies frontales 3-4 μm d'épaisseur et un thorax fortement granulé. Corne thoracique présente et tubulaire.



(a)



(b)



(c)

Figure 54: *C. (I.) trifasciatus*. (a) mentum et mandibule ; (b) : touffe de soies sur les segments abdominaux ; (c) : forme des griffes des pseudopodes antérieurs.

13. *C. (I.) sylvestris* (Fabricius) (Figure 55)

L'espèce de *C. (I.) sylvestris* a été échantillonnée dans les sites d'étude aux stades : larvaire, nymphal et adulte.

La larve de *C. (I.) sylvestris* est caractérisée principalement par :

- Pecten epipharyngis consiste de 3 chaetae fusionnées entre elles.
- Mandibule : la surface externe est très rugueuse
- Prémandibule bifide
- Des touffes de soies localisés sur l'angle postéro-latéral des segments abdominaux.
- Griffes des pseudopodes antérieurs comme dans la figure 55c.

La nymphe de *C. (I.) sylvestris* est caractérisée principalement par :

- Segments abdominaux munis dépines qui s'étendent sur tous les tergites

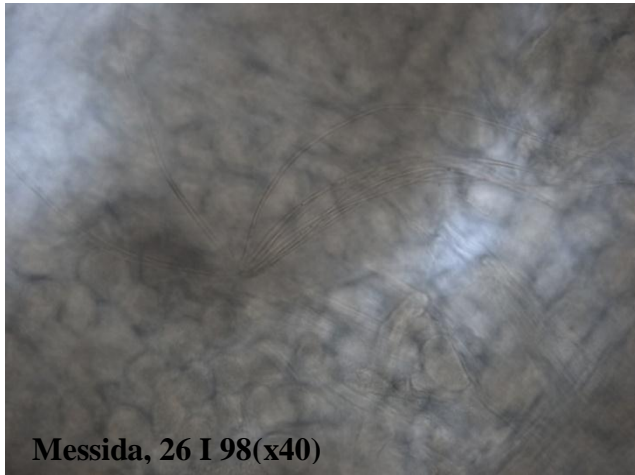
- Corne thoracique tubulaire longue (215-480 μm), soies frontales épaisses de plus de 3 μm .
- Pedes spurii B sur le segment II est visible

L'adulte de *C. (I.) sylvestris* porte les caractères principaux suivants :

- Le nombre des soies dorsocentrales est moins de 30.
- Beard ratio (la longueur de la soie la plus longue/le diamètre du segment) du 3^{ème} tarsomère antérieur ≤ 3 .
- L'anneau tibial (coloration au niveau des tibias) large occupant la moitié du segment.
- Le lobe du gonococcite est toujours présent et il n'est pas double.



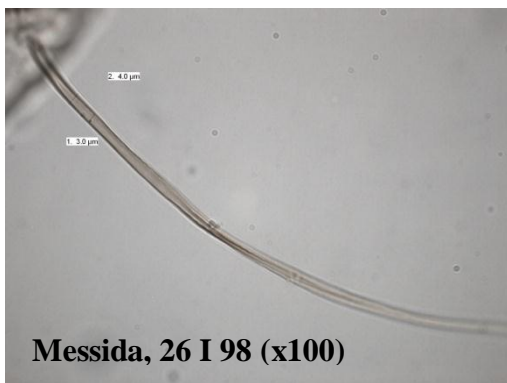
Figure 55 (a) : capsule céphalique de *C. (I.) sylvestris*



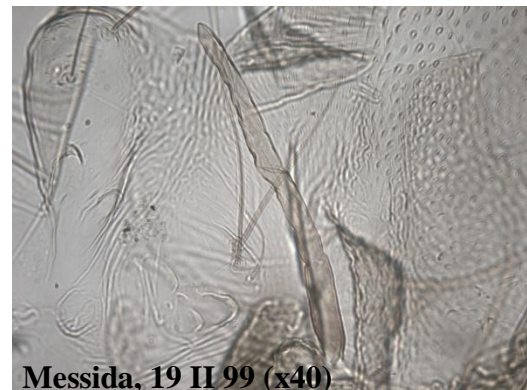
(b)



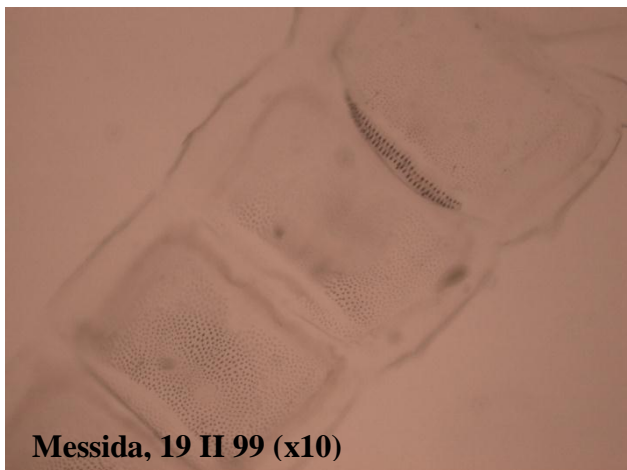
(c)



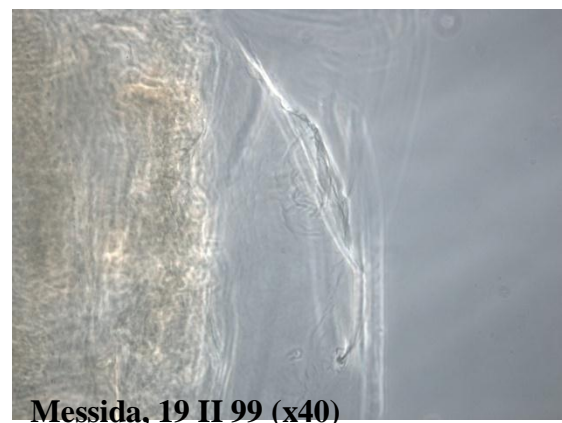
(d)



(e)



(f)



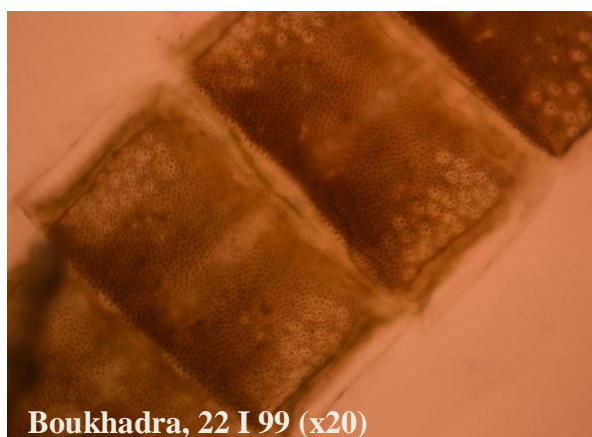
(g)

Figure 55: *C. (L.) sylvestris*. (b) : touffes de soies sur les segments larvaires ; (c) : pseudopodes antérieurs de la larve ; (d) : (d) soie frontale de la nymphe ; (e) : corne thoracique ; (f) : exuvie nymphale ; (g) : pedes spurii B sur le segment II de l'exuvie nymphale.

14. *C. (I.) ornatus* (Meigen) (Figure 56)

Cette espèce n'a été échantillonnée qu'au stade nymphal et l'exuvie nymphale. Celle-ci est caractérisée par :

- Segments abdominaux II- VI souvent avec une bande sombre postérieure transverse et distincte.
- Corne thoracique longue et tubulaire (385-470 μm), avec une petite et fine soie précornéale et deux autres plus longues et robustes.
- Pedes spurii B présent sur le segment II.



(a)



(b)

Figure 56 : *C. (I.) ornatus*. (a) segments II- VI de la nymphe ; (b) : lobe anal de la nymphe.

15. *Psectrocladius (Psectrocladius) sordidellus* (Zetterstedt) (Figure 57)

Le genre *Psectrocladius* (Kieffer) appartient à la sous famille des Orthoclaadiinae, tribu des Orthoclaadiini. Dans la région de la Numidie Nord-est algérien il est divisé trois sous genre (Tableau 12).

Tableau 13 : Divisions du genre *Psectrocladius* dans la Numidie

Sous genre	Groupe d'espèces
<i>Psectrocladius s. str.</i>	<i>sordidellus</i> <i>limbatellus</i> <i>brehmi</i> <i>dilatatus</i>
<i>Allopsectrocladius</i>	<i>platypus</i> <i>flavus</i>
<i>Mesopsectrocladius</i>	<i>sp.</i>

Psectrocladius est un genre uniforme et distinct au stade larvaire par l'union des caractères suivants :

- SI palmées.
- Plaques ventromentales larges avec une barbe.
- Prémandibules simples
- Des crochets sur les pseudopodes postérieurs.

La nymphe de *Psectrocladius* est reconnaissable par :

- La présence d'épine sur la marge postérieure des tergites abdominaux
- Le 2^{ème} segment porte dans sa partie postérieure un groupe d'épines de forme différente des précédentes.
- Lobe anal muni d'un éventail de soies latérales.

L'adulte de *Psectrocladius* est caractérisé principalement par des pulvilli larges et distincts

P. (P.) sordidellus a été échantillonnée dans les sites d'étude aux stades : larvaire, nymphal et adulte. La larve est caractérisée par un mentum avec une dent médiane double et une marge occipitale claire.

La nymphe de *P. (P.) sordidellus* est caractérisée par des seta precorneales longues approximativement (165 µm de long) et un lobe anal muni d'une frange à plusieurs filaments.

L'adulte de *P. (P.) sordidellus* est caractérisé par son tergite anal qui est triangulaire, le point anal long, uniformément plat.

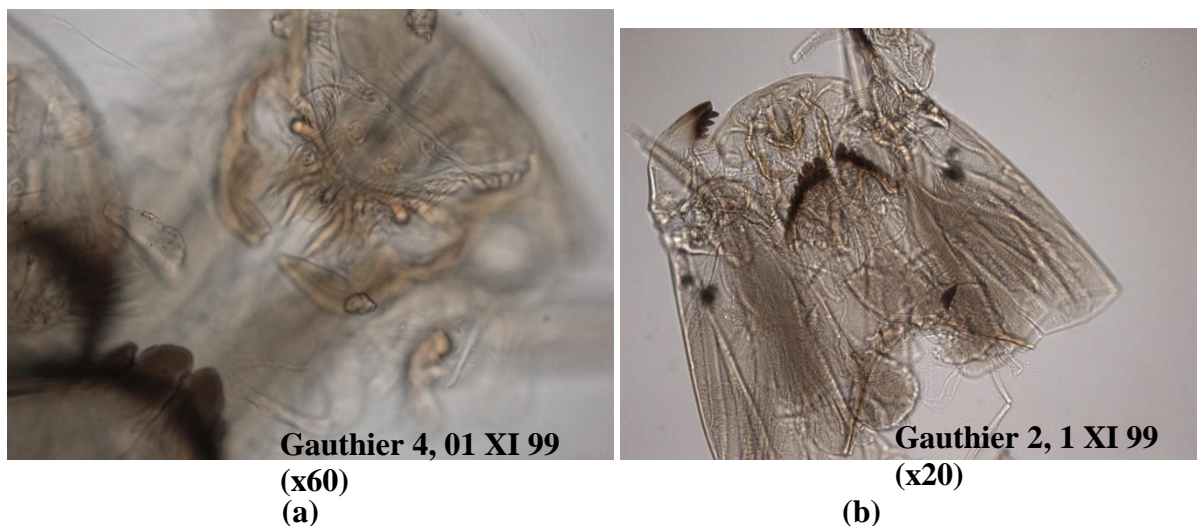


Figure 57: *P. (P.) sordidellus*. (a) labrum ; (b) capsule céphalique.

16. *P. (P.) limbatellus* (Holmgren) (Figure 58)

Cette espèce n'a été échantillonnée qu'au stade nymphal (exuvie nymphale). Celle-ci est caractérisée par des groupes de points médians sur les tergites IV-VI, corne thoracique n'est pas renflée apicalement.

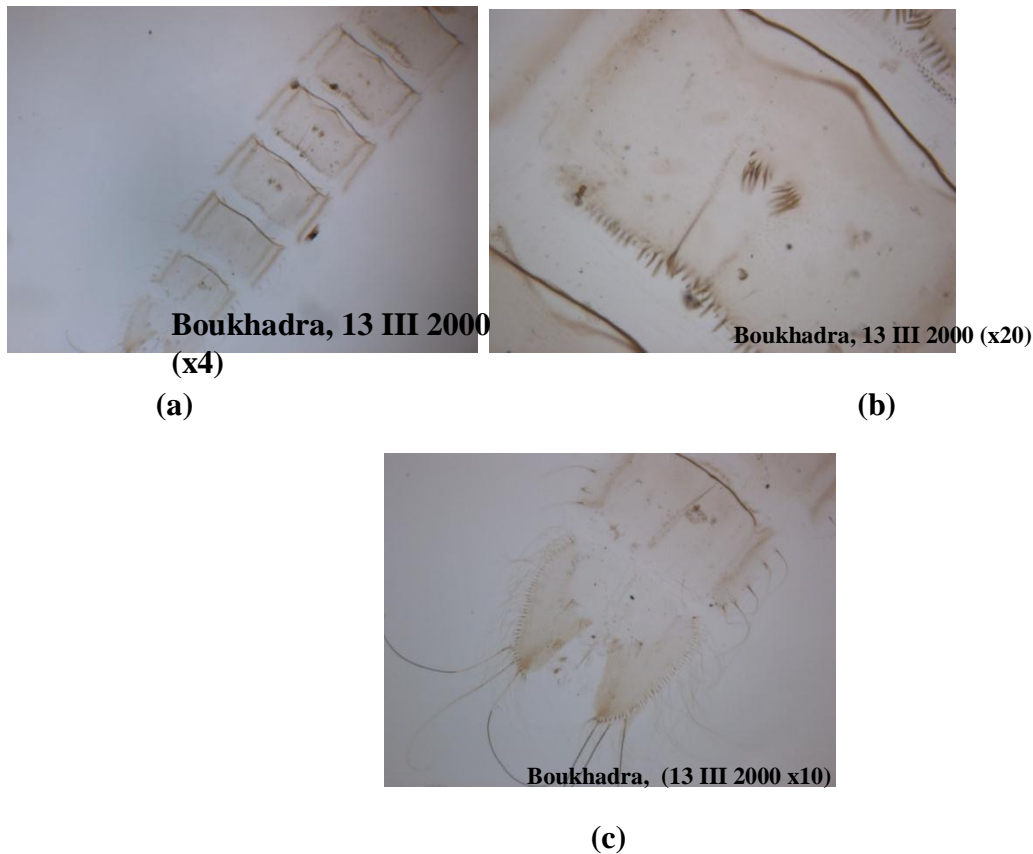


Figure 58 : *P. (P.) limbatellus*. (a) les tergites de l'exuvie ; (b) groupes d'épines sur le segment VI ; (c) : lobe anal.

17. *P. (P.) brehmi* (Kieffer) (Figure 59)

Cette espèce de *Psectrocladius* n'a été échantillonnée qu'aux stades : nymphal et imaginal. La nymphe de *P. (P.) brehmi* est caractérisée par sa taille réduite de moins de 4 mm avec des groupes de points médians individuels sur les tergites IV-VI. Le lobe anal porte une frange de peu de soies (25 ou moins).

Selon Langton (1991), *P. (P.) brehmi* n'est que la petite forme de *P. (P.) sordidellus*.



Carrière, 22 III 99 (x4)

Figure 59: *P. (P.) brehmi*. La nymphe

18. *P. (Allopectrocladius.) platypus* (Kieffer) (Figure 60)

Cette espèce appartient au sous genre *d'Allopectrocladius*. Elle a été décelée dans les eaux stagnantes de la Numidie aux stades : larvaire, nymphal et adulte.

La larve de cette espèce est caractérisée par :

- Une grande taille.
- Antenne avec un $AR \geq 3$
- SI palmé avec 3-4 lobes
- Mandibule : dent apicale longue, elle forme 2.5 fois la largeur des 03 dents internes, seta interna présente.

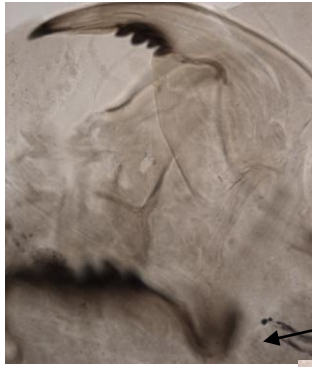
La nymphe de *P. (A.) platypus* est caractérisée par :

- Une taille de 5.3-6.3 mm
- Les tergites III-VI avec des groupes de points médians et circulaires, parfois ils ne sont pas très clairs (visibles).

L'adulte de *P. (A.) platypus* est caractérisé par :

- Le dernier segment tarsal qui est aplati dorso-ventralement
- Le tibia médian est muni d'un seul crochet apical.

- Hypopigium avec un point anal court et fin (Figure 60c)



Fedjoudj, 8 XII 97 (x40)

(a)



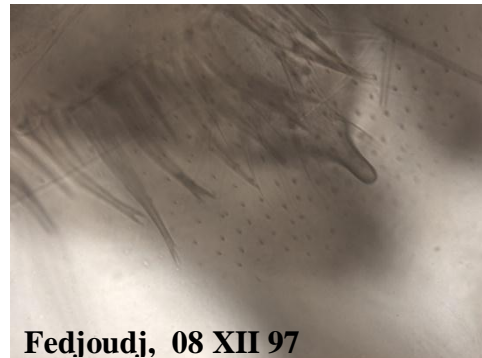
Fedjoudj, 08 XII 97

(b)



Fedjoudj, 08 XII 97 (x20)

(c)



Fedjoudj, 08 XII 97

(d)

Figure 60 : *P. (A.) platypus*. (a) : mandibule, la flèche montre la seta interna ; (b) : 2^{ème} tergite nymphal ; (c) : lobe anal et hypopigium ; (d) : point anal de l'adulte.

19. *P. (A.) flavus* (Kieffer)

Cette espèce appartient au sous genre *Allopectrocladius*. Au stade larvaire elle ressemble à *P. (A.) platypus* seulement au niveau de la mandibule la seta interna est absente.

20. *P. (Mesopsectrocladius)* (Kieffer)

Le 3^{ème} sous genre de *Psectrocladius* décelé dans la Numidie est *Mesopsectrocladius* mais seulement au stade larvaire. Celui-ci est caractérisé par un AR inférieur à 2.5, SI palmé avec 6-9 lobes, dents mandibulaire apicale 1.8x de la largeur des dents internes.

21. *Bryophaenocladus* (Thienemann)

Le genre *Bryophaenocladus* (Thienemann) appartient à la sous famille des Orthoclaadiinae, tribu des Metriocnemini. Elle n'a été échantillonnée dans les sites d'étude qu'au stade larvaire. Les espèces appartenant à ce genre sont terrestres. Celles-ci sont caractérisées par :

- Taille petite à moyenne (moins de 6 mm)
- Antennes formées de 5 segments
- Labrum avec des setae antérieures SI simples et lancéolées, pecten epipharyngis avec 3 lobes, prémandibule à 03 dents et sans brosse.
- Mentum avec 1 ou 2 dents médianes et 4 paires de dents latérales. Plaques ventro-mentales sclérotinisées.
- Mandibule : dent apicale courte, seta interna absente.
- Corps : pseudopodes antérieurs fusionnés, avec de petits crochets mais sans griffes. Pseudopodes postérieurs sont séparés et munis de griffes simples qui peuvent manquer chez certaines espèces.

22. *Camptocladus* (V.D. Wulp)

Le genre *Camptocladus* (V. D. Wulp) appartient à la sous famille des Orthoclaadiinae, tribu des Metriocnemini. Elle n'a été échantillonnée dans les sites d'étude qu'au stade larvaire. Les espèces appartenant à ce genre sont également terrestres. Celles-ci sont caractérisées par :

- Taille petite à moyenne (moins de 5 mm)
- Antennes très réduite, avec seulement 3 segments
- Labrum avec des setae antérieures SI et SII sont larges et bifides, SIII et SIV sont normales. Pecten epipharyngis avec 3 lobes larges. Prémandibule à 03 dents et sans brosse.
- Mentum avec dent médiane très large et 4 paires de dents latérales, une petite dent basale est présente.
- Mandibule : dents apicale courte, seta interna absente.
- Corps : pseudopodes antérieurs fusionnés et portant de petites épines, sans griffes. Pseudopodes postérieurs et les procerques sont absents.

23. *Limnopyhes minimus* (Meigen) (Figure 61)

Cette espèce appartient à la sous famille des Orthoclaadiinae, tribu des *Metriocnemini*. Elle a été échantillonnée aux stades larvaire, nymphal et adulte. La larve appartenant au genre *Limnophyes* a été également observée. Probablement, cette larve est l'espèce *L. minimus*.

La larve de *Limnophyes* est de petite taille (3.5- 6 mm), avec un thorax marron et un abdomen violet. Elle porte les caractéristiques suivantes :

- Antenne courte, elle ne dépasse pas la moitié de la mandibule, 5 segments.
- Labrum : seta SI avec des branches, les autres setae antérieures sont simples, pecten epipharyngis simple, prémandibule avec 2-4 dents sans brosse prémandibulaire.
- Mandibule : dent apicale courte, seta submentalis présente, seta interna avec des branches plumeuses.
- Mentum : avec 2 dents médianes et 4 paires de dents latérales.
- Corps : les segments abdominaux portent des soies plus ou moins développées. Les procerques portent des soies anales.

La nymphe de *L. minimus* est caractérisée par :

- Des épines sur le tergite VII d'une longueur moins de 55 µm
- Les points sur le tergite IX sont robustes. Les points antérieurs sur le tergite VII sont arrangés en de courtes rangées transverses qui forment des lignes coupées à travers le tergite.
- Les soies latérales sur le segment IV sont souvent plus courtes que 110 µm.

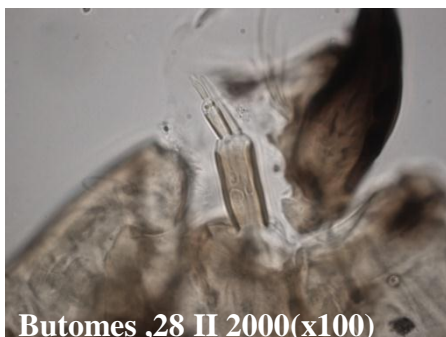
24. *Corynoneura scutellata* (W. D. Wulp) (Figure 62)

C. scutellata est un petit Orthoclaadiinae de la tribu des Metriocnemini. Elle a été échantillonnée dans les sites d'étude aux stades larvaire, nymphale et adulte. La larve de cette espèce est caractérisée principalement par :

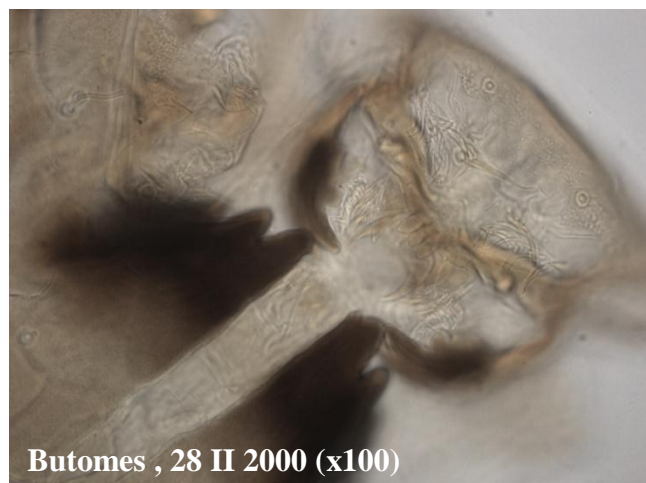
- Une taille réduite de 2.5 mm.
- Antennes assez longues et constituées de 04 segments seulement. Les trois premiers sont longs, le 4^{ème} est court. Les 3 segments distaux sont sombres et le segment basal est clair et porte 2 soies.
- Labrum avec des setae antérieures toutes simples
- Mentum avec une dent médiane et 6 latérales.

La nymphe de *C. scutellata* est également de taille réduite (2-2.5 mm), elle est caractérisée par :

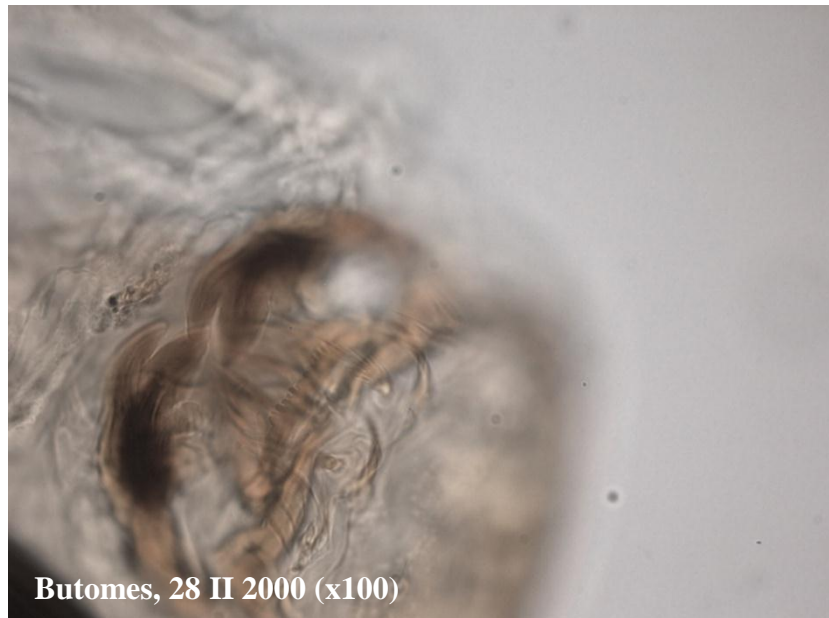
- dépourvue de corne thoracique
- les segments III- VIII sont munis de spinules. A la marge postérieure des tergites II- VII il y a des spinules plus robustes. les soies latérales des lobes anaux sont longues et nombreuses.
- Sur les gaines alaires (ptérothèques) il y a des formations qu'on appelle : les pearl row ou la rangée des perles.



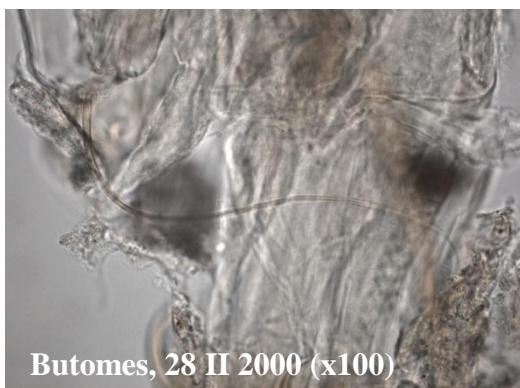
(a)



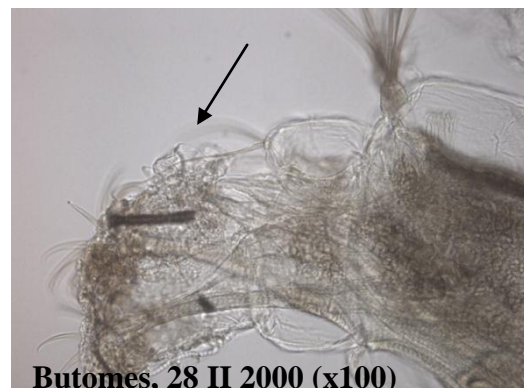
(b)



(c)



(d)



(e)

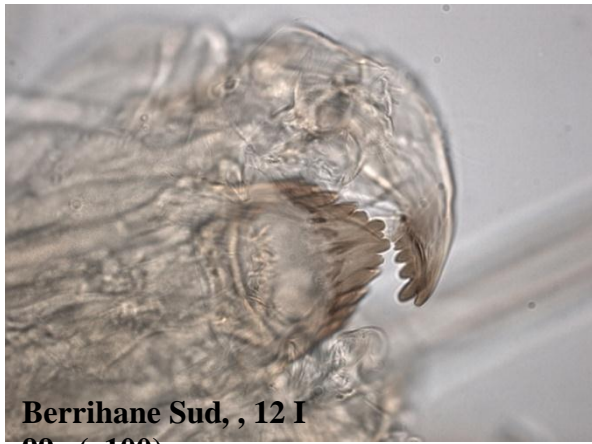
Figure 61: *L. minimus*. (a) : l'antenne ; (b) : mentum et labrum ; (c) : setae anteriores et prémandibules ; (d) : setation abdominales ; (e) : partie anale, la flèche montre les soies anales.



(a)

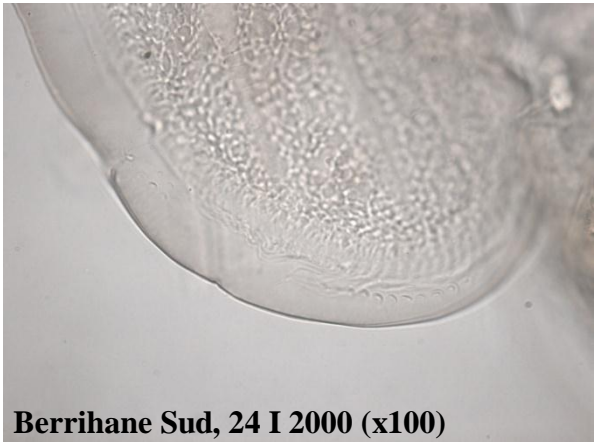


(b)



Berrihane Sud, , 12 I
99 (x100)

(c)



Berrihane Sud, 24 I 2000 (x100)

(d)

Figure 62: *C. scutellata*. (a) : corps ; (b) : capsule céphalique et antenne ; (c) : mentum et mandibule ; (d) : rangée de perles (pearl row) dans les ptérothèque de la nymphe.

25. *Eukiefferiella gracei* (Edwards) (Figure 63)

Cette espèce appartient à la sous famille des Orthoclaudiinae, tribu des Metriocnemi. Elle n'a été observée dans les sites d'étude qu'au stade nymphal en tant qu'exuvie nymphale. Celle-ci est caractérisée principalement par une corne thoracique renflée à sa base et des rangées de crochets sont présentes sur les tergites III-V.



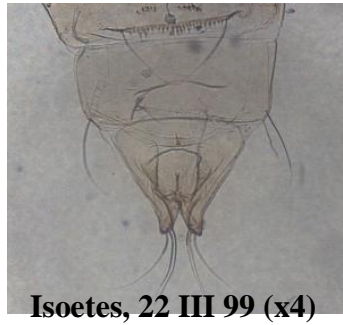
Isoetes, 22 III 99

(a)



Isoetes, 22 III 99 (x4)

(b)



Isoetes, 22 III 99 (x4)

(c)

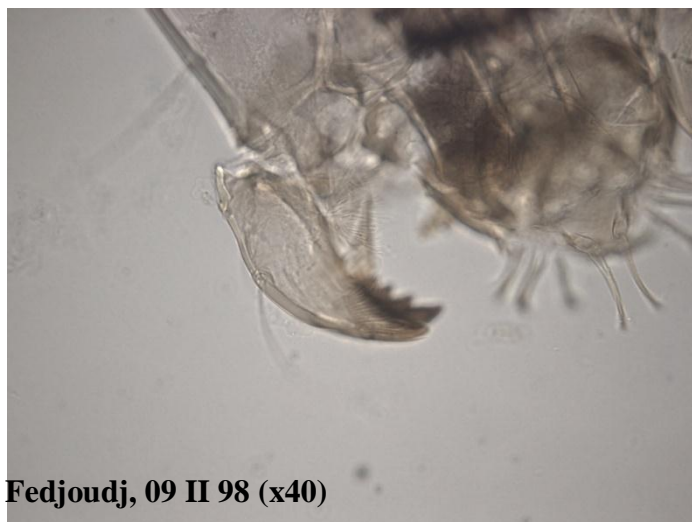
Figure 63: la nymphe d'*E. gracei*. (a) : corne thorcique ; (b) : tergites ; (c) : lobe anal.

26. *Cladotanytarsus mancus* (Walker) (Figure 64)

Cette espèce appartient à la sous famille des Chironominae, tribu des *Tanytarsini*. Elle n'a été échantillonnée qu'aux stades larvaire et nymphal.

La larve de *Cladotanytarsus mancus* est caractérisée par :

- Une taille moyenne de plus de 5 mm
- Antenne : avec 5 segments placée sur un court pedicelle.
- Labrum : SI à la forme d'un peigne dont les bases sont fusionnées, les lamelles labrales sont bien développées, le pecten epipharyngis consiste de 3 lobes séparés, fins et pointus.
- Mandibule : seta subdentalis longue, seta interna consiste de 4 branches plumeuses.
- Mentum : la dent médiane est légèrement crénelée latéralement, avec 6 paires de dents latérales.



Fedjoudj, 09 II 98 (x40)

(a)

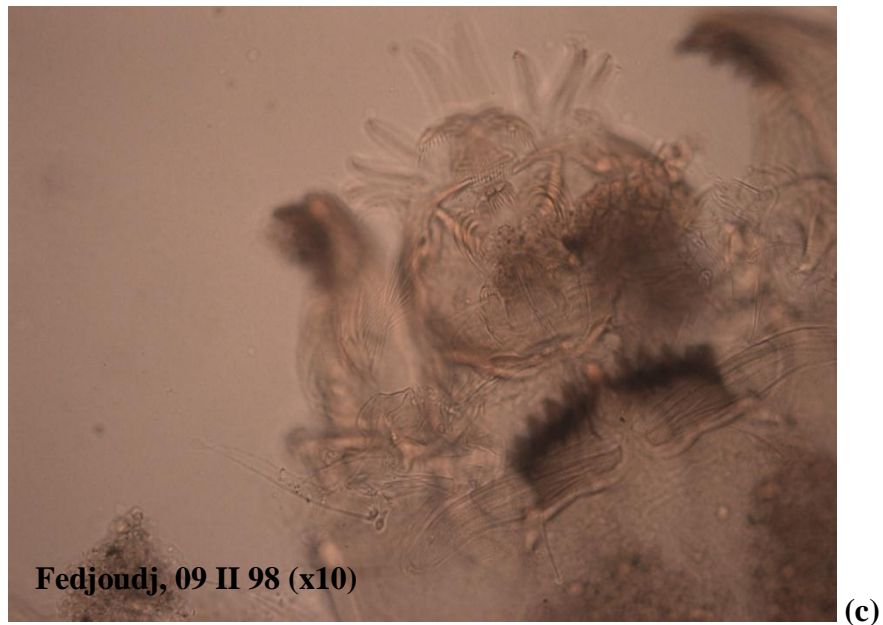


Figure 64: *C. manicus*. (a) : mandibule ; (b) : mentum ; (c) : labrum

La nymphe de *C. manicus* est caractérisée par : une corne thoracique en massue avec des soies courtes (leur taille est la même que la corne thoracique). Des groupes de points sur le tergite VIII avec peu de points dorsaux.

27. *Cladotanytarsus atridorsum* (Kieffer)

La nymphe de cette espèce est caractérisée par une corne thoracique de 200 µm de long, fusiforme marginée d'un seul côté avec des soies dont la longueur est de la moitié de celle de la corne thoracique.

28. *Paratanytarsus mediterraneus* (Figure 66)

La description des adultes et nymphes des espèces appartenant au genre *Paratanytarsus* (Thienemann et Bause) a été réalisée à partir Reiss et Säwedal (1981). La larve de *Paratanytarsus* (Thienemann et Bause) a été décrite à partir de Wiederholm (1983).

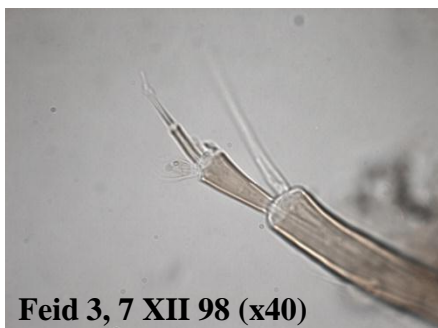
La larve de *Paratanytarsus* est caractérisée par : (Figure 65)

- Antennes formées de 5 segments, placées sur un log pedicelle
- Labrum : SI en forme de peigne à bases fusionnées, SII plumeuses distalement, SIII simples, SIV présentes. Pecten epipharyngis formé de 3-5 lobes séparés et digitiformes. Prémandibules bifides, avec une brosse bien développée.
- Mandibule : dent dorsale brunâtre, seta interna formée de 4 branches plumeuses.
- Mantum : dent médiane arrondie et ébréchée latéralement, avec 5 paires de dents latérales.

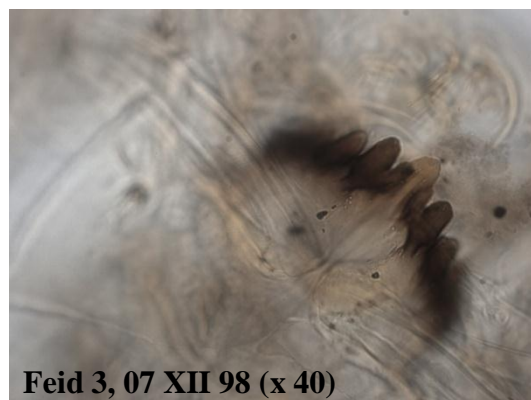
L'espèce *P. mediterraneus* appartient à la sous famille des Orthoclaadiinae, tribu des Tanytarsini. Les stades : larvaire, nymphal et adulte femelle sont inconnus (ils ne sont décrits). Seul le stade adulte a été décrit.

L'adulte de *P. mediterraneus* est caractérisé principalement par :

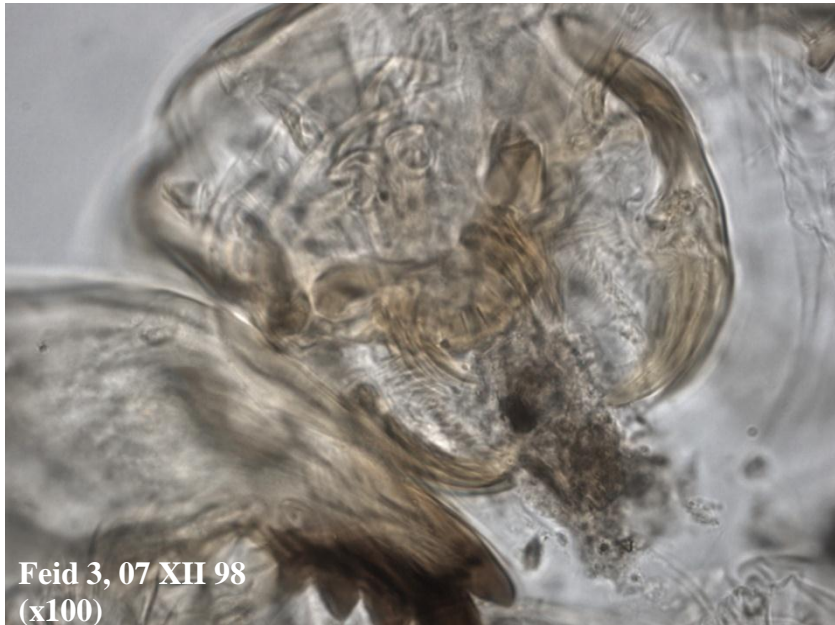
- Un thorax avec des bandes mesonotales sombres et séparées.
- Volcellas médians avec des soies cochleariformes (Figure 66)
- La partie inférieure de s volcellaes inférieurs est peu épaisse. Digitus fin et fusiforme.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figure 65 : la larve de *Paratanytarsus*. (a) : antenne, (b) : mentum ; (c) : pecten, (d) mandibule

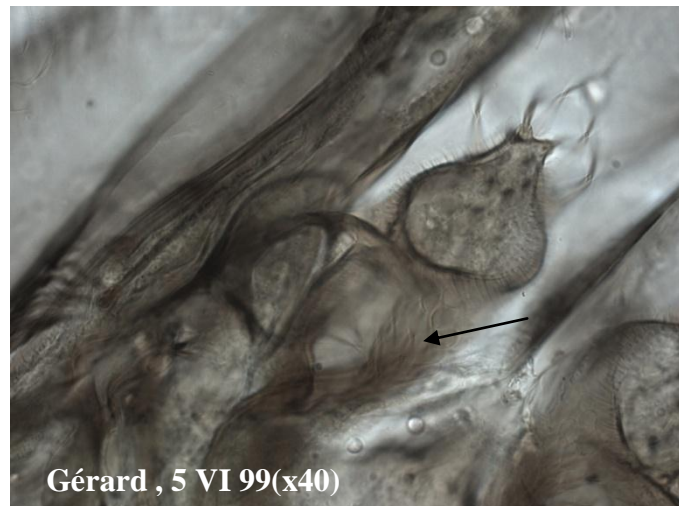
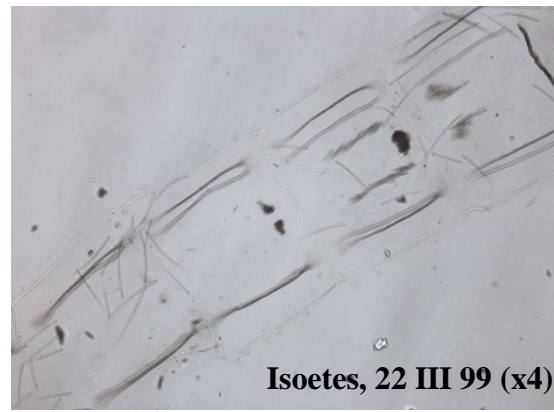
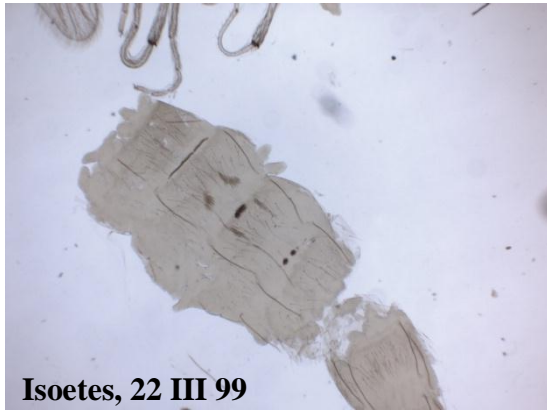


Figure 66: hypopygium de *P. mediterraneus* (la flèche montre le volcella médian avec les soies cochleariformes)

29. *P. natvigi* (Goetghebuer) (Figure 67)

La larve de *P. natvigi* est inconnue. La nymphe est caractérisée par :

- Un champ médian sur le tergite IV formé de courtes spinules, ce champ de spinules apparait divisé en deux autres plus petits.
- Deux rangées de longues spinules sur les tergites III et IV.



(x4)

Figure 67: la nymphe et l'exuvie nymphale de *P. natvigi*

30. *P. bituberculatus* (Edwards)

La nymphe de cette espèce est caractérisée par :

- Les groupes de points sur le tergite V sont uniques (un seul groupe de points),
- Sur le tergite IV le groupe de points médian avec des spinules
- Lobe anal avec 25-32 filaments.
- Tubercules céphaliques larges et en dome.
- Corne thoracique absente.

31. *P. grimmii* (Schneider)

La nymphe de *P. grimmii* est caractérisée par :

- Corne thoracique absente
- Tergite III avec un groupe d'épines de chaque côté dans sa moitié postérieure.

32. *Tanytarsus fimbriatus* (Reiss et Fittkau) (Figure 68)

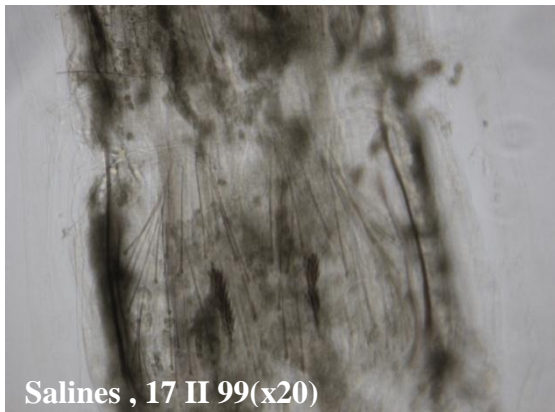
Les espèces appartenant au genre *Tanytarsus* (V. D. Wulp) ont été décrites à partir de Langton (1991) et Reiss et Fittkau (1971). *T. fimbriatus* a été décelée dans les sites d'étude aux stades : nymphal et imaginal.

La nymphe de *T. fimbriatus* est caractérisée par la présence de groupes de points sur le tergite III qui sont de forme longitudinale ovale et large et un lobe anal avec un nombre élevé de filaments (Figure 68 a)

L'adulte mâle de *T. fimbriatus* est caractérisé par :

- Thorax pale avec des bandes mesonotales noires et séparées

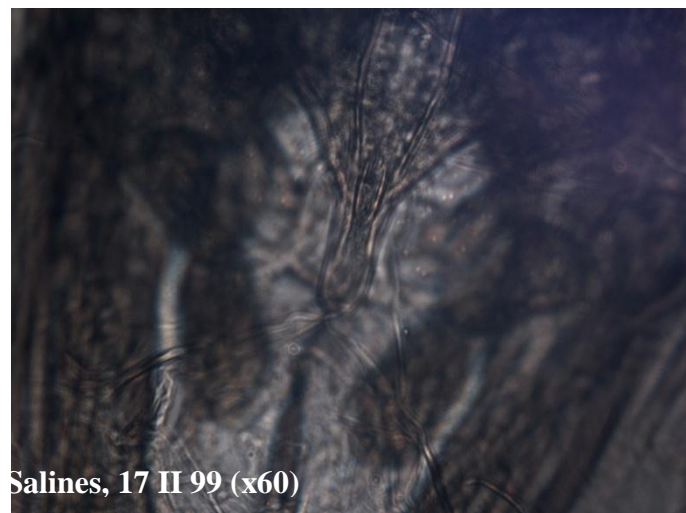
- Les tergites abdominaux II-V avec une bande postérieure transverse et étroite, et une autre médiane plus large.
- Le point anal est fusiforme.



(a)



(b)



(c)

Figure 68: *T. fimbriatus*. (a) : tergite III de la nymphe ; (b) : lobe anal de la nymphe et hypopygium de l'adulte ; (c) point anal.

33. *T. horni* (Goetghebuer) (Figure 70)

Cette espèce a été échantillonnée dans les sites d'étude aux stades nymphal et adulte. La nymphe de *T. horni* est caractérisée par :

- Le tergite III avec de fortes spinules situées antérieurement, tergite II avec des points antérieurs plus forts que ceux situés postérieurement
- Corne thoracique avec de longs setulae (soies).

- Les gaines alaires (ptérothèques) ont des bords presque parallèles, avec une excroissance visible.

L'adulte de *T. horni* est caractérisé par :

- Un thorax brunâtre avec des bandes mesonotales brunes.
- Les bords de la base du point anal sont parallèles.
- Le gonococcite avec de nombreuses microtriches latérales. Volcella supérieure courte qui ne dépasse jamais les bords des gonococcites.

34. *T. gregarius* (Kieffer) (Figure 69)

Cette espèce n'a été échantillonnée qu'au stade de l'adulte mâle dont la description est la suivante :

- Volcella supérieure absente
- Gonococcite en forme ovale allongée, orienté presque parallèlement à l'axe du corps.

35. *Chironomus plumosus* (Linnaeus) (Figure 71)

Cette espèce appartient à la sous famille des Chironominae, tribu des Chironomini. Elle a été échantillonnée aux stades : larvaire, nymphal et adulte.

La larve de *C. plumosus* est caractérisée par :

- Une taille moyenne à très grande (7-60 mm)
- Antenne : 5 segments
- Labre : SI souvent plumeuses aux deux côtés, SII simples, SIII épaisses, SIV at lamelles labrales normales. Prémandibules souvent avec 2 dents.
- Mandibules : dent dorsale pale, dent apicale noire, toujours 3 dents internes présentes.
- Mentum : dent médiane trifide, 6 paires de dents latérales
- Corps : avec les tubules latéraux (appelés aussi : tubuli), deux paires de tubules ventraux et les tubules anaux.

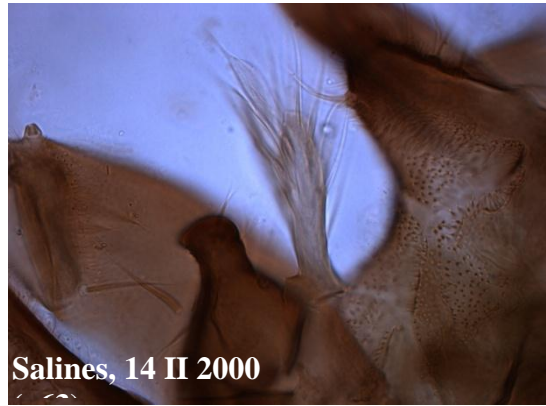


Figure 69: *T. gregarius*. Hypopygium.



(a)



(b)



(b)



(d)

Figure 70: *T. horni*. (a) tergite III ; (b) : tergite II ; (c) : corne thoracique ; (d) ébauche alaire.



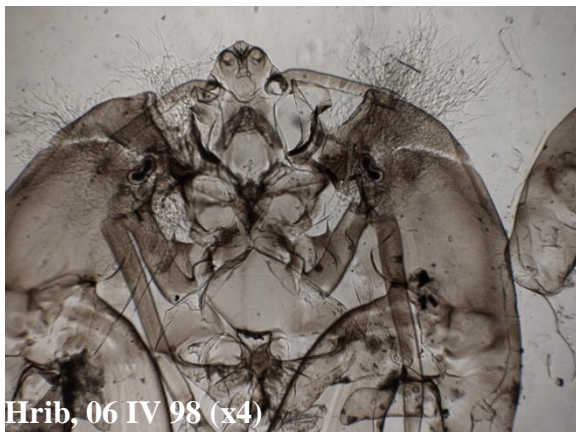
Bérrihane sud, 23 II
98 (x20)

(a)



Hrib, 06 IV 98 (x20)

(b)



Hrib, 06 IV 98 (x4)

(c)



Hrib, 06 IV 98 (x4)

(d)



Hrib, 06 IV 98 (x20)

(e)



Boukhadra, 19 V 98 (x4)

(f)

Figure 71 : (a, b, c, d, e) : *C. plumosus*. (a) : mentum ; (b) : exuvie nymphale ; (c) : prothorax ; (d) : lobe anal, (e) : hypopygium. (f) : exuvie nymphale de *C. riparius*.

La nymphe de *C. plumosus* est caractérisée principalement par :

- Une grande taille (13-19 mm) de couleur dorée (très rarement brunâtre)
- Corne thoracique plumeuse
- Sternites III et IV sans spinules
- des peignes formées de longues soies à la fin du segment VIII.

L'adulte de *C. plumosus* est caractérisé par :

- couleur du corps pale et claire.
- gonostyle fin et long, ainsi que le point anal.
- tarse antérieure avec une barbe distincte

36. *C. riparius* (Meigen)

La larve de *C. riparius* ressemble à celle de *C. plumosus* sauf que celle de *C. riparius* est dépourvue de tubuli sur le 7^{ème} segment.

La nymphe de *C. riparius* est caractérisée par :

- Une taille plus réduite que celle de *C. plumosus* avec une coloration brunâtre
- Des peignes sur le tergite VIII

L'adulte de *C. riparius* est caractérisée par :

- Tarse antérieur sans barbe distinctes
- Abdomen avec des bandes pales.
- Gonostyle très étendu distalement.

37. *Cryptochironomus* (Kieffer)

Cette espèce appartient à la sous famille des Chironominae, tribu des Chironomini. Elle n'a été décelée dans nos échantillons qu'au stade de larve. Celle-ci est caractérisée par :

- Une taille moyenne à grande, plus de 15 mm de long
- Antenne à 5 segments
- Labrum : SI courtes en forme d'épée, SII plus longues, SIII en forme de soie, SIV allongées. Pecten epipharyngis divisé en 3 lobes.
- Mandibule : dent dorsale absente, dent apicale longue et deux dents internes triangulaires. Setainterna avec 4 branches.
- Mentum : très caractéristique du genre. Il est large, avec une partie médiane sans dents, flanquée avec des dents latérales obliques et noires en nombre de 6-7.

- Maxille : palpe maxillaire allongé.
- Corps : les tubules latéraux et ventraux absents.

38. *Dicrotendipes pallidicornis* (Goetghebuer) (Figure 72)

La larve de *Dicrotendipes* (Kieffer) est caractérisée principalement par :

- Une taille moyenne de 8-11 mm, avec une couleur de rougeâtre.
- Surface dorsale de la tête : l'apoteome frontal est souvent séparé de la région clyeolabrale. Les sclérites 1 et 2 sont visiblement séparées.
- Antenne : avec 5 segments. Le segment 4 est exceptionnellement long (4-6 fois plus long que large)
- Labrum : SI palmées, SII simples, SIII plumeuses et courtes, SIV normales. Pecten epipharyngis simple et consiste de seulement 5-7 dents.
- Mentum : avec une dent médiane : simple, robuste et latéralement crénelée, et 6 paires de dents latérales. Plaques ventromentales sont très caractéristiques en étant étroites et incurvées en forme d'entonnoir.
- Corps : tubuli et tubules ventraux absents.

La nymphe de *D. pallidicornis* est caractérisée par des tergites portant des groupes de points médians transverses étroitement séparés et séparées des bandes transverses antérieures. Un lobe anal formé de 35-47 filaments.

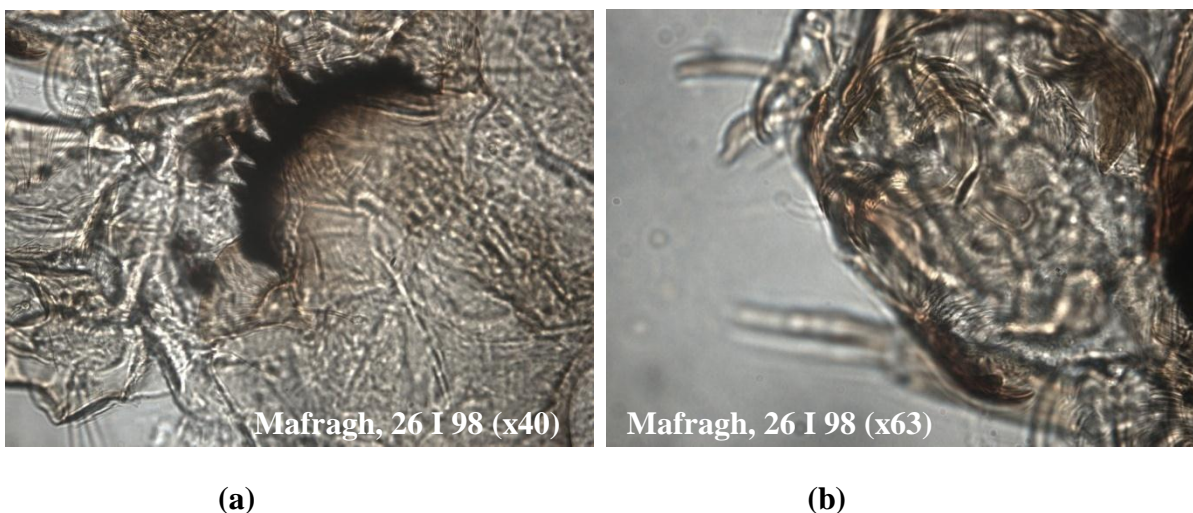


Figure 72: *Dicrotendipes*. (a) : mentum ; (b) : labrum.

39. *Einfeldia pagana* (Meigen) et *E. paganus* (Meigen) (Figure 73)

Einfeldia (Kieffer) est un genre apparenté au genre *Chironomus* (Meigen). La détermination du groupe d'espèces *E. pagana* ne peut se réaliser qu'à la base du stade larvaire. L'espèce *E. paganus* a été identifiée en se basant sur le stade nymphal.

La larve d'*E. pagana* est caractérisée principalement par un apotome frontoclypeal muni d'une dépression en forme de cœur. Le mentum avec une dent médiane très crénelée. Le corps de ce groupe d'espèces est caractérisé par la présence d'au moins une paire de tubules ventraux et l'absence de tubules latéraux.

La nymphe d'*E. paganus* est caractérisée principalement par une corne thoracique formée de branches nombreuses. La présence sur le segment VIII d'un peigne formé de 2 à 7 petites dents et ceci sur le bord apico-latéral.

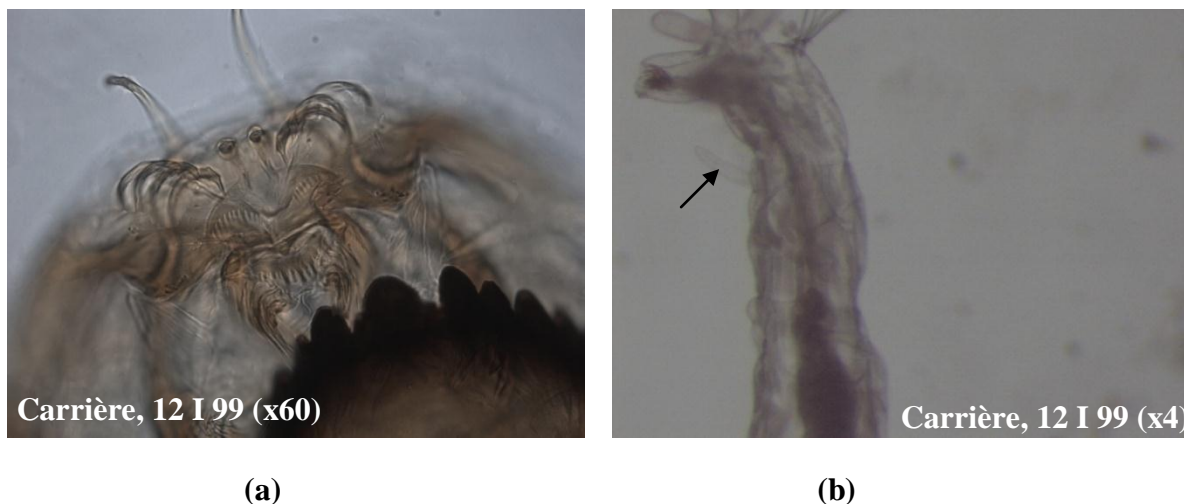


Figure 73 : *E. pagana*. (a) : mentum et labrum; (b) : tubules ventraux.
40. Endochironomus tendens (Fabricius) (Figure 74)

Cette espèce appartient au sous genre *d'Endochironomus (s.str.)*, elle est caractérisée au stade larvaire par :

- un apotome frontal séparé du clypeus
- labrum : SI caractéristique, longues, triangulaires plumeuses seulement sur le bord interne. SII longue et fine, SIII courtes et fines, SIV normales.
- Mandibules : avec une dent dorsale pas très prominante, mais une dent subapicale est présente et 3-4 dents internes
- Mentum : avec 3 dents médianes élevées lesquelles la plus centrale est plus basse que les deux externes. Plaques ventromentales relativement étroites et fortement incurvées, séparées au milieu par la moitié de la largeur du mentum, les stries sont brisées au milieu et la marge dorsale est souvent lisse.

- Corps : tubules ventraux et latéraux absents.

La nymphe d'*E. tendens* est caractérisée par :

- Une corne thoracique en forme de branches
- Dans la terminaison postérieure du lobe anal il y a une touffe de filaments noirs différents du reste de la frange. Celle-ci est constituée de longueurs différentes, le tiers antérieur avec des filaments longs et ceux postérieurs sont plus courts.
- Les conjonctions entre les tergites sont inermes.

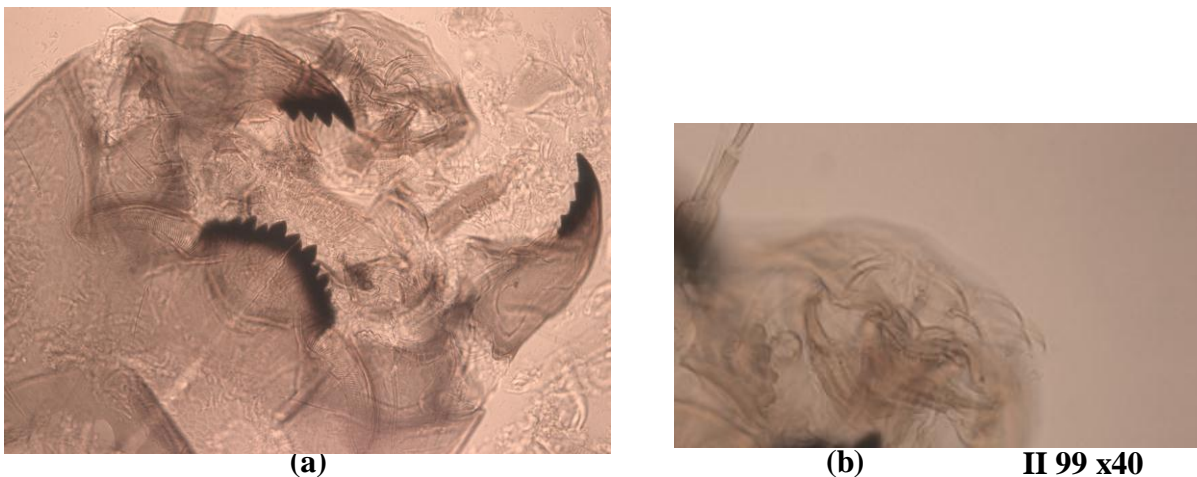


Figure 74 : *E. tendens*. (a) : mentum et mandibule ; (b) : labrum.

41. *E. albipennis* (Meigen)

Cette espèce n'a été échantillonnée dans les sites d'étude qu'au stade nymphal. Celui-ci est caractérisé par une frange similaire à celle d'*E. tendens* mais les conjonctions IV/V, V/VI et VI/ VII sont armées de fortes dents.

42. *Glyptotendipes (Phytotendipes) gripeckoveni* (Kieffer)

La larve de *Glyptotendipes* (Kieffer) est caractérisée principalement par :

- Une grande taille (jusqu'à 18 mm)
- Labrum : SI plumeuses ou palmées, les autres sont simples. Pecten epipharyngis est très variable, il peut être simple ou avec plusieurs dents. Prémandibule avec 2 dents.
- Mandibule : souvent avec une dent dorsale pale, une dent apicale et 3 dents internes.
- Mentum : avec une dent médiane simple, crénelée ou non, 6 paires de dents latérales.
- Corps : tubules latéraux absents, une paire de courts (parfois longs) tubules ventraux qui peuvent être présents.

La nymphe de *G. gripekoveni* est caractérisée par des ornements en forme d'épaulettes. Les épaulettes du segment VI sont deux fois plus longues que celle du segment V. les tubercules céphaliques sont allongés, étroits et coniques.

43. *G. (Phytotendipes) barbipes* (Staeger) (Figure 75)

La nymphe de cette espèce est caractérisée par des épaulettes du segment VI qui sont deux fois plus courtes que celles du segment V ; les tubercules céphaliques sont larges et coniques.

44. *G. (s. str.) signatus* (Kieffer)

Chez cette espèce les épaulettes sont pediformes restreintes aux segments III-VI avec un limbe antérieur large. Un thorax avec de petites granulations étendues.



Figure 74: exuvie nymphale de *G. barbipes*.

45. *Kiefferulus tendipediformis* (Goetghebuer) (Figure 75)

La larve de *Kiefferulus* (Goetghebuer) est caractérisée par :

- Une surface dorsale de la tête avec un apotome frontal avec une échancrure transverse elliptique sur sa marge antérieure. Les sclérites 1 et 2 sont présents et séparés.
- Labrum : SI finement plumeuses, SII simples, SIII courtes et fines, SIV normales. Prémandibule avec 6 dents pointues
- Mentum : avec une dent médiane profondément crénelée, apparemment trifide avec 6 paires de dents latérales.
- Corps : tubuli absents mais il y a une paire de tubules ventraux allongée.

La nymphe de *K. tendipediformis*

- Sur le segment VIII il y a 4-6 dents : incurvées, étroites, noires, fortes et espacées, situées sur la marge latéro-apicale, et 0-2 dents plus petites internes par rapport aux dents apicales. Le segment VIII est très sombre.
- Les conjonctions entre les segments III/IV, IV/V et V/VI sont recouvertes de spinules denses s'étendant sur la largeur des tergites.

L'hypopigium de l'adulte de *K. tendipediformis* est décrit dans la figure 75.

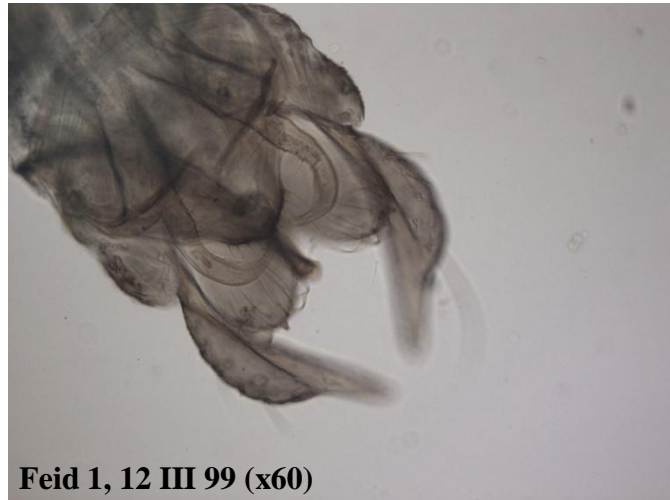


Figure 75 : *K. tendipediformis*. Hypopygium.

46. *Microchironomus tener* (Kieffer) (Figure 76)

Cette espèce appartient à la sous famille des Chironominae, tribu des Chironomini. Seules les larves et les exuvies nymphales ont été échantillonnées.

La larve de *Microchironomus* (Kieffer) est caractérisée par :

- Une taille moyenne moins de 8 mm.
- Antenne : avec 5 segments
- Labrum : SI et SII en forme d'épée de même longueur, SIII petites en forme de soie, SIV A formées de deux segments et petites. Pecten epipharyngis est une plaque simple ou divisé en trois lobes distalement. Prémandibules bifides avec une brosse bien développée.
- Mandibule : dents dorsale absente, la dent apicale est égale à la longueur des dents internes, celles-ci qui sont plates ou triangulaires. Seta interna avec 4 branches.
- Mentum : dent médiane trifide, avec 6 paires de dents latérales inclinées progressivement. Plaques ventromentales peu étroites que le mentum.
- Corps : tubules ventraux et latéraux absents.

La nymphe de *M. tener* est caractérisée par :

- Le peigne situé sur le segment VIII est formé d'une ou deux épines
- Tubercules céphaliques coniques, avec une soie préapicale.
- Sternite abdominal I avec un seul arc denté antéro-latéral sur chaque côté
- L'antépronotum avec un amas dorsal bien visible formé de soies filamenteuses.

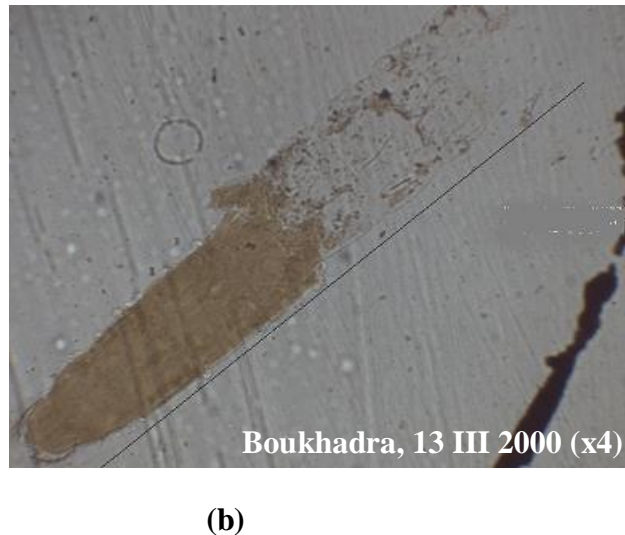
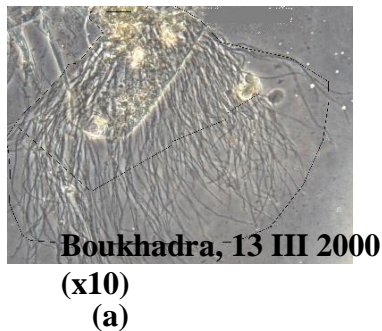


Figure 76: *M. tener*. (a) : corne thoracique ; tergite de la nymphe.

47. *Parachironomus monochromus* (V. D. Wulp) (Figure 77)

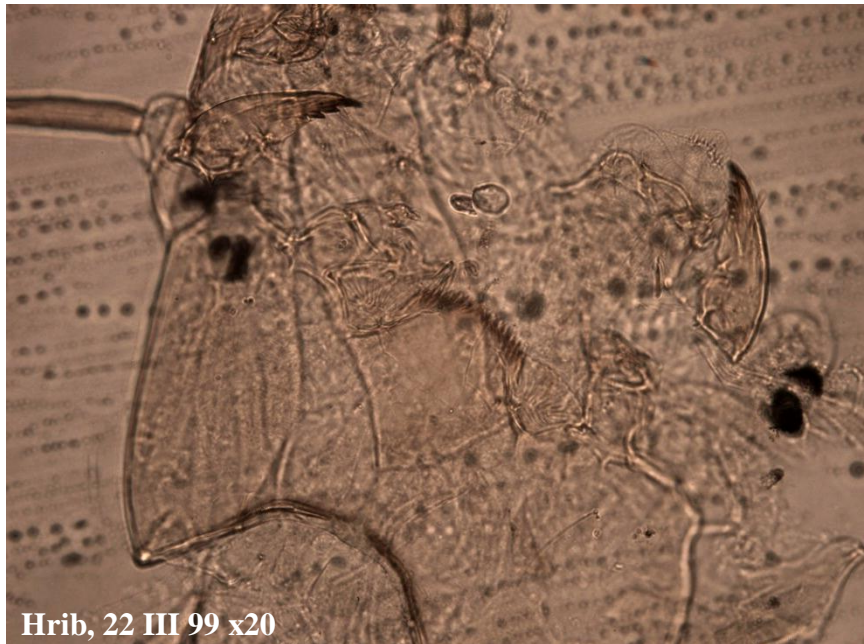
Les larves de *Parachironomus* (Lenz) échantillonnées dans les sites de la Numidie orientale sont caractérisées par :

- Une taille moyenne à grande (jusqu'à 12 mm)
- Antenne à 5 segments, segment basal long que le flagellum
- Labrum : SI et SII en forme d'épée, SII à peu près deux fois plus longues que les SI, SIII en forme de soie, SIV très petites à deux segments. Lamelles labrales absentes, pecten epipharyngis est une large plaque avec des dents transparentes. Prémandibules avec 2-4 dents et brosse absente.
- Mandibule : dent dorsale manquante, dent apicale longue avec deux dents internes, seta interna absente.
- Mentum : dent médiane crénelée au milieu, 6 paires de dents latérales, la totalité du mentum est pale et uniformément coloré. Les plaques ventromentales sont plus large que le mentum avec une marge antérieure fortement crénelée.
- Corps : tubules ventraux et latéraux absents.

La nymphe de *P. monochromus* est caractérisée par :

- La rangée des crochets sur le segment II est située sur le bord postérieur du tergite
- Les tergites III-VI avec des points dont la taille augmente postérieurement sur chaque segment.

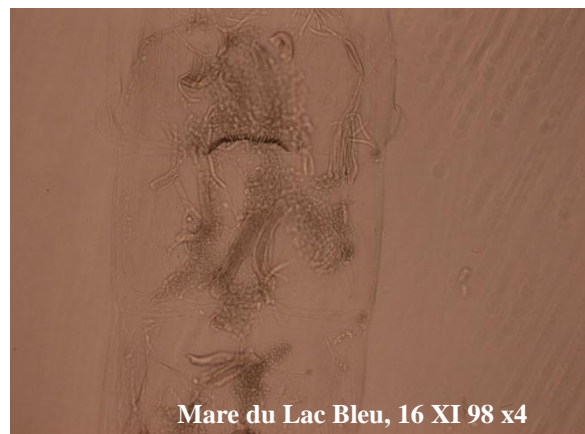
- Un groupe formé de 2-4 épines transparentes est situé sur le segment VIII.
- Tubercules céphaliques sont plus longs que larges.
- Frange anale formée de 38-46 filaments
- Granulation thoracique très fine.



(a)



(b)



(c)

Figure 77 : *P. monochromus*. (a) : capsule céphalique. (b) : lobe anal ; (c) : segment II

48. *Paratendipes* (Kieffer) (Figure 78)

Cette espèce n'a été échantillonnée qu'en tant que larve. Celle-ci est caractérisée par :

- Une taille moyenne, 8 mm de long de couleur rougeâtre
- Apotome frontoclypeal très étroit antérieurement. Sclérite 1 absent et sclérite 2 présent.

- Antenne : avec 6 segments, les organes de Lauterborn alternent.
- Labrum : les bases de SI sont fusionnées, SI et SII sont plumeuses, SIII fines, SIV normales. Pecten epipharyngis consiste de 3 petites plaques simples. Prémandibules avec 2-3 dents.
- Mandibules : avec une dent dorsale pale et forte et deux dents internes distinctes.
- Mentum : avec 4 dents médianes : petites et pales et souvent de même taille. La 2^{ème} dent latérale est toujours très longue, la première dent latérale fusionne avec la deuxième. Généralement, il y a 4 paires de dents latérales. Les plaques ventromentales sont largement séparées.
- Corps : tubules ventraux et latéraux sont absents.

49. *Polypedilum* (Kieffer) (Figure 79)

La larve de *Polypedilum* est caractérisée par :

- Taille de 5-14 mm, couleur du rouge orangé au rouge vif
- Surface dorsale de la tête : apotome frontoclypéal est élargi antérieurement en de lobes latéraux sur lesquels les S3 sont insérés.
- Antenne : avec 5 segments, les segments 2-5 sont toujours plus courts que le premier
- Labrum : SI souvent larges, SII toujours plumeuses sur les deux côtés, SIII, SIV et lamelles labrales normales. Pecten epipharyngis consiste de 3 plaques séparées. Prémandibules avec 3 dents
- Mandibule : dent dorsale présente, prominante, noire. La dent apicale est suivie de 3 dents internes.
- Mentum : toutes les dents sont noires, avec 2 dents médianes centrales, 2 dents externes plus courtes et 4 latérales.
- Corps : tubules ventraux et latéraux absents.

50. *Polypedilum*(*Tripodura*) *nubifer* (Skuse) (Figure 80)

La nymphe de *P. nubifer* est caractérisée par :

- des bandes de points apicales sont présentes sur les segments III, IV et V
- des bandes de points médians sont également présentes sur les tergites II et III.
- Tubercules céphaliques sont longs, coniques
- Corne thoracique très branchée

- Peigne sur le segment VIII en forme de crochet denté avec des dents additionnelles
- Lobe anal avec des soies dorsales.

L'adulte de *P. nubifer* est caractérisé :

- Tubercules frontaux présents
- Une soie sur la volcella médiane
- Des tâches sur les ailes
- L'hypopigium est décrit dans la figure

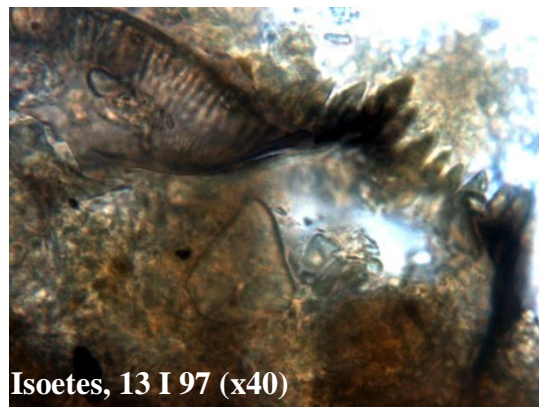
51. *Pseudochironomus* (Malloch)

Cette espèce n'a été échantillonnée qu'au stade larvaire. Elle est caractérisée par :

- Une taille petite à moyenne (7 mm)
- Surface dorsale de la tête : apotome frontal est séparé du clypeus, sclérite labral 1 est absent, S2 présent, S4 et S5 sont exceptionnellement longs.
- Antenne : avec 5 segments
- Labrum : SI et SII sont plumeuses sur les deux côtés, SIII et SIV sont normales. Lamelles labrales avec 15-30 dents. Pecten epipharyngis consiste de 3 plaques égales et simples. Prémandibules avec 2 dents, dent interne large et la dent externe est longue et pointue.
- Mandibule : dent dorsale et pecten mandibularis absents, la dent apicale est pale, ensuite il y a 4 dents internes noires.
- Mentum : avec une dent médiane simple, arrondie, 5 paires de dents latérales. Plaques ventromentales étroites et longues et se touchent dans le plan médian.
- Corps : tubules ventraux et latéraux absents.

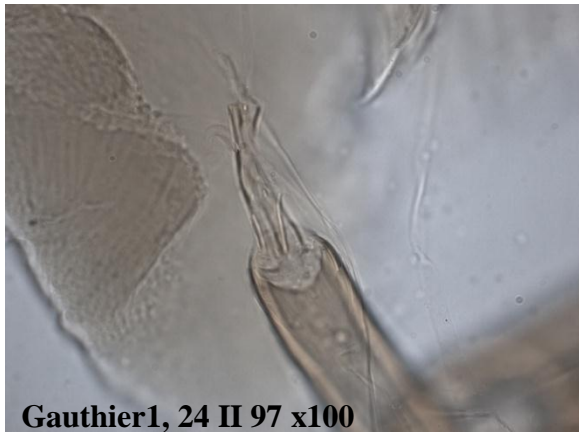


(a)

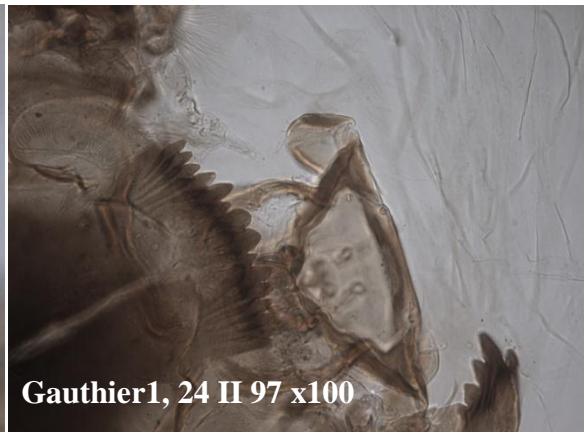


(b)

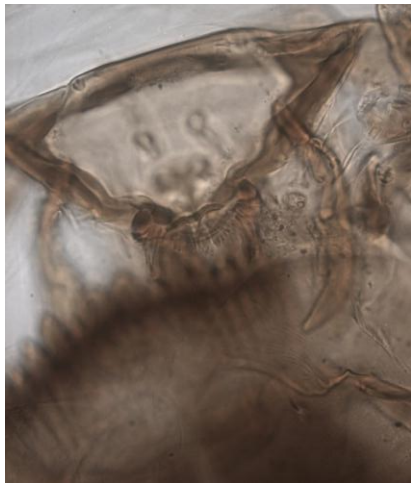
Figure 78: *Paratendipes* sp. (a) antenne de la larve ; (b) : le mentum.



(a)



(b)

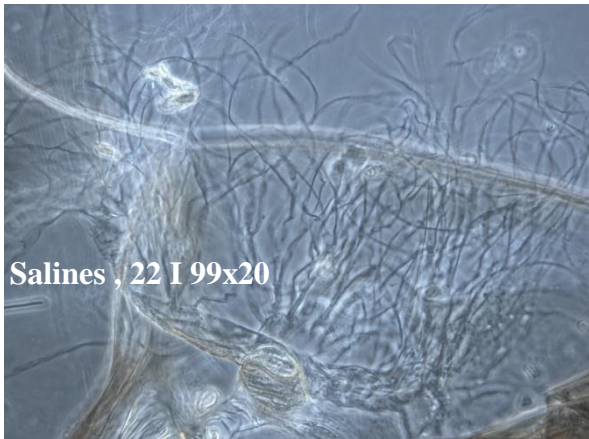


(c)



(d)

Figure 79: *Polypedilum* sp. (a) : antenne ; (b) : mentum ; (c) : pecten epipharyngis ; (d) seta antérieures.



(a)



Salines , 22 I 99x20

(c)



Salines, 22 I 99 x4

(c)

Figure 80 : *P. nubifer*. (a) corne thoracique ; (b) : lobe anal d'une nymphe mature montrant également l'hypopigium ; (c) tergites de la nymphe.

5.4 Relation des espèces de Chironomidae avec les sites d'étude

5.4.1 Check-list des espèces de Chironomidae dans les mares de la Numidie orientale

Les tableaux de 14 à 38 représentent les check-lists des espèces ainsi que leur fréquence pour chaque mare étudiée. Ceci nous permet de comparer le bagage spécifique entre les sites au cours des quatre cycles.

Tableau 14: check-list des espèces de Chironomidae dans la mare Feid 1

Sous famille	espèce	Fréquence
Tanypodinae	<i>Paramerina sp</i>	2/4

	<i>Xenopelopia sp</i> <i>X. falcigera</i> <i>Zavrelyimia hirtimana</i>	2/4 4/4 2/4
Orthoclaadiinae	<i>Corynoneura scutellata</i> <i>Cricotopus sylvestris</i>	1/4 3/4
Chironominae	<i>Chironomus plumosus</i> <i>Endochironomus tendens</i> <i>Kiefferulus sp.</i> <i>Kiefferulus tendipediformis</i> <i>Parachironomus monochromus</i> <i>Parachironomus sp.</i> <i>Paratanytarsus sp.</i> <i>P. mediterraneus</i>	4/4 4/4 1/4 3/4 3/4 1/4 1/4 1/4

Tableau 15: check-list des espèces de Chironomidae dans la mare Feid 2

Sous famille	espèce	Fréquence
Tanypodinae	<i>Paramerina sp</i> <i>Xenopelopia sp</i> <i>X. falcigera</i>	2/4 1/4 3/4
Orthoclaadiinae	<i>Corynoneura scutellata</i> <i>Cricotopus sylvestris</i> <i>Psectrocladius sordidellus</i>	2/4 2/4 4/4
Chironominae	<i>Chironomus plumosus</i> <i>Paratanytarsus sp.</i> <i>P. mediterraneus</i>	4/4 1/4 1/4

Tableau 16: check-list des espèces de Chironomidae dans la mare Feid 3

Sous famille	espèce	Fréquence
Tanypodinae	<i>Paramerina sp</i> <i>P. grieckenland</i> <i>X. falcigera</i> <i>Xenopelopia sp.</i>	1/4 1/4 3/4 1/4
Orthoclaadiinae	<i>Corynoneura scutellata</i> <i>Cricotopus sylvestris</i>	1/4 3/4
Chironominae	<i>Chironomus plumosus</i>	3/4

	<i>C. riparius</i>	1/4
	<i>Cladotanytarsus sp</i>	1/4
	<i>Paratanytarsus sp.</i>	1/4
	<i>P. mediterraneus</i>	1/4

Tableau 17: check-list des espèces de Chironomidae dans la mare Feid 4

Sous famille	espèce	Fréquence
Tanypodinae	<i>Natarsia sp</i>	1/4
	<i>Paramerina sp</i>	1/4
	<i>X. falcigera</i>	2/4
Orthoclaadiinae	<i>Cricotopus sylvestris</i>	2/4
	<i>Psectrocladius platypus</i>	1/4
Chironominae	<i>Chironomus plumosus</i>	2/4
	<i>Paratanytarsus sp.</i>	1/4

Tableau 18: check-list des espèces de Chironomidae dans la mare aux Frères

Sous famille	espèce	Fréquence
Tanypodinae	<i>Procladius choreus</i>	3/4
	<i>X. falcigera</i>	2/4
Orthoclaadiinae	<i>Corynoneura scutellata</i>	1/4
	<i>Cricotopus sylvestris</i>	2/4
	<i>C. flavocinctus</i>	2/4
	<i>Psectrocladius platypus</i>	1/4
	<i>P. sordidellus</i>	1/4
Chironominae	<i>Chironomus plumosus</i>	2/4
	<i>C. riparius</i>	1/4
	<i>Endochironomus tendens</i>	1/4
	<i>E. albipennis</i>	1/4
	<i>Einfeldia pagana</i>	1/4
	<i>Dicrotendipes sp</i>	1/4

Tableau 19: check-list des espèces de Chironomidae dans la mare Messida

Sous famille	espèce	Fréquence
Tanypodinae	<i>Ablabesmuia phatta</i>	3/4
	<i>Procladius choreus</i>	1/4
	<i>Psectrotanypus varius</i>	1/4
	<i>X. falcigera</i>	2/4
Orthoclaadiinae	<i>Cricotopus sylvestris</i>	3/4
	<i>C. flavocinctus</i>	3/4
	<i>C. trifasciatus</i>	2/4
	<i>Psectrocladius platypus</i>	1/4

	<i>P. sordidellus</i>	2/4
Chironominae	<i>Chironomus plumosus</i> <i>Tanutarsus sp.</i> <i>T. horni</i>	2/4 1/4 1/4

Tableau 20: check-list des espèces de Chironomidae dans la mare Gauthier 1

Sous famille	espèce	Fréquence
Orthoclaadiinae	<i>Cricotopus sylvestris</i> <i>C. scutellata</i> <i>P. sordidellus</i>	3/4 1/4 3/4
Chironominae	<i>Chironomus plumosus</i> <i>C. riparius</i> <i>Einfeldia pagana</i> <i>Glyptotendipes barbipes</i> <i>Polypedilum sp.</i> <i>P. nubifer</i> <i>T. horni</i> <i>Paratanytarsus sp.</i> <i>P. mediterraneus</i>	2/4 1/4 1/4 2/4 2/4 2/4 2/4 1/4 2/4

Tableau 21: check-list des espèces de Chironomidae dans la mare Gauthier 2

Sous famille	espèce	Fréquence
Tanypodinae	<i>Tanypus punctipennis</i> <i>Larsia sp.</i>	1/4 1/4
Orthoclaadiinae	<i>Cricotopus sylvestris</i> <i>C. flavocinctus</i> <i>C. trifasciatus</i> <i>Corynoneura scutellata</i> <i>P. sordidellus</i>	3/4 3/4 2/4 2/4 2/4

Chironominae	<i>Paratanytarsus sp</i>	2/4
	<i>P. mediterraneus</i>	3/4
	<i>Tanutarsus sp.</i>	1/4
	<i>T. horni</i>	1/4

Tableau 22: check-list des espèces de Chironomidae dans la mare Gauthier 3

Sous famille	espèce	Fréquence
Tanypodinae	<i>Tanypus punctipennis</i>	2/4
	<i>Xenopelopia sp</i>	2/4
	<i>X. falcigera</i>	4/4
Orthoclaadiinae	<i>Cricotopus sylvestris</i>	4/4
	<i>C. flavocinctus</i>	1/4
	<i>Corynoneura scutellata</i>	2/4
	<i>P. flavus</i>	2/4
	<i>P. platypus</i>	1/4
Chironominae	<i>Chironomus plumosus</i>	2/4
	<i>C. riparius</i>	1/4
	<i>Cryptochironomus sp</i>	1/4
	<i>Dicrotendipes sp</i>	1/4
	<i>P. mediterraneus</i>	2/4
	<i>Tanytarsus sp</i>	1/4
	<i>T. horni</i>	1/4

Tableau 23: Check-list des espèces de Chironomidae dans la mare Gauthier 4

Sous famille	espèce	Fréquence
Tanypodinae	<i>X. falcigera</i>	3/4
Orthoclaadiinae	<i>Cricotopus sylvestris</i>	4/4
	<i>Corynoneura scutellata</i>	2/4
	<i>P. flavus</i>	1/4
	<i>P. sordidellus</i>	1/4
	<i>P. Mesopsecrocladius</i>	1/4

Chironominae	<i>C. riparius</i>	1/4
	<i>Paratanytarsus sp.</i>	1/4
	<i>P. mediterraneus</i>	1/4

Tableau 24 : Check-list des espèces de Chironomidae dans la mare Fedjoudj

Sous famille	espèce	Fréquence
Tanypodinae	<i>Procladius choreus</i>	3/4
	<i>X. falcigera</i>	3/4
Orthoclaadiinae	<i>Cricotopus sylvestris</i>	3/4
	<i>Corynoneura scutellata</i>	3/4
	<i>P. platypus</i>	3/4
	<i>P. sordidellus</i>	3/4
Chironominae	<i>Cladotanytarsus sp.</i>	1/4
	<i>C. atridorsum</i>	1/4
	<i>C. mancus</i>	1/4
	<i>Paratanytarsus sp</i>	1/4
	<i>P. mediterraneus</i>	1/4

Tableau 25: Check-list des espèces de Chironomidae dans la mare Gérard

Sous famille	espèce	Fréquence
Tanypodinae	<i>Larsia atrocincta</i>	2/4
	<i>Psectrotanypus varius</i>	2/4
	<i>X. falcigera</i>	4/4
	<i>Zavrelyimia hirtimana</i>	3/4
Orthoclaadiinae	<i>Cricotopus sylvestris</i>	4/4
	<i>C. trifasciatus</i>	1/4

	<i>Corynoneura scutellata</i>	3/4
	<i>Limnophyes minimus</i>	4/4
	<i>P. platypus</i>	4/4
	<i>P. sordidellus</i>	3/4
Chironominae	<i>Chironomus plumosus</i>	1/4
	<i>C. riparius</i>	1/4
	<i>Glyptotendipes sp.</i>	1/4
	<i>Paratanytarsus sp</i>	2/4
	<i>P. mediterraneus</i>	1/4
	<i>Polypedilum sp.</i>	1/4

Tableau 26: Check-list des espèces de Chironomidae dans la mare Bérrihane Ecole

Sous famille	espèce	Fréquence
Tanypodinae	<i>Clinotanypus nervosus</i>	1/4
	<i>Procladius choreus</i>	3/4
	<i>X. falcigera</i>	3/4
Orthoclaadiinae	<i>Cricotopus sylvestris</i>	4/4
	<i>C. trifasciatus</i>	1/4
	<i>C. flavocinctus</i>	2/4
	<i>Corynoneura scutellata</i>	2/4
	<i>Limnophyes minimus</i>	3/4
	<i>P. platypus</i>	3/4
	<i>P. sordidellus</i>	2/4
	<i>P. brehmi</i>	1/4
Chironominae	<i>Chironomus plumosus</i>	1/4
	<i>C. riparius</i>	2/4
	<i>Cladotanytarsus sp.</i>	1/4
	<i>Cryptotendipes sp.</i>	1/4
	<i>Glyptotendipes sp.</i>	1/4
	<i>G. barbipes</i>	1/4
	<i>Paratanytarsus sp</i>	2/4
	<i>P. mediterraneus</i>	1/4
	<i>P. natvigi</i>	1/4
	<i>Einfeldia paganus</i>	1/4
	<i>Polypedilum nubifer</i>	1/4

Tableau 27: Check-list des espèces de Chironomidae dans la mare Bérrihane Sud

Sous famille	espèce	Fréquence
Tanypodinae	<i>X. falcigera</i>	4/4
Orthoclaadiinae	<i>Cricotopus sylvestris</i>	4/4
	<i>Corynoneura scutellata</i>	4/4
	<i>P. platypus</i>	2/4
	<i>P. sordidellus</i>	2/4

Chironominae	<i>Chironomus plumosus</i>	3/4
	<i>C. riparius</i>	1/4
	<i>Einfeldia paganus</i>	1/4
	<i>Endochironomus tendens</i>	2/4
	<i>Glyptotendipes signatus</i>	1/4
	<i>Paratanytarsus sp</i>	1/4

Tableau 28: Check-list des espèces de Chironomidae dans la mare Hrib

Sous famille	espèce	Fréquence
Tanypodinae	<i>P. choreus</i>	1/4
	<i>X. falcigera</i>	4/4
Orthoclaadiinae	<i>Cricotopus sylvestris</i>	3/4
	<i>Corynoneura scutellata</i>	3/4
	<i>P. platypus</i>	4/4
	<i>P. sordidellus</i>	4/4
Chironominae	<i>Chironomus plumosus</i>	3/4
	<i>Endochironomus tendens</i>	3/4
	<i>Glyptotendipes barbipes</i>	1/4
	<i>Parachironomus monochromus</i>	2/4

Tableau 29: check-list des espèces de Chironomidae dans la mare Tamaris

Sous famille	espèce	Fréquence
Tanypodinae	<i>X. falcigera</i>	4/4
Orthoclaadiinae	<i>Cricotopus sylvestris</i>	2/4
	<i>Corynoneura scutellata</i>	4/4
	<i>P. platypus</i>	3/4
	<i>P. sordidellus</i>	3/4
	<i>P. dilatatus</i>	1/4

Chironominae	<i>Chironomus plumosus</i>	1/4
	<i>Einfeldia pagana</i>	1/4
	<i>E. paganus</i>	1/4
	<i>Endochironomus tendens</i>	1/4
	<i>Glyptotendipes sp.</i>	2/4
	<i>G. barbipes</i>	1/4
	<i>Paratanytarsus sp</i>	2/4
	<i>P. mediterraneus</i>	1/4

Tableau 30: check-list des espèces de Chironomidae dans la mare Carrière

Sous famille	espèce	Fréquence
Tanypodinae	<i>X. falcigera</i>	1/4
Orthoclaadiinae	<i>Cricotopus sylvestris</i>	4/4
	<i>Corynoneura scutellata</i>	3/4
	<i>Limnophyes minimus</i>	4/4
	<i>P. platypus</i>	3/4
	<i>P. sordidellus</i>	4/4
	<i>P. brehmi</i>	2/4
Chironominae	<i>Chironomus plumosus</i>	1/4
	<i>C. riparius</i>	1/4
	<i>Einfeldia pagana</i>	3/4
	<i>Endochironomus tendens</i>	3/4
	<i>Glyptotendipes sp.</i>	1/4
	<i>G. barbipes</i>	2/4
	<i>Parachironomus monochromus</i>	4/4
	<i>Paratanytarsus sp</i>	2/4
	<i>P. mediterraneus</i>	3/4

Tableau 31: check-list des espèces de Chironomidae dans la mare Mafragh

Sous famille	espèce	Fréquence
Tanypodinae	<i>Procladius choreus</i>	3/4
	<i>X. falcigera</i>	4/4
Orthoclaadiinae	<i>C. sylvestris</i>	4/4
	<i>C. flavocinctus</i>	2/4
	<i>Corynoneura scutellata</i>	2/4

	<i>Limnophyes minimus</i>	1/4
	<i>P. platypus</i>	3/4
	<i>P. sordidellus</i>	3/4
Chironominae	<i>Chironomus plumosus</i>	3/4
	<i>C. riparius</i>	2/4
	<i>Dicrotendipes sp.</i>	2/4
	<i>D. pallidicornis</i>	1/4
	<i>Endochironomus tendens</i>	1/4
	<i>Kiefferulus tendipediformis</i>	1/4
	<i>P. mediterraneus</i>	1/4
	<i>Polypedilum sp.</i>	1/4

Tableau 32: check-list des espèces de Chironomidae dans la mare Sangliers

Sous famille	espèce	Fréquence
Tanypodinae	<i>Ablabesmyia phatta</i>	3/4
	<i>Xenopelopia sp.</i>	1/4
	<i>X. falcigera</i>	3/4
Orthoclaadiinae	<i>Cricotopus sylvestris</i>	4/4
	<i>C. trifasciatus</i>	1/4
	<i>Corynoneura scutellata</i>	2/4
	<i>P. platypus</i>	2/4
	<i>P. sordidellus</i>	2/4
Chironominae	<i>Chironomus plumosus</i>	4/4
	<i>C. riparius</i>	1/4
	<i>Endochironomus tendens</i>	1/4
	<i>Einfeldia pagana</i>	2/4
	<i>Kiefferulus sp.</i>	1/4
	<i>K. tendipediformis</i>	1/4
	<i>Paratanytarsus sp</i>	1/4
	<i>P. bituberculatus</i>	2/4
	<i>P. mediterraneus</i>	2/4
	<i>Tanytarsus sp.</i>	2/4
	<i>T. horni</i>	3/4

Tableau 33: check-list des espèces de Chironomidae dans la mare Boukhadra

Sous famille	espèce	Fréquence
Tanypodinae	<i>Procladius choreus</i>	4/4
	<i>Xenopelopia sp.</i>	1/4
	<i>X. falcigera</i>	2/4
Orthoclaadiinae	<i>Cricotopus sylvestris</i>	4/4
	<i>C. ornatus</i>	1/4

	<i>Corynoneura scutellata</i>	3/4
	<i>Limnophyes minimus</i>	2/4
	<i>P. platypus</i>	1/4
	<i>P. sordidellus</i>	3/4
	<i>P. limbatellus</i>	1/4
Chironominae	<i>C. riparius</i>	3/4
	<i>Dicrotendipes sp.</i>	1/4
	<i>D. pallidicornis</i>	2/4
	<i>Microchironomus tener</i>	1/4
	<i>Paratanytarsus sp</i>	2/4
	<i>P. mediterraneus</i>	1/4
	<i>Polypedilum sp.</i>	1/4
	<i>P. nubifer</i>	1/4
	<i>Pseudochironomus sp.</i>	1/4

Tableau 34: check-list des espèces de Chironomidae dans la mare Salines

Sous famille	espèce	Fréquence
Tanypodinae	<i>Tanypus punctipennis</i>	2/3
	<i>P. choreus</i>	2/3
Orthoclaadiinae	<i>Cricotopus sylvestris</i>	3/3
	<i>C. trifasciatus</i>	3/3
	<i>C. ornatus</i>	1/3
	<i>P. sordidellus</i>	3/3
	<i>Bryophaenocladus sp.</i>	1/3
	<i>C. stercorarius</i>	1/3
Chironominae	<i>Chironomus plumosus</i>	1/3
	<i>C. riparius</i>	3/3
	<i>Microchironomus sp.</i>	1/3
	<i>Microchironomus tener</i>	1/3
	<i>Paratanytarsus sp</i>	1/3
	<i>P. mediterraneus</i>	3/3
	<i>Polypedilum sp.</i>	1/3
	<i>P. nubifer</i>	1/3
	<i>Tanytarsus sp.</i>	1/3
	<i>T. gregrarius</i>	1/3
	<i>T. horni</i>	1/3
	<i>T. fimbriatus</i>	2/3

Tableau 35: check-list des espèces de Chironomidae dans la mare Ruppia

Sous famille	espèce	Fréquence
Tanypodinae	<i>Ablabesmyia phatta</i>	3/3
	<i>Xenopelopia falcigera</i>	2/3
Orthoclaadiinae	<i>Cricotopus sylvestris</i>	3/3
	<i>Corynoneura scutellata</i>	3/3
	<i>P. sordidellus</i>	2/3

Chironominae	<i>Chironomus plumosus</i> <i>C. riparius</i>	2/3 1/3

Tableau 36: check-list des espèces de Chironomidae dans la mare Frine

Sous famille	espèce	Fréquence
Tanypodinae	<i>Xenopelopia falcigera</i>	1/3
Orthoclaadiinae	<i>Cricotopus sylvestris</i> <i>C. flavocinctus</i> <i>C. ornatus</i> <i>Corynoneura scutellata</i> <i>Limnophyes minimus</i> <i>P. sordidellus</i> <i>P. platypus</i>	2/3 1/3 1/3 1/3 1/3 1/3 1/3
Chironominae	<i>Chironomus plumosus</i> <i>C. riparius</i> <i>Glyptotendipes sp</i> <i>G. barbipes</i> <i>G. gripekoveni</i>	1/3 2/3 2/3 1/3 1/3

Tableau 37 : check-list des espèces de Chironomidae dans la mare du Lac Bleu

Sous famille	espèce	Fréquence
Tanypodinae	<i>Larsia sp.</i> <i>L. atrocincta</i> <i>Natarsia sp.</i> <i>N. punctata</i> <i>Procladius choreus</i> <i>Psectrotanypus varius</i>	3/3 1/3 1/3 2/3 3/3 3/3

	<i>Tanypus punctipennis</i> <i>Xenopelopia falcigera</i>	3/3 1/3
Orthoclaadiinae	<i>Cricotopus sylvestris</i> <i>C. trifasciatus</i> <i>Corynoneura scutellata</i> <i>P. sordidellus</i> <i>P. platypus</i>	3/3 1/3 1/3 2/3 2/3
Chironominae	<i>Chironomus plumosus</i> <i>Cryptochironomus sp.</i> <i>Endochironomus tendens</i> <i>Parachironomus monochromus</i> <i>Paratanytarsus sp.</i> <i>P. mediterraneus</i>	3/3 1/3 2/3 2/3 2/3 2/3

Tableau 38: check-list des espèces de Chironomidae dans la mare aux Butomes

Sous famille	espèce	Fréquence
Tanypodinae	<i>Ablabesmyia phatta</i> <i>Xenopelopia falcigera</i>	1/3 2/3
Orthoclaadiinae	<i>Cricotopus sylvestris</i> <i>C. flavocinctus</i> <i>Corynoneura scutellata</i> <i>Limnophyes sp.</i> <i>L. minimus</i> <i>P. sordidellus</i>	2/3 2/3 2/3 1/3 1/3 2/3
Chironominae	<i>Chironomus riparius</i> <i>Einfeldia pagana</i> <i>Paratanytarsus sp.</i> <i>P. mediterraneus</i>	2/3 1/3 1/3 1/3

5.4.2 Répartition spatiale des espèces de Chironomidae

Pour comprendre la répartition spatiale des espèces de Chironomidae au sein des mares temporaires de la Numidie, nous avons procédé à la réalisation de l'analyse factorielle des correspondances (l'AFC) qu'a été réalisé par le logiciel ADE-4 (Chessel et Doledec, 1992).

Dans cette analyse, nous avons retenu quatre axes qui contribuent respectivement à 51.09%, 14.16%, 12.42, 8.62% de l'inertie totale. Les figures (81a et 82a) représentent la projection des sites dans les plans factoriels (1*2) et (3*4) respectivement. Les figures (81b et 82b) représentent la projection des espèces dans les mêmes plans factoriels.

Les espèces rares, c'est-à-dire celles qui ne sont échantillonnées qu'une ou deux fois au cours de l'étude ont été éliminées de l'analyse.

Les caractéristiques des mares temporaires de la Numidie ont été préalablement étudiées et classifiées (Annexe 1) (Mettalaoui, 1999 ; Hammoudi, 1999).

➤ **Plan F1*F2**

Désigne les deux premiers axes factoriels (figure 81 a, b). Ce plan met en évidence l'effet de la conductivité.

✚ **L'Axe1** : nous sépare les sites à conductivité faible (eaux douces) : Gauthier 1, Gauthier 2, Gauthier 3, Messida...).

- L'axe 1 sépare les espèces : *A. phatta*, *L. atrocincta*, *T. punctipennis*, *T. horni*.

✚ **L'Axe2** : la figure 81a montre la séparation des sites poly-saumâtres (Salines, Boukhadra) et les sites oligo-saumâtres (Feid 1, Feid 2, Feid 3, Sangliers...).

- L'axe 2 nous sépare les espèces qui ont une préférence (ou une affinité) pour la salinité : *P. nubifer*, *P. choreus*, *L. minimus*, *C. riparius*, *T. fimbriatus*.

- Les espèces qui préfèrent les eaux oligo-saumâtres (Feid 1, ...) sont surtout des Tanypodinae comme : *Z. hirtimana*, *P. grieckenland*, *N. punctata*, mais également des Chironominae comme : *P. monochromus*, *K. tendipediformis*.

➤ **Plan F3*F4**

L'examen du plan factoriel F3*F4 révèle l'influence du substrat (Figure 82).

✚ **L'Axe 3** : sépare les sites à substrats lourds (alluvions, argile) : Butomes, Feid 4.

- A ce type de substrat correspondent les espèces : *Z. hirtimana*, *C. flavocinctus*, *D. pallidicornis*, *C. riparius*, *L. minimus*, *X. falcigera*,

- Les sites Fedjoudj, Frènes et les Feid (1, 2, 3) ont des substrats argiles limoneux.

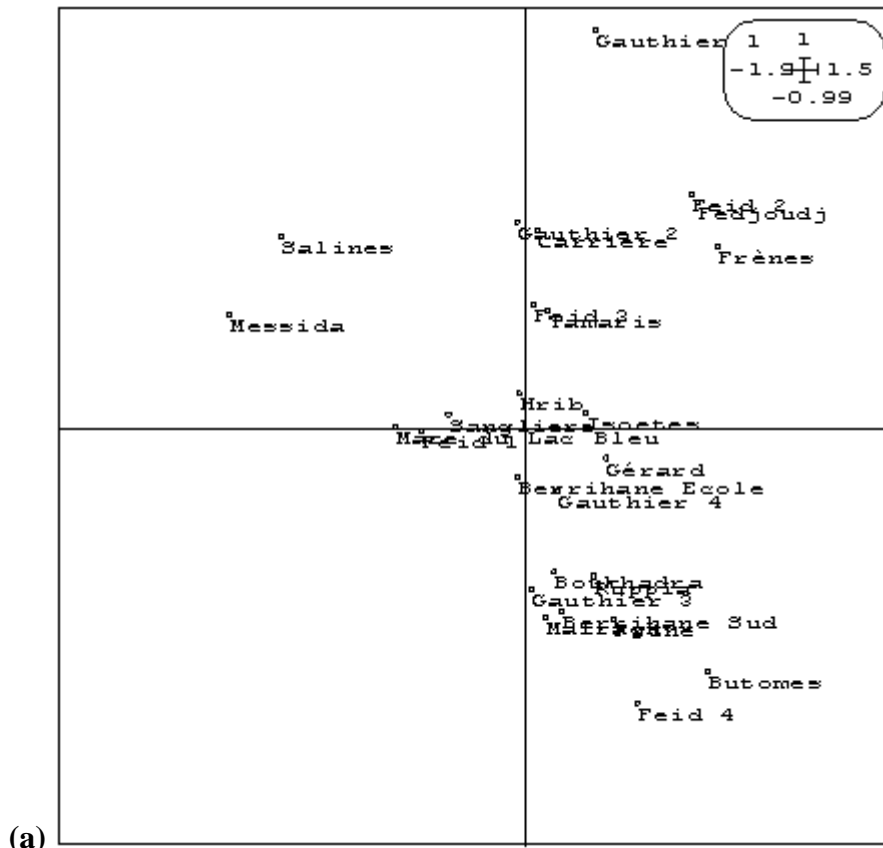
- A ce type de sites correspondent les espèces : *P. grieckenland*, *G. barbipes* et *T. horni*.
- Aux sites de Boukhadra et Gauthier 3, dont le substrat est limoneux, correspondent les espèces d'Orthocladiinae : *P. platypus*, *P. sordidellus*, *C. scutellta*.

✚ **L'Axe 4** : sépare les sites dont le substrat est limon-argileux : Messida et Salines.

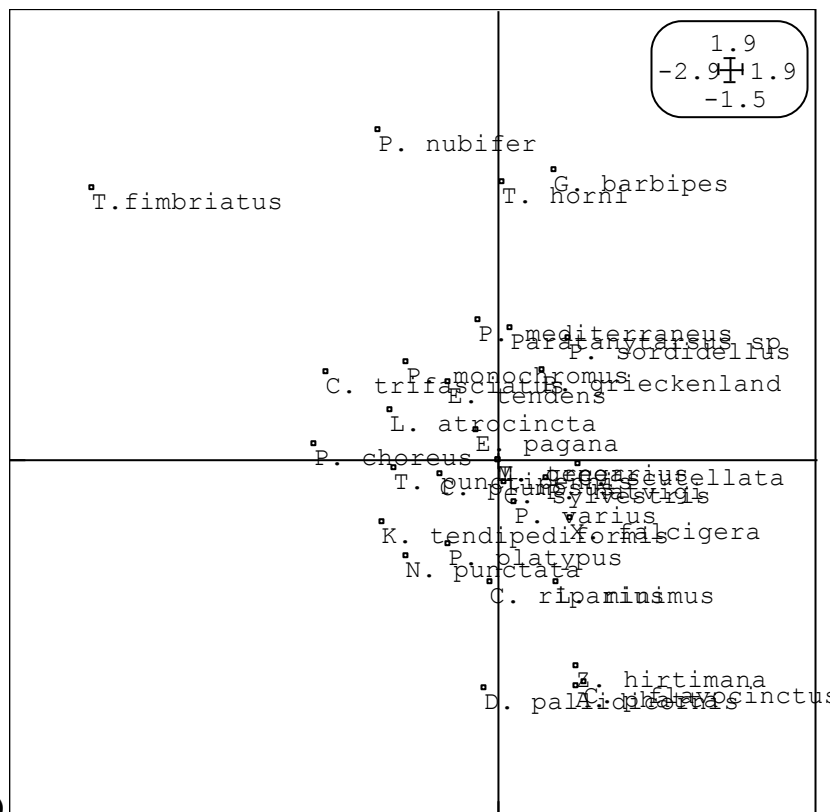
- Les espèces inféodées à ce type de substrat sont : *P. choreus*, *P. nubifer* et *T. fimbriatus*.



Figure 81: Analyse Factorielle des Correspondances. Plan 1x2. 26 sites x 32 espèces



(a)



(b)

Figure 82 : Analyse Factorielle des Correspondances. Plan 3x4. 26 sites x 32 espèces.

5.4.3 La richesse spécifique

L'évolution mensuelle de la richesse spécifique des 26 mares temporaires au cours de 04 cycles hydrologiques successifs (1996-2000) est représentée par les figures 83 à 86 et les tableaux de l'annexe 2.

Au cours du premier cycle (1996-1997) (Figure 83), seules 21 mares ont été échantillonnées. Pendant cette période, la richesse spécifique la plus élevée a été enregistrée au niveau des mares de Fedjoudj et Gérard aux mois de Janvier et Mars avec 7 espèces dans le même prélèvement. Ces sites sont suivis par ceux des Frènes et Messida. Les sites les moins riches en espèces sont ceux des Feid 3 et Feid 4. En effet, aucune espèce n'a été prélevée

Les courbes de l'évolution de la richesse spécifique au cours du premier cycle montrent un fléchissement de la diversité des Chironomidae au début de l'été (surtout dans le mois de Mai).

L'évolution mensuelle de la richesse spécifique au cours du deuxième cycle (1997-1998) est représentée par la figure 84. Celle-ci montre que les sites les plus riches spécifiquement sont ceux de Gérard (avec 9 espèces) dans le mois de février, Mafragh et Feid 1 (6 espèces) dans le mois de mars. Ceux-ci sont suivis par les mares de Messida, Fedjoudj et Bérrihane Ecole avec cinq espèces dans le même prélèvement.

Cependant, la richesse spécifique la plus basse a été observée au niveau de la mare de Hrib dans laquelle le nombre d'espèces fluctuent entre 0 et 2 espèces seulement et ceci au cours de tout le cycle. De même, au niveau des mares de Feid 4 et Butomes aucune espèce n'a été enregistrée.

Les courbes de l'évolution mensuelle de la richesse spécifique au cours du deuxième cycle (1997-1998) montrent que la diversité spécifique diminue dans les mois de mai et juin et ceci pour la plupart des sites (Messida, Gauthier 2, Gauthier 3, Gauthier 4, Fedjoudj, Gérard, Isoetes, Bérrihane Ecole, Carrière, Boukhadra, Tamaris, Mare du Lac Bleu).

La figure 85 montre qu'au cours du troisième cycle d'étude (1998-1999), la richesse spécifique calculée au niveau des vingt six mares temporaires de la Numidie orientale distingue clairement la Mare du Lac Bleu. En effet, on a enregistré 11 espèces de Chironomidae dans le même prélèvement et ceci dans le mois de mars. Dans la même mare on a noté 10 espèces au cours du mois de février. La mare du Lac Bleu est suivie par les mares de : Isoetes et Boukhadra (9 espèces), Carrière (8 espèces) et Gérard (7 espèces).

La mare la moins diversifiée au cours de la période (1998-1999) est celle de Frènes. En effet, on note une richesse spécifique comprise entre 0 et 2 espèces seulement et ceci au cours de toute la période du cycle. De même, la mare de Frine dans laquelle nous n'avons enregistré aucune espèce au cours de ce cycle.

La figure 86 concerne l'évolution mensuelle de la richesse spécifique au cours du quatrième cycle d'étude (1999-2000). Les graphes montrent que la mare la plus diversifiée est celle des Frènes où on a noté une richesse spécifique de 8 espèces pendant le mois de mars. Cette mare est suivie par celles de : Bérrihane école (avec 7 espèces pendant le mois d'avril), Carrière (février) et Boukhadra (6 espèces pendant les mois de mars et avril).

Pendant le cycle 4, les sites les moins diversifiés sont ceux de Feid1, où la richesse spécifique maximale est de 3 seulement, et Gauthier 4 dans laquelle on n'a noté aucune espèce de Chironomidae au cours de ce cycle.

De même, on a noté au cours du quatrième cycle d'étude une diminution de la richesse spécifique dans les mois de mai et juin et ceci pour la majorité des mares explorées.

D'après les figures (83 à 86), le cycle le plus riche en espèces de Chironomidae est le cycle 3 (1998-1999) avec plus de 350 espèces. Cette richesse spécifique est très élevée dans le mois de mars. En effet, on note plus de 100 espèces de Chironomidae dans ce mois.

Selon la figure 87, on remarque que le cycle où on a noté le minimum de diversité spécifique est le cycle 1 (1996-1997) avec $S = 273$.

La figure 88 montre que la richesse spécifique est élevée pendant les mois de : mars, février et janvier respectivement, c'est-à-dire la fin de l'hiver et le début du printemps. Cependant, les mois de novembre, mai et juin montrent la richesse spécifique la moins élevée.

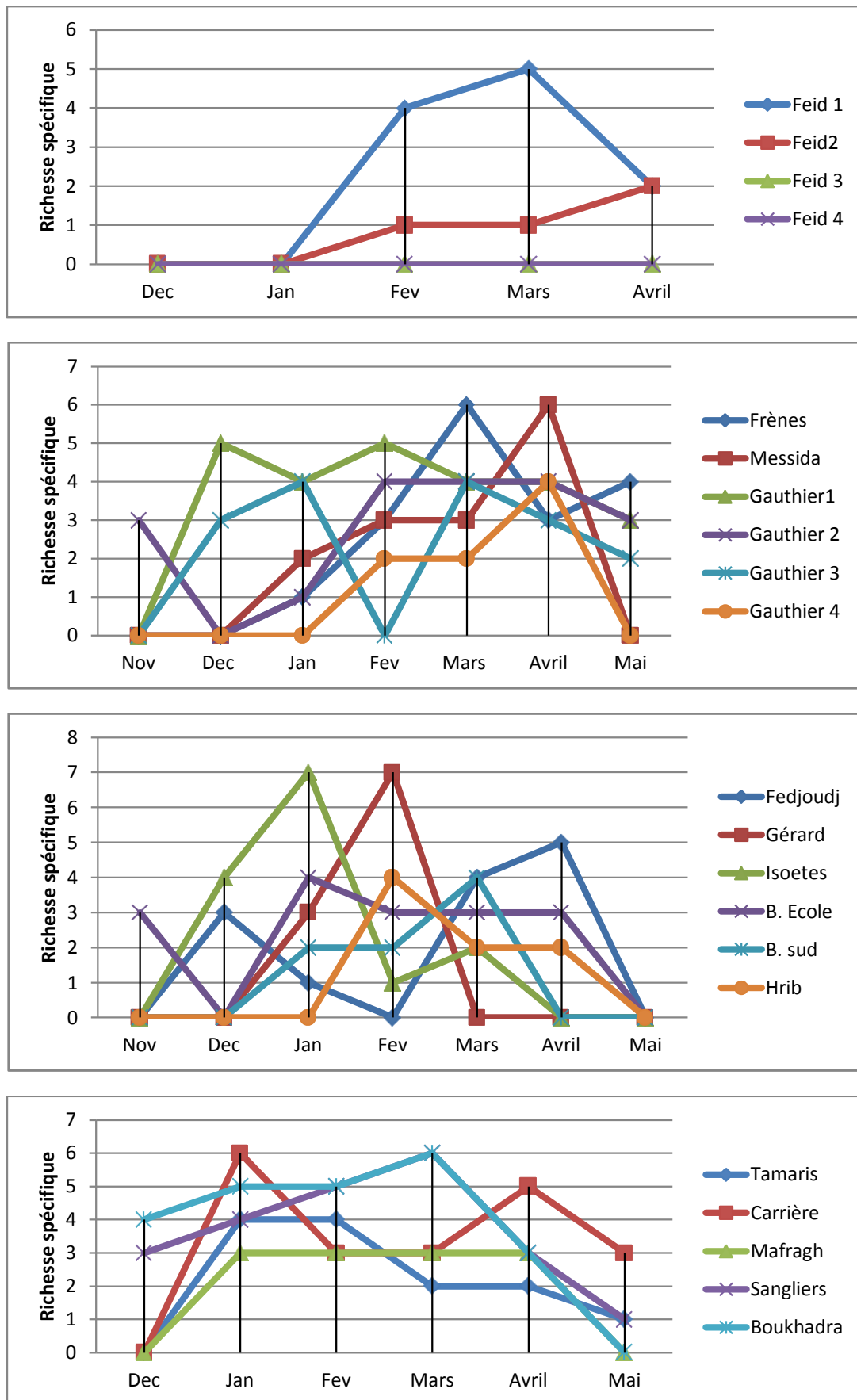


Figure 83 : Evolution mensuelle de la richesse spécifique au cours du cycle 1.

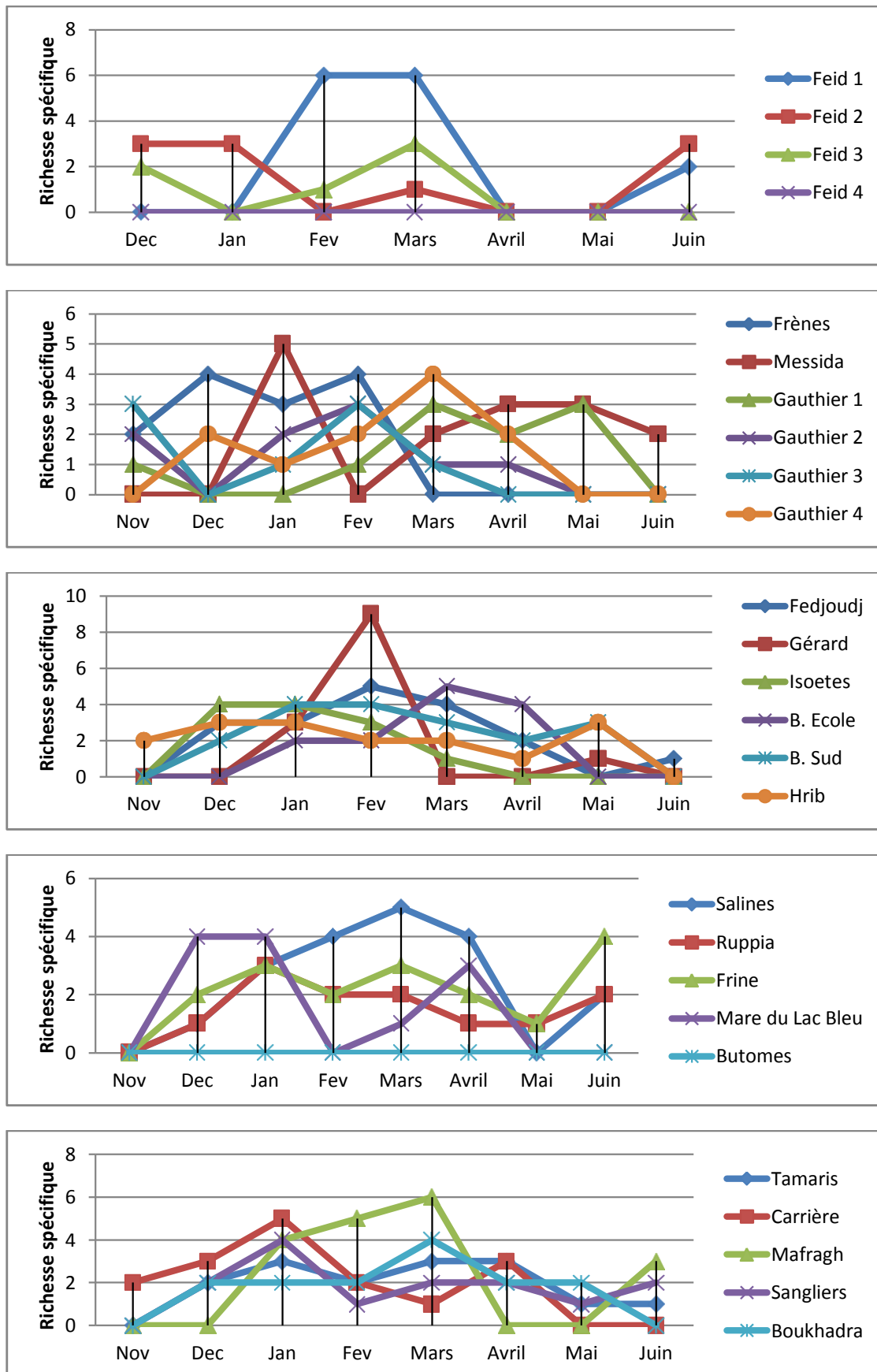


Figure 84 : Evolution mensuelle de la richesse spécifique au cours du cycle 2.

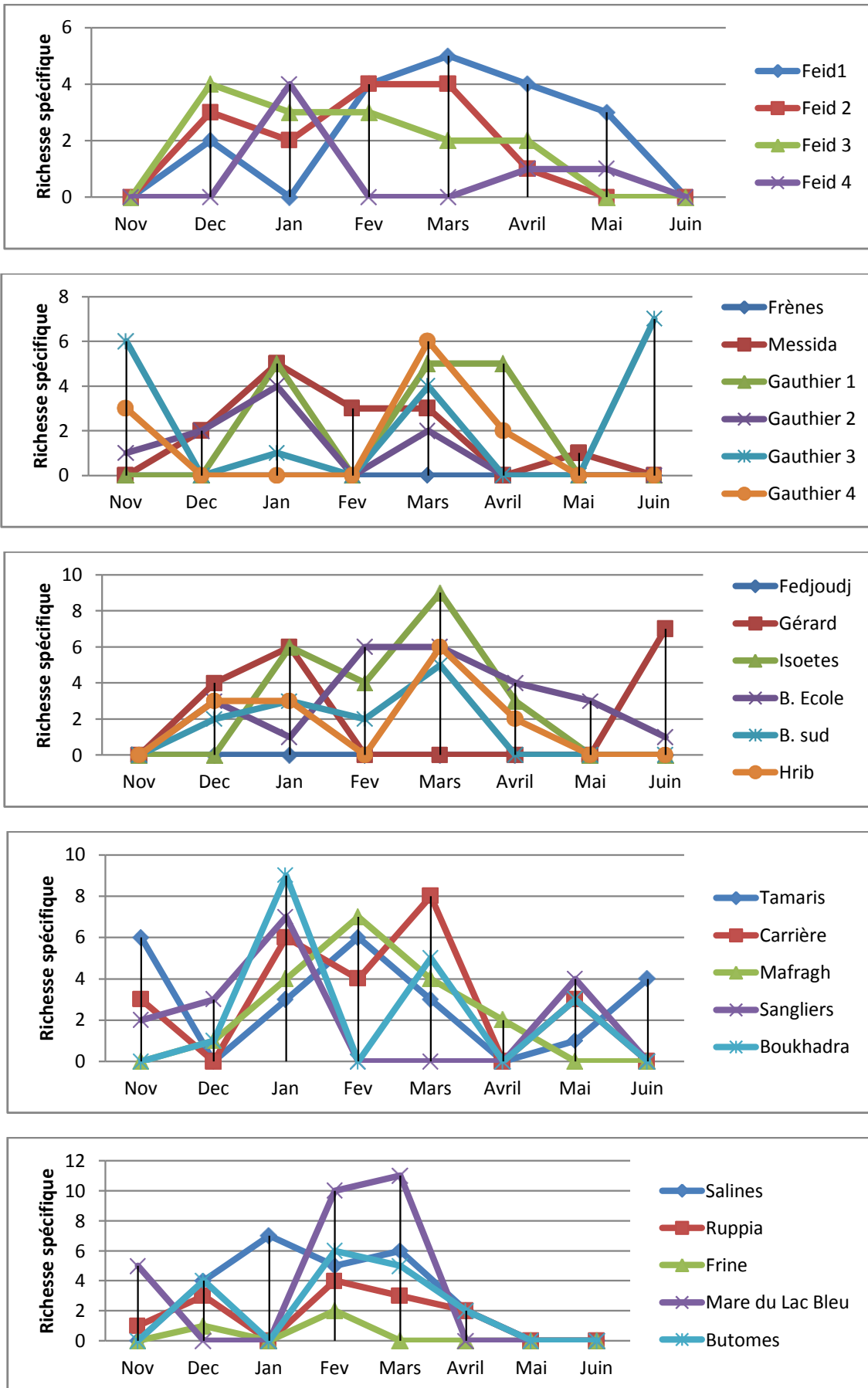


Figure 85 : Evolution mensuelle de la richesse spécifique au cours du cycle 3.

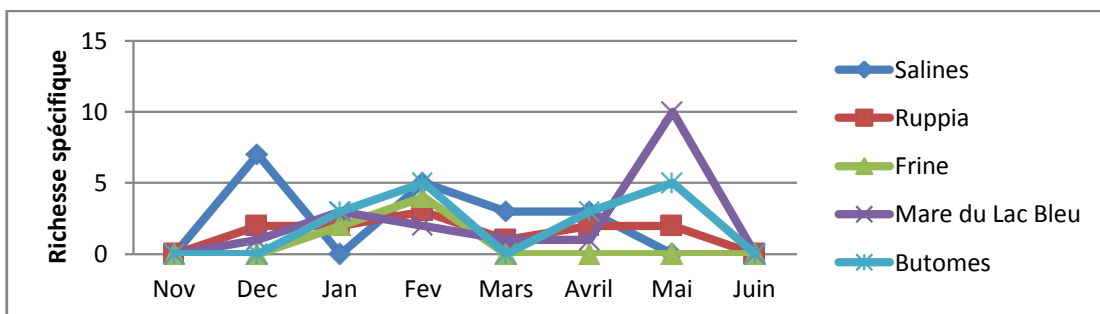
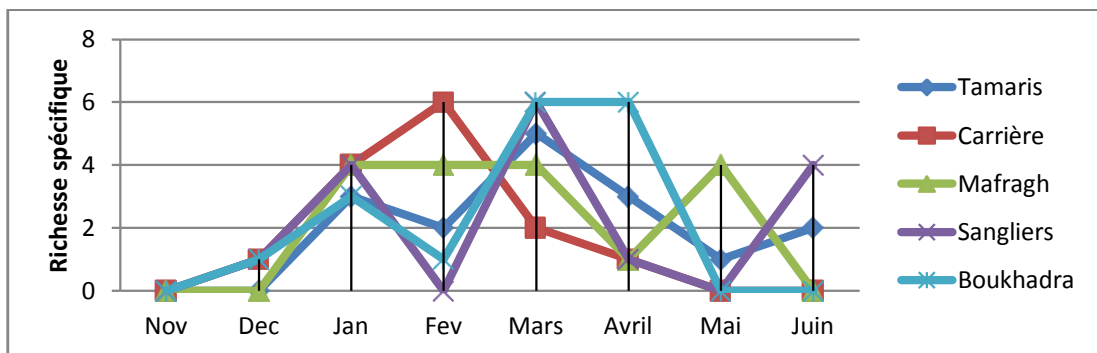
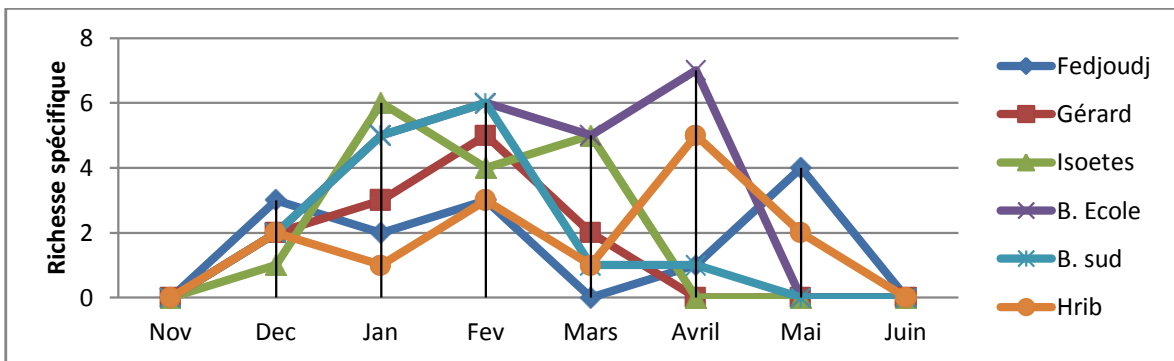
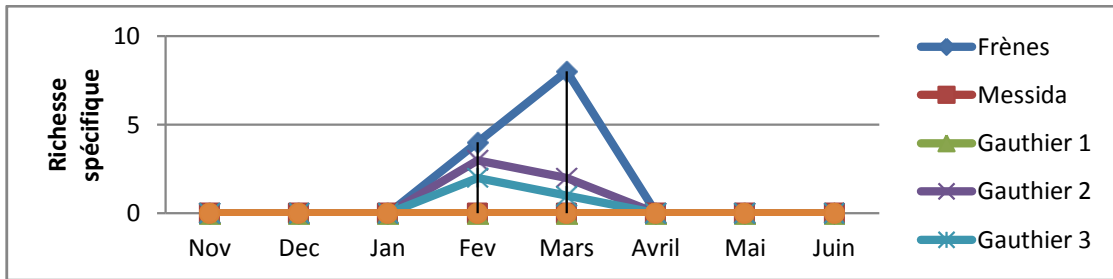
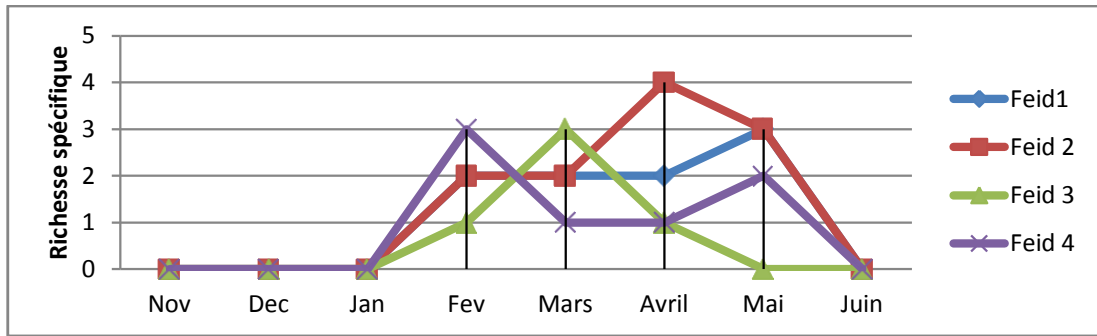
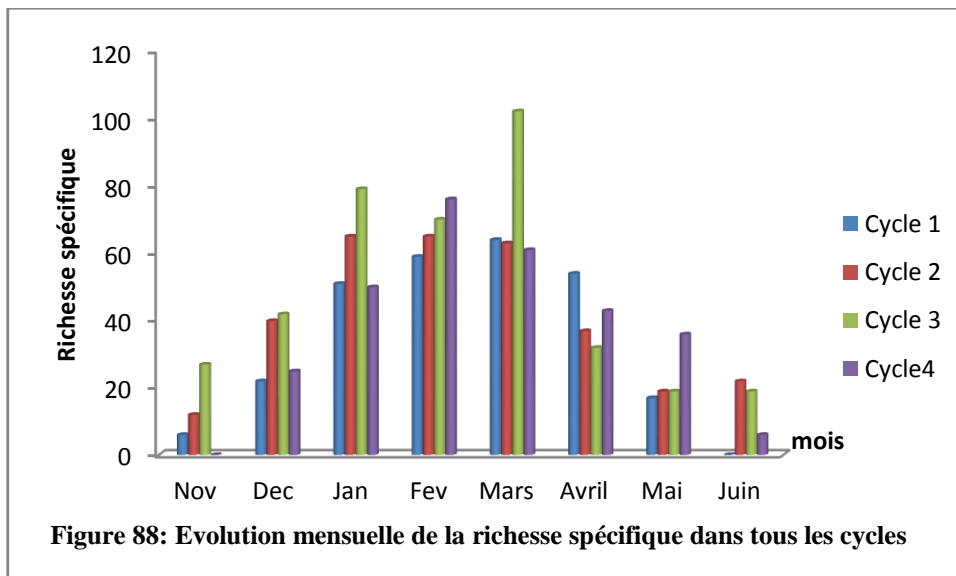
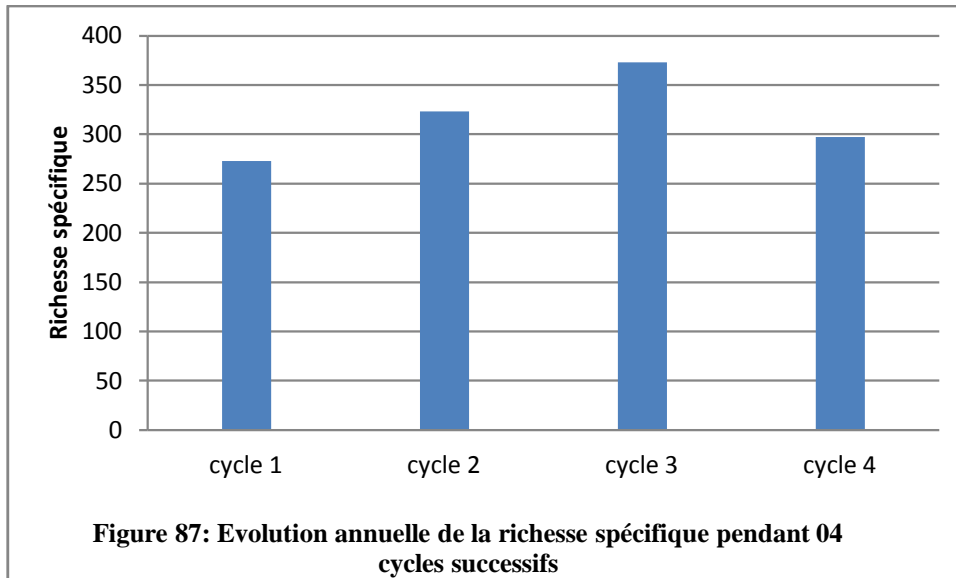


Figure 86 : Evolution mensuelle de la richesse spécifique au cours du cycle 4.



5.4.4 Indices de diversité

Les indices de diversité, l'équitabilité ainsi que l'indice de Shannon, ont été calculés pour pouvoir comparer entre la diversité des différents peuplements.

a. L'équitabilité

Par définition, l'équitabilité E varie entre 0 et 1, elle tient compte de la richesse spécifique et sert à comparer les diversités de deux peuplements. On rappelle qu'une valeur de E proche de 1 traduit un peuplement plus équilibré.

Dans ce travail, on a calculé l'équitabilité des différents sites au cours de la période d'étude pour pouvoir comparer entre eux. Selon le tableau de l'annexe 3 et la figure 89, on peut dire que l'équitabilité des mares temporaires de la Numidie en espèces de Chironomidae est relativement élevée. En effet, on note un maximum de 0.9 pour les mares : Berrihane Sud, Hrib, Tamaris, Salines et Carrière, et un minimum de 0.6 dans les mares Gauthier 2 et Gauthier 3.

Selon l'étude Mettalaoui (1999), qui concerne l'écologie des mares temporaires de la Numidie, la mare Gauthier 2 se distingue par une large abondance des larves d'Ephéméroptères. Des dernières sont de bons bioindicateurs de la qualité de l'eau ce qui explique la réduction des Chironomidae dans ce site.

La mare Gauthier 3 est un site riche en poissons, notamment *Pseudophoxinus callensis*, les Odonates, et beaucoup d'espèces de Coléoptères (*Berosus affinis*, *Cybister vulneratus* et *Dysticus circumflexus*), ainsi que des Batraciens tels que *Pleorodeles poireti* (Samraoui et de Belair, 1998). La présence de tous ces prédateurs dans ces sites explique cette diminution de l'équitabilité dans ce site.

b. Indice de Shannon

Cet indice de diversité tient compte de l'abondance des espèces. On rappelle qu'un indice de Shannon plus élevé correspond à un peuplement diversifié et équilibré.

Au cours de notre étude nous avons calculé l'indice de Shannon pour chaque site au cours de la période d'étude, et ceci dans le but de pouvoir comparer la diversité des sites échantillonnés.

Selon le tableau de l'Annexe 3 et la figure 90, on remarque que la valeur maximale de l'indice de Shannon est de 1.04 pour la mare Isoetes, d'autres sites montrent un indice de Shannon élevé tels que : carrière la Mare du Lac Bleu.

Selon la même figure on note que le minimum de l'indice de Shannon a été enregistré dans la mare de Gauthier 2 avec une valeur de 0.62. Ceci est conforme avec les valeurs de l'équitabilité.

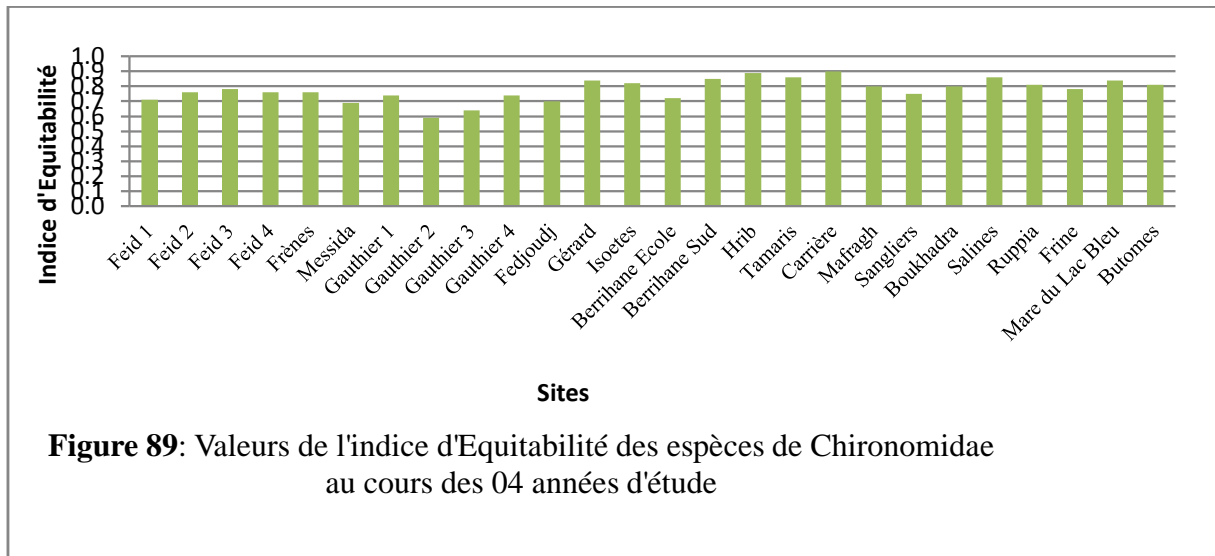


Figure 89: Valeurs de l'indice d'Equitabilité des espèces de Chironomidae au cours des 04 années d'étude

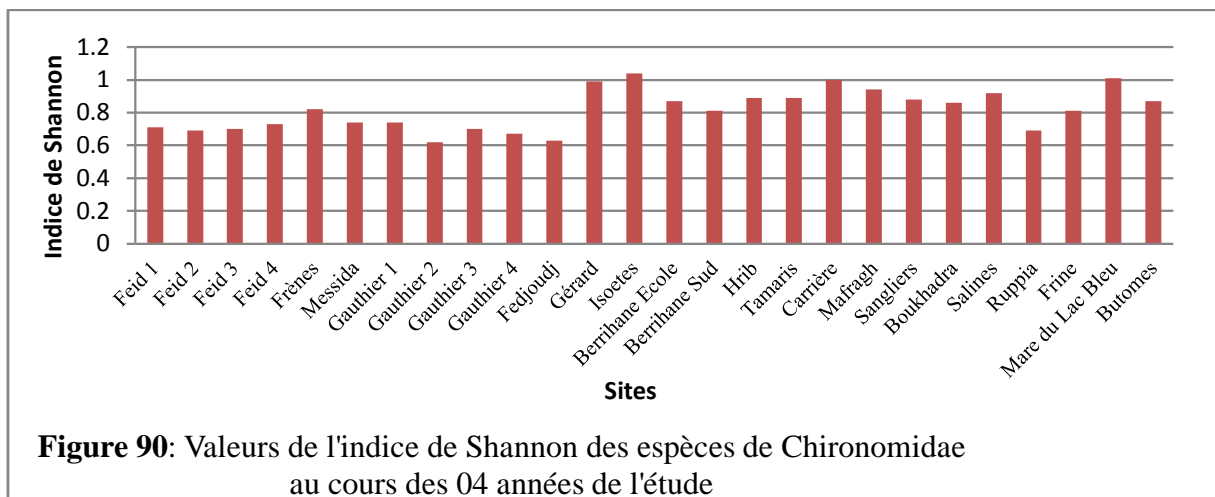


Figure 90: Valeurs de l'indice de Shannon des espèces de Chironomidae au cours des 04 années de l'étude

5.5 La répartition temporelle des espèces des Chironomidae

5.5.1 Phénologie des Chironomidae pendant le premier cycle

Selon les tableaux 39 à 42, en général, concernant toutes les espèces, on remarque que les chironomidae sont présents pendant toute la période d'étude, de novembre (début des crues) jusqu'à la fin du mois de juin (l'assèchement des mares).

Le tableau 39 montre la phénologie ou la répartition temporelle des espèces chironomidiennes au cours du premier cycle d'étude (1996-1997). Selon les données de ce tableau, on remarque qu'il y a plusieurs groupes d'espèces :

- Celles qui apparaissent pendant toute la période d'étude. Ces espèces sont généralement opportunistes et s'accommodent avec un large spectre de températures de l'eau :
 - *X. falcigera* : cette espèce est multivoltine puisqu'elle apparaît sous forme d'exuvie du mois de janvier jusqu'au avril, les stades nymphal et adulte apparaissent également pendant cette période (on note que l'exuvie provient de la puppe et donne l'adulte).
 - *C. sylvestris* : cette espèce d'Orthocladiinae apparaît toute l'année en tant que stade larvaire et ceci du mois de décembre jusqu'à la fin du mois d'avril. La puppe et l'exuvie et l'adulte apparaissent également pendant cette longue période suggérant l'état multivoltine et opportuniste de cette espèce.
 - Les espèces de *Psectrocladius* : *P. platypus* et *P. sordidellus* et *P. flavus* sont également des espèces multivoltines au cours de ce cycle. En effet, le stade larvaire dure toute la période d'étude. Pour *P. sordidellus* l'adulte accompagné généralement par l'exuvie apparaît deux fois par an : de décembre jusqu'à la moitié de février et la fin du mois de juin (c'est-à-dire le début de l'été) suggérant que l'espèce est bivoltine.
 - *P. mediterraneus* : est une espèce très répandue dans la région de la Numidie Orientale. En effet, elle est présente sous sa forme adulte toute l'année.
 - *C. plumosus* et *C. riparius* : ces groupes d'espèces appartenant au genre de *Chironomus* sont présentes pendant toute la période d'étude, à partir du début de l'hiver (début des crues) jusqu'à la fin du printemps (assèchement des mares).
- Le deuxième groupe d'espèces englobe celles qui apparaissent pendant une période restreinte de l'année. Ce sont probablement des espèces bivoltines dont le développement exige des conditions assez restreintes.

- *P. varius* : cette espèce Tanypodinae apparait du mois de décembre sous forme adulte, ensuite les mois de janvier et février en tant que larve.
- *P. choreus*, *A. phatta*, *C. flavocinctus*, *P. brehmi*, *L. minimus* et *K. tendipediformis* ces espèces apparaissent également que pendant les mois de janvier, février et mars sous formes larvaire, nymphale et adulte suggérant qu'elles sont univoltines et sténothermes froides.
- Le troisième groupe d'espèces en globe celles qui n'apparaissent qu'une seule fois, elles sont très restreintes dans leur phénologie :
 - *Z. hirtimana* : sous forme nymphale dans le mois de mars. *P. dilatatus* sous forme adulte, *P. Mesopsectrocladius*, dans le mois de mars. *P. bituberculatus* en exuvie nymphale à la fin de février et *Dicrotendipes* en tant que larve à la fin du mois de mars. *K. tendipediformis* au début de février en tant qu'exuvie. Ces observations suggèrent que l'émergence a eu lieu au printemps quand les températures commencent à augmenter. Cependant, *P. nubifer* apparait dans le mois de décembre en tant que pupe et exuvie.
 - *Pseudochiromus sp.* : une espèce qui n'existe dans nos échantillons que sous forme larvaire qu'à la fin du mois de mars.

Tableau 39: Phénologie des espèces de Chironomidae échantillonnées dans les mares temporaires de la Numidie Orientale au cours du premier cycle hydrologique (1996-1997) (: larve ; — ; nymphale ; — : exuvie ; — : adulte) —

Espèce	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin
<i>Tanytus punctipennis</i>					—		
<i>Psectrotanytus varius</i>		—	—				
<i>Procladius choreus</i>		—	—	—			
<i>Ablabesmyia phatta</i>		—	—	—	—		
<i>Xenopelopia sp</i>				—			
<i>X. falcigera</i>		—	—	—	—	—	—
<i>Zavrelyimia hirtimana</i>				—			
<i>Cricotopus flavocinctus</i>	—	—	—		—		
<i>C. sylvestris</i>	—	—	—	—	—	—	—
<i>C. trifasciatus</i>		—	—		—		
<i>Psectrocladius brehmi</i>		—		—			
<i>P. dilatatus</i>				—			
<i>P. platypus</i>	—	—	—	—	—		
<i>P. flavus</i>	—	—	—	—	—	—	
<i>P. Mesopsectrocladius</i>					—		

<i>P. sordidellus</i>	Orange	Green	Black	Red	Green	Orange	Green
<i>Limnophyes minimus</i>		Orange	Green	Black	Orange		
<i>Corynoneura scutellata</i>	Black	Green	Black	Red	Green		Black
<i>Paratanytarsus mediterraneus</i>	Orange	Orange			Orange	Orange	Orange
<i>P. bituberculatus</i>			Green				
<i>Paratanytarsus sp</i>			Black				
<i>Tanytarsus horni</i>		Orange	Green	Red	Green	Orange	Green
<i>Chironomus plumosus</i>	Green	Green	Black	Black	Black	Black	
<i>C. riparius</i>	Orange	Green	Black	Green	Black	Black	Black
<i>Dicrotendipes sp.</i>				Black			
<i>Endochironomus tendens</i>	Green	Black	Orange	Green	Black	Green	
<i>Glyptotendipes barbipes</i>		Green	Red				
<i>Kiefferulus tendipediformis</i>			Green				
<i>Parachironomus monochromus</i>					Green		
<i>Paratendipes sp</i>		Black					
<i>Polypedilum sp</i>			Black	Black		Black	
<i>P. nubifer</i>	Red	Green	Green	Orange	Green		
<i>Pseudochironomus sp</i>				Black			

5.5.2 Phénologie des Chironomidae pendant le deuxième cycle

Le tableau 40 montre la répartition temporelle des espèces chironomidiennes au cours du deuxième cycle d'étude (1997-1998). Selon les données de ce tableau, on remarque que la situation est semblable à celle observée durant le premier cycle d'étude. En effet, on enregistre les mêmes groupes d'espèces :

- Le premier groupe englobe :
 - *P. choreus* : tous les stades sont observés au cours de la période d'inondation des mares.
 - *X. falcigera* : cette espèce apparaît sous forme d'exuvie et nymphale du mois de novembre jusqu'au juin, suggérant l'occurrence de plusieurs générations pendant l'année.
 - *C. sylvestris* : apparaît toute l'année en tant que stade larvaire et ceci du début du mois de décembre jusqu'à la fin du mois de mai. La puppe et l'exuvie et l'adulte apparaissent également pendant cette période confirmant l'état multivoltine et opportuniste de cette espèce.

- Les espèces *P. platypus* et *P. sordidellus* sont également des espèces multivoltines au cours de ce cycle. En effet, les stades larvaire, nymphal et adulte apparaissent plusieurs fois pendant la période d'étude.
 - *C. scutellata* : apparait trois fois pendant l'année en tant que larve, nymphe et adulte et ceci pendant l'hiver (décembre), ensuite le printemps (de la fin de janvier jusqu'à la fin d'avril) et enfin pendant le mois de juin (l'été) suggérant l'occurrence de cette espèce en trois générations pendant ce cycle.
 - *P. mediterraneus*, cette espèce qu'on ne connaît pas ces stades nymphal et larvaire, apparait en tant qu'adulte à la fin de février jusqu'à la fin de juin.
 - *C. plumosus* et *C. riparius* : sont présentes pendant toute la période d'étude, à partir du début de l'hiver (début des crues) jusqu'à la fin du printemps (assèchement des mares) et ceci à tous les stades du cycle vital.
- Le deuxième groupe d'espèces englobe :
 - *P. varius*
 - *Z. hirtimana*, *C. flavocinctus*, *L. minimus*, *P. natvigi*, *T. fimbriatus* et *K. tendipediformis*, *E. pagana*, *G. gripekoveni* : ces espèces apparaissent que pendant des périodes restreintes de l'année. *P. monochromus* : est probablement aussi une espèce multivoltine (ou bivoltine) puisque on remarque sa présence au cours de toute l'année. En effet, une exuviation est notée dans le mois de décembre et une autre dans le mois de mars.
 - Le troisième groupe d'espèces englobe celles qui n'apparaissent qu'une seule fois, elles sont très restreintes dans leur phénologie :
 - *T. punctipennis* : sous forme larvaire pendant le mois de janvier. *P. dilatatus* sous forme adulte, *N. punctata* : en exuvie pendant janvier, *C. trifasciatus* en exuvie pendant mars, *C. ornatus* en nymphe pendant le mois de janvier, *Dicrotendipes* en tant que larve à la fin du mois de janvier. *E. albipennis* et *G. signatus* dont l'émergence s'est produite pendant le mois de janvier et mars respectivement, et *Microchironomus* dont les larves n'apparaissent que pendant le mois d'avril.

Ces observations confirment les observations du premier cycle. En fait, ces espèces préfèrent émerger au printemps quand les températures commencent à augmenter.

Tableau 40: Phénologie des espèces de Chironomidae échantillonnées dans les mares temporaires de la Numidie Orientale au cours du 2^{ème} cycle hydrologique (1997-1998).
 (— : larve ; — : nymphe ; — : exuvie ; — : adulte)

Espèce	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin
<i>Tanypus punctipennis</i>			—					
<i>Psectrotanypus varius</i>		—	—			—		
<i>Procladius choreus</i>		—	—	—	—	—		
<i>Ablabesmyia phatta</i>			—	—		—	—	—
<i>Natarsia punctata</i>			—					
<i>Xenopelopia sp</i>			—	—	—			
<i>X. falcigera</i>	—		—	—	—		—	—
<i>Zavrelyimia hirtimana</i>				—	—			
<i>Paramerina sp.</i>			—	—	—			
<i>P. grieckenland</i>		—						
<i>Cricotopus flavocinctus</i>		—	—	—	—			
<i>C. sylvestris</i>		—	—	—	—	—	—	—
<i>C. trifasciatus</i>					—			
<i>C. ornatus</i>			—					
<i>P. platypus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>P. sordidellus</i>		—	—	—	—	—	—	
<i>Bryophaenocladus sp.</i>				—				
<i>Camptocladus sp.</i>				—				
<i>Limnophyes minimus</i>			—	—		—		
<i>Corynoneura scutellata</i>	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Paratanytarsus mediterraneus</i>				—	—	—		—
<i>P. natvigi</i>			—		—			
<i>P. bituberculatus</i>					—			
<i>P. grimmii</i>		—						
<i>Paratanytarsus sp</i>			—	—	—		—	
<i>Tanytarsus fimbriatus</i>			—	—				
<i>T. horni</i>			—					
<i>Chironomus plumosus</i>		—	—	—	—	—	—	—
<i>C. riparius</i>			—	—	—	—	—	—
<i>Cladotanytarsus sp.</i>				—				
<i>C. atridorsum</i>					—	—		
<i>C. mancus</i>				—				

<i>Dicrotendipes sp.</i>			—		—			
<i>D. pallidicornis</i>					—			
<i>Einfeldia pagana</i>			—			—	—	
<i>Endochironomus tendens</i>							—	—
<i>E. albipennis</i>			—	—				
<i>Glyptotendipes barbipes</i>			—		—	—		
<i>G. gripekoveni</i>					—		—	
<i>G. signatus</i>					—			
<i>Kiefferulus tendipediformis</i>				—	—			
<i>Parachironomus monochromus</i>		—				—		
<i>Microchironomus sp.</i>						—		

5.5.3 Phénologie des Chironomidae pendant le troisième cycle

Le tableau 41 montre la répartition temporelle des espèces chironomidiennes au cours du troisième cycle d'étude (1998-1999). Selon les données de ce tableau, on remarque que la situation est semblable à celle observée durant le premier et le deuxième cycle d'étude. En effet, on enregistre les mêmes groupes d'espèces :

- Le premier groupe englobe :
 - *P. choreus* : cette espèce est présente pendant toute la période d'étude. En effet, dans les mois de février et de mars on note la présence des stades : nymphe, exuvie et adulte témoignant d'une émergence dans ces mois.
 - Durant ce cycle, *T. punctipennis* appartient à ce groupe d'espèces puisque il apparait pendant toute l'année.
 - *X. falcigera* : cette espèce apparait sous formes : d'exuvie, nymphale et adulte du mois de novembre jusqu'au juin, suggérant l'occurrence de plusieurs générations pendant l'année.
 - *C. sylvestris* : pour cette espèce comme on l'a vu dans les cycles précédents, est présente pendant toute l'année et ceci dans tous les stades.
 - *C. flavocinctus* : cette espèce est répandue dans la région de la Numidie. En fait, elle elle a été enregistrée sous forme larvaire toute l'année et le stade exuvial pendant le mois de janvier.
 - Les espèces *P. platypus* et *P. sordidellus* et *C. scutellata* sont des espèces multivoltines au cours de ce cycle également. En effet, les stades larvaire, nymphal et adulte apparaissent plusieurs fois pendant l'année.

- Pendant ce cycle l'espèce *L. minimus* est très répandue. En effet, le stade larvaire (janvier) est suivi d'une émergence pendant le mois de février et mars.
 - *P. mediterraneus*, apparait de janvier jusqu'à la fin de juin. La larve du genre *Paratanytarsus* est présente toute l'année et elle très répandue.
 - *C. plumosus* et *C. riparius* : sont présentes pendant toute la période d'étude, à partir du début de l'hiver jusqu'à la fin du printemps et ceci à tous les stades du cycle vital.
 - Pendant ce cycle, *E. tendens*, *G. barbipes* et *T. horni*, *P. monochromus*, et *P. nubifer* appartiennent à ce groupe d'espèces. Plusieurs exuviations se sont enregistrées durant l'année.
- Le deuxième groupe d'espèces englobe :
 - *P. varius* dont seul le stade larvaire est enregistré pendant les mois de janvier et mars. Ceci suggère que soit le stade larvaire est relativement long et dure plusieurs mois ou bien c'est une espèce multivoltine avec plusieurs générations pendant l'année.
 - Même situation est observée pour *A. phatta*. Cependant, *N. punctata* est enregistrée sous forme larvaire pendant les mois de janvier, février et mars.
 - *C. trifasciatus* apparait toute l'année mais son développement est entrecoupé. En effet, on n'a pas observé cette espèce pendant les mois de février, mars et avril.
 - La même situation est observée pour les larves de *Dicrotendipes* et l'exuvie de *D. pallidicornis* a été observée de la fin de février à la deuxième semaine de mars.
 - *T. fimbriatus*, *K. tendipediformis*, *E. pagana*, *G. gripekoveni* : ces espèces apparaissent que pendant des périodes restreintes de l'année.
 - Le troisième groupe d'espèces englobe celles qui n'apparaissent qu'une seule fois, elles sont très restreintes dans leur phénologie parmi ces espèces :
 - *Z. hirtimana* : sous forme d'exuvie une seule fois dans tous les échantillons de ce cycle et ceci dans le mois de janvier.
 - *C. ornatus* sous forme nymphale pendant le mois de janvier. *P. dilatatus* sous forme d'exuvie seulement en novembre.
 - *P. flavus* : sous forme larvaire pendant le mois de juin. *P. brehmi*, dont la puppe et l'exuvie ont été observée de mars à avril.
 - *C. ornatus* en nymphe pendant le mois de janvier.

- Les larves de *Cryptochironomus* apparaissent une seule fois très tôt dans l'année (début novembre).

Tableau 41: Phénologie des espèces de Chironomidae échantillonnées dans les mares temporaires de la Numidie Orientale au cours du 3^{ème} cycle hydrologique (1998-1999).

(— : larve ; — : nymphe ; — : exuvie ; — : adulte)

Espèce	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin
<i>Tanytus punctipennis</i>		—	—	—	—	—		
<i>Psectrotanytus varius</i>			—			—		
<i>Procladius choreus</i>		—		—	—	—	—	
<i>Ablabesmyia phatta</i>		—	—	—	—	—		
<i>Larsia atrocincta</i>				—				
<i>Natarsia sp.</i>			—	—	—			
<i>N. punctata</i>					—			
<i>Xenopelopia sp</i>			—	—	—			
<i>X. falcigera</i>	—	—	—	—	—			—
<i>Zavrelyimia hirtimana</i>			—					
<i>Cricotopus flavocinctus</i>		—	—	—	—			—
<i>C. sylvestris</i>	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>C. trifasciatus</i>		—	—		—		—	—
<i>C. ornatus</i>			—					
<i>Psectrocladius brehmi</i>					—	—		
<i>P. dilatatus</i>	—							
<i>P. platypus</i>		—	—	—	—	—	—	—
<i>P. sordidellus</i>	—	—	—	—	—	—		—
<i>Limnophyes minimus</i>			—	—	—			—
<i>Corynoneura scutellata</i>		—	—	—	—	—	—	—
<i>Eukiefferiella gracei</i>			—		—			
<i>Paratanytarsus mediterraneus</i>			—	—	—		—	—
<i>P. natvigi</i>					—			
<i>Paratanytarsus sp.</i>	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Tanytarsus sp</i>							—	
<i>Tanytarsus fimbriatus</i>		—		—	—			
<i>T. horni</i>			—	—	—	—	—	
<i>Chironomus plumosus</i>		—	—	—	—	—	—	
<i>C. riparius</i>			—	—	—	—		—

<i>Cryptochironomus sp.</i>	—							
<i>Dicrotendipes sp.</i>	—		—		—			
<i>D. pallidicornis</i>					—			
<i>Einfeldia pagana</i>			—	—	—			
<i>E. paganus</i>						—		
<i>Endochironomus tendens</i>			—	—	—	—	—	—
<i>Glyptotendipes barbipes</i>	—	—	—	—	—			
<i>Kiefferulus sp.</i>	—		—					
<i>K. tendipediformis</i>			—	—	—			
<i>Parachironomus monochromus</i>		—		—	—		—	
<i>Polypedilum sp.</i>			—		—			
<i>P. (Tripodura) sp.</i>			—					
<i>P. nubifer</i>		—	—		—	—		

5.5.4 Phénologie des Chironomidae pendant le quatrième cycle

Le tableau 42 montre la répartition temporelle des espèces chironomidiennes au cours du troisième cycle d'étude (1999-2000). Selon les données de ce tableau, les mêmes remarques ont été enregistrées pendant ce cycle qu'aux cycles précédents. En effet, on note les mêmes groupes d'espèces :

- Le premier groupe englobe :
 - *P. choreus*, *X. falcigera* et *C. sylvestris* : comme il a été vu précédemment dans les autres cycles ces espèces sont présentes pendant toute la période d'étude et ceci à partir de décembre jusqu'au mois de juin.
 - Durant ce cycle, *T. punctipennis* et *A. phatta* appartiennent à ce groupe d'espèces puisqu'elles appartiennent pendant toute l'année.
 - Durant ce cycle, et contrairement aux cycles précédents, l'espèce *C. trifasciatus* est assez répandue. Elle apparaît très tôt dès le début de novembre et dure jusqu'au mois de mars, et ceci sous forme larvaire.
 - *P. platypus*, *P. sordidellus* et *C. scutellata* sont toujours des espèces multivoltines et très répandues. En effet, les stades larvaire, nymphal et adulte apparaissent plusieurs fois pendant l'année.
 - *C. plumosus* et *C. riparius* : sont également (comme on l'a vu pour tous les autres cycles) présentes pendant toute la période d'étude, à partir du début de l'hiver jusqu'à la fin du printemps et ceci à tous les stades du cycle vital.

- Pendant ce cycle, *E. tendens* apparait sous forme larvaire à la fin du mois de janvier. l'exuviation a eu lieu à la fin de février, ensuite d'autres stades larvaires se sont apparus dans les mois de mars et mai.
- Le deuxième groupe d'espèces englobe :
 - *P. varius* dont seul le stade larvaire est enregistré pendant les mois de janvier et mars et mai. Ceci a été également observé dans les cycles précédents.
 - *L. atrocincta* apparait pour la première fois pendant la période d'étude. Elle est sous forme d'exuvie pendant décembre et fin février.
 - Durant ce cycle, le développement de *C. flavocinctus* est entrecoupé. En effet, on l'a observé dans la dernière semaine de janvier jusqu'à la fin de février, ensuite dans le mois de mai.
 - Pour *L. minimus* les stades de larve, pupes et exuvie ont été enregistrés entre les mois de février et mars témoignant, probablement, d'une émergence pendant cette période.
 - *P. mediterraneus*, *T. horni*, les larves de *Dicrotendipes*, *E. pagana*, et *E. paganus* appartiennent également à ce groupe.
- Le troisième groupe d'espèces englobe :
 - *N. punctata* : sous forme d'exuvie une seule fois dans tous les échantillons de ce cycle et ceci dans le mois de janvier.
 - Comme pour les cycles précédents, *Z. hirtimana* n'apparait qu'une seule fois en tant qu'exuvie et nymphe entre janvier et février.
 - *C. ornatus* sous forme nymphale pendant le mois de janvier.
 - *P. limbatellus* et *P. brehmi* sous forme d'exuvie et adulte respectivement.
 - Les larves de *Cladotanytarsus* apparaissent pendant le mois de février.
 - Les larves de *Cryptochironomus* apparaissent une seule fois très tard dans l'année (fin juin).
 - *G. barbipes* et *M. tener* appartiennent également à ce groupe puisqu'elles sont échantillonnées une seule fois dans le mois de mars en tant qu'exuvie.

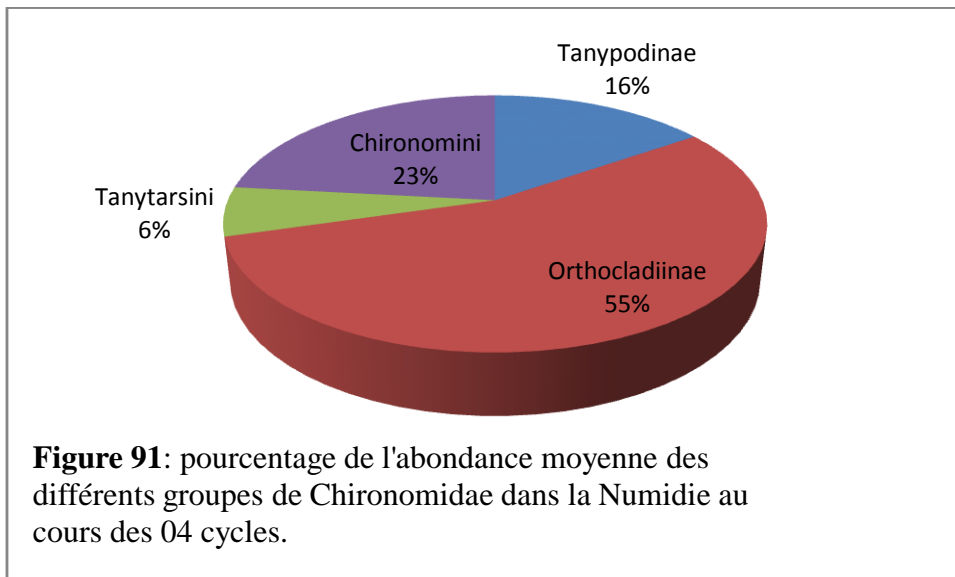
Tableau 42 : Phénologie des espèces de Chironomidae échantillonnées dans les mares temporaires de la Numidie Orientale au cours du 4^{ème} cycle hydrologique (1999-2000). (— : larve ; — : nymphe ; — : exuvie ; — : adulte).

Espèce	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin
<i>Tanypus punctipennis</i>			—				—	
<i>Psectrotanypus varius</i>			—		—		—	
<i>Procladius choreus</i>		—	—	—	—	—	—	
<i>Ablabesmyia phatta</i>			—	—		—		—
<i>Larsia atrocincta</i>		—		—				
<i>N. punctata</i>			—					
<i>Xenopelopia sp</i>		—	—	—	—	—	—	—
<i>X. falcigera</i>		—	—	—	—	—	—	—
<i>Paramerina sp.</i>					—			—
<i>Zavrelyimia hirtimana</i>			—	—				
<i>Cricotopus flavocinctus</i>			—	—			—	
<i>C. sylvestris</i>		—	—	—	—	—	—	—
<i>C. trifasciatus</i>		—	—	—	—			
<i>C. ornatus</i>		—						
<i>Psectrocladius brehmi</i>			—					
<i>P. platypus</i>		—	—	—	—	—	—	
<i>P. sordidellus</i>	—	—	—	—	—	—	—	
<i>P. limbatellus</i>					—			
<i>Limnophyes minimus</i>				—	—			
<i>Corynoneura scutellata</i>		—	—	—	—		—	—
<i>Cladotanytarsus sp.</i>				—				
<i>Paratanytarsus mediterraneus</i>				—	—		—	
<i>Paratanytarsus sp.</i>			—	—	—	—	—	
<i>Tanytarsus sp</i>	—				—			
<i>T. horni</i>			—		—			
<i>T. gregarius</i>				—				
<i>Chironomus plumosus</i>			—	—	—	—	—	—
<i>C. riparius</i>	—		—	—	—	—	—	—
<i>Cryptochironomus sp.</i>								—
<i>Dicrotendipes sp.</i>						—	—	

<i>Einfeldia pagana</i>				—	—	—			
<i>E. paganus</i>				—		—			
<i>Endochironomus tendens</i>				—		—		—	
<i>Glyptotendipes barbipes</i>						—			
<i>Microchironomus tener</i>						—			
<i>Parachironomus monochromus</i>					—			—	—
<i>P. nubifer</i>				—			—		

5.6 L'étude de l'abondance des Chironomidae dans la Numidie

5.6.1 Abondance des différents groupes de Chironomidae



D'après la figure ci-dessus et le tableau 2 de l'annexe 1, on remarque que la sous famille des Orthocladiinae est celle qui englobe l'effectif le plus élevé des Chironomidae avec un pourcentage de 55% du nombre total des Chironomidae.

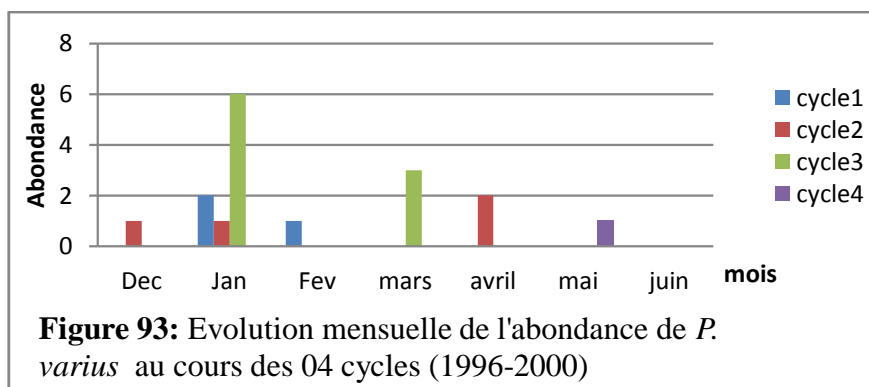
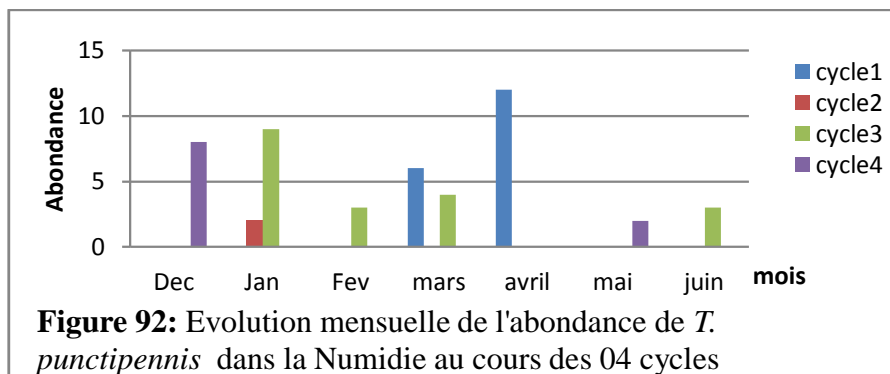
5.6.2 L'évolution mensuelle de l'abondance des espèces chironomidiennes au cours des 04 cycles

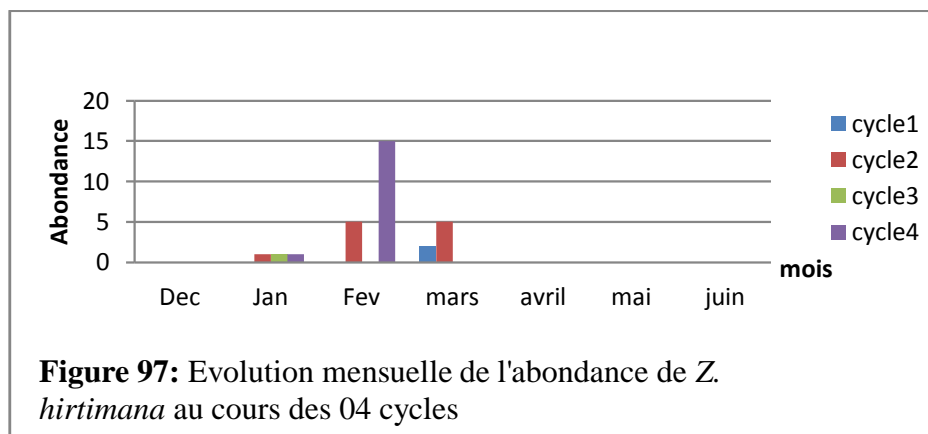
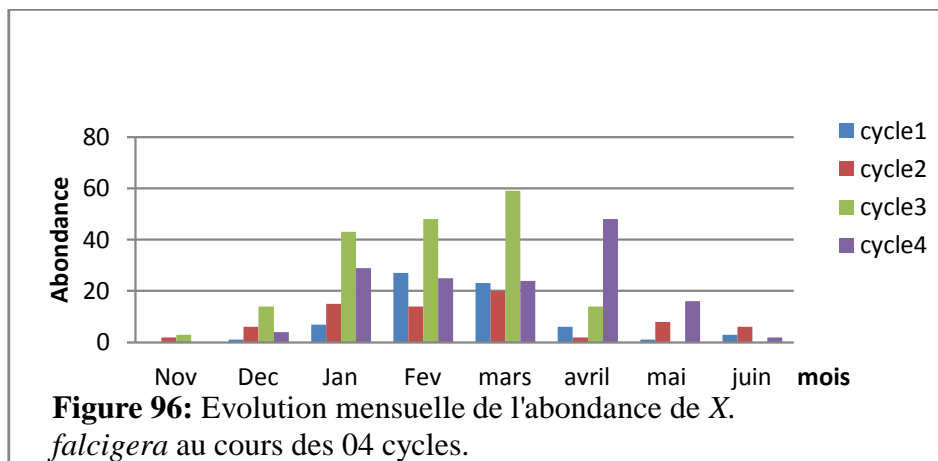
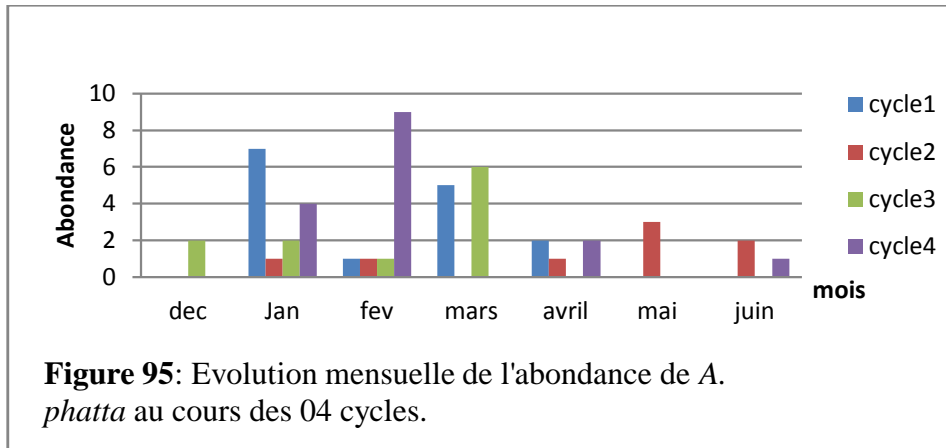
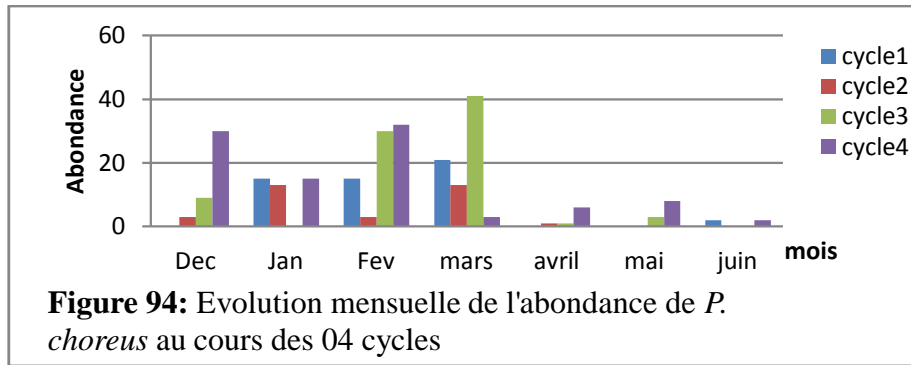
Les figures 92 à 138 représentent l'évolution mensuelle de l'abondance des espèces chironomidiennes au cours des 04 cycles (1996-2000). Ces figures nous permettent de compléter les données de la phénologie d'une part, et de comparer l'abondance de ces espèces entre les saisons et entre les cycles d'autre part.

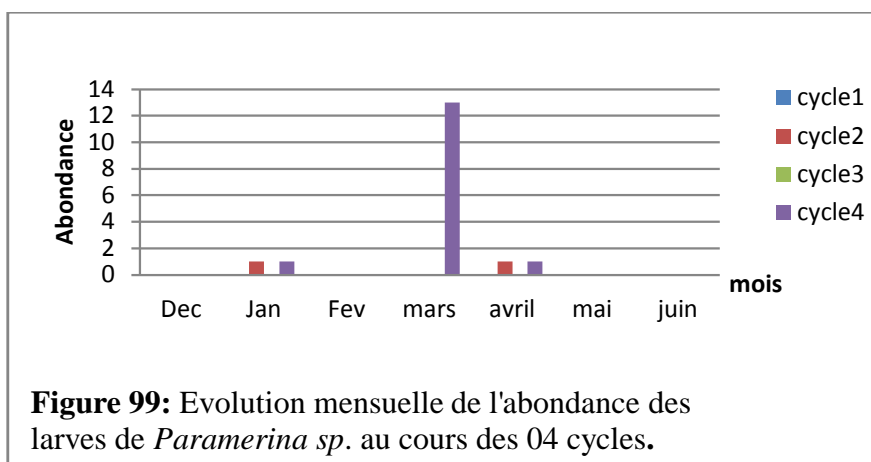
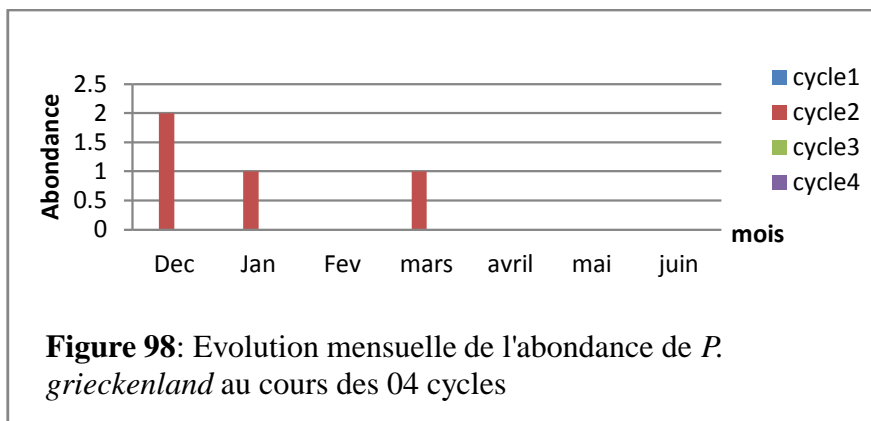
Les figures 92 à 99 nous montrent que parmi les Tanypodinae, *X. falcigera* est la plus abondante dans la région de la Numidie Orientale avec une abondance maximale de 60 individus dans le mois de mars du 3^{ème} cycle hydrologique (Figure 96). On remarque également que parmi les Tanypodinae cette espèce est présente pendant toute la période d'étude et ceci pour tous les cycles.

X. falcigera est suivie par *P. choreus* dont l'abondance maximale est de 41 individus pendant le mois de mars du 3^{ème} cycle (Figure 94).

Les espèces les moins abondantes sont : *P. varius* avec une abondance maximale de 6 individus pendant le mois de mars du 3^{ème} cycle (Figure 93), suivie par *N. punctata* (3 individus), *L. atrocincta* (2 individus pendant le mois de février du 2^{ème} cycle) et enfin l'espèce la moins abondante est *Clinotanypus nervosus* dont une seule larve a été échantillonnée pendant la période d'étude et ceci dans le 2^{ème} cycle, le mois de mars (ces dernières données n'ont pas été faites sous forme de graphes vu le nombre réduit des individus).







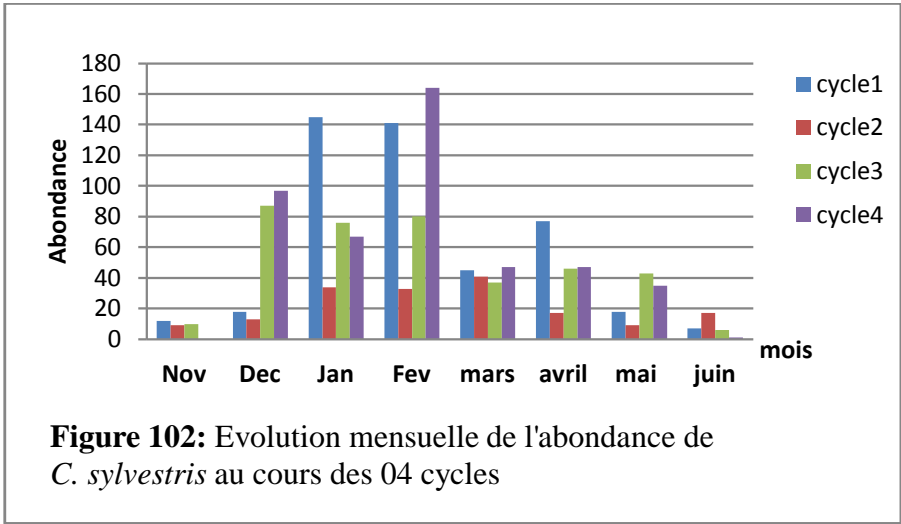
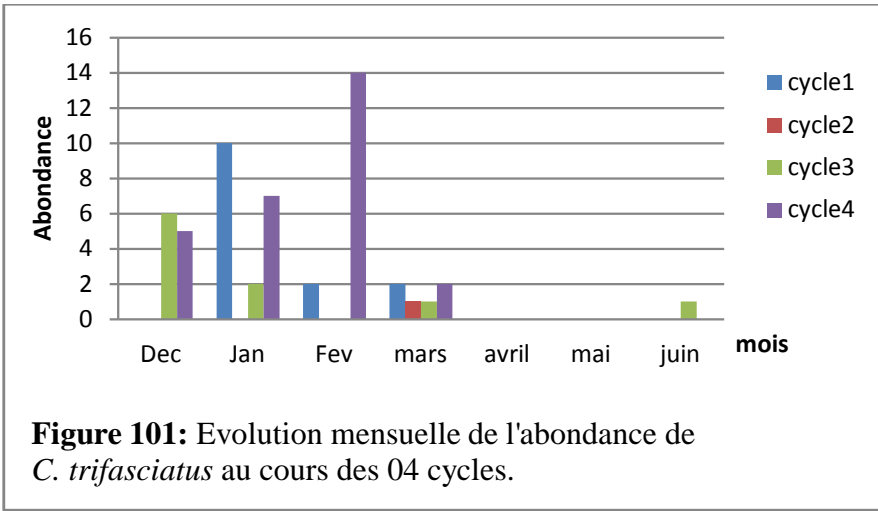
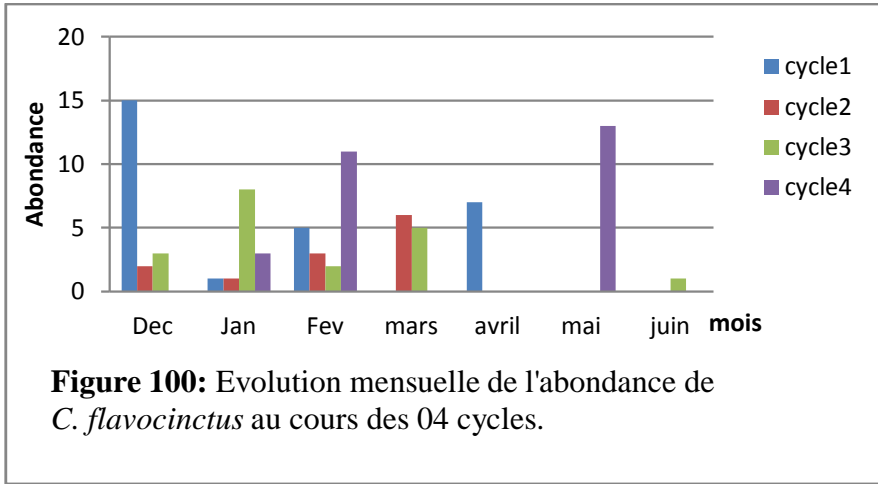
Les figures (100 à 106) nous présentent l'évolution mensuelle des espèces appartenant à la sous famille des Orthocladiinae. En effet, selon ces figures on peut noter que les Orthocladiinae sont plus abondants que les Tanypodinae.

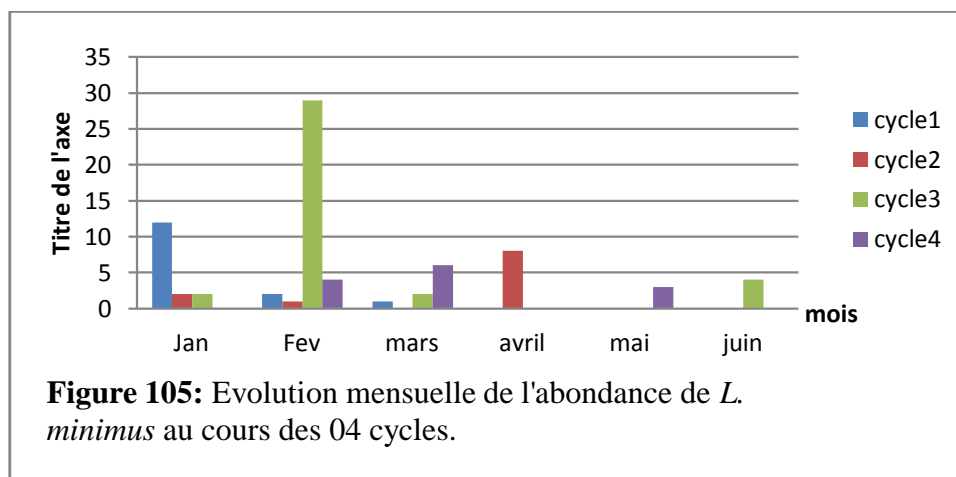
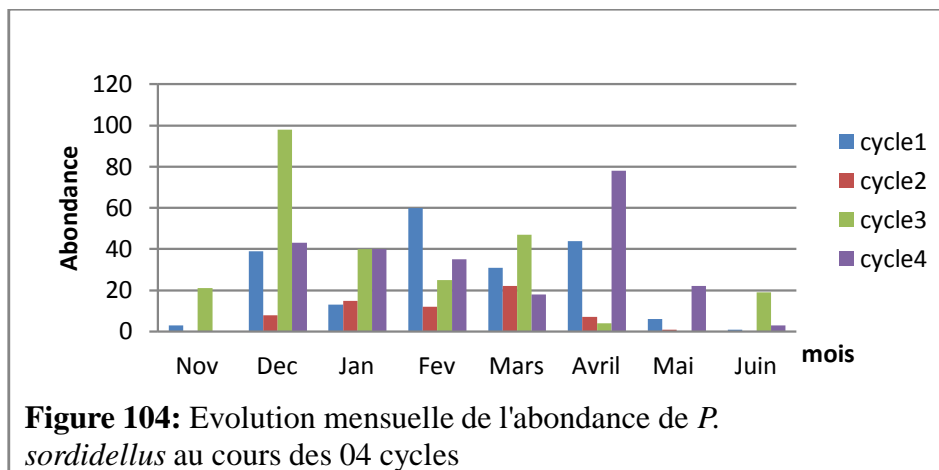
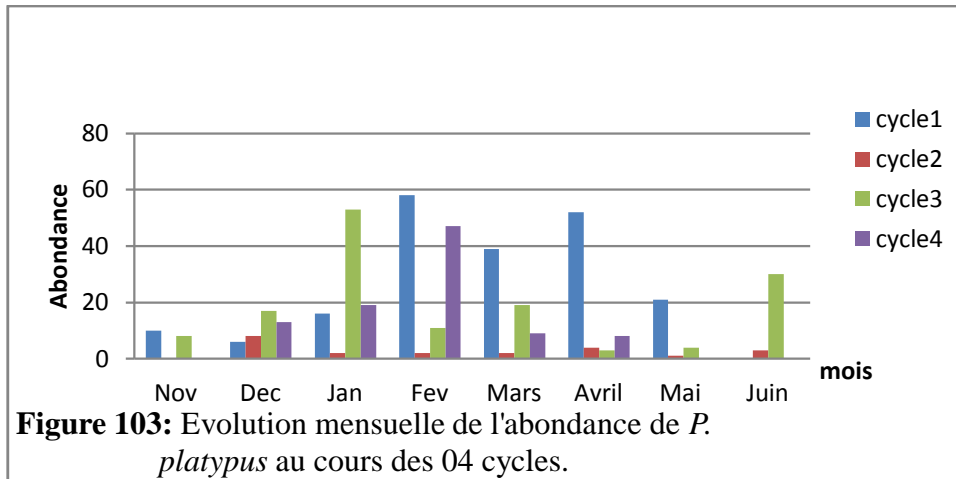
Le genre *Cricotopus* est celui qui renferme les espèces les plus abondantes. En effet, *C. sylvestris* présente une abondance maximale de 164 individus dans le mois de février du 4^{ème} cycle (Figure 102).

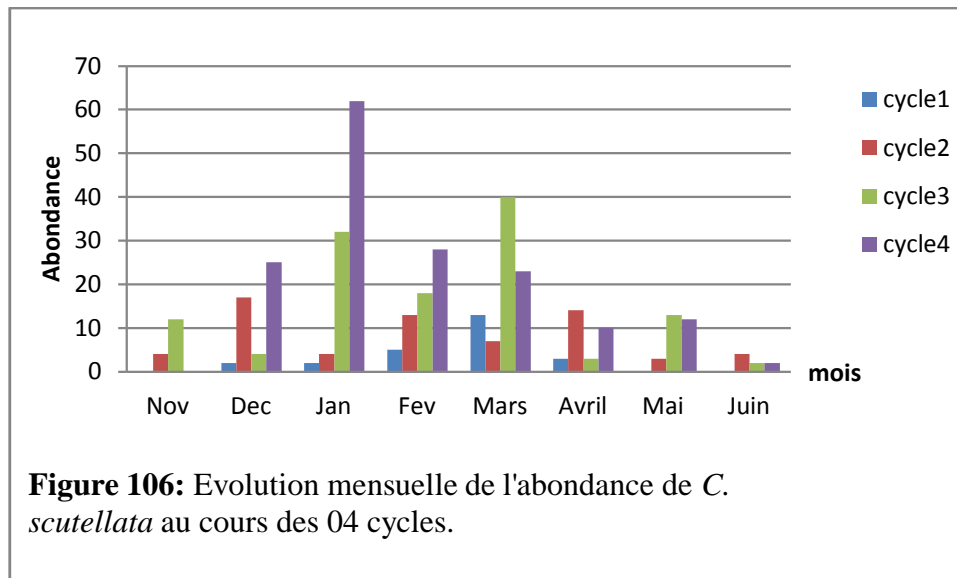
Le genre *Psectrocladius* est également assez important. Le groupe d'espèces le plus abondant est celui de *P. sordidellus* avec un maximum d'individus (98) enregistré dans le mois de décembre du 3^{ème} cycle (Figure 104). Les groupes d'espèces les moins abondants sont ceux de *P. (A.) flavus*, *P. (Mesopsectrocladius)* et *P. limbatellus*. Ce dernier compte seulement 2 individus dans le mois de mars du 3^{ème} cycle.

On a enregistré une abondance assez importante pour *C. scutellata*. Cette espèce est présente au cours de tous les cycles avec une abondance assez importante d'un maximum de 62 individus pendant le mois de janvier du 4^{ème} cycle.

Les espèces : *Bryophaenocladus sp.*, *C. stercorarius* et *E. gracei* sont les moins abondants parmi tous les Orthocladiinae. En effet, 1 ou deux individus seulement ont été observés au cours des 04 cycles.







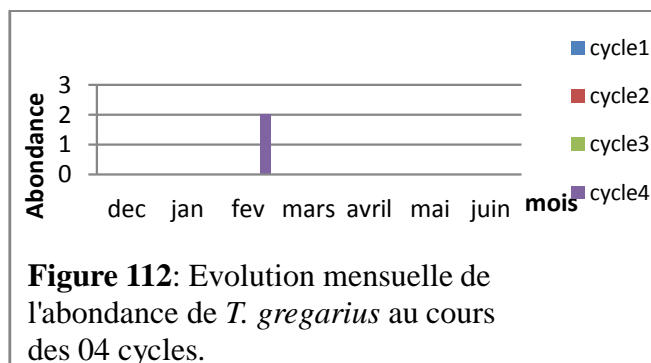
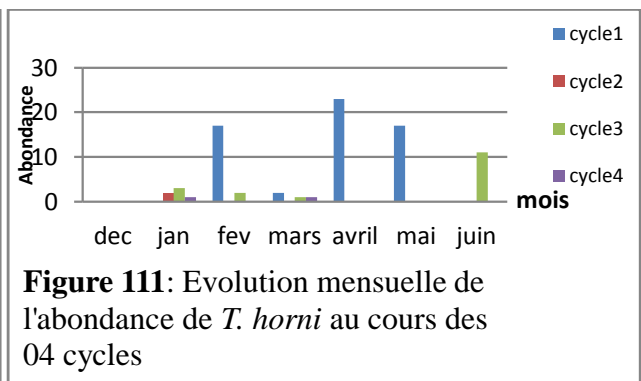
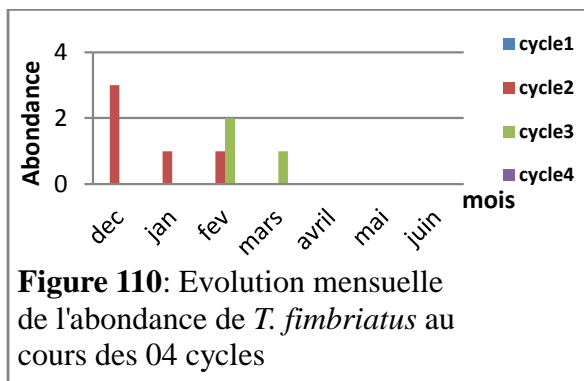
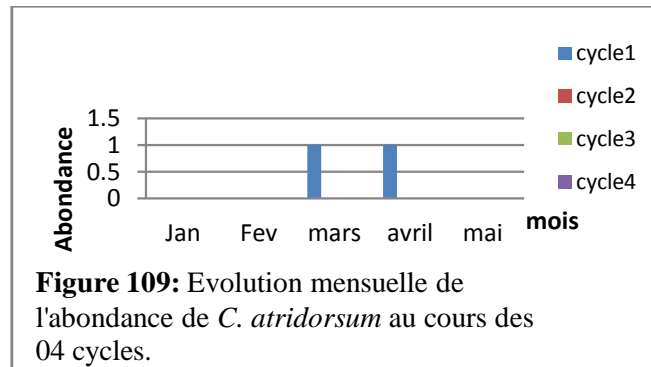
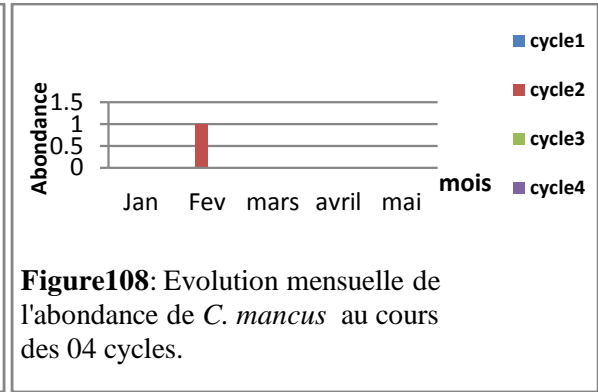
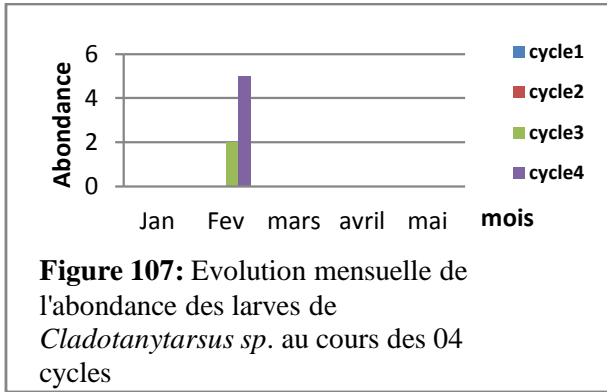
Les figures 107 à 134 montrent l'évolution mensuelle de l'abondance des Chironominae au cours des 04 cycles (1996-2000).

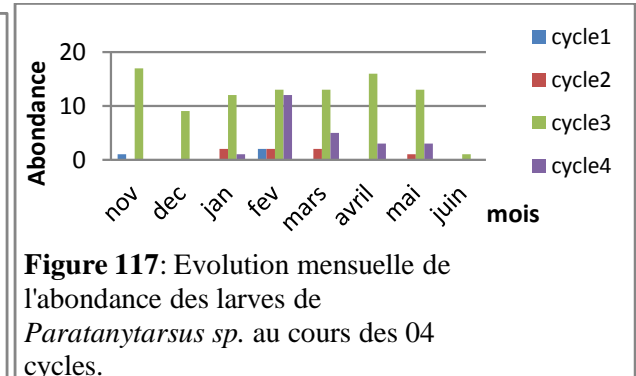
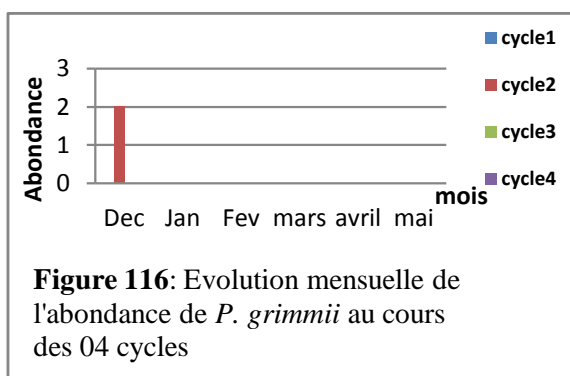
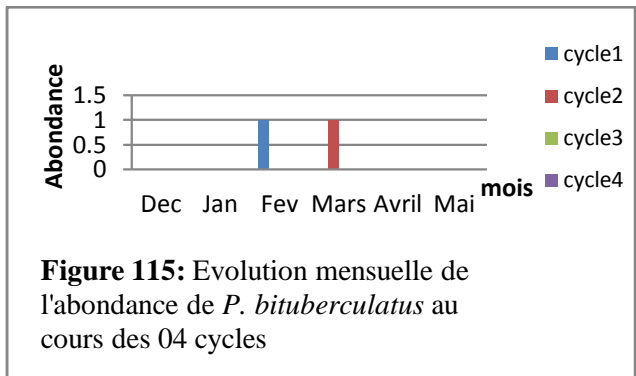
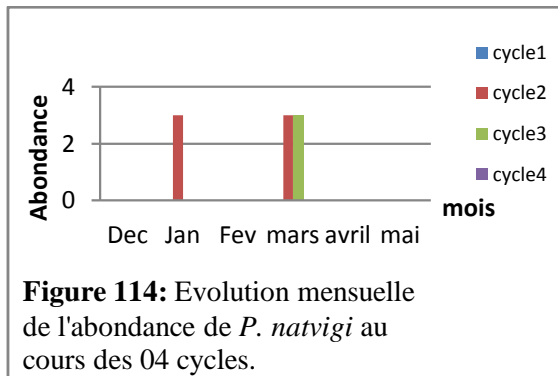
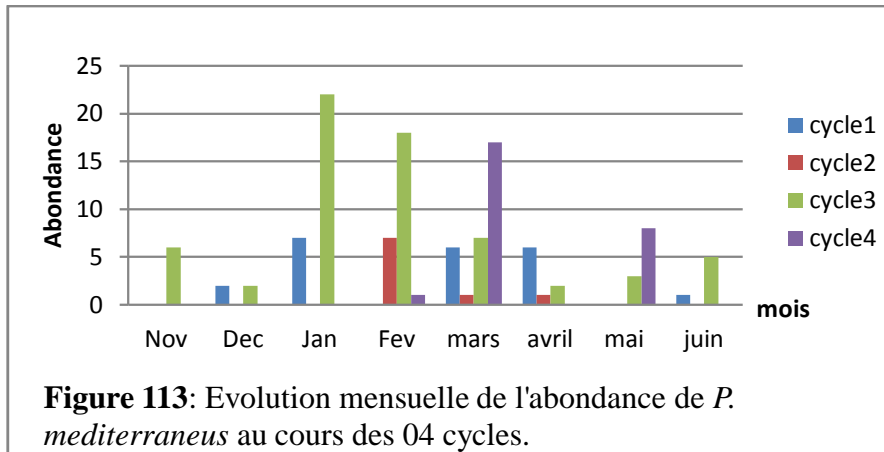
Les *Tanytarsini* présents dans les mares temporaires de la région de la Numidie sont représentés par les genres suivants : *Cladotanytarsus*, *Paratanytarsus*, *Tanytarsus*, distribués sur 07 espèces (figures 107 à 117).

Les figures 107 à 109 nous montrent que les espèces de *Cladotanytarsus* (*C. mancus* et *C. atridorsum*) et leurs larves ne sont présentes, dans tous les cycles, que pendant les mois de février et mars. Ces dernières sont les plus abondantes avec un effectif de 5 larves en février du 4^{ème} cycle.

Tanytarsus n'est représenté que par trois espèces : *T. fimbriatus*, *T. horni* et *T. gregarius*. Selon les figures 110 à 112, parmi ces espèces, *T. horni* est celle présente pendant tous les cycles avec une abondance maximale de 21 individus dans le mois d'avril du premier cycle.

Paratanytarsus est le genre qui renferme l'effectif le plus élevé avec approximativement 280 individus. Les figures 113 à 117 nous montrent clairement que l'espèce la plus abondante est *P. mediterraneus*. Celle-ci est présente dans tous les cycles et les mois et elle a une abondance maximale de 22 individus pendant le mois de janvier du 3^{ème} cycle. L'espèce la moins abondante est *P. bituberculatus* avec un seul individu échantillonné dans les mois de février et mars. De même, la présence de *P. grimmii* n'a été enregistrée qu'une seule fois pendant le mois de décembre du 2^{ème} cycle.

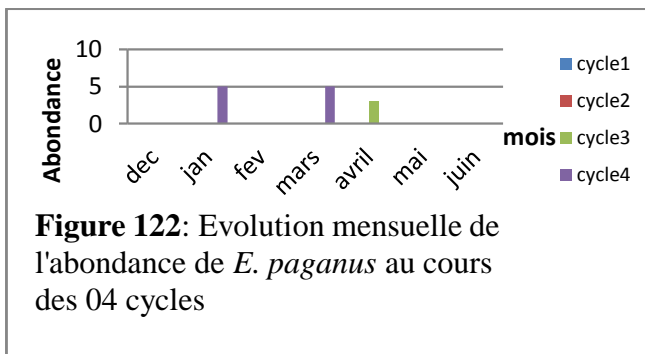
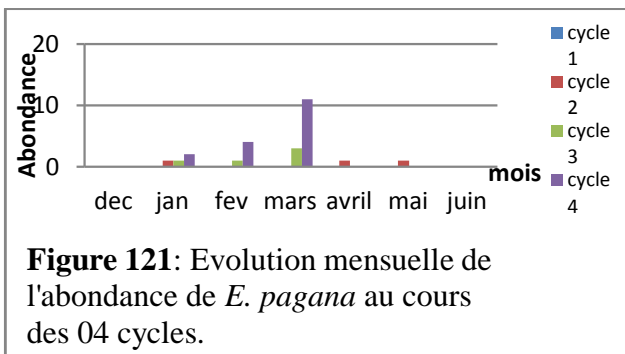
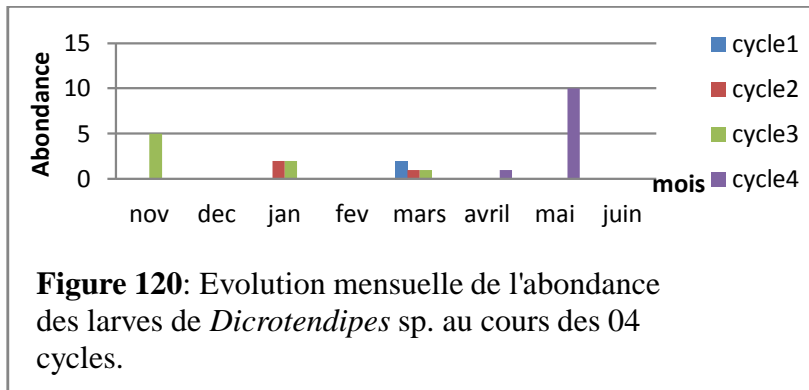
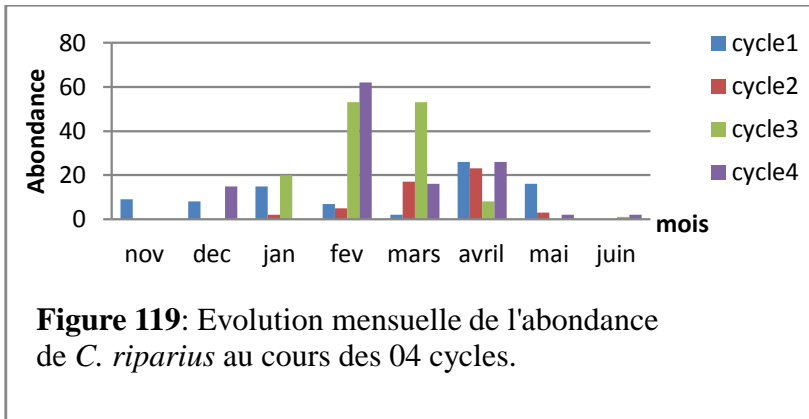
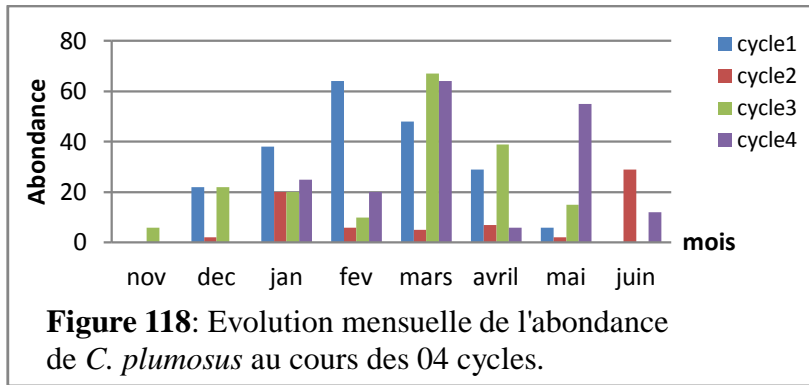


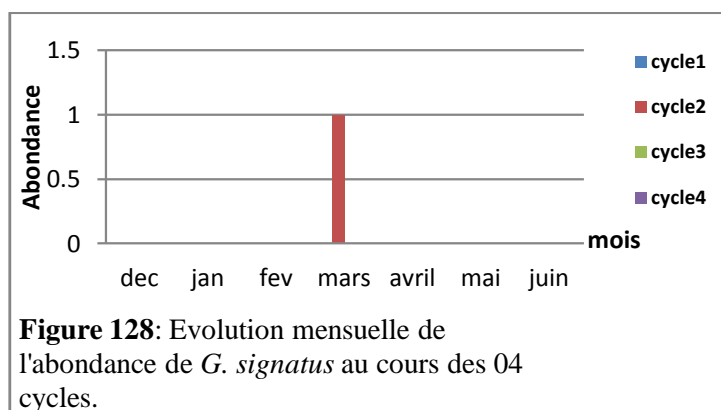
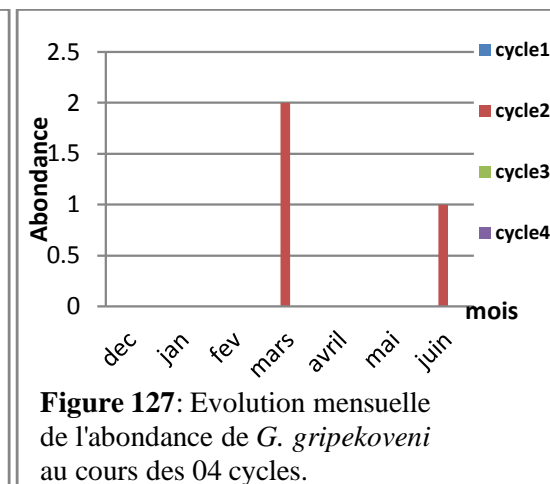
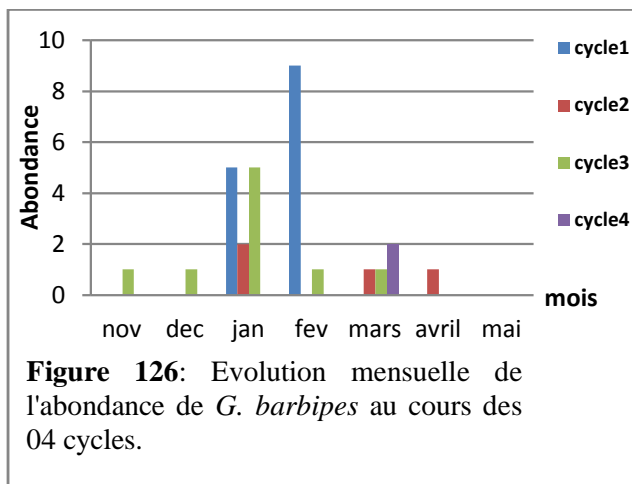
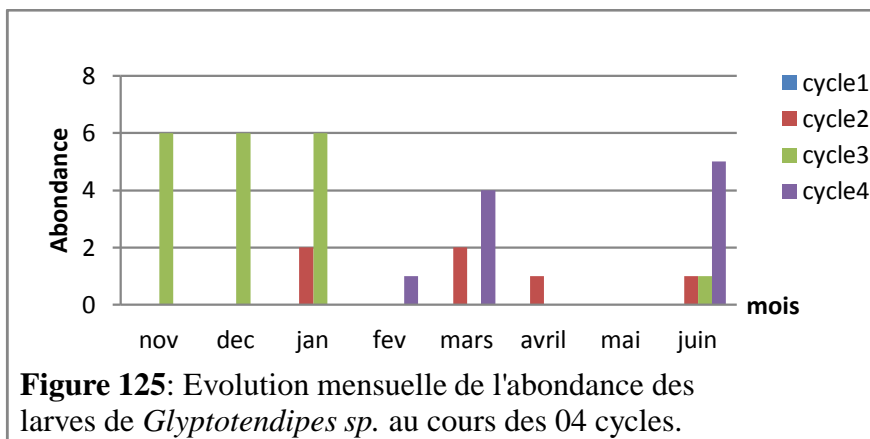
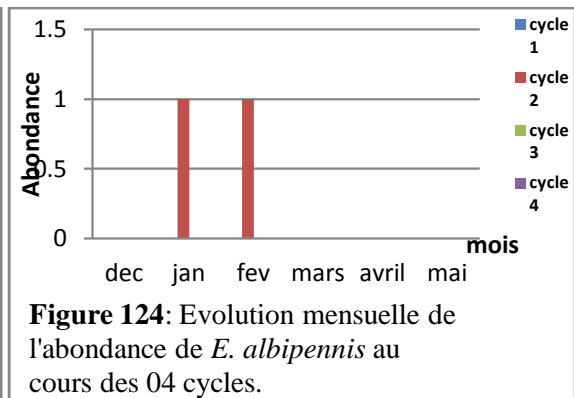
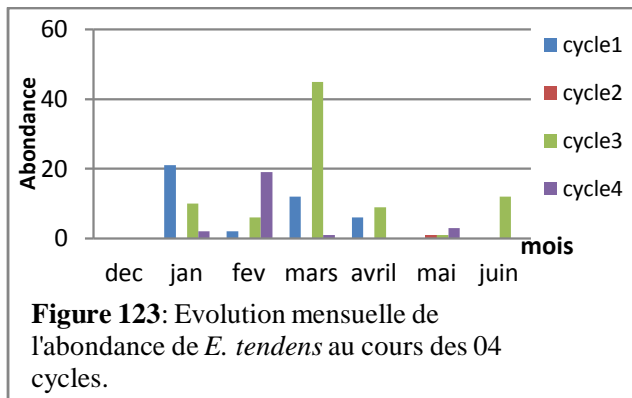


Les Chironomini présents dans la région de la Numidie Orientale sont représentés par les genres suivants : *Chironomus*, *Cryptochironomus*, *Dicrotendipes*, *Einfeldia*, *Endochironomus*, *Glyptotendipes*, *Kiefferulus*, *Microchironomus*, *Parachironomus*, *Paratendipes*, *Polypedilum* et *Pseudochironomus*. Les figures 118 à 134 nous montrent l'évolution mensuelle des espèces appartenant à ces genres au cours des 04 cycles d'étude. Ces mêmes figures nous renseignent sur leur importance concernant leur abondance.

Chironomus représenté par ces deux groupes d'espèces : *C. plumosus* et *C. riparius*. Selon la figure 118, *C. plumosus*, présente dans tous les cycles, est l'espèce la plus abondante avec un maximum de 67 individus en mars du 3^{ème} cycle. De même, *C. riparius* montre la même évolution que *C. plumosus* (Figure 119). En effet, cette espèce est présente dans tous les cycles avec un maximum d'abondance de 62 individus dans le mois de février du 4^{ème} cycle. On note que ces espèces sont présentes pendant les mois de février, mars et avril et ceci pour tous les cycles. De même, ces mois comptent un effectif élevé pour les espèces de *Chironomus*.

L'évolution mensuelle des autres espèces de *Chironomini* sont représentés par les figures 120 à 134.





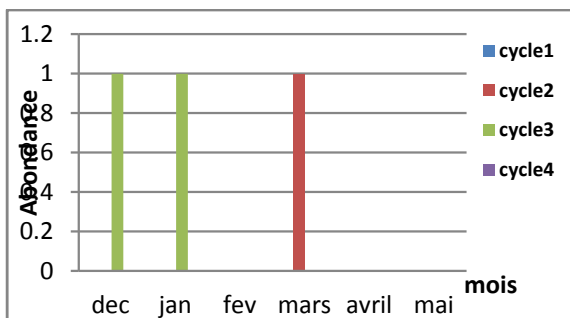


Figure 129: Evolution mensuelle de l'abondance des larves de *Kiefferulus sp.* au cours des 04 cycles.

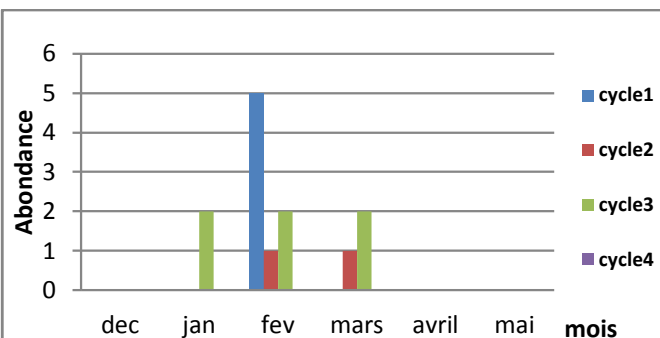


Figure 130: Evolution mensuelle de l'abondance de *K. tendipedipennis* au cours des 04 cycles.

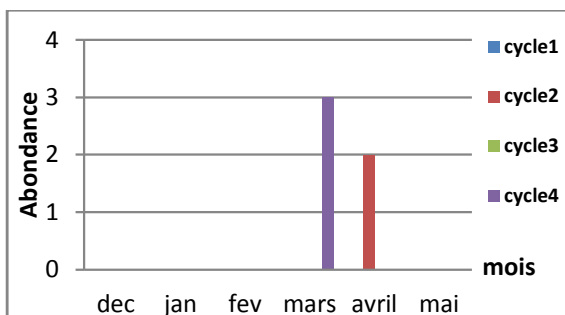


Figure131: Evolution mensuelle de l'abondance de *M. tener* et les larves de *Microchironomus sp.* au cours des 04 cycles.

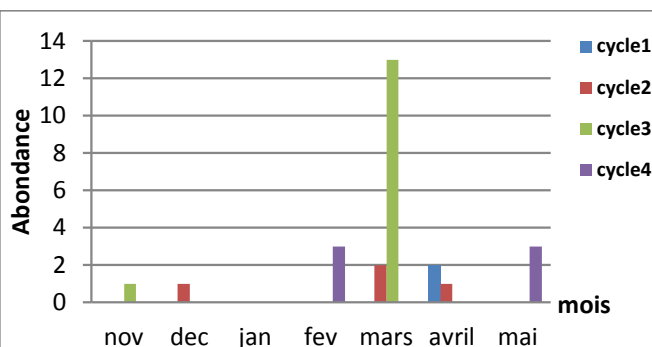


Figure 132: Evolution mensuelle de l'abondance de *P. monochromus* au cours des 04 cycles.

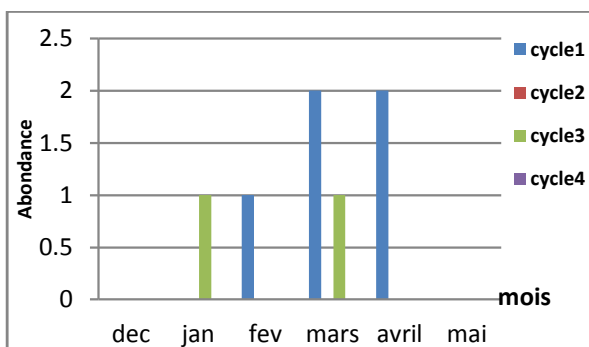


Figure 133: Evolution mensuelle de l'abondance des larves de *Polypedilum sp.* au cours des 04 cycles.

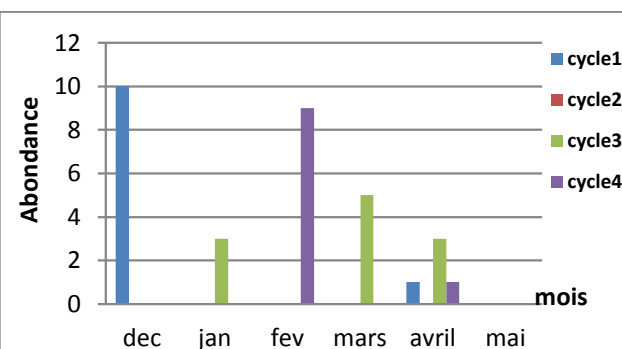


Figure 134: Evolution mensuelle de l'abondance de *P. nubifer* au cours des 04 cycles.

5.6.3 Statut des espèces de Chironomidae dans la Numidie

Dans le but d'avoir une idée précise sur l'abondance des espèces de Chironomidae et leur répartition dans les différents sites d'étude, nous avons calculé l'abondance moyenne annuelle de l'ensemble des espèces (Annexe 4), qui nous a permis de construire les diagrammes présentés dans les figures (135 à 150).

Les figures nous montrent le statut des Chironomidae (Tanypodinae, Orthoclaadiinae, Tanytarsini et les Chironomini, respectivement) au cours des 04 cycles hydrologiques.

De ces figures nous pouvons voir que parmi les Tanypodinae il y a :

- Des espèces très abondantes et largement distribuées et ceci pour tous les cycles hydrologiques. Ces espèces sont : *X. falcigera*.
- Des espèces moyennement abondantes et moyennement distribuées : *P. choreus*.
- Des espèces assez abondantes et localisées (*T. punctipennis*, *A. phatta* et les larves de *Xenopelopia*)
- Des espèces très localisées et très peu abondantes se sont : *P. varius*, *Z. hirtimana*, *C. nervosus*, *P. griekenland*)
- Des espèces qui ne sont apparues que pendant un seul cycle : *C. nervosus*, les larves de *Natarsia* et *P. griekenland*.

Concernant les Orthoclaadiinae, les figures nous mettent en évidence :

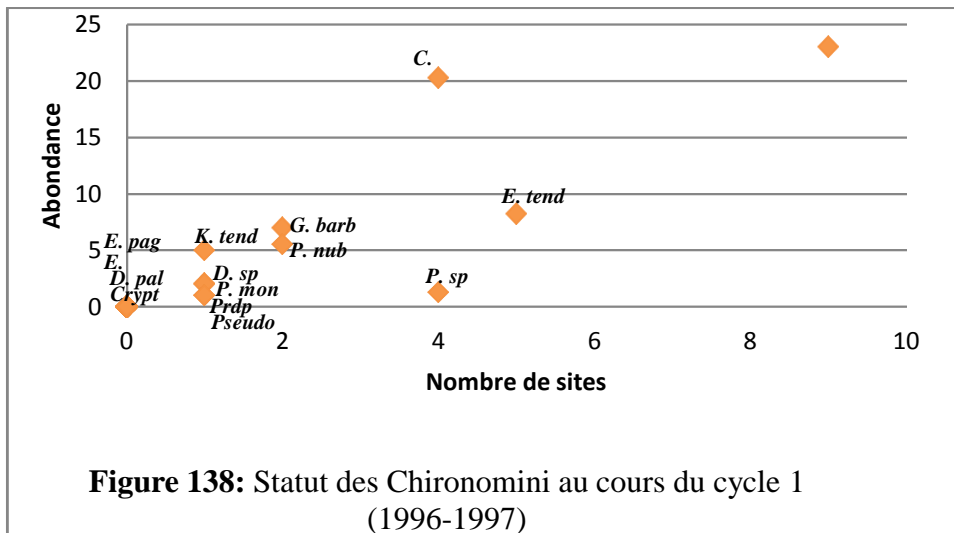
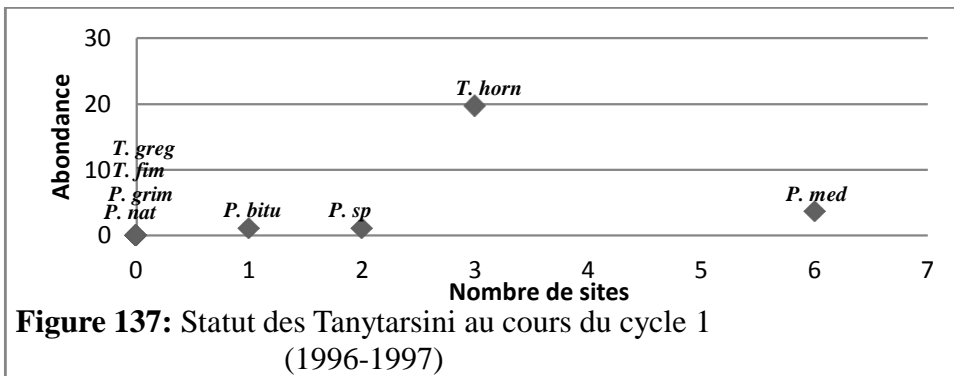
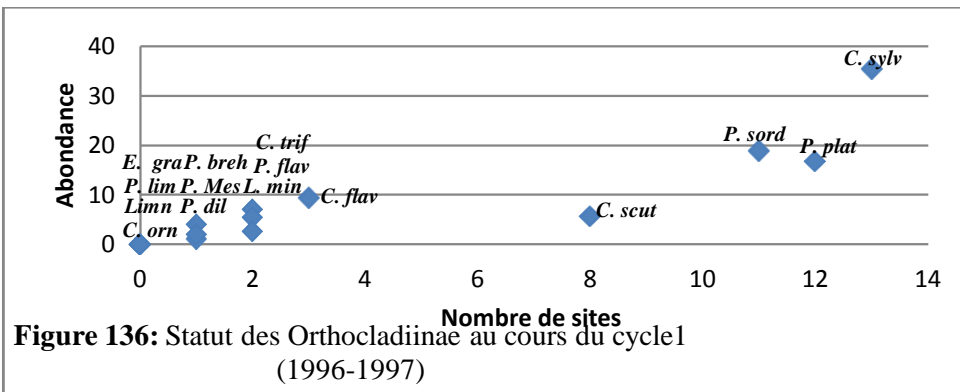
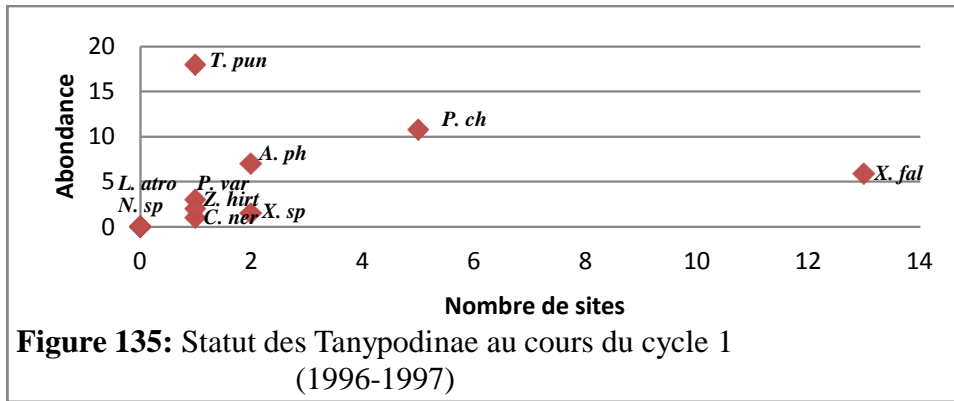
- Les espèces très abondantes et très largement distribuées : *C. sylvestris*.
- Les espèces très largement distribuées mais moyennement abondantes : *P. platypus* et *P. sordidellus*
- Les espèces peu abondantes et largement distribuées sont représentées par : *C. scutellata*.
- Les espèces moyennement abondantes et assez restreintes dans leur distribution : *C. flavocinctus* et *C. trifasciatus* et *L. minimus*.
- Les espèces peu abondantes et très localisées : *P. dilatatus*, *P. (Mesopsectrocladius) sp.*, *P. brehmi*, *C. ornatus*, *P. limbatellus*, *E. gracei* et les larves de *Limnophyes*.
- Des espèces qui apparaissent pendant un seul cycle et sont absentes au cours de tous les autres cycles : *P. Mesopsectrocladius* (seulement pendant le premier cycle) et *P. limbatellus* (au cours du 4^{ème} cycle seulement).

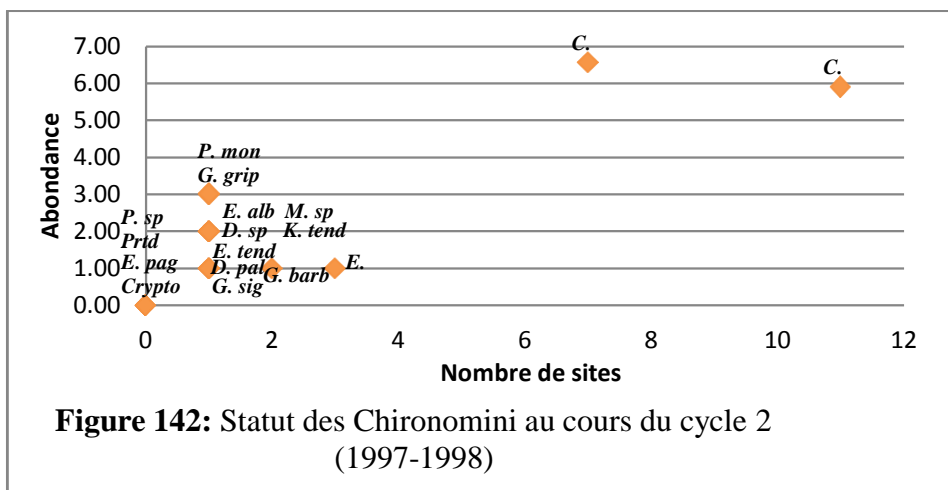
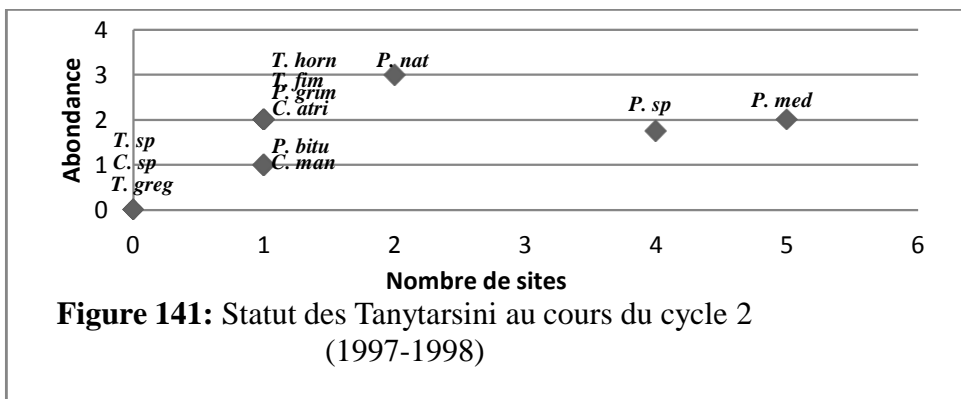
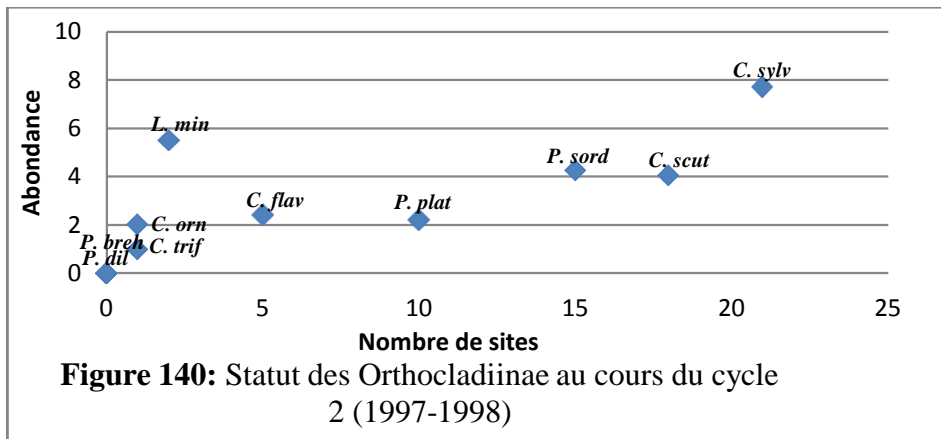
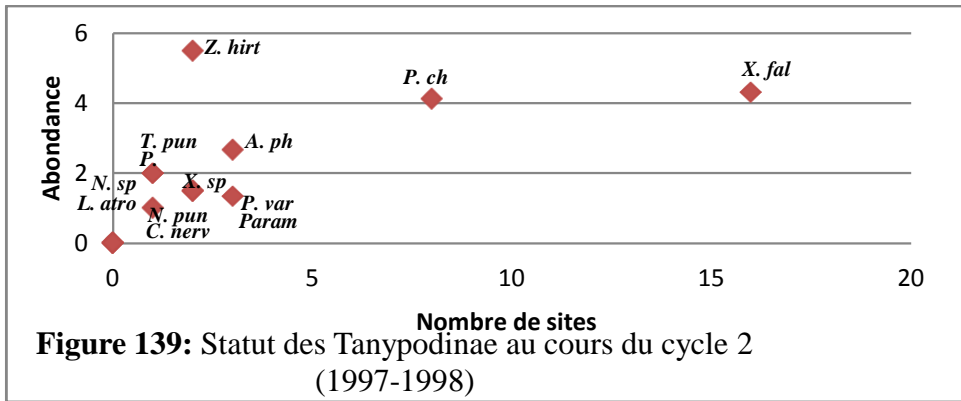
Concernant les Tanytarsini, les figures nous permettent de voir d'une façon générale :

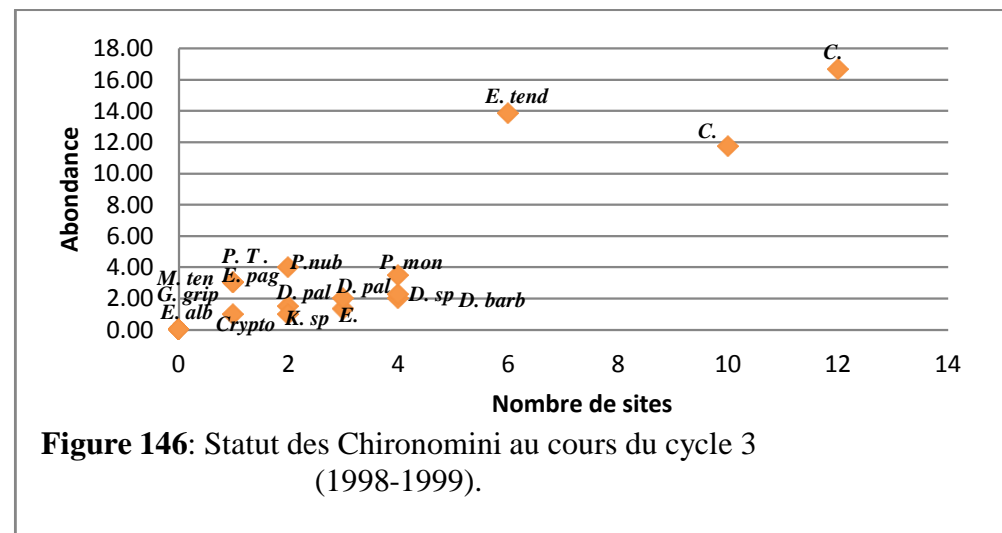
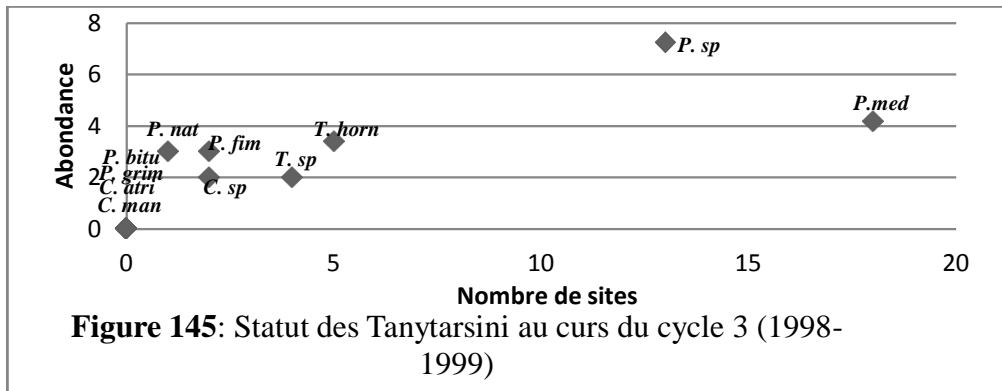
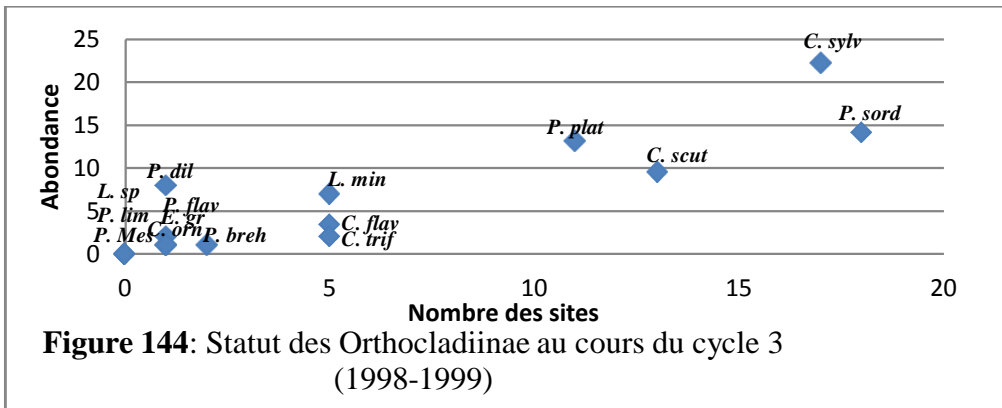
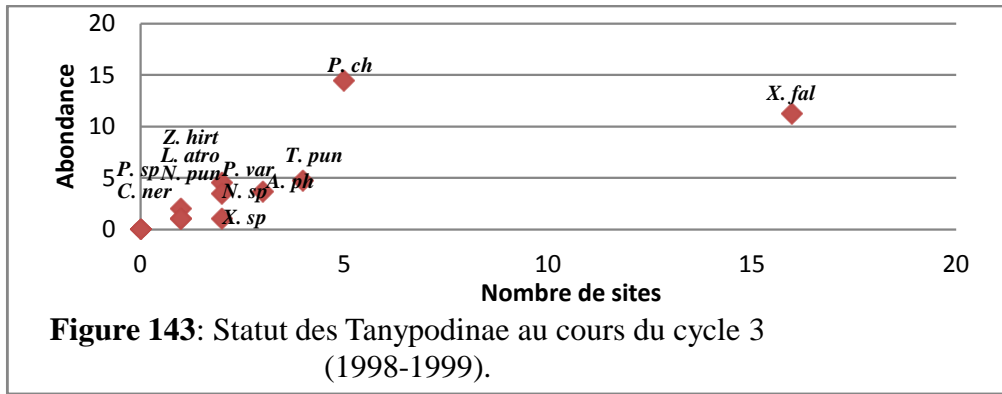
- Les espèces largement distribuées et abondantes : les larves de *Paratanytarsus* et *P. mediterraneus*. Sauf pour le premier cycle où les larves de *Paratanytarsus* sont peu abondantes et assez localisées.
- Les espèces assez restreintes dans leur distribution et leur abondance : *T. horni* (sauf pour le premier cycle où *T. horni* est assez abondante), *P. gregarius*, *P. fimbriatus*, les larves de *Tanytarsus*, *P. bituberculatus*, *P. grimmi*,
- Des espèces qui n'apparaissent qu'une seule fois au cours des quatre années d'étude et en très faible abondance : *P. grimmii* et *C. mancus* et *C. bituberculatus* (seulement au cours du 2^{ème} cycle) et *T. gregarius* (seulement au cours du cycle 4).

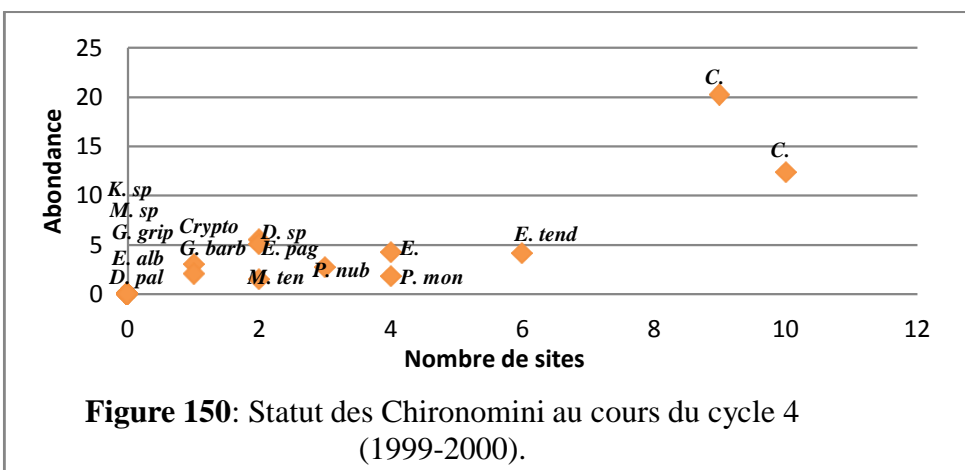
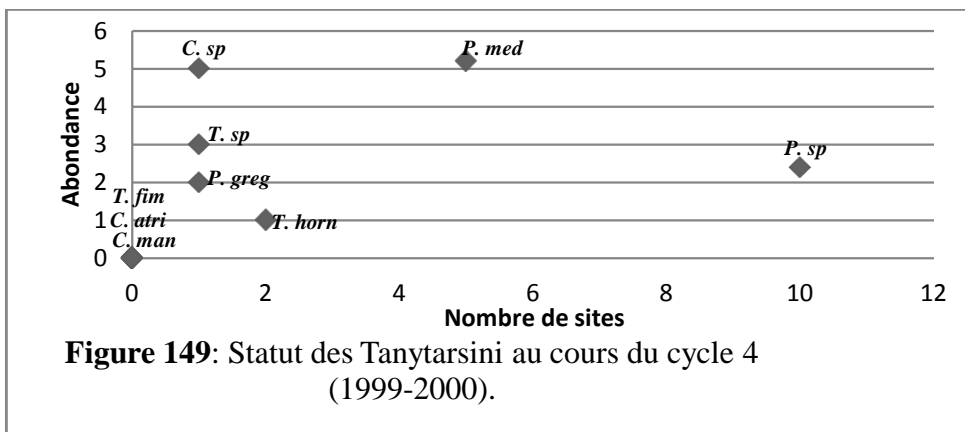
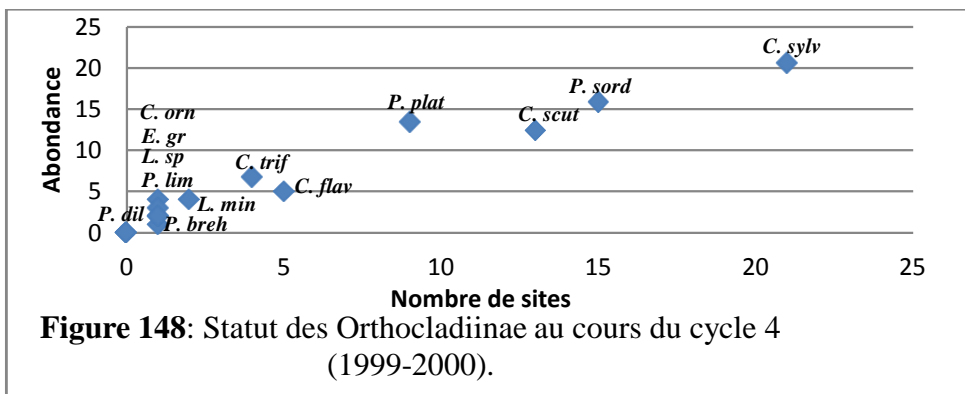
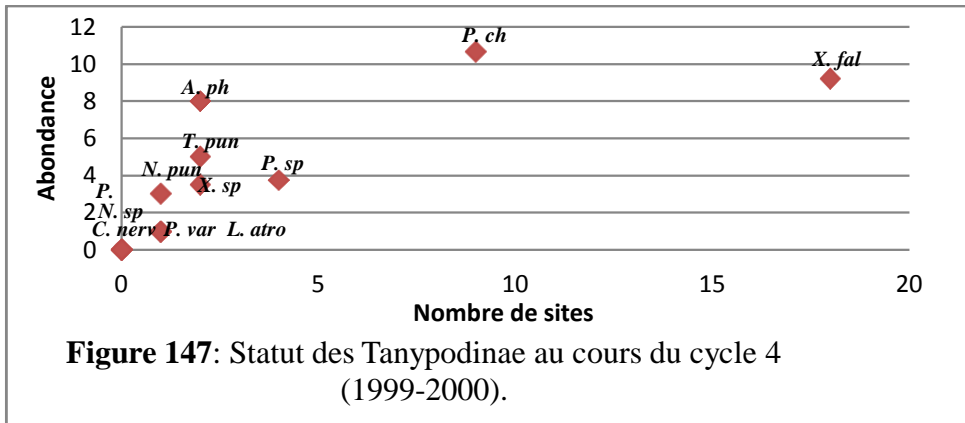
Pour les Chironomini, et d'une façon générale, on peut observer :

- Des espèces très abondantes et largement distribuées au cours des 04 cycles: *C. plumosus* et *C. riparius*.
- Des espèces assez abondantes et assez distribuées dans la région de la Numidie Orientale : *E. tendens*, *P. monochromus*, *E. pagana*. Cette dernière est absente au cours du premier cycle.
- Des espèces restreintes dans leur distribution et leur abondance : les larves de *Dicrotendipes*, *D. pallidicornis*, les espèces de *Glyptotendipes*, *Cryptochironomus*, *P. nubifer*, les larves de *Kiefferulus* et *K. tendipediformis*
- *De même*, pour les Chironomini il y a des espèces qui ne sont apparues qu'une seule fois au cours de la période d'étude : *E. albipennis* et *G. signatus* (au cours du 2^{ème} cycle), *P. (Tripodura) sp.* (cycle 3), les larves de *Paratendipes* et *Pseudochironomus* (cycle 1).









Chapitre 6: Discussion

Chapitre 6 : Discussion

Les Chironomidae sont des habitants communs de la plupart des habitats aquatiques, souvent ils sont les communautés d'insectes les plus dominantes dans leur abondance et leur richesse spécifique. Les espèces de Chironomidae existent sur tous les continents, incluant l'Antarctique et la plupart des îles océaniques jusqu'à présent investiguées. La famille des Chironomidae est divisée en 11 sous-familles et 22 tribus. Ainsi, les espèces de Chironomidae vivent dans un large intervalle d'habitats, de la terre jusqu'aux habitats complètement aquatiques. En effet, dans le monde, un total de 339 genres et 4 147 espèces ont des stades immatures aquatiques (Ferrington, 2008).

Notre étude réalisée dans la région de la Numidie orientale dans l'Est algérien, concerne la connaissance des communautés de Chironomidae dans 26 mares temporaires au cours de quatre cycles hydrologiques successifs (1996-2000). Les aspects de biologie, écologie et systématique de cette famille de Diptères ont été étudiés.

Cette étude a mis en évidence 64 espèces de Chironomidae réparties sur trois sous-familles : celle des Chironominae, Orthoclaadiinae et Tanypodinae. En effet, la sous-famille des Chironominae est la famille la plus riche en espèces avec 34 espèces. Beaucoup de travaux confirment l'importance de ces trois sous-familles. Ces dernières se trouvent à travers tout le monde et avec peu d'exigence vis-à-vis des conditions environnementales et de nutrition (Armitage *et al.*, 1995 ; Bass, 1994 ; Epler, 2001 ; Yurenfrie *et al.*, 2007 ; Yulintine *et al.*, 2008).

Les estimations sur la richesse spécifique par région sont représentées par le tableau 43. En effet, il apparaît que le nombre des espèces des Chironomidae est plus élevé dans l'hémisphère nord que l'hémisphère sud du globe terrestre. Cette différence dans la richesse spécifique en faveur de l'hémisphère nord est le résultat de l'inégalité des efforts dans la description de la faune locale (Coffman et de la Rosa, 1998 ; Coffman *et al.*, 1992 ; Ferrington, 2008).

Tableau 43: Nombre total des genres et des espèces des Chironomidae par région biogéographique (Ferrington, 2008).

	PA	NA	NT	AT	OL	AU	PAC	ANT	Monde
Genres	181	211	154	104	105	116	29	6	339
Espèces	1321	1092	618	406	359	471	155	9	4147

PA : Paléarctique, NA = Néarctique, NT = région Néotropicale, AT = région Afrotropicale, OL = région Orientale, AU = région Australasiatique, PAC = îles Océaniques Pacifiques, ANT = Antarctique.

La recherche sur les Chironomidae dans la région méditerranéenne est devenue très active ces dernières années. En fait, le nombre d'espèces connues dans les pays méditerranéens est augmenté exponentiellement. En effet, les régions du nord de la méditerranée (Espagne, France, Italie et la Grèce) ont été intensément étudiées mais, récemment, plusieurs contributions à partir du Sud méditerranéen se sont émergées.

Une revue sur la faune de la région méditerranéenne (Laville et Reiss, 1992) a recordé la présence de 97 espèces mais, dans cette compilation, les espèces de l'Ouest de la Turquie (Caspers et Reiss, 1989) et les Alpes Italiens (Rossaro, 1988) ont été incluses.

Selon De Lattin (1967), dans la région méditerranéenne, on peut distinguer deux zones zoogéographiques : la sous région Atlanto-méditerranéenne de l'Est incluant le Sud de la France, l'Espagne, Portugal, le Nord de l'Afrique, l'Italie et l'est ou la sous région Ponto-méditerranéenne incluant la Yougoslavie, Grèce, Turquie, Syrie, Liban, Israël, Nord Est de la Lybie, le nord de l'Egypte.

Pour les Chironomidae de la région méditerranéenne une différenciation en deux groupes : celui du Circum et Est méditerranéen n'est pas encore possible. En fait, les espèces afrotropicales atteignent la région méditerranéenne principalement par la vallée du Nil. Néanmoins, quelques espèces Afrotropicales du sud du Maroc peuvent suggérer une progression Est-Africaine vers la méditerranée.

En fait, la Numidie est connue comme étant une région relique Afrotropicale (Samraoui *et al.*, 1998) avec une route de dispersion distincte liant la région afrotropicale au Paléarctique. La vallée africaine de l'Est de la Syrie peut également être considérée comme une route de

dispersion vers l'Est du Paléarctique surtout les Chironomidae Orientaux, dans la région afrotropicale.

29 espèces avec une distribution afrotropicale (Laville et Reiss, 1992) atteignent différentes parties de l'aire méditerranéenne ont été également reportées : 8 espèces sont caractéristiques de la partie Est (*Paratrichocladius micans* par exemple), et 11 espèces de la partie Ouest de l'aire méditerranéenne. Sept espèces avec une distribution Panpaléotropicale ont été également reportées dans la région méditerranéenne (Laville et Reiss, 1992).

Des captures récentes dans plusieurs oueds dans la Kabylie du Djurdjura, au nord de l'Algérie (Moubayed *et al.*, 2007) ont généré une liste de 87 espèces de Chironomidae : huit appartiennent aux Tanypodinae, trois à la sous famille des Diamesinae, 57 aux Orthoclaadiinae et 19 aux Chironominae. Avec 10 espèces qui ne sont pas encore décrites. Un total de 53 espèces sont alors nouvelles pour l'Algérie, parmi lesquelles 25 sont également nouvelles pour le Nord de l'Afrique.

Dans notre travail, la plupart des espèces capturées sont très largement connues dans le Paléarctique. En effet, on a noté 13 Tanypodinae, 17 Orthoclaadiinae, 34 Chironominae dont 12 Tanytarsini et 22 espèces appartiennent à la tribu des Chironomini.

Les sites échantillonnés dans notre travail sont des mares temporaires, c'est-à-dire des milieux lenticques. Selon Coffman (1989), la richesse spécifique est plus basse dans les eaux stagnantes (à partir des lacs jusqu'aux mares et les petites flaques d'eau) que celle enregistrée dans les eaux lotiques. Cependant, lorsqu'un large étalage de types de lacs est pris en considération, le nombre total des espèces détectées peut être élevé. Par exemple, Ruse (2002) a détecté 275 espèces dans 30 lacs en Angleterre. D'autre part, des températures élevées désoxygènent le milieu et conduisent à la limitation de la faune chironomidienne même dans les lacs (Rossaro, 1991 ; Real *et al.*, 2000).

En plus, la taille du corps d'eau influence largement la diversité des Chironomidae. En effet, des nombres réduits des genres de Chironomidae sont échantillonnés dans les petites surfaces (Webb, 1990). Dans notre étude, les mares temporaires ont des surfaces relativement réduites allant de 0.5 ares (Feid 1, 2,...) à 20 ares (mare de Boukhadra) (excepté la mare des Salines dont la superficie est de 100 ares), ce qui explique le nombre réduit des genres et des espèces chironomidiennes dans ces régions.

Les facteurs écologiques qui limitent les larves de Chironomidae dans les habitats temporaires peuvent être très variés par exemple : une perturbation environnementale catastrophique comme la sécheresse saisonnière ou la gelée, ou une diminution importante de la nourriture ou autres ressources, ou même la prédation.

D'autres facteurs concernant l'habitat temporaire même peuvent influencer les communautés chironomidiennes. Ils peuvent être différents dans la fréquence et le mode de leur occurrence dans le temps et l'espace (Williams, 1987 ; Mc Lachlan et Ladle, 2001). En effet, quelques habitats temporaires sont prévisibles dans leur occurrence, comme les mares temporaires. Celles-ci réapparaissent chaque saison pluvieuse dans la même localisation pendant plusieurs années, jusqu'à probablement des millions d'années (Mc Lachlan et Ladle, 2001).

Beaucoup de travaux se sont consacrés à l'étude de l'adaptation des larves des Chironomidae dans les milieux temporaires. Selon Frouz et al. (2003), les adaptations pour l'utilisation des habitats temporaires peuvent être divisées en deux groupes principaux : les adaptations de résistance *in situ*, qui sont un ensemble complexe d'adaptations physiologiques et comportementales qui permettent aux individus de surmonter les conditions défavorables *in situ*. Le second groupe inclut les adaptations basées sur la recolonisation. Ces dernières résultent des populations locales dont, au moins, une partie survit et recolonise les habitats.

Concernant, les adaptations de résistance *in situ*, les larves habitant les mares temporaires peuvent survivre pendant les périodes de sécheresse par la migration dans les couches profondes qui sont plus froides et plus humides surtout si le substrat est constitué de tourbe (Jackson et Mc Lachlan, 1991). La fabrication de cocons est une autre adaptation contre la perte de l'eau (Jones, 1975). Ce dernier affirme que les larves qui survivent pendant plusieurs mois de sécheresse meurent plus vite dans le substrat sec sans cocons. Ces cocons sont construits avec les sécrétions salivaires et les particules de sable (substrats). La formation des cocons indique que ces espèces passent par une diapause estivale obligatoire (Grodhaus, 1980).

La tolérance à la perte de l'eau est l'adaptation physiologique principale contre la sécheresse. En effet, les larves de Chironomidae peuvent survivre dans des intervalles de températures de -270 à +120°C, ceci est appelé « la cryptobiose », quand les conditions de vie redeviennent favorables les larves ressuscitent même après 18 ans (Hinton, 1960 ; Adams, 1985). Le mécanisme physiologique de cette tolérance à la dessiccation est expliqué par

l'accumulation du tréhalose qui confère une protection contre la destruction des cellules par sa capacité de remplacer l'eau (Watanabe *et al.*, 2003).

Dans notre étude, qui concerne l'étude des communautés chironomidiennes dans les mares temporaires au cours de 04 cycles successifs, on remarque que les espèces se répètent au cours de ces quatre ans. Parmi ces espèces : *Chironomus plumosus*, *C. riparius*, *Endochironomus tendens*, les larves de *Paratanytarsus*, *Cricotopus sylvestris*, *Xenopelopia falcigera*, *Procladius choreus*, *Psectrocladius sordidellus* et *P. platypus*. Toutes ces espèces utilisent des stratégies d'adaptations à la sécheresse telles que la construction de cocons et la recolonisation (Thienneman, 1921 ; Sæther, 1962 ; Frouz *et al.*, 2003).

Les Chironomini présents dans la Numidie sont représentés par les espèces suivantes : *Chironomus plumosus*, *C. riparius*, *Cryptochironomus* sp., *Dicrotendipes pallidicornis* et les larves de *Dicrotendipes* sp., *Einfeldia pagana*, *E. paganus*, *Endochironomus tendens*, et *E. albipennis*, *Glyptotendipes barbipes*, *G. gripekoveni*, *G. signatus*, *Kiefferulus tendipediformis*, *Microchironomus tener* et les larves de *Microchironomus* sp., *Parachironomus monochromus*, *Paratendipes* sp., *Polypedilum nubifer*, *P. Tripodura*, *Pseudochironomus* sp.

Parmi les Chironomini rares dans la Numidie on a noté *D. pallidicornis*. Cette espèce n'a pas encore été recordée dans le Nord africain ou même dans toute la région méditerranéenne. On peut citer également, *Glyptotendipes gripekoveni* dont la présence n'a été enregistrée que dans ce travail et ceci comparativement avec d'autres travaux (Rossaro, 1992 ; Azzouzi et Laville, 1987, Kettani *et al.*, 1996...).

La présence et l'abondance des Chironomini dans ces sites peuvent être expliquées par le fait que ces sites sont eutrophiques et pollués par la matière organique. Cette dernière indispensable pour la survie de ces espèces. Les espèces de Chironomini sont généralement soit des collecteurs- rassembleurs se nourrissant principalement par le détritus sédimenté comme : les espèces de *Chironomus*, *Dicrotendipes*..., ou des collecteurs-filtreurs se nourrissant des particules organiques en suspension dans l'eau comme : *Endochironomus*, *Glyptotendipes*, *Polypedilum*... (Oliver, 1971 ; Henriques-Oliveira *et al.*, 2003).

La prédominance des Chironomini dans ce type d'habitats a été également trouvée dans plusieurs travaux (Rossaro, 1992 ; Kettani *et al.*, 1996 ; Yulintine *et al.*, 2008). Dans tous ces travaux, ceci a été expliqué par la résistance des Chironomini aux conditions sévères des

habitats eutrophiques. En plus, les Chironomini sont thermophiles ce qui est conforme avec notre région d'étude (Yulintine *et al.*, 2008 ; Oliver, 1981).

C. plumosus est une espèce de Chironomini très répandue ce qui confirme sa tolérance aux conditions de l'eutrophie dans ces milieux. Elle a été détectée dans presque tous les sites et surtout dans les sites pollués tels que : Carrière, Sangliers, Mare du Lac Bleu.

Les Tanytarsini présents dans les mares temporaires de la Numidie sont principalement représentés par : *Cladotanytarsus sp.*, *C. mancus*, *C. atridorsum*, *Paratanytarsus mediterraneus*, *P. natvigi*, *P. bituberculatus*, *P. grimmii*, et les larves de *Paratanytarsus sp.*, *Tanytarsus gregarius*, *T. horni* (= *T. formosanus*), *T. fimbriatus* et les larves de *Tanytarsus*.

Les larves de *Paratanytarsus* sont très abondantes et largement distribuées au cours de toute l'année et ceci pour tous les cycles hydrologiques étudiés. Les larves de *Paratanytarsus* n'ont pas été recordées dans le travail de Moubayed et al. (2007), ceci est peut être du au fait que ces larves sont principalement inféodés aux milieux stagnants et dont la température est élevée, ce qui est le cas de nos sites d'étude.

L'espèce de *Paratanytarsus* la plus abondante est celle de *P. mediterraneus*. En effet, cette espèce est endémique à la région de la méditerranée et a été décrite pour la première fois dans la région de la Numidie (Reiss et Säwedel, 1981).

Les espèces appartenant au genre *Tanytarsus* sont : *T. horni*, *T. gregarius*, *T. fimbriatus*. En général, ces espèces ont plus d'affinité pour les lacs et sont probablement accoutumées à nos sites parce que ces derniers sont proches des lacs : Oubeira et Tonga. En effet, ceci est raisonnable car la capacité des Chironomidés venant des habitats proches (lacs, rivières...) à coloniser rapidement les habitats temporaires est bien connue (Prat, 1978; Real *et al.*, 2000).

Les Orthoclaadiinae sont également bien représentés dans ces sites. Leur abondance est supérieure à celle des autres Chironomidae. En effet, ils constituent 55% de tous les Chironomidae échantillonnés. Ils sont représentés par les espèces suivantes : *Cricotopus (Isocladius) sylvestris*, *C. flavocinctus*, *C. (I) trifasciatus*, *C. ornatus*, *Psectrocladius sordidellus*, *P. pltypus*, *P. flavus*, *P. brehmi*, *P. dilatatus*, *P. limbatellus* et *P. (Mesopsectrocladius) sp.* De plus, ils sont présents dans presque tous les sites.

L'abondance des Orthoclaadiinae dans les mares temporaires de la Numidie peut être également expliquée par leur mode de vie. Les espèces appartenant à cette sous famille et

surtout aux tribus des Metriocnemini et les Orthocladiini sont des grattoirs, c'est-à-dire qu'ils grattent les particules à la surface des plantes submergées, rochers..., à ce mode de nutrition appartiennent surtout les espèces de *Cricotopus* (Oliver, 1971 ; Coffman et Ferrington, 1984). En fait, il est important de noter l'abondance et la fréquence importantes de ces espèces surtout de *C. sylvestris* dans cette région.

Néanmoins, l'absence de cette espèce des oueds de la Djurdjura est étonnante mais peut être expliquée par le fait que cette espèce, c'est-à-dire : *C. (I) sylvestris* est une espèce inféodée aux milieux stagnants tempérés. Donc, nos sites constituent des biotopes favorables pour ces Orthocladiinae recordés pour la première fois en Algérie.

De même, parmi les espèces d'Orthocladiinae les plus abondantes, celles appartenant au genre *Psectrocladius* : *P. (Allopsectrocladius) platypus* et *P. (P.) sordidellus* sont très abondants et présents dans tous les sites et au cours de toute la période d'échantillonnage. Ces espèces sont également présentes dans les travaux de Moubayed et al. (2007) dans les eaux lotiques de la région de Djurdjura et celui d'Azzouzi et al. (1992). Cependant, le sous genre *P. Mesopsectrocladius* est très restreint dans sa distribution et n'a été recordé qu'une seule fois. Ceci n'est pas le cas de l'oued Tensift au Maroc (Kettani *et al.*, 1996).

Les Tanypodinae présents dans la Numidie sont représentés par : *Tanypus punctipennis*, *Clinotanypus nervosus*, *Psectrotanypus varius*, *Procladius choreus*, *Ablabesmyia phatta*, *Larsia atrocincta*, *Natarsia punctata* et *Natarsia sp.*, *Xenopelopia falcigera* et les larves de *Xenopelopia sp.*, *Zavrelyimia hirtimana*, *Paramerina grieckenland* et les larves de *Paramerina*.

Les espèces de Tanypodinae les plus fréquentes et abondantes sont : *X. falcigera* et *P. choreus*. Par contre, *C. nervosus* est une espèce très rare dans la Numidie et même dans toute la méditerranée. En effet, elle n'a été détectée qu'une seule fois au cours des 04 cycles.

Jusqu'à présent, 126 espèces de Chironomidae sont décrites en Algérie. 11 espèces ont été collectées avant 1992 (Moubayed *et al.*, 1992 ; Laville et Reiss, 1984), 84 espèces ont été ajoutées grâce aux captures de Moubayed en 1993 et 2001 (Moubayed *et al.*, 2007) ; 64 dans ce travail. 25 espèces sont nouvelles pour la faune algérienne, 5 espèces ont déjà été décrites en Algérie (*C. flavocinctus*, *C. trifasciatus*, *C. scutellata*, *P. mediterraneus*, *C. riparius*) (Zerguine *et al.*, 2009).

Cinq espèces ont été décrites au genre (*Bryophaenocladus*, *Camptocladus*, *Pseudochironomus*, *Paratendipes*). En effet, elles ont été déterminées seulement sur la base du matériel larvaire. Deux espèces panpaleotropicales (*T. horni* et *P. nubifer*) sont présentes.

Malgré le nombre réduit des espèces enregistrées dans ce travail (64), et ceci comparativement avec les travaux des oueds de Djurdjura (Moubayed *et al.*, 2007), le nombre des espèces nouvelles est élevé (40) ce qui correspond à 70% des espèces échantillonnées (Zerguine *et al.*, 2009). Ceci nous permet de conclure que nos connaissances sur la faune Chironomidienne sont encore incomplètes.

L'analyse multivariée sous forme de l'ADE-4, nous a permis de mieux comprendre les facteurs écologiques qui contrôlent la distribution des Chironomidae.

Selon Ross *et al.* (1982), les facteurs environnementaux les plus importants qui contrôlent la densité des insectes sont : la température, la turbidité, le substrat, les ressources trophiques, la compétition et la conductivité de l'eau.

D'autre part, Salmoiraghi (2001) confirme que la profondeur de l'eau dans les lacs conditionne également l'abondance et le nombre des espèces chironomidiennes. En effet, selon cet auteur, la richesse spécifique est plus élevée dans le littoral des lacs et décroît significativement quand la profondeur augmente.

Selon Miserendino (2001), Mandaville (2002), Lencioni et Rossaro (2005) et beaucoup d'autres auteurs, le type de substrat est l'un des majeurs facteurs déterminant la distribution des Chironomidae dans les milieux aquatiques. La structure et la densité des populations sont conditionnées par les caractéristiques du sédiment dans lequel elles vivent.

L'hétérogénéité du substrat est l'un des facteurs majeurs affectant la distribution des Chironomidae dans les mares temporaires de la Numidie également. En fait, les espèces : *Z. hirtimana*, *X. falcigera*, *L. minimus*, *C. flavocinctus*, *D. pallidicornis*, *C. riparius* sont les plus abondantes dans les substrats lourds. La majorité des ces espèces sont tolérantes aux conditions anoxiques du milieu eutrophique. A ces espèces se joignent *P. choreus*, *P. nubifer* et *T. fimbriatus* vivant dans des substrats Limon-argileux.

L'espèce la plus abondante et qui vit dans tous les types de milieux : *C. sylvestris*, cette espèce est très largement distribuée dans les mares temporaires de la Numidie. En effet, d'après (Lobinske *et al.*, 1996) *C. sylvestris* est parmi les espèces les plus opportunistes qui

tolèrent les conditions sévères du milieu. Ceci explique son absence des oueds du Djurdjura bien aérés et oligotrophiques (Moubayed *et al.*, 2007).

Beaucoup de Chironomidae sont sensibles à la salinité de l'eau (Beck, 1977). Dans notre étude la plupart des espèces vivent dans des milieux doux ou oligo-saumâtres. Dans ces milieux nous trouvons : les Tanypodinae : *A. phatta*, *L. atrocincta*, *T. punctipennis*, *Z. hirtimana*, *P. grieckenland*, *N. punctata*. Par contre, les espèces les plus tolérantes il y a : *P. nubifer*, *P. choreus*, *L. minimus*, *C. riparius*, *T. fimbriatus*.

Beaucoup de travaux sont en accord avec ces résultats. En effet, Smiljkov et Slavevska-Stamenkovic (2005) confirment la tolérance de *P. choreus* à la salinité. De même pour *P. nubifer* (Sasa et Sublette, 1980). Dans ce travail, qui met en évidence la systématique, l'écologie et la distribution de cette espèce, confirme sa tolérance à la salinité et sa capacité d'engendrer des nuisances pour les populations humaines.

Conclusion

Conclusion

La famille des Chironomidae est un groupe d'insectes Diptères du sous ordre des Nématocères Culiciformes. Les membres de cette famille sont appelés communément « les moucherons non piqueurs » pour la réduction des pièces buccales au stade adulte. Les larves des Chironomidae sont également bien connues sous le nom de : « ver de vase ». Les Chironomidae sont souvent le groupe de macroinvertébrés le plus abondant, en nombre d'espèces et individus, rencontrés dans tous les milieux aquatiques d'eaux douces, marins et même terrestres.

Notre étude réalisée dans la région de la Numidie orientale dans l'Est algérien, concerne la connaissance des communautés de Chironomidae dans 26 mares temporaires au cours de quatre cycles hydrologiques successifs (1996-2000). Les aspects de Biologie, écologie et systématique de cette famille de Diptères ont été étudiés.

Cette étude a mis en évidence 64 espèces de Chironomidae réparties sur trois sous familles : celle des Chironominae, Orthocladiinae et Tanyptodinae. En effet, la sous famille des Chironominae est la famille la plus riche en espèces avec 34 espèces. Un total de 53 espèces sont alors nouvelles pour l'Algérie, parmi lesquelles 25 sont également nouvelles pour le Nord de l'Afrique. Malgré le nombre réduit des espèces enregistrées dans ce travail (64), et ceci comparativement avec les travaux des oueds de Djurdjura, le nombre des espèces nouvelles est élevé (40) ce qui correspond à 70% des espèces échantillonnées. Ceci nous permet de conclure que nos connaissances sur la faune Chironomidienne sont encore incomplètes.

Dans notre travail, la plupart des espèces capturées sont très largement connues dans le Paléarctique. En effet, on a noté 13 Tanyptodinae, 17 Orthocladiinae, 34 Chironominae dont 12 Tanyptarsini et 22 espèces appartient à la tribu des Tanyptarsini.

Les mares temporaires sont une caractéristique importante du paysage nord africain ; ces milieux éphémères hébergent une faune originale avec probablement beaucoup d'espèces endémiques adaptées aux dynamiques des écosystèmes locaux comme d'autres habitats distincts.

Bibliographie

Bibliographie

- Adams S., 1985. Cryptobiosis in Chironomidae (Diptera), two decades on. *Antenna*. **8**, 58-61.
- Adams W.J., Kimmerls R.A. & Barnett J.W. Jr., 1992. Sediment quality and aquatic life assessment. *Environ. Sci. Technol.* **26** (10) : 1865-75.
- Adriaenssens V., Simons F., Nguyen L. T.H., Goddeeris B., Goethals P. L.M. & De Pauw N., 2004. Potential of bio-indication of chironomid communities for assessment of running water quality in Flanders (Belgium). *Belg. J. Zool.* **134** (1) : 31-40.
- Ahsanullah M., Mobley M. C. & Negilski D.S., 1984. Accumulation of cadmium from contaminated water and sediment by the shrimp *Callinassa australiensis*. *Mar. Biol.* **82** : 191-97.
- Alencar Y. B., Ríos-Velásquez C. M., Lichtwardt R. W. & Hamada N., 2003. Trichomycetes (Zygomycota) in the digestive tract of arthropods in Amazonas, Brazil. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* **98** (6) : 65-69.
- Ali A., 1991. Perspectives on management of pestiferous Chironomidae (Diptera), an emerging global problem. *J. Americ. Mosq. Cont. Assoc.* **7**, 260- 81.
- Alpert P., 2005. The Limits and Frontiers of Desiccation-Tolerant Life. *Integrative and Comparative Biology.* **45** (5):685-95.
- Andersen T. & Sæther O.A., 1995. The first record of *Buchonomyia* Fittkau and the subfamily Buchonomyiinae from the New World (Diptera: Chironomidae). In: P. Cranston (ed.), Chironomids: from Genes to Ecosystems. CSIRO, Melbourne, pp. 363-367.
- Aouadi H., 1989. La végétation de l'Algérie Nord-orientale. Histoire des influences anthropiques et cartographie à 1/200 000. Thèse de doctorat. Université de Joseph Fourier, Grenoble 1.
- Armitage P. D., 1970. The Tanytarsini of a shallow woodland lake in South Finland, with special reference to the effect of winter conditions on larvae. *Ann. Zool. Fennici.* **7**, 313-22.
- Armitage P.D., 1980. The effect of mine drainage and organic enrichment on benthos in the river Nent system, Northern Pennines. *Hydrobiologia.* **74**, 119-128.
- Armitage P. Cranston P.S. & Pinder L.C.V., 1995. Chironomidae - Biology and ecology of non-biting midges. Chapman & Hall, London. 572 pp.
- Ashe P., 1983. A catalogue of chironomid genera and subgenera of the world including synonyms (Diptera: Chironomidae). *Entomol. Scand. Suppl.* **17**, 1- 68.
- Ashe P., 1995. Description of a late-instar larva of *Buchonomyia thienemanni* Fittkau and further data on its ecology with diagnoses for the subfamily Buchonomyiinae and genus

- Buchonomyia* (Diptera: Chironomidae). In: P. Cranston (ed.), Chironomids: from Genes to Ecosystems. CSIRO, Melbourne, pp. 425-429.
- Ashe P. & Cranston P. S., 1990. Chironomidae. In: Soos A. & L. Papp (eds), Catalogue of Palaearctic Diptera. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, The Netherlands, 113– 355.
- Ashe P. & Murray D.A., 1983. Observations on and descriptions of the egg-masses of *Buchonomyia thienemanni* Fitt. *Memoirs of the American Entomol. Soc.* **34**, 3-13.
- Ashe P., Murray D. A. & Reiss F. 1987. The zoogeographical distribution of Chironomidae. *Ann. Limnol.* **23**, 27–60.
- Avery R.A., 1968. Food and feeding relations of three species of *Triturus* (Amphibia Urodela) during the aquatic phases. *Oikos*. **19**, 408-12.
- Azzouzi A. & Laville H. 1987. Premier inventaire faunistique des Chironomidés (Diptera, Chironomidae) du Maroc. *Ann. Limnol.* **23** (3) : 217-24.
- Bagnouls S. & Gaussen H., 1957. Les climats biologiques et leurs classifications. *Ann. Géogr. Fr.* **355** : 193-220.
- Bale J.S., 1996. Insect cold hardiness: a matter of life and death. *Eur. J. Entomol.*, **93**: 369-82.
- Bass D., 1994. Community structure and distribution patterns of aquatic macroinvertebrates in a tall grass prairie stream ecosystem. *Proc. Okla. Sci.* **74**, 3-10.
- Bass D., 1995. Species composition of aquatic macroinvertebrates and environmental conditions in Cucumber Creek. *Prod. Okla. Acad. Sci.* **75**: 39-44.
- Bass D. & Harrel R.C., 1981. Water quality of a southeast Texas stream. *Hydrobiologia*. **76**, 69-79.
- Bass D. & Potts C., 2001. Invertebrate community composition and physicochemical conditions of Boehler lake, Atoka county, Oklahoma. *Proc. Okla. Sci.* **81**, 21-29.
- Baz L. G. 1959. Biology and morphology of the genus *Microtendipes* which live in the canals of the Utchinsk reservoir. *Trud. Vsesoy. Hidrobiol. Obsh.* **9**, 74-84.
- Beaumont A. & Cassier P., 1983. Biologie animale des Protozoaires aux Métazoaires épithéloneuriens. BORDAS, Paris, France. 954 pp.
- Beck W. M. JR., 1977. Environmental Requirements and Pollution Tolerance of Common Freshwater Chironomidae. *Environ. Prot. Ag. EPA-600/4-77-024. Cincinnati*
- Benslimane N., 2001. Contribution à l'étude écologique des zones humides de la Numidie : cas des mares de la Numidie orientale et des zones de Guerbès. Université d'Annaba. 80 p. 140 p.

- Berezina N. A., 2001. Influence of Ambient pH on Freshwater Invertebrates under Experimental Conditions. *Rus. J. Ecol.* **32** (5) : 372-81.
- Berg H. B., 1995. Larval food and feeding behaviour. pp.136-168. *In*: Armitage, P. D., Cranston, P. S. & Pinder, L. C. V. (Eds). *The Chironomidae: biology and ecology of nonbiting midges*. Chapman & Hall, London, 571 p.
- Bervoets L., Wils C. & Verheyen R., 1996. Tolerance of *Chironomus riparius* larvae (Diptera: Chironomidae) to Salinity. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* **35**: 829-835.
- Bervoets L., Blust R. & Verheyen R., 2001. Accumulation of metals in the tissues of three spined stickleback (*Gasterosteus aculeatus*) from natural freshwaters. *Ecotox. Environ. Safet.* **48**, 117-127.
- Bervoets L., Int Panis L. & Verheyen R., 1994. Trace metal levels in water, sediments and *Chironomus gr. Thummi*, from different water courses in Flanders (Belgium). *Chemosph.* **29** (8) : 1591-1601.
- Bervoets L., Blust R., Wit M. & Verheyen R., 1997. Relationships between river sediment characteristics and trace metal concentrations in tubificid worms and chironomid larvae. *Environ. Pol.* **95** (3) : 345-56.
- Bervoets L., Solis D., Romero A. M., Van Damme P.-A. & Ollevier F., 1998. Trace metal levels in Chironomid larvae and sediments from a Bolivian river : impact of mining activities. *Ecotox. Environ. Safet.* **41**, 275-283.
- Bird G. A., 1994. Use of chironomid deformities to assess environmental degradation in the Yamaska River Quebec. *Environ. Monitor. Assess.* **30** (2) : 163-175.
- Bird G. A., Rosentreter M. J. & Schwartz W. J., 1995. Deformities in the menta of chironomid larvae from the Experimental Lakes Area, Ontario : Contaminants research at the Experimental Lakes Area. *Can. J. Fish. Aqua. Sci.* **52** (10) : 2290-95.
- Bouchard R. W. & Ferrington L. C., 2009. Winter Growth, Development, and Emergence of *Diamesa mendotae* (Diptera: Chironomidae) in Minnesota Streams. *Environm. Entomol.* **38** (1): 250-59.
- Boumaiza M. & Laville H. 1988. Premier inventaire faunistique des Chironomidés (Diptera, Chironomidae) des eaux courantes de Tunisie. *Ann. Limnol.* **24** (2) : 173-81.
- Brachenbury J., 2000. Locomotory modes in the larva and pupa of *Chironomus plumosus* (Diptera, Chironomidae). *J. Insect. Physiol.* **46**: 1517-27.
- Brodersen K. P. & Lindegaard C., 1997. Significance of subfossil chironomid remains in classification of shallow lakes. *Hydrobiologia*, , **342/343**: 125-132
- Brooks S. J., Bennion H. & Birks H. J. B., 2001. Tracing lake trophic history with a chironomid-total phosphorus inference model. *Fresh. Biol.* **46**: 513-532

Brundin L., 1949. Chironomiden und andere Bodentiere de sudschwedischen Urgebirgseen. Ein Beitrag zur Kenntnis der bodenfaunistischen Charakterzüge schwedischer oligotropher Seen. *Report. Inst. Fresh. Research. Drott.* **30**, 1-914.

Brundin L. 1966. Transantarctic relationships and their significance, as evidenced by chironomid midges with a monograph of the subfamilies Podonominae and Aphroteniinae and the austral Heptagylae. *Kungliga Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar* 11: 1–472

Brundin L. 1983. *Chilenomyia paradoxa* gen. n., sp. n. and Chilenomyiinae, a new subfamily among the Chironomidae (Diptera). *Entomol. Scandinav.* **14** : 33–45.

Brundin L. & Sæther O.A., 1978 - *Buchonomyia burmanica* sp. n. and Buchonomyiinae, a new subfamily among the Chironomidae (Diptera). *Zool. Scr.*, 7: 269-275.

Burt E.T., Perry R.J.O. & McLachlan, A.J. 1986. Feeding and sexual dimorphism in adult midges (Diptera: Chironomidae). *Hol. Ecol.* **9** :27-32.

Callisto M. & Goulart M.D.C., 2000. Phoretic association between *Nanocladius* (Plecopteracoluthus) sp. (Chironomidae: Diptera) and *Thraulodes* sp. (Leptophlebiidae: Ephemeroptera). *An. Soc. Entomol. Brasil.* **29**:605-08.

Callisto M., Moreno P., Gonçalves J. F. Jr., Leal J. J. F. & Esteves F., 2002. A Diversity and biomass of Chironomidae larvae in an impacted lagoon in Rio de Janeiro, Brazil. *Braz. J. Biol.* **62** (1): 77-84.

Camino N.B, 1991. *Octomyomermis arecoensis* (Nematoda : Mermithidae), parasiting midges (Diptera : Chironomidae) in Argentina, with some observations on its bionomics. *Hydrobiologia.* **51** (5) : 51-58.

Caspers N. & Reiss F., 1989. Die Chironomiden der Turkey. teil I: Podonominae, Diamesinae, Prodiamesinae, Orthoclaadiinae (Diptera, Nematocera, Chironomidae). *Entomo. Zeit. Entomol.* **10**, 105-60.

Cavanaugh W.J. & Tilden J.E. 1930. Algal food, feeding and casebuilding habits of the larvae of the midge fly, *Tanytarsus dissimilis*. *Ecology.* **11**, 281-7.

Chaloner D. T. & Wotton R. S., 1996. Tube Building by Larvae of 3 Species of Midge (Diptera:Chironomidae). *J. North. Americ. Benthol. Soc.* **15** (3): 300-307.

Charbonneau C.S., Drobney R.D. & Rabeni C.F., 1994. Effects of *Bacillus thuringiensis* var. israelensis on non target benthic organisms in a lentic habitat and factors affecting the efficacy of the larvicide. *Environ. Toxicol. Chem.* **13**, 267-79.

Chessel D. & Bernaud M., 1987. Progrès récent en analyse des données écologiques. Communication au 4^{ème} colloque l'AFIE. « la gestion des systèmes écologiques » 10 p.

Chessel D. & Doledoc S., 1992. ADE software. Multivariate analysis and graphical display for environmental data (versio 4). Université de Lyon.

- Clement S.L., Grigarick A. A. & Way M.O., 1977. The colonisation of Californian rice paddies by Chironomid midges. *J. Appl. Ecol.* **14**, 379-89.
- Clerk S., Hall R., Quinlan R. & Smol J. P., 2000. Quantitative inferences of past hypolimnetic anoxia and nutrient levels from a Canadian Precambrian Shield lake. *J. Paleolimnol.* **23**: 319-336.
- Coffman W. P., 1989. Factors that determine the species richness of lotic communities of Chironomidae. *Acta Biologica Debrecina Oecologica Hungarica* 3: 95–100.
- Coffman W. P. & de la Rosa C., 1998. Taxonomic composition and temporal organization of tropical and temperate species assemblages of lotic Chironomidae. *Journal of the Kansas Entomological Society* 71: 388–406.
- Coffman W.P. & Ferrington, L.C. Jr., 1984. Chironomidae, in *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*, 2nd eds, (eds R.W. Merritt and K.W. Cummins), Kendall/Hunt, Dubuque, pp. 551-652.
- Coffman W. P., de la Rosa C., Cummins K. W. & AWilzbach M., 1992. Species richness in some Neotropical (Costa Rica) and Afrotropical (West African) lotic communities of Chironomidae. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology* 26: 229–237.
- Colbo M.H. 1996. Chironomidae from marine coastal environments near St. John's, Newfoundland, Canada. *Hydrobiologia* 318(1-3):117-122.
- Condreanu R., 1939. Recherches biologiques sur un Chironomidae, *Symbiocladius rhithrogenae* (Zavr.), ectoparasite “cancérigène” des Éphémères torrenticoles. *Arch. Zool. Exp. Gen.* **81**, 1-283
- Cranston P. S. 1983. The larvae of Telmatogetoninae (Diptera : Chironomidae) of the Holarctic region. Keys and Diagnoses. *Ent. Scand. Suppl.* **19** :17-23.
- Cranston, P.S., 1985. *Eretmoptera murphyi* (Diptera: Chironomidae) an apparently parthenogenetic Antarctic midge. *British. Ant. Survey. Bull.* **66**, 35-46.
- Cranston, P.S., 1987. A non-biting midge (Diptera: Chironomidae) of horticultural significance. *Bull. Entomol. Research.* **77**, 661-8.
- Cranston P. S., 1995a. Introduction. In: Armitage, P. D., Cranston, P. S. & Pinder, L. C. V. (Eds). *The Chironomidae: biology and ecology of non-biting midges*. Chapman & Hall, London, UK, 1-7.
- Cranston P. S., 1995b. Systematics. In: Armitage P. D., Cranston P. S. & Pinder L. V. C. (eds), *The Chironomidae: Biology and Ecology of Non-biting Midges*. Chapman & Hall, London, UK, 31–61, Chapter 3.

- Cranston P. S. & Martin J. 1989. Family Chironomidae. In: Evenhuis N. L. (ed.), Catalogue of the Diptera of the Australasian and Oceanian Regions. Bishop Museum Press, Honolulu, Hawaii, 252–274.
- Cranston P.S., & Nolte U., 1996. *Fissimentum*, a new genus of drought-tolerant Chironomini (Diptera : Chironomidae) from the Americas and Australia. *Entomological News*, **107**, 1-15.
- Cranston P.S., Cooper P.D., Hardwick R. A., Humphry C. L & Dostine P. L., 1997. Tropical acid streams: the chironomid (Diptera) response in northern Australia. *Fresh. Biol.* **37** (2):473-83.
- Crowe L. M. , 2002. Lessons from nature: The role of sugars in anhydrobiosis. *Comp. Biochem. Physiol.* **131**, 505–13.
- Crowe J. H. , Hoekstra F. A. & Crowe L. M. , 1992. Anhydrobiosis. *Annu. Rev. Physiol* **54**, 579–99.
- Cui Y. D., Liu X.Q. & Wang H. Z., 2007. Macrozoobenthic community of Fuxian Lake, the deepest lake of southwest China. *Limnol*, (1-11).
- Cushman R.M., 1984. Chironomid deformities as indicators of pollution from a synthetic, coal-derived oil. *Fresh. Biol.***14** : 179–182.
- Dallinger R., Prosi F., Segner H. & Back H., 1987. Contaminated food and uptake of heavy metals by fish : a review and proposal for further research. *Oecologia*. **73**, 91-98.
- Danks H.V., 1996. The wider integration of studies on insect cold-hardiness. *Eur. J. Entomol.*, **93**: 383-403.
- Danks H.V., 2000. Dehydration in dormant insects. *J. Insect. Physiol.*, **46**: 837-52.
- Darby R.E., 1962. Midges associated with California rice fields, with special reference to their ecology (Diptera: Chironomidae). *Hilgardia*. **32**, 1-206.
- Davies B. R., 1976. Wind distribution of the egg masses of *Chironomus anthracinus* (Zetterstedt) (Diptera: Chironomidae) in a shallow, wind-exposed lake (Loch Leven, Kinross). *Fresh. Bio.* **6** : 421 – 424.
- Davies I. J., 1975. Selective feeding in some arctic Chironomidae. *Inter. Ver. Theo. Ang. Limnol.* **19**, 3149-54.
- Davis C.C., 1966. A study of the hatching process in aquatic invertebrates XVI. Events of eclosion in *Calopsectra neoflavellus* Malloch. *Hydrobiologia*. **27**, 196-207.
- De Bélair G., 1990. Structure, fonctionnement et perspectives de gestion de quatre écosystèmes lacustres et marécageux (El Kala, Est algérien). Thèse de Doctorat 3^{ème} cycle in Metallaoui S., 1990. Etude écologique des mares endoreiques et temporaires. Thèse de Magister. Université de Annaba. 140 p.

- De Bélair G. 2005. Dynamique de la végétation des mares temporaires en Afrique du Nord (Numidie Orientale, N.E. Algérie). *Ecol. Medit.* **31**, 83-100.
- De la Rosa C. L., 1992. Phoretic Associations of Chironomidae (Diptera) on Corydalidae (Megaloptera) in Northwestern Costa Rican Streams. *J. N. Americ. Benth. Soc.* **11** (3): 316-23
- De Pauw N. & Hawkes G., 1993. Biological monitoring of river water quality. In Walley, W. J. & S. Judd (eds), River Water Quality Monitoring and Control. *Aston University, Birmingham, UK*. pp 87–111.
- De Pauw N. & Vanhooren G., 1983. Method for biological quality assessment of watercourses in Belgium. *Hydrobiologia.* **100**: 153–168.
- de Souza M. L., Moulton T. P., Silveira R. M. L., Krsulović F. A. M. & Brito E. F., 2007. Responses of Chironomidae (Diptera: Insecta) to exclusion of shrimps and Ephemeroptera in a coastal forest stream, Rio de Janeiro, Brazil. *Braz. J. Biol.* **67** (3) :572-80.
- Deevey E.S., Jr., 1942. Studies on Connecticut lake sediments. III. The biostratonomy of Linsley Pond. *American. . Sci.* **240**, 233-64.
- Dejoux C., 1981. Chironomides. pp 583-616. In : Durand J. R. et Lévêque C. (Eds). Flore et faune aquatiques de l’Afrique Sahelo-Soudanienne. Office de Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, Paris, 1023 p
- Dejoux C., Lauzanne L. & Lévêque C., 1969. Évolution qualitative et quantitative de la faune benthique dans la partie est du lac Tchad. *Hydrobiol.* **3** (1) : 3-58.
- De Lattin G., 1967. Grundriss der Zoogeographie. *G. Fisher, Jena.* 300pp
- Delettre Y., 1984. Recherche sur les Chironomides (Diptera) à larves édaphiques. Biologie, écologie, mécanismes adaptatifs. Thèse de doctorat d'Etat, Université de Rennes I. 310 p.
- Delettre Y.R., 2000. Larvae of terrestrial Chironomidae (Insecta: Diptera) colonize the vegetation layer during the rainy season.. *Pedobiologia* **44**, 622-26.
- Delettre, Y.R. & Cancela da Fonseca, J.P., 1979. Biologie et Ecologie de *Limnophes pusillus* Eaton, 1875 (Diptera, Chironomidae), aux Iles Kerguelen. II: Etude des populations imaginales et discussion. *Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol.* **16**, 355-72.
- Dietoa Y. M., Gourène G. & Ouattara A., 2007. Habitudes alimentaires de *Brycinus longipinnis* dans le complexe fluvio-lacustre de la Bia, Côte d’Ivoire. *Belg. J. Zool.* **137** (1) : 3-9.
- Dinulesco G. 1932. Sur la biologie d'un Chironomide nouveau *Cardiocladius leoni* Goetghebuer et Dinulesco ordinairement confondu avec la mouche de Golubatz *Simulium columbacensis*. *Diptera.* **6**, 1-9.

- Dodge E.E. & Theis T.L., 1979. Effects of chemical speciation on the uptake of copper by *Chironomus tentans*. *Environ. Sci. Tech.* **13** (10):1287-88.
- Dolédec S., Olivier J. M. & Statzner B., 2000. Accurate description of the abundance of taxa and their biological traits in stream invertebrate communities: effects of taxonomic and spatial resolution. *Arch. Hydrobiol.* **148**: 25–43.
- Doucett R.R., Giberson D.J. & Power G., 1999. Parasitic association of *Nanocladius* (Diptera: Chironomidae) and *Pteronarcys biloba* (Plecoptera: Pteronarcyidae): insights from stable-isotope analysis. *J. North. Am. Benthol. Soc.* **18**:514-23.
- Downes J.A., 1964. Arctic insects and their environment. *Canad. Ent.*, 96: 279-307.
- Downes J.A., 1988. The post-glacial colonization of the North Atlantic Islands. *Mem. Entomol. Soc. Can* **144**: 55-92.
- Downes J. A. & Colless D., 1967. Mouthparts of the Biting and Blood-sucking Type in Tanyderidae and Chironomidae (Diptera). *Nature, London.* **21**, 1355-6.
- Duman J.G., Horwarth K.L., Tomchaney A. & Patterson J.L., 1982. Antifreeze agents of terrestrial arthropods. *Comp. Biochem. Physiol.*, **73** (4): 545-55
- Dykman E. & Hann B. J., 1996. Seasonal emergence of chironomids in Delta marsh.UFS (Delta marsh). *Annual report*, **31**, 34-38.
- Eggermont H. & Verschuren, D. 2003. Sub-fossil Chironomidae from Lake Tanganyika, East Africa. 1. Tanypodinae and Orthocladinae. *J. Paleolimnol.* **29**: 31-48.
- Emberger L., 1955. Une classification biogéographique des climats. *Rev. Trac. Bot. Geol. Aool. Fasc. Scie.* Montpellier, Série botanique. 343 p.
- Enlou Z., Bedford A., Jones R., Ji S., Sumin W. & Honqu T., 2006. A subfossil chironomid-total phosphorus inference model for lakes in the middle and lower reaches of the Yangtze River. *Chin. Sci. Bul.* **51** (17) : 2125-32.
- Epler J.H. 1986. A novel new Neotropical *Nanocladius* (Diptera: Chironomidae), symphoretic on *Traverella* (Ephemeroptera: Leptophlebiidae). *Fl. Entomol.* **69**, 319-27.
- Epler J.H. 1995. Identification manual for the larval Chironomidae (Diptera) of Florida. 2nd ed., Florida Department of Environmental Protection, 345p.
- Erman D. C. & Helm W. T., 1970. Estimating oxygen consumption from body length for some chironomid larvae. *Hydrobiologia.* **36** (3-4): 505-12.
- Ferrarese U., 1983. Chironomidi 3 (Ditera, Chironomidae : Tanypodinae) Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane, vol 26. Consiglio Nazionale delle Ricerche, Verona, 80 pp.

- Ferrarese U. & Rossaro B., 1981. Chironomidi 1 (Ditera, Chironomidae : Generalità, Diamesinae, Prodiamesinae) Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane, vol 12. Consiglio Nazionale delle Ricerche, Verona, 97 pp.
- Ferreira-Peruquetti P. & Trivinho-Srixino S., 2003. Relação forética entre espécies de Chironomidae e Odonata do Estado de São Paulo. *Entomotropica*. **18**: 149-51.
- Ferrington L. C. Jr. 2008. Global diversity of non-biting midges (Chironomidae; Insecta-Diptera) in freshwater. *Hydrobiologia*. **595**, 447–455
- Ferrington L.C. Jr. & Sæther O.A., 1987. Male, female, pupa and biology of *Oliveridia hugginsii* (Chironomidae: Diptera) from Kansas. *J. Kansas. Entomol. Soc.* **60**, 451-61.
- Fesl C., 2002. Niche-oriented species-abundance models: different approaches of their application to larval chironomid (Diptera) assemblages in a large river. *Journal of Animal Ecology*. **71** (6): 1085-94.
- Fittkau E.J., 1955 - *Buchonomyia thienemanni* n. gen. n. sp. Chironomidenstudien IV (Diptera; Chironomidae). *Beitr. Entomol.*, 5: 403-414.
- Forsyth D.J., 1978. Benthic macroinvertebrates in seven New Zealand lakes. *New. Zeal. J. Marine. Fresh. Res.* **12**, 41-9.
- Freeman P. & Cranston P. S., 1980. Family Chironomidae. In: Crosskey R. W. (ed.), Catalogue of the Diptera of the Afrotropical Region. British Museum (Natural History), London, England, 175–202.
- Freimuth P. & Bass D., 1994. Physicochemical conditions and larval Chironomidae (Diptera) of an Urban pond. *Proc. Okla. Acad. Sci.* **74**, 11-16.
- Frouz J., 1997. The effect of vegetation patterns on oviposition habitat preference : A driving mechanism in terrestrial chironomid (Diptera : Chironomidae). *Res. Pop. Ecol.* **39** (2) : 207-13.
- Frouz J. & Paoletti M.G., 2000. Spatial distribution of different life stages of one Dipteran community along hedgerow and field margin. *Landscape and Urban Planning*. **48**, 19-29.
- Frouz J., Ali A. & Lobinske R.J., 2002. Influence of Temperature on Developmental Rate, Wing Length, and Larval Head Capsule Size of Pestiferous Midge *Chironomus crassicaudatus* (Diptera: Chironomidae). *J. Econom. Entomo.* **95** (4): 699-705.
- Frouz J., Matena J. & Ali A., 2003. Survival strategies of Chironomids (Diptera: Chironomidae) living in temporary habitats: a review. *Eur. J. Entomol.* **100**: 459-65.
- Gabriels W., Goethals P. L. M. & De Pauw N., 2005. Implications of taxonomic modifications and alien species on biological water quality assessment as exemplified by the Belgian Biotic Index method. *Hydrobiologia*. **542**,137–150.

- Gauthier H. 1928. Recherche sur la faune des eaux continentales d'Algérie et de Tunisie. Thèse, Minerva, Alger.
- Gauthier-Lièvre L., 1931. Recherche sur la flore des eaux continentales de l'Afrique du Nord. Mémoire hors-série. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr-Nord, Alger.* 299 p.
- Gayraud S., Statzner B., Bady P., Haybach A., Scho F., Usseglio-Polatera P. & Bacchi M., 2003. Invertebrate traits for the biomonitoring of large European rivers: an initial assessment of alternative metrics. *Fresh. Biol.* **48**, 2045–64.
- Gerhardt A., 1992. Review of impact of heavy metals on stream invertebrates with special emphasis on acid conditions. *Water, Air, & Soil Pollution.* **66** (3-4) : 289-314.
- Gibson, N.H.E., 1945. On the mating of certain Chironomidae (Diptera). *Transactions of the Royal Entomological Society, London.* **95**, 263-94.
- Gingras M.K., Lalond S. V., Amskold L. & Konhauser K. O., 2007. Wintering Chironomids mine oxygen. *Palaios.* **22** (4):433-438.
- Goff A.M., 1972. Feeding of adult *Chironomus riparius* Meigen. *Mosquito News.* **32**, 243—4
- Gordon M.H., Swan B.K. & Paterson C.G., 1978. *Baeoctenus bicolor* (Diptera: Chironomidae) parasitic in unionid bivalve mollusks and notes on other chironomid-bivalve associations. *J. Fish. Res. Board. Can.* **35** (12): 154-7.
- Goyke A. P. & Hershey A. E., 1992. Effects of fish predation on larval chironomid (Diptera: Chironomidae) communities in an arctic ecosystem. *Hydrobiologia.* **240**, 203-211.
- Grandjean, F. 1964. Oribates mexicains. *Acarologia.* **6**, 694-711.
- Grillas P., Gauthier P., Yavercovski N. & Perennou C., 2004. Les Mares temporaires méditerranéennes: Enjeux de conservation, fonctionnement et gestion. Volume 1 Edition Station Biologique de la Tour du Valat. Arles.
- Grodhaus G., 1980. Aestivating Chironomids larvae associated with vernal pools. In Murray D. A. (ed.) : Chironomidae ecology, systematic, cytology and physiology. Pergamon Press, Oxford & New York, 315-322 pp.
- Groenendijk D., Zeinstra L.W.M. & Postma J.F., 1998. Fluctuating asymmetry and mentum gaps in populations of the midge *Chironomus riparius* (Diptera: Chironomidae) from a metal contaminated river. *Environ. Contam. Toxicol.* **17** (10):1999-2005.
- Halpern M., Gasith A. & Broza M., 2002. Does the tube of a benthic chironomid larva play a role in protecting its dweller against chemical toxicants ?. *Hydrobiologia.* **470**, 49-55.

- Hammoudi H., 1999. Biotypologie des mares de la Numidie Orientale. Mémoire d'Ingénieur. Université de d'Annaba, 54 p.
- Hayashi F. & Ichiyanagi H., 2005. Density dependent shifts in attachment site by the ectosymbiotic chironomid *Nanocladius asiaticus* on its megalopteran host *Protohermes grandis*. *Entomol. Sci.* **8** (3): 253 - 261
- Heinrichs M.L., 1995. Chironomid-based paleosalinity reconstruction of three lakes in the south central interior of British Columbia. Thèse pour l'obtention de Master en Science, University Simon Fraser, Colombie. 70p.
- Henriques-Oliveira A. L., Nessimian J. L. & Dorvillé L. F. M., 2003. Feeding habits of chironomid larvae (Insecta: Diptera) from a stream in the Floresta da Tijuca, Rio de Janeiro, Brazil. *Braz. J. Biol.* **63** (2): 269-81.
- Hershey A. E., 1987. Tubes and foraging behavior in larval Chironomidae : implication for predator avoidance. *Oecologia* **73**, 236-241.
- Hershey A. E., Dodson S. I., 1985. Selective predation by a sculpin and a stonefly on two chironomids in laboratory feeding trials. *Hydrobiologia.* 124 (3): 269-273.
- Hilde E., Oliver H., & Dirk V., 2005. Fossil Chironomidae (Insecta: Diptera) as quantitative indicators of past salinity in African lakes. *Quat. Sci. Rev.* **25** (15-16): 1966-94.
- Hirabayashi K., Yamamoto M., Takeda M., Hanazato T. & Nakamoto T., 2003. Behavior of Chironomid midges on the bank of lake Suwa, Nagano Prefecture. *Pest Control Research.* **18** (2) : 91-101.
- Hinton H. E., 1960. Cryptobiosis in the larva of *Polypedilum vanderplanki* Hint. (Chironomidae). *J. Insect. Physiol.* **5**, 288-300.
- Hribar L.J., Epler J.H., Martin J. & Sublette J. E., 2008. *Chironomus columbiensis* (Diptera: Chironomidae) new to the fauna of the united states. *Florida Entomologist.* **91**(3) : 470-471.
- Ingersholl C. C. & Nelson M.K., 1990. Testing sediment toxicity with *Hyalela azteca* et *Chironomus* sp. In (eds.) *Aqua. Toxicol. Risk. Assess.* 93-109.
- International Commission of Zoological Nomenclature, 1985. International Code of Zoological Nomenclature. 3rd Edition, International Trust for Zoological Nomenclature, London, in association with British Museum (Natural History) and Berkeley, Los Angeles: University of California Press, pp.338.
- Irons J.G., Miller L.K. & Oswood M.K., 1993. Ecological adaptations of aquatic macroinvertebrates to overwintering in interior Alaska (U.S.A.) subarctic streams. *Can. J. Zool.* **71**, 98-108.

- Iwakuma T. & Yasuno M., 1983. Fate of the univoltine chironomid, *Tokunagayusurika akamusi* (Diptera: Chironomidae), at emergence in lake Kasumigaura, Japan. *Hydrobiologia*. **99** (1) : 37-59
- Jackson J. M. & Mc Lachlan A. J., 1991. Rain pools on peat moorland as island habitats for midge larvae. *Hydrobiologia*. **209**, 59-65.
- Jackson J. M. & Resh V. H., 1989. Activities and ecological role of adult aquatic insects in the riparian zone of streams. *Gen. Tech. Rep.* 110.
- Jacobsen R.E., 1995. Symbiotic associations between Chironomidae (Diptera) and Ephemeroptera. *Current directions in research on Ephemeroptera. Can. Sch. Press, Toronto*, p.317-332.
- Janssens De Bisthoven L., 1995. Morphological deformities in *Chironomus* gr. *thummi* (Diptera, Chironomidae) as bioindicators for micropollutants in sediments of Belgian lowland rivers. PhD thesis, Cath. Univ. Leuven, Belgium. 188 pp.
- Janssens De Bisthoven L. & Van Speybroeck D., 1994. Some observations of deformed midge larvae (Diptera, Chironomidae) in Kenya. *Verh. int. Verein. Limnol.* **25**: 2485-89.
- Janssens De Bisthoven L., Nuyts P., Goddeeris B. & Ollevier F., 1998. Sublethal parameters in morphologically deformed *Chironomus* larvae: clues to understanding their bioindicator value. *Fresh. Biol.* **39**: 179-191.
- Janssens De Bisthoven L., Gerhardt A. & Soares M. V. M., 2005. Chironomidae larvae as bioindicators of an acid mine drainage in Portugal. *Hydrobiologia*. **532**: 181-191.
- Jernelov A., Nagell B. & Svenson A., 1981. Adaptation to an Acid Environment in *Chironomus riparius* (Diptera, Chironomidae) from Smoking Hills, NWT, Canada. *Hol. Eco.* **4** (2): 116-19
- Johnson A.A. & Kleve M. G., 2003. *Strelkovimermis papillosus* n. sp. (Nematoda: Mermithidae), a parasite of chironomid (Insecta: Diptera) adults from the headwaters of the Mississippi River in northern Minnesota. *J. Parasitol.* **89** (6):1186-90.
- Johnson J.H., 1985. Diel feeding ecology of the nymphs of *Aeshna multicolour* and *Lestes unguiculatus* (Odonata). *Fresh. Biol.* **15** (6): 749-56.
- Johnson R. K. & Hering D., 2009. Response of taxonomic groups in streams to gradients in resource and habitat characteristics. *J. Appl. Ecol.* **46** (1):175-186
- Jonasson P.M. & J. Kristiansen., 1967. Primary and secondary production in Lake Esrom. Growth of *Chironomus anthracinus* in relation to seasonal cycles of phytoplankton and dissolved oxygen. *Inter. Rev. Ges. Hydrobiol.* **52**, 163-217.

- Kelly-Quinn M. & Bracken J.J., 1990. A seasonal analysis of the diet and feeding dynamics of brown trout *Salmo trutta L.* in a small nursery stream. *Aquacult. Fish. Man.* **21** (1): 107-24.
- Kenmuir D.H.S., 1975. The diet of fingerling tigerfish, *Hydrocynus vittatus Cast.*, in Lake Kariba, Rhodesia. *Arnoldia (Rhodesia)*. **7** (17): 1-8.
- Kettani K., Calle Martinez D. & El Ouazzani T., 1996. Données faunistiques actuelles sur les Chironomidae (Diptera) du Rif (Maroc). *Bull. Inst. Sci. Rabat*. **20**, 131-141.
- Kikawada T., Minakawa N., Watanabe M., & Okuda T., 2005. Factors Inducing Successful Anhydrobiosis in the African Chironomid *Polypedilum vanderplanki*: Significance of the Larval Tubular Nest. *Integr. Comp. Biol.* **45** (5):710-14.
- Kiknadze I.I., Istomina A.G., Gunderina L.I., Salova T.A., Ajmanova K.G., Savvinov D.D., 1996. Karyofunds of chironomids of cryolitozone of Yakutia: tribe Chironomini. *Novosibirsk*. 166 p.
- King R. S. & Richardson C. J., 2002. Evaluating subsampling approaches and macroinvertebrate taxonomic resolution for wetland bioassessment. *J. North. Amer. Benth. Soc.* **21**: 150–171.
- Kohshima S., 1984. A novel cold-tolerant insect found in a Himalayan glacier. *Nature*. **310**, 225–27.
- Kohshima S., 1985. Migration of the Himalayan wingless glacier midge (*Diamesa* sp.): slope direction assessment by sun-compassed straight walk. *J. Ethol.* **3**, 93-104.
- Kokkinn M.J., 1986. Osmoregulation, salinity tolerance and the site of ion excretion in the halobiont chironomid, *Tanytarsus barbitarsis* Freeman. *Austr. J. Marine. Fresh. Res.* **37**(2): 243 – 50.
- Kokkinn M.J., 1990. Is the Rate of Embryonic Development a Predictor of Overall Development Rate in *Tanytarsus barbitarsis* Freeman (Diptera : Chironomidae). *Austr. J. Mar. Fresh. Res.* **41**, 575-9.
- Kokkinn M.J. & Williams W.D. 1988. Adaptations to life in a hypersaline water-body: Adaptations at the egg and early embryonic stage of *Tanytarsus barbitarsis* Freeman. *Aquatic Insects*, **4**, 205--14.
- Kon M., 1987. The mating system of chironomid midges (Diptera: Chironomidae): a review. *Memoirs of the Faculty of Science, Kyoto University*. **12**, 129-34.
- Konstantinov A.S., 1951. Istoriya fauny khironomid nekotorykh ozer sapovednika "Borovoye" (Severniiy Kazakhstan). *Tru. Labo. Sapr. Otlo.* **5**, 91-107.
- Konstantinov A.S., 1971. Feeding habits of the chironomid larvae and certain ways to increase the food content of the water basins. *Fish. Research. Board. Can.* Series No. 1853.

- Koperski P., 1998. Predator-prey interactions between larval damselflies and mining larvae of *Glyptotendipes griperkoveni* (Chironomidae) : reduction in feeding activity as an induced defence. *Freshwater Biology*, **39**, 317-324.
- Kosalwat P. & Knight A. W., 1987. Acute toxicity of aqueous and substrate-bound copper to the midge, *Chironomus decorus*. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* **16** (3) :275-82.
- Kouwets F. A. C. & Davids C., 1984. The occurrence of chironomid imagines in an area near Utrecht (the Netherlands), and their relations to water mite larvae. *Hydrobiologia.* **99** (3) : 296-317.
- Krantzberg G., 1989. Accumulation of essential and nonessential metals by chironomid larvae in relation to physical and chemical properties of the elements. *Canad. J. fish. Aquat. Sci.* **46** (10) : 1755-61.
- Lang C., 2000. Evolution de l'état trophique d'un petit lac entre 1009 et 1999 indiquée par les communautés de vers et de Chironomides. *Rapp. Comm. Int. Prot.*, 129-133.
- Langton P.H. 1984. A key to pupal exuviae of British Chironomidae. Privately published by P.H. Langton, 1 Brooks Road, March, Cambridgeshire.
- Langton P.H. 1991. A key to pupal exuviae of the west Palaearctic Chironomidae. Privately published : Huntingdon, PE 17 1YH, England, 386 pp.
- Langton P.H. & Visser H. 2003. Chironomidae exuviae. A key to pupal exuviae of the west Palaearctic region. Amsterdam : Biodiversity Center of ETI.
- Lavandier P., 1984. Dynamique des populations larvaires et regime alimentaire de *Rhyacophila tristis* Pictet (Trichoptera: Rhyacophilidae) dans un ruisseau de haute montagne. *Ann. Limnol.* **20**, 209-14.
- Laville H. & Reiss F., 1992. The Chironomid fauna of the mediterranean region reviewed. *Nether. J. Aqua. Ecol.* **26**, 239-245.
- Laville H. & Tourenq J.N., 1975. Contribution à la connaissance de trois chironomides de Camargue et des marismas du Guadalquivir. *Ann. Limnol.* **3**, 185-204.
- Le Sage L. & Harrison A.D., 1980. The biology of *Cricotopus* (Chironomidae: Orthocladiinae) in an algal enriched stream: *1. Normal biology.* *Archiv fur Hydrobiologie.* **57**, 375-418.
- Lenat D. R. & Resh V. H., 2001. Taxonomy and stream ecology – the benefits of genus-and species-level identifications. *J. North. Amer. Benth. Soc.* **20**: 287–298.
- Lencioni V., 1985. Chironomidi 4 (Ditera, Chironomidae : Chironominae) Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane, vol 16. Consiglio Nazionale delle Ricerche, Verona, 185 pp.

- Lencioni V., 2004. Survival strategies of freshwater insects in cold environments. *J. Limnol.* **63** (1): 45-55.
- Lencioni V. & Rossaro B., 2005. Microdistribution of chironomids (Diptera: Chironomida) in Alpine streams: an autoecological perspective. *Hydrobiologia.* **533**, 61-76.
- Lerner A., Meltser N., Sapir N., Erlick C., Shashar N. & Broza M., 2008. Reflected polarization guides chironomid females to oviposition sites. *J. Experim. Biol.* **2** (11) : 3536-43.
- Lévêque C., Balian E. V. & Martens K., 2005. An assessment of animal species diversity in continental waters. *Hydrobiologia* 542, 39–67.
- Lindeberg B. 1958. A parthenogenetic race of *Monotanytarsus boreoalpinus* Thienemann. (Diptera, Chironomidae) from Finland. *Suom. Hyont. Aikak.* **24**, 35-8.
- Lindeberg, B., 1964. The swarm of males as a unit for taxonomic recognition in the chironomids (Diptera). *Ann. Zool. Fen.* **1**, 72-6.
- Lindgaard C., 1992. Zoobenthos ecology of Thingvallavatn: vertical distribution, abundance, population dynamics and production. *Oikos.* **64** : 257—304.
- Lindgaard C., 1995. Classification of water-bodies and pollution. In: Armitage P., Cranston P. S., Pinder L. C. V., eds. *The Chironomidae —The Biology and Ecology of Non-biting Midges*. London: Chapman & Hall, 384- 404
- Lindgaard C. & Brodersen K. P., 1995. Distribution of Chironomidae (Diptera) in the River Continuum, In: Cranston, P. (ed.), *Chironomids: From Genes to Ecosystems*. CSIRO Publications, East Melbourne, Australia, 241-246.
- Linevich A. A., 1971. The Chironomidae of Lake Baikal. *Limnologica.* **8**, 51–52.
- Little J. L., Hall R. I., Quinlan R., & Smol J. P., 2000. Past trophic status and hypolimnetic anoxia during eutrophication and remediation of Gravenhurst Bay, Ontario: comparison of diatoms, chironomids, and historical records. *Can. J. Fish. Aqua. Sci.* **57**: 333-341.
- Lobinske R.J., Ali A. & Stout J., 1996. Qualitative and quantitative studies on Chironomidae and selected physico-chemical parameters in two tributaries of the Wekiva river, central Florida. *Florida Entomol.* **79** (4), 531-542.
- Lobinske R.J., Cichra C. E. & Ali A., 2002. Predation by bluegill (*Lepomis macrochirus*) on larval Chironomidae in relation to midge sytanding crop in two central Florida lakes. *Florida Entomol.* **85** (2) : 372-375.
- Lods-Crozet B. & Reymond O., 2005. Ten years trends in the oligochaete and chironomid fauna of Lake Neuchâtel (Switzerland). *Rev. Suisse. Zool.* **112** (2) : 543-58.

- Lods-Crozet B., Lencioni V., Olafsson J.S., Snook D.L., Velle G., Brittain J.E., Castella E. & Rossaro B., 2001. Chironomid (Diptera: Chironomidae) succession in six European glacial streams. *Fresh. Biol.* **46** (12): 1791-1809.
- Lotter A. F., Birks H. J. B., Hofmann W. & Marcheto A., 1997. Modern diatom, cladocera, chironomid, and chrysophyte cyst assemblages as quantitative indicators for the reconstruction of past environmental conditions in the Alps. *I. Climate. J Paleolim.* **18**: 395-420
- Lounaci A., Brosse S., Ait Mouloud S., Lounaci-Daoudi D., Mebarki N. & Thomas A., 2000. Current knowledge of benthic invertebrates diversity in an Algerian stream : a species checklist of the Sébaou River Basin (Tizi ouzou). *Bull. Soc. Hist. Nat. Toul.* **136**, 43-55.
- Maasri A., Fayolle S. & Franquet E., 2008. Epilithic Chironomid community structure: is it a matter of algae?. *Bol. Mus. Mun. Funchal.* **13**, 133-140.
- Madden C.P., Suter P.J., Nicholson B.C. & Austin A.D., 1992. Deformities in chironomid larvae as indicators of pollution (pesticide) stress. *Netherl. J. Aqua. Ecol.* **26**: 551-557.
- Mafalda S., Antonio J.A. Nogueira G. & Amadeu M.V.M., 2007. The use of *Chironomus riparius* larvae to assess effects of pesticides from rice fields in adjacent freshwater ecosystems. *Ecotox. Environ. Safe.* **67**: 218–226
- Maiolini B. & Lencioni V., 2001. Longitudinal distribution of macroinvertebrate community assemblages in a glacially influenced system in the Italian Alps. *Freshwat. Biol.* **46** (12): 1625-39.
- Mandaville S.M., 2002. Benthic Macroinvertebrates in Freshwaters-Taxa Tolerance Values, Metrics, and Protocols. *Hydrobiologia.* **459**, 14-18.
- Mann R.H.K. & Blackburn J.H., 1991. The biology of the eel *Anguilla anguilla* (L.) in an English chalk stream and interactions with juvenile trout *Salmo trutta* L. and salmon *Salmo salar* L. *Hydrobiologia*, **218**, 65-76.
- Marre A., 1987. Le Tell oriental algérien. De Collo à la frontière tunisienne. Etude morphologique. Vol I et II offices des publications universitaires, Alger.
- Martyniak A., 1990. Feeding of carp *Cyprinus carpio* in the artificially aerated Lake Mutek, Czechoslovakia. *Folia Zool.* **39** (17): 279-84
- Marziali L., Casalegno C., & Rossaro B., 2004. The first record of the subfamily Buchonomyiinae (Diptera, Chironomidae) from Italy. *It. J. Zool.* **71**, 341–345
- McLachlan A., 1977. Some effects of tube shape on the feeding of *Chironomus plumosus* (Diptera: Chironomidae). *J. Anim. Ecol.*, **46**, 139-46.

- McLachlan A., 1999. Parasites promote mating success: the case of a midge and a mite. *Zool. Wild. Cons.* **10**, 212-14.
- McLachlan A. & Laddle R., 2001. Life in the paddle : behavioral and life-cycle adaptations in the Diptera of tropical rail pool. *Biol. Rev.* **76** : 377-388.
- McMullin E. R., Bergquist D. C. & Fisher C. R., 2000. Metazoans in Extreme Environments: Adaptations of Hydrothermal Vent and Hydrocarbon Seep Fauna. *Grav. Space. Biol. Bul.* **13** (2) : 13-23.
- McShaffrey D. & Olive J. H., 1985. Ecology and distribution of chironomid larvae from carroll county, ohio (diptera: chironomidae). *Ohio. J. Sci.* **85** (4): 190-198.
- Meier M. 1987. Lebenszyklus und Parasit--Wirt--Beziehung von *Parachironomus varus* (Diptera: Chironomidae) und *Radix ovata* (Pulmonata: Lymnaeidae) in einem Weiher in Suddeutschland. *Arch. Hydrobiol.* **109** (12): 367-76.
- Merritt R.W., Dadd R.H. & Walker E.D., 1992. Feeding behavior, natural food, and nutritional relationships of larval mosquitoes. *Ann. Rev. Entomol.*, **37**, 349-76.
- Mettalaoui S., 1999. Etude écologique des mares endoreiques et temporaires. Thèse de Magister. Université d' Annaba. 140 p.
- Michaelova P.V., 1989. The polytene chromosomes and their significance to the systematics of the family Chironomidae. *Act. Zool. Fen.* **186**, 1-107.
- Miserendino M.L., 2001. Macroinvertebrate assemblages in Andean Patagonian rivers and streams: environmental relationships. *Hydrobiologia.* **444**, 147-158.
- Moller Pillot H. K. M., 1984. De larven der Nederlandse Chironomidae (Diptera). *Nederl. Faun. Med.* pp. 176.
- Moubayed J., Ait Mouloud S & Lounaci A. 1992. Les Chironomidae d'Algérie. I. Bassin de l'oued Aissi (Grande Kabylie). *Nach. Bayer. Entomol.* **41** (1) : 21-29.
- Moubayed-Breil J. & Lounaci A., 2007. New records of Chironomids (Diptera) for the fauna of Algeria and North Africa. *Ephemera.* **8** : 23-26.
- Moubayed J., Lounaci A. & Lounaci-Daoudi D., 2007. Non-biting midges from Algeria, north Africa (Diptera, Chironomidae). *Ephemera.* **8** (2) : 93-99.
- Munsterhjelm G., 1920. Om Chironomidernas Agglaggning och Aggrupper. *Acta Soc. Fauna et Flora Fennica.* **47**, 1-174.
- Nagell B. & Landahl C.C., 1978. Resistance to anoxia of *Chironomus plumosus* and *Chironomus anthracinus* (Diptera) larvae. *Hol. Ecol.* **1**, 333-6.

- Nazarova L., 2005. Chironomids of the Aral sea. *J. Mar. Syst.* **47**, 101-107.
- Nazarova L.B., Govorkova L.K., Sabirov R.M. & Latypova V.Z., 2001. Morphological deformations of chironomid larvae on assessment of Kuybishev water reservoir ecological state. *Environ. Radioecol. App. Ecol.* **7** (2): 22-27.
- Nazarova L. B., Riss H. W., Kahlheber A. & Werding B., 2004. Some observations of buccal deformities in chironomid larvae. *Caldasia.* **26**(1): 275-290.
- Neumann D. & Honegger H.W., 1991. Adaptations of the intertidal midge *Clunio* to arctic conditions. *Oecologia*, **3**, 1-13.
- Nilsson C., 1984. Filtrera ett satt att ata hos vatteninsekter. *In: Armitage, P. D., Cranston, P. S. & Pinder, L. C. V. (Eds). The Chironomidae: biology and ecology of nonbiting midges.* Chapman & Hall, London, 571 p.
- Nolte U. 1993. Egg masses of Chironomidae (Diptera). A review, including new observations and a preliminary key. *Entomol. Scand. Suppl.* **43**, 1-75.
- Nour N., 1989. Contribution à l'étude de l'avifaune forestière nicheuse de P.N.E.K. Mémoire d'Ingénieur I.N.A. Alger.
- Ohno M., 1985. Ecological studies on chironomids in Tokyo: Tolerances of two species of chironomid larvae collected from the Zempukuji River to oxygen deficiency. *Physiol. Rev.* **46**, 223-29.
- Olafsson J.S., 1992. A comparative study on mouthpart morphology of certain larvae of Chironomini (Diptera: Chironomidae) with reference to the larval feeding habits. *J. Zool. London.* **228** : 183-204.
- Oliver D.R., 1959. Some Diamesini (Chironomidae) from the Nearctic and Palaearctic. *Entomol. Tidskrif.* **80**, 48-64.
- Oliver D. R., 1971. Life history of the Chironomidae. *Ann. Rev. Entomol.* **12**: 211-230.
- Oliver D. R., 1981. Chironomidae. *In: Manual of Nearctic Diptera Volume 1.* Coordinated by: J.F. McAlpine, B.V. Peterson, G. E. Shewell, H.J. Teskey, J. R. Vockeroth, and D.M. Wood, Research Branch Agriculture Canada, Monograph No. 27, 1981. Canada.
- Oliver D.R., 1983. The larvae of Diamesinae (Diptera : Chironomidae) of the Holarctic region- keys and Diagnoses. *Ent. Scand. Suppl.* **19** : 115-138.
- Oliver D.R. & Sinclair B.J., 1989. Madicolous Chironomidae (Diptera), with a review of *Metriocnemus hygropetricus*. *Act. Biol. Debr. Oecol. Hung.* **2** :285-93.
- Oliver D. R., Dillon M. E. & Cranston P. S. 1990. A catalog of Nearctic Chironomidae. *Research. Br. Agr. Can.* 1857/B.

- Olsgard F., P. Somerfield J. & Carr M. R., 1998. Relationships between taxonomic resolution, macrobenthic community patterns and disturbance. *Marine. Ecol. Progress Series*. **172**: 25–36.
- Olsson T.I., 1981. Overwintering of benthic macroinvertebrates in ice and frozen sediment in a north Swedish river. *Hol. Ecol.*, **4**, 161-66.
- Orendt C., 2003. A classification of semi-natural northern prealpine river stretches based on chironomid communities. *Ann. Limnol.* **39** (3) : 219-237.
- Ouchtati N., 1993. Contribution à l'inventaire et l'étude des Brachinidae, Carabidae et de Cincindelidae de la région d'El Kala. Thèse de Magister. Université de Annaba. 133p.
- Ozenda P., 1982. Les végétaux dans la biosphère. Ed. Doin Paris. 413p.
- Ozkan N. & Camur-Elipek B., 2007. Relationships between chironomid communities (Diptera: Chironomidae) and environmental parameters in Sazlidere stream (Turkish Thrace). *Tiscia*. **36**, 29-34.
- Paterson C.G. & Walker K.F., 2004. Recent history of *Tanytarsus barbitarsis* Freeman (Diptera: Chironomidae) in the sediments of a shallow, saline lake. *Austr. J. Marine. Fresh. Res.* **25** (3): 315 - 25
- Persoone G. & De Pauw N., 1979. Systems of Biological Indicators for Water Quality Assessment. *Aqua. Ecol.* **35**, 121-133.
- Petrova N.A. & Zhirov S.V. 2008. Polytene chromosomes of salivary glands of chironomids (Diptera: Chironomidae) from the Wrangel Island (Russia). *Comparative Cytogenetics*. **2** (2) : 127-130.
- Pinder L.C.V., 1978. A key to adult males of the British Chironomidae (Diptera). Scientific Publications of the Freshwater Biological Association, **37**, 1-169.
- Pinder L.C.V., 1995. The habitats of chironomid larvae, pp. 107-135. In P.D. Armitage, P.S. Cranston & L.C.V. Pinder [eds.], *The Chironomidae. The biology and ecology of non-biting midges*. Chapman & Hall, London.
- Porinchi D. F., 2003. The use and application of freshwater midges (Chironomidae: Insecta: Diptera) in geographical research. *Phys. Geogr.* **27** (3): 378-422.
- Porinchi D. F. & MacDonald G. M., 2001. The modern distribution of midge flies (Chironomidae : Diptera) in eastern Sierra Nevada, California, lakes : Potential for paleoclimatic reconstruction. *Conf. Proc*, 61-69.
- Prat N., 1978. Benthos typology of Spanish reservoirs. *Verh. Internat.Verein. Limnol. Stuttgart*. **20**, 1647-51.

- Quinlan R., Smol J. P. & Hall R. I., 1998. Quantitative inferences of past hypolimnetic anoxia in south-central Ontario lakes using fossil midges (Diptera: Chironomidae). *Can. J. Fish. Aqua. Sci.* **55**: 587-596
- Rae J. G., 1989. Chironomid Midges as indicators of organic pollution in the Scioto river basin. *Ohio. J. Sci.* **89** (1): 5-9.
- Ramade F., 1984. *Eléments d'écologie*. Mc Graw-Hill (eds.). 396p.
- Ranta E. & Espo J., 1989. Predation by the rock-pool insects *Arctocorisa carinata*, *Callicorixa producta* (Heteroptera: Corixidae) and *Potamonectes griseostriatus* (Coleoptera: Dytiscidae). *Annales Zool. Fen.* **26** (1) : 53-60.
- Räsänen J., Kenttämies K. & Sandman O., 2007. Paleolimnological assessment of the impact of logging on small boreal lakes. *Limnologica.* **37** (2) : 193-207.
- Real M., Rieradevall M. & Prat N., 2000. *Chironomus* species (Diptera: Chironomidae) in the profundal benthos of Spanish reservoirs and lakes: Factor affecting distribution patterns. *Fresh. Biol.* **43**, 118-25.
- Reiss F., 1977. Verbreitungsmuster bei palaarktischen Chironomidenarten (Diptera, Chironomidae). *Spixiana.* **1**, 85-97.
- Reiss F. & Fittkau E. J., 1971. Taxonomy and ecology of european distributed Tanytarsus-species (Chironomidae, Diptera). *Arch. Hydrobiol. Suppl.* **40** : 75-202.
- Reiss F & Säwedal L., 1981. Keys to males and pupae of the palearctic (excl. Japan) *Paratanytarsus* Thienemann & Bause, 1919, n. comb., with descriptions of the three new species (Dipter : Chironomidae). *Ent. Scand.* **15**. 73-104.
- Ricciardi A., 1994. Occurrence of chironomid larvae (*Paratanytarsus* sp.) as commensals in dreissenid mussels (*Dreissena polymorpha* and *D. bugensis*). *Can. J. Zool.* **72**, 1159- 62.
- Ring R., 1982. Freezing-tolerant insects with low supercooling points. *Comp. Biochem. Physiol.*, **73** (4): 605-12.
- Rolland N., Larocque I., Francus P., Pienitz R., Laperrière L., 2009. Evidence for a warmer period during the 12 and 13 century from chironomid assemblages in a Southampton Island (Nunavut, Canada) lake. *Quaternary Research.* **14** (2): 214-218.
- Roque de Oliveira F., Trivinho-Strixino S., Jancso M. & Fragoso E. N., 2004. Records of Chironomidae larvae living on other aquatic animals in Brazil. *Biota Neotropica.* **4** (2) : 1-8.
- Rosenberg D.M., 1992. Freshwater biomonitoring and Chironomidae. *Neder. Aqua. Ecol.* **26** (2) : 101-122.
- Ross, H.H., Ross C.A. & Ross J.R.P., 1982. A textbook of Entomology, Fourth Edition, John Wiley and Sons, Inc. Singapore.

- Rossaro B., 1982. Chironomidi 2 (Ditera, Chironomidae : Orthocladiinae) Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane, vol 16. Consiglio Nazionale delle Ricerche, Verona, 80 pp.
- Rossaro B., 1988. A contribution to the knowledge of chironomids in Italy. *Spixiana*. **14**, 191-200.
- Rossaro B., 1991. Chironomids and water temperature. *Aquatic insect*. **13** (2) : 87-98.
- Rossaro B., 1993. Macroinvertebrate distribution in streams: A comparison of CA ordination with biotic indices. *Hydrobiologia*, **263**, 109–118.
- Rossaro B. & Mietto S., 2007. Multivariate analysis using chironomids (Diptera) species. *Riv. Bott. Ecol.*, 191-205.
- Rossaro B., Lencioni V., Boggero A. & Marziali L., 2006. Chironomids from southern alpine running waters : ecology, biogeography. *Hydrobiologia*. **562** : 231-46.
- Ruse L., 2002. Chironomid pupal exuviae as indicators of lake status. *Arch.Hydrobiol.* **153**, 367-390.
- Sæther O.A., 1962. Larval overwintering cocoons in *Endochironomus tendens*. *Hydrobiologia*. **20**, 377-81.
- Sæther O.A., 1971. Notes on general morphology and terminology of the Chironomidae. *Can. Entomol.* **103**, 1237-60.
- Sæther O.A., 1977a. Taxonomic studies on Chironomidae: *Nanocladius*, *Pseudochironomus* and the *Harnischia* complex. *Bull. Fisher. Res. Boar. Can.* **196**, 1- 143.
- Sæther O.A., 1977b. Female genitalia in Chironomidae and other Nematocera: morphology, phylogenies, keys. *Bull. Fisher. Res. Boar. Can.* **197**, 1-204.
- Sæther O. A., 1979. Chironomid communities as water quality indicators. *Hol. Ecol.* **2**, 65-74.
- Sæther A. O., 1980. A Glossary of chironomid morphology terminology (Diptera: Chironomidae). *Entomol. Scand. Suppl.* **14**: 1-51.
- Sæther O. A. 1983a. The larvae of Prodiamesinae (Diptera : Chironomidae) of the Holarctic region. Keys and Diagnoses. *Ent. Scand. Suppl.* **19** :141-149.
- Sæther O. A. 1983b. The larvae of Buchonomyiinae (Diptera, Chironomidae) of the Holarctic region. *Ent. Scand. Suppl.* **19** :113.
- Sæther O.A., 1990. A review of the genus *Limnophyes* Eaton from the Holarctic and Afrotropical regions. *Entomologica Scandinavica Supplement.* **35**, 1-135.

- Sæther O. A., 2000a. Zoogeographical patterns in Chironomidae (Diptera). *Intern. Ver. Theor. Ang. Limnol.* **27**, 290–302.
- Sæther O. A., 2000b. Phylogeny of the subfamilies of Chironomidae (Diptera). *Syst. Entomol.* **25**, 393–403.
- Sæther O. A. & Spies M., 2004. Family Chironomidae (Diptera), on-line @ <http://www.faunaeur.org>.
- Sæther O.A. & Willassen E., 1987. Four new species of *Diamesa Meigen, 1835* (Diptera: Chironomidae) from the glaciers of Nepal. *Entomol. Scandinavica.* **29**, 189-203.
- Salmoiraghi S., 2001. The limnology of Suviana-Brasimone man-made lakes: Influence of pumped storage operations on physical, chemical and biological characteristics. *Verh.Internat. Verein. Limnol. Stuttgart.* **22**, 1550-57.
- Samraoui B. & de Bélair G., 1999. Les zones humides de la Numidie Orientale. *Synthèse (Rev. Sc. & Techn. Univ. Annaba).* **4**, 1-90.
- Samraoui B. & Dumont H. J., 2002. The large branchiopods (Anostraca, Notostraca and Spinicaudata) of Numidia (Algeria). *Hydrobiologia.* **486**, 173-79.
- Samraoui B., Bouzid S. & Corbet P. S., 1998. Postponed reproductive maturation in upland refuges maintains life-cycle continuity during the hot, dry season in Algerian dragonflies (Anisoptera). *Intern. J. Odonat.* **1**, 119-35.
- Samraoui B., De Bélair G. & Benyacoub S., 1992. A much treated lack : lac des oiseaux in Northeastern Algeria. *Env. Cons.* **19** : 264-76.
- Sánchez M. I., Green, A. J. & Alejandre A., 2006. Shorebird predation affects density, biomass, and size distribution of benthic chironomids in salt pans: an enclosure experiment. *J. North. Americ. Benthol. Soc.* **25** (1), 9-18.
- Sasa M., 1989. A morphological study of adults and immature stages of 20 Japanese species of the family Chironomidae (Diptera). *Inst. Environm. Stud. Res. Rep.* **7**, 1-148.
- Sasa M. & Sublette J., 1980. Synonymy, distribution, and morphological notes on *Polypedilum nubifer* (Skuse). *Jap. J. Sanit. Zool.* **31** (2) : 93-102.
- Schlee D., 1968. Vergleichende Merkmalsanalyse zur Morphologie und Phylogenie der Corynoneura-Gruppe (Diptera: Chironomidae) Zugleich eine Allgemeine Morphologie der Chironomiden-Imago. *Stutt. Beit. Natur.* **180**, 1-150.
- Schöll F. & Haybach A., 2004. Typology of large European rivers according to their Chironomidae communities (Insecta : Diptera). *Ann. Limnol. - Int. J. Lim.* **40** (4) : 309-16.

- Seredzus F., Wichard W., 2002. Buchonomyiinae (Diptera, Chironomidae) in Baltic Amber. *Stud. Dipterol.*, **9**: 2, 393-402.
- Sherk T. E. & Rau G. H., 2008. Emergence of *Ablabesmyia monilis* (Diptera: Chironomidae) from Findley Lake during warm and cold years. *Bol. Mus. Mun. Funchal*. **13**: 199-205.
- Sijrin M.T., Rubtsov N.B., Karamysheva TV, Katokhin AV, Karagodin DA, Kiknadze II. 2003. Molecular-cytogenetic characteristics of B-chromosomes in chironomid (Diptera : Chironomidae). *Tsitologiya*. **45** (6):582-9.
- Silina Y.P., 1959. Systematics and morphology of the chironomid genus *Limnochironomus* Kieffer. *Trud. Vsesoy. Gidrobiol. Obsh.* **9**, 121-8.
- Silva F., Ruiz S. S., Bochini G.L. & Moreira D.C., 2008. Functional feeding habits of Chironomidae larvae (Insecta, Diptera) in a lotic system from Midwestern region of São Paulo State, Brazil. *American J. Aquatic. Sci.* **3** (2): 135-41.
- Smiljkov S. & Slavevska-Stamenkovic V., 2005. Chironomidae (Diptera) larvae fauna from the Mantovo reservoir and the mouth of river Kriva Lakavica. *Natura montenegrina*. **3**, 311-325.
- Smith A. J., 1993. Lacustrine ostracodes as hydrochemical indicators in lakes of the north-central United States. *J. Paleo- limnol.* **8**, 121- 134.
- Smit H., Van Der Velden J. A. & Klink A., 1994. Macrozoobenthic assemblages in littoral sediments in the enclosed Rhine-Meuse Delta. *Aqua. Biol.* **28** (2): 199-212.
- Smit H., Van Heel E. D. & Wiersma S., 1992. Biovolume as a tool in biomass determination of Oligochaeta and Chironomidae. *J. Paleo- limnol.* **15** (6) :15-20.
- Smol J. P., 1988. Paleoclimate proxy data from freshwater arctic diatoms. *Int. Ver. Theor. Angew. Limnol. Verh.* **23**: 837-844.
- Smol J. P., 2007. Journal of Paleolimnology: Celebrating 20 years of publication. *J. Paleolimnol.* **37** (4) : 471-473.
- Soluk D.A. & Clifford H.F., 1985. Microhabitat shifts and substrate selection by the psammophilous predator *Pseudiron centralis* (Ephemeroptera: Heptageniidae). *Can. J. Zool.* **63**, 1539-43.
- Spies M. & Reiss F. 1996. Catalog and bibliography of Neotropical and Mexican Chironomidae (Insecta, Diptera). *Spixiana*. **22**, 61–119.
- Steffan A.W., 1968. Zur Evolution und Bedeutung epizoischen Lebensweise bei Chironomidae--Larven (Diptera). In: Armitage PD, Cranston PS, Pinder LCV (eds). *Biology and ecology of non-biting midges*. Chapman & Hall, London, p.297-335.
- Storey K.B., 1990. Biochemical adaptation for cold hardiness in insects. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, **326**, 635-54.

- Strathdee A.T. & Bale J.S., 1998. Life on the edge: insect ecology in arctic environments. *Ann. Rev. Entomol.* **43**, 85-106
- Sublette J. E. & Sublette M. S., 1973. Family Chironomidae. In Delfinado M. & E. D. Hardy (eds), *Catalogue of the Diptera of the Oriental Region, Part 1*. University Press, Honolulu, Hawaii, 389–422.
- Svensson B.S., 1979. Pupation, emergence and fecundity of phoretic *Epoicocladius ephemerae* (Chironomidae). *Hol. Ecol.* **2**, 41-50.
- Svensson B.S. 1980. The effect of host density on the success of commensalistic *Epoicocladius flavens* (Chironomidae) in utilizing streamliving *Ephemera danica* (Ephemeroptera). *Oikos.* **34**, 326-36.
- Syrjamaki, J., 1968. Diel patterns of swarming and other activities of two arctic dipterans (Chironomidae and Trichoceridae) on Spitsbergen. *Oikos.* **19**, 250-8.
- Tachet H., Richoux P., Bournaud M. & Usseglio-Polatera P. 2000. *Invertébrés d'eau douce : systématique, Biologie, écologie*. CNRS éditions, Paris. 588p.
- Theron J.G., 1972. Chironomidae (Diptera) causing damage to motor cars (by ruining fresh paint). *J. Entomol. Soc. South. Africa.* **35**, 361-65.
- Thienemann A., 1921. Eine eingenartige Überwinterungsweise bei einer Chironomidenlarve. *Zool. Anz.* **52**, 285-85.
- Thienemann A., 1925. Die beiden *Chironomus*-arten der Tiefenfauna der norddeutschen Seen. Ein hydrobiologisches Problem. *Archiv. Hydrobiol.* **13**, 609-46.
- Thienemann A., 1954. Chironomus. Leben, Verbreitung und wirtschaftliche Bedeutung der Chironomiden. In: P. Armitage, Cranston P.S. & Pinder L.C.V. (eds.), *The Chironomidae. The biology and ecology of non-biting midges*. Chapman & Hall, London, pp. 107-135.
- Thienemann A. & Strenzke K. 1940. Terrestrische Chironomiden III-IV: Zwei parthenogenetische Formen. *Zool. Anz.* **132**, 24-40.
- Thomas A., Bonnefous O., Khatori M. & Soubaya T., 2006. Evolution des communautés de Plécoptères dans la Garonne près de Toulouse depuis 1930 : l'agonie des insectes bioindicateurs les plus sensibles (Plecoptera). *Ephemera.* **7** (1) : 45-57.
- Timmermans K., Spijkerman E., Tonkes M. & Govers H., 1992. Cadmium and zinc uptake by two species of aquatic invertebrate predators from dietary and aqueous sources. *Can. J. fish. Aquat. Sci.* **49**, 655-662.
- Tokeshi M., 1986. Population ecology of the commensal chironomid *Epoicocladius flavens* on its mayfly host *Ephemera danica*. *Fresh. Biol.* **16** (2) : 235-43.

- Tokeshi M., 1992. On the evolution of commensalism in the Chironomidae. *Fresh. Biol.* **29** (3):481-489.
- Tokeshi M., 1995. Species interactions and community structure. In P. Armitage, P.S. Cranston & L.C.V. Pinder. (eds.) *Biology and ecology of Chironomidae*. Chapman et Hall. London (UK), 297-335.
- Vala J-C., Moubayed J. & Langton P., 2000. Chironomidae des rizières de Camargue, données faunistiques et écologiques. *Bull. Soc. Ent. Fra.* **105** (3) : 293-300.
- Van Hattum B., Korthals G., Govers H.A.J. & Jooisse E.N.G., 1993. Accumulation patterns of trace metyals in freshwater isopods in sediment bioassays. *Wat. res.* **27**, 669-84.
- Vermeulen A. C., 1995. Elaborating chironomid deformities as bioindicators of toxic sediment stress : the potential application of mixture toxicity concepts. *Ann. Zool. Fennici.* **32**, 265-285.
- Verschuren D., Cumming B.F. & Laird K. R., 2004. Quantitative reconstruction of past salinity variations in African lakes: assessment of chironomid-based inference models (Insecta: Diptera) in space and time. *Can. J. Fish. Aqua. Sci.* **61** (6): 986-998.
- Vilchez-Quero A. & Lavandrier P., 1986. Composition et rythme journalier de la dérive des exuvies nymphales de Chironomidés dans le Guadalquivir (Sierra de Cazorla- Espagne). *Annl. Limnol.* **22** (3) : 253-260.
- Walker I.R. & Mathewes R.W., 1987. Chironomidae (Diptera) and postglacial climate at Marion Lake, British Columbia, Canada. *Quaternary Research.* **27**, 89-102.
- Walker I. R., Fernando C. H. & Paterson C. G., 1985. Associations of Chironomidae (Diptera) of shallow, acid, humic lakes and bog pools in Atlantic Canada, and a comparison with an earlier paleoecological investigation. *Hydrobiologia.* **120** (1): 11-22.
- Walker I. R., Smol J. P. & Engstrom D. R., 1992. Aquatic invertebrates, climate, scale and statistical hypothesis testing: a response to Hann, Warner and Warwick. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **49**: 1276- 1280
- Walker I. R., Wilson S. E & Smol J. P., 1995. Chironomidae (Diptera) : quantitative palaeosalinity indicators for lakes of western Canada. *Can. J. Fish. Aqua. Sci.* **52** (5) : 950-60.
- Walshe B.M., 1948. The Oxygen Requirements and Thermal Resistance of Chironomid Larvae from flowing and From still waters. *J. Experim. Biol.* **25**: 35-44.
- Walshe B.M. 1950. The function of haemoglobin in *Chironomus plumosus* under natural conditions. *J. Exp. Biol.* **27**, 73-95.

- Warren L. A., Tessier A. & Hare L., 1998. Modelling cadmium accumulation by benthic invertebrates in situ: The relative contributions of sediment and overlying water reservoirs to organism cadmium concentrations. *Limnol. Oceanogr.*, **43** (7) : 1442-54.
- Warrin E., Din Z. B. & Che Salmah M.R., 2008. Use of Tropical Chironomid Larvae (Diptera: Chironomidae) as Indicator Organism for Aquatic and Sediment Toxicity Tests. *Intern. Conf. Environ. Res. Technol.* **25**, 14-19.
- Warwick W.F., 1985. Morphological abnormalities in Chironomidae (Diptera) larvae as measures of toxic stress in freshwater ecosystems: indexing antennal deformities in *Chironomus* Meigen. *Can. J. Fish. Aqua. Sci.* **42**: 1881-1914.
- Warwick W.F., 1988. Morphological deformities in Chironomidae (Diptera) larvae as biological indicators of toxic stress. *Toxic. Contam. Ecosyst. Health*, 281-320.
- Watanabe M., Kikawada T. & Okuda T., 2003. Increase of internal ion concentration triggers trehalose synthesis associated with cryptobiosis in larvae of *Polypedilum vanderplanki*. *J. Exp. Biol.* **206**, 2281-86.
- Webb S. D., 1990. Historical Biogeography, in R. L. Myers and J. J. Ewel [eds.], *The Ecosystems of Florida* University of Central Florida Press. Orlando. pp. 70-102
- Weber R. E. & Vinogradov S. N., 2001. Nonvertebrate Hemoglobins: Functions and Molecular Adaptations. *Physiol. Rev.* **81**, 569-628.
- Wene G., 1940. The soil as an ecological factor in the abundance of aquatic Chironomid larvae. *O. J. Sci.* **40** (4) : 193-9.
- Wiederholm T., 1980. Use of benthos in lake monitoring. *J. Poll. Cont. Fed.* **52**, 537-47.
- Wiederholm T., 1983. Chironomidae of the Holarctic region. Keys and Diagnoses. Part 1. Larvae. *Entomol. Scand. Suppl.* **19**, 1-457.
- Wiederholm, T., 1986. Chironomidae of the Holarctic region. Keys and Diagnoses. Part II. Pupae. *Entomol. Scand. Suppl.* **28**, 1- 482
- Wiederholm, T., 1989. Chironomidae of the Holarctic region. Keys and Diagnoses. Part III. Adults. *Entomol. Scand. Suppl.* **34**, 1-532.
- Wiederholm T. & Eriksson L., 1977. Benthos of an acid lake. *Oikos.* **29**, 261-7.
- Williams C.J., 1982. The drift of some chironomid egg masses. *Fresh. Biol.* **12**, 573-8.
- Williams C. J., 1985. The drift of some chironomid egg masses (Diptera: Chironomidae). *Fresh. Bio.* **12** (6) : 573 – 78.

- Williams D.D. 1982. Emergence pathways of adult insects in the upper reaches of a stream. *Inter. Rev. Ges. Hydrobiol.* **67**, 223-4
- Williams D.D., 1987. The ecology of temporary waters. *Croom. Helm.London.* 193pp.
- Williams K.A., 1981. Population dynamics of epiphytic chironomid larvae in a chalk stream. Ph.D. Dissertation. University of Reading.
- Wilson L.F., 1969. Shoreline aggregation behaviour of adults of a midge *Chironomus* sp. (Diptera: Chironomidae) at Solberg Lake, Wisconsin. *Mich. Entomol.* **2**, 14-9.
- Winterbourn M. J., 2004. Association between a commensal chironomid and its mayfly host in rivers of North Westland. *New Zealand Natural Sciences.* **29**, 21-31.
- Wirth W.W. & Marston N., 1968. A method for mounting small insects on microscope slides in Canada Balsam. *Ann. Entomol. Soc. Am.* **61**, 783-784.
- Woodcock T., Longcore J., McAuley D., Mingo T., Bennatti C.R. & Stromborg K., 2005. The role of pH in structuring communities of Maine wetlands macrophytes and Chironomid larvae (Diptera). *Wetlands.* **25** (2): 433-438.
- Yulintine L., Wulandari L., Trislina Y., Welsiana S., Septiani T., Vasander H. & Haraguchi A., 2008. Density and biomass of chironomid larvae in a peat channel in central kalimantan, indonesia. In: Proceedings of the International Symposium and Workshop on Tropical Peatland – Restoration and Wise Use of Tropical Peatland: Problems of Biodiversity, Fire, Poverty and Water management. Palangka Raya, 20 – 24 September 2005. pp. 127-1131.
- Yurenfrie Y, Trislina L., Wulandari L., Yulintine L. Welsiana S. & Septiani T., 2007. Inventory of Freshwater Fish in Tropical Peatland of Central Kalimantan. In: Proceedings of the International Symposium and Workshop on Tropical Peatland – Restoration and Wise Use of Tropical Peatland: Problems of Biodiversity, Fire, Poverty and Water management. Palangka Raya, 20 – 24 September 2005. pp. 202-204
- Zerguine K., Samraoui B. & Rossaro B., 2009. A survey of Chironomids from seasonal ponds of Numidia, northern Algeria. *Boll. Zool. Agr. Bachic.* **2** (3): 167-74.
- Zhang E., Jones R., Bedford A., , Langton P., & Tang H., 2007. A chironomid-based salinity inference model from lakes on the Tibetan Plateau. *J. Paleolimnol.* **38** (4) : 477-91.
- Zhijun G., Ping X. & Yanling L., 2002. Effect of temperature and photoperiod on hatching of eggs *Tokunagayusurika akamusi* Toguna (Diptera, Chironomidae). *J. Fresh. Ecol.* **17**(1) : 169-170.

Annexe

Annexe 1

Tableau 1: Classification des sites selon la conductivité (moyenne annuelle) (1996/2001).

Classification	Sites	Conductivité moyenne ($\mu\text{S/cm}$)	
Eaux poly-saumâtres	Salines	16890	16-40./..
Eaux saumâtres	Boukhadra	6240	5-16./..
Eaux oligo-Saumâtres	Sangliers	2660	0.5-5./..
	Mafragh	2100	
	El Feid 1	850	
	El Feid 2	740	
	El Feid 3	990	
	El Feid 4	760	
Eaux douces	Frênes	350	< 0.5./..
	Messida	280	
	Gauthier 1	190	
	Gauthier 2	170	
	Gauthier 3	150	
	Gauthier 4	120	
	Fedjoudj	230	
	Gérard	340	
	Isoetes	340	
	B. Ecole	360	
	B. Sud	380	
	El Hrib	340	
	Tamaris	400	
	Carrière	260	
	Frine	270	
	M. Lac Bleu	280	

Tableau 2: Classification des sites selon le substrat.

Sables	Sable-limoneux	Limons	Limon-sableux	Limon-argilo-sableux	Argile-limoneux	Limon-argileux	Argiles
B. Sud	Tamaris	Feid 1	Isoetes	B. Ecole	Frênes	Messida	Salines
El Hrib		Gauthier 1		Fedjoudj	El Feid 2		
Carrière		Gauthier 2		Gérard	El Feid 3		
Mafragh		Gauthier 3			El Feid 4		
Ruppia		Gauthier 4					
Frine		Boukhadra					
M.Lac Bleu							
Sangliers							

Tableau 3 regroupant les sites, les espèces et leur abondance au cours des 04 cycles

site	espèces	Abondance
Feid 1	<i>C. plumosus</i>	138
	<i>K. tendipediformis</i>	10
	<i>E. tendens</i>	15
	<i>P. monochromus</i>	14
	<i>Paratanytarsus sp</i>	14
	<i>P. mediterraneus</i>	12
	<i>C. sylvestris</i>	10
	<i>X. falcigera</i>	37
	<i>Z. hirtimana</i>	8
	<i>Paramerina</i>	3
Feid 2	<i>C. plumosus</i>	21
	<i>C. riparius</i>	1
	<i>Paratanytarsus sp</i>	10
	<i>P. mediterraneus</i>	8
	<i>C. scutellata</i>	14
	<i>P. sordidellus</i>	69
	<i>X. falcigera</i>	37
	<i>Paramerina sp</i>	2
Feid 3	<i>C. plumosus</i>	43
	<i>C. riparius</i>	1
	<i>Paratanytarsus sp</i>	6
	<i>P. mediterraneus</i>	4
	<i>C. scutellata</i>	2
	<i>P. sordidellus</i>	13
	<i>X. falcigera</i>	14
	<i>P. griekenland</i>	14
Feid 4	<i>C. plumosus</i>	1
	<i>Paratanytarsus sp</i>	4
	<i>P. platypus</i>	5
	<i>C. sylvestris</i>	10
	<i>X. falcigera</i>	16
	<i>Natarsia sp</i>	3
	<i>P. choreus</i>	3
	<i>P. griechenland</i>	2
	<i>Z. hirtimana</i>	15

Frènes	<i>C. plumosus</i>	38
	<i>C. riparius</i>	22
	<i>E. tendens</i>	18
	<i>Dicrotendipes sp</i>	2
	<i>E. pagana</i>	1
	<i>P. platypus</i>	92
	<i>P. sordidellus</i>	2
	<i>C. sylvestris</i>	11
	<i>C. flavocinctus</i>	5
	<i>C. scutellata</i>	9
	<i>X. falcigera</i>	7
	<i>P. choreus</i>	49
Messida	<i>C. plumosus</i>	5
	<i>T. horni</i>	5
	<i>C. sylvestris</i>	112
	<i>C. trifasciatus</i>	16
	<i>C. flavocinctus</i>	20
	<i>P. sordidellus</i>	17
	<i>P. platypus</i>	3
	<i>Tanytarsus sp</i>	1
	<i>X. falcigera</i>	18
	<i>P. choreus</i>	6
	<i>A. phatta</i>	10
	<i>P. varius</i>	2
Gauthier 1	<i>C. riparius</i>	10
	<i>G. barbipes</i>	15
	<i>E. pagana</i>	1
	<i>P. nubifer</i>	13
	<i>Paratanytarsus sp</i>	9
	<i>P. mediterraneus</i>	14
	<i>T. horni</i>	25
	<i>C. sylvestris</i>	109
	<i>C. scutellata</i>	3
	<i>P. sordidellus</i>	76
Gauthier 2	<i>C. riparius</i>	3
	<i>Paratanytarsus sp</i>	6
	<i>P. mediterraneus</i>	8
	<i>T. horni</i>	32
	<i>C. sylvestris</i>	112
	<i>C. trifasciatus</i>	5
	<i>C. scutellata</i>	3
	<i>P. sordidellus</i>	5
	<i>C. flavocinctus</i>	2
	<i>T. punctipennis</i>	9
	<i>L. atrocincta</i>	2

Gauthier 3	<i>C. plumosus</i>	1
	<i>C. riparius</i>	2
	<i>P. mediterraneus</i>	2
	<i>D. pallidicornis</i>	5
	<i>T. horni</i>	6
	<i>C. sylvestris</i>	111
	<i>C. flavocinctus</i>	16
	<i>C. scutellata</i>	8
	<i>P. sordidellus</i>	1
	<i>P. platypus</i>	15
	<i>X. falcigera</i>	11
	<i>T. punctipennis</i>	24
Gauthier 4	<i>C. riparius</i>	11
	<i>Paratanytarsus sp</i>	5
	<i>P. mediterraneus</i>	7
	<i>C. sylvestris</i>	67
	<i>P. platypus</i>	15
	<i>P. sordidellus</i>	6
	<i>C. scutellata</i>	13
	<i>X. falcigera</i>	2
Fedjoudj	<i>Paratanytarsus sp</i>	1
	<i>P. mediterraneus</i>	6
	<i>C. sylvestris</i>	2
	<i>C. scutellata</i>	45
	<i>P. sordidellus</i>	95
	<i>P. platypus</i>	8
	<i>X. falcigera</i>	32
	<i>P. choreus</i>	13
Gérard	<i>C. plumosus</i>	5
	<i>C. riparius</i>	1
	<i>Paratanytarsus sp.</i>	3
	<i>P. mediterraneus</i>	5
	<i>P. nubifer</i>	2
	<i>C. sylvestris</i>	38
	<i>C. scutellata</i>	7
	<i>P. sordidellus</i>	27
	<i>P. platypus</i>	15
	<i>L. minimus</i>	12
	<i>C. trifasciatus</i>	1
	<i>X. falcigera</i>	13
	<i>P. varius</i>	9
	<i>L. atrocinctus</i>	2
	<i>Z. hirtimana</i>	7

Isoetes	<i>C. plumosus</i>	25
	<i>C. riparius</i>	11
	<i>Paratanytarsus sp</i>	14
	<i>P. mediterraneus</i>	1
	<i>P. natvigi</i>	5
	<i>E. tendens</i>	6
	<i>D. pallidicornis</i>	1
	<i>C. sylvestris</i>	23
	<i>C. flavocinctus</i>	3
	<i>C. trifasciatus</i>	1
	<i>P. sordidellus</i>	36
	<i>P. platypus</i>	29
	<i>C. scutellata</i>	31
	<i>L. minimus</i>	1
	<i>X. falcigera</i>	15
	<i>P. choreus</i>	1
	<i>N. punctata</i>	1
	<i>P. varius</i>	1
	<i>P. griechenland</i>	6
Berrihane Ecole	<i>C. riparius</i>	53
	<i>E. pagana</i>	5
	<i>G. barbipes</i>	3
	<i>P. nubifer</i>	1
	<i>Paratanytarsus sp</i>	7
	<i>P. mediterraneus</i>	3
	<i>P. natvigi</i>	4
	<i>C. sylvestris</i>	130
	<i>C. flavocinctus</i>	5
	<i>C. trifasciatus</i>	1
	<i>C. scutellata</i>	1
	<i>P. sordidellus</i>	112
	<i>P. platypus</i>	92
	<i>L. minimus</i>	34
	<i>X. falcigera</i>	12
	<i>P. choreus</i>	46
Berrihane Sud	<i>C. plumosus</i>	48
	<i>C. riparius</i>	43
	<i>E. tendens</i>	1
	<i>E. pagana</i>	6
	<i>C. sylvestris</i>	97
	<i>C. scutellata</i>	52
	<i>P. sordidellus</i>	4
	<i>P. platypus</i>	49
	<i>X. falcigera</i>	58

Hrib	<i>C. plumosus</i>	32
	<i>E. tendens</i>	32
	<i>P. monochromus</i>	5
	<i>G. barbipes</i>	1
	<i>C. sylvestris</i>	23
	<i>C. scutellata</i>	20
	<i>P. sordidellus</i>	63
	<i>P. platypus</i>	47
	<i>X. falcigera</i>	72
	<i>P. choreus</i>	32
Tamaris	<i>C. plumosus</i>	51
	<i>E. pagana</i>	4
	<i>E. tendens</i>	42
	<i>G. barbipes</i>	12
	<i>Paratanytarsus sp</i>	4
	<i>P. mediterraneus</i>	2
	<i>C. sylvestris</i>	13
	<i>C. scutellata</i>	44
	<i>P. sordidellus</i>	59
	<i>P. platypus</i>	57
	<i>X. falcigera</i>	18
Carrière	<i>C. plumosus</i>	39
	<i>C. riparius</i>	1
	<i>E. tendens</i>	32
	<i>E. pagana</i>	8
	<i>G. barbipes</i>	11
	<i>P. monochromus</i>	12
	<i>Paratanytarsus sp</i>	20
	<i>P. mediterraneus</i>	14
	<i>C. sylvestris</i>	55
	<i>C. scutellata</i>	35
	<i>P. sordidellus</i>	30
	<i>P. platypus</i>	10
	<i>X. falcigera</i>	8
Mafragh	<i>C. plumosus</i>	68
	<i>C. riparius</i>	38
	<i>E. tendens</i>	2
	<i>G. barbipes</i>	1
	<i>K. tendipediformis</i>	4
	<i>D. pallidicornis</i>	6
	<i>P. mediterraneus</i>	6
	<i>C. sylvestris</i>	76
	<i>C. scutellata</i>	7
	<i>C. flavocinctus</i>	6
	<i>P. sordidellus</i>	25

Sangliers	<i>C. plumosus</i>	76
	<i>C. riparius</i>	8
	<i>E. pagana</i>	11
	<i>E. tendens</i>	1
	<i>K. tendipediformis</i>	3
	<i>Paratanytarsus sp</i>	2
	<i>P. mediterraneus</i>	10
	<i>T. horni</i>	9
	<i>C. sylvestris</i>	91
	<i>C. scutellata</i>	9
	<i>C. trifasciatus</i>	3
	<i>P. sordidellus</i>	12
	<i>P. platypus</i>	5
	<i>X. falcigera</i>	22
	<i>A. phatta</i>	17
Boukhadra	<i>C. riparius</i>	58
	<i>P. nubifer</i>	2
	<i>D. pallidicornis</i>	4
	<i>Paratanytarsus sp</i>	2
	<i>P. mediterraneus</i>	4
	<i>C. sylvestris</i>	63
	<i>C. scutellata</i>	28
	<i>P. sordidellus</i>	22
	<i>P. platypus</i>	11
	<i>L. minimus</i>	6
	<i>X. falcigera</i>	12
	<i>P. choreus</i>	13
Salines	<i>C. plumosus</i>	9
	<i>C. riparius</i>	39
	<i>Paratanytarsus sp</i>	6
	<i>P. mediterraneus</i>	20
	<i>P. nubifer</i>	14
	<i>T. fimbriatus</i>	7
	<i>T. horni</i>	3
	<i>C. sylvestris</i>	56
	<i>C. trifasciatus</i>	21
	<i>P. sordidellus</i>	40
	<i>P. choreus</i>	75
	<i>T. punctipennis</i>	9
Ruppia	<i>C. plumosus</i>	24
	<i>C. riparius</i>	24
	<i>C. sylvestris</i>	107
	<i>C. scutellata</i>	14
	<i>P. sordidellus</i>	26
	<i>A. phatta</i>	21

	<i>X. falcigera</i>	6
Frine	<i>C. plumosus</i>	2
	<i>C. riparius</i>	15
	<i>G. gripekoveni</i>	6
	<i>G. barbipes</i>	1
	<i>C. sylvestris</i>	30
	<i>C. flavocinctus</i>	1
	<i>C. scutellata</i>	15
	<i>P. sordidellus</i>	1
	<i>P. platypus</i>	3
	<i>L minimus</i>	3
	<i>X. falcigera</i>	7
MLB	<i>C. plumosus</i>	33
	<i>E. tendens</i>	3
	<i>P. monochromus</i>	5
	<i>Paratanytarsus sp</i>	6
	<i>P. mediterraneus</i>	3
	<i>C. sylvestris</i>	55
	<i>C.trifasciatus</i>	3
	<i>C. scutellata</i>	26
	<i>P. sordidellus</i>	9
	<i>P. platypus</i>	15
	<i>P. choreus</i>	31
	<i>P. varius</i>	5
	<i>X. falcigera</i>	3
	<i>T. punctipennis</i>	7
	<i>L. atrocincta</i>	6
	<i>N. punctata</i>	8
Butomes	<i>C. riparius</i>	28
	<i>E. pagana</i>	1
	<i>Paratanytarsus sp</i>	2
	<i>P. mediterraneus</i>	7
	<i>C. sylvestris</i>	14
	<i>C. flavocinctus</i>	25
	<i>C. scutellalta</i>	20
	<i>P. sordidellus</i>	20
	<i>L. minimus</i>	6
	<i>A. phatta</i>	2
	<i>P. choreus</i>	1
	<i>X. falcigera</i>	55

Annexe 2

Tableau 1 Richesse spécifique des sites au cours du cycle 1

	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	cycle 1
Feid 1	0	0	0	4	5	2	0	11
Feid2	0	0	0	1	1	2	0	4
Feid 3	0	0	0	0	0	0	0	0
Feid 4	0	0	0	0	0	0	0	0
Frènes	0	0	1	3	6	3	4	17
Messida	0	0	2	3	3	6	0	14
Gauthier1	0	5	4	5	4	4	3	25
Gauthier 2	3	0	1	4	4	4	3	19
Gauthier 3	0	3	4	0	4	3	2	16
Gauthier 4	0	0	0	2	2	4	0	8
Fedjoudj	0	3	1	0	4	5	0	13
Gérard	0	0	3	7	0	0	0	10
Isoetes	0	4	7	1	2	0	0	14
B. Ecole	3	0	4	3	3	3	0	16
B. sud	0	0	2	2	4	0	0	8
Hrib	0	0	0	4	2	2	0	8
Tamaris	0	0	4	4	2	2	1	13
Carrière	0	0	6	3	3	5	3	20
Mafragh	0	0	3	3	3	3	0	12
Sangliers	0	3	4	5	6	3	1	22
Boukhadra	0	4	5	5	6	3	0	23
	6	22	51	59	64	54	17	273

Tableau 2 Richesse spécifique des sites au cours du cycle 2

	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	cycle2
Feid 1	0	0	0	6	6	0	0	2	14
Feid 2	0	3	3	0	1	0	0	3	10
Feid 3	0	2	0	1	3	0	0	0	6
Feid 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Frènes	2	4	3	4	0	0	0	0	13
Messida	0	0	5	0	2	3	3	2	15
Gauthier 1	1	0	0	1	3	2	3	0	10
Gauthier 2	2	0	2	3	1	1	0	0	9
Gauthier 3	3	0	1	3	1	0	0	0	8
Gauthier 4	0	2	1	2	4	2	0	0	11
Fedjoudj	0	3	3	5	4	2	0	1	18
Gérard	0	0	3	9	0	0	1	0	13
Isoetes	0	4	4	3	1	0	0	0	12
B. Ecole	0	0	2	2	5	4	0	0	13
B. Sud	0	2	4	4	3	2	3	0	18
Hrib	2	3	3	2	2	1	3	0	16
Tamaris	0	2	3	2	3	3	1	1	15
Carrière	2	3	5	2	1	3	0	0	16
Mafragh	0	0	4	5	6	0	0	3	18
Sangliers	0	2	4	1	2	2	1	2	14
Boukhadra	0	2	2	2	4	2	2	0	14
Salines	0	1	3	4	5	4	0	2	19
Ruppia	0	1	3	2	2	1	1	2	12
Frine	0	2	3	2	3	2	1	4	17
Mare du Lac Bleu	0	4	4	0	1	3	0	0	12
Butomes	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	12	40	65	65	63	37	19	22	323

Tableau 3 Richesse spécifique des sites au cours du cycle 3

	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	cycle 3
Feid1	0	2	0	4	5	4	3	0	18
Feid 2	0	3	2	4	4	1	0	0	14
Feid 3	0	4	3	3	2	2	0	0	14
Feid 4	0	0	4	0	0	1	1	0	6
Frènes	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Messida	0	2	5	3	3	0	1	0	14
Gauthier 1	0	0	5	0	5	5	0	0	15
Gauthier 2	1	2	4	0	2	0	0	0	9
Gauthier 3	6	0	1	0	4	0	0	7	18
Gauthier 4	3	0	0	0	6	2	0	0	11
Fedjoudj	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gérard	0	4	6	0	0	0	0	7	17
Isoetes	0	0	6	4	9	3	0	0	22
B. Ecole	0	3	1	6	6	4	3	1	24
B. sud	0	2	3	2	5	0	0	0	12
Hrib	0	3	3	0	6	2	0	0	14
Tamaris	6	0	3	6	3	0	1	4	23
Carrière	3	0	6	4	8	0	3	0	24
Mafragh	0	1	4	7	4	2	0	0	18
Sangliers	2	3	7	0	0	0	4	0	16
Boukhadra	0	1	9	0	5	0	3	0	18
Salines	0	4	7	5	6	2	0	0	24
Ruppia	1	3	0	4	3	2	0	0	13
Frine	0	1	0	2	0	0	0	0	3
Mare du Lac Bleu	5	0	0	10	11	0	0	0	26
Butomes	0	4	0	6	5	2	0	0	17
	27	42	79	70	102	32	19	19	373

Tableau 4 Richesse spécifique des sites au cours du cycle 4

	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	cycle4
Feid1	0	0	0	2	2	2	3	0	9
Feid 2	0	0	0	2	2	4	3	0	11
Feid 3	0	0	0	1	3	1	0	0	5
Feid 4	0	0	0	3	1	1	2	0	7
Frènes	0	0	0	4	8	0	0	0	12
Messida	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gauthier 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gauthier 2	0	0	0	3	2	0	0	0	5
Gauthier 3	0	0	0	2	1	0	0	0	3
Gauthier 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fedjoudj	0	3	2	3	0	1	4	0	13
Gérard	0	2	3	5	2	0	0	0	12
Isoetes	0	1	6	4	5	0	0	0	16
B. Ecole	0	2	5	6	5	7	0	0	25
B. sud	0	2	5	6	1	1	0	0	15
Hrib	0	2	1	3	1	5	2	0	14
Tamaris	0	0	3	2	5	3	1	2	16
Carrière	0	1	4	6	2	1	0	0	14
Mafragh	0	0	4	4	4	1	4	0	17
Sangliers	0	1	4	0	6	1	0	4	16
Boukhadra	0	1	3	1	6	6	0	0	17
Salines	0	7	0	5	3	3	0	0	18
Ruppia	0	2	2	3	1	2	2	0	12
Frine	0	0	2	4	0	0	0	0	6
Mare du Lac Bleu	0	1	3	2	1	1	10	0	18
Butomes	0	0	3	5	0	3	5	0	16
	0	25	50	76	61	43	36	6	297

Annexe 3 Tableau regroupant les sites avec les indices de diversité respectifs.

Sites	Indice de Shannon	Equitabilité
Feid 1	0,71	0,7
Feid 2	0,69	0,8
Feid 3	0,7	0,8
Feid 4	0,73	0,8
Frènes	0,82	0,8
Messida	0,74	0,7
Gauthier 1	0,74	0,7
Gauthier 2	0,62	0,6
Gauthier 3	0,7	0,6
Gauthier 4	0,67	0,7
Fedjoudj	0,63	0,7
Gérard	0,99	0,8
Isoetes	1,04	0,8
Berrihane Ecole	0,87	0,7
Berrihane Sud	0,81	0,9
Hrib	0,89	0,9
Tamaris	0,89	0,9
Carrière	1	0,9
Mafragh	0,94	0,8
Sangliers	0,88	0,8
Boukhadra	0,86	0,8
Salines	0,92	0,9
Ruppia	0,69	0,8
Frine	0,81	0,8
Mare du Lac Bleu	1,01	0,8
Butomes	0,87	0,8

Annexe 4

Tableau 1 regroupant les taxons, le code, le nombre de sites et l'abondance annuelle moyenne au cours du cycle1

espèce	Code	Nombre de sites	Abondance annuelle moyenne (cycle1)
<i>Tanypus punctipennis</i>	<i>T. pun</i>	1	18
<i>C. nervosus</i>	<i>C. ner</i>	1	1
<i>P. varius</i>	<i>P. var</i>	1	3
<i>P. choreus</i>	<i>P. ch</i>	5	10,8
<i>A. phatta</i>	<i>A. ph</i>	2	7
<i>L.atrocincta</i>	<i>L. atro</i>	0	0
<i>N. punctata</i>	<i>N. pun</i>	0	0
<i>Natarsia sp.</i>	<i>N. sp</i>	0	0
<i>X. falcigera</i>	<i>X. fal</i>	13	5,84
<i>Xenopelopia sp.</i>	<i>X. sp</i>	2	1,5
<i>Z. hirtimana</i>	<i>Z. hirt</i>	1	2
<i>P. griectenland</i>	<i>P. grie</i>	0	0
<i>Paramerina sp.</i>	<i>P. sp</i>	0	0
<i>C. flavocinctus</i>	<i>C. flav</i>	3	9,33
<i>C. trifasciatus</i>	<i>C. trif</i>	2	7
<i>C. sylvestris</i>	<i>C. sylv</i>	13	35,38
<i>C. ornatus</i>	<i>C. orn</i>	0	0
<i>P. brehmi</i>	<i>P. breh</i>	1	4
<i>P. dilatatus</i>	<i>P. dil</i>	1	1
<i>P. platypus</i>	<i>P. plat</i>	12	16,83
<i>P. flavus</i>	<i>P. flav</i>	2	5,5
<i>P. Mesopsectrocladius</i>	<i>P. Mes</i>	1	2
<i>P. sordidellus</i>	<i>P. sord</i>	11	18,81
<i>P. limbatellus</i>	<i>P. lim</i>	0	0
<i>L. minimus</i>	<i>L. min</i>	2	2,5
<i>Limnophyes sp.</i>	<i>L. sp</i>	0	0
<i>C. scutellata</i>	<i>C. scut</i>	8	5,62
<i>E. gracei</i>	<i>E. gr</i>	0	0
<i>Cladotanytarsus sp.</i>	<i>C. sp</i>	0	0
<i>C. mancus</i>	<i>C. man</i>	0	0
<i>C. atridorsum</i>	<i>C. atri</i>	0	0
<i>P. mediterraneus</i>	<i>P. med</i>	6	3,66
<i>P. natvigi</i>	<i>P. nat</i>	0	0
<i>P. bituberculatus</i>	<i>P. bitu</i>	1	1
<i>P. grimmii</i>	<i>P. grim</i>	0	0
<i>Paratanytarsus sp.</i>	<i>P. sp</i>	2	1
<i>T. fimbriatus</i>	<i>T. fim</i>	0	0
<i>T. horni</i>	<i>T. horn</i>	3	19,66
<i>T. gregaius</i>	<i>T. greg</i>	0	0

<i>Tanytarsus sp.</i>	<i>T. sp</i>	0	0
<i>C. plumosus</i>	<i>C. plum</i>	9	23
<i>C. riparius</i>	<i>C. ripar</i>	4	20,25
<i>Cryptochironomus sp.</i>	<i>Crypto</i>	0	0
<i>Dicrotendipes sp.</i>	<i>D. sp</i>	1	2
<i>D. pallidicornis</i>	<i>D. pal</i>	0	0
<i>E. pagana</i>	<i>E. paga</i>	0	0
<i>E. paganus</i>	<i>E. pag</i>	0	0
<i>E. tendens</i>	<i>E. tend</i>	5	8,2
<i>E. albipennis</i>	<i>E. alb</i>	0	0
<i>G. gripekoveni</i>	<i>G. grip</i>	0	0
<i>G. barbipes</i>	<i>G. barb</i>	2	7
<i>G. signatus</i>	<i>G. sig</i>	0	0
<i>K. tendipediformis</i>	<i>K. tend</i>	1	5
<i>Kiefferulus sp.</i>	<i>K. sp</i>	0	0
<i>Microchironomus sp.</i>	<i>M. sp</i>	0	0
<i>M. tener</i>	<i>M. ten</i>	0	0
<i>P. monochromus</i>	<i>P. mon</i>	1	2
<i>Paratendipes sp.</i>	<i>Prdp</i>	1	1
<i>Polypedilum sp.</i>	<i>P. sp</i>	4	1,25
<i>P. (Tripodura) sp.</i>	<i>P. T.</i>	0	0
<i>P. nubifer</i>	<i>P. nub</i>	2	5,5
<i>Pseudochironomus</i>	<i>Pseudo</i>	1	1

Tableau 2 regroupant les taxons, le code, le nombre de sites et l'abondance annuelle moyenne au cours du cycle2

espèce	Code	Nombre de sites	Abondance annuelle moyenne
<i>Tanypus punctipennis</i>	<i>T. pun</i>	1	2
<i>C. nervosus</i>	<i>C. ner</i>	1	1
<i>P. varius</i>	<i>P. var</i>	3	1,33
<i>P. choreus</i>	<i>P. ch</i>	8	4,125
<i>A. phatta</i>	<i>A. ph</i>	3	2,67
<i>L.atrocincta</i>	<i>L. atro</i>	0	0
<i>N. punctata</i>	<i>N. pun</i>	1	1
<i>Natarsia sp.</i>	<i>N. sp</i>	0	0
<i>X. falcigera</i>	<i>X. fal</i>	16	4,31
<i>Xenopelopia sp.</i>	<i>X. sp</i>	2	1,5
<i>Z. hirtimana</i>	<i>Z. hirt</i>	2	5,5
<i>P. grieckenland</i>	<i>P. grie</i>	1	2
<i>Paramerina sp.</i>	<i>P. sp</i>	2	1,5
<i>C. flavocinctus</i>	<i>C. flav</i>	5	2,4
<i>C. trifasciatus</i>	<i>C. trif</i>	1	1
<i>C. sylvestris</i>	<i>C. sylv</i>	21	7,71
<i>C. ornatus</i>	<i>C. orn</i>	1	2
<i>P. brehmi</i>	<i>P. breh</i>	0	0
<i>P. dilatatus</i>	<i>P. dil</i>	0	0
<i>P. platypus</i>	<i>P. plat</i>	10	2,2
<i>P. flavus</i>	<i>P. flav</i>	0	0
<i>P. Mesopsectrocladius</i>	<i>P. Mes</i>	0	0
<i>P. sordidellus</i>	<i>P. sord</i>	15	4,27
<i>P. limbatellus</i>	<i>P. lim</i>	0	0
<i>L. minimus</i>	<i>L. min</i>	2	5,5
<i>Limnophyes sp.</i>	<i>L. sp</i>	0	0
<i>C. scutellata</i>	<i>C. scut</i>	18	4,05
<i>E. gracei</i>	<i>E. gr</i>	0	0

<i>Cladotanytarsus sp.</i>	<i>C. sp</i>	0	0
<i>C. mancus</i>	<i>C. man</i>	1	1
<i>C. atridorsum</i>	<i>C. atri</i>	1	2
<i>P. mediterraneus</i>	<i>P. med</i>	5	2
<i>P. natvigi</i>	<i>P. nat</i>	2	3
<i>P. bituberculatus</i>	<i>P. bitu</i>	1	1
<i>P. grimmii</i>	<i>P. grim</i>	1	2
<i>Paratanytarsus sp.</i>	<i>P. sp</i>	4	1,75
<i>T. fimbriatus</i>	<i>T. fim</i>	1	2
<i>T. horni</i>	<i>T. horn</i>	1	2
<i>T. gregaius</i>	<i>T. greg</i>	0	0
<i>Tanytarsus sp.</i>	<i>T. sp</i>	0	0
<i>C. plumosus</i>	<i>C. plum</i>	11	5,91
<i>C. riparius</i>	<i>C. ripar</i>	7	6,57
<i>Cryptochironomus sp.</i>	<i>Crypto</i>	0	0
<i>Dicrotendipes sp.</i>	<i>D. sp</i>	1	2
<i>D. pallidicornis</i>	<i>D. pal</i>	1	1
<i>E. pagana</i>	<i>E. paga</i>	3	1
<i>E. paganus</i>	<i>E. pag</i>	0	0
<i>E. tendens</i>	<i>E. tend</i>	1	1
<i>E. albipennis</i>	<i>E. alb</i>	1	2
<i>G. gripekoveni</i>	<i>G. grip</i>	1	3
<i>G. barbipes</i>	<i>G. barb</i>	2	1
<i>G. signatus</i>	<i>G. sig</i>	1	1
<i>K. tendipediformis</i>	<i>K. tend</i>	1	2
<i>Kiefferulus sp.</i>	<i>K. sp</i>	0	0
<i>Microchironomus sp.</i>	<i>M. sp</i>	1	2
<i>M. tener</i>	<i>M. ten</i>	0	0
<i>P. monochromus</i>	<i>P. mon</i>	1	3
<i>Paratendipes sp.</i>	<i>Prdp</i>	0	0
<i>Polypedilum sp.</i>	<i>P. sp</i>	0	0
<i>P. (Tripodura) sp.</i>	<i>P. T.</i>	0	0
<i>P. nubifer</i>	<i>P. nub</i>	0	0
<i>Pseudochironomus</i>	<i>Pseudo</i>	0	0

Tableau 3 regroupant les taxons, le code, le nombre de sites et l'abondance annuelle moyenne au cours du cycle3

espèce	Code	Nombre de sites	Abondance annuelle moyenne
<i>Tanypus punctipennis</i>	<i>T. pun</i>	4	4,75
<i>C. nervosus</i>	<i>C. ner</i>	0	0
<i>P. varius</i>	<i>P. var</i>	2	4,5
<i>P. choreus</i>	<i>P. ch</i>	5	14,4
<i>A. phatta</i>	<i>A. ph</i>	3	3,66
<i>L.atrocincta</i>	<i>L. atro</i>	1	2
<i>N. punctata</i>	<i>N. pun</i>	1	1
<i>Natarsia sp.</i>	<i>N. sp</i>	2	3,5
<i>X. falcigera</i>	<i>X. fal</i>	16	11,25
<i>Xenopelopia sp.</i>	<i>X. sp</i>	2	1
<i>Z. hirtimana</i>	<i>Z. hirt</i>	1	1
<i>P. griectenland</i>	<i>P. grie</i>	0	0
<i>Paramerina sp.</i>	<i>P. sp</i>	0	0
<i>C. flavocinctus</i>	<i>C. flav</i>	5	3,4
<i>C. trifasciatus</i>	<i>C. trif</i>	5	2
<i>C. sylvestris</i>	<i>C. sylv</i>	17	22,23
<i>C. ornatus</i>	<i>C. orn</i>	1	1
<i>P. brehmi</i>	<i>P. breh</i>	2	1
<i>P. dilatatus</i>	<i>P. dil</i>	1	8
<i>P. platypus</i>	<i>P. plat</i>	11	13,18
<i>P. flavus</i>	<i>P. flav</i>	1	2
<i>P. Mesopsectrocladius</i>	<i>P. Mes</i>	0	0
<i>P. sordidellus</i>	<i>P. sord</i>	18	14,16
<i>P. limbatellus</i>	<i>P. lim</i>	0	0
<i>L. minimus</i>	<i>L. min</i>	5	7
<i>Limnophyes sp.</i>	<i>L. sp</i>	0	0
<i>C. scutellata</i>	<i>C. scut</i>	13	9,53
<i>E. gracei</i>	<i>E. gr</i>	1	1

<i>Cladotanytarsus sp.</i>	<i>C. sp</i>	2	2
<i>C. mancus</i>	<i>C. man</i>	0	0
<i>C. atridorsum</i>	<i>C. atri</i>	0	0
<i>P. mediterraneus</i>	<i>P. med</i>	18	4,17
<i>P. natvigi</i>	<i>P. nat</i>	1	3
<i>P. bituberculatus</i>	<i>P. bitu</i>	0	0
<i>P. grimmii</i>	<i>P. grim</i>	0	0
<i>Paratanytarsus sp.</i>	<i>P. sp</i>	13	7,23
<i>T. fimbriatus</i>	<i>T. fim</i>	2	3
<i>T. horni</i>	<i>T. horn</i>	5	3,4
<i>T. gregaius</i>	<i>T. greg</i>	0	0
<i>Tanytarsus sp.</i>	<i>T. sp</i>	4	2
<i>C. plumosus</i>	<i>C. plum</i>	12	16,67
<i>C. riparius</i>	<i>C. ripar</i>	10	11,7
<i>Cryptochironomus sp.</i>	<i>Crypto</i>	1	1
<i>Dicrotendipes sp.</i>	<i>D. sp</i>	4	2
<i>D. pallidicornis</i>	<i>D. pal</i>	2	1,5
<i>E. pagana</i>	<i>E. paga</i>	3	1,33
<i>E. paganus</i>	<i>E. pag</i>	1	3
<i>E. tendens</i>	<i>E. tend</i>	6	13,83
<i>E. albipennis</i>	<i>E. alb</i>	0	0
<i>G. gripekoveni</i>	<i>G. grip</i>	0	0
<i>G. barbipes</i>	<i>G. barb</i>	4	2,25
<i>G. signatus</i>	<i>G. sig</i>	0	0
<i>K. tendipediformis</i>	<i>K. tend</i>	3	2
<i>Kiefferulus sp.</i>	<i>K. sp</i>	2	1
<i>Microchironomus sp.</i>	<i>M. sp</i>	0	0
<i>M. tener</i>	<i>M. ten</i>	0	0
<i>P. monochromus</i>	<i>P. mon</i>	4	3,5
<i>Paratendipes sp.</i>	<i>Prdp</i>	0	0
<i>Polypedilum sp.</i>	<i>P. sp</i>	0	0
<i>P. (Tripodura) sp.</i>	<i>P. T.</i>	1	3
<i>P. nubifer</i>	<i>P. nub</i>	2	4
<i>Pseudochironomus</i>	<i>Pseudo</i>	0	0

Tableau 4 regroupant les taxons, le code, le nombre de sites et l'abondance annuelle moyenne au cours du cycle4

espèce	Code	Nombre de sites	Abondance annuelle moyenne
<i>Tanypus punctipennis</i>	<i>T. pun</i>	2	5
<i>C. nervosus</i>	<i>C. ner</i>	0	0
<i>P. varius</i>	<i>P. var</i>	1	1
<i>P. choreus</i>	<i>P. ch</i>	9	10,66
<i>A. phatta</i>	<i>A. ph</i>	2	8
<i>L.atrocincta</i>	<i>L. atro</i>	1	1
<i>N. punctata</i>	<i>N. pun</i>	1	3
<i>Natarsia sp.</i>	<i>N. sp</i>	0	0
<i>X. falcigera</i>	<i>X. fal</i>	18	9,22
<i>Xenopelopia sp.</i>	<i>X. sp</i>	2	3,5
<i>Z. hirtimana</i>	<i>Z. hirt</i>	2	8
<i>P. grieckenland</i>	<i>P. grie</i>	0	0
<i>Paramerina sp.</i>	<i>P. sp</i>	4	3,75
<i>C. flavocinctus</i>	<i>C. flav</i>	5	5
<i>C. trifasciatus</i>	<i>C. trif</i>	4	6,75
<i>C. sylvestris</i>	<i>C. sylv</i>	21	20,61
<i>C. ornatus</i>	<i>C. orn</i>	1	4
<i>P. brehmi</i>	<i>P. breh</i>	1	1
<i>P. dilatatus</i>	<i>P. dil</i>	0	0
<i>P. platypus</i>	<i>P. plat</i>	9	13,44
<i>P. flavus</i>	<i>P. flav</i>	0	0
<i>P. Mesopsectrocladius</i>	<i>P. Mes</i>	0	0
<i>P. sordidellus</i>	<i>P. sord</i>	15	15,86
<i>P. limbatellus</i>	<i>P. lim</i>	1	2
<i>L. minimus</i>	<i>L. min</i>	2	4
<i>Limnophyes sp.</i>	<i>L. sp</i>	1	3
<i>C. scutellata</i>	<i>C. scut</i>	13	12,46
<i>E. gracei</i>	<i>E. gr</i>	1	2

<i>Cladotanytarsus sp.</i>	<i>C. sp</i>	1	5
<i>C. mancus</i>	<i>C. man</i>	0	0
<i>C. atridorsum</i>	<i>C. atri</i>	0	0
<i>P. mediterraneus</i>	<i>P. med</i>	5	5,2
<i>P. natvigi</i>	<i>P. nat</i>	0	0
<i>P. bituberculatus</i>	<i>P. bitu</i>	0	0
<i>P. grimmii</i>	<i>P. grim</i>	0	0
<i>Paratanytarsus sp.</i>	<i>P. sp</i>	10	2,4
<i>T. fimbriatus</i>	<i>T. fim</i>	0	0
<i>T. horni</i>	<i>T. horn</i>	2	1
<i>T. gregarius</i>	<i>T. greg</i>	1	2
<i>Tanytarsus sp.</i>	<i>T. sp</i>	1	3
<i>C. plumosus</i>	<i>C. plum</i>	9	20,22
<i>C. riparius</i>	<i>C. ripar</i>	10	12,3
<i>Cryptochironomus sp.</i>	<i>Crypto</i>	1	3
<i>Dicrotendipes sp.</i>	<i>D. sp</i>	2	5,5
<i>D. pallidicornis</i>	<i>D. pal</i>	0	0
<i>E. pagana</i>	<i>E. paga</i>	4	4,25
<i>E. paganus</i>	<i>E. pag</i>	2	5
<i>E. tendens</i>	<i>E. tend</i>	6	4,16
<i>E. albipennis</i>	<i>E. alb</i>	0	0
<i>G. gripekoveni</i>	<i>G. grip</i>	0	0
<i>G. barbipes</i>	<i>G. barb</i>	1	2
<i>G. signatus</i>	<i>G. sig</i>	0	0
<i>K. tendipediformis</i>	<i>K. tend</i>	0	0
<i>Kiefferulus sp.</i>	<i>K. sp</i>	0	0
<i>Microchironomus sp.</i>	<i>M. sp</i>	0	0
<i>M. tener</i>	<i>M. ten</i>	2	1,5
<i>P. monochromus</i>	<i>P. mon</i>	4	1,75
<i>Paratendipes sp.</i>	<i>Prdp</i>	0	0
<i>Polypedilum sp.</i>	<i>P. sp</i>	0	0
<i>P. (Tripodura) sp.</i>	<i>P. T.</i>	0	0
<i>P. nubifer</i>	<i>P. nub</i>	3	2,66
<i>Pseudochironomus</i>	<i>Pseudo</i>	0	0