



N°Réf :.....

Centre Universitaire AbdelhafidBoussouf-Mila

Institut des Sciences et de la Technologie

Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire préparé En vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : écologie et environnement

Spécialité : protection des écosystèmes

Thème :

Etude bibliographique des chironomidae (Deptera insecta) dans le Nord-EST Algerien

Présenté par :

➤ **Khaldi Houssam Eddin**

Devant le jury composé de :

Président :Dr .Bouzegag Abdelaziz

MCB Centre Universitaire de Mila

Examineur : Dr. Brahmia Hafid

MCB Centre Universitaire de Mila

Promotrice : Dr.Mme Bensakhri Zinette

MCB Centre Universitaire de Mila

Année Universitaire : 2020/2021

Remerciement

Mes vifs remerciements à notre créateur Allah, Grand et Miséricordieux, le tout puissant pour le courage qu'il nous a donnés pour mener ce travail à terme.

*MES vifs remerciements s'adressent en premier lieu à l'égard de mon encadreur madame **BENSAKHRI Zinette** Professeur à centre universitaire de Mila pour sa disponibilité et attention constante durant la réalisation de ce modeste travail.*

*Je tenais à remercier aussi bien le président **Dr. Bouzegag Abdelaziz** ainsi que l'examineur **Dr .Brahmia Hafid***

*Je tenais à remercier tous les enseignants
Du département des sciences de la nature et de la vie,
Et aussi l'ensemble du personnel de centre université
Abdel Hafid Boussouf Mila*

Merci :

*À ceux et celles qui m'aidé d'une façon ou d'une
autre De près ou de loin*

Dédicace

Grâce à Dieu

Je dédie ce travail à

À mon pèreAhmed

*POUR SES ENCOURAGEMENTS TOUT AU LONG MON
PARCOURS*

À ma mère.....Hassina

Qui je souhaiterais une longue vie...

*Mes parents, merci pour votre amour et votre soutien inconditionnels
quels que soient mes choix. Merci pour tout.*

Je vous aime...

À Mes sœur

*Sara et Wissam Qui ont toujours été là pour moi, dans les bons et les
mauvais moments... Merci d'être là, Tout simplement, Je vous aime.*

À Ma FAINCEE

*CHAHRA QUI M'ENCOURAGE TOUT LA PERIODE DE
REALISATION DE CE TRAVAIL*

À ma FAMILLE....

À mes amis...

*Un grand merci à toutes les autres personnes avec qui j'ai partagé un
moment de bonheur et de joie, un café ou un trajet...*

HOUSSAM.....

Résumé

Dans le cadre de la réalisation d'une synthèse bibliographique sur la distribution des Chironomidae dans les eaux lotiques et lenticques du Nord-Est algérien, quatre régions ont été choisies : Guelma, Souk Ahras, Oum El Bouaghi et Skikda. Pour les trois premières wilayas, la communauté chironomidienne a été étudiée dans les eaux lotiques. En revanche, une étude des Chironomidae des eaux lenticques a été effectuée dans la wilaya de Skikda.

Le présent travail montre la présence de 82 espèces de Chironomidae dans ces régions. Ces espèces sont réparties sur 04 sous familles, la sous famille des Chironominae contient la majorité des espèces avec 38 espèces, suivie par celle des Orthocladiinae (25 espèces), puis la sous famille des Tanypodinae qui englobe 18 espèces et enfin la sous famille des Prodiamesinae qui contient une (01) seule espèce. En effet, cette étude montre que la richesse spécifique est plus élevée dans les eaux lotiques que celle enregistrée dans les eaux stagnantes et ceci est en accord avec le travail de Coffman (1989).

Mots clés : chironomidae . eaux lotiques . eaux lenticques . communauté. espèce

Abstract

In the context of carrying out a bibliographic synthesis on the distribution of Chironomidae in the lotic and lentic waters of northeast Algeria, four regions were chosen: Guelma, Souk Ahras, OumEl Bouaghi and Skikda. For the first three wilayas, the chironomid community was studied in lotic waters. On the other hand, a study of the Chironomidae of lentic waters was carried out in the wilaya of Skikda

The present work shows the presence of 82 species of Chironomidae in these regions. These species are distributed over 04 subfamilies, the subfamily of Chironominae contains the majority of species with 38 species, followed by that of Orthocladiinae (25 species), then the subfamily of Tanypodinae which includes 18 species and finally the subfamily of Prodiamesinae which contains only one (01) species. Indeed, this study shows that the specific richness is higher in lotic water than that recorded in stagnant water and this is in agreement with the work of Coffman (1989).

Keywords: Chironomidae . lentic water . lotic water . community .specie

الملخص

في إطار إجراء تأليف بيبليوغرافي حول توزيع chironomidae في المياه الراكدة والمياه الجارية شمال شرق الجزائر تم إختيار أربع مناطق هي: قالمة سوق اهراس ام البواقي سكيكدة بالنسبة للولايات الثلاثة الأولى تمت دراسة مجتمع Chironomidae في المياه الجارية ومن ناحية أخرى أجريت دراسة حول مجتمع chironomidae في المياه الراكدة لولاية سكيكدة

يظهر العمل الحالي وجود 82 نوعا من chironomidae في هذه المناطق تتوزع هذه الانواع على اربعة فصائل فرعية وتحتوي فصيلة chironominae على غالبية الانواع مع 38 نوعا تليها فصيلة orthocladinae 25 نوعا ثم فصيلة Tanypodinae التي تضم 18 نوعا واخيرا تحتوي العائلة الفرعية Prodiamesinae على نوع واحد فقط في الواقع تظهر هذه الدراسة ان الثراء النوعي يكون اعلى في المياه الجارية من ذلك المسجل في المياه الراكدة وهذا يتفق مع عمل كوفمان (1989)

الكلمات المفتاحية : . chironomidae . المياه الجارية . المياه الراكدة . مجتمع . نوع

Table des matières

Résumé

Abstract

الملخص

Table des matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction générale.....	1
Chapitre I : Généralités sur les chironomidae	3
1. Généralité :	4
1.1. La Morphologie	5
1.1.1. Les œufs.....	6
1.1.1.1. Structure	6
1.1.1.2. Le nombre des œufs.....	6
1.1.1.3. Forme et la taille des œufs	7
1.2. Larves.....	7
1.3. Nymphe.....	9
1.3.1. Céphalothorax.....	10
1.3.2. Abdomen :	12
1.4. Adulte (imago).....	12
1.4.1. La tête :	12
1.4.2. Thorax :	13
1.4.3. Abdomen :	14
Chapitre II : Ecologie des Chironomidae	17
1. Influence des facteurs biotiques sur les Chironomidae	18
1.1. La prédation	18
1.2. Le parasitisme	19
1.3. La compétition	20
1.4. Commensalisme/ parasitisme.....	20
2. Influence des facteurs abiotiques	22
2.1. Influence de la nature du substrat	22

2.2.	Influence de la matière organique	23
2.3.	Influence de la salinité	23
2.4.	Influence de la teneur en oxygène	24
2.5.	Influence de l'acidité.....	26
2.6.	Influence de la température.....	27
3.	Ecologie des Chironomidae	30
3.1.	Ecologie de la sous famille des Orthoclaadiinae	30
3.2.	Ecologie de la sous famille des Tanypodinae	30
3.3.	Ecologie des Chironominae	31
3.4.	Ecologie des Podonominae	32
3.5.	Ecologie des Telmatogetoninae	32
3.6.	Ecologie et distribution des Buchonomyiinae	32
4.	Les Chironomidae en tant que bio-indicateurs.....	32
4.1.	Pollution chimique	33
4.2.	Les Chironomidae et la paléolimnologie	35
Chapitre III : Synthèse bibliographique sur la distribution des Chironomidae.....		36
1.	Présentation de la région étudiée.....	37
2.	Check-list des espèces des Chironomidae dans les régions d'étude (Nord-Est algérien) ..	37
3.	La richesse spécifique	46
4.	Discussion	47
Conclusion.....		50
Références bibliographiques		52

Liste des tableaux

Tableau 1 : Quelques espèces de Chironomidae parasites et leurs hôtes.	21
Tableau 2 : Quelques espèces de Chironomidae commensales et leurs hôtes	21
Tableau 3 : Check-list des espèces des Chironomidae dans les quatre wilayas (Guelma, Souk Ahras , Oum El Bouaghi et Skikda) (Nord-Est algérien).....	38

Liste des figures

Figure 1 : Différents stades morphologiques du cycle biologique des Chironomidae.	5
Figure 2 : Masses d'œufs de <i>Chironomus plumosus</i>	6
Figure 3 : Formes des œufs de quelques Chironomidae	7
Figure 4 : Anatomie d'une larve de Chironomidae.....	8
Figure 5 : Silhouettes de quelques larves de Chironomidae	9
Figure 6 : le corps de la larve d'un Chironomidae.....	9
Figure 7 : Anatomie de la nymphe	10
Figure 8 : structure générale de la nymphe	11
Figure 9 : Structure de l'exuvie nymphale d'un Chironomidae (<i>Psectrocladius</i> sp).....	12
Figure 10 : Différentes formes des cornes thoraciques	12
Figure 11 : Morphologie de l'adulte	14
Figure 12 : Morphologie de l'adulte	15
Figure 13 : Anatomie de l'adulte Différents types de genitalia	16
Figure 14 : Des acariens parasitant des adultes de <i>Cricotopus trifasciatus</i>	19
Figure 15 :les galeries et les tubes construits par les larves de Chironomidae	26
Figure 16 :Une larve de <i>Diamesa zernyi</i> (Diamesinae) en hibernation dans un état congelé dans le lac glacial de Noce Bianco (Alpes italiens 46 °N, 2450 m.a.t)	30
Figure 17 :Le pourcentage des trois sous famille des Chironomidae dans la willaya de Souk Ahras	44
Figure 18 :Le pourcentage des trois sous famille des Chironomidae dans la willaya d'Oum El Bouaghi	44
Figure 19 :Le pourcentage des quatre sous famille des Chironomidae dans la willaya de Guelma.	45
Figure 20 :Le pourcentage des trois sous famille des Chironomidae dans la willaya de Skikda.	46
Figure 21 :La richesse spécifique des Chironomidae dans les quatre wilayas.	46

Introduction générale



Introduction générale

Parmi les organismes peuplant le benthos, les Chironomidae communément connus sous le nom de « moucheron non piqueurs », Occupent une place très importante. Les Chironomidae sont des insectes qui peuplent les zones humides avec environ 10 000 espèces existant dans le monde entier (Ferrington, 2008). Ils sont des insectes non piqueurs qui appartiennent à l'ordre des Diptères dans le sous-ordre des Nématocères. Ces insectes sont appelés communément « *les moucheron non piqueurs* » ou « *Non Biting Midges* » au stade adulte et « *bloodworms* » ou « *ver de vase* » au stade larvaire (Zerguine, 2010).

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. Leurs larves, nymphes et adultes forment une part intégrale de la chaîne trophique servant de nourriture pour d'autres invertébrés, poissons, oiseaux et amphibiens. Egalement, les larves de ces insectes sont pourvus d'hémoglobine responsable des manifestations d'hypersensibilité immédiate (Ali, 1991 ; Armitage *et al.*, 1995).

En effet, les Chironomidae se présentent dans tous les continents. 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). Egalement, 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).

C'est pour cela, l'objectif principal de ce travail est la réalisation d'une synthèse bibliographique sur la distribution des Chironomidae dans les eaux lotiques et lenticques du Nord-Est algérien, pour assurer une meilleure compréhension de leur répartition.

Pour cela, ce présent travail est structuré en trois chapitres :

- Le premier chapitre résume des généralités sur la biologie des Chironomidae et leur morphologie générale.
- Le deuxième chapitre est consacré à l'écologie de cette famille de diptère.

- Le troisième chapitre présente les résultats de la synthèse bibliographique sur la distribution des Chironomidae dans les eaux lotiques et lenticues du Nord-Est algérien.
- Enfin nous terminerons notre étude par une conclusion

Chapitre I : Généralités
Sur les chironomidae



1. Généralité :

Les Chironomidae, insectes aquatiques, appartiennent à l'ordre des Diptères, sous-ordre des Nématocères. D'après DEJOUX (1981), ce sous-ordre est caractérisé au stade adulte par une tête portant des antennes longues de 6 à 40 articles et à l'état larvaire par un corps vermiforme avec une tête complètement (ou presque) sciérifiée, portant des mandibules robustes dentées s'articulant dans un plan horizontal ou oblique par rapport à la capsule céphalique.

Cette catégorie de Diptères est numériquement dominante et occupe une place très importante dans le fonctionnement de nombreux écosystèmes aquatiques. D'après ces mêmes auteurs, ces organismes constituent à l'état larvaire une source de nourriture pour de nombreux poissons et autres insectes aquatiques (Odonates, Trichoptères et Hémiptères) (**Dejouix et al. 1981**).

Le cycle de vie des diptères Chironomidae se déroule en quatre stades biologiques (œufs, larves, nymphes et imago) et dans deux milieux (aquatique et aérien). Dans la nature, le cycle de vie est généralement annuel ou semestriel. Dans les laboratoires sous les conditions optimales d'élevage pour l'espèce la plus fréquemment utilisée en bioessais (expérience) et tests toxicologiques *Chironomus riparius*, le cycle complet est de 22 jours.

Le cycle court des Chironomidae permet et facilite la recherche à travers des expériences pour tester les effets de différents toxines léthaux et sub-léthaux aux différentes étapes de leur développement : nombre de masses d'œufs, nombre d'œufs par masse, temps d'incubation des œufs, pourcentages d'éclosion des larves, survie larvaire, croissance larvaire, mobilité larvaire, émergence des adultes (OCDE, 2004a, 2004b, 2010, 2011) et de mettre en place des tests d'exposition multigénérationnels (**Stefani et al., 2014**).

En outre, dans certains travaux, les larves de Chironomidae sont utilisées comme indicateurs biologiques de pollution. Ainsi, il apparaît que ce groupe d'insectes est très important pour l'homme à plusieurs égards notamment dans le domaine de la conservation de l'intégrité biotique des écosystèmes aquatiques **Arivhage et Blackburn, 1985 ; Pascoe et al., 1989 ; Gerhart et Janssens de Bisthoven, 1995**).

De nombreuses espèces présentent également des exigences écologiques faibles (espèces euryèces) vis-à-vis de facteurs environnementaux comme la température, l'oxygénation des eaux ou les teneurs en matière organique. L'ubiquité des Chironomidae et l'euryécie de nombreuses

espèces sont des caractéristiques facilitant leur maintien en élevage, leur utilisation en exposition in-situ et l'étude d'effets éco-toxicologiques sur les populations et peuplements résidents

Deplus, de nombreux polluants sont peu hydrosolubles et sont adsorbés sur les particules organiques sédimentaires. Ainsi, les larves chironomidiennesendopéliques sont particulièrement exposées à ces polluants et leur utilité dans l'évaluation de la toxicité des sédiments est désormais largement reconnue (US EPA, 2000).

1.1. La Morphologie

Les Chironomidae sont des diptères appartenant à l'équipage morphologique de Culiciformes, c'est-à-dire que leur aspect commun est celui d'un moustique. Ce sont Nematocera et en tant que tels, ils sont caractérisés par l'utilisation d'antennes longues (plus ou moins Plus longue que la tête). Leur équipement buccal est très régressé et l'atrophie des mandibules dans le stade adulte ne leur permet pas de piquer.

Leur cycle d'amélioration implique trois états morphologiquement très uniques qui ,Tout en ayant le même aspect répandu d'une sous-famille à l'autre, présenter versions anatomiques qui représentent les bases intégrales de la systématique.

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

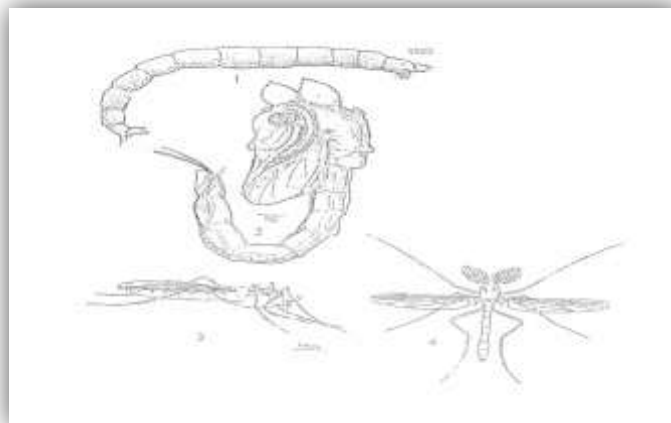


Figure 1 :Différents stades morphologiques du cycle biologique des Chironomidae.(larve, vue latérale de cryptochironomus deribae: 2 : nymphe. vue latérale de tanypus fuscus: 3 : imago femelle, vue de profil 4 : adulte mal vue dorsal (1et2 d'après dejoux 1981. 3 et 4 d'aprèsVergori et Bourgeois,1992)

1.1.1. Lesœufs

1.1.1.1. Structure

L'œuf de Chironomidae, comme tous les insectes, est du type centrolecith, prospère dans Le jaune, qui forme une masse centrale de réserves de nutriments. Le cytoplasme contenant un certain nombre de noyaux sont périphériques **(Beaumont et Cassier, 1983)**.

La coquille de l'œuf, de l'intérieur vers l'extérieur, l'enveloppe de jaune et le Chorion séparé par une couche cireuse protectrice. En général, le chorion des œufs des Chironomidae n'est plus très épais et comprend des protubérances et a un micropyle **(Dinulesco, 1932 ; Williams, 1982)**.

1.1.1.2. Le nombre des œufs

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 intra-spécifiques **(Nolte, 1993)**.



Figure 2 : Masses d'œufs de *Chironomus plumosus* **(Zerguine 2010)**

1.1.1.3. Forme et la taille des œufs

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

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 *Orthocladius sp.* et *Eukiefferiella claripennis* (Nolte, 1993) (Figure 3).

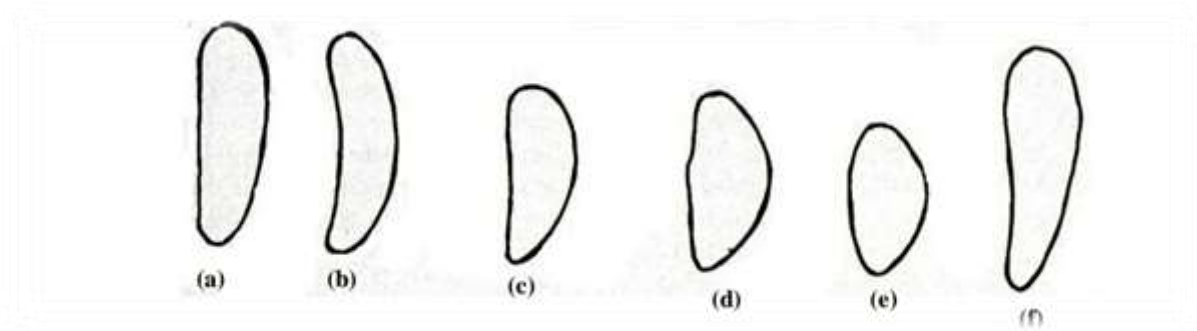


Figure 3 :Formes des œufs de quelques Chironomidae (a) : *Chironomus tentans*, (b) : *Dicrotendipes nervosus*, (c) : *Cricotopus sylvestris*, (d) : *Metricnemus fuscipes*, (e) : *Procladius culiciformis* (Armitage et al, 1995)

1.2. Larves

Les larves comprennent 3 parties : la capsule céphalique, le thorax et l'abdomen. La capsule céphalique est entièrement sclérifiée et bien dégagée du thorax ; le thorax comprend 3 segments tandis que l'abdomen en compte 9. Le 9^{ème} segment abdominal porte dorsalement une paire de tubercules sétigères, encore appelés segments pré-anaux ou procercus, garnis de soies et ventralement 2 ou 3 paires de papilles anales (ou tubuli anaux), qui sont des branchies localisées autour de l'orifice anal. Ce dispositif branchial postérieur est complété chez certaines larves par une paire de papilles courtes insérées latéralement à l'angle postérieur des 7 segments abdominal et/ou par une ou 2 paires de tubuli latéro-ventraux sur le 8^{ème} segment abdominal.

Le premier segment thoracique et le 9^{ème} segment abdominal portent des pseudopodes qui sont les organes locomoteurs. Ces pseudopodes sont garnis de crochets qui permettent aux larves de se grimper.

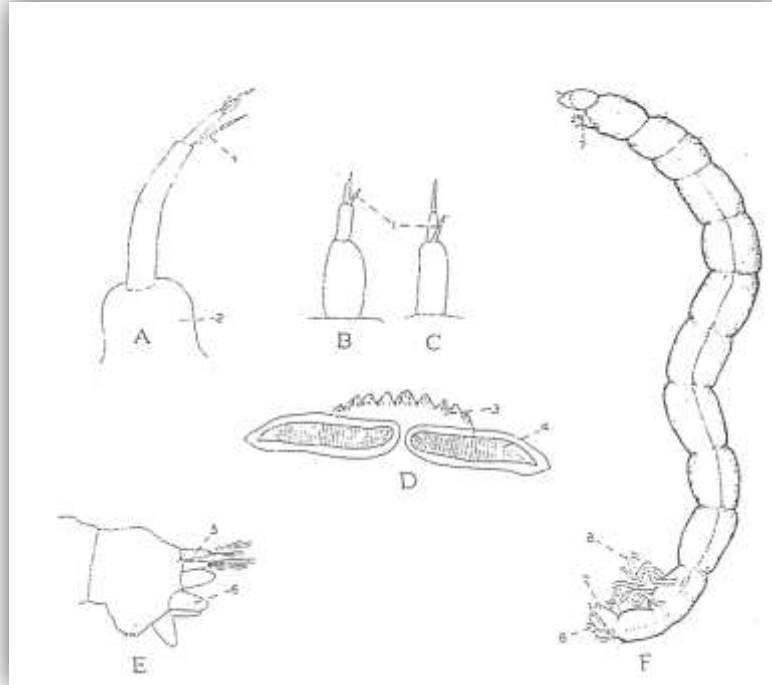


Figure 4 :Anatomie d'une larve de Chironomidae.

A : Antenne de *Calopsectrasp.*; B : Antenne de *cryptochironomussp.*; C : Antenne de *Chironomussp.* D : plaque labiale et paralabiale de *Pseudochironomussp.* E : extrémité postérieure de *Pseudochironomussp.* F : *Chironomussp.* 10; 1 : chète antennaire; 2 : tubercule basale; 3 : plaque labiale; 4 : plaque paralabiale; 5 : papille préanale; 6 : papille anale; 7 : pseudopode; 8 : tubuli ventral (A F. d'après Perinak. 1978)



Figure 5 : Silhouettes de quelques larves de Chironomidae. 1 : *Chironomus* sp.; 2 : *Lauterboniella* sp.; 3 : *Cryptochironomus* sp.; 4, 5 : *Pentaneura* sp.; 6 : *Stenochironomus* sp.; 7 : *Tanytarsus* sp.; 1, 2, 3, 4, 5 et 7 : vue de Profil. 6 : vue dorsale (Vergonet Bourgeois. 1992).



Figure 6 : 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 (Zerguine 2010)

1.3. Nympe

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).

La nymphe comprend 2 parties : le céphalothorax et l'abdomen. Le céphalothorax, qui regroupe la tête et le thorax accolés l'un à l'autre, porte des cornes prothoraciques (branchies) de formes variables selon les sous-familles. L'abdomen porte outre un certain nombre de soies, des ornements (armatures chitineuses) variables formés de petites dents chitineuses. Le 9^{ème} segment abdominal est transformé en palettes natatoires portant des soies (D. Diomand *et al* 2000)

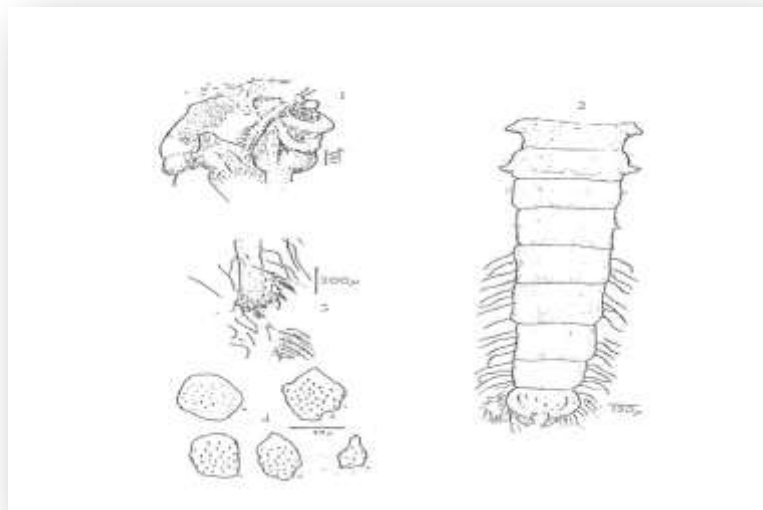


Figure 7 :Anatomie de la nymphe

1 : *Polypédalum fuscipenne* vue latérale 2 : abdomen de la même nymphe. Vue dorsale 3: armature chitineuse du 8^e segment abdominal chez *Polypédalum fuscipenne*. 4 : plaques chitineuses de la face dorsale des 2^e, 3^e, 4^e, 5^e et 6^e segments abdominaux de *Rhoetanytarsus ceratophylli* (Dejoux.1981).

1.3.1. Céphalothorax

Cette partie du corps regroupe comme son nom l'indique la tête et le thorax accolés l'un à l'autre, le cou n'étant à ce stade pas encore individualisé. Le thorax porte les organes respiratoires appelés aussi : cornes prothoraciques ou cornes thoraciques, de formes très variables en fonction des espèces ou des genres (Figure 8). Ces organes servent dans un premier temps à la respiration

aquatique puis ensuite à larespiration aérienne dans les derniers moments de la vie nymphale quand la nymphe se tient au niveau de l'interface air-eau.

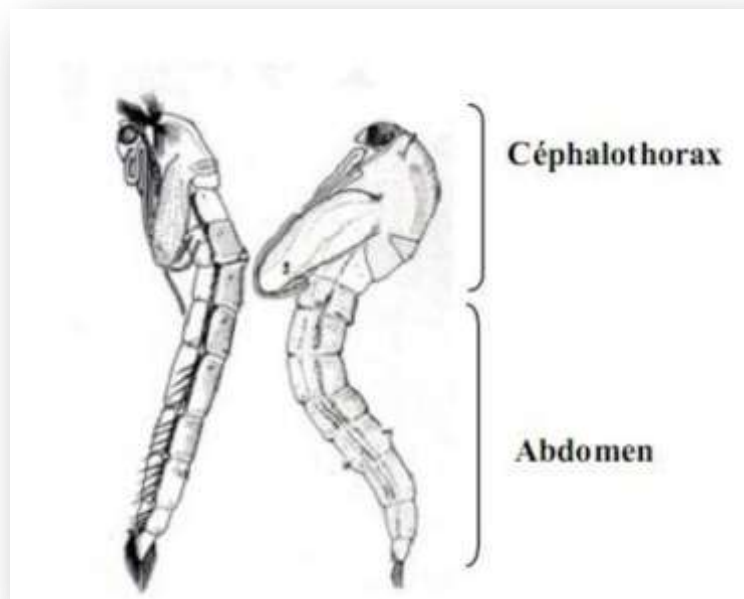


Figure 8 :structure générale de la nymphe

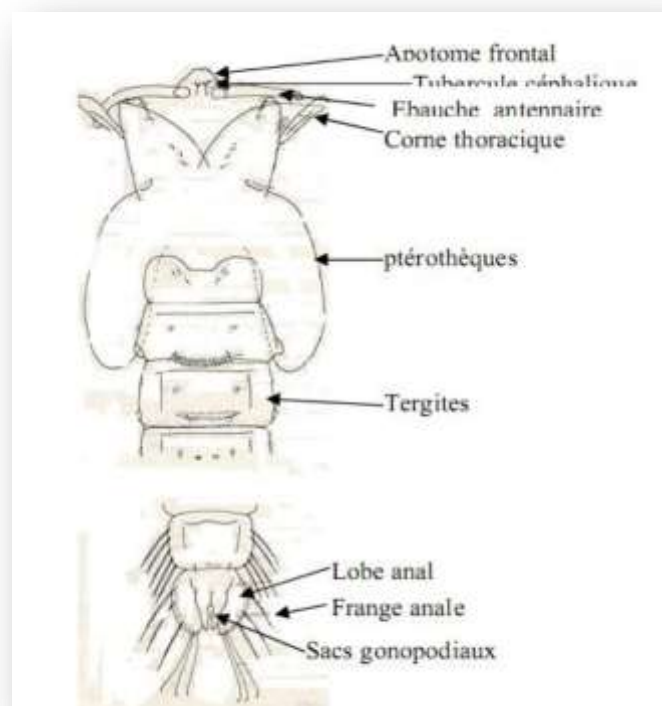


Figure 9 :Structure de l'exuvie nymphale d'un Chironomidae (*Psectrocladius*sp)
(Langton, 1991)

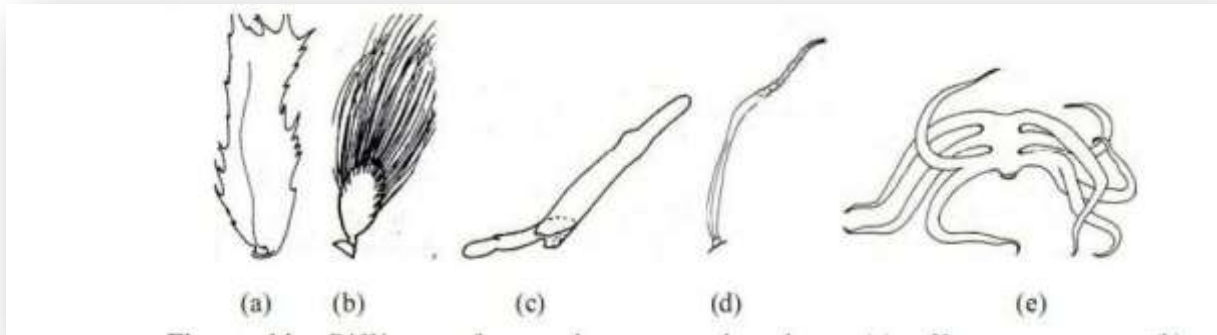


Figure 10 :Différentes formes des cornes thoraciques (a) : Heterotanytarsus ;
(b) : Cladotanytarsus ; (c) Rheotanytarsus ; (d) : Pseudochironomus ; (e):Polypedilum
(Sæther, 1980).

1.3.2. Abdomen :

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.

1.4. Adulte (imago)

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

1.4.1. La tête :

Lobuleuse, 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.

Chez les Chironominae et les Orthoclaadiinae, le dernier segment antennaire est le plus long alors que chez les Tanypodinae et les Podonominae c'est l'avantdernier 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**).

1.4.2. 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.
- **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
- **Les pattes** : A nouveau nous nous trouvons en présence d'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 : coxatrochanter-fémur-tibia et cinq segments tarsaux dont le dernier se termine par deux griffes

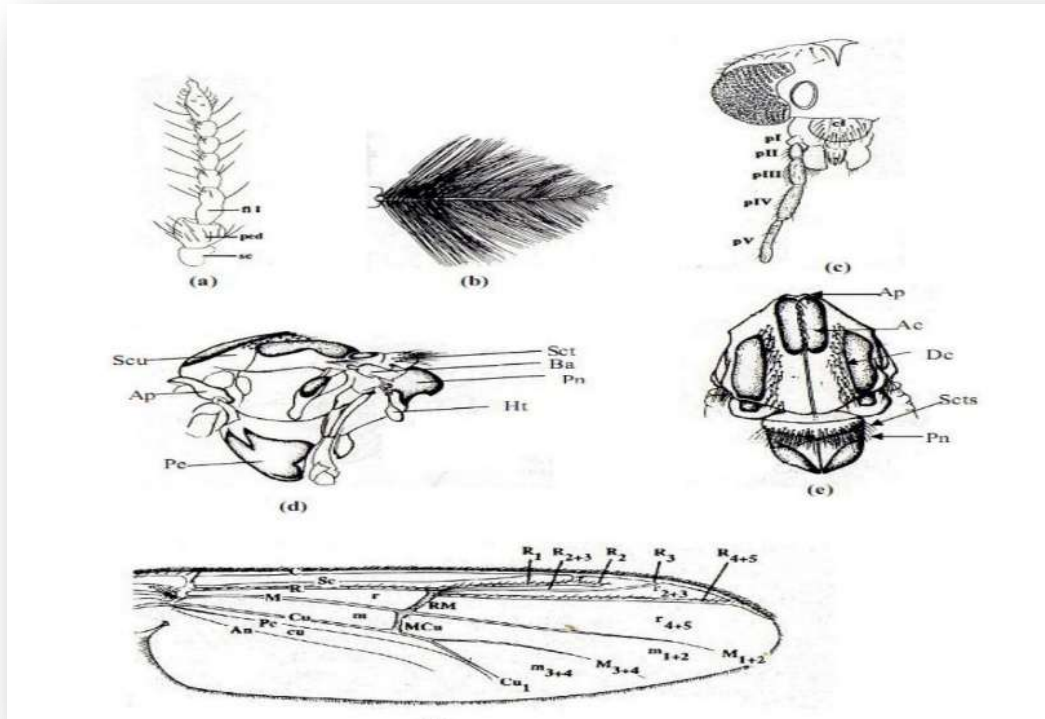


Figure 11 : Morphologie de l'adulte. (a) : structure de l'antenne de la femelle ; (b) : antenne du mâle ; (c) : la tête ; (d) : vue latérale du thorax ; (e) : vue dorsale du thorax ; (f) : structure de l'aile. Ac : soies acrostichales ; An : nervure anale ; Ap : Antépnotum ; Ba : base de l'aile ; C : 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 .pinder1978)

1.4.3. Abdomen :

Il est composé de 10 segments dont le dernier a une structure très caractéristique chez le mâle : les genitalia. La partie dorsale présente une coloration ou bien des ornements souvent utiles au systématique. Les genitalia mâles ou hypopyge constituent certainement la pièce anatomique la plus spécifiquement. L'étude fine de sa structure constitue à elle seule un bon moyen de détermination. La forme, le nombre, et la position des différents segments qui la composent sont autant de caractères importants à observer.

(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, 19du 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)

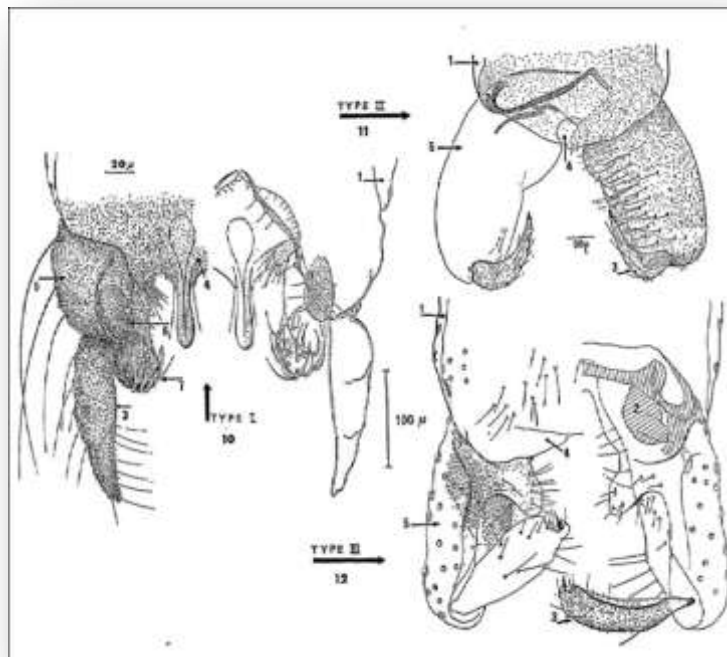


Figure 13 :Anatomie de l'adulte Différents types de genitalia. 10 : Type 1 : Chironominae (Chironomuscalipterus) ; 11 : type II : Tanypodinae (Tanypusfuscus) ; 12 : type III : Orthocladiinae (Acrictopnslongipalpus, d'aprhs REISS). Nomenclature de la segmentation. 1 : 9e sternite abdominale. 2 : armatures sclérifiées de soutien des sternites. 3 : styles. 4 : 9e tergite, termine par la pointe anale. 5 : coxite. 6 : appendice coxique no 1. 7 : appendice coxique no 2

Chapitre II :
Ecologie des
Chironomidae



1. Influence des facteurs biotiques sur les Chironomidae

1.1. La prédation

La productivité élevée des Chironomidae dans les écosystèmes aquatiques leur confèrent un rôle très important 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)

Les prédateurs principaux des larves de Chironomidae ; surtout dans les eaux stagnantes sont les poissons. 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** ; Anguillilidae : **Mann et Blackburn, 1991**)

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

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**).

1.2. Le parasitisme

A l'état larvaire ou adulte ; les Chironomidae 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**).

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 14).

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

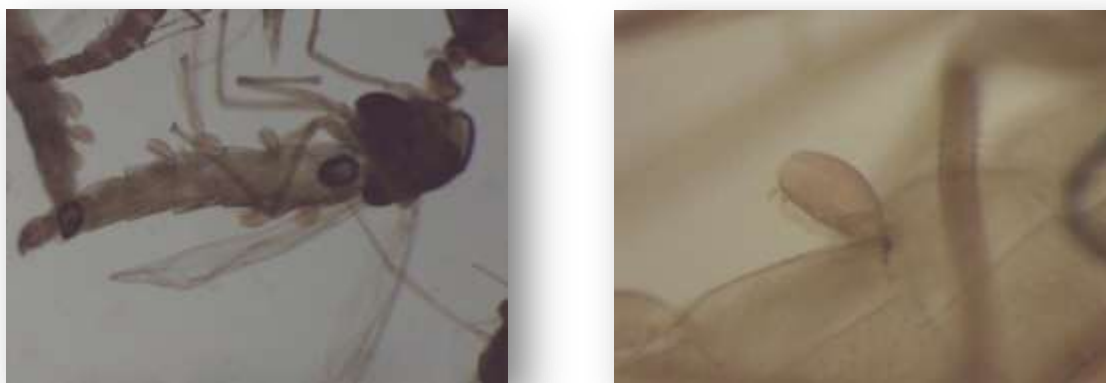


Figure 14 : Des acariens parasitant des adultes de *Cricotopustrifasciatus* (**Zerguine, obs. pers**)

1.3. La compétition

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 (brouteurs) 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).

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. En général, les organismes qui sont corrélativement de grande taille et ont une mobilité moyenne sont couramment choisis comme hôtes.

Le commensalisme donne aux Chironomidae plusieurs avantages : meilleures occasions 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.

Les relations nutritionnelles entre les Chironomidae et leurs hôtes sont rarement difficiles à déterminer vu la divergence 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 différents éclaircissements, comme la phorésie (Callisto et Goulart,

2000), symphorésie (Epler, 1986) ou parasitisme (Doucett *et al.*, 1999). Cette diversité de catégories peut provenir de différents aspects : soit confusion de représentation, 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 Oliveira *et al.*, 2004).

Des études sur la dynamique dans la population des Chironomidae et leurs hôtes sont nécessaires pour la compréhension des aspects écologiques des interactions intra ou interspécifiques des larves avec leurs hôtes et les conséquences de ces interactions entre eux (Svensson, 1980) (Figure15)

Tableau 1 : Quelques espèces de Chironomidae parasites et leurs hôtes.

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

Tableau 2 : Quelques espèces de Chironomidae commensales et leurs hôtes

Espèce de Chironomidae commensale	Hôte	Référence
<i>Epoicocladius</i> sp.	<i>Ephemeraguttilata</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>Elasmothermiscannacrioides</i> (Odonata)	Ferreira-Peruquetti & Trivinho-Strixino, 2003

Ichthyocladus	Hypostomus (Poissons	Roque de Oliviera, 2004
Xenochironomus xenolabis	Porifera : Spongillidae	Steffan, 1968
Paratanytarsus sp	Dreissenapolyomorpha et D. bugensis) (Mollusques : Bivalves	Ricciardi, 1994

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

2.1. Influence de la nature du substrat

La majorité des espèces de Chironomidae habitent dans le fond ou la vase où elles approfondissent 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 classer 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. *Cladotany tarsus 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**).

D'autre part, le nombre des Chironomidae varie largement 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. Influence de la matière organique

L'eutrophisation d'un lac consiste en un enrichissement rapide en nutriments. En effet, 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 autres insectes et surtout 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 composition du détritus (**Pinder, 1986**). En effet, le détritus de ces plantes sert non seulement d'habitat pour la plupart des Chironomidae mais également comme source importante de nourriture (**Woodcock et al., 2005**).

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

2.3. Influence de la salinité

Elle est définie comme étant la concentration des substances dissoutes 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**).

Énormément d'espèces de Chironomidae sont considérées comme halophiles et forment 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% *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**).

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.

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'estimer la possibilité de refaire les paléosalinités des lacs à partir d'assemblages de capsules céphaliques de Chironomidae fossiles (**Walker et al., 1995 ; Hildeet al., 2005**).

2.4. Influence de la teneur en oxygène

Les Chironomidae sont généralement 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**).

Le système respiratoire des larves de Chironomidae 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 profiter ces environnements par le développement d'adaptations physiologiques et comportementales. En effet, les larves et les nymphes de la majorité des espèces vivant dans ces conditions fondent des galeries dans le sédiment ou des tubes dans lesquels elles vivent (Figure 15). 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)**.

En plus de leurs adaptations comportementales, les larves de Chironomidae notamment celles appartenant à la sous famille des Chironominae possèdent de l'hémoglobine dans leur hémolymphe qui leur donne une coloration rougeâtre. La présence de l'hémoglobine joue un rôle fondamental dans leur respiration. L'hémoglobine trouvée dans l'hémolymphe des Chironomidae a une grande affinité pour l'oxygène et aide 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.



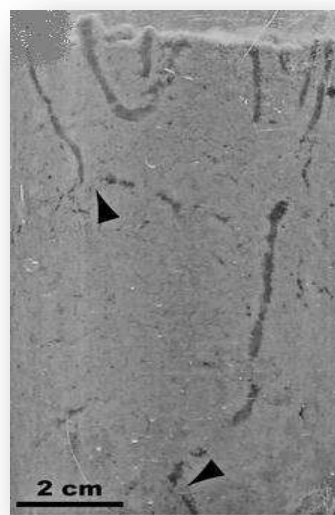
(A)



(B)



(C)



(D)

Figure 15 :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).

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 échanger 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**).

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 Orthocladiinae (**Cranston et al., 1997 ; Janssens De Bisthoven et al., 2005 ; Ozkan, et Camur-Elipék, 2007**). Néanmoins, quelques genres appartenant à la sous famille des Orthocladiinae 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 (**Jernelovet 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**).

2.6. Influence de la température

La phase larvaire est de loin la plus importante dans les milieux aquatiques. En effet, dans des conditions physicochimiques idéales (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 : Ephéméroptères 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 dû 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 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**).

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'hibernation implique la gèle de l'hémolymph 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'hémolymph (Strathdee et Bale, 1998). La formation des cristaux de glace se fait autour 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).

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 16).

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 détritus ou les grains du sol et leurs sécrétions salivaires servent de barrière physique non seulement aux prédateurs et ennemis mais également ils réduisent le taux de déshydratation.



Figure 16 : 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**).

3. Ecologie des Chironomidae

3.1. Ecologie de la sous famille des Orthocladiinae

Les Orthocladiinae 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...

La majorité des espèces construisent des tubes qui adhèrent au substrat, quelque une 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 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*).

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 fondent 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 ruisseaux 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. Les larves des Tanypodinae sont carnivores se nourrissant des copépodes, cladocères, larves de Culicidae, quelques oligochètes, autres larves de Chironomidae (Orthocladiinae, 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
- Sclérification insuffisante de la zone du mentum
- Forme particulière de quelques parties du complexe prémento-pharyngien : ligula, paraligula...

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

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* 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).

3.4. 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**).

3.5. Ecologie des Telmatogetoninae

La majorité des espèces des Telmatogetoninae vivent dans les zones marines, les larves sont souvent associées aux algues. Néanmoins, 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**).

3.6. Ecologie et distribution des Buchonomyiinae

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, 1983**). Néanmoins, il a été également trouvé en Espagne et en Italie dans des températures supérieures à 20°C (**Marziali et al., 2004**).

Les Buchonomyiinae vivent dans des conditions écologiques très variées. En effet, ils ont été échantillonnés dans le ruitron 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 lenticules (**Marziali et al., 2004; Ashe, 1995**).

4. Les Chironomidae en tant que bio-indicateurs

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 bio-indication 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 (**Warrinet *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.

4.1. 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 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 chaînes alimentaires (**Bervoetset *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 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)**.

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 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**).

4.2. 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 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.

Chapitre III :
Synthèse bibliographique sur la
distribution des Chironomidae



1. Présentation de la région étudiée

La zone d'étude représente la partie Nord-Est du territoire algérien. Dans ce travail, quatre wilayas ont été choisis : Guelma, Souk Ahras, Oum El Bouaghi et Skikda. Pour les trois premières wilayas, la communauté chironomidienne a été étudiée dans les eaux lotiques. Par contre, une étude des Chironomidae des eaux lenticques a été effectuée dans la wilaya de Skikda.

On note que le climat représente le facteur du milieu le plus important parce qu'il influence directement la faune et la flore (Dajoz, 1985), essentiellement la température, les précipitations et l'humidité. En fait, la région Nord-Est algérienne est caractérisée par un climat méditerranéen avec deux saisons distinctes : une saison sèche et une autre humide.

2. Check-list des espèces des Chironomidae dans les régions d'étude (Nord-Est algérien)

Le tableau 03 présente le check-list des espèces de Chironomidae dans les quatre wilayas d'étude sur les eaux lotiques et lenticques (Nord-Est algérien), à travers des études récentes (Chaib, 2013 ; Zerguine, 2018 ; Bouaakaz 2014). Ce tableau nous montre la présence de 82 espèces de Chironomidae dans ces régions. Ces espèces sont réparties sur 04 sous familles, la sous famille des Chironominae contient la majorité des espèces avec 38 espèces, suivie par celle des Orthoclaadiinae (25 espèces), puis la sous famille des Tanypodinae qui englobe 18 espèces et enfin la sous famille des Prodiamesinae qui contient une (01) seule espèce.

La sous famille des Chironominae est représentée par les genres suivants : *Chironomus*, *Cladotanytarsus*, *Cryptochironomus*, *Cryptotendipes*, *Dicortendipes*, *Einfeldia*, *Endochironomus*, *Harnishia*, *Microchironomus*, *Microtendipes*, *Phaenopsectra*, *Parachironomus*, *Polypedilum* et *Stictochironomus*. *Krenopsectra*, *Micropsectra*, *Paratanytarsus*, *Rheotanytarsus*, *Tanytarsus* et *Parachironomus*. La sous famille des Orthoclaadiinae contient ces genres : *Cricotopus*, *Chaetocladius*, *Eukiefferiella*, *Heterotrisocladius*, *Limnophyes*, *Nanocladius*, *Orthocladius*, *Paratrichocladius*, *Psectrocladius*, *Rheocricotopus*, *Rheotanytarsus*, *Pseudosmittia*, *Smittia* et *Hydrobaenus*. Les Tanypodinae sont présentées par ces genres : *Ablabesmyia*, *Larsia*, *Macropelopia*, *Natarsia*, *Paramerina*, *Procladius*, *Tanypus*, *Thienemannimyia*, *Trissopelopia*, *Zavrelimyia* et *Monopelopia*. Enfin, la sous famille des Prodiamesinae est représentée par le genre *Prodiamesa*.

Tableau 3 : Check-list des espèces des Chironomidae dans les quatre wilayas (Guelma, Souk Ahras , Oum El Bouaghi et Skikda) (Nord-Est algérien)

WILAYA	SOUS FAMILLE	ESPECE
SOUK AHRASS	Tanypodinae	<i>Ablabesmyia logistyla</i>
		<i>Natarsia sp</i>
		<i>Procladius choreus</i>
		<i>Procladius lugens</i>
		<i>Macropelopia nebulosa</i>
		<i>Trissopelopia sp</i>
	Chironominae-chironomini	<i>Chironomus plumosus</i>
		<i>Cladotanytarsus sp</i>
		<i>Cryptotendipes sp</i>
		<i>Dicrotendipes nervosus</i>
		<i>Einfeldia pagana</i>
		<i>Harnishia sp</i>
		<i>Microchironomus sp</i>
		<i>Microtendipes sp</i>
		<i>Phaenopsectra flavipes</i>
		<i>Parachironomus sp</i>
		<i>Polypedilum sp</i>
	Chironominae-tanytarsini	<i>Paratanytarsus sp</i>
		<i>Tanytarsus sp</i>
	Orthocladinae	<i>Cricotopus bicinctus</i>
		<i>Cricotopus sylvestris</i>
		<i>Limnophye sminimus</i>

OUM EL BOUAGHI		<i>Pseudosmittia</i> sp
		<i>Smittia</i> sp
		<i>Cricotopus tibialis</i>
		<i>Cricotopus trifasciatus</i>
		<i>Eukifferiella gracei</i>
		<i>Cricotopus fuscus</i>
	Tanypodinae	<i>Procladius choreus</i>
		<i>Tanypus punctipennis</i>
		<i>Trissopelopia longimana</i>
		<i>Trissopelopia</i> sp
		<i>Parameri navaillanti</i>
		<i>Paramerina</i> sp
	Chironominae-chironomini	<i>Cryptochironomus</i> sp
		<i>Cryptochironomus supplicans</i>
		<i>Cryptotendipes</i> sp
		<i>Chironomus plumosus</i>
		<i>Microtendi pespedellus</i>
		<i>Microtendi peschloris</i>
		<i>Harnishia</i> sp
		<i>Polypedilum</i> sp
		<i>Endochironomus tendans</i>
		<i>Microtendipes</i> sp
		<i>Phaenopsectra flavipes</i>
		<i>Harnishia fuscimana</i>
		<i>Harnishia</i> sp
		<i>Cryptochironomus obreptans</i>

GUELMA		<i>Microtendipes confinis</i>
		<i>Cladotanytarsus sp</i>
		<i>Cladotanytarsus vanderwulpi</i>
		<i>Stictochironomus sp</i>
		<i>Harnishia curtilamellatus</i>
	Chironominae-tanytarsini	<i>Rheotanytarsus sp</i>
		<i>Paratanytarsus sp</i>
		<i>Micropsectra contracta</i>
		<i>Tanytarsus sp</i>
		<i>Tanytarsus sylvaticus</i>
	Orthocladinae	<i>Cricotopus bicinctus</i>
		<i>Limnophyes sp</i>
		<i>Psectrocladius sordidellus</i>
		<i>Nanocladius bicolor</i>
		<i>Cricotopus sylvestris</i>
		<i>Cricotopus fuscus</i>
	Tanypodinae	<i>Procladius choreus</i>
		<i>Trissopelopia longimana</i>
		<i>Ablabesmyia phatta</i>
		<i>Paramerina vaillanti</i>
		<i>Larsia sp</i>
		<i>Natarsia sp</i>
		<i>Tanypuspuncti pennis</i>
	Prodiamesinae	<i>Prodiamesa olivacea</i>
	Chironominae-chironomini	<i>Phaenopsectra flavipes</i>
		<i>Cryptotendipes sp</i>

	<i>Harnishia</i> sp
	<i>Microtendi pespedellus</i>
	<i>Polypedi lumnubifer</i>
	<i>Microtendipes</i> sp
	<i>Microtendipes chloris</i>
	<i>Microtendipes confinis</i>
	<i>Polypedilum cultellatum</i>
	<i>Cladotanytarsus</i> sp
	<i>Polypedilum convictum</i>
	<i>Cryptochironomus</i> sp
	<i>Polypedilum</i> sp
	<i>Endochironomus tendans</i>
	<i>Dicrotendi pesnervosus</i>
	<i>Chironomus plumosus</i>
	<i>Harnishia</i> sp
	<i>Einfeldia pagana</i>
	<i>Cryptotendipesus maensis</i>
	<i>Harnishiacurti lamellatus</i>
	<i>Cryptochironomus obreptans</i>
	<i>Polypedilums ordens</i>
	<i>Cladotanytarsus</i> sp
	<i>Microchironomus</i> sp
	<i>Stictochironomus</i> sp
Chironominae-tanytarsini	<i>Paratanytarsus</i> sp
	<i>Krenopsectra fallax</i>
	<i>Micropsectra</i> sp
	<i>Tanytarsus sylvaticus</i>

SKIKDA	Orthocladiinae	<i>Tanytarsus sp</i>
		<i>Micropsectra contracta</i>
		<i>Paratanytarsus dissimilis</i>
		<i>Cricotopus bicinctus</i>
		<i>Nanocladius bicolor</i>
		<i>Rheocricotopus sp</i>
		<i>Paratrachocladius sp</i>
		<i>Eukiefferiella rectangularis</i>
		<i>Orthocladius (Euorthocladius)</i>
		<i>Rheocricotopus fuscipes</i>
		<i>Eukiefferiellaclar i pennis</i>
		<i>Cricotopustri fasciatus</i>
		<i>Limnophyes sp</i>
		<i>Heterotri s socladius subpilosus</i>
		<i>Psectrocladius sordidellus</i>
		<i>Cricotopusfuscus</i>
		<i>Rheotany tarsus distinctissimus</i>
		<i>Cricotopus sylvestris</i>
		<i>Limnophyes gurgicola</i>
		<i>Chaetocla diusinsolitus</i>
		<i>Chaetocladiu spiger</i>
		<i>Cricotopus sylvestris</i>
	Tanypodinae	<i>Larsia atrocincta</i>
		<i>Xenopelopia sp</i>
		<i>Paramerina sp</i>
		<i>Tanypuspunctipenn is</i>

	<i>Natarsia Punctata</i>
	<i>Monopelopia</i>
Orthocladinae	<i>Cricotopus sylvestris</i>
	<i>Limnophyes minimus</i>
	<i>Hydrobaenu slugubris</i>
	<i>Psectro cladiussordidellus</i>
Chironominae-tanytarsini	<i>Paratanytarsus sp</i>
Chironominae-chironomini	<i>Cladotany tarsus mancsus</i>
	<i>Chironomus plumosus</i>
	<i>Chironomus riparius</i>
	<i>Crlypotendi pesbarabibes</i>
	<i>Einfeldia pagana</i>
	<i>Parachironomus monchiromus</i>
	<i>Polypedilum sp</i>

La figure 17 représente le pourcentage des sous familles de Chironomidae dans la wilaya de Souk Ahras. La sous famille la plus riche en espèces est celle des Chironominae 48% (Chironomini 41% et Tanytarsini 7%), suivie par celle des Orthocladinae (31%), puis celle des Tanypodinae (21%).

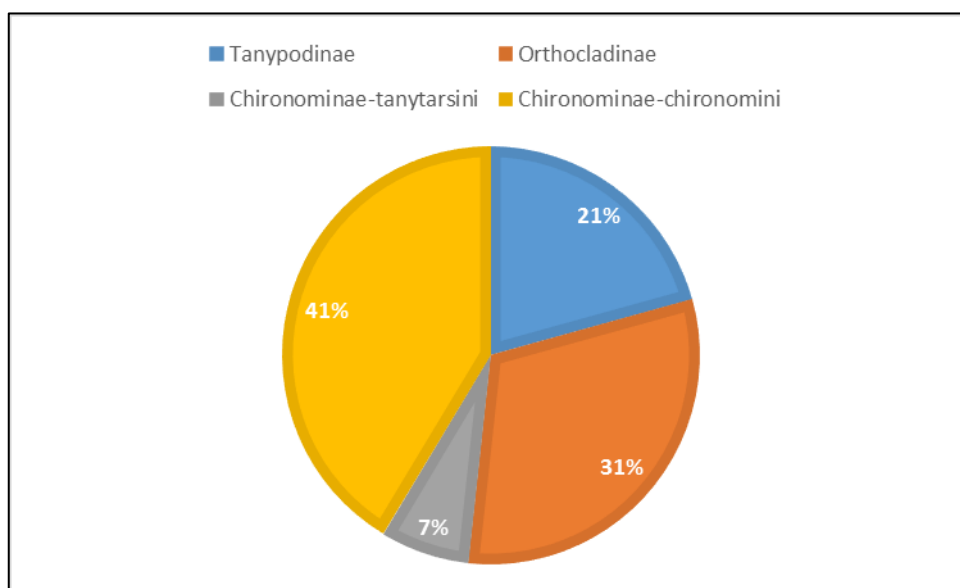


Figure 17 :Le pourcentage des trois sous famille des Chironomidae dans la willaya de Souk Ahras

La figure 18 montre le pourcentage des sous familles de Chironomidae dans la wilaya d'Oum Boighi. Toujours, la sous famille la plus riche en espèces est celle des Chironominae 67% (Chironomini 53% et Tanytarsini 14%), suivie par celle des Orthocladinae (17%), puis celle des Tanypodinae (16%).

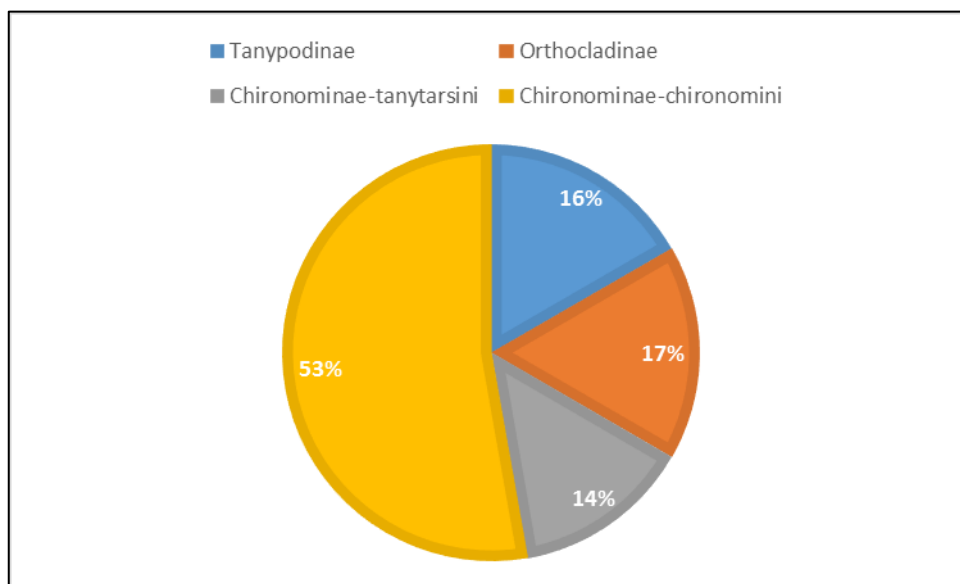


Figure 18 :Le pourcentage des trois sous famille des Chironomidae dans la willaya d'Oum El Bouaghi

La figure 19 résume le pourcentage des sous familles de Chironomidae dans la wilaya de Guelma. Toujours, la sous famille la plus riche en espèces est celle des Chironominae 54% (Chironomini 42% et Tanytarsini 12%), suivie par celle des Orthoclaadiinae (32%), puis celle des Tanypodinae (12%), et enfin les Prodiamesinae (2%)

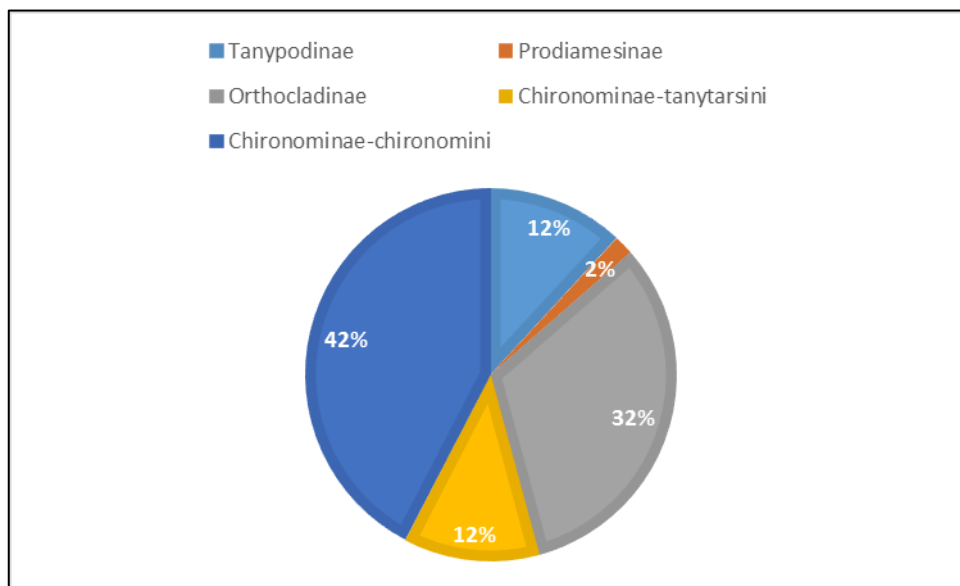


Figure 19 :Le pourcentage des quatre sous famille des Chironomidae dans la willaya de Guelma.

Également, la figure 20 récapitule le pourcentage des trois sous familles de Chironomidae dans la wilaya de Skikda ; avec 45% pour la sous famille des Chironominae(Chironomini 39% et Tanytarsini6%), suivie par les Tanypodinae (33%), et enfin les Orthoclaadiinae (22%).

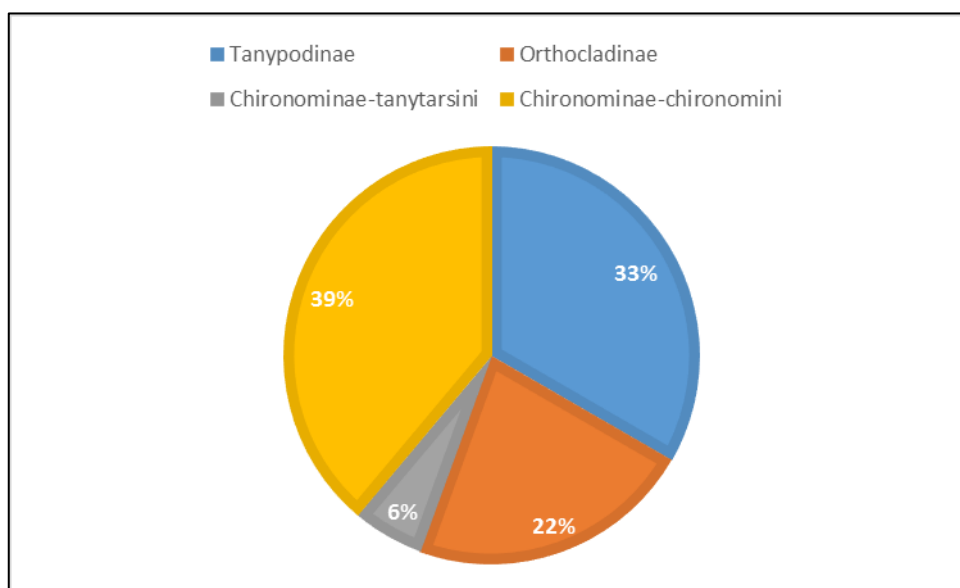


Figure 20 :Le pourcentage des trois sous famille des Chironomidae dans la wilaya de Skikda.

3. La richesse spécifique

La richesse spécifique la plus élevée a été enregistrée au niveau des eaux lenticques dans la wilaya de Guelma avec 59 espèces. Cette région est suivie par celle d'Oum El Bouaghi avec 36 espèces. Ensuite, la wilaya de Souk Ahras montre une richesse spécifique de 29 espèces. Enfin, la région la moins riche en espèce est celle de Skikda avec 18 espèces.

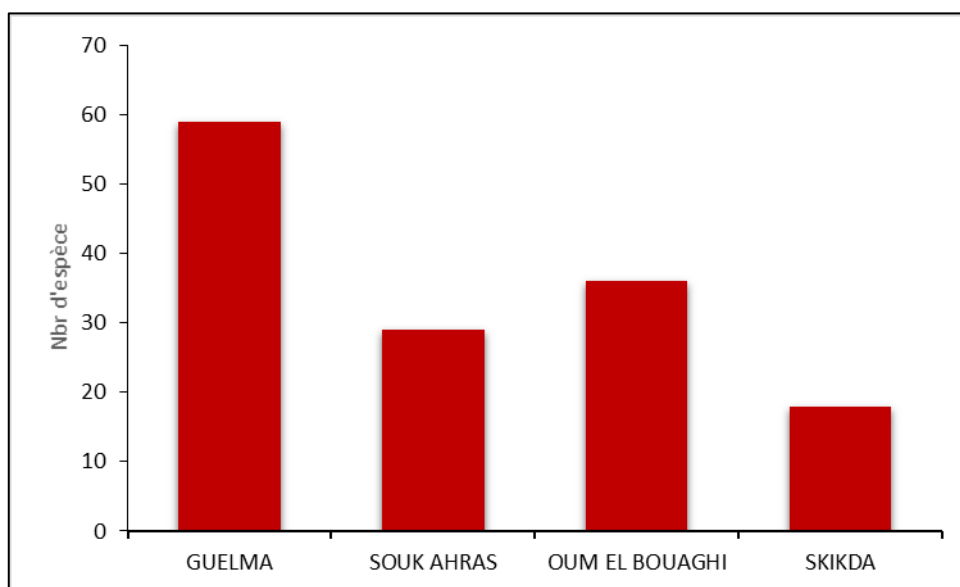


Figure 21 :La richesse spécifique des Chironomidae dans les quatre wilayas.

4. Discussion

Les Chironomidae sont des habitants qui peuplent la plupart des habitats aquatiques, souvent ils sont les communautés d'insectes les plus dominantes dans leur abondance et leur richesse spécifique. Ces formes vivantes fournissent des adaptations à la fois aquatique et terrestre.

Actuellement les Chironomidae sont représentés par 3700 espèces, mais cela représente 30 à 35 % de la faune mondiale pour cette famille de Diptères. Le Paléarctique comprend 1300 espèces et constitue la région biogéographique la plus riche, suivi par le Néarctique avec 1000 espèces. Dans le Paléarctique, la famille des Chironomidae est composée ainsi : Telematogetoninae (5 espèces), Tanypodinae (116 espèces), Budonomyiinae (1 espèce), Podonominae (13 espèces), Diamesinae (99 espèces), Prodiamesinae (11 espèces), Orthocladinae (500 espèces) et Chironominae 540 espèces) (Boulaaba, 2015).

Dans la région de la méditerranée les données sur les chironomidae étaient très réduites avant la publication de Reiss (1977) sur les espèces Paléarctiques ; dans laquelle ; une liste des espèces endémiques de la région Méditerranéenne a été fournie. Malgré que les Chironomidae d'Afrique du Nord prennent une part importante dans la biodiversité des eaux douces; ils sont encore mal connus (Boulaaba *et al.*, 2014). En effet ; parmi les références les plus récentes ; on peut citer : Kettani & Langton (2011) pour le Maroc, et Boulaaba et ses collaborateurs (2014) pour la Tunisie. Concernant l'Algérie, des résultats préliminaires ont été fournis par (Lounaciet *al.*, 2000 ; Moubayed *et al.*, 2007 ; Chaïbet *al.* (2011, 2013)).

Notre synthèse bibliographique a été réalisée dans la partie Nord-Est du territoire algérien. Dans ce travail, quatre wilayas ont été choisies : Guelma, Souk Ahras, Oum El Bouaghi et Skikda. Pour les trois premières wilayas, la communauté chironomidienne a été étudiée dans les eaux lotiques. Par contre, une étude des Chironomidae des eaux lenticques a été effectuée dans la wilaya de Skikda.

Dans notre travail, la plupart des espèces capturées sont très largement connues dans le Paléarctique. En effet, cette étude a mis en évidence de 82 espèces de Chironomidae dans ces régions. Ces espèces sont réparties sur 04 sous familles, la sous famille des Chironominae contient la majorité des espèces avec 38 espèces, suivie par celle des Orthocladinae (25 espèces), puis la sous famille des Tanypodinae qui englobe 18 espèces et enfin la sous famille des Prodiamesinae qui contient une (01) seule espèce. En effet, la sous famille des Chironominae est la plus riche en espèces et en nombre d'individus. Dans toutes les wilayas on trouve que la sous famille des Chironominae caractérisée par un pourcentage élevé.

La présence et l'abondance des Chironomini dans les stations d'étude peuvent être expliquées par le fait que ces stations sont eutrophiques et polluées par la matière organique. Cette dernière indispensable pour la survie de ces espèces (Oliver, 1971).

La richesse spécifique la plus élevée a été enregistrée au niveau des eaux lenticques dans la wilaya de Guelma avec 59 espèces. Cette région est suivie par celle d'Oum El Bouaghi avec 36 espèces. Ensuite, la wilaya de Souk Ahras montre une richesse spécifique de 29 espèces. Enfin, la région la moins riche en espèce au niveau des eaux lotiques est celle de Skikda avec 18 espèces. Ainsi, les facteurs environnementaux les plus importants qui agissent la densité des insectes sont : la température, la turbidité, le substrat, les ressources trophiques, la compétition et la conductivité de l'eau (Ross *et al.*, 1982). Encore, le type de substrat est un facteurs primordial 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 (Lencioni&Rossaro, 2005).

Dans l'ensemble, les résultats obtenus de cette étude concernant la richesse taxonomique et l'abondance révèlent que les trois wilays (Guelma, Souk Ahras, Oum El Bouaghi) ne montre pas des différences remarquables de celle de la wilaya de Sekikda Ceci est lié probablement du fait que les zones d'étude ne présentent pas des variations importantes entre les quatre wilays.

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 moucheron non piqueurs » à cause de 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 a été réalisée dans la région Nord-Est du territoire algérien. Dans ce présent travail, la richesse de la communauté chironomidienne a été étudiée dans quatre wilayas : Guelma, Souk Ahras, Oum El Bouaghi et Skikda.

Cette étude a mis en évidence 82 espèces de Chironomidae dans ces régions. Ces espèces sont réparties sur 04 sous familles, la sous famille des Chironominae contient la plus abondantes en terme de nombre d'espèce(38 espèces), suivie par celle des Orthocladiinae (25 espèces), ensuite les Tanypodinae avec 18 espèces et enfin les Prodiamesinae avec une seule espèce.

En fait, nos perspectives d'avenir se résument sur le plan taxinomique. Il est important d'enrichir les inventaires des Chironomidae dans tout le territoire algérien que ce soit dans les milieux lotiques et lentiques. Egalement, il est souhaitable de procéder à des études plus approfondies afin d'étudier la distribution des Chironomidae et suivre l'évolution des paramètres physico-chimiques du milieu, les changements climatiques et leur corrélation avec la structure et la distribution de la communauté chironomidienne.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- ❖ 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.
- ❖ 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.
- ❖ Armitage P. Cranston P.S. & Pinder L.C.V., 1995. Chironomidae - Biology and ecology of non-biting midges. Chapman & Hall, London. 572 pp.
- ❖ 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.
- ❖ Bale J.S., 1996. Insect cold hardiness: a matter of life and death. *Eur. J. Entomol.*, 93: 369-82.
- ❖ Bass D., 1995. Species composition of aquatic macroinvertebrates and environmental conditions in Cucumber Creek. *Prod. Okla. Acad. Sci.* 75: 39-44.
- ❖ Beaumont A. & Cassier P., 1983. Biologie animale des Protozoaires aux Métazoaires épithéloneuriens. Bordas, Paris, France. 954 pp
- ❖ 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., Wils C. & Verheyen R., 1996. Tolerance of *Chironomus riparius* larvae (Diptera: Chironomidae) to Salinity. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 35: 829-835.
- ❖ 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 mendota* (Diptera: Chironomidae) in Minnesota Streams. *Environm. Entomol.* 38 (1):250-59.
- ❖ Boulaaba S., 2015. *Taxinomie, Ecologie et Biogéographie des Chironomidae (Insecta, Diptera, Nematocera) de la Tunisie Septentrionale*. Thèse de doctorat. Université de Carthage, Bizerte. 304 p.
- ❖ Boulaaba S., Zrelli S., Płóciennik M. & Boumaiza M., 2014. Diversity and distribution of
- ❖ Brundin L. 1983. *Chilenomyia paradoxagen*. n., sp. n. and *Chilenomyia*inae, a new subfamily among the Chironomidae (Diptera). *Entomol. Scandinav.* 14: 33–45.
- ❖ Brundin L., 1949. Chironomiden und andere Bodentiere de südschwedischen Urgebirgseen. Ein Beitrag zu Kenntnis de bodefaunistischen Charakterzug schwedischer oligotropher Seen. *Report. Inst. Fresh. Research. Drott.* 30, 1-914.
- ❖ 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* (Plecoptera: Coluthus) 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. *Octomyoma misarecoensis* (Nematoda : Mermithidae), parasiting midges (Diptera : Chironomidae) in Argentina, with some observations on its bionomics. *Hydrobiologia.* 51 (5) : 51-58.
- ❖ Chaib N., Samraoui B., Rossaro B. 2011. Chironomid taxocenosis
- ❖ Chaib N., Bouhala Z., Fouzari L., Marzali L., Samraoui B. & Rossaro B., 2013. Environmental factors affecting the distribution of Chironomid larvae of the *Seybousewadi*, North-Eastern Algeria. *J. Limnol.* 72 (2), 203-214.
- ❖ 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.
- ❖ Chironomidae (Insecta: Diptera) of protected areas in North Tunisia. *Knowl. Managt. Aquatic Ecosyst.* 6, 415.

- ❖ 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 Éphéméristorrencicoles. *Arch. Zool. Exp. Gen.* 81, 1-283
- ❖ 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.
- ❖ Cranston, P.S., 1987. A non-biting midge (Diptera: Chironomidae) of horticultural significance. *Bull. Entomol. Research.* 77, 661-8.
- ❖ Crowe J. H., Hoekstra F. A. & Crowe L. M., 1992. Anhydrobiosis. *Annu. Rev. Physiol* 54, 579–99.
- ❖ Crowe L. M., 2002. Lessons from nature: The role of sugars in anhydrobiosis. *Comp. Biochem. Physiol.* 131, 505–13.
- ❖ Cushman R.M., 1984. Chironomid deformities as indicators of pollution from a synthetic, coal-derived oil. *Fresh. Biol.* 14: 179–182.
- ❖ Dajoz R., 1985. Précis d'écologie. 5^{ème} édition. Dunod, Paris. 517 p.
- ❖ 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., 2000. Dehydration in dormant insects. *J. Insect. Physiol.*, 46: 837-52.
- ❖ 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.
- ❖ 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

- ❖ Dinulesco G. 1932. Sur la biologie d'un Chironomide nouveau *Cardiocladius leoni* Goetghebuer et Dinulesco ordinairement confondu avec la mouche de Golubatz *Simuliumcolumbacensis*. *Diptera*. 6, 1-9.
- ❖ 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.
- ❖ Dykman E. & Hann B. J., 1996. Seasonal emergence of chironomids in Delta marsh.UFS (Delta marsh). *Annual report*, 31, 34-38.
- ❖ Epler J.H. 1986. A novel new Neotropical *Nanocladius* (Diptera:Chironomidae), symphoretic on *Traverella*(Ephemeroptera: Leptophlebiidae). *Fl. Entomol.* 69, 319-27.
- ❖ Erman D. C. & Helm W. T., 1970. Estimating oxygen consumption from body length for some chironomid larvae. *Hydrobiologia*. 36(3-4): 505-12.
- ❖ FerringtonLCJ., 2008. Global diversity of non-biting midges (Chironomidae; Insecta-Diptera) in freshwater. *Hydrobiologia*. 595, 447-455.
- ❖ 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.
- ❖ Gerhart A. & L. Janssens de Bisthoven, 1995.- Behavioural, developmental and morphological responses of *Chironomus* gr. *thummi* larvae (Diptera, Nematocera) to Aquatiquepollution. *Journal ofAquaticEcosystemHealth*4: 205-2 14.
- ❖ Gingras M.K., Lalond S. V., Amskold L. &Konhauser K. O., 2007. WinteringChironomidsmine oxygen. *Palaios*. 22 (4) :433-438.
- ❖ Gingras M.K., Lalond S. V., Amskold L. &Konhauser K. O., 2007. Wintering Chironomids mine oxygen. *Palaios*. 22(4):433-438.
- ❖ Gordon M.H., Swan B.K. & Paterson C.G., 1978. *Baeoctenus bicolor* (Diptera : Chironomidae) parasitic in unionid bivalve mollusks and notes on otherchironomid-bivalve associations. *J. Fish. Res. Board. Can.* 35 (12) : 154-7.
- ❖ Hayashi F.&Ichiyanagi H., 2005. Densitydependent shifts in attachment site by the ectosymbioticchironomid*Nanocladiusasiaticus* on itsmegalopteran host *Protohermes grandis*. *Entomol. Sci.* 8 (3) : 253 - 261
- ❖ 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.
in a South Mediterranean wadi, the Kebir-East (Algeria). *Studi Trentini Di Scienze Naturali*. 88:61–75.
- ❖ Ingersholl C. C. & Nelson M.K., 1990. Testing sediment toxicity with *Hyalela azteca* et *Chironomus* sp. In (eds.) *Aqua. Toxicol. Risk. Assess.* 93-109.
- ❖ 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 DeBisthoven L. & VanSpeybroeck D., 1994. Some observations of deformed midgut larvae (Diptera, Chironomidae) in Kenya. *Verh. Int. Verein. Limnol.* 25 : 2485-89.
- ❖ Janssens DeBisthoven L., Gerhardt A. & Soares M. V. M., 2005. Chironomidae larvae as bioindicators of an acid mine drainage in Portugal. *Hydrobiologia*. 532 : 181-191.
- ❖ 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.
- ❖ 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.
- ❖ 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.
- ❖ K Zerguine, Z Bensakhri, D Bendjeddou, O Khaladi 2018. Diversity and distribution of Chironomidae (Insecta: Diptera) of the Oued Charef basin, north-eastern Algeria. *Annales de la Société entomologique de France* (NS) 54 (2), 141-155

- ❖ 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.
- ❖ 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., 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.
- ❖ Konstantinov A.S., 1951. Istoriya fauny khironomid nekotorykh ozer s poverdnika "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 *Glypto tendipes griperkoveni* (Chironomidae): reduction in feeding activity as an induced defence. *Fresh water Biology*, 39, 317-324.
- ❖ 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.
- ❖ Langton P.H. & Visser H. 2003. Chironomidae exuviae. A key to pupal exuviae of the west Palaearctic region. Amsterdam : Biodiversity Center of ETI.
- ❖ Langton P.H. 1991. A key to pupal exuviae of the west Palaearctic Chironomidae. Privately published : Huntingdon, PE 17 1YH, England, 386 pp.
- ❖ Lavandier P., 1984. Dynamique des populations larvaires et regime alimentaire de *Rhyacophilatristis pictet* (Trichoptera: Rhyacophilidae) dans un ruisseau de haute montagne. *Ann. Limnol.* 20, 209-14.
- ❖ 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.
- ❖ 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.

- ❖ Lobinske R.J., Cichra C. E. & Ali A., 2002. Predation by bluegill (*Lepomis macrochirus*) on larval Chironomidae in relation to midges standing 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.
- ❖ 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.
- ❖ 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.
- ❖ 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., 1999. Parasites promote mating success: the case of a midge and a mite. *Zool. Wild. Cons.* 10, 212-14.
- ❖ Meier M. 1987. Lebenszyklus und Parasit—Wirt—Beziehung von *Parachironomus varus* (Diptera : Chironomidae) und *Radix ovata* (Pulmonata : Lymnaeidae) in einem Weiher in Süddeutschland. *Arch. Hydrobiol.* 109 (12) : 367-76.
- ❖ Moubayed J., Lounaci A. & Lounaci-Daoudi D., 2007. Non-biting midges from Algeria, north Africa (Diptera, Chironomidae). *Ephemera.* 8 (2), 93-99.
- ❖ 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.
- ❖ Nolte U. 1993. Egg masses of Chironomidae (Diptera). A review, including new observations and a preliminary key. *Entomol. Scand. Suppl.* 43, 1-75.
- ❖ Ozkan N. & Camur-Elipek B., 2007. Relationships between chironomid communities (Diptera : Chironomidae) and environmental parameters in Sazlıdere stream (Turkish Thrace). *Tiscia.* 36, 29-34.

- ❖ Pascoe D., K. A. Williams et D. W. J. Green, 1989.- Chronic toxicity of Cadmium to *Chironomus riparius* Meigen-effets upon larval development and adult emergence. *Hydrobiologia* 175 :109-115..
- ❖ 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
- ❖ Pinder L.C.V., 1978. A key to adult males of the British Chironomidae (Diptera). Scientific Publications of the Fresh water Biological Association, 37, 1-169.
- ❖ Ramade F., 1984. *Eléments d'écologie*. Mc Graw-Hill (eds.). 396p.
- ❖ Ranta E. & Espo J., 1989. Predation by the rock-pool insects *Arctocoris acarinata*, *Callicorixa producta* (Heteroptera: Corixidae) and *Potamonectes griseo striatus* (Coleoptera: Dytiscidae). *Annales Zool. Fen.* 26(1) : 53-60.
- ❖ 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.
- ❖ 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.
- ❖ Sæther A. O., 1980. A Glossary of chironomid morphology terminology (Diptera : Chironomidae). *Entomol. Scand. Suppl.* 14 : 1-51.
- ❖ 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.
- ❖ 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.
- ❖ 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.

- ❖ 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
- ❖ Svensson B.S. 1980. The effect of host density on the success of commensalistic *Epoicocladus flavens* (Chironomidae) in utilizing stream living *Ephemera danica* (Ephemeroptera). *Oikos*. 34, 326-36.
- ❖ Tokeshi M., 1986. Population ecology of the commensally chironomid *Epoicocladus 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.
- ❖ Tokeshi M., 1986. Population ecology of the commensal chironomid *Epoicocladus flavens* on its mayfly host *Ephemera danica*. *Fresh. Biol.* 16(2) : 235-43.
- ❖ Vergon J.-P. & Bourgeois C., 1992.- Les larves de Diptères Chironomidae : 1. caractères généraux et clés d'identification des tribus. *Bull. mens. Soc. jmn. Lyon*, 62 (4) : 101-132
- ❖ 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., 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. 1950. The function of haemoglobin in *Chironomus plumosus* under natural conditions. *J. Exp. Biol.* 27, 73-95.
- ❖ 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.

- ❖ 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 fresh water 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.
- ❖ Warwick W.F., 1988. Morphological deformities in Chironomidae (Diptera) larvae as biological indicators of toxic stress. *Toxic. Contam. Ecosyst. Health*, 281-320.
- ❖ Weber R. E. & Vinogradov S. N., 2001. Nonvertebrate Hemoglobins : Functions and Molecular Adaptations. *Physiol. Rev.* 81, 569-628.
- ❖ 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. & Eriksson L., 1977. Benthos of an acid lake. *Oikos.* 29, 261-7.
- ❖ Wiederholm T. & Eriksson L., 1977. Benthos of an acid lake. *Oikos.* 29, 261-7.
- ❖ 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.
- ❖ 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.
- ❖ Woodcock T., Longcore J., McAuley D., Mingo T., Bennatti C.R. & Stromborg K., 2005. The role of pH in structuring communities of Maine wetland macrophytes and Chironomid larvae (Diptera). *Wetlands.* 25 (2) : 433-438.
- ❖ Zerguine K., 2010. Contribution à l'étude des Chironomidae (Diptera, Insecta) des mares temporaires de la Numidie Orientale. Aspect de Biologie, Ecologie et Systématique. Thèse de doctorat. Université Badji Mokhtar, Annaba. 319 p.
- ❖ 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) : 477-9