



# **MEMOIRE**

présenté par

***BENSAID Linda Fatima Zohra***

En vue d'obtention du

**Diplôme de Master en Ecologie animale**

## **THEME**

**Recherche de la valeur indicatrice des Macro-  
invertébrés dans deux cours d'eau du bassin  
versant de la Tafna**

Soutenu le 08/07/2024 devant le jury composé de :

Présidente	Mme DAMERDJI Amina	Pr.	Université de Tlemcen
Encadrant	Mme ABDELLAOUI-HASSAINE Karima	Pr.	Université de Tlemcen
Co-encadrant	Mme DEKKAK-BEMMOUSSAT Soumya	MCB	Université de Tlemcen
Examineur	M. BETTIOUI Réda Ali	MAA	Université de Tlemcen

Année universitaire : 2023/2024

# *Remerciements*

L'étude qui va suivre entre dans le cadre du projet de l'obtention du Diplôme de Master 2 en Écologie Animale.

Au terme de mon travail, je tiens à remercier de tout mon cœur Allah le Miséricordieux qui m'a donné le courage, la volonté et la force de surmonter les obstacles et de relever les défis qui se sont présentés à moi. Je suis reconnaissant pour sa guidance et sa bénédiction qui m'ont permis d'accomplir ce travail avec succès. Je suis convaincu que ce n'est que le début d'une longue série de réussites, in sha'Allah.

Je tenais à exprimer ma reconnaissance et profonde gratitude à Mme ABELLAOUI-HASSAINE Karima, Professeur à l'université de Tlemcen, pour l'honneur de diriger et d'encadrer mon travail ainsi que pour son suivi attentif, son engagement constant et ses précieuses orientations durant l'élaboration de ce mémoire.

C'est avec beaucoup de reconnaissance que je remercie Pr DAMERDJI Amina de l'université de Tlemcen qui m'a fait l'honneur d'accepter de présider ce jury.

Je voudrais également exprimer ma gratitude à Mme DEKKAK-BEMMOUSSAT Soumya MCB, de l'Université de Tlemcen, d'avoir accepté de consacrer son temps pour contribuer dans ce travail.

Je remercie également M. BETTIOUI Réda Ali pour sa disponibilité et l'examen de ce travail.

Je tiens tout particulièrement à remercier Mlle Azdouz Radjaa doctorante au niveau du laboratoire pour sa contribution scientifique et l'aide qu'elle m'a apportée.

Enfin, je remercie tous les enseignants qui m'ont suivi tout au long de mes études et toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce modeste travail.

# *Dédicaces*

*À la mémoire de mes chers parents décédés, Vous êtes la lumière qui a éclairé mon chemin et les premiers à m'avoir encouragée à poursuivre mes études.*

*Merci de m'avoir inculqué l'amour de la connaissance et la passion de l'apprentissage et de m'avoir encouragée à poursuivre mes rêves.*

*À ma chère sœur Hanane et à mon cher frère Mohamed, Merci d'avoir toujours été là pour moi et de m'avoir soutenu à chaque étape de mon parcours.*

*À mes tantes et à mes oncles bien-aimés, Merci pour votre attention constante et vos précieux conseils qui m'ont permis de réussir.*

*Vous êtes une source d'inspiration pour moi dans tout ce que j'entreprends.*

*À ma chère professeur, Mme ABDELLAOUI-HASSAINE KARIMA, Merci pour votre soutien continu, votre aide et vos conseils tout au long de la réalisation de ce mémoire.*

*À ma chère amie Soria, Merci pour ton amitié sincère et pour ton soutien dans les moments difficiles.*

*Je vous dédie à tous cette réussite.*

## *Liste des tableaux*

<b>Tableau 1 : Coordonnées géographiques de la station .....</b>	<b>28</b>
<b>Tableau 2 : Moyenne mensuelle des précipitations en (mm) Durant la période 2019-2023 de la station de Zennata. ....</b>	<b>29</b>
<b>Tableau 3 : Moyennes mensuelles des températures enregistrées en (°C) pendant la période 2019 à 2023 de la station de Zennata. ....</b>	<b>31</b>
<b>Tableau 4 : Caractéristiques méso-climatiques pour la station de Zennata. ....</b>	<b>34</b>
<b>Tableau 5 : dates des sorties .....</b>	<b>35</b>
<b>Tableau 6 : Liste des espèces d’Invertébrés et leurs effectifs correspondants. ....</b>	<b>45</b>
<b>Tableau 7 : Caractéristiques des microhabitats identifiés. ....</b>	<b>49</b>
<b>Tableau 8 : Individualisation des microhabitats présentant 1 à 2 espèces seulement. ....</b>	<b>53</b>
<b>Tableau 9 : Descripteurs écologiques indicateurs de la composition et structure des communautés étudiées .....</b>	<b>55</b>
<b>Tableau 10 : principales espèces indicatrices définies par l’indice Indval. ....</b>	<b>60</b>

## Liste des figures

Figure 1 : <i>Coenagrionidae Coenagrion mercuriale</i> (Rabah, 2013).....	3
Figure 2 : Œuf allongé <i>Argia insipida</i> (Ranyse et Neuse, 2009).....	3
Figure 3 : Morphologie générale de la larve des Odonates (Bouchard, 2004). ....	4
Figure 4 : Morphologie d'un adulte Anisoptère (Aroudj et Touati, 2018). ....	5
Figure 5 : Morphologie d'un adulte Ephéméroptère ( <a href="https://rarewaters.com/mayfly-profile/">https://rarewaters.com/mayfly-profile/</a> ). ....	6
Figure 6 : Oeufs. a : <i>Ephemerella</i> ; b : <i>Heptagenia</i> (Tachet et al, 2000). ....	6
Figure 7 : Morphologie d'une larve d'Ephéméroptères (Baetidae, face dorsale) (Gattolliat, 2002). .....	7
Figure 8 : Trichoptère adulte ( <a href="https://www.istockphoto.com/fr/photos/tricopt%C3%A8re">https://www.istockphoto.com/fr/photos/tricopt%C3%A8re</a> ). ....	9
Figure 9 : Morphologie des oeufs des Trichoptères.....	10
Figure 10 : Morphologie des Trichoptères.....	11
Figure 11 : Larve phrygane pur.....	11
Figure 12 : Morphologie externe d'un Coléoptère (Boukli, 2012). ....	12
Figure 13 : Coccinelle à sept points et ses œufs (©C.Thiriet/biosphoto). ....	13
Figure 14 : Morphologie d'une larve de Coléoptère aquatique. ....	13
Figure 15 : Tête de <i>Cicindela silvatica</i> , vue de dessus (Evans, 2010).....	15
Figure 16 : Elytres et Aile membraneuse d'un Coléoptère (©C.Thiriet/biosphoto). ....	16
Figure 17 : Nymphe vue selon son profil droit (Clergue-Gazeau, 1991). ....	18
Figure 18 : Larves de <i>Simulium ruficornis</i> <a href="http://insectarium-reunion.fr/simuliidae.html">http://insectarium-reunion.fr/simuliidae.html</a> .....	16
Figure 19 : <i>Simulium latipes</i> Adulte <a href="https://www.esccap.fr/par-fiches/simulium-sp.html">https://www.esccap.fr/par-fiches/simulium-sp.html</a> .....	19
Figure 20 : Carte de localisation et de morphologie du bassin versant de la Tafna. (Carte réalisée à partir du Modèle numérique de terrain de base) ( <a href="http://www.viewfinderpanoramas.org/">http://www.viewfinderpanoramas.org/</a> ). .....	25
Figure 21 : Variation des moyennes mensuelles des précipitations. ....	30
Figure 22 : Variations des moyennes mensuelles des températures. ....	32
Figure 23 : Climagramme de la variation des températures moyennes maximales (M) et minimales (m) de la région de Zennata durant la période de 2019 à 2023. ....	32
Figure 24 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson de la station de Zennata durant la période 2019-2023.....	33
Figure 25 : Climagramme d'Emberger de la région de Zennata.....	34
Figure 26 : Importance relative des cinq groupes zoologiques étudiés. ....	47
Figure 27 : Importance relative des microhabitats selon les critères physiques sélectionnés. ....	50
Figure 28 : Variation du nombre d'espèces et du nombre d'individus par microhabitat. ....	51
Figure 29 : Variations des indicateurs de diversité et de régularité dans les différents microhabitats. ....	56
Figure 30 : Dendrogramme issu de la CHA de la matrice de répartition des abondances des 96 espèces dans les 33 microhabitats individualisés. ....	57
Figure 31 : dendrogramme issu de la classification hiérarchique ascendante des microhabitats selon la méthode d'ordination Ward des distances euclidiennes. ....	59

## *Liste des Abréviations*

mm : millimètre

P : précipitation moyenne annuelle (mm)

T : Température moyenne annuelle (C°)

TM : Température moyenne maximale (C°)

Tm : Température moyenne minimale (C°)

°K : degré kelvin

Ind. : individus

*Remerciement et Dédicaces*

*Liste des Tableaux*

*Liste des Figures*

*Liste des Abréviations*

<b>Introduction .....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre I : Synthèse bibliographique.....</b>	<b>3</b>
<i>I.1. Les Macroinvertébrés .....</i>	<i>3</i>
I.1.1 Morphologie des Invertébrés d'intérêt .....	3
I.1.1.1 Odonates .....	3
I.1.1.2 Éphéméroptères .....	6
I.1.1.3 Trichoptères .....	9
I.1.1.4 Coléoptères .....	12
I.1.1.5 Diptères .....	16
I.1.2 Biologie des espèces .....	19
I.1.2.1 Odonates .....	19
I.1.2.2 Éphéméroptères .....	19
I.1.2.3 Trichoptères .....	20
I.1.2.4 Coléoptères .....	20
I.1.2.5 Diptères .....	21
I.1.3 L'écologie .....	21
I.1.3.1 Odonates .....	21
I.1.3.2 Éphéméroptères .....	21
I.1.3.3 Trichoptères .....	22
I.1.3.4 Coléoptères .....	22
I.1.3.5 Diptères .....	23
<b>Chapitre II : Matériel et Méthodes .....</b>	<b>25</b>
<i>II.1 Présentation du milieu d'étude .....</i>	<i>25</i>
II.1.1 Bassin versant de la Tafna .....	25
II.1.1.1 La haute Tafna .....	26
□ Oued khémis .....	26
II.1.1.2 La moyenne Tafna .....	26
□ Oued Chouly .....	27
II.1.1.3 La basse Tafna .....	27
II.1.2 Étude climatique .....	28
II.1.2.1 Précipitations .....	29
II.1.2.2 Températures .....	30
I.1.2.3 Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussens (1953) .....	33
II.1.2.4 Climagramme d'Emberger .....	33
II.1.3. Sites d'étude .....	34
<i>II. 2 Méthodologie.....</i>	<i>35</i>
II. 2.1 Matériel utilisé .....	35

II.2.2 Méthodes .....	35
II.2.2.1 Méthodes de collecte directe sur terrain .....	35
II. 2.2.2 Méthodes au laboratoire.....	36
II.2.2.3. Collecte des données antérieures .....	36
<i>II.3 Traitements des données</i> .....	37
II.3.1. Les descripteurs écologiques .....	37
II.3.1.1. Indices de composition .....	37
II.3.1.2. Indices de structure .....	38
II.3.2. Indice Indice IndVal et détermination de la valeur indicatrice.....	42
II.3.3. Traitement statistique.....	43
<b>Chapitre III : Résultats et interprétation .....</b>	<b>45</b>
<i>III.1. Composition taxonomique des communautés</i> .....	45
<i>III.2. Etude de la microdistribution des espèces</i> .....	48
III.2.1. Individualisation des microhabitats.....	48
III.2.2. Analyse indicielle .....	51
III.2.2.1. Distribution des abondances et de la richesse spécifique par microhabitat.....	51
III.2.2.2. Indicateurs de diversité et de régularité.....	52
III.2.3. Classification hiérarchique ascendante (CAH) de la matrice de distribution des abondances par microhabitats .....	56
III.3. Détermination de la valeur indicatrice des espèces.....	59
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>63</b>

# ***Introduction***

L'eau est un élément vital et irremplaçable pour tout écosystème, impose une attention particulière à la préservation de sa qualité et de sa quantité. En effet, les besoins en eau ne cessent de croître, tant d'un point de vue quantitatif que qualitatif, ce qui rend sa gestion durable un enjeu majeur pour la société (Haouchine, 2011).

Les cours d'eau, caractérisés par leur complexité et leur dynamisme, constituent des éléments essentiels de la biosphère (Dynesuis et Nilsson, 1994). Ils jouent un rôle crucial dans la préservation de la biodiversité, le maintien des fonctions vitales des organismes et le cycle de la matière organique. Cependant, les réseaux hydrographiques à travers le monde ont subi des altérations considérables dues aux activités humaines (Everad et Powell, 2002). La majorité des cours d'eau subissent les effets néfastes de l'anthropisation : régression des espèces, diminution des stocks halieutiques, épuisement des nappes phréatiques, dégradation de la qualité de l'eau, et augmentation de la fréquence et de l'intensité des crues (Haouchine, 2011).

Le bassin versant de la Tafna, second dans l'Oranie après le Chélif (Remanoun, 2003), assure l'approvisionnement en eau pour divers usages et revêt une importance écologique et socio-économique majeure pour l'Ouest algérien. La qualité de ses eaux, comme celle de toutes les eaux de surface, est influencée par des facteurs à la fois naturels et anthropiques (Bemoussat-Dekkak, 2022).

La région connaît une baisse de pluviométrie et une augmentation de l'aridité (Benhadji et al., 2019), auxquelles s'ajoute la mobilisation d'une grande partie des ressources en eau de l'oued Tafna et de ses affluents pour des activités anthropiques en croissance, via le transfert de volumes d'eau des barrages vers les agglomérations ou des prélèvements directs dans les oueds pour l'irrigation (Bensaoula & Adjim, 2006). Face à ces pressions sur la biodiversité de cet écosystème aquatique, il est crucial d'évaluer son état de santé (Bemoussat-Dekkak, 2022).

L'analyse de la faune des macro-invertébrés benthiques des cours d'eau s'impose comme un outil complémentaire indispensable aux analyses physico-chimiques pour l'évaluation de la qualité biologique de ces milieux aquatiques (Aissata et al., 2018).

En effet, ces organismes, faciles à prélever et à identifier, fournissent des informations précieuses sur l'état de santé des écosystèmes aquatiques et permettent de déceler les impacts des perturbations environnementales (Décamps et al., 1975 ; Lounaci et al., 2000). Leur présence ou leur absence, leur abondance et leur diversité reflètent les caractéristiques du milieu et les stratégies écologiques

mises en place par les différentes espèces pour s'adapter aux changements environnementaux (Lécuyer et Benoit, 2017).

Le présent travail est une contribution à la connaissance de la biodiversité de macroinvertébrés mais elle a pour objectif principal de dégager la valeur indicatrice de certaines espèces clés. La recherche cible cinq groupes de macroinvertébrés les plus représentatifs de la faune macrobenthique des hydrosystèmes d'eau courante dans l'ouest algérien. Il s'agit des Odonates, les Epheméroptères, les Trichoptères, les Coléoptères et les Diptères Simuliidae. Les espèces indicatrices reflètent en général des conditions écologiques particulières.

Ces groupes ont été bien étudiés dans la région (Bendiouis-Chaoui Boudghène, 2012, 2015 ; Ammouri, 2014 ; Dekkak-Bemoussat, 2014, 2017, 2022 ; Benhadji, 2019, 2020), l'écologie des espèces est bien renseignée ; toutefois, la valeur indicatrice de ces dernières reste inconnue. Partant d'une étude prospective complétée par une analyse rétrospective basée sur les travaux de recherche de l'équipe taxonomie et écologie des vecteurs du laboratoire de valorisation des actions de l'homme pour la protection de l'environnement et application en santé publique, nous avons visé les objectifs spécifiques suivants :

- Dresser une liste des espèces des cinq groupes d'intérêt et analyser la composition taxonomique des communautés ;
- Comprendre la microdistribution des espèces en tenant compte de quatre variables environnementales d'ordre physique pour la détermination des microhabitats. Une étude indicelle basée sur les descripteurs classiques richesse spécifique, abondance, diversité et régularité est réalisée pour décrire la structure des communautés ;
- Dégager les espèces indicatrices en utilisant essentiellement l'indice IndVal. L'utilisation de cet indice permet de mettre en évidence les principales espèces caractéristiques des microhabitats identifiées dans les sites de deux affluents de la Tafna : Oued Chouly et oued Khémis.

La mémoire est structurée de manière classique. Après introduction, le chapitre 1 « synthèse bibliographique » relate un aperçu sommaire sur la biologie et l'écologie des cinq groupes étudiés. Le chapitre 2 est consacré à Matériel et méthodes. Nous y avons réalisé une description du site d'étude puis exposé les méthodes de travail sur terrain et au laboratoire et en dernier les méthodes statistiques utilisées. Dans le troisième chapitre sont portés les résultats obtenus suivis par une discussion.

# **Chapitre I**

## **Synthèse bibliographiques**

### I.1. Les Macroinvertébrés

Les invertébrés comprennent tous les animaux dépourvus de squelette osseux ou cartilagineux. Parmi eux, les macroinvertébrés sont ceux perceptibles à l'œil nu, et ils habitent les fonds des ruisseaux, rivières, lacs ou marais. Ces derniers sont principalement représentés par des vers, des crustacés, des mollusques et des insectes (Moisan, 2010). Les macroinvertébrés sont des invertébrés aquatiques benthiques, vivant dans la colonne d'eau libre et mesurant plus de 1 mm. La majorité d'entre eux appartiennent aux écosystèmes dulçaquicoles à la classe des insectes (Ramade, 1998).

#### I.1.1 Morphologie des Invertébrés d'intérêt

##### I.1.1.1 Odonates

Les odonates sont parmi les insectes les plus caractéristiques et facilement identifiables grâce à leur morphologie, leur corps étant divisé en trois grandes parties: tête, thorax et abdomen (Grand et Boudot, 2006).



Figure 1 : *Coenagrionidae Coenagrion mercuriale* (Rabah, 2013).

- **Œuf**

La morphologie des Œufs d'odonates va de la forme allongée (endophyte) à la forme arrondie (exophyte) (Daifallah & Maoui, 2016).

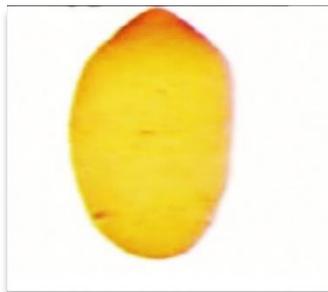
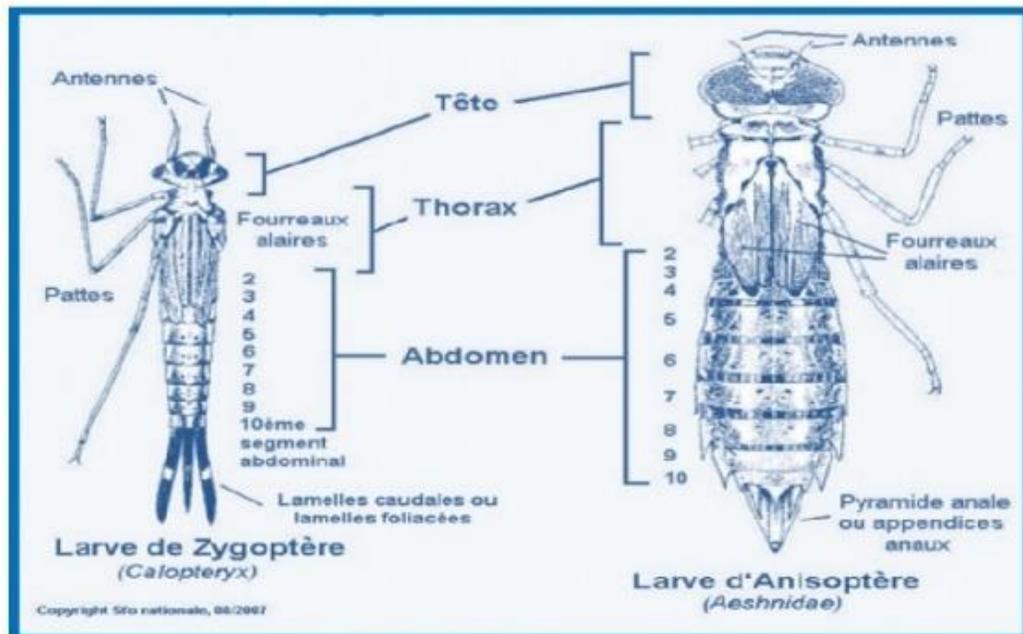


Figure 2 : Œuf allongé *Argia insipida* (Ranyse et Neuse, 2009).

Les œufs sont généralement enveloppés dans une couche de gelée, parfois épaisse, et sont pondus soit individuellement, soit en paquets. Parfois, ils peuvent rester regroupés dans une substance mucilagineuse, formant un long cordon contenant des milliers d'œufs (Satha, 2008).

- **Larve**

Les larves présentent une teinte relativement terne par rapport aux adultes. Leur caractéristique principale, quel que soit le sous-ordre, est la présence d'un labium transformé en organe préhenseur, appelé le masque. La mobilité de la tête des larves est limitée par rapport à celle des adultes, mais elles ont aux plus sept articles (Tachet et al., 2010).



**Figure 3 : Morphologie générale de la larve des Odonates (Bouchard, 2004).**

Les yeux composés sont bien développés, tandis que les ocelles sont peu visibles. Le labre est transversal, avec de nombreuses dents aiguës. Les trois segments thoraciques des larves ont un développement sensiblement similaire. Les pattes sont relativement longues et principalement utilisées pour la locomotion (Tachet et al., 2010).

L'abdomen est généralement plus court chez les jeunes que chez les adultes et présente souvent des épines sur son axe médio-dorsal ainsi que sur les bords latéraux postérieurs des segments abdominaux. La morphologie de l'extrémité de l'abdomen permet de distinguer les deux sous-ordres. Dans le cas des Zygoptères, elle se compose de deux pièces latérales très courtes, d'un épiprocte court prolongé par une lamelle branchiale dont la forme varie selon les genres et est utilisée en systématique. Chez les Anisoptères, l'extrémité de l'abdomen forme une pointe conique constituée de deux paraproctes

latéraux, flanqués de deux cerques uniarticulés et d'un épiprocte impair dorsalement (Tachet et al., 2010).

- **Adulte**

La tête, très mobile, est articulée sur la partie antérieure du prothorax et porte deux yeux toujours importants. Elle présente un aspect assez différent dans les deux sous-ordres. Chez les Zygoptères, la capsule céphalique est élargie transversalement et les deux yeux composés sont nettement séparés. Chez les Anisoptères, la tête est globuleuse, avec des yeux composés développés se rejoignant très souvent sur le dessus, sauf chez les Gomphidae où ils restent distincts (Aguilar et Dommanget, 1985).

Le thorax se compose de deux parties très différentes et clairement distinctes : le prothorax et le synthorax. L'abdomen, quant à lui, est très réduit, supportant la tête et la paire de pattes antérieure. Son bord supérieur, appelé pronotum, présente une forme variable selon le sexe et les espèces (Aguilar et Dommanget, 1985).

Les pattes, toutes orientées vers l'avant, ces pattes ne sont pas particulièrement utiles pour la marche, mais elles facilitent l'escalade des supports (comme lors de la chasse) et sont souvent utilisées pour capturer et maintenir les proies. Leur longueur, leur forme et leur couleur varient selon les familles, les genres ou les espèces (Aguilar et Dommanget, 1985).

Les ailes sont au nombre de quatre, elles sont membraneuses, étroites et allongées. Chez les Zygoptères, elles sont de même forme, tandis que chez les Anisoptères, elles sont inégales. Les ailes sont constituées par des nervures longitudinales et transverses qui forment entre elles de nombreuses cellules. Cette nervation varie selon les familles, les genres et les espèces (Aguilar et Dommanget, 1985).

L'abdomen, de forme allongée, le plus souvent cylindrique, peut être aplati dorso-ventralement ou largement élargi. Il est composé de 10 segments bien définis avec les vestiges d'un 11<sup>ème</sup> (Aguilar et Dommanget, 1985).

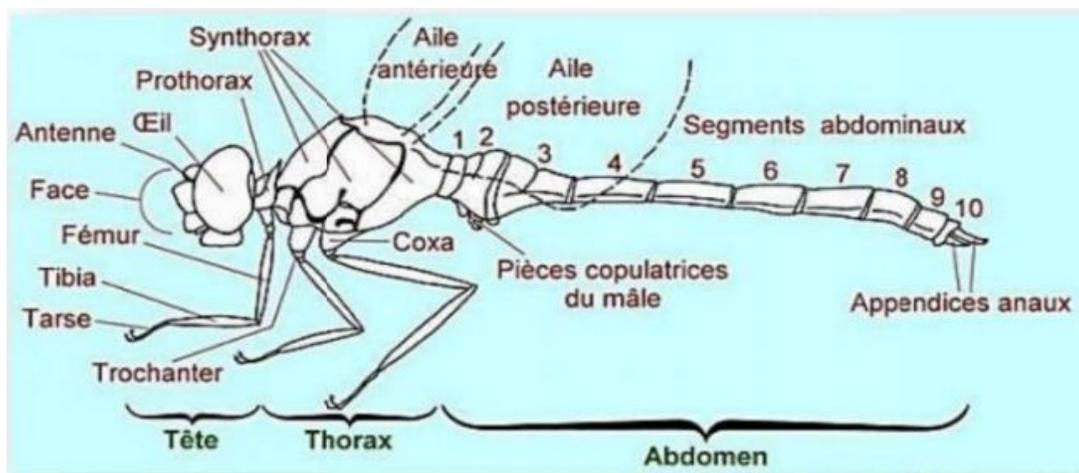


Figure 4 : Morphologie d'un adulte Anisoptère (Aroudj et Touati, 2018).

### I.1.1.2 Éphéméroptères

Les éphémères sont considérés comme des insectes incomplets en raison de leur métamorphose (Gattoliat, 2002). Cet insecte passe par cinq stades différents, qui sont l'œuf, la nymphe, la larve au dernier stade, le subimago, et enfin l'adulte. Le niveau sous-imaginaire est un niveau qui présente des ailes qui n'existent que chez les Éphémères (Clifford 1982; Gattoliat, 2002).



Figure 5 : Morphologie d'un adulte Ephéméroptère (<https://rarewaters.com/mayfly-profile/>).

#### • Œuf

Les œufs des éphéméroptères ont une forme généralement ronde ou ovale, avec une taille très petite d'environ 0,2 mm x 0,1 mm en moyenne, mais en fonction de l'espèce, la taille peut être de 0,4 mm ou plus, atteignant jusqu'à 2 mm chez *Dolania*. Ces œufs possèdent plusieurs caractéristiques, telles que la capsule polaire, la structure de la surface basée sur le chorion, la structure de montage micropieu, et divers accessoires d'attachement, qui leur confèrent une valeur taxonomique significative (Koss, 1970 ; 1973). Les œufs avaient des clés d'identification uniques. Ces clés sont particulièrement utiles pour les femelles adultes qui ne possèdent pas de caractéristiques distinctives, mais aussi pour associer les larves et les adultes d'espèces précises. Mis à part les œufs du genre *Guloptiloides*, ceux des *Baetidae* sont recouverts d'une gangue de mucus qui masque leurs caractéristiques morphologiques (Gattoliat et Sartori, 2000).

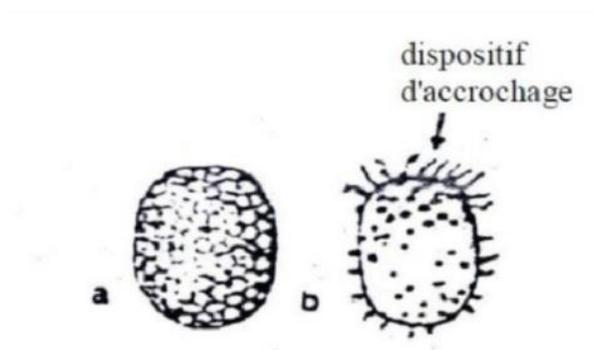
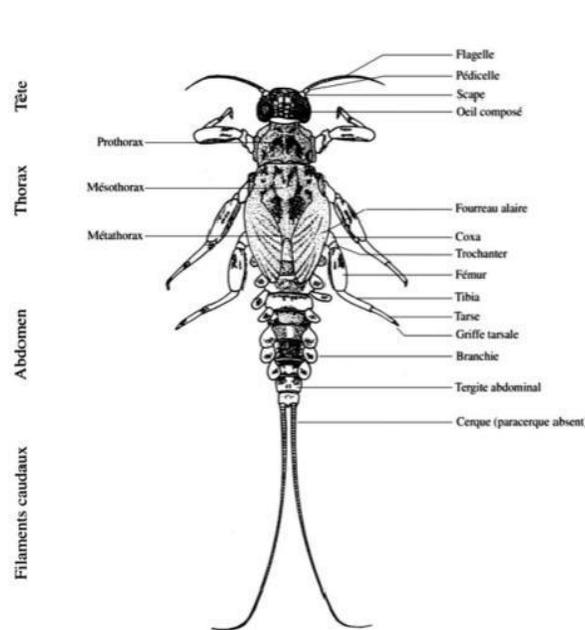


Figure 6 : Oeufs. a : *Ephemerella* ; b : *Heptagenia* (Tachet et al, 2000).

### • Larve

Le positionnement de **la tête** par rapport à l'abdomen de la larve révèle trois catégories de larves : les larves prognathes (dont l'axe principal est aligné avec celui du corps), les larves orthognathes (dont l'axe principal est perpendiculaire à celui du corps), et exceptionnellement les larves hypognathes (avec les pièces buccales orientées vers l'arrière) (Elouard et al., 2001).



**Figure 7 : Morphologie d'une larve d'Ephéméroptères (Baetidae, face dorsale) (Gattolliat, 2002).**

La structure buccale est constituée de sept composants principaux. Le labre ou la lèvre supérieure, d'une forme rectangulaire, est placé en position frontale et possède des extrémités distales qui peuvent être plus ou moins bombées, bien que cela ne soit pas toujours très visible. Juste en dessous, nous trouvons la mâchoire inférieure, qui est asymétrique et porte des incisives sur son bord externe ainsi que des molaires sur son bord interne. La mâchoire supérieure, également symétrique, se compose de couronnes de soutien de formes variées (peignes, brosses ou dents), de plusieurs rangées de poils et de deux ou trois segments de pulpe situés plus ou moins en arrière. En plein centre de la bouche se situe un hypopharynx, comprenant une lingua médiane et deux lobes latéraux appelés Superlingua, qui sont les éléments buccaux les moins rigides. Le labium ou la lèvre inférieure se compose d'un mentum portant la glose et la paraglose, ces quatre parties pouvant être plus ou moins fusionnées ou réduites. Deux palpis labiaux sont fixés à la base du mentum (Gattolliat, 2002).

**Le thorax** est divisé en trois parties distinctes : le prothorax, le mésothorax et le métathorax. Le prothorax porte une seule paire de pattes, tandis que le mésothorax et le métathorax portent chacun une paire de pattes et une paire d'ailes. Chez certaines espèces, la deuxième paire d'ailes peut être vestigiale

ou complètement régressée. Les pattes sont composées de cinq segments : la coxa, le trochanter, le fémur, le tibia et le tarse. Les tarses sont totalement fusionnés et munis d'une seule griffe (Gattoliat, 2002).

**L'abdomen** est composé de dix segments, formés dorsalement par les tergites et ventralement par les sternites. Le dernier segment comprend deux paraproctes. Les tergites peuvent porter des épines ou des tubercules dans certains cas. La forme des angles postéro-latéraux ainsi que celle de la marge distale des tergites peuvent servir de caractères taxonomiques et donc de moyens d'identification (Elouard et al., 2001).

- **Adulte**

**La tête**, C'est une petite tête rectangulaire qui porte deux yeux composés de chaque côté. Chez la plupart des espèces, les yeux des mâles sont nettement plus grands et plus colorés que ceux des femelles, en particulier chez les Baetidae, les Leptophlebiidae et les Ephemerellidae (McGavin, 2000).

Les antennes, de forme réduite, sont composées d'articles courts et épais, prolongés par une fine soie (Tachet et al., 2000).

Le thorax, tout comme chez les larves, se divise en trois parties ; le mésothorax est significativement plus développé que le prothorax ou le métathorax. Les trois paires de pattes sont constituées d'une hanche qui se joint à la région pleuro-sternale, un trochanter court, un fémur et un tibia longs, et un tarse composé de 4 ou 5 articles. Le dernier segment des tarses, également appelé transtarse, porte deux griffes. De nombreuses lignées montrent une fusion et une réduction des tarses ; les tibias et les tarses peuvent aussi fusionner (Gattoliat, 2002).

Les ailes présentent une grande variabilité de taille: la seconde paire est souvent réduite, parfois même absente, et ne dépasse généralement pas la moitié de la taille de la première paire chez les espèces contemporaines. La nervation alaire des éphémères est complète : les nervures longitudinales sont alternativement concaves et convexes, et elles sont disposées en éventail à l'intérieur du fourreau alaire. La densité des nervures transverses varie selon l'évolution de la lignée (Gattoliat, 2002). L'abdomen est composé de dix segments, dont les neuf premiers sont très similaires, constitués chacun d'un tergite et d'un sternite. Chez les mâles, le dixième segment présente un sternite réduit à une plaque subanale, tandis que chez les femelles, il est subgénital. Les mâles possèdent une partie distale du neuvième segment avec deux gonopodes en forme de forceps, composés de trois à quatre segments fusionnés. Sous la plaque subgénitale se trouvent des lobes péniers, qui varient en visibilité et en consistance (membraneux ou sclérifié) selon l'espèce (Gattoliat, 2002).

Le stade de **subimago** est présent uniquement chez les Ephéméroptères. Il partage toutes les caractéristiques de l'imago, mais de manière moins prononcée. La principale différence réside dans sa

couleur nettement plus terne, causée par la semi-transparence de la cuticule. Cette apparence sombre est particulièrement visible sur les ailes, qui paraissent opaques contrairement à celles des imagos qui sont généralement hyalines. La bordure postérieure des ailes des subimagos est effilée, ces soies ne se trouvent plus chez les imagos sauf chez les Caenidae et les Tricorythidae. Les pattes ne sont pas encore entièrement développées chez le subimago, en particulier les protibias et les protarses des mâles. Les yeux composés des mâles sont également plus petits chez le subimago que chez l'imago. À l'exception de rares cas, les subimagos restent sexuellement immatures (Gattoliat, 2002).

### I.1.1.3 Trichoptères

Les Trichoptères appelés « phryganes », tirent leur nom du grec « trich » signifiant « poil » en référence à la pilosité dense recouvrant les nervures et la membrane de leurs ailes. Ces insectes présentent une étroite parenté avec les Lépidoptères, regroupant notamment les papillons nocturnes (Morse, 2009).



**Figure 8 : Trichoptère adulte (<https://www.istockphoto.com/fr/photos/tricopt%C3%A8re>).**

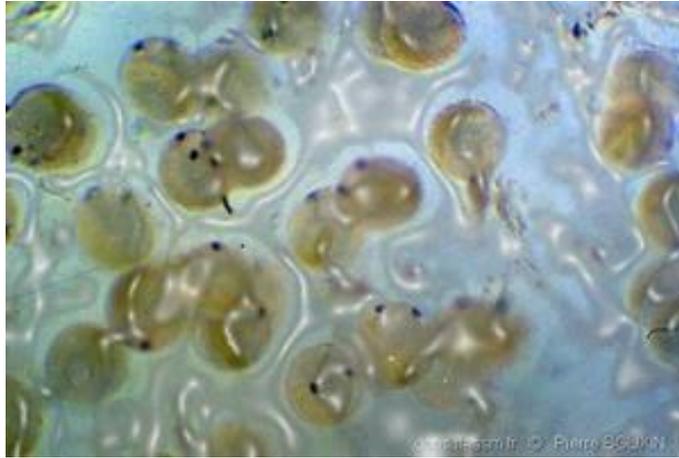
- **Œuf**

En général, les œufs sont pondus sous forme de paquets enrobés d'une substance gélatineuse. La nature de cette substance détermine la manière dont le paquet d'œufs est ensuite fixé à un substrat, à l'intérieur ou à l'extérieur de l'eau. On distingue deux types de pontes :

Ponte gélatineuse : la substance enrobante est assez abondante et se gonfle au contact de l'eau (Exemple : Leptoceridae) (Bertrand, 1954).

Ponte cimentée : la substance enrobante est peu abondante et ne gonfle pas (Exemple : Hydropsychidae, Hydroptilidae) (Bertrand, 1954).

Les œufs sont allongés, ronds ou ovales, de couleur jaune-vert et de très petite taille (0,2 mm à 1 mm). Le développement des larves commence dès la ponte (Bemoussat-Dekak, 2022).



**Figure 9 : Morphologie des oeufs des Tricoptères**

(<https://doris.ffessm.fr/Especies/Trichoptera-ordre-larves-Larves-de-Trichopteres-2965>).

- **Larve**

Les larves sont céphaliques; on distingue facilement la tête, le thorax et l'abdomen.

Tête, La capsule céphalique présente des sclérites dorsaux, de petits yeux avec des ocelles simples, des antennes très réduites, des pièces buccales avec des lèvres, une paire de mandibules, des articulations ventrales et des soies sur la face médiale (Grac, 1990).

Le thorax est composé de 3 parties distinctes, chacune dotée d'une paire de pattes. Le pronotum est toujours complètement sclérifié, et la face ventrale du prothorax peut porter un ou plusieurs segments sclérifiés: le pronotum. La mésopleura est membraneuse ou sclérotique et la disposition ventrale du métathorax est la même que celle du mésothorax, c'est-à-dire qu'elle est soit membraneuse, soit comportant des points sclérotiques. Les pattes sont longues et constituées des 5 parties: hanche, trochanter, fémur, tibia et tarse, constitués d'une seule partie et se terminant par une griffe. Les pattes prothoraciques sont robustes et courtes, servant de dispositifs auxiliaires pour les pièces buccales et également utilisées dans la construction de la coquille. Tandis que les jambes mésothoraciques et métathoraciques sont utilisées pour le sport (Grac, 1990).

L'abdomen, constitué de 9 segments individualisés, généralement mous, mais une sclérite dorsale a été notée chez certains genres. Les branchies sont tubulaires, peuvent être simples ou doubles et sont organisées en trois filaments ou plus, formant des touffes branchiales (Grac, 1990).

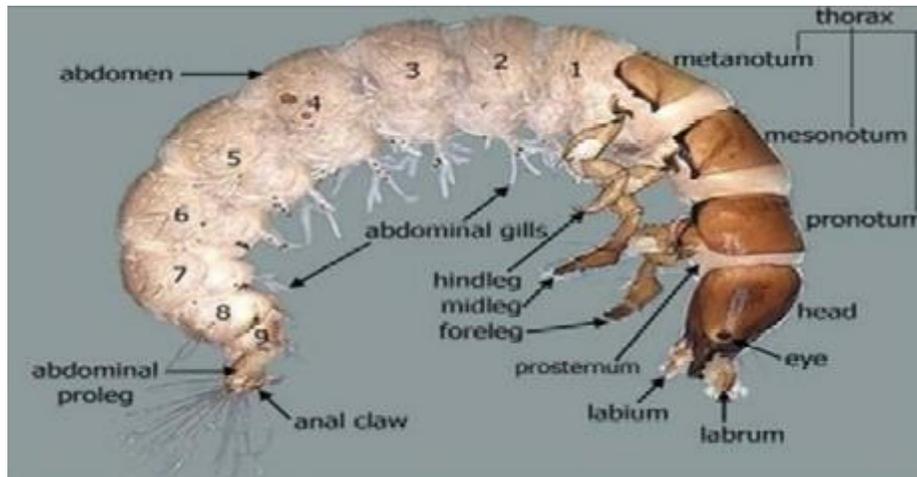


Figure 10 : Morphologie des Trichoptères.

(<https://doris.ffessm.fr/Especes/Trichoptera-ordre-larves-Larves-de-Trichopteres-2965>).

- **Nymphes**

Cependant, elles sont relativement immobiles et ne peuvent onduler leur abdomen que dans une gaine ou un compartiment pour maintenir l'écoulement de l'eau. Ils se caractérisent par des yeux composés, des pattes et des antennes allongées. Les gaines des ailes sont repliées ventralement comme des antennes. Les nymphes possèdent également des organes strictement nymphaux qui leur permettent de quitter la gaine et Apparaître (Grac, 1990).



Figure 11 : Larve phrygane pur.

(<https://www.istockphoto.com/fr/photos/trichopt%C3%A8re>).

- **Adulte**

Tête, Petite et transversale (Faessel, 1985). Deux yeux latéraux composés (Tachet et al., 2000). Absence d'ocelles chez certaines familles (Faessel, 1985). Antennes relativement longues (Giudicelli et Dakki, 1980).

Appareil buccal de type suceur-lécheur (Faessel, 1985). Atrophie des mandibules (l'adulte ne se nourrit pas) (Faessel, 1985). Formation d'un complexe maxillo-labial ou haustellum (Faessel, 1985).

Thorax, Pattes de type marcheur (Faessel, 1985). Tibias épineux avec des éperons mobiles au milieu et vers le tarse (Faessel, 1985). Nombre d'éperons variable entre les pattes et les groupes (maximum 4) (Faessel, 1985).

Ailes, Possèdent de nombreuses nervures utiles pour la classification (Tachet et al., 2000).

Abdomen, 10 segments seulement (Faessel, 1985). Premier segment réduit au tergite (Faessel, 1985). Segments 9 et 10 participants à la formation des organes copulateurs (Faessel, 1985).

Organes génitaux bien visibles (Tachet et al., 2000). Plus complexes chez les mâles que chez les femelles (Tachet et al., 2000). Structure des organes génitaux mâles utilisée pour la classification des adultes au niveau spécifique (Giudicelli et Dakki, 1980).

### I.1.1.4 Coléoptères

Ce groupe d'insectes se distingue par sa pièce buccale de type broyeur et par la présence de deux paires d'ailes, dont la supérieure est transformée en élytres, des éléments coriaces qui ne permettent pas le vol (Forge, 1981).

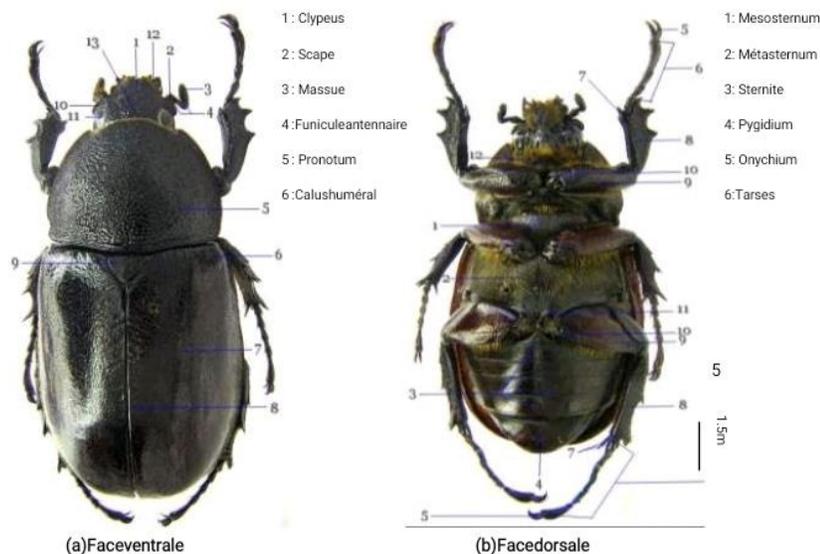


Figure 12 : Morphologie externe d'un Coléoptère (Boukli, 2012).

- **Œuf**

Les œufs des coléoptères présentent une diversité de formes, allant de l'ovale et l'elliptique classique, au cylindrique, globuleux ou aplati. Leur taille varie également considérablement, d'environ 0,1 mm à 5 mm de long, La couleur des œufs est tout aussi variable que leur forme, avec des nuances de blanc, jaune, crème ou brunâtre prédominant (R. S. T. O. M, 1980).



Figure 13 : Coccinelle à sept points et ses œufs (©C.Thiriet/biosphoto).

- **Larve**

Les larves de Coléoptères se composent de 13 segments, avec un segment au niveau de la tête, trois au niveau du thorax (portant trois paires de pattes) et neuf au niveau de l'abdomen. Leur tête, très développée, possède des mandibules broyeuses similaires à celles des adultes. Pour la plupart des espèces, le stade larvaire s'étend sur quelques mois.

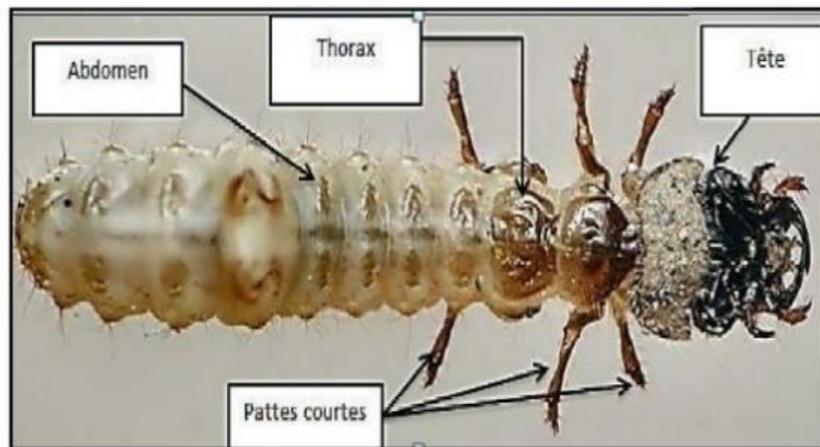


Figure 14 : Morphologie d'une larve de Coléoptère aquatique.

<http://aramel.free.fr/INSECTES19.shtml>.

**La tête** est constituée d'une capsule céphalique entièrement sclérifiée, comprenant des yeux formés de stemmates. Les antennes sont composées de quatre articles et les mandibules sont de type broyeur (Satha, 2014).

Le **prothorax** est un peu plus large et au moins aussi long que la tête, de la même couleur et presque de la même consistance, sauf le bord antérieur qui est blanchâtre et submembraneux ; marqué de cinq sillons dont deux latéraux arqués, avec quelques rares poils comme la tête. Le mésothorax et le métathorax sont très courts, plus larges que le prothorax, charnus avec un bourrelet latéral et quelques poils plus longs que ceux du premier segment (Perris. 1877).

L'**abdomen** a neuf segments, le premier un peu plus court que les autres qui sont aussi longs que le prothorax ; les huit premiers sont munis de quelques poils sur les côtés, dessinant un bourrelet latéral et sur le dos de trois plis transversaux favorisant certaines dilatations qui ont pour but de faciliter les mouvements de la larve. Les plis montrent de petites granulations qui, sous le microscope, deviennent des soies spinuliformes, la plupart arquées en avant. Sur le bord antérieur de ces segments se trouvent quelques petites plaques luisantes du centre desquelles sort un poil, et le bord postérieur est un peu enflé. Sur la face ventrale, ces mêmes segments portent un ou deux plis transversaux ou obliques et arqués, très fins, sans spinules, et un certain nombre de plaques luisantes. Antérieurement, on voit une ou deux séries transversales de très petites soies spinuliformes. Le dernier segment est assez velu, arrondi sur les côtés, échancré postérieurement, terminé par deux longs appendices bi-articulés dont chaque article est terminé par deux longs poils. Le premier de ces articles est renflé à l'extrémité (Perris, 1877).

Les pattes sont courtes, très grêles, avec deux ou trois soies assez fortes à la hanche, et deux extrêmement courtes à l'extrémité de la cuisse ; l'ongle est représenté par une soie subulée, plus longue que le tibia, à la base de laquelle on en voit deux ou trois autres beaucoup plus courtes. Stigmates comme dans la larve d'Abroëus (Perris, 1877).

- **Nymphe**

Les nymphes de coléoptères adoptent généralement une forme allongée et aplatie, caractérisée par un corps mou et blanchâtre. La taille peut varier considérablement selon les espèces, mais se situe généralement autour de quelques millimètres de long (R. S. T. O. M, 1980).

La tête de la nymphe présente une prognathie, c'est-à-dire que ses pièces buccales sont orientées vers l'avant. Elle est équipée d'antennes courtes et segmentées, d'yeux composés et d'ocelles (R. S. T. O. M, 1980).

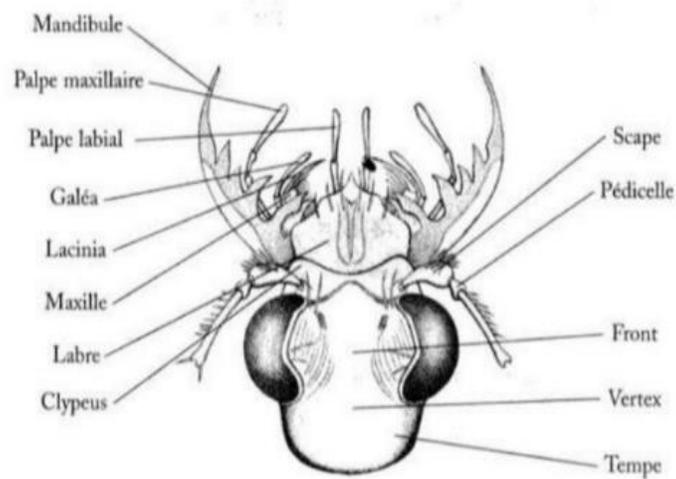
Le thorax porte trois paires de pattes courtes et segmentées (R. S. T. O. M, 1980).

L'abdomen est composé de neuf segments. Les segments 1 à 8 présentent des stigmates, qui correspondent à des ouvertures respiratoires (R. S. T. O. M, 1980).

Chez les nymphes de coléoptères ailés, on observe deux paires d'ailes membraneuses en développement, repliées sur le dos (R. S. T. O. M, 1980).

- **Adulte**

**La tête**, La forme de la tête varie généralement, pouvant être allongée, transversale, globuleuse ou déprimée, avec un cou distinct, et elle est toujours plus ou moins reliée au prothorax où elle est parfois presque totalement insérée. Sur le dessus, les pièces buccales, les mandibules et les palpes maxillaires et labiaux sont clairement visibles (voir Fig.15). La lèvre supérieure et l'épistome sont séparés du front par une suture visible, tandis que les joues se trouvent à l'avant des yeux et les tempes à l'arrière sur les côtés (Chatenet, 2005).



**Figure 15 : Tête de *Cicindela silvatica*, vue de dessus (Evans, 2010).**

**Les palpes** maxillaires se composent généralement de quatre segments: le premier est très court, le deuxième est très allongé, tandis que les derniers présentent des longueurs et des formes très variables. Cette variation démontre que le développement des pièces buccales est associé au régime alimentaire (Boukli-hacene, 2012).

**Le thorax**, qui se situe entre la tête et l'abdomen, est composé de trois parties distinctes : le prothorax, le mésothorax et le métathorax. Le prothorax est doté de la première paire de pattes (Boukli-hacene, 2012).

La partie supérieure du prothorax, appelée pronotum, est séparée de la partie inférieure par les bords latéraux qui sont généralement plus ou moins carénés (Boukli-hacene, 2012).

Le mésothorax porte la deuxième paire de pattes et les ailes antérieures, appelées élytres.

De même que le prothorax, le dessus du mésothorax est composé d'une seule pièce appelée scutellum, une petite pièce triangulaire insérée entre la base des élytres (Boukli-hacene, 2012).

Le métathorax porte la troisième paire de pattes et les ailes postérieures, appelées ailes membraneuses (Boukli-hacene, 2012).

**L'abdomen** est composé de neuf segments théoriquement, dont les segments postérieurs ne sont pas visibles en raison de la régression ou de l'invagination. Les tergites dorsaux ne sont jamais visibles, sauf chez les espèces avec des élytres tronqués. Les sternites, visibles ventralement, sont toujours moins nombreux que les tergites en raison de la soudure des premiers segments abdominaux, qui sont en outre cachés chez les Adepaga par les metacoxas (Patrice, 1981).

**Les élytres**, deux ailes antérieures, se présentent sous la forme de deux pièces symétriques sclérifiées, alignées le long de leur bord postérieur sur la ligne médiane du corps. Elles recouvrent généralement l'abdomen, à l'exception du dernier tergite ou pygidium, et remplissent plusieurs fonctions protectrices, notamment contre la déshydratation et les blessures, comme chez certains charançons où elles fusionnent pour former un bouclier unique. Bien qu'elles ne participent pas activement au vol, elles sont maintenues perpendiculairement au corps. Chez les Coléoptères aquatiques, elles peuvent avoir un rôle spécifique dans la rétention d'air à des fins respiratoires (Du Chatent, 2005) (Fig.16).

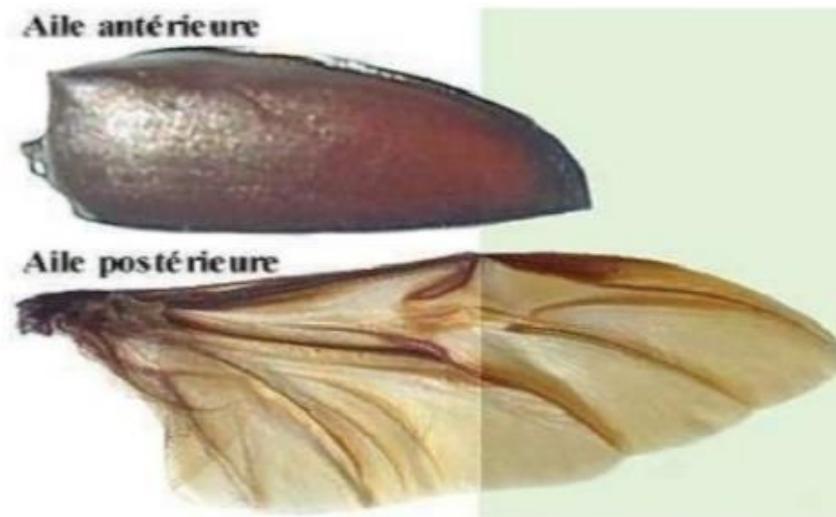


Figure 16 : Elytres et Aile membraneuse d'un Coléoptère (©C.Thiriet/biosphoto).

### I.1.1.5 Diptères

Après les Coléoptères, les Diptères représentent l'ordre d'insectes le plus important. Notre intérêt porte essentiellement sur les Diptères de la famille des Simuliidae.

- **Œufs**

Présentent une forme sub-triangulaire légèrement asymétrique, avec une coquille lisse et blanche à la ponte. Après le développement embryonnaire, ils prennent une couleur foncée. Leur taille varie entre 0,2

et 0,3 mm. La période de maturation entre la ponte et l'éclosion des larves est très rapide, ne dépassant pas 48 heures (Rodhain et Perez, 1985).

- **Larve**

**La tête**, bien développée, porte des pièces buccales typiquement broyeuses et complètes (labre, prémandibules ou éventails céphaliques, mandibules, maxilles, complexe labio- hypopharyngien et hypostomium) (Chaoui Boudghene-Bendiouis, 2016).



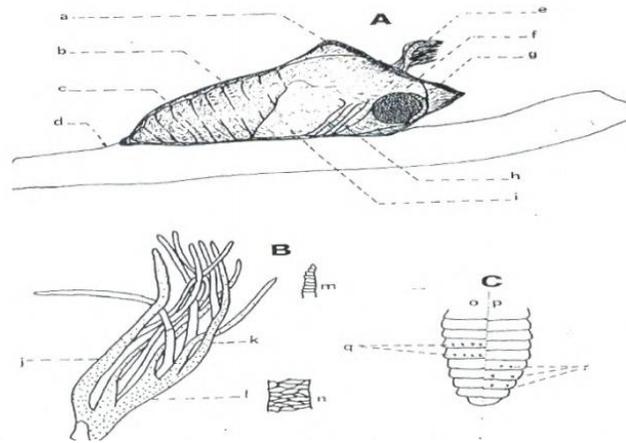
**Figure 17** : Larves de *Simulium ruficornis* <http://insectarium-reunion.fr/simuliidae.html>.

**Le thorax** porte un unique pseudopode antérieur au niveau du prothorax. La larve mûre porte de chaque côté du thorax une structure sombre sous le tégument. Celle-ci, appelée histoblaste respiratoire, est formée par les filaments respiratoires enroulés de la future (Chaoui Boudghene-Bendiouis, 2016).

**L'abdomen** est de forme allongée, le tiers postérieur est renflé et se termine par un organe d'ancrage formé par des couronnes concentriques de minuscules crochets. Dorsalement sur l'extrémité terminale, l'abdomen porte des branchies rectales de formes variées et spécifique. Un sciérite anal de forme variable suivant le groupe est également situé dans cette zone. Ventralement toujours sur l'extrémité terminale, la larve porte ou non une papille ventrale (Demanou, 2004).

- **Nymphe**

Présente un corps allongé et cylindrique, segmenté en trois parties distinctes : la tête, le thorax et l'abdomen.



A : une nymphe sur son support : a : cocon ; b : crochets abdominaux ; C : crochets ventraux ; d : support ; e : branchie ; F : yeux ; g : antenne ; h : ébauche des pattes ; I : ébauche alaire.

B : branchie nymphale : j : filaments de la base ; k : filaments de l'apex ; I : hampe commune ; m : détail de l'apex d'un Filament ; n : réticulation de la base d'un filament.

C : abdomen : o : vue dorsale ; p : vue ventrale ; q : organe d'ancrage dorsal ; r : organe d'ancrage ventral.

**Figure 18 : Nymphe vue selon son profil droit (Clergue-Gazeau, 1991).**

**La tête**, de petite taille, est rétractée dans le prothorax, la partie antérieure du thorax (Debenay, 1977 ; Davies, 1978).

**Le thorax**, bien développé, porte trois paires de pattes courtes et robustes (Debenay, 1977 ; Davies, 1978).

**L'abdomen**, quant à lui, est constitué de neuf segments visibles. Certains de ces segments présentent, sur leur face ventrale, dorsale ou les deux, des organes d'ancrage (Décamps et al., 1975). Ces structures, formées de crochets, permettent à la nymphe de se fixer à son cocon. Le nombre, la forme et la répartition de ces crochets sur les segments abdominaux constituent des critères taxonomiques importants pour l'identification des espèces (Décamps et al., 1975).

- **Adulte**

**Tête:** Le dimorphisme sexuel est marqué au niveau des yeux : holoptiques chez les mâles et dichoptiques chez les femelles. Les antennes, quant à elles, sont similaires chez les deux sexes.

Le nombre d'articles antennaires varie entre 9 et 11 selon les espèces, tout comme leur couleur et leur longueur (Clergue-Gazeau, 1991).



**Figure 19 : *Simulium latipes* Adulte** <https://www.esccap.fr/par-fiches/simulium-sp.html>.

**Thorax** : Bien développé, avec un mésonotum proéminent donnant à l'insecte un aspect bossu et un scutellum de petite taille. Les ailes, larges et transparentes, présentent une nervation caractéristique de la famille des Simuliidae. Les pattes sont courtes et relativement robustes, avec des fémurs élargis (Chaoui Boudghene-Bendiouis, 2016).

**Abdomen** : Composé de dix segments, dont neuf bien visibles. Le dernier segment, peu visible, porte les genitalia et les deux cerques. Ces derniers sont bien développés chez la femelle, tandis qu'ils sont réduits à de petites plaques sclérifiées et sétigères chez le mâle (Clergue-Gazeau, 1991).

### I.1.2 Biologie des espèces

#### I.1.2.1 Odonates

Les Odonates ou Libellules sont une des classes aquatiques les plus connues du règne animal. « Odonates » est un nom scientifique provenant du grec qui signifie « mâchoires dentées ». Tant la larve que l'adulte est des prédateurs carnivores, les adultes attirant l'attention par leurs couleurs et évolutions, plus rarement par la couleur des ailes, Il y a deux sous-ordres principaux, les Anisoptères ou Libellules proprement dites et les Zygoptères ou Demoiselles, sont les deux seuls connus de nos régions (Aroudj et Touati, 2018).

#### I.1.2.2 Éphéméroptères

Les imagos des éphémères ne s'alimentent pas. Leur système digestif est atrophié et leur bouche ne leur permet pas de mastiquer. Leur unique objectif est la reproduction (Edmunds, 1998).

Les nymphes, quant à elles, sont dotées d'un appétit féroce. Elles consomment une large variété d'algues, de détritus et de petits invertébrés (Hilsenhoff, 1987).

Contrairement aux larves, les éphémères adultes ne disposent pas de branchies. Leur système respiratoire est constitué de trachéoles, un réseau de minuscules tubes qui acheminent l'air à travers tout leur corps (Edmunds, 1998).

### **I.1.2.3 Trichoptères**

Les larves de Trichoptères présentent une grande diversité dans leurs régimes alimentaires, pouvant être classées comme détritivores : elles décomposent les matières organiques en décomposition, comme les feuilles mortes, à l'instar des larves de Trichoptères caddisfly (Elouard et al., 2007). Herbivores : Elles consomment des plantes aquatiques et des algues, comme certaines espèces d'Hydropsyche (Wiggins, 1996). Prédatrices : elles chassent de petits organismes comme les larves et les vers, comme le font les larves de Rhyacophila (Malicky, 2004). Filtreuses : Elles extraient les particules en suspension de l'eau à l'aide de soies spécialisées, comme certaines espèces de Sericostoma (Botosaneanu, 1980).

La plupart des larves de Trichoptères respirent grâce à des branchies trachéennes. Cependant, certaines espèces ont développé des adaptations uniques pour respirer l'air atmosphérique, telles que :

Siphons respiratoires : Des tubes qui s'étendent du corps de la larve à la surface de l'eau, comme chez *Limnephilus* (Hilsenhoff, 1987). Plastron : Une enveloppe d'air qui entoure le corps de la larve, comme chez certaines espèces d'*Agapetus* (Neboiss, 1977). Hémoglobine : Une protéine qui fixe l'oxygène dans leur corps, comme chez certaines espèces de Chironomidae (Wiederholm, 1983).

### **I.1.2.4 Coléoptères**

En raison de leur nombre considérable, estimé à 300 000 espèces, les Coléoptères semblent avoir conquis pratiquement tous les habitats aquatiques possibles. Leurs régimes alimentaires varient énormément, allant des carnivores exclusifs aux phytophages, en passant par les xylophages, les détritivores et les omnivores. Les Coléoptères vivant dans l'eau, dotés d'un système respiratoire trachéen, présentent des adaptations morphologiques et anatomiques distinctives. Pour les espèces holopneustiques (avec des stigmates thoraciques et abdominaux fonctionnels) ou hemipneustiques (avec seulement quelques stigmates fonctionnels), les échanges respiratoires se font soit à la surface de l'eau soit en contact avec les plantes immergées, généralement avec des capacités de réserve telles que des chambres sous-élytrales, des plastrons respiratoires ou des atriums abdominaux (Tachet et al., 2006).

Leur habitat est pratiquement universel, à l'exception des environnements polaires et océaniques. La diversité biologique de ces espèces se manifeste par des exigences écologiques parfois très spécifiques, les rendant ainsi excellents en tant que bio-indicateurs, comme c'est le cas pour les espèces saproxyliques ou les Scarabéidés coprophages (Roth, 1980).

### **I.1.2.5 Diptères**

Les Diptères, également connus sous le nom de mouches, se classent au deuxième rang des ordres d'insectes les plus importants, après les Coléoptères. La plupart des Diptères sont terrestres, bien que certaines familles soient adaptées à la vie aquatique pendant les stades larvaires et nymphaux (Moisan, 2006). Les larves de Diptères se distinguent par l'absence de pattes articulées, souvent compensées par des fausses pattes thoraciques et/ou abdominales (Moisan, 2006).

La reproduction se produit toujours de manière sexuée chez la plupart mais il existe des cas de parthénogenèse. Les adultes ont une forte capacité de vol, favorisant ainsi leur dispersion. Le nombre d'œufs pondus varie considérablement, allant de quelques centaines à des milliers. Le cycle de vie peut également varier considérablement, allant de quelques semaines. En général, il y a quatre stades larvaires, mais chez les Simuliidae, il peut y en avoir sept (Satha, 2014).

### **I.1.3 L'écologie**

#### **I.1.3.1 Odonates**

Les libellules, grâce à leur mobilité, ont la capacité d'envahir ou de réintégrer des environnements favorables, étant donné qu'elles sont soumises à ces environnements et qu'elles sont donc sensibles aux perturbations qui les affectent. D'autre part, les odonates peuvent coloniser tous les habitats aquatiques, à l'exception des milieux marins (Dommanget, 2011).

Plusieurs prédateurs ont les odonates sur leur menu, et les plus communs parmi eux sont ceux de leur propre ordre. Les libellules se nourrissent de leurs congénères ! Les fourmis tirent profit de la vulnérabilité des odonates juste après leur émergence. Les araignées, les oiseaux, les batraciens et les poissons sont également d'importants prédateurs (Aguilar et al., 1998).

Les Odonates, comme les libellules et les demoiselles, ont un impact important sur l'environnement des jardins. Ces insectes jouent un rôle crucial dans la régulation de la population d'insectes, y compris les moustiques, et servent de nourriture à des animaux plus gros tels que les grenouilles et les oiseaux, contribuant ainsi à la chaîne alimentaire de l'écosystème (Aguilar et al., 1998).

#### **I.1.3.2 Éphéméroptères**

Les larves d'Ephéméroptères, particulièrement nombreuses dans les eaux douces, surtout celles en mouvement, abondent dans les principaux habitats des torrents, ruisseaux et rivières (Thomas et Gadea, 1983).

L'émergence des éphémères se produit généralement le soir, dans l'eau, sous une forme post-larvaire appelée sub-imago, qui ressemble à un adulte mais est recouverte d'une peau opaque. Ce processus se

déroule généralement par temps couvert et avec peu de vent. Après une dernière mue, qui peut se produire dans les 24 à 48 heures suivantes ou même quelques minutes seulement, les éphémères adultes apparaissent. Les mâles se distinguent par leur vol nuptial groupé et leur danse caractéristique. En ce qui concerne leur alimentation, ils peuvent être des broyeurs détritatives, des racleurs de substrat, des filtreurs ou des prédateurs. Les éphémères sont étroitement liés à la vie aquatique et sont très sensibles à la pollution et aux modifications anthropiques de leur habitat. C'est pourquoi ils sont souvent utilisés comme indicateurs de la qualité de l'eau dans le cadre du bio-monitoring (Moisan, 2010).

### **I.1.3.3 Trichoptères**

Les trichoptères occupent une position privilégiée dans les écosystèmes, à la fois en termes du nombre d'espèces connues et de la diversité des milieux qu'ils colonisent. Ils sont présents à différentes strates de la chaîne alimentaire et occupent ainsi de multiples niches écologiques, jouant un rôle fondamental dans la dynamique des écosystèmes (Meziane, 2009).

La plupart des larves de Trichoptères sont aquatiques et se cachent dans des fourreaux ornementés, tandis que le genre *Enoicyla*, appartenant à la famille des *Limnephidae*, est adapté à la vie terrestre. Ces insectes, ressemblant à des papillons de nuit, sont aisément attirés par la lumière et restent immobiles et cachés dans la végétation pendant la journée. De manière générale, les Trichoptères sont sensibles à la pollution (Grac, 1990).

Selon (Moisan et al., 2006), bien que les Trichoptères soient généralement sensibles à la pollution, la famille des *Hydropsychidae* présente cependant une certaine tolérance (Dekkak-Bemoussat, 2017).

### **I.1.3.4 Coléoptères**

Les Coléoptères peuplent tous les habitats d'eau douce, et leurs larves peuvent se retrouver plusieurs centimètres sous les sédiments, dans les milieux interstitiels. Les larves sont mobiles, tandis que les adultes de nombreux genres sont également capables de marcher. Certains genres, cependant, sont nageurs dans l'eau libre (comme les *Dytiscidae* et *Hydrophilidae*) ou à la surface de l'eau (comme les *Girinidae*). La dispersion est assurée par le vol des adultes, qui peuvent quitter temporairement le milieu aquatique (Satha, 2014).

Dotés d'un système respiratoire trachéen, les Coléoptères présentent des adaptations morphologiques et anatomiques caractéristiques, notamment pour la respiration chez les espèces holopneustiques ou hemipneustiques, qui peuvent respirer à la surface de l'eau ou au contact des plantes immergées, souvent avec des capacités de réserve telles que des chambres sous-élytrales, des plastrons respiratoires ou des atriums abdominaux (Tachet et al., 2006).

### **I.1.3.5 Diptères**

Les larves aquatiques des Diptères sont présentes dans toutes les régions du globe (Tachet et al., 2010).

Il est souligné dans l'article de Coulibaly et Mariko (2019) que les diptères, se nourrissant des déchets organiques présents dans la mare, notamment des feuilles mortes et des animaux morts, jouent un rôle essentiel dans le recyclage de cette matière organique, ce qui confère à ces insectes une importance majeure au sein de l'écosystème de la mare.

Dans un environnement aérien, ce sont les Chironomidae qui sont principalement mangés, en particulier par les oiseaux et les chauves-souris (Tachet et al., 2010).

## ***Chapitre II***

### ***Matériel et Méthodes***

### II.1 Présentation du milieu d'étude

#### II.1.1 Bassin versant de la Tafna

Le bassin hydrographique de la Tafna se trouve au nord-ouest de l'Algérie et s'étend jusqu'au Maroc. Sa superficie est de 7 245 km<sup>2</sup> (Benabdelkader, 2019) et il est délimité par :

Au nord : les monts des Traras, Au sud : les monts de Tlemcen, À l'ouest : les monts de Béni-Snassen au Maroc (monts B.S.), À l'est : les monts de Sebaa-Chioukh (monts S.C.).

Les coordonnées géographiques du bassin versant sont :

Latitude : 34° 11' N et 35° 19' N, Longitude : 0° 50' W et 2° 20' W (Figure 22).

Le bassin versant de l'Oued Tafna, Le principal cours d'eau de la région, l'Oued Tafna, naît sur le flanc sud des monts de Tlemcen, près de Ghar Boumaaza (G. B. Source), à une altitude d'environ 1 100 mètres. Il parcourt ensuite 170 km du sud vers le nord avant de se jeter dans la mer Méditerranée (Figure 20) (Benabdelkader, 2019).

Sur son parcours supérieur, l'oued s'écoule dans une vallée encaissée et franchit les monts de Tlemcen en empruntant des canyons spectaculaires, après avoir quitté les montagnes, l'oued traverse les plaines de Maghnia et de Remchi. Il termine son parcours en se jetant dans la Méditerranée, à proximité de la commune de Rachgoun (Benabdelkader, 2019). Le bassin versant de la Tafna s'articule autour de trois zones hydrologiques distinctes.

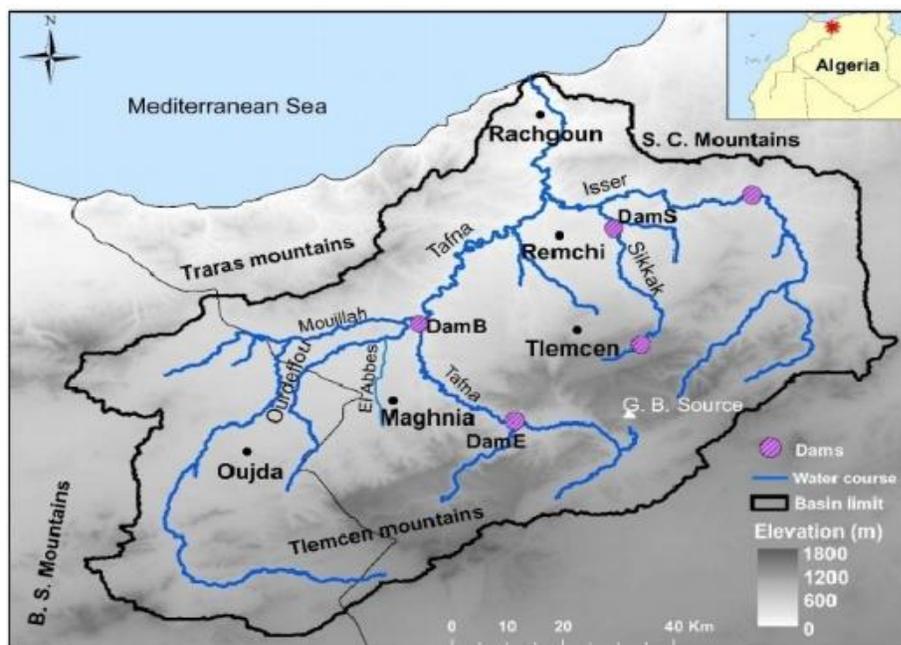


Figure 20 : Carte de localisation et de morphologie du bassin versant de la Tafna. (Carte réalisée à partir du Modèle numérique de terrain de base) (<http://www.viewfinderpanoramas.org/>).

### **II.1.1.1 La haute Tafna**

L'oued prend sa source dans un réseau de ramifications en éventail, creusant un entonnoir dans les terrains jurassiques. Ces ramifications descendent des crêtes et se rejoignent près de Sebdou, à environ 900m d'altitude. À partir de là, la Tafna suit un cours bien défini dans une vallée encaissée, toujours dans les terrains jurassiques. Elle reçoit les eaux des oueds Khémis et Sebdou avant d'atteindre Bordj Sidi Medjahed (Benhadji, 2020).

À Ouled Medjahed, l'oued pénètre dans le bassin tertiaire de la Tafna, ce qui change son régime de manière significative. Le cours d'eau quitte les montagnes calcaires pour une vallée argileuse et argilo-gréseuse. En chemin, il reçoit les apports de plusieurs petits affluents. Son flot est finalement retenu par le barrage de Béni Bahdel (Benhadji, 2020).

- **Oued khémis**

L'Oued Khémis se distingue comme le principal affluent rive gauche de la Tafna. Drainant un bassin de 350 km<sup>2</sup>, l'oued prend naissance sur le versant nord-ouest des Monts de Tlemcen, à une altitude de 1050 mètres. S'étirant sur 36 km dans une direction sud-est/nord-ouest, son cours est alimenté par de nombreuses sources (Belarbi, 2010). Sa confluence avec la Tafna se situe au niveau du barrage de Beni Bahdel. L'oued joue un rôle crucial dans l'irrigation des terres de la région de Béni Snous, située au sud-ouest de Tlemcen. Cette région s'étend sur une superficie de 55 543 hectares et comprend administrativement trois communes : Béni Snous (37 495 ha), Azail (12 032 ha) et Beni Bahdel (6 016 ha). Cette dernière se trouve à 35 km à l'ouest de Tlemcen et s'étend sur 40 km jusqu'à la frontière marocaine. En termes de caractéristiques physiques, la région de Béni Snous s'intègre aux Monts de Tlemcen. Son relief accidenté, avec 80% de son territoire montagneux, se caractérise par des sols pauvres et une érosion prononcée. Les 20% restants se composent de vallées, dont la plus importante est celle d'El Khemis. Le bassin versant de l'Oued Khemis, d'une superficie de 350 km<sup>2</sup> et d'une longueur de 93 km, présente des pentes assez abruptes, généralement supérieures à 25% aux abords de l'oued. À l'est et à l'ouest du bassin, les pentes varient entre fortes et moyennes (de 3% à 25%). La couverture végétale, quant à elle, se distingue par sa densité et sa diversité (Bemoussat-Dekak, 2022).

### **II.1.1.2 La moyenne Tafna**

De Sidi Medjahed à Remchi, l'oued Tafna s'est creusé un lit dans une vallée peu profonde aux flancs à pente douce, composée de terrains argileux. Ses alluvions anciennes et récentes forment une étroite plaine où le cours d'eau serpente en méandres tortueux. Après avoir quitté le massif

jurassique, la Tafna suit d'abord une direction sud-nord jusqu'au bordj de Bled Chaaba, puis se dirige vers le nord-est. En aval du plateau de Remchi, la plaine alluviale s'élargit grâce à la confluence de plusieurs rivières, dont l'oued Isser, le plus important affluent de la Tafna. Ce dernier draine la partie la plus arrosée du bassin et se jette dans la Tafna par la rive droite. La Tafna reprend ensuite son cours vers le nord, se limitant aux gorges de Tahouaret dans la région de la moyenne vallée. Cette partie du bassin tertiaire est sillonnée par de nombreux affluents, dont l'oued Mouilleh, qui prend naissance au Maroc. Entre Bled Chaaba et les gorges de Lahouaret, la Tafna reçoit plusieurs affluents en provenance des Traras (Benhadji, 2020).

- **Oued Chouly**

Il s'étend sur une superficie de 170 km<sup>2</sup> et à une longueur de 21,7 km, son indice de pente est de 0,19 et sa largeur totale est de 13,31 km (Bouayad Alam, 2006). Le bassin versant d'Oued Chouly possède un réseau hydrographique dense, alimenté par de nombreuses sources et précipitations (Bemoussat-Dekak, 2022). Les sources Ain Tôt Hammam et Ain Ouissert contribuent à son alimentation permanente (Bouayad Alam, 2006).

Cependant, les pompages agricoles affectent négativement l'écoulement de l'oued. Les formations géologiques dominantes dans la commune d'Oued Lakhdar sont les dolomies calcaires, deux formations marno-calcaires se situent symétriquement par rapport à l'oued dans la partie nord de la commune, Des alluvions sont présentes dans l'extrême nord de la commune (Bemoussat-Dekak, 2022).

La commune d'Oued Chouly s'étend sur une superficie de 13 646 ha, l'exploitation agricole est limitée à 1 961 ha, concentrés le long de la vallée (P.D.A.U ANAT, 2002).

Le couvert forestier occupe une superficie de 4 779 ha, soit un taux de boisement de 35%, il est constituée de formations végétales arborées et arbustives, ainsi que de formations dégradées (Bemoussat-Dekak, 2022). L'action anthropique est le principal facteur de dégradation de la forêt (Bouabdellah, 1992). Les incendies fréquents, les défrichements, le pâturage excessif, la coupe de bois et l'insuffisance d'infrastructures forestières contribuent à la dégradation (Bouabdellah, 1992).

### **II.1.1.3 La basse Tafna**

De Tahouaret à la mer, un tracé sinueux : le cours inférieur de la Tafna s'étend sur une vingtaine de kilomètres, dessinant un arc de cercle entre les gorges de Tahouaret et la Méditerranée. Son lit sinueux se développe en larges boucles dans une plaine étroite aux berges verticales, sculptant un paysage unique.

La Tafna traverse une région aux origines volcaniques, comme en témoignent les colonnes basaltiques visibles sur les rives de la basse plaine. Ce paysage singulier confère à ce lieu une atmosphère particulière. Le principal affluent de la Tafna dans son cours inférieur est l'Isser, qui la rejoint en traversant la plaine de Remchi. D'autres affluents, de moindre importance, alimentent également le fleuve, tels que l'oued Lemba, l'oued Fed El Atouch et l'oued Ben-Djelloul (Benhadji, 2020). La Tafna termine son parcours par un estuaire unique à proximité de la plage de Rachgoun. Ce point de rencontre entre l'eau douce et l'eau salée offre un habitat riche et diversifié à une multitude d'espèces animales et végétales. Le cours inférieur de la Tafna se caractérise par sa sinuosité, son environnement volcanique, son affluent principal l'Isser et son estuaire unique à Rachgoun. Ce lieu offre une variété de paysages et d'habitats naturels qui en font un site d'une grande richesse écologique (Benhadji, 2020).

### II.1.2 Étude climatique

Le milieu est fortement influencé par le climat, un facteur crucial. D'après Touati (2008), la faune et la flore subissent directement son impact. La région est soumise à un climat méditerranéen, caractérisé par des étés arides et chauds et des hivers humides et frais. Les variations de températures peuvent être brutales, et les précipitations, irrégulières et violentes, se concentrent sur de courtes périodes. Les cours d'eau méditerranéens se distinguent par un régime hydrologique irrégulier, marqué par des crues brutales. Le débit annuel est maximal en hiver et en automne, et atteint un niveau très bas en été (Arab, 2004).

La présente étude s'appuie sur l'analyse de la sécheresse via l'ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1953) et la caractérisation de la zone climatique à l'aide du climagramme pluviométrique d'EMBERGER (1963). Cette approche permet de délimiter la saison sèche et d'identifier l'étage bioclimatique de la zone étudiée. L'analyse s'appuie sur les données climatiques de la station météorologique de Zennata. Cette station, située à proximité de la zone d'étude, s'avère être la plus représentative du contexte local (Tableau 1). Les données exploitées incluent les relevés de températures et de précipitations.

**Tableau 1 : Coordonnées géographiques de la station**

	Longitude Ouest	Latitude Nord	Altitude (m)
Station de Zennata	1°47'W	35°02'N	247
Oued choully	1°08' / 1°24'	34°47' / 35°08'	552 / 1022
Oued khémis	1°85	34°38'	893

### II.1.2.1 Précipitations

La quantité de précipitations, ou pluviométrie, joue un rôle crucial dans le fonctionnement des écosystèmes à travers le monde. En Algérie, deux sources principales contribuent aux précipitations :

Pluies saisonnières : Elles proviennent des vents d'ouest et du nord qui bordent le littoral maghrébin durant la saison froide. Cette observation a été soulignée par (Seltzer, 1946).

Précipitations orageuses : Elles sont dues aux perturbations atmosphériques créées par les dépressions sahariennes, particulièrement en fin de printemps (Dubief, 1959).

Dans le tableau 2, nous avons rapporté les valeurs des précipitations mensuelles de la période 2019-2023.

**Tableau 2 : Moyenne mensuelle des précipitations en (mm) Durant la période 2019-2023 de la station de Zennata.**

Année	J	F	M	A	M	J	Jt	At	Se	O	N	D	Total
2019	63,23	10,92	<b>6,35</b>	34,55	26,93	0,25	8,12	1,02	8,39	55,87	59,69	24,63	299,95
2020	17,53	<b>0</b>	<b>8,88</b>	108,72	28,19	0	0,25	2,03	0	<b>2,54</b>	<b>1,02</b>	34,81	203,97
2021	34,55	<b>2,03</b>	32,6 2	32,51	10,42	7,11	0	0,25	2,29	<b>0,25</b>	27,69	34,8	184,52
2022	15,75	<b>3,05</b>	79	31	37,33	8,13	1,02	0	6,86	10,16	14,73	30,74	237,77
2023	53,08	37,33	<b>0,5</b>	<b>0</b>	7,63	11,43	0	0	22,87	15,75	<b>1,52</b>	<b>2,02</b>	152,13
Moy	36,83	<b>10,66</b>	25,47	<b>41,35</b>	22,1	5,384	1,88	<b>0,66</b>	8,08	16,91	20,93	25,4	215,67

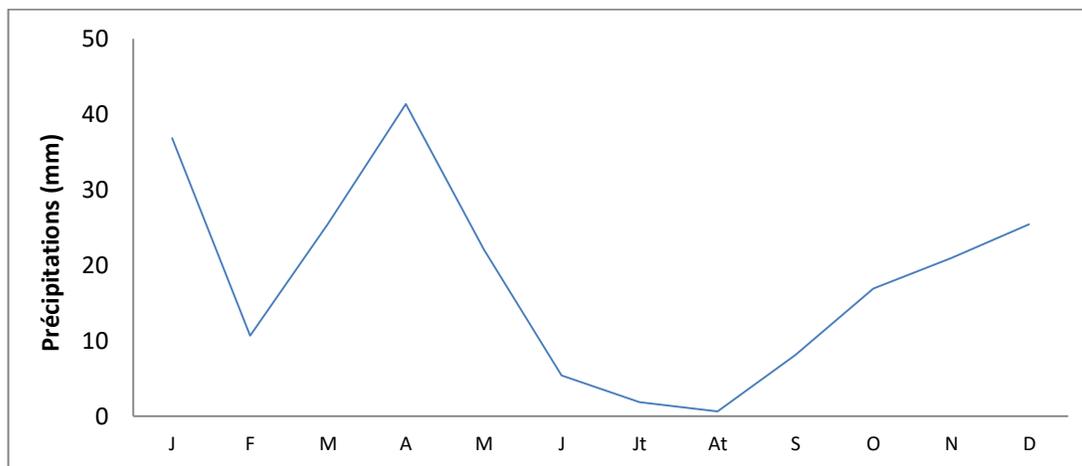
Les précipitations enregistrées dans la région de Zennata durant la période allant de 2018 à 2023 montrent que les mois les plus humides sont avril (41,35mm) et janvier (36,82mm) alors que les mois les plus arides sont le mois d'août (0,66 mm) et juillet (1,87 mm). Les mois décembre et mars reste intermédiaire avec des valeurs qui se rapproche de 25 mm.

Des pénuries d'eau importantes sont constatées dans certains mois, même en période de précipitations abondantes, cas du mois de Mars de l'année 2019 et février-mars et octobre-novembre 2020, février et octobre 2021, février 2022, mars-avril et novembre-décembre 2023 (Tab. 2). Ces déficits sont caractéristiques au climat méditerranéen.

Les précipitations sont irrégulières d'une année à une autre avec un minimale en 2023 suivi de l'année 2021 (<200mm) et un maximale en 2019 (299,95mm).

D'après la figure 21, on remarque que la période pluvieuse s'étale de novembre à janvier et mars à mai, avec un maximum qui est situé en avril. Il est de 41 mm.

La seconde est sèche et coïncide avec la saison la plus chaude, elle s'étale de juin à octobre. Le mois pluvieux est août, avec seulement 0,66 mm.



**Figure 21 : Variation des moyennes mensuelles des précipitations.**

### II.1.2.2 Températures

Parmi les éléments du climat, la température occupe une place prépondérante en raison de son influence déterminante sur l'ensemble des processus métaboliques (Dajoz, 2006). Cette dernière est déterminée par divers facteurs tels que la nébulosité, la latitude, l'exposition au soleil, la présence de vastes étendues d'eau, les courants marins, la nature du sol et le type de couverture végétale (Faurier et al., 2006).

Le tableau 3 représente les valeurs des températures mensuelles de la station de Zennata de la période allant de janvier 2019 à décembre 2023.

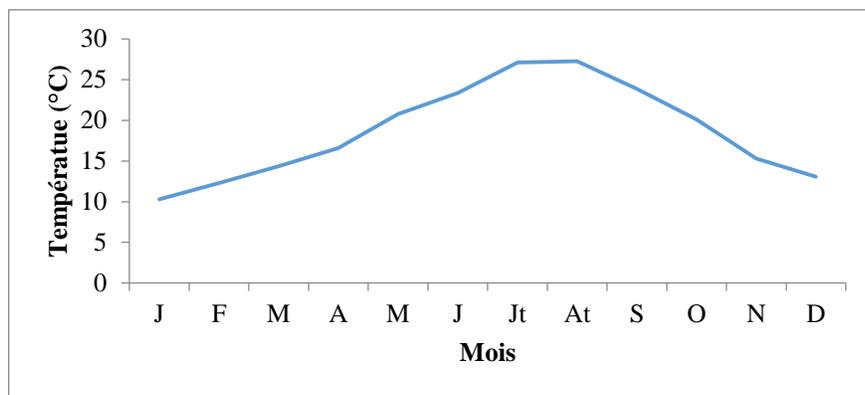
Les valeurs des températures moyennes mensuelles de la station Zennata montrent que la température est plutôt élevée pour les mois de mai à septembre pendant les années 2019 à 2021. En 2022, la température est restée élevée pour les mois de mai à octobre, tandis qu'en 2023, elle était élevée de juin à octobre, mais relativement basse pour les autres mois (Tab. 3).

D'après les définitions de l'UNESCO établies en 1963, un mois de chaud est caractérisé par une moyenne des températures mensuelle dépassant les 20°C, ce qui garantit l'absence de gel. La saison chaude correspond à la succession des mois de chaleur. À l'inverse, un mois de froid se distingue par une température moyenne mensuelle oscillant autour de 20°C ou en dessous. La saison froide regroupe les mois de froid qui se suivent.

**Tableau 3 : Moyennes mensuelles des températures enregistrées en (°C) pendant la période 2019 à 2023 de la station de Zennata.**

		J	F	M	A	M	J	Jt	At	S	O	N	D
<b>2019</b>	<b>T</b>	9,9	10,6	13,4	15,5	20,1	22	25,9	26,7	23,6	19,4	14,5	12,8
	<b>TM</b>	17,1	18,5	21,1	22,4	27,1	27,9	32,6	33,3	30,2	26,9	19,6	18,7
	<b>Tm</b>	3,9	4	6,3	8,7	12,3	15,8	20	20,7	18,1	12,8	10,3	8,1
<b>2020</b>	<b>T</b>	9,2	12,6	15,4	17,5	22,8	23,4	27	27,5	24	18,2	15,9	12,6
	<b>TM</b>	16,4	20,5	21,6	20,7	27,1	29,8	34,1	34,9	31,4	25,4	22,9	17,5
	<b>Tm</b>	3,4	6,1	8,8	12,1	13,9	16,1	20,5	20,7	17,2	11,6	9,9	7,9
<b>2021</b>	<b>T</b>	11,6	13,8	13,9	16,4	20,1	22,5	26,9	26,6	24,3	19,1	13,5	12,2
	<b>TM</b>	17,2	20,9	20,8	22,3	26,9	28,6	33,7	33,7	30,7	26,8	19,6	19
	<b>Tm</b>	6,7	7,8	8	11,1	14	17	20,2	20,9	18,8	12,2	8	6,9
<b>2022</b>	<b>T</b>	10	12,4	13,8	14,9	21	24,6	26,9	27,7	24,3	22,7	17	15
	<b>TM</b>	17	19,9	19	21	28,7	31,5	34,2	35,3	31	30,9	23,9	21,8
	<b>Tm</b>	4,2	6,7	9,5	9,3	13,9	17,7	20,2	21,5	19,1	15,9	11,5	9,6
<b>2023</b>	<b>T</b>	10,7	12,1	15,3	18,7	19,9	24,2	28,8	27,7	23	21,1	15,6	12,8
	<b>TM</b>	16,6	17,7	23	26,9	26,3	30,6	36,1	35,7	29	28,1	23,1	20
	<b>Tm</b>	5,8	6,8	8,1	10,4	13,6	17,8	21,9	20,2	18	15,6	9,3	7
<b>Moy</b>	<b>T</b>	10,28	12,3	14,36	16,6	20,78	23,34	27,1	27,24	23,84	20,1	15,3	13,08
	<b>TM</b>	16,86	19,5	21,1	22,66	27,22	29,68	34,14	34,58	30,46	27,62	21,82	19,4
	<b>Tm</b>	4,8	6,28	8,14	10,32	13,54	16,88	20,56	20,8	18,24	13,62	9,8	7,9

La période froide englobe six mois de novembre à avril alors que la période chaude est aussi avec 6 mois de mai à octobre (Fig. 22).



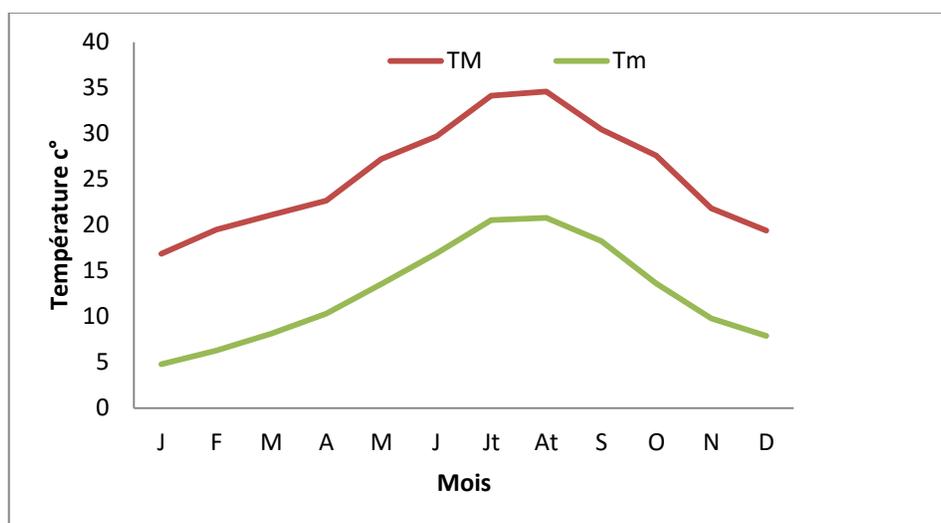
**Figure 22 : Variations des moyennes mensuelles des températures.**

Le mois le plus froid correspond au mois de janvier, avec une température moyenne de  $10,28^{\circ}\text{C}$  et pour un « m » réduit à  $4,8^{\circ}\text{C}$  et un « M » n'excédant pas  $16,86^{\circ}\text{C}$  (Fig. 23).

Le mois d'août est le mois le plus chaud avec une température moyenne de l'ordre  $27,24^{\circ}\text{C}$  et pour un « m » de  $20,8^{\circ}\text{C}$  et un « M » allant jusqu'à  $34,58^{\circ}\text{C}$ .

L'étude des moyennes des températures minimales revêt une importance en écologie, car elles permettent d'établir un classement relatif des espèces climatiques en fonction de leur tolérance aux basses températures (Djebaili, 1984).

L'amplitude thermique, définie comme la différence entre les moyennes des maximums et des minimums extrêmes, constitue une donnée écologique importante. En effet, elle représente la limite thermique maximale à laquelle les végétaux doivent s'adapter chaque année en moyenne (Djebaili, 1984).



**Figure 23 : Climagramme de la variation des températures moyennes maximales (M) et minimales (m) de la région de Zennata durant la période de 2019 à 2023.**

### I.1.2.3 Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953)

Afin d'évaluer la durée de la saison sèche à la station Zennata, les valeurs moyennes des précipitations et des températures ont été représentées sur un graphe à double axe, où l'échelle des précipitations est le double de celle des températures ( $P=2T$ ). Les mois de l'année sont disposés en abscisse.

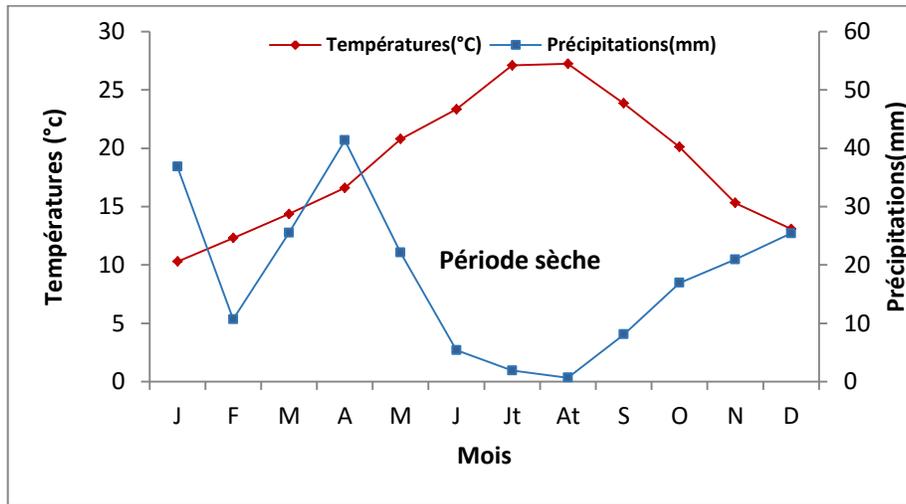


Figure 24 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen de la station de Zennata durant la période 2019-2023.

L'intersection des deux courbes divergentes de variation des températures et des précipitations fait ressortir la période sèche qui s'étend sur neuf mois allant de mai jusqu'à décembre et février (Fig. 24).

### II.1.2.4 Climagramme d'Emberger

D'après Emberger (1955), la région méditerranéenne se compose de cinq étages bioclimatiques distincts. Afin d'identifier l'étage bioclimatique de la zone d'étude de Zennata, il est nécessaire de calculer le quotient pluviométrique d'Emberger, noté  $Q_2$  à partir de la formule :

$$Q_2 = \frac{2000P}{M^2 - m^2}$$

P : précipitations moyennes annuelles (mm)

M : la température maximale du mois le plus chaud en °K

m : la température minimale du mois le plus froid en °K

Tableau 4 : Caractéristiques méso-climatiques pour la station de Zennata.

Station	P (mm)	M°C	M°K	m°C	m°K	Q2
Zennata	215,67	34,58	307,73	4,8	277,95	24,73

Tenant compte de la valeur de Q2 et du m, notre aire d'étude se situe dans l'étage bioclimatique **aride** à hiver tempéré (Doux) sur le climagramme d'Emberger (fig. 27).

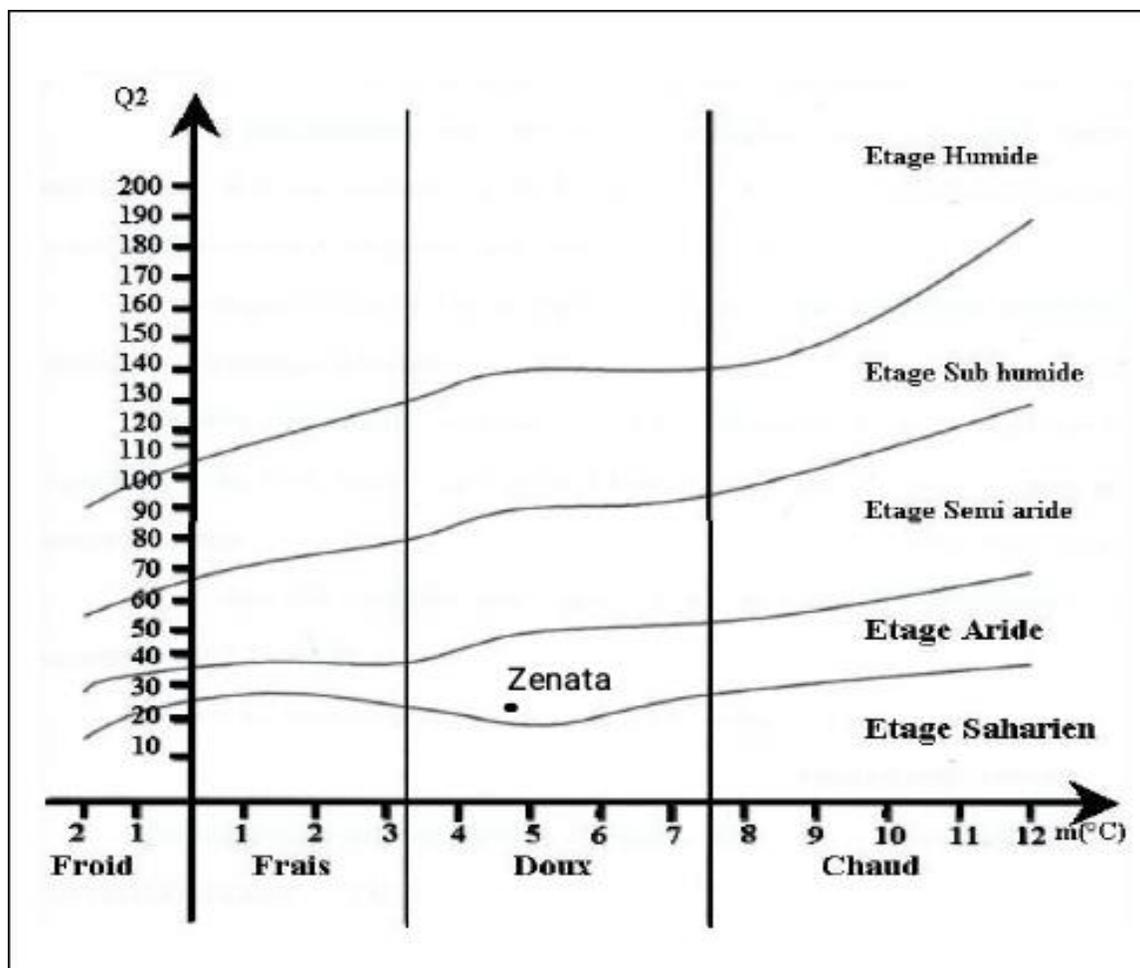


Figure 25 : Climagramme d'Emberger de la région de Zennata

### II.1.3. Sites d'étude

Deux affluents de la Tafna sont retenus dans la présente étude : oued Chouly et oued Khémis. Ce choix se justifie par la présence d'une faune de macroinvertébrés remarquables prouvée par les travaux antérieurs établis par notre équipe de recherche mais également par la pérennité du cours d'eau au cours de ces deux dernières années malgré la sécheresse pesante que connaît la région.

Les prélèvements ont été réalisés en amont de l'oued Chouly sous le pont à l'entrée du village Ouled Belhadj. Ceux de l'oude Khémis sont en nombre de deux situés également en amont.

### II. 2 Méthodologie

#### II. 2.1 Matériel utilisé

Sur le terrain, le matériel utilisé correspond à :

- filet de surber : pour le faciès lotique,
- filet troubleau : pour le faciès lentique,
- des tubes et/ou des bocaux,
- une paire de bottes,
- Alcool Ethanol à 70°,
- pinces entomologiques,
- bloc note et crayon.

Au laboratoire, nous avons utilisé :

- des boite de pétri,
- des pinces,
- une loupe binoculaire marque Zeiss à différents grossissement,
- des tubes à hémolyse avec couvercle
- Alcool Ethanol pour la conservation,
- Les clés de détermination
- Un carnet de notes

#### II.2.2 Méthodes

##### II.2.2.1 Méthodes de collecte directe sur terrain

La collecte des spécimens a eu lieu lors de deux campagnes distinctes entre avril et mai 2024. Cette période a été choisie car elle correspond généralement à une phase optimale de développement pour la faune benthique. Les dates des prélèvements sont récapitulées dans le tableau suivant 5.

**Tableau 5 : dates des sorties**

Régions	Stations	Date
Beni snous	Khémis	29/04/2024
Oued lakhdar	Chouly	08/05/2024

- **Technique de prélèvement de la faune**

Nous plaçons le filet surber en face du courant sur la profondeur de 20 cm et nous attendons une courte période d'environ cinq minutes. Les pierres sont lavées afin de prélever les espèces qui y sont attachées. Dans les zones d'eau calme où s'accumulent les sédiments fins, des échantillons ont été prélevés à l'aide d'un filet troubleau (filet à manche) de 30 cm de diamètre.

Nous mettons l'échantillon dans un tube sur laquelle est prescrit le type de microhabitat. Nous ajoutons à l'échantillon une quantité d'alcool Ethanol à 70° pour fixer la forme et la couleur des espèces et limiter la compétition et la prédation puis nous l'acheminons vers le laboratoire pour l'identification.

### II. 2.2.2 Méthodes au laboratoire

**Tri de la faune :** La première étape consiste à extraire la faune associée aux débris végétaux et aux petits cailloux. Cette étape minutieuse s'effectue à l'aide de pinces entomologiques et de boîtes de Pétri, sous l'observation attentive d'une loupe binoculaire.

**Détermination :** L'observation méticuleuse de l'espèce au microscope binoculaire, couplée à l'utilisation rigoureuse de la clé de détermination, nous permet de déterminer sa classification taxonomique au niveau de la classe, de l'ordre, la famille et de l'espèce.

### II.2.2.3. Collecte des données antérieures

Pour réussir à atteindre nos objectifs, les données ont été complétées par les travaux antérieurs réalisés au sein de notre équipe. Une analyse minutieuse des travaux déjà établis a été effectuée pour dégager une base de données portant de la distribution des espèces dans les microhabitats.

Pour cela, nous avons recherché la distribution des espèces selon quatre variables environnementales d'ordre physique ;

- Variable 1 : le type de courant généralement défini par la vitesse de l'eau. Ainsi, cinq types sont retenus à savoir très rapide, rapide, moyen, lent et très lent.
- Variable 2 : le type de substrat repose sur la composition granulométrique du substrat du lit mineur allant des éléments grossiers de différentes tailles à la vase. Ainsi, trois types sont pris en compte le substrat déposé composé essentiellement d'éléments hétérométriques, le substrat déposé formé principalement par les éléments fins et en dernier le substrat hétérogène qui renferme les deux à la fois.

- Variable 3 : la végétation dans l'eau constitue un refuge et un lieu de nourrissage pour de nombreuses espèces essentiellement phytophages. Elle représente un habitat souvent diversifié formé de Spermaphytes, de Bryophytes, d'algues ou des mousses.
- Variable 4 : Ombrage ou l'ensoleillement dépendant directement de la végétation riveraine. Elle s'estime par la présence des trois strates de végétation sur les deux rives. La dominance de la strate arborée sur les berges des cours d'eau est à l'origine d'un ombrage permanent alors que son absence expose les macroinvertébrés à de l'ensoleillement intense. Ces conditions microclimatiques peuvent agir sur la croissance et le développement des stades immatures

### II.3 Traitements des données

#### II.3.1. Les descripteurs écologiques

Le calcul de l'ensemble des indices indicateurs de diversité des communautés a été réalisé grâce au logiciel Past version 3 de 2021.

##### II.3.1.1. Indices de composition

###### ➤ La Richesse spécifique (S)

Désigne le nombre total d'espèces effectivement présentes sur un site donné à un moment donné (Boulinier et al., 1998). Cet indicateur est couramment utilisé comme une mesure de l'état de conservation d'un écosystème et joue un rôle crucial dans la gestion et la conservation de la biodiversité, ainsi que dans l'évaluation de l'impact des activités humaines sur l'environnement (Nicholas et al., 1998).

###### ➤ L'abondance

L'abondance désigne le nombre d'individus d'un taxon donné (i) présents par unité de surface ou de volume (Ramade, 2003). Cette valeur dynamique varie à la fois dans l'espace et le temps.

$$P_i = n_i / N$$

$P_i$  : Abondance relative de l'espèce i

$n_i$  : Nombre d'individus de l'espèce i

$N$  : Nombre total d'individus de toutes les espèces

###### ➤ Indice de Menhinick

Il a pour formule :  $D_m = S/\sqrt{N}$  Où :

N = nombre d'individus

S = richesse spécifique.

En travaillant sur des communautés d'insectes, Menhinick (1964) a proposé un nouvel indice pour remplacer ceux de Gleason et de Margalef. Il pensait fournir un indice qui serait indépendant de la taille de l'échantillon mais Whilm (1967) a démontré que cet indice était plus erroné que ceux de Gleason et Margalef. Néanmoins, Karydis et Tsirtsis (1996) ont démontré que cet indice s'avère être efficace pour évaluer l'eutrophisation.

### ➤ **Indice de Margalef**

Il a pour formule :  $Mg = (S-1) / \text{Log}N$

Il ajuste le nombre d'espèces au nombre total des individus échantillonnés. Cet indice est basé sur la relation linéaire entre le nombre d'espèces S et le logarithme du nombre d'individus N. La base des logarithmes (népérien ou en base 10) est choisie arbitrairement. Cet indice met le lien entre la taille des échantillons et ne peut donc pas être utilisé pour comparer des échantillons de tailles différentes. Par contre, il ne prend pas en compte l'abondance de l'espèce. Selon Magurran (1988) ; l'indice de Margalef (Mg) associé à la richesse spécifique (S) constituent des outils efficaces de la pondération de la richesse et la diversité des communautés. Plus l'indice Mg est élevé, plus la diversité spécifique est grande.

### **II.3.1.2. Indices de structure**

#### ➤ **L'indice de diversité de Shannon-Weaver (H')**

Parmi la panoplie d'indices disponibles, l'indice de Shannon-Weaver s'impose comme le plus plébiscité pour évaluer la richesse spécifique des écosystèmes. Son principal atout réside dans son indépendance vis-à-vis d'hypothèses préconçues concernant la répartition des espèces et des individus (Blondel, 1979 ; Legendre, 1979 ; Barbault, 1981).

Cette caractéristique fait de l'indice de Shannon-Weaver un outil de choix pour les comparaisons entre communautés. Insensible à la taille de l'échantillon, il prend en compte à la fois la richesse spécifique et l'abondance relative de chaque espèce, permettant ainsi de dresser un portrait précis de l'équilibre d'un écosystème.

La formule de l'indice de Shannon-Weaver s'exprime comme suit :

$$H' = - \sum (ni/N) * \log_2 (ni/N)$$

Ni = nombre d'individus de l'espèce i

N = nombre total d'individus

L'unité de cet indice est le « bit ». Sa valeur dépend du nombre d'espèces présentes, de leurs proportions relatives et de la base logarithmique utilisée.

Plus l'indice  $H'$  est faible (proche de 0), plus la communauté est pauvre en espèces ou dominée par un petit nombre d'espèces. À l'inverse, un indice  $H'$  élevé traduit une grande richesse spécifique et une répartition équitable des individus parmi les différentes espèces. En d'autres termes, la diversité atteint son minimum (milieu défavorable) lorsque  $H'$  tend vers zéro (0), tandis qu'elle est maximale (milieu équilibré) lorsque  $H'$  approche  $H_{max}$

### ➤ **Indice de Brillouin**

Il s'agit d'un indice d'équitabilité plus qu'un indice de diversité. Cette formule échappe totalement au biais de la formule de Shannon et elle n'est pas inférentielle. Elle prend en compte toutes les répartitions possibles des individus dans l'ensemble des lieux. Les valeurs des deux indices sont généralement proches. Sa formule d'application et d'interprétation simple est

$$P = n_1! \cdot n_2! \dots n_i! \dots n_e! / N! = \prod n_i! / N!$$

Où

$n_1! \cdot n_2! \dots n_i! \dots n_e!$  : Les abondances (ou les fréquences absolues) des espèces

N: Nombre total d'individus.

### ➤ **L'indice de Simpson**

Introduit par Edward H. Simpson en 1965, évalue la probabilité que deux individus sélectionnés aléatoirement proviennent de la même espèce. Il prend en compte le biais engendré par la prédominance de certaines espèces. Pour un échantillon fini, le calcul de l'indice s'exprime par la formule suivante :

$$D = \sum [(n_i (n_i - 1)) / (N (N - 1))]$$

Où :

$N_i$  = nombre d'individus dans l'espèce de rang  $i$

N = nombre total d'individus

L'indice de Simpson atteint sa valeur maximale (0) lorsque la diversité est la plus élevée (faible probabilité que deux individus tirés au hasard appartiennent à la même espèce). À l'inverse, il atteint sa valeur minimale (1) lorsque la diversité est la plus faible (forte probabilité que tous les individus appartiennent à la même espèce) (Bemoussat-Dekkak, 2022).

### ➤ L'indice d'équitabilité de Pielou (1966)

Est un outil complémentaire à l'indice de Shannon, également connu sous le nom d'indice d'équité (Blondel, 1979) ou de régularité (Frontier, 1976). Il permet d'évaluer la répartition des espèces au sein d'un échantillon en mesurant la proportion des espèces dominantes et dominées. Cet indice varie de 0 à 1, où 0 indique une concentration quasi-totale des effectifs sur une ou deux espèces, tandis que 1 représente une situation où toutes les espèces ont la même abondance.

$$\text{Formule : } J' = H' / \log_2(S) \text{ (Pielou, 1966).}$$

Où :

J' : indice d'équitabilité de Pielou

H' : indice de Shannon corrigé pour la taille de l'échantillon

S : nombre d'espèces dans l'échantillon

Log<sub>2</sub> : logarithme base 2

### ➤ Indice alpha de Fisher

Le modèle de série logarithmique de Fisher (Fisher et al., 1943) a représenté la première tentative de décrire mathématiquement la relation entre le nombre d'espèces et le nombre d'individus dans ces espèces. Bien qu'utilisé à l'origine comme un ajustement approprié aux données empiriques, sa large application, en particulier dans la recherche entomologique, a conduit à un examen approfondi de ses propriétés (Taylor, 1978). Le petit nombre d'espèces abondantes et la forte proportion d'espèces « rares » (la classe contenant un individu est toujours la plus grande) prédits par le modèle des séries logarithmiques suggèrent que, comme la série géométrique, il sera le plus applicable dans les situations où un ou quelques facteurs dominant l'écologie d'une communauté.

La série log prend comme suit :

$$x, x^2/2, x^3/3, \dots, x^n/n$$

x étant le nombre d'espèces prédites pour avoir un individu,  $x^2/2$  celles avec deux et ainsi de suite (Fisher et al., 1943 ; Poole, 1974).

Le nombre total d'espèces, S, est obtenu en additionnant tous les termes de la série qui se réduit à l'équation suivante :  $S = [-\ln(1-x)]$

x est estimé à partir de la solution itérative de  $S/N = (1-x)/x [-\ln(1-x)]$  où N est le nombre total d'individus.

En pratique,  $x$  est presque toujours  $> 0,9$  et jamais  $> 1,0$ . Si le rapport  $N/S > 20$  alors  $x > 0,99$  (Poole, 1974). Deux paramètres, l'indice de série logarithmique et  $N$ , résument complètement la distribution et sont liés par :  $S = \ln(1 + N/x)$

Cet indice de diversité a été largement utilisé et reste populaire, malgré les légendes de la mode index. L'indice peut être obtenu à partir de l'équation  $S = N(1-x)/x$

Résumé des performances et caractéristiques de l'indice de diversité de Fisher avec une capacité discriminante assez bonne mais une sensibilité à l'échantillon faible et une dominance de la richesse ou de l'uniformité de la richesse (Magurran, 1988).

### ➤ **Indice de Berger-Parker Dominance**

L'indice de dominance de Berger-Parker ( $d$ ), est calculé par l'équation  $d = N_{\max} / N$

Où  $N_{\max}$  est le nombre d'individus de l'espèce la plus abondante, et  $N$  est le nombre total d'individus dans l'échantillon. Cet indice étonnamment simple a été considéré par May (1975) pour être l'un des meilleurs. Il est simple et il mesure l'importance numérique des espèces les plus abondantes. Son inverse ( $1/d$ ) désigne l'indice de diversité selon Berger-Parker. Lorsque la valeur de la réciproque  $d$  croît, la diversité aussi croît mais la dominance est réduite.

### ➤ **Paramètre alpha de Fisher**

Le modèle de série logarithmique de Fisher (Fisher et al., 1943) a représenté la première tentative de décrire mathématiquement la relation entre le nombre d'espèces et le nombre d'individus dans ces espèces. Bien qu'utilisé à l'origine comme un ajustement approprié aux données empiriques, sa large application, en particulier dans la recherche entomologique, a conduit à un examen approfondi de ses propriétés (Taylor, 1978). Le petit nombre d'espèces abondantes et la forte proportion d'espèces « rares » (la classe contenant un individu est toujours la plus grande) prédits par le modèle des séries logarithmiques suggèrent qu'il est applicable dans les situations où un ou quelques facteurs dominent l'écologie d'une communauté.

La série log prend comme suit :  $x, x^2/2, x^3/3, \dots, x^n/n$

$x$  étant le nombre d'espèces prédites pour avoir un individu,  $x^2/2$  celles avec deux et ainsi de suite (Fisher et al., 1943 ; Poole, 1974).

Le nombre total d'espèces,  $S$ , est obtenu en additionnant tous les termes de la série qui se réduit à l'équation suivante :  $S = [-\ln(1-x)]$

$x$  est estimé à partir de la solution itérative de :  $S/N = (1-x)/x [-\ln(1-x)]$

Où  $N$  est le nombre total d'individus.

En pratique,  $x$  est presque toujours  $> 0,9$  et jamais  $> 1,0$ . Si le rapport  $N/S > 20$  alors  $x > 0,99$  (Poole, 1974). Deux paramètres, l'indice de série logarithmique et  $N$ , résument complètement la distribution et sont liés par  $S = \ln(1 + N)$

Cet indice de diversité a été largement utilisé et reste populaire, malgré les légères de la mode index. L'indice peut être obtenu à partir de l'équation  $S = N(1-x)/x$

Résumé des performances et caractéristiques de l'indice de diversité de Fisher

Capacité discriminante = Bonne

Sensibilité à l'échantillon = Faible

Dominance de la richesse ou de l'uniformité = Richesse.

### II.3.2. Indice IndVal et détermination de la valeur indicatrice

L'analyse par indicateur d'espèces (IndVal) est une approche statistique permettant de déterminer les espèces qui renseignent de manière précise sur des groupes de sites spécifiques (Dufrêne & Legendre, 1997). Développée par Michel Dufrêne et Pierre Legendre en 1997, cette méthode s'est imposée comme un outil précieux en écologie pour l'évaluation de la qualité de l'habitat et la conservation de la biodiversité (Dufrêne & Legendre, 1997).

Deux critères fondamentaux sous-tendent l'IndVal pour mesurer l'association entre une espèce et un groupe de sites par de la Fidélité qui est la proportion de sites du groupe dans lesquels l'espèce est présente sur la totalité des sites et de l'abondance relative représentée par l'abondance moyenne de l'espèce dans les sites où elle est présente.

L'indice IndVal est calculé en combinant ces deux mesures en une valeur unique comprise entre 0 et 100. Plus l'indice IndVal est élevé, plus l'association entre l'espèce et le groupe de sites est forte, indiquant que l'espèce est à la fois plus fréquente et plus abondante dans ce groupe que dans les autres.

Formule de l'indice IndVal

$$INDVAL_{ij} = 100 * A_{ij} * B_{ij}$$

Où:

$A_{ij}$ : Fidélité de l'espèce  $i$  au groupe de sites  $j$  (proportion de sites du groupe  $j$  où l'espèce  $i$  est présente).

$B_{ij}$ : Abondance relative de l'espèce  $i$  dans le groupe de sites  $j$  (abondance moyenne de l'espèce  $i$  dans les sites du groupe  $j$  où elle est présente).

Interprétation de l'indice IndVal:

INDVAL > 50: L'espèce i est considérée comme une indicatrice potentielle du groupe de sites j.

INDVAL > 75: L'espèce i est considérée comme une bonne indicatrice du groupe de sites j.

INDVAL > 95: L'espèce i est considérée comme une excellente indicatrice du groupe de sites j.

L'analyse par indicateur d'espèces (IndVal) est un outil puissant pour identifier les espèces indicatrices de la qualité de l'habitat et de la biodiversité (Dufrêne & Legendre, 1997). Cette méthode est largement utilisée en écologie et en conservation de la nature (Legendre & Legendre, 2013 ; Jongman et al., 1995).

### **II.3.3. Traitement statistique**

Le traitement statistique des données a été réalisé à l'aide du logiciel Minitable (version 2016) et Microsoft Excel (2016) en utilisant les différents tests comme : l'ANOVA à un facteur.

Les méthodes statistiques utilisées sont l'Analyse en composantes principales (ACP) et la classification ascendante hiérarchique (CAH) qui a pour intérêt de classer les espèces selon une ordination des abondances. Cette dernière a été réalisée selon la méthode Ward en utilisant les distances euclidiennes selon le degré de similarité des effectifs des espèces.

## ***Chapitre III***

### ***Résultats et Interprétation***

### III.1. Composition taxonomique des communautés

Sur une collection totale de 14953 individus, les communautés étudiées sont représentées par une richesse spécifique globale de 96 espèces. Le tableau 6 montre la diversité des quatre groupes zoologiques caractérisée par la présence de 27 familles et 62 genres.

**Tableau 6 : Liste des espèces d’Invertébrés et leurs effectifs correspondants.**

Ordre	Famille	Genre	Espèce	Effectifs
Odonata	Platycnemididae	Platecnemis	<i>Platecnemis subdilatata</i>	19
	Coenarionidae	Pyrrhosoma	<i>Pyrrhosoma nymphyla</i>	6
			<i>Ceriagrion tenellum</i>	13
		Erythromma	<i>Erythromma lindenii</i>	7
			<i>Erythromma viridulum</i>	2
		Ischnura	<i>Ischnura pumilio</i>	8
			<i>Ischnura grallesii</i>	10
	Coenagrion	<i>Coenagrion scitulum</i>	4	
	Calopterygidae	Calopteryx	<i>Calopteryx haemorrhoidalis</i>	79
	Lestidae	Lestes	<i>Lestes virens</i>	7
			<i>Lestes barbarus</i>	8
			<i>Lestes viridis</i>	27
		Sympecma	<i>Sympecma fusca</i>	3
	Libellulidae	Orthetrum	<i>Orthetrum nitidinerve</i>	8
		Sympetrum	<i>Sympetrum striolatum</i>	16
			<i>Sympetrum fonscolombii</i>	12
Trithemis		<i>Trithemis kirbeyi</i>	13	
Crocothemis	<i>Crocothemis erythraea</i>	12		
Aeshnidae	Anax	<i>Anax empereur</i>	22	
		<i>Anax parthenope</i>	8	
Calopterygidae	Calopteryx	<i>Calopteryx splendens</i>	5	
		<i>Calopteryx exul</i>	8	
Ephemeroptera	Baetidae	Baetis	<i>Baetis pavidus</i>	6229
			<i>Baetis maurus</i>	313
		Acentrella	<i>Acentrella sinaica</i>	795
		Cloeon	<i>Cloeon dipterum</i>	271
		Procloeon	<i>Procloeon stagnicola</i>	255
Trichoptera	Glossosomatidae	Agapetus	<i>Agapetus incertulus</i>	117
	Hydroptilidae	Hydroptila	<i>Hydroptila vectis</i>	23
		Oxyethira	<i>Oxyethira unidentata</i>	160
	Hydropsychidae	Hydropsyche	<i>Hydropsyche iberromaroccana sp1</i>	29
			<i>Hydropsyche iberromaroccana sp2</i>	16
			<i>Hydropsyche lobata</i>	13
			<i>Hydropsyche obscura</i>	4
			<i>Hydropsyche siltalai sp1</i>	53
			<i>Hydropsyche siltalai sp2</i>	935
			<i>Hydropsyche fezana</i>	8
	Limnephilidae	Mesophylax	<i>Mesophylax aspersus</i>	9
	Rhyacophilidae	Rhyaophila	<i>Rhyacophila munda</i>	13
	Polycentropodidae	Polycentropus	<i>Polycentropus kingi</i>	77
	Leptoceridae	Setodes	<i>Setodes acutus</i>	13
Ecnomidae	Ecnomus	<i>Ecnomus deceptor</i>	2	
Psychomyiidae	Tinodes	<i>Tinodes algiricus</i>	87	
		<i>Tinodes waeneri</i>	56	

**Tableau 6 : Liste des espèces d'invertébrés et leurs effectifs correspondants (suite)**

Coleoptera	Dytiscidae	Stictotarsus	<i>Stictotarsus procerus</i>	32
		Stictionectes	<i>Stictionectes optatus</i>	14
		Deronectes	<i>Deronectes moestus</i>	79
		Graptodytes	<i>Graptodytes laeticulus</i>	8
			<i>Graptodytes ignotus</i>	18
		Hydroglyphus	<i>Hydroglyphus geminus</i>	3
		Yola	<i>Yola bicarinata</i>	42
		Hydroporus	<i>Hydroporus tessellatus</i>	12
		Hygrotus	<i>Hygrotus (Coelambus) confluens</i>	3
		Bidessus	<i>Bidessus minutissimus</i>	12
		Agabus	<i>Agabus bipustulatus</i>	7
			<i>Agabus biguttatus</i>	2
		Meladema	<i>Meladema coriacea</i>	8
	Laccophilus	<i>Laccophilus minutus</i>	11	
	Gecarcinidae	Potamonectes	<i>Potamonectes clarkii</i>	7
	Paelobiidae	Hygrobia	<i>Hygrobia tarda (Hermanni)</i>	3
	Gyrinidae	Gyrinus	<i>Gyrinus dejeani</i>	152
			<i>Gyrinus urinator</i>	39
	Dryopidae	Dryops	<i>Dryops gracilis</i>	22
			<i>Dryops algiricus</i>	14
		Pomatinus	<i>Pomatinus substriatus</i>	3
	Elmidae	Limnius	<i>Limnius opacus</i>	3
			<i>Limnius intermedius</i>	3
		Oulimnius	<i>Oulimnius fuscipes</i>	20
	Helophoridae	Helophorus	<i>Helophorus rufipes</i>	3
	Hydraenidae	Hydraena	<i>Hydraena rivularis</i>	3
			<i>Hydraena testacea</i>	3
		Limnebius	<i>Limnebius pilicauda</i>	15
		Ochthebius	<i>Ochthebius quadrifoveolatus</i>	14
			<i>Ochthebius metallescens</i>	3
			<i>Ochthebius viridis</i>	3
	Laccobius	<i>Laccobius atrocephalus</i>	11	
	Hydrophilidae	Helophorus	<i>Helophorus occidentalis</i>	4
Hydrochus		<i>Hydrochus smaragdineus</i>	4	
Berosus		<i>Berosus hispanicus</i>	3	
Anacaena		<i>Anacaena globulus</i>	26	
		<i>Anacaena lutescens</i>	3	
		<i>Anacaena bipustulata</i>	25	
Laccobius		<i>Laccobius ytenensis</i>	11	
		<i>Laccobius neapolitanus</i>	9	
		<i>Laccobius gracilis</i>	4	
		<i>Laccobius sinuatus</i>	6	
Hydrobius	<i>Hydrobius convexus</i>	3		
Hydrophilus	<i>Hydrophilus pistaceus</i>	2		
Enochrus	<i>Enochrus fuscipennis</i>	3		
Coelostoma	<i>Coelostoma hispanicum</i>	3		
Diptera	Simuliidae	Simulium	<i>Simulium velutinum</i>	506
			<i>Simulium bezzii</i>	247
			<i>Simulium ornatum</i>	1483
			<i>Simulium trifasciatum</i>	1930
			<i>Simulium galloprovinciale</i>	6
			<i>Simulium pseudequinum</i>	328

L'ordre des Epheméroptères se place en première position par son abondance atteignant plus de la moitié de l'effectif total des communautés étudiées, suivie par les Diptères Simuliidae avec 30% puis les Trichoptères avec 11%. L'ordre des Coléoptères affichent des effectifs nettement plus bas et les Odonates restent le groupe le moins représenté avec seulement 2% (Fig. 26A).

L'analyse de la composition des communautés laisse clairement apparaître une diversité taxonomique variable d'un ordre à un autre (Fig. 26). Bien que la taille de la collection des Coléoptères soit réduite, elle renferme neuf familles dont les plus abondantes sont les Dytiscidae et les Gyrinidae. Les Trichoptères sont également représentés par neuf familles avec une nette dominance des et plus particulièrement l'espèce *H. Siltalai* sp1 qui explose à plus de 900 individus. Les deux groupes restants Epheméroptères et Diptères sont représentés par une seule famille respectivement les Baetidae et les Simuliidae (Fig. 26B).

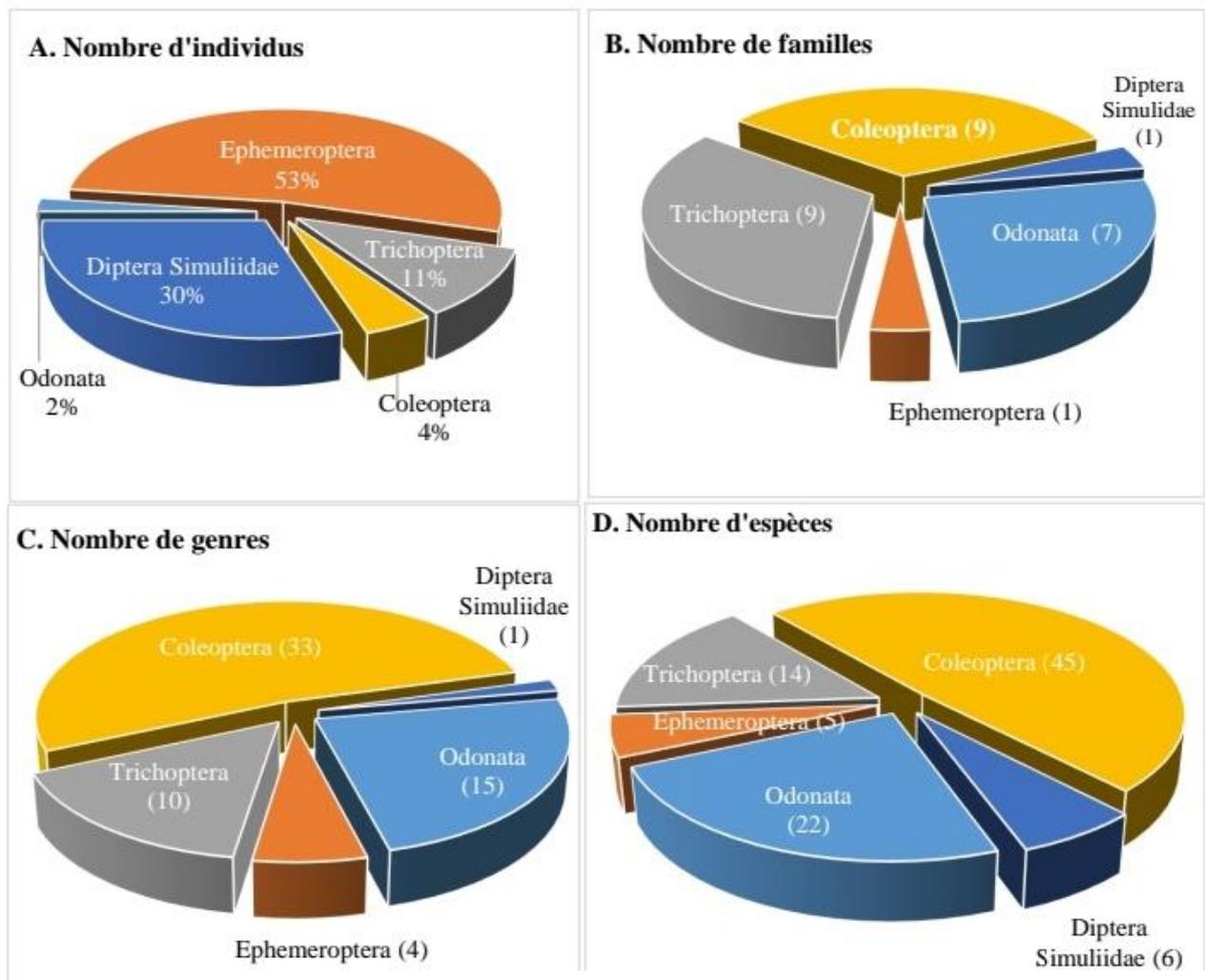


Figure 26 : Importance relative des cinq groupes zoologiques étudiés.

Sur un total de 62 genres identifiés, la répartition reste également variable, fluctuant entre un maximum de 33 genres pour les Coléoptères et un minimum de 1 pour les Diptères Simuliidae (Fig. 26C). Les groupes Odonates et Trichoptères enregistrent d'une diversité générique moyenne d'une dizaine de genres.

La richesse spécifique totale de 96 espèces se répartit inégalement entre les cinq groupes étudiés allant d'un maximum de 45 espèces pour les Coléoptères à un minimum de 5 et 6 espèces respectivement pour les Epheméroptères et les Diptères Simulidae. Une richesse spécifique relativement importante est notée pour les groupes des Odonates avec 22 espèces et pour les Odonates et 14 espèces pour les Trichoptères (Fig. 26D).

Quatre espèces sont fortement dominantes avec des effectifs très élevés (Tab. 6). Ainsi, l'éphémère *Baetis pavidus* explose à plus de 6000ind, cet effectif prouve son pouvoir reproducteur mais également sa plasticité écologique. *Simulium trifasciatum* atteint des valeurs maximales de l'ordre de 1930 ind, suivi par *Simulium ornatum* avec 1483ind, alors que le Trichoptères *Hydropsyche siltalai* sp2 enregistre des effectifs de moins de 1000ind.

Par ailleurs, il est possible aussi de constater que le contingent des d'espèces à faibles effectifs est formé de 22 espèces avec moins de 5ind. en totalité. Il apparait ainsi que les communautés étudiées sont formées d'une majorité d'espèces à dominance moyenne si nous écartons les quatre espèces fortement dominantes et les 22 espèces à faibles dominance.

### III.2. Etude de la microdistribution des espèces

#### III.2.1. Individualisation des microhabitats

Partant des quatre facteurs physiques caractéristiques des microhabitats, nous avons identifiés 33 microhabitats (Tab.7). La caractérisation tient compte en premier lieu du type de courant, du type de substrat puis de la végétation dans l'eau et en dernier de la présence d'ombrage en estimant par total, partiel ou absent donc ensoleillement.

Il apparait ainsi que les espèces des cinq groupes de macroinvertébrés étudiés se cantonnent dans différents microhabitats pouvant être regroupés selon le critère vitesse de l'eau en trois grands groupes :

- Le groupe des microhabitats à courant rapide formé de six microhabitats, présentant des substrats essentiellement de type érodé ou hétérogène mais avec une végétation aquatique et rivulaire variable.
- Le groupe des microhabitats à courant moyen avec 9 microhabitats à substrat de nature diversifié. Ils sont majoritairement avec végétation aquatique et un ombrage allant de partiel à total.

- Le groupe des microhabitats à courant lent englobe 18 microhabitats, ceci ce qui témoigne de la dominance de ce type d'habitats dans nos cours d'eau que l'on peut expliquer par les lits d'étiage permanents résultant d'un manque de précipitations bien marqué. Au cours de ces dernières années, seules les sources type résurgence alimentent les cours par un file d'eau engendrant un faciès plutôt lentique au cours d'eau.

**Tableau 7 : Caractéristiques des microhabitats identifiés.**

	<b>Code</b>	<b>Caractéristiques</b>
Groupe 1	<b>MH1</b>	courant très rapide, substrat érodé, avec végétation, ombrage absent
	<b>MH2</b>	courant rapide, substrat érodé, avec végétation, ombrage partiel
	<b>MH3</b>	courant rapide, substrat érodé, végétation absente, ombrage total
	<b>MH4</b>	courant rapide, substrat érodé, végétation absente, ombrage absent
	<b>MH5</b>	courant rapide, substrat hétérogène, avec végétation, ombrage total
	<b>MH6</b>	courant rapide, substrat hétérogène, végétation absente, ombrage absent
Groupe 2	<b>MH7</b>	courant moyen, substrat érodé, avec végétation, ombrage total
	<b>MH8</b>	courant moyen, substrat érodé, avec végétation, ombrage partiel
	<b>MH9</b>	courant moyen, substrat érodé, végétation absente, ombrage total
	<b>MH10</b>	courant moyen, substrat hétérogène, avec végétation, ombrage total
	<b>MH11</b>	courant moyen, substrat hétérogène, avec végétation, ombrage partiel
	<b>MH12</b>	courant moyen, substrat hétérogène, avec végétation, ombrage absent
	<b>MH13</b>	courant moyen, substrat hétérogène, végétation absente, ombrage total
	<b>MH14</b>	courant moyen, substrat déposé, avec végétation, ombrage total
	<b>MH15</b>	courant moyen, substrat déposé, avec végétation, ombrage partiel
Groupe 3	<b>MH16</b>	courant lent, substrat érodé, avec végétation, ombrage total
	<b>MH17</b>	courant lent, substrat érodé, avec végétation, ombrage partiel
	<b>MH18</b>	courant lent, substrat érodé, végétation absent, ombrage total
	<b>MH19</b>	courant lent, substrat hétérogène, avec végétation, ombrage total
	<b>MH20</b>	courant lent, substrat hétérogène, avec végétation, ombrage partiel
	<b>MH21</b>	courant lent, substrat hétérogène, végétation absent, ombrage total
	<b>MH22</b>	courant lent, substrat hétérogène, végétation absente, ombrage absent
	<b>MH23</b>	courant lent, substrat déposé, avec végétation, ombrage partiel
	<b>MH24</b>	courant lent, substrat déposé, végétation absente, ombrage total
	<b>MH25</b>	courant très lent, substrat érodé, avec végétation, ombrage partiel
	<b>MH26</b>	courant très lent, substrat érodé, avec végétation, ombrage absent
	<b>MH27</b>	courant très lent, substrat érodé, végétation absente, ombrage absent
	<b>MH28</b>	courant très lent, substrat hétérogène, avec végétation, ombrage total
	<b>MH29</b>	courant très lent, substrat hétérogène, avec végétation, ombrage partiel
	<b>MH30</b>	courant très lent, substrat hétérogène, végétation absente, ombrage absent
	<b>MH31</b>	courant très lent, substrat déposé, avec végétation, ombrage total
	<b>MH32</b>	courant très lent, substrat déposé, avec végétation, ombrage partiel
	<b>MH33</b>	courant très lent, substrat déposé, avec végétation, ombrage absent

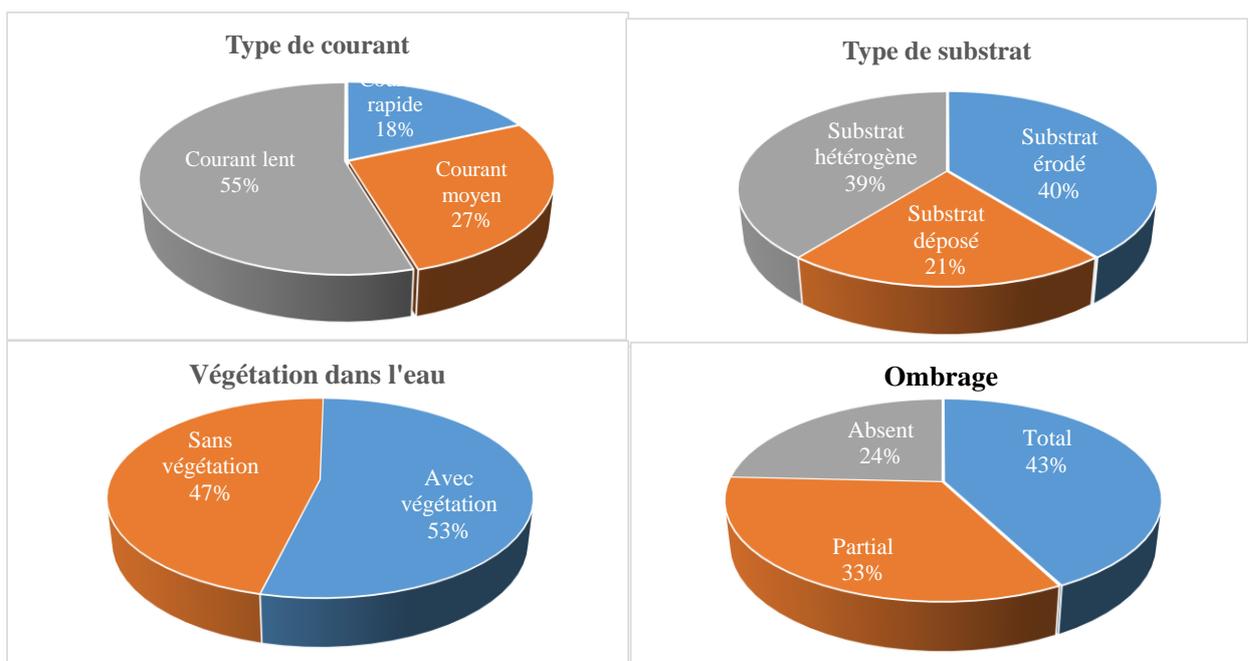
La figure 27 illustre l'importance relative exprimée en pourcentage de chaque catégorie du critère pris en compte. Ainsi, il apparaît clairement que les habitats à courant lent à très lent sont les plus présents en amont des deux affluents Chouly et Khémis.

En raison de la situation en amont des deux cours d'eau, les substrats dominants sont de type érodé à hétérogène. Le substrat déposé est moins marqué en raison des écoulements importants en période de crue. Le faciès substrat érodé à hétérogène avec dominance de dépôts hétérométriques est fréquent dans le tronçon amont des cours d'eau du bassin versant de la Tafna. Il représente ainsi plus de 79% des microhabitats individualisés.

Les microhabitats avec végétation l'emportent légèrement sur ceux sans végétation dans l'eau avec 53% contre 47%. Le faible écart des pourcentages prouve une situation d'équilibre dans ce cas.

L'ombrage est généralement créé par la végétation rivulaire composé des trois strates. La présence de la strate arborée avec une densité élevée des arbres ligneux hauts de plus de 2m et le taux de recouvrement végétal important sur les deux rives souvent rapprochées assurent un ombrage permanent. Cette ripisylve reste assez importante dans la partie amont des cours d'eau du bassin versant de la Tafna. Ainsi, 73% des microhabitats sont ombragés soit totalement soit partiellement. Les microhabitats fortement ensoleillés sont nettement moins importants.

Il apparaît donc que majoritairement, les microhabitats sont à courant lent, à substrat déposé à hétérogène, avec ou sans végétation mais ombrage total ou partiel.

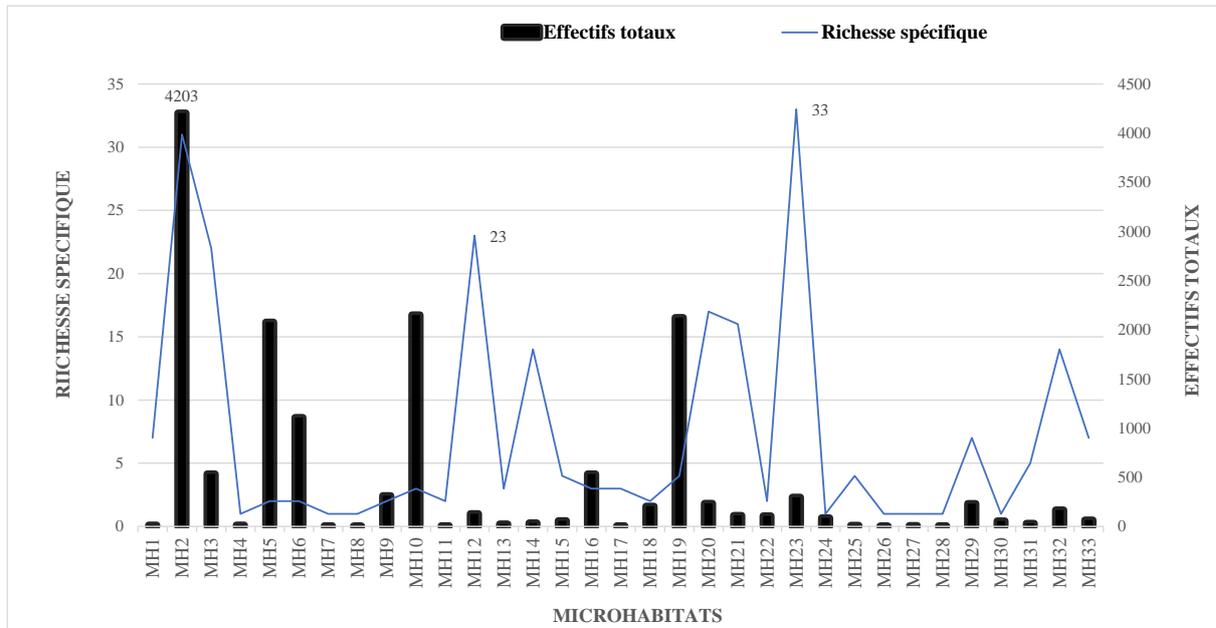


**Figure 27 : Importance relative des microhabitats selon les critères physiques sélectionnés.**

### III.2.2. Analyse indicielle

#### III.2.2.1. Distribution des abondances et de la richesse spécifique par microhabitat

Le graphe de la figure 28 montre la variation du nombre d'espèces et du nombre d'individus par microhabitat. Graphe à double ordonnée, le premier axe de gauche présente le nombre d'espèces (richesses spécifique) et celui de droite, le nombre d'individus (effectifs totaux).



**Figure 28 : Variation du nombre d'espèces et du nombre d'individus par microhabitat.**

La courbe de la richesse spécifique montre que le nombre d'espèces varie considérablement d'un microhabitat à l'autre. Le nombre d'espèces est le plus élevé dans les microhabitats MH23 et MH2, avec plus de 30 espèces chacune. Le nombre d'espèces est le plus faible dans les microhabitats MH10, MH13, MH16 et MH17, avec 3 espèces chacune.

La courbe des effectifs totaux montre que le nombre d'individus varie également considérablement d'un microhabitat à l'autre. Le nombre d'individus est le plus élevé dans les microhabitats MH2, MH10 et MH19, avec plus de 2 000 individus chacun. Le nombre d'individus est le plus faible dans les microhabitats MH17, MH25 et MH1, avec moins de 15 ind. chacun.

Le microhabitat MH2 a un nombre d'espèces relativement élevé (31 ind.) et un nombre d'individus élevé (4202 ind.).

Les microhabitats MH10 et MH19 abritent a un nombre d'espèces faible (moins 5) mais un nombre d'individus relativement élevé (plus de 2000 ind.).

Le microhabitat MH23 a un nombre d'espèces élevé (33) mais un nombre d'individus relativement faible (296 ind.).

### III.2.2.2. Indicateurs de diversité et de régularité

Partant de l'objectif principal de notre étude, les espèces se répartissent inégalement entre microhabitats. Sur un total de 33 microhabitats, nous avons écarté ceux présentant 1 ou 2 espèces seulement car l'application des indices serait erronée. Ainsi, le tableau 8 met en évidence les espèces inféodées à un ou deux types de microhabitat.

Afin de mieux comprendre les préférences écologiques des espèces vis-à-vis des paramètres physiques, nous avons estimé les descripteurs écologiques des communautés observés dans chaque microhabitat, les résultats sont consignés dans le tableau 9. Les résultats du calcul des 11 descripteurs pour des collections de 19 microhabitats (lignes) identifiés par des effectifs supérieurs à 3 individus permettent de donner une description de la composition, la structure des communautés. Ainsi, chaque descripteur fournit une information particulière sur les communautés étudiées.

Effectifs totaux (N) : Ce descripteur indique le nombre d'individus recensés dans chaque microhabitat. On remarque une grande variabilité entre les sites, allant de 7 individus pour MH17 à 4203 individus pour MH2. La majorité des microhabitats sont à effectifs moyens à l'exception où certains habitats où on enregistre de forts effectifs.

La communauté de MH23 est la plus riche en espèces avec  $S = 33$ , il s'agit d'habitat à courant lent, substrat déposé, avec végétation et ombrage partiel. Il est suivi par MH2 avec 31 espèces qui montrent les préférences des espèces pour les habitats à courant rapide, substrat érodé, avec végétation et ombrage partiel, et les communautés des MH10, MH13, MH16 et MH17 est la plus pauvre d'espèces avec seulement trois espèces. Ayant pour caractère commun la présence d'un ombrage total.

Selon l'indice de Menhinick, la communauté de MH14 est la plus diversifiée avec  $DMN = 2,33$  suivie par la communauté de MH12 avec  $DMN = 2,03$ , et la diversité est plus faible dans la communauté de MH10 avec  $DMN = 0,06$  et dans la communauté de MH19 avec  $DMN = 0,09$ .

Partant des résultats de l'indice de Margalef  $Mg$  : la communauté de MH23 est la plus diversifiée avec  $Mg = 5,62$  suivie par la communauté MH12 avec  $Mg = 4,53$ , et la diversité est plus faible dans la communauté de MH10 avec  $Mg = 0,26$ .

Selon l'indice de diversité de Simpson  $D$  : la diversité est plus faible dans le milieu de MH14 avec  $D = 89$  et MH12 avec  $D = 0,88$ , alors que la diversité de communauté de MH19 est relativement élevée avec  $D = 0,04$ .

Tableau 8 : Individualisation des microhabitats présentant 1 à 2 espèces seulement.

Ordre	Nom des espèces	MH4	MH5	MH6	MH7	MH8	MH9	MH11	MH18	MH22	MH24	MH26	MH27	MH28	MH30
Odonata	<i>Erythromma lindenii</i>													7	
	<i>Orthetrum nitidinerve</i>												8		
	<i>Calopteryx splendens</i>							3							
	<i>Calopteryx exul</i>					3									
	<i>Sympetrum striolatum</i>											4			
	<i>Crocothemis erythraea</i>								2						
Ephemeroptera	<i>Baetis pavidus</i>		2176												
	<i>Acentrella sinaica</i>			795											
	<i>Baetis maurus</i>			313											
Trichoptera	<i>Hydropsyche iberromaroccana sp1</i>		2												
	<i>Hydropsyche siltalai sp1</i>						24		17						
	<i>Hydropsyche siltalai sp2</i>						289		189						
	<i>Rhyacophila munda</i>	13													
	<i>Setodes acutus</i>				5										
	<i>Ecnomus deceptor</i>									2					
	<i>Oxyethira unidentata</i>									115					55
	<i>Tinodes algiricus</i>											87			
<b>Nombre d'espèces</b>		1	2	2	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1
<b>Nombre d'individus</b>		13	2178	1108	6	3	313	5	208	117	88	4	8	7	55

Selon l'indice de diversité de Shannon  $H'$ , la diversité de MH12 est relativement la plus élevée avec  $H' = 2,56$ , elle est suivie par une diversité moyenne dans le milieu de MH23 avec  $H' = 2,52$ , alors que la diversité de communauté de MH19 est la plus faible avec  $H' = 0,13$ . Notons que la diversité est faible dans la majorité des microhabitats où les densités diffèrent considérablement d'une espèce à une autre. Souvent une seule espèce domine.

Indice de Brillouin : Cet indice est similaire à l'indice de Shannon mais est moins sensible à la dominance des espèces. Il fait également apparaître les microhabitats MH12 et MH23 comme les plus diversifiés avec des valeurs les plus élevées respectivement de 2,31 et 2,35, confirmant la diversité relativement plus élevée dans ces deux microhabitats, alors que la diversité de communauté de MH19 est la plus faible (0,13). Le microhabitat MH12 se caractérise par un courant moyen, un substrat hétérogène, avec végétation aquatique et l'absence d'ombrage. Le microhabitat MH23 se démarque par son courant lent, son substrat déposé, la présence de végétation dans l'eau et d'ombrage partiel, par contre, le microhabitat MH19 se différencie par l'ombrage total.

Evenness  $e^H/S$  : Cet indice mesure l'uniformité de la répartition des abondances des espèces dans la communauté. Des valeurs proches de 1 indiquent une répartition uniforme. MH17 a la valeur la plus élevée pour cet indice (0,98), indiquant une répartition relativement uniforme des abondances dans ce site. Alors que la valeur de communauté de MH13 est la plus faible (0,10).

Selon Equitability  $J'$  : la communauté de MH17 est la plus régulière avec  $E = 0,98$  suivie par la communauté de MH25 est moyenne régulière avec  $E = 0,96$  alors que la communauté de MH19 est la moins régulière avec  $E = 0,09$ .

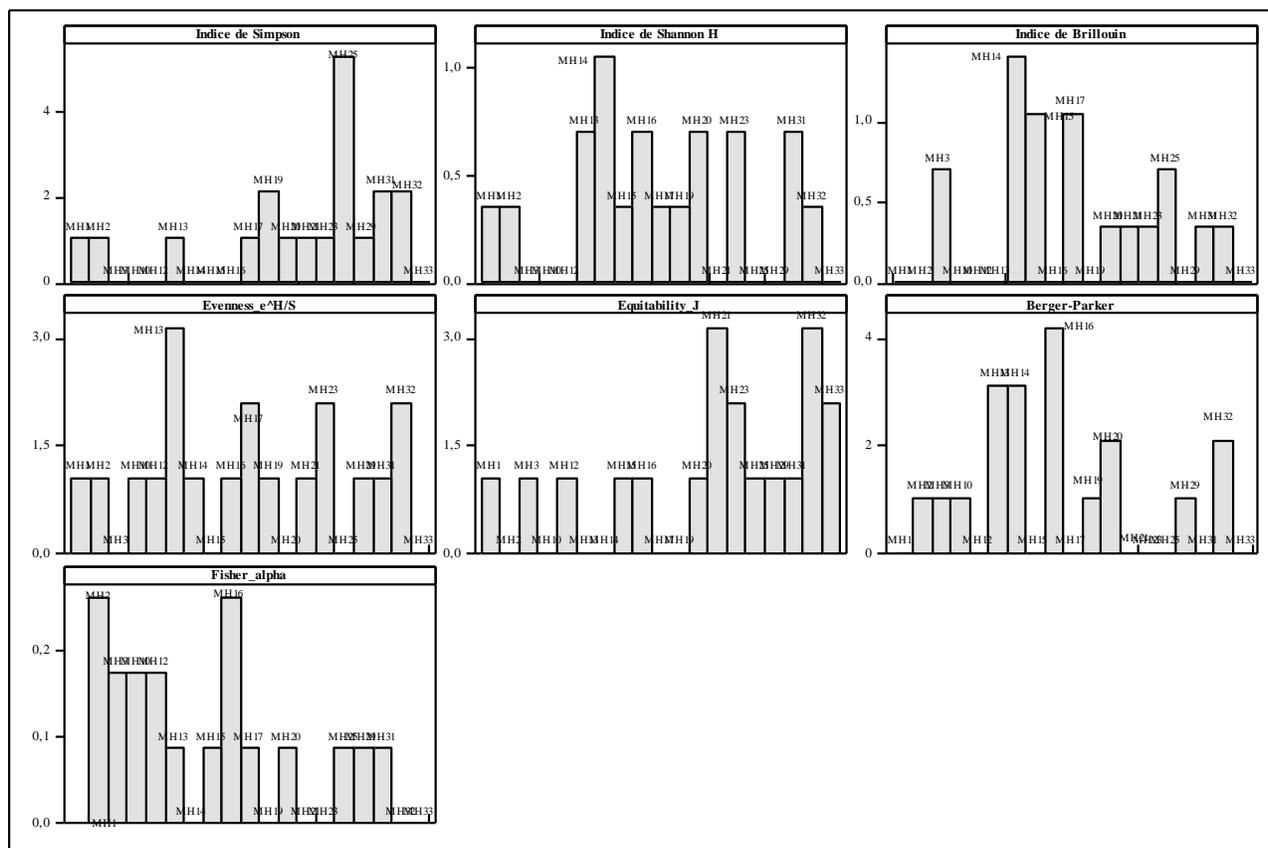
Berger-Parker : Cet indice mesure la dominance de l'espèce la plus abondante dans le site. Des valeurs élevées indiquent une communauté dominée par une seule espèce. MH19 et MH10 ont les valeurs les plus élevées pour cet indice (respectivement 0,98 et 0,97), indiquant une forte dominance d'une espèce dans ces sites. Alors que la valeur de communauté de MH14 est la plus faible (0,19).

Fisher  $\alpha$  : Cet indice est une estimation de la richesse spécifique totale d'une communauté, prenant en compte la taille de l'échantillon prélevé. Des valeurs plus élevées indiquent une richesse spécifique plus élevée. MH23 a la valeur la plus élevée pour cet indice (9,51), suggérant qu'un échantillon plus important pourrait révéler encore plus d'espèces dans ce site. Alors que la valeur de communauté de MH12 est la plus faible (0,34).

Tableau 9 : Descripteurs écologiques indicateurs de la composition et structure des communautés étudiées

Descripteurs	MH1	MH2	MH3	MH10	MH12	MH13	MH14	MH15	MH16	MH17	MH19	MH20	MH21	MH23	MH25	MH29	MH31	MH32	MH33
Effectifs totaux N)	13	<b>4203</b>	533	2150	129	25	36	58	534	<b>7</b>	2123	235	111	296	10	231	30	166	64
Richesse spécifique	7	<b>31</b>	22	3	23	3	14	4	3	3	4	17	16	33	4	7	5	14	7
Indice de Menhinick	1,94	0,48	0,95	<b>0,06</b>	<b>2,03</b>	0,60	2,33	0,53	0,13	1,13	<b>0,09</b>	1,11	1,52	1,92	1,27	0,46	0,91	1,09	0,88
Indice de Margalef	2,34	<b>3,60</b>	3,35	<b>0,26</b>	4,53	0,62	<b>3,63</b>	0,74	0,32	1,03	0,39	2,93	3,19	<b>5,62</b>	1,30	1,10	1,18	2,54	1,44
Indice de Simpson	0,77	0,71	0,26	<b>0,07</b>	<b>0,88</b>	0,60	<b>0,89</b>	0,48	0,51	0,65	0,04	0,70	0,72	<b>0,83</b>	0,72	0,50	0,72	0,82	0,59
Indice de Shannon H'	1,69	1,51	0,79	<b>0,17</b>	<b>2,56</b>	1,00	2,40	0,91	0,76	1,08	<b>0,13</b>	1,76	1,95	2,52	1,33	0,95	1,44	<b>2,06</b>	1,30
Indice de Brillouin	1,23	1,49	0,73	<b>0,16</b>	<b>2,31</b>	0,87	1,96	0,82	0,75	0,76	<b>0,13</b>	1,65	1,75	2,35	0,98	0,90	1,24	1,92	1,16
Evenness_e^H/S	0,78	0,15	<b>0,10</b>	0,39	0,56	<b>0,90</b>	0,79	0,62	0,71	<b>0,98</b>	0,28	0,34	0,44	0,38	0,95	0,37	0,85	0,56	0,53
Equitability_J	0,87	0,44	0,25	0,15	0,82	0,91	0,91	0,66	0,69	<b>0,98</b>	<b>0,09</b>	0,62	0,70	0,72	<b>0,96</b>	0,49	<b>0,90</b>	0,78	0,67
Berger-Parker	0,38	0,39	0,86	<b>0,97</b>	<b>0,23</b>	0,52	0,19	0,69	0,51	0,43	<b>0,98</b>	0,52	0,50	0,36	0,40	0,65	0,43	0,28	0,61
Fisher_alpha	6,18	4,54	4,63	0,34	8,15	0,89	8,42	0,98	0,42	1,99	0,48	4,21	5,13	9,51	2,47	1,36	1,71	3,65	2,00

La diversité et la régularité des communautés sont également variables d'un microhabitat à un autre. Les graphes de la figure 29 mettent en avant les communautés des habitats les plus diversifiés et les plus réguliers mais ne montrent pas la diversité des espèces au sein de chaque microhabitat. Il est possible que deux microhabitats avec le même nombre d'espèces aient des assemblages d'espèces très différents. Les résultats obtenus montrent également des divergences selon l'indice considéré.



**Figure 29 : Variations des indicateurs de diversité et de régularité dans les différents microhabitats.**

### III.2.3. Classification hiérarchique ascendante (CAH) de la matrice de distribution des abondances par microhabitats

Nous avons eu recours à la classification hiérarchique (CAH) pour analyser la distribution des espèces par microhabitat (Fig. 30 et 31). Les dendrogrammes issus de la CAH, réalisés à partir de la matrice d'entrée composée de 96 lignes (Espèces) et 33 colonnes (microhabitats) sont représentés dans la figure 30 (lignes) et la figure 31 (colonnes). Les espèces les plus proches sur l'axe vertical sont les plus similaires en termes de distribution microhabitat. Les groupes d'espèces regroupés par la CAH sont représentés par des branches verticales. La longueur des branches verticales représente la distance euclidienne entre les groupes d'espèces.

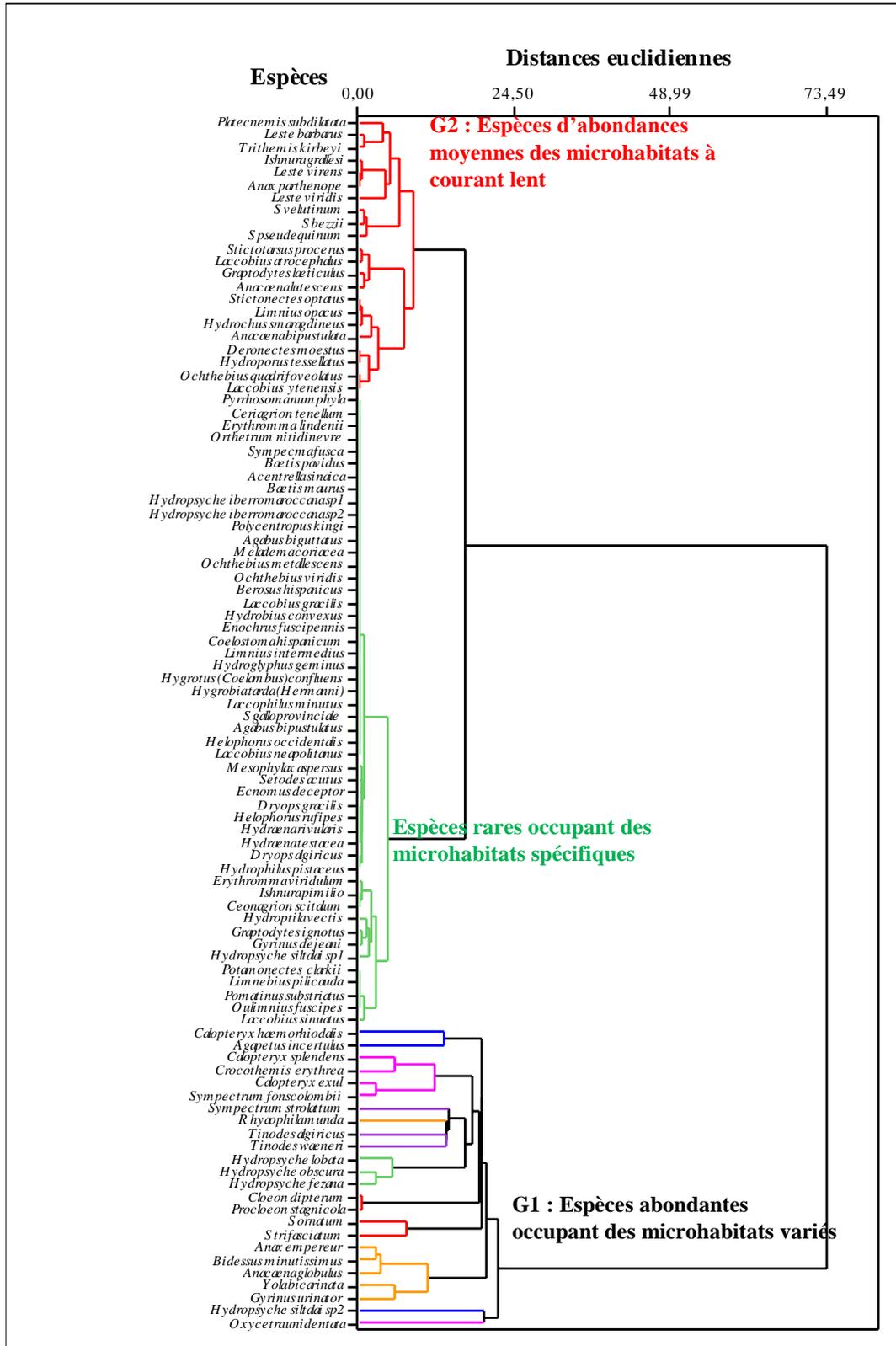


Figure 30 : Dendrogramme issu de la CHA de la matrice de répartition des abondances des 96 espèces dans les 33 microhabitats individualisés.

Le dendrogramme de la figure 30 permet de réaliser une typologie définie selon trois groupes bien individualisés :

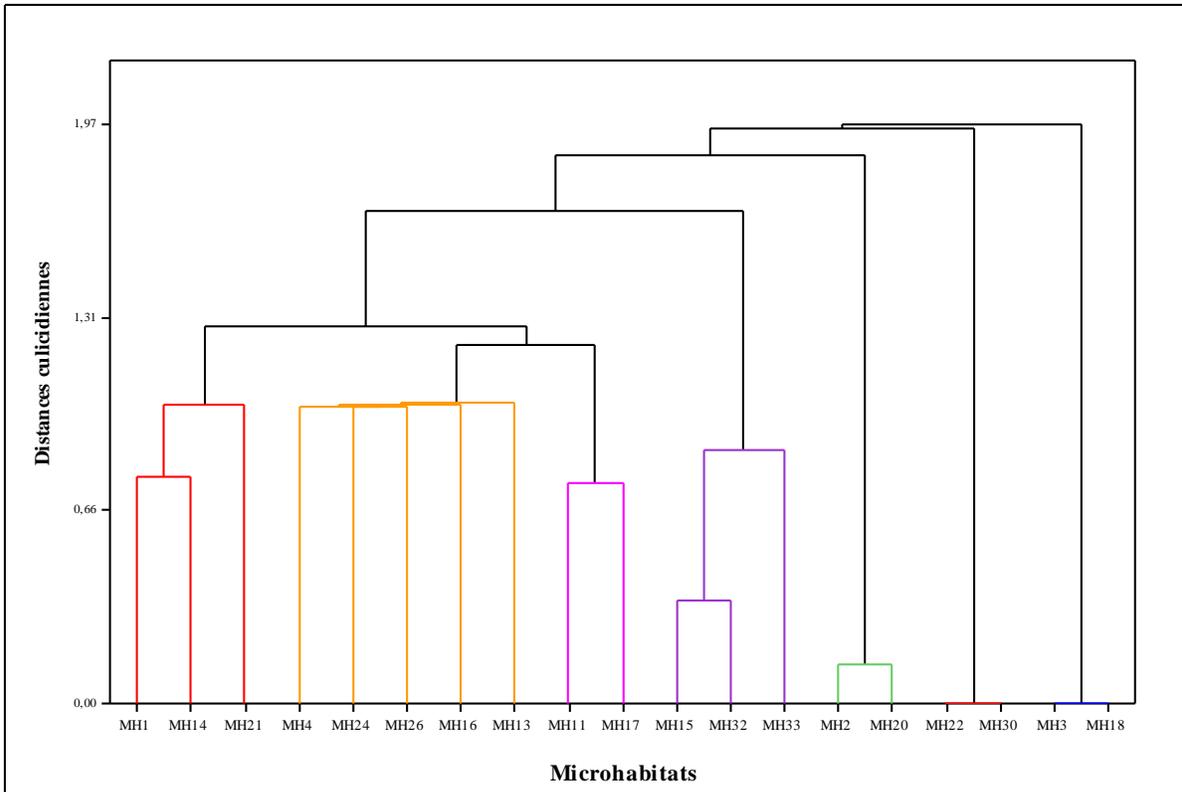
- **Le groupe G1** englobe les espèces à abondance relativement élevée dans la majorité des cas. Ce groupe est formé de 24 espèces présentant une dominance nette dans des microhabitats à conditions écologiques variables. Il constitue ainsi un contingent d'espèces peu exigeantes, capables de vivre dans des habitats très variés montrant ainsi leur aptitude écologique large. Il s'agit d'espèces dites plastiques. *Hydropsyche siltalai* sp2 et *Oxycetera unidentata* présents respectivement dans les microhabitats à courant rapide, moyen et lents montrent une contribution bionomique importante en raison de leur nombre important.
- **Le groupe G2** est constitué de 23 espèces d'abondance relativement faibles mais montrant une préférence pour les habitats à courant lent. La majorité des espèces sont présents ou sont dominants dans ce type d'habitat.
- **Le groupe G3** est le plus riche avec 42 espèces rassemble les espèces montrant une préférence pour le courant rapide et moyen. Plus de la moitié est signalée dans des microhabitats à courant rapide ou moyen mais absente dans le courant lent. Les substrats sont variables majoritairement avec végétation et ombrage mitigé.

En termes de cette analyse, le facteur clé d'hierarchisation est le type de courant qui semble expliquer le mieux l'assemblage des espèces. Les paramètres écologiques restants semblent très variables et peu fiables pour affirmer le caractère distinctif.

Toutefois, il est possible de retenir que les espèces les plus communes se trouvent généralement dans une plus grande variété de microhabitats. Les espèces les moins communes se trouvent généralement dans des microhabitats plus spécifiques.

Le dendrogramme issu de la figure 31 prouve l'interdépendance entre microhabitats. La distinction nette entre eux n'apparaît pas car les assemblages d'espèces spécifiques aux microhabitats semblent inexistantes. Toutefois, il est faisable de retenir les similarités entre plusieurs microhabitats. Ainsi, le premier groupe renferme dix microhabitats dont 5 présentent une grande similarité. Le groupe 2 est formé de 3 microhabitats et les microhabitats restants se regroupent en deux chacun.

A ce stade d'analyse, les résultats sont à réviser et il serait recommandé de retirer de la liste les espèces à fortes contributions bionomiques en raison de leur effectifs excessifs dans certains habitats spécifiques. La classification nécessite plus de temps d'investigation.



**Figure 31 : dendrogramme issu de la classification hiérarchique ascendante des microhabitats selon la méthode d'ordination Ward des distances euclidiennes.**

### III.3. Détermination de la valeur indicatrice des espèces

Appliqué sur les 96 espèces de macroinvertébrés de cinq groupes zoologiques rencontrés dans les deux cours d'eau de Chouly et Khémis, l'indice IndVal met en accent 15 espèces pouvant constituer des bioindicateurs des conditions écologiques précitées.

Les résultats de la fidélité, la spécificité et de l'indice IndVal sont consignés dans le tableau 10. Les valeurs sont significatives à un seuil de 0.05 dans la majorité des cas.

Pour l'ordre des Odonates seul *Ishnura grallesi* est indicatrice des habitats à courant très lent, à substrat déposé, avec végétation et à ombrage partiel. Ce microhabitat renferme 13 autres espèces mais seul *Ishnura grallesi* a montré une préférence nette pour ce type d'habitat.

Quatre espèces de la famille des Baetidae ordre des Ephemeroptères affichent des scores allant de 100 à 92%. Ainsi, les deux espèces *Acentrella sinaica* et *Baetis maurus* seraient indicatrices des habitats à courant rapide, substrat hétérogène, avec ou sans végétation et à ombrage totalement absent. Les deux Ephemères *Cleon dipterum* et *Procloen stagnicola* cohabitent dans le même type d'habitat, elles peuvent

être retenues comme espèces indicatrices des habitats à courant lent, substrat érodé, avec végétation aquatique et un ombrage total.

Six espèces de Trichoptères peuvent être également retenues comme espèces indicatrices. *Hydropsyche iberromaroccana sp2* serait ainsi indicatrices des habitats à courant rapide, substrat hétérogène, sans végétation et ombrage absent. *Tinodes waeneri* peut maintenue comme indicatrice des habitats à courant lent, substrat hétérogène, végétation aquatique absente et un ombrage total. *Setodes acutus*, avec un indice IndVal de 95%, indique les conditions écologiques suivantes : courant lent, substrat érodé, avec végétation dans l'eau et un ombrage partiel. *Hydroptila vectis* se retrouve essentiellement dans les habitats à courant lent, substrat érodé, avec végétation et ombrage partiel. *Oxycetra unidentata*, avec un indice de 84% serait beaucoup plus inféodé à un habitat de type courant lent, substrat hétérogène, végétation aquatique et ombrage totalement absents. *Agapetus incertulus* pourrait être retenue avec plus de 50% de sa valeur indicatrice à p relativement significatif. Cette espèce est fortement inféodée aux habitats à courant très lent, substrat déposé, avec végétation et ombrage partiel.

**Tableau 10 : principales espèces indicatrices définies par l'indice Indval.**

Ordre	Espèce	Effectif global	Spécificité Aij	Fidélité Bij	Indval	Indval (100%)	p-value 5%
Odonata	<i>Ishnura grallei</i>	10	1	1	1	100	0.0452
Ephemeroptera	<i>Acentrella sinaica</i>	795	0,97	1	0,97	97	0.0410
	<i>Baetis maurus</i>	313	0,97	1	0,97	97	0.0398
	<i>Cloeon dipterum</i>	271	0,92	1	1	92	0.04
	<i>Procloeon stagnicola</i>	255	0,93	1	1	92	0.0123
Trichoptera	<i>Hydropsyche iberromaroccana sp2</i>	16	1	1	1	100	0.356
	<i>Tinodes waeneri</i>	56	1	1	1	100	0.489
	<i>Setodes acutus</i>	13	0,95	1	0,95	95	0.0256
	<i>Hydroptila vectis</i>	23	0,96	0,88	0,84	84	0.0387
	<i>Oxycetra unidentata</i>	160	0,65	0,98	0,64	64	0.0382
	<i>Agapetus incertulus</i>	117	0,69	0,75	0,51	51	0.0456
Coleoptera	<i>Limnius opacus</i>	3	1	1	1	100	0.0398
	<i>Laccobius sinuatus</i>	6	1	1	1	100	0.0451
	<i>Helophorus occidentalis</i>	4	0,98	0,75	0,73	73	0.213
Diptera Simuliidae	<i>Simulium galloprovinciale</i>	6	1	1	1	100	0.436

### ***Chapitre III : Résultats et interprétation***

---

La famille de Coléoptères affiche deux bons indicateurs avec des scores de 100% et un indicateur moins robuste avec 73%. Pour les deux premiers il s'agit de *Limnius opacus* et *Laccobius sinuatus* et le dernier est *Helophorus occidentalis*. La première est indicatrice des habitats à courant moyen, substrat déposé, avec végétation et ombrage total ; la seconde reflète des conditions différentes où le courant est plutôt lent, le substrat hétérogène, la végétation aquatique absente et l'ombrage est total ce qui témoigne de la présence d'une ripisyle importante. La dernière serait plutôt une espèce des eaux à courant rapide avec substrat érodé, marquée par la présence de végétation aquatique importante mais à ombrage partiel.

Bensaid L. 2024.- Recherche de la valeur indicatrice des Macro-invertébrés dans deux cours d'eau du bassin versant de la Tafna. Mémoire de master Ecologie animale. Université de Tlemcen, 62p.

## **Conclusion générale**

Ce travail souligne l'importance des macroinvertébrés comme indicateurs écologiques. Les études menées montrent que la composition des communautés de macroinvertébrés reflète fidèlement les conditions environnementales des écosystèmes aquatiques étudiés. Les espèces indicatrices identifiées à travers l'indice IndVal offrent un outil puissant pour évaluer la qualité des habitats aquatiques et détecter les perturbations environnementales.

L'étude a permis de dresser une liste détaillée des espèces présentes dans les affluents de la Tafna oued Chouly et oued Khémis. Ainsi, 96 espèces appartenant aux cinq ordres les plus représentatifs de la faune de macroinvertébrés ont permis de dégager la composition taxonomique des communautés avec 27 familles et 62 genres.

L'analyse de la distribution des espèces au niveau des microhabitats montre une irrégularité aussi bien en nombre d'espèces qu'en nombre d'individus. 33 microhabitats ont été identifiés comme milieu de vie de cette macrofaune avec une nette dominance des microhabitats à courant lent, substrat érodé à hétérogène, avec végétation et ombrage total ou partiel. Ceci marque le caractère lentique des cours d'eau qui connaissent actuellement une période d'aridité sévère.

L'étude indicielle a révélé des communautés de richesse, diversité et régularité faible pour la majorité des communautés des microhabitats. Un certain nombre d'espèces dominant montrant leur capacité écologique large et un degré d'euryécie élevé.

L'utilisation de l'indice IndVal pour la détermination des espèces bioindicatrices a permis de retenir 15 espèce avec des scores de plus de 50%. Ces espèces pourraient être reconnues comme indicatrices des conditions écologiques propres à ces habitats. L'identification des espèces clés est aujourd'hui un outil indispensable pour la surveillance écologique. Ainsi, les résultats obtenus soulignent l'importance de la conservation de la biodiversité et la nécessité de continuer à surveiller les écosystèmes aquatiques des eaux courantes dans l'Ouest algérien pour maintenir la santé des organismes vivants et la pérennité de la biodiversité.

Ce travail apporte une contribution à la connaissance de la biodiversité des macroinvertébrés de l'Ouest algérien et met en avant la valeur indicatrice de certaines espèces, ce qui peut guider les futurs efforts de conservation et de gestion environnementale. Les résultats sont préliminaires mais des travaux futurs peuvent être envisagés pour mettre en évidence les bioindicateurs des écosystèmes de la région en fonction des conditions écologiques locales. La biodiversité de la région mérite une attention toute particulière en raison de sa particularité et son originalité.

Bensaid L. 2024.- Recherche de la valeur indicatrice des Macro-invertébrés dans deux cours d'eau du bassin versant de la Tafna. Mémoire de master Ecologie animale. Université de Tlemcen, 62p.

## ***Références bibliographiques***

- 1) Aguilar, J., & Dommanget, J.-L. (1985). Guide des libellules d'Europe et d'Afrique du Nord. Paris: Délachaun et Niestlé.
- 2) Aguilar, J., & Dommanget, J.-L. (1998). Guide des libellules d'Europe et D'Afrique du Nord (2e éd.). Delachaux & Niestlé.
- 3) Amara, K. R. (2016). Evaluation du risque d'introduction du virus West Nile et du virus De la fièvre de la vallée du Rift en Algérie. Thèse de doctorat, Université d'Alger 2.
- 4) Arab, A. (2004). Recherche faunistique et écologique sur les réseaux hydrographiques du Chélif et du Bassin du Mazafran. Thèse de doctorat, Université Houari Boumediene.
- 5) Aroudj, & Touati. (2018). Recensement des odonates dans certaines zones humides dans La région de Bejaia. Université de Bejaia, 18-19p.
- 6) Bagnouls, F., & Gaussen, H. (1953). Saison sèche et indice xérothermique. Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse, 88(1-2), 1-39.
- 7) Barbault, R. (1981). Ecologie des populations et des peuplements. Des théories aux faits. Masson éd, Paris: 208 p.
- 8) Belarbi, F. (2010). Etude de la pluviométrie journalière dans le bassin versant de la Tafna. Mémoire de Magister, Université de Tlemcen, 113 pp.
- 9) Bemoussat-Dekkak, S. (2022). Taxonomie, écologie et statut des Trichoptères de l'Ouest algérien. Diplôme de Doctorat, Université de Tlemcen.
- 10) Benabdelkader M. (2019). Sources et transferts des éléments majeurs et traces dans le bassin versant de la Tafna (Algérie): approches géochimiques et hydrochimiques. Diplôme de Doctora de l'université de toulouse, 42p.
- 11) Benhadji, N. (2020). Caractérisation taxonomique, phylogénétique des Ephéméroptères Schistonotes du bassin versant de la Tafna (Ouest algérien). Diplôme de Doctorat, Université de Tlemcen.
- 12) Benhadji, N., Abdellaoui-Hassaine, K., Gattolliat, J. L., & Sartori, M. (2019). Thirty years after: an update to the mayflies composition in the Tafna basin (Algeria). Zoosymposia, 16(1), 22-35.
- 13) Bennis, N. (2002). Coléoptères Aquatiques Polyphaga du Rif (Nord du Maroc): Faunistique, Ecologie Biogéographie. Thèse en Sciences Biologiques, Université Abdelmalek Essaâdi, Faculté des Sciences de Tetouan: 383 p.
- 14) Bensaoula, F., & Adjim, M. (2006). Synthèse sur les forages hydrauliques profonds de la zone frontalière algéro-marocaine. LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782, (5).
- 15) Blondel, J. (1979). Biogéographie et écologie. Masson ed. Paris: 173 p.

- 16) Botosaneanu, L. (1980). Trichoptera. Insecta Helvetica.
- 17) Bouabdellah, H. (1992). Dégradation du couvert végétal steppique de la zone Sud-Ouest oranaise (le cas d'El Aricha). Thèse de Magister, Université d'Oran, Oran.
- 18) Bouayad Alam, S. (2006). Contribution à l'étude comparative de la faune du rithron dans deux Oueds du bassin versant de la Tafna : Oued Sikkak, Oued Chouly. Mémoire d'ingénieur d'état, Université Tlemcen.
- 19) Boukli Hacene, S. (2012). Bioécologie des Coléoptères (Arthropodes Insectes) Du marais salé de l'embouchure de la Tafna Tlemcene. Diplôme de Doctorat, Université de Tlemcen, 12-18 p.
- 20) Boulinier, T., Nicholas, J. D., Sauer, J. R., Hines, J. E., & Pollock, K. H. (1998). Estimating species richness: The importance of heterogeneity in species detectability. *Ecology*, 73(3), 1018.
- 21) Bruhes, I., Rhaim, A., Geoffroy, B., Angel, G., & Hervy, J. (1999). Les moustiques de l'Afrique méditerranéenne.
- 22) Callot, J., & Helly, J. (1958). Parasitologie Médicale. Ed. Médicales Flammarion. 645p.
- 23) Chaoui Boudghene-Bendiouis, C. (2016). Caractérisation et modélisation des habitats des Simulies (Diptera : Simuliidae) du bassin versant de la Tafna. Université de Tlemcen.
- 24) Chatenet, G. (2005). Coléoptères d'Europe, Carabes, Carabiques et Dytiques. Tome 1. Adephaga. N.A.P. éditions. 1-359p.
- 25) Clergue-Gazeau, M. (1991). Clés de détermination des Simulies (Diptera, Simuliidae) des Pyrénées. *Annales de Limnologie*, 27(3), (P267-286).
- 26) Clifford, H. F. (1982). Life cycles of mayflies (Ephemeroptera), with special reference to voltinism. *Quaestiones Entomologicae*, 18(1-4), 15-90.
- 27) Coulibaly, M., & Mariko, M. (2019). Biodiversité des mares temporaires du Nord-est algérien. Mémoire de Master, Université de Guelma, 81p.
- 28) Daifallah, M., & Maoui, Y. (2016). Recherche des endoparasites chez une famille des Calopterigidae (Odonates) et évaluation de la qualité bactériologique de l'eau d'Oued Chénior Et d'Oued Zénati (Guelma). Mémoire Master II, Université 8 Mai 1945 Guelma, 75p.
- 29) Dajoz, R. (2006). Précis d'écologie. Ed. Dunod. Paris. 8<sup>ème</sup> édition.
- 30) Debenay, J.-M. (1977). Biologie et morphologie des Simuliidae (Diptera) de France (Thèse de doctorat). Université de Paris VI.

- 31) Decamps, H., Larrouy, G., & Trivellatto, D. (1975). Approche hydrodynamique de la microdistribution d'invertébrés benthiques en eau courante. *Annales de Limnologie*, 11(2), 145-157.
- 32) Démanou, M. (2004). *Diptera, simuliidae en zone de forêt camerounaise* (Thèse, Doc. 27).
- 33) Djebaili, S. (1984). *Steppe Algérienne, phytosociologie et écologie*. O.P.U. Alger. 139p.
- 34) Dommange, J.-L. (2011). *Les Odonates de la région Île-de-France : État des Connaissances, diversité et originalité, évolution et menaces* (Résumé). Conseil Régional d'Île-de-France et Société française d'Odonatologie, 11 pages.
- 35) Dubief, J. (1959). *Le climat du Sahara*. Mém. Inst. Rech. Sahara, tome 1, 312p.
- 36) Dufrière, M., & Legendre, P. (1997). Indicateur d'espèces et valeur indicatrice relative : une approche méthodologique basée sur la fidélité et l'abondance relative. *Écologie Appliquée*, 27(1), 49-64.
- 37) Dyneus, M., & Nilsson, C. (1994). Fragmentation and flow regulation of river systems in the northeast third of the world. *Science*, 266, 753-762.
- 38) Edmunds, Jr., G. F., & McCafferty, W. P. (1998). *Introduction to the biology of Caddisflies*. University of Minnesota Press. (p. 12).
- 39) Elouard, J.-M., & al. (2007). *Faune de France : Trichoptères*. Fédération Française d'Études des Eaux et des Milieux Aquatiques, Paris.
- 40) Elouard, J.-M., Sartori, M., Gattolliat, J.-L., & Oliariny, R. (2001). *Ordre des Ephéméroptères*. In J.-M. Elouard & F.-M. Gibon (Eds.), *Biodiversité et Biotypologie des Eaux Continentales de Madagascar* (pp. 77-112). Institut de Recherche pour le Développement, Montpellier.
- 41) Emberger, L. (1955). *Classification biogéographique des climats*. Recueil trav. Lab. Bot. Fac. Sci. Univ. Montpellier, 7, 73-134.
- 42) Emberger, L. (1963). Une classification bioclimatique des climats du globe. *Bulletin de la Société Botanique de France*, 110(7-8), 349-355.
- 43) Evans, P. (2010). *Biology of coleoptera of the families Colydiidae and Bothrideridae*. 47. Floate, K.D; Doane, J. F; & Gillott, C. (1990). *Carabid predators of the weat midge (Diptera-Cecidomyiidae) in Saskatchewan*. *Environ. Entomol.* 19: 1503- 1511.
- 44) Evrard, M., & Powell, A. (2002). *Rivers as living systems*. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 12, 329-337.
- 45) Faessel, B. (1985). *Insectes*. Paris : Éditions Masson.

- 46) Faurier, C., Ferra, C., Medori, P., Devaux, J., & Hemptienne, J.-L. (2006). *Ecologie : Approche scientifique et pratique* (5<sup>ème</sup> éd.). Editions Tec & Doc.
- 47) Forge, P. (1981). *Les Coléoptères : Clé de détermination* (487 pp.).
- 48) Frontier, S. (1976). Utilisation des diagrammes rangs-fréquence dans l'analyse des écosystèmes. *Journal de Recherches Océanographiques*, 1(3), 35-48.
- 49) Gattoliat, J.-L. (2002). Etude systématique cladistique et biogéographique des Baetidae (Ephéméroptères) de Madagascar (Thèse de doctorat, Université de Lausanne, 19-22p.).
- 50) Gattoliat, J.-L., & Sartori, M. (2000). Guloptiloides: an Extraordinary New Carnivorous Genus Of Baetidae (Ephemeroptera). *Aquatic Insects*, 22, 148-159.
- 51) Giudicelli, J., & Dakki, M. (1980). Contribution à la systématique des Diptères Syrphidae paléarctiques. Paris : Éditions du Muséum national d'histoire naturelle.
- 52) Grac, C. (1990). Bilan bibliographique de deux ordres des larves d'insectes aquatiques, Les Ephéméroptères et les Trichoptères : systématique, écologies, biologie et Répartition (Maîtrise de Biologie des populations et des ecosystemes, Université de la Reunion, 60p.).
- 53) Grand, D., & Boudot, J.-P. (2006). *Les libellules de France, Belgique et Luxembourg* (Collection Parthénope). Éditions Biotope, Mèze.
- 54) Haouchine, S. (2011). Recherche sur la faunistique et l'écologie des macroinvertébrés des cours d'eau de Kabylie. Mémoire de magister, Université de Tizi Ouzou.
- 55) Hilsenhoff, W. L. (1987). Un guide illustré des insectes aquatiques du Wisconsin. Wisconsin Department of Natural Resources (p. 102).
- 56) Koss, R. W., & Koss, W. K. (1970). Œufs d'Ephéméroptères : morphologie du guide du sperme et formation de la couche adhésive. *Transactions of the American Microscopic Society*, 89, 295-299.
- 57) Koss, W.K. (1973). The significance of the egg stage to taxonomic and phylogenetic studies of Ephemeroptera.
- 58) Lécuyer, C., & Benoit, A. (2017). *Ecologie générale*. Dunod (p. 321).
- 59) Legendre, L., & Legendre, P. (1979). *Ecologie numérique. I. Le traitement multiple des données écologiques* (Vol. 1). Masson.
- 60) Legendre, P. (1979). *Ecologie numérique. II. La structure des données écologiques* (Vol. 2). Masson.
- 61) Legendre, P., & Legendre, L. (2013). *Numerical ecology*. Elsevier. [Chapter 10: Analysis of Indicator Species].

- 62) Lounaci, A., Brosse, S., & Lek, S. (2000). Abondance, diversité et structure de la communauté de macroinvertébrés dans un cours d'eau algérien : le Sébaou Oued. *Annales de Limnologie*, 36(2), 123-133.
- 63) Malicky, H. (2004). *Atlas of European Trichoptera*. Springer Science & Business Media.
- 64) McGavin, G. (2000). *Insectes, araignées et autres arthropodes terrestres : 600 espèces photographiées et décrites*. Bordas. Singapour.
- 65) Meziane, N. (2009). Contribution à l'étude des macroinvertébrés de l'oued Seybouse (Ephemeroptera, Trichoptera, Plecoptera et Bivalva). Mémoire de Magister, Université Guelma, 162 p.
- 66) Moisan, J. (2006). Guide d'identification de principales macros invertébrées benthiques d'eau douce du Québec, Surveillance volontaire des cours d'eau Peu profonds. Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs.
- 67) Moisan, J. (2010). Guide d'identification des principaux macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec, 2010 – Surveillance volontaire des cours d'eau peu profonds. Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. 82 p.
- 68) Morse, J. C. (2009). Trichoptera (Caddisflies). Dans V. H. Resh & R. T. Cardé (Eds.), *Encyclopedia of Insects* (Deuxième édition) (pp. 1015-1020). San Diego : Academic Press.
- 69) Neboiss, A. (1977). *Trichoptères*. Paris : Lechevalier.
- 70) Nicholas, J. D., Sauer, J. R., Hines, J. E., Pollock, K. H., & Boulonnier, T. (1998). Estimating species richness: The importance of heterogeneity in species detectability. *Ecologie*, 73(3), 1018.
- 71) OMS Organisation mondiale de la Santé. (2003). *Entomologie du paludisme et contrôle des vecteurs : Guide du Stagiaire*. Provisoire, OMS, Genève. 102.
- 72) P.D.A.U Plan de développement et Aménagement urbain 2002 Plan d'Aménagement urbain de la Commune d'Oued Lakhdar., 92p.
- 73) Perris, É. (1877). *Larves de coléoptères* (Vol. 22). H. Georg.
- 74) Pielou, E. C. (1966). The measurement of diversity in different types of biological collections. *Theoretical Biology*, 13, 131-144.
- 75) Podani, J., & Csányi, B. (2010). Detecting indicator species: Some extensions of the IndVal measure. *Ecological Indicators*, 10(6), 1119-1124.
- 76) R.S.T.O.M. (1980). *Initiation à la morphologie, la systématique et la biologie des insectes*. Paris.

- 77) Ramade, F. (1998). Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau : Biogéochimie et écologie des eaux continentales et littorales (786 p.). Édiscience international, Paris.
- 78) Ramade, F. (2003). Éléments d'écologie : Écologie fondamentale (3<sup>e</sup> éd.). Dunod, Paris.
- 79) Remaoun, K. (2003). Le bassin-versant de l'Oued Tafna (Algérie occidentale) : Mise en place du réseau hydrographique et processus morphogéniques à l'origine de l'organisation du bassin. Cahiers de géographie (Collection EDYTEM), 1(1), 73-82.
- 80) Rodhain, F., & Perez, C. (1985). Précis d'Entomologie médicale et vétérinaire. Maloine, 458p.
- 81) Roth, F. X. (1980). Micro-organisms as a source of protein for animal nutrition. *Animal Research and Development*, 12, 7-19.
- 82) Satha, A. (2008). Caractérisation du peuplement Odonatologique des bassins versants de Bouhamdane et Seybouse. Thèse de Magister, Université 8 Mai 1945 Guelma, 11 p.
- 83) Satha, H. (2014). Évaluation de l'intégrité écologique des eaux de l'oued Seybouse. Mémoire de master, Université de Guelma, 111 p.
- 84) Séguy, E. (1955). Introduction à l'étude biologique et morphologique des insectes Diptères. Masson et Cie, Paris.
- 85) Seltzer, P. (1946). Le climat de l'Algérie. Alger : Université d'Alger, Institut de Météorologie et de Physique du Globe. Éditions Carbonel. 219 p.
- 86) Tachet, H. (2000). « Invertébrés d'eau douce : systématique, biologie, écologie ». Edit : CNRS, Paris. 153 p
- 87) Tachet, H. (2010). Invertébrés d'eau douce : systématique, biologie, écologie. Paris : Éditions du CNRS.
- 88) Tachet, H., Bourgonne, J. P., & Richard, G. (2000). Zoologie : systématique, biologie. Paris : Dunod.
- 89) Tachet, H., Bournaud, M., & Richoux, P. (2006). Introduction à l'étude des macroinvertébrés des eaux douces : systématique élémentaire et aperçu écologique. Paris : Éditions du CNRS. 315 p.
- 90) Tachet, H., Richoux, P., Bournaud, M., & Usseglio-Polatera, P. (2000). Invertébrés d'eau douce : systématique, biologie, écologie. Paris : Éditions du CNRS.
- 91) Tachet, H., Richoux, P., Bournaud, M., & Usseglio-Polatera, P. (2010). Invertébrés d'eau Douce : systématique, biologie, écologie (Vol. 15). Paris: CNRS editions.) p244.
- 92) Thomas, A. G. B., & Gadea, E. (1983). Epheméroptères du Sud-Est de la France. II. Catalogue provisoire des espèces recensées. Extrait des Annales de la Société des Sciences Naturelles et

- d'Archéologie de Toulon et du Var, 35, 151-160. Toral y Caro, M. (2005). Evaluation in vitro de l'efficacité du fipronil sur *Culex pipiens pipiens* (Thèse de doctorat).
- 93) Touati, L. (2008). Distribution spatio-temporelle des Genres *Daphnia* et *Simoncephalus* dans les mares temporaires de la Numidie (Mémoire de Magister). Université 08 Mai Guelma.
- 94) UNESCO. (1963). Carte bioclimatique de la région Méditerranéenne. Recherche sur les zones arides XXINS. Publié par l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture, Paris-7<sup>ème</sup> et par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. Viale dell Terme di Caracalla, Rome Imprimé par Firmin- Didot, Mesnil-sur-l'Estrée (Eure) : 59p.
- 95) Wiederholm, T. (1983). Chironomidae of the Holarctic region. Keys and diagnoses. Part 1. Larvae. Entomologica Scandinavica Supplement, 17. Wiggins, G. B. (1996). Larvae of the North American caddisfly genera (Trichoptera). University of Toronto Press.
- 96) Zebsa, R. (2013). Ecologie et statut des Gomphidae (Odonata) à Oued Seybouse (2015). Diplôme de doctorat. Université 8 Mai 1945 Guelma. 8 p.

Bensaid L. 2024. Recherche de la valeur indicatrice des Macro-invertébrés dans deux cours d'eau du bassin versant de la Tafna. Mémoire de master Ecologie animale. Université de Tlemcen, 62p.

### Résumé

Une étude des macroinvertébrés benthiques est menée dans deux cours d'eau du bassin versant de la Tafna, dans l'ouest algérien, pour comprendre la structure physique des cours d'eau et établir les liens avec la structure des communautés. Notre objectif principal est d'utiliser l'indice IndVal pour dégager la valeur indicatrice des espèces des conditions physiques du milieu. Les cinq groupes de macroinvertébrés utilisés sont les Odonates, les Éphéméroptères, les Trichoptères, les Coléoptères et les Diptères Simuliidae. Ces insectes sont étudiés pour leurs rôles écologiques et leurs caractéristiques morphologiques, biologiques et écologiques. Parmi les 33 types de microhabitats individualisés, plus de la moitié (55%) est à courant lent, substrat érodé ou hétérogène, avec végétation aquatique et faiblement ensoleillé. La richesse et la diversité des communautés est le plus souvent faible. L'analyse IndVal, utilisée pour déterminer la valeur indicatrice des espèces, se base sur la fidélité et l'abondance relative des espèces dans des groupes de microhabitats spécifiques. Les scores de l'indice IndVal obtenus ont permis de mettre en évidence 15 espèces bioindicatrices des conditions physiques. Ces informations sont précieuses pour la gestion et la conservation des habitats aquatiques.

**Mots clés:** Macroinvertébrés, Diversité, Valeur indicatrice, Indice IndVal, Tafna, Ouest algérien,

### ملخص

يتم إجراء دراسة للالفقاريات الكبيرة القاعية في نهرين في مستجمع تافنة، غرب الجزائر، لفهم البنية الفيزيائية للنهرين وإقامة روابط مع البنية المجتمعية. هدفنا الرئيسي هو استخدام مؤشر IndVal لتحديد قيمة المؤشر لأنواع فيما يتعلق بالظروف المادية للبيئة. مجموعات الالفقاريات الكبيرة الخمس المستخدمة هي Odonata، وEphemeroptera، وTrichoptera، وColeoptera، وDiptera Simuliidae. تمت دراسة هذه الحشرات لمعرفة أدوارها البيئية وخصائصها المورفولوجية والبيولوجية والبيئية. من بين 33 نوعاً من الموائل الدقيقة الفردية، أكثر من نصفها (55%) لها تيارات بطيئة، أو ركائز متآكلة أو غير متجانسة، مع نباتات مائية وقليل من ضوء الشمس. إن ثراء المجتمعات وتنوعها منخفض بشكل عام. يعتمد تحليل IndVal، المستخدم لتحديد قيمة المؤشر لأنواع، على الدقة والوفرة النسبية لأنواع في مجموعات محددة من الموائل الدقيقة. أبرزت نتائج مؤشر IndVal التي تم الحصول عليها 15 نوعاً من المؤشرات الحيوية للظروف البيئية. هذه المعلومات ال تقدر بثمن لإدارة وحفظ الموائل المائية.

**الكلمات المفتاحية:** الالفقاريات الكبيرة، التنوع، القيمة الدالة، مؤشر IndVal، التافنة، الغرب الجزائري.

### Summary

A study of benthic macroinvertebrates is being carried out in two rivers in the Tafna catchment, in western Algeria, to understand the physical structure of the rivers and establish links with community structure. Our main objective is to use the IndVal index to identify the indicator value of species in relation to the physical conditions of the environment. The five macroinvertebrate groups used are Odonata, Ephemeroptera, Trichoptera, Coleoptera and Diptera Simuliidae. These insects are studied for their ecological roles and their morphological, biological and ecological characteristics. Of the 33 types of microhabitat individualised, more than half (55%) have slow currents, eroded or heterogeneous substrates, with aquatic vegetation and little sunlight. The richness and diversity of the communities is generally low. The IndVal analysis, used to determine the indicator value of species, is based on the fidelity and relative abundance of species in specific microhabitat groups. The IndVal index scores obtained highlighted 15 bioindicator species physical conditions. This information is invaluable for the management and conservation of aquatic habitats.

**Keywords:** Macroinvertebrates, Diversity, Tafna, Indicator value, IndVal index, Western Algeria.