



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

*UNIVERSITE MOULOUD MAMMERIE DE TIZI-OUZOU*  
*FACULTÉ DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET SCIENCE AGRONOMIQUES*  
*DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE*

*Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du*

*Diplôme de Master en Science Biologiques*

*Option Biologie de la Conservation*

Contribution à l'étude faunistique et écologique  
des Diptères aquatiques de l'assif Hallil, assif El  
Khemis et de l'oued Boubhir (s.s)

**Réalisé par**

- ASSAMEUR Farid
- BENOUDIA Yanis

**Membre de jury**

- |                |               |     |       |
|----------------|---------------|-----|-------|
| ➤ Présidente   | Mme Metna. F  | MCA | UMMTO |
| ➤ Promotrice   | Mme Sekhi. S  | MCB | UMMTO |
| ➤ Examinatrice | Mme Mallil. K | MAA | UMMTO |

*Promotion 2022/2023*

# Remerciements

**Nous tenons à remercier avant tout, le bon dieu qui nous a donné la force et le courage pour récolter le fruit de ce travail après tant de sacrifices et de persévérances.**

On tient précisément à exprimer nos profondes gratitudeux aux personnes suivantes

- Madame *SEKHIS*, notre promotrice pour son aide précieuse, et sa disponibilité.
- Il ne sera jamais remercié suffisamment le personnel de notre département Biologie pour leur soutien, compréhension et gentillesse durant notre formation.
- L'ensemble de nos enseignants.
- Aux membres du jury qui ont accepté de juger notre travail Mme METNA.F Maître de Conférences 'A' à l'UMMTO d'avoir accepté de présider le jury ainsi que Mme *Mallil K. Maître assistante 'A. à l'UMMTO* d'avoir consacré son précieux temps afin d'examiner ce modeste travail.
- A tous ceux, famille(s) et amis(es) qui nous ont encouragés et soutenus pendant nos recherches.

# Dédicaces

## Je dédie ce mémoire

A mes chers parents qui m'ont soutenu durant mon cursus à l'université.

A mes deux frères ainsi que toute la famille.

A mon cher binôme Farid qui m'a fait confiance ainsi que toute sa famille.

A tous mes amis et cousins sans exception pour leur gentillesse et leur amitié précieuse

A l'ensemble des étudiants de ma spécialité Biologie de la conservation promotion 2022/2023

Au personnel de laboratoire LEBIOT

A toutes les personnes que je porte dans mon cœur et qui ont, sans le savoir, participées de manière considérable à ma réussite.

A ceux que ma plume a oubliés.

**BENAOUDIA Yanis**

# Dédicaces

## Je dédie ce mémoire

A mes chers parents qui m'ont soutenu durant mon cursus à l'université.

A mon frère et ma sœur ainsi que toute la famille.

A mon cher binôme Yanis qui m'a fait confiance ainsi que toute sa famille.

A tous mes amis et cousins sans exception pour leur gentillesse et leur amitié précieuse

A l'ensemble des étudiants de ma spécialité Biologie de la conservation promotion 2022/2023

Au personnel de laboratoire LEBIOT

A toutes les personnes que je porte dans mon cœur et qui ont, sans le savoir, participées de manière considérable à ma réussite.

A ceux que ma plume a oubliés

**ASSAMEUR Farid**

# SOMMAIRE

<b>Introduction .....</b>	<b>2</b>
---------------------------	----------

## **Chapitre I synthèse bibliographique sur les diptères**

I.1. Systématique .....	5
I.2. Classification et taxonomie .....	5
I.2.1. Les Nématocères .....	5
I.2.2. Les Brachycères .....	5
I.3. Morphologie et anatomie .....	7
I.3.1. Caractéristiques des larves de Diptères .....	7
I.3.2. Nymphes des Diptères .....	10
I.3.3. Les adultes des Diptères .....	10
I.4. Cycle biologique des Diptères .....	11
I.4.1. L'œuf .....	11
I.4.2. La larve .....	11
I.4.3. La puppe .....	12
I.4.4. L'adulte .....	12
I.5. Ecologie des Diptères aquatiques .....	12

## **Chapitre II Site d'étude**

II.1. Les caractéristiques générales de la région d'étude .....	15
II.1.1. La situation géographique de la région d'étude .....	15
II.1.2. Le contexte géologique .....	16
II.1.3. La climatologie .....	17
II.1.3.1. Les précipitations .....	18
II.1.3.2. La température de l'air .....	19
II.2. Description des cours d'eau et des stations d'étude .....	20
II.2.1. Choix des sites d'étude .....	20
II.2.2. Assif Hallil et ses tributaires .....	23
II.2.2.1. Assif Illilthen .....	23
II.2.2.2. Assif Hallil (s.s) .....	23
II.2.3. Assif El-Khemis .....	23
II.2.4. Oued Boubhir (s.s) .....	23
II.3. Les caractéristiques physiques des stations .....	25
II.3.1. La pente .....	25
II.3.2. Le débit .....	25
II.3.3. L'écoulement et la vitesse du courant .....	25
II.3.4. Le substrat .....	26
II.3.5. La température de l'eau .....	27
II.3.6. Le couvert végétal .....	27

II.4. Les perturbations anthropiques .....	28
II.4.1. Origine agricole .....	28
II.4.2. Origine urbaine.....	29
II.4.3. Origine avicole .....	29

### **Chapitre III Matériels et méthodes**

III.1. Matériels et méthodes d'échantillonnage .....	31
III.1.1. Récolte de la faune benthique .....	31
III.1.2. Lavage, tri et détermination de la faune .....	31
III.1.3. La chasse d'adultes.....	32
III.2. Méthodes d'analyse faunistique .....	33
III.2.1. Indices écologiques de composition et de structure .....	33
III.2.2. La Richesse spécifique .....	33
III.2.3. Abondance relative des espèces .....	33
III.2.5. Indice de diversité de Shannon H' .....	34
III.3. Traitement statistique des données .....	35
III.3.1. Corrélation de Pearson.....	35
III.3.3. Analyse en composantes principales (ACP).....	35
III.3.4 Analyse factorielle des correspondances (AFC).....	36
III.4. Logiciels de calcul .....	36

### **Chapitre IV Résultat et discussion**

IV.1. Paramètres mésologiques .....	38
IV.1.1. La pente.....	38
IV.1.2. La température de l'eau.....	38
IV.1.3. L'écoulement et la vitesse du courant .....	39
IV.1.4. Le substrat.....	39
IV.2. Structure mésologique .....	40
IV.3. Analyse du peuplement des Diptères.....	44
IV.3.1. La richesse taxonomique.....	46
IV.3.2. Abondance stationnelle des Diptères récoltés .....	47
IV.3.3. Abondance et occurrence relatives des genres recensés .....	48
IV.3.4. Limites altitudinales des taxons recensés .....	49
IV.3.5. Analyses quantitative et qualitative du peuplement des Diptères.....	51
IV.3.6. Etude de la diversité.....	56
IV.3.7 Assemblage des genres.....	58

<b><u>Conclusion.....</u></b>	<b>60</b>
-------------------------------	-----------

<b><u>Bibliographie.....</u></b>	<b>64</b>
----------------------------------	-----------

**Annexes**

**Résumé**

## Liste des figures

<b>Figure 1</b> : exemple les larves eucéphales.....	7
<b>Figure 2</b> : représente les larves hémicéphales.....	8
<b>Figure 3</b> : représente les larves acéphales.....	8
<b>Figure 4</b> : vue générale d'une exuvie larvaire culicinae (BRUNHE et <i>al.</i> , 2000).....	9
<b>Figure 5</b> : Cycle de vie d'un moucheron commun (Chironomidae) montrant les divers événements et stades de développement (GULLAN & CRANSTON, 2010.....	12
<b>Figure 6</b> : Situation géographique de la zone d'étude.....	16
<b>Figure 7</b> : Vue globale et synthétique de la géologie de la Grande Kabylie.....	17
<b>Figure 8</b> : Les précipitations moyennes mensuelles (en mm) à certaines localités de la région d'étude (période 1994-2014) .....	19
<b>Figure 9</b> : Température moyennes mensuelles de l'air en (°C) (maximales, minimales, moyennes) enregistrées à Tizi-Ouzou (Période 2012-2020), Source O.N.M de Tizi-Ouzou .....	20
<b>Figure 10</b> : Réseau hydrographique et emplacement des stations étudiées.....	21
<b>Figure 11</b> : Station AI.....	22
<b>Figure 12</b> : Station HAL.....	22
<b>Figure 13</b> : Station IL.....	22
<b>Figure 14</b> : Station KH1.....	22
<b>Figure 15</b> : Station KH2.....	22
<b>Figure 16</b> : Station BH.....	22
<b>Figure 17</b> : Parapluie japonais.....	32
<b>Figure 18</b> : Représentation du nombre de genre par famille des diptères recensés.....	42
<b>Figure 19</b> : Distribution spatiale des stations d'étude dans le plan factoriel F1-F2.....	43
<b>Figure 20</b> : ACP représentation de la distribution des paramètres environnementaux.....	43
<b>Figure 21</b> : Représentation du nombre de genre par famille des diptères recensés .....	44
<b>Figure 22</b> : Richesse taxonomique des Diptères aux stations étudiées.....	46

<b>Figure 23 :</b> Abondance des Diptères dans les stations étudiées.....	47
<b>Figure 24 :</b> Abondance relative (%) des Diptères récoltés.....	48
<b>Figure 25 :</b> Occurrence relative (%) des Diptères récoltés.....	49
<b>Figure 26 :</b> Abondance des familles de Diptères dans les stations prospectées.....	51
<b>Figure 27 :</b> Evolution des indices de diversité SHANNON-WEAVER (H') et d'équitabilité(E) dans les stations étudiés.....	58
<b>Figure 28 :</b> Distribution des noyaux d'affinité des diptères stations et genres dans le plan factoriel F1-F2.....	59

### **Liste des tableaux**

<b>Tableau 1 :</b> Les principaux taxa des diptères (WYSS & CHERIX, 2013).....	6
<b>Tableau 2 :</b> Caractéristiques mésologiques des stations étudiées.....	24
<b>Tableau 3 :</b> Altitudes et pentes des stations étudiées.....	38
<b>Tableau 4 :</b> Températures ponctuelle de l'eau enregistrées aux stations étudiées.....	39
<b>Tableau 5 :</b> Les valeurs de la vitesse du courant (cm/s) des stations étudiées.....	39
<b>Tableau 6 :</b> Nature des substrats dans les stations étudiées.....	40
<b>Tableau 7 :</b> Caractéristiques mésologiques des stations d'étude.....	40
<b>Tableau 8 :</b> Matrice des corrélations entre variables environnementales (N =10, P<).....	41
<b>Tableau 9 :</b> Répartition des Diptères dans les stations d'étude.....	45
<b>Tableau 10 :</b> Limites altitudinales des Diptères récoltés.....	50
<b>Tableau 11 :</b> Indice de Shannon (H') et d'Equitabilité (E) dans les stations d'étude.....	57

# **Introduction**

Les eaux douces jouent un rôle d'une importance capitale pour la survie et le bon fonctionnement des écosystèmes. Les cours d'eau, en particulier, se démarquent par leur composition physique, leur diversité faunistique et leur dynamique interne. En tant qu'écosystèmes ouverts, ils maintiennent des liens étroits avec les écosystèmes avoisinants. Leur configuration linéaire, matérialisée par un lit de cours d'eau, induit un flux unidirectionnel majeur, s'écoulant de l'amont vers l'aval (BOULTON *et al.*, 2008)

Pour appréhender pleinement le fonctionnement de ces systèmes naturels et assurer une gestion adéquate, il est impératif de mener des études faunistiques approfondies, en particulier axées sur les Diptères. Ces organismes jouent un rôle crucial dans l'écosystème fluvial, en tant qu'indicateurs sensibles des conditions environnementales et en contribuant à des processus clés tels que la décomposition des matières organiques et le recyclage des éléments nutritifs. (MERRITT *et al.*, 2008)

Par ailleurs, une compréhension détaillée de la répartition spatiale et de la structure des communautés au sein de ces habitats fluviaux permet de saisir les interactions complexes qui régissent ces écosystèmes. (STATZNER *et al.*, 2001)

Ces études, qui occupent une place prépondérante, revêtent un caractère indispensable pour une gestion durable des ressources en eau douce. Elles permettent d'acquérir une connaissance approfondie des processus écologiques et des dynamiques biologiques spécifiques aux cours d'eau, facilitant ainsi la mise en place de mesures de préservation et de restauration adaptées. En somme, une attention soutenue accordée à la faune et à l'écologie des cours d'eau est essentielle pour préserver ces écosystèmes précieux et garantir leur rôle fondamental dans la continuité de la vie sur notre planète.

Les Diptères, également connus sous le nom de mouches, constituent un ordre d'insectes particulièrement diversifié et répandu dans le monde entier. Leur présence est essentielle dans de nombreux écosystèmes, où ils occupent des rôles variés, allant de pollinisateurs à des décomposeurs importants.

Les Diptères constituent un groupe d'insectes très récent, ils ont conquis une grande variété de biotopes et de niches écologiques (HAUPT, 1998).

L'objectif de cette étude est donc d'examiner en détail les Diptères de la région de l'assif El-Khemis, en mettant l'accent sur leur composition taxonomique, leur abondance relative, leur répartition spatiale et leurs préférences d'habitat. Nous chercherons également à évaluer le

potentiel des Diptères, en tant qu'indicateurs écologiques, capables de fournir des informations précieuses sur l'état de santé des cours d'eau et sur les pressions environnementales auxquelles ils sont soumis.

La plupart des travaux réalisés sur la faune aquatique des cours d'eau de Kabylie, les Diptères sont déterminés au niveau famille suite aux difficultés de détermination. Exception faite pour les Diptères Simuliidae où des contributions considérables sont apportées par les travaux de fin d'étude (Amghar & Boussouel, 2015 ; Madani & Moussous, 2016 ; Boualam & Alik, 2020)

Ce modeste travail vient éclairer modestement ce monde d'insectes méconnu et ce veut une contribution à la connaissance des Diptères de l'assif Hallil, l'assif El-Khemis et de l'oued Boubhir (s.s). Il vise à fournir de nouvelles connaissances sur la biodiversité et l'écologie de ces insectes aquatiques importants. Les résultats obtenus pourront servir de base scientifique pour la conservation et la gestion des ressources aquatiques dans la région.

L'ensemble du présent travail est scindé en quatre chapitres

- Le premier, traite les généralités sur les Diptères position systématique, reproduction, cycle biologique, faunistique et données écologiques ;
- Le deuxième résume les principales caractéristiques générales de la région d'étude géographie, géologie, climatologie, végétation et impact anthropique, la description du milieu, répartition des stations ;
- Le troisième, est consacré aux matériels et les méthodes utilisés dans l'étude des Diptères ;
- Le quatrième met en avant les résultats obtenus ainsi que leur discussion.

**Chapitre I**

**Synthèse bibliographique sur les**

**Diptères**

Le nom Diptera est dérivé des mots grecs « di » signifiant deux et « ptera » signifiant ici ailes, ce qui fait référence au fait que les vraies mouches n'ont qu'une seule paire d'ailes fonctionnelles (deux ailes) (WIEGMANN et *al.*, 2011 ; DUVALLET, 2017 ; SARWAR, 2020)

Les Diptères sont apparus au début du Mésozoïque et ont connu une grande diversification au cours de l'évolution.

La plupart des Diptères sont terrestres, mais certaines familles ont des larves aquatiques, comme les Chironomidés, les Stratiomyidés, les Ephyridés ou les Tabanidés. D'autres familles ont des larves semi-aquatiques, qui vivent dans des milieux humides ou marécageux, comme les Psychodidés, les Scatopsidés ou les Sarcophagidés (DUVALLET, 2017).

### **I.1. Systématique**

En 1758, Linnaeus décrit la systématique des Diptères comme suit

- Règne Animalia
- Embranchement Arthropoda
- Sous-ordre Hexapoda
- Classe Insecta
- Sous-classe Pterygota
- Infra-classe Neoptera
- Super-ordre Holometabola
- Ordre Diptera

### **I.2. Classification et taxonomie**

Les Diptères sont scindés en deux grands groupes (tableau 1)

#### **I.2.1 Les Nématocères**

Caractérisés par leurs antennes fines et multi-segmentées, comprennent une impressionnante diversité avec 35 familles et environ 50 000 espèces.

#### **I.2.2 Les Brachycères**

Avec des antennes courtes comptant moins de six segments, sont encore plus nombreux, avec 113 familles et plus de 100 000 espèces. Les Brachycères possèdent des antennes courtes et comptant moins de 6 segments. Les Brachycères se séparent encore en deux groupes d'une part les Orthographes (23 familles et 35 000 espèces) dont le type est le taon (Tabanidés) et les Cyclorrhaphes (90 familles et plus de 65 000 espèces) avec comme représentant typiques les Syrphidae, les Muscidae ou encore les Calliphoridae (WYSS & CHERIX, 2013).

**Tableau 1** :Les principaux taxa des diptères (WYSS & CHERIX, 2013).

S/O Principaux	Familles	Larves et pupes	Adultes
<b>Nématocères</b>	Tipulidae Culicidae Chironomidae Ceratopogonidae Simuliidae Bibionidae Cecidomyidae Mycetophilidae	Capsule céphalique bien définie. Mandibules se déplaçant Dans le plan horizontal. Nombreuses espèces détritivores ou filtreuses, fungiformes, prédateurs. Forment des galles La pupe n'est enfermée dans la cuticule larvaire	Antennes fines et longues avec moins 6 segments (souvent plus). Palpes maxillaires longs (3 à 5) articles
<b>Brachycères (Orthographes)</b>	Tabanidae Stratiomyidae Asilidae Bombyliidae Empididae Dolichopodidae	Capsule céphalique réduite. Mandibules se déplaçant dans le plan vertical Espèces prédatrices ou parasites. La pupe n'est enfermée dans la cuticule larvaire	Antennes courtes, moins de 6 articles. Dernier article allongé. Palpes maxillaires courtes (1-2 articles)
<b>Brachycères (Cyclorrhaphes)</b>	Phoridae Surphidae Conopidae Tephritidae Ephydriidae Drosophilidae Chlorophidae Antgomiidae Muscidae Calliophidae Sarcophagidae Tachinidae Gasterophilidae Oestridae Glossinidae Hippoboscidae	Capsule céphalique vestigiale, mandibules absentes, remplacées par des crochets. Alimentation larvaires très variée. Plusieurs espèces saprophages, herbivores, prédatrices, parasites ou parasitoïdes. La pupe est enfermée dans la dernière cuticule larvaire	Antennes courtes, moins de 6 articles. Dernier articles allongé. Palpes maxillaires courtes (1-2 articles)

### I.3. Morphologie et anatomie

#### I.3.1. Caractéristiques des larves de Diptères

Souvent appelées asticots, représentent les premiers stades de développement de ces insectes. Elles présentent un certain nombre de caractéristiques distinctives qui varient en fonction de leur groupe taxonomique

##### I.3.1.1. Absence de Pattes Thoraciques Articulées

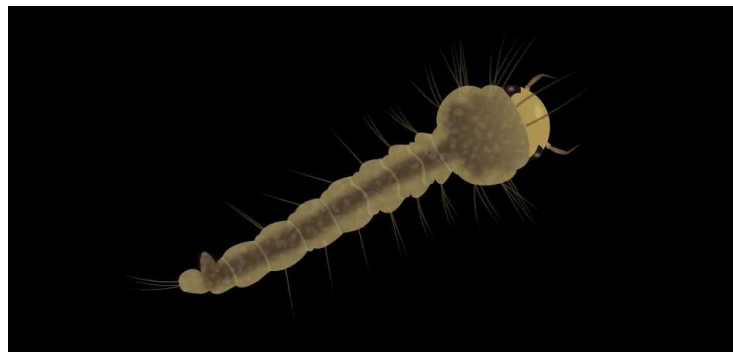
Les larves de Diptères se distinguent par le fait qu'elles n'ont pas de pattes thoraciques articulées, contrairement à la plupart des autres insectes. Cette caractéristique est partagée par de nombreuses espèces de diptères, mais certaines ont développé des structures alternatives pour se déplacer. Par exemple, dans les milieux aquatiques, certaines larves ont des pseudopodes ou des bourrelets locomoteurs qui leur permettent de nager ou de ramper. (Bouvier, 2012)

##### I.3.1.2. Diversité de la capsule céphalique

La capsule céphalique est la partie dure qui recouvre la tête des larves de Diptères. Elle peut avoir des formes et des tailles très variées selon les espèces et elle est liée aux adaptations alimentaires et locomotrices des larves de diptères (MCALPINE, 1981). On peut distinguer trois types principaux de capsules céphaliques

###### ✓ Larves eucéphales

La capsule céphalique est bien séparée du reste du corps et possède des antennes et des mandibules articulées (figure 1).



**Figure 1** : Exemple de larve eucéphale (Culicidae)

### ✓ Larves hémicéphales

La capsule céphalique est partiellement enfouie dans le thorax et a des pièces buccales réduites (figure 2).



**Figure 2 :** Exemple de larve hémicéphale (Tipulidae)

### ✓ Larves acéphales

La capsule céphalique est complètement absente et les pièces buccales sont réduites à des crochets mobiles (figure 3).



**Figure 3 :** Exemple de larve acéphale

#### I.3.1.3. Variabilité des mandibules

Les mandibules sont les pièces buccales qui servent à mordre ou à couper la nourriture chez les larves de Diptères. Elles peuvent avoir des formes différentes selon le groupe auquel appartient l'espèce. Chez les Nématocères, les mandibules sont articulées et se déplacent horizontalement. Chez les Brachycères (sauf les Stratiomyidae), la partie distale des mandibules est transformée en un crochet qui se déplace verticalement (BORROR et *al.*, 1989).

#### I.3.1.4. Antennes et yeux

Les antennes sont les organes sensoriels qui permettent aux larves de Diptères de percevoir leur environnement. Elles peuvent être courtes ou longues, composées d'un ou

plusieurs articles. Chez les Nématocères, elles sont courtes et composées d'un à six articles. Chez les Brachycères, elles sont souvent réduites à des papilles. Les yeux, organes visuels qui permettent aux larves de Diptères de voir la lumière, peuvent être réduits à des taches oculaires ou absentes, notamment chez certaines larves acéphales (BORROR *et al.*, 1989)

#### I.3.1.5. Anatomie segmentaire

Le corps des larves de Diptères est divisé en segments, qui sont des unités morphologiques répétées. Le nombre de segments peut varier de onze à quinze, selon les espèces. Les trois premiers segments correspondent au thorax, qui porte les pattes chez les adultes. Les segments suivants correspondent à l'abdomen, qui porte les organes internes. Des fusions secondaires peuvent réduire le nombre de segments apparents chez certaines espèces. Les téguments corporels sont généralement souples et membraneux, sauf chez les Stratiomyidae, où ils sont imprégnés de calcaire (BORROR *et al.*, 1989)

#### I.3.1.6. Systèmes de respiration

Certaines espèces ont des larves apneustiques, qui respirent directement à travers les téguments, sans avoir besoin d'ouvertures spéciales appelées stigmates. D'autres espèces ont des larves métapneustiques ou amphipneustiques, qui ont un ou deux paires de stigmates situés à l'arrière ou à l'avant du corps. Ces stigmates sont reliés à un réseau de tubes appelés trachées, qui conduisent l'air aux organes.

La figure 4 représente une vue générale d'une exuvie larvaire de Diptères Culicinae.

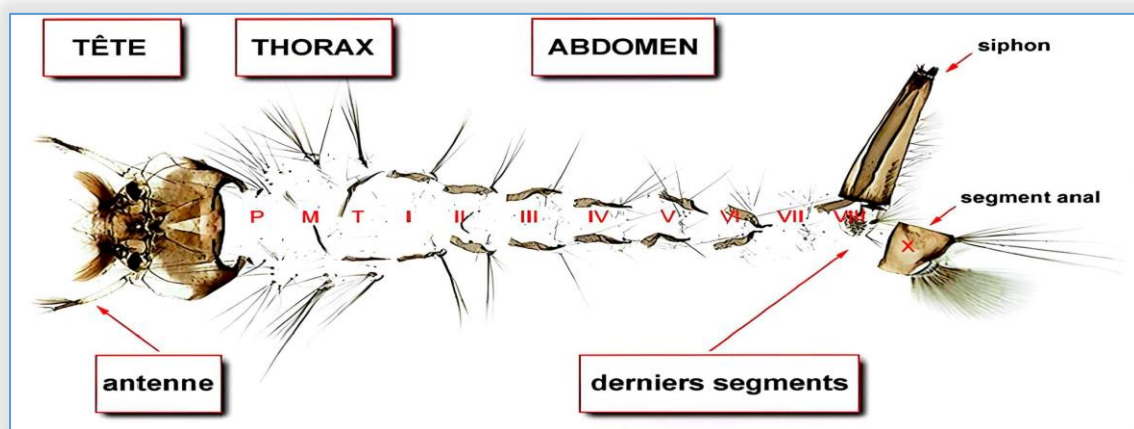


Figure 4 : Exuvie de Culicinae (BRUNHE *et al.*, 2000)

### **I.3.2. Nymphes des Diptères**

Les nymphes des Diptères représentent une phase cruciale dans le cycle de vie de ces insectes, se situant entre la larve et l'adulte. Elles présentent une grande diversité d'adaptations en fonction de leur groupe taxonomique.

#### **I.3.2.1. Mobilité des nymphes**

Les nymphes de Diptères peuvent être plus ou moins mobiles selon les espèces. Certaines comme celles des Nématocères, sont libres et mobiles et peuvent se déplacer activement dans leur milieu aquatique. D'autres sont fixées au substrat ou peu ou pas mobiles (BOUVIER, 2012).

#### **I.3.2.2. Adaptations à la vie aquatique**

La plupart des nymphes de Diptères sont aquatiques et ont développé des adaptations pour vivre dans l'eau. Certaines nymphes ont des palettes natatoires à l'extrémité de leur abdomen, qui leur permettent de nager rapidement et de se déplacer dans les habitats aquatiques. D'autres ont des processus respiratoires plus ou moins ramifiés, qui leur permettent de capter l'oxygène dissous dans l'eau (BOUVIER, 2012).

#### **I.3.2.3. Nymphes aquatiques fixées au substrat**

Certaines familles de Diptères, comme les Simuliidae et les Blephariceridae, ont des nymphes aquatiques qui sont fixées au substrat. Elles passent leur stade nymphal attachées à des surfaces sous-marines, comme des rochers ou des plantes. Pour se fixer au substrat, elles utilisent des adaptations spécifiques, comme des ventouses ou des crochets (BOUVIER, 2012)

#### **I.3.2.4. Nymphes peu mobiles ou terrestres**

Certaines espèces d'Empididae et de Psychodidae ont des nymphes aquatiques mais peu mobiles. Elles se déplacent lentement ou restent immobiles dans leur milieu aquatique. Enfin, il existe des nymphes terrestres parmi les Diptères. Dans ce cas, la larve du dernier stade sort de l'eau et effectue sa mue nymphale en milieu terrestre humide, généralement près des rives (BOUVIER, 2012).

### **I.3.3. Les adultes des Diptères**

Certaines espèces ont des ailes plates ou repliées sur l'abdomen au repos (BORROR et *al.*, 1989).

- **Transformation des ailes postérieures en balancier**

Les balanciers, structures situées à la base des ailes antérieures et sont reliés au système nerveux, permettent aux Diptères de maintenir leur stabilité au vol. Ils vibrent en synchronisation avec les ailes et transmettent des informations sensorielles au cerveau. Chez

les Nématocères, les balanciers sont exposés à l'air libre. Chez les Brachycères, les balanciers sont partiellement protégés par une petite écaille appelée cuilleron (ROBERT *et al.*, 2017)

- **Types d'appareils buccaux**

La plupart des Diptères ont un appareil buccal de type lécheur, qui leur permet d'aspirer des liquides comme le nectar, la sève ou le sang. D'autres, ont un appareil buccal lécheur-piqueur ou piqueur, qui leur permet de percer la peau ou les tissus pour se nourrir de liquides corporels.

- **Régimes alimentaires variés**

Les Diptères ont une grande variété de régimes alimentaires, selon leur écologie et leur évolution. La majorité se nourrit de liquides, comme le nectar des fleurs, la sève des plantes ou les liquides en décomposition. Certains se nourrissent de sang ou d'autres liquides corporels, comme les moustiques, les simulies ou les taons. D'autres sont prédateurs et se nourrissent d'autres invertébrés terrestres, comme les mouches à scie, certains moucheron ou les empidés. Ces Diptères sont équipés de labelles munis d'épines, qui leur permettent de capturer et de tuer leurs proies (DUVALLET, 2012).

- Enfin, Les Diptères jouent un rôle important dans la pollinisation des plantes ou la dégradation de la matière organique. Ils sont souvent vecteurs de maladies ou parasites pour les animaux ou les humains.

#### **I.4. Cycle biologique des Diptères**

Les Diptères sont des insectes holométaboles et leur développement comprend plusieurs étapes (figure 5).

##### **I.4.1 L'œuf**

L'œuf présente plusieurs caractéristiques externes, comme le chorion, le micropyle, le plastron et la ligne d'éclosion. Le chorion est la couche externe de l'œuf, qui le protège des agressions extérieures. Le micropyle est une petite ouverture à l'extrémité antérieure de l'œuf, qui permet la pénétration du spermatozoïde lors de la fécondation. Le plastron est une membrane située sous le chorion, qui entoure le cytoplasme de l'œuf et qui assure les échanges gazeux avec l'environnement. La ligne d'éclosion est une zone fragile sur l'œuf, qui se fend pour libérer la larve (MCALPINE, 1981).

##### **I.4.2 La larve**

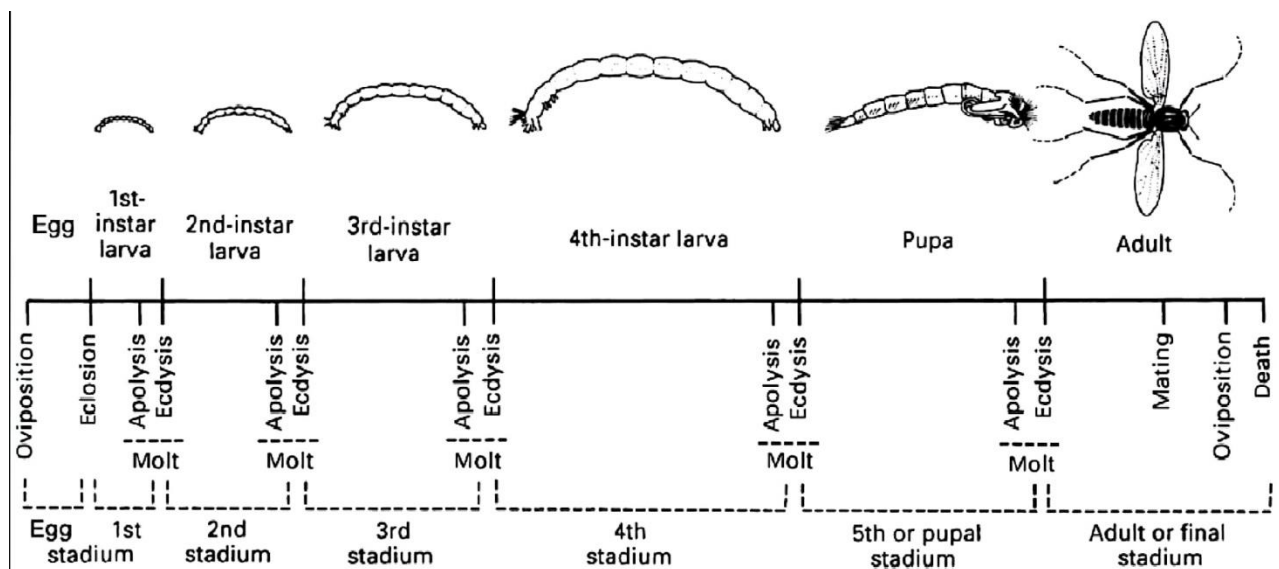
C'est le deuxième stade de développement. Elle se nourrit de diverses sources, comme la matière organique en décomposition ou le sang. Elle passe par trois à quatre stades larvaires, jusqu'à atteindre une taille et un développement suffisants pour entrer dans le stade de la puppe.

### I.4.3 La pupe

C'est le troisième stade de développement. C'est une phase de transition durant laquelle la larve se métamorphose en adulte. La pupe est souvent immobile et protégée par un cocon ou une enveloppe. Les organes internes de la larve se modifient profondément pour donner naissance aux organes de l'adulte. La durée du stade pupal varie selon les espèces et les conditions environnementales (BORROR *et al.*, 1989)

### I.4.4 L'adulte

C'est le dernier stade de développement. Il est caractérisé par une paire d'ailes antérieures. Les ailes postérieures sont transformées en balanciers, qui sont des organes d'équilibration. L'appareil buccal varie selon le régime alimentaire, allant du lécheur au piqueur chez les moustiques.



**Figure 5 :** Dessin schématisé du cycle de vie d'un moucheron commun (Chironomidae) montrant les divers événements et stades de développement (GULLAN & CRANSTON, 2010).

## I.5. Ecologie des Diptères aquatiques

Certains Diptères ont des larves qui vivent dans l'eau, et qui s'adaptent à des conditions variées, voire extrêmes. Les chironomes peuvent coloniser des eaux très froides, comme les glaciers, ou très chaudes, comme les sources thermales. Les éristales peuvent survivre dans des eaux très polluées, comme les fosses septiques, grâce à leur tube respiratoire qui leur permet de capter l'air à la surface (BEATTY *et al.*, 2010)

Les larves de Diptères ont des comportements et des adaptations diversifiés, selon leur habitat et leur régime alimentaire. Certaines larves sont planctoniques, comme les chaobores, qui se déplacent librement dans la colonne d'eau. D'autres larves sont fouisseuses, comme les tipules, qui creusent le substrat à la recherche de nourriture. Certaines larves sont détritivores, comme les psychodes, qui se nourrissent de matière organique en décomposition. D'autres larves sont prédatrices, comme les empides, qui capturent leurs proies avec leurs pièces buccales modifiées en crochets (GAUMON, 1987)

Les Diptères aquatiques ont un rôle écologique important dans les écosystèmes aquatiques. Ils participent au recyclage de la matière organique et à la régulation des populations d'autres invertébrés. Ils constituent également une source de nourriture pour de nombreux poissons et oiseaux. Cependant, certains Diptères aquatiques peuvent aussi avoir un impact négatif sur l'environnement et la santé humaine. Par exemple, les chironomes peuvent provoquer des nuisances par leurs pullulations massives et leurs vols en essaims. Les moustiques, les simulies, les taons et d'autres diptères hématophages peuvent transmettre des maladies infectieuses ou parasitaires (DUVALLET, 2012)

Les Diptères aquatiques sont présents dans tous les types d'habitats aquatiques, qu'ils soient doux ou salés, stagnants ou courants, permanents ou temporaires. Ils peuvent s'adapter à des conditions physico-chimiques variées, comme le pH, la salinité, la température ou l'oxygène dissous. Certains Diptères aquatiques peuvent même coloniser des habitats inhabituels ou hostiles pour d'autres organismes. Par exemple, les scatelles peuvent vivre dans des sources chaudes acides (pH 2-3) et riches en soufre (BOUVIER *et al.*, 2017). Les ephydres peuvent vivre dans des lacs salés hypersalins (supérieurs à 300 g/L) (HAMMER *et al.*, 2019).

Un aspect essentiel pour les Diptères hématophages est leur capacité à rechercher des hôtes pour se nourrir de leur sang. Ces Diptères différents indices sensoriels pour localiser leurs proies potentielles, comme le CO<sub>2</sub>, la chaleur, l'humidité ou le mouvement. Ces indices leur permettent de détecter la présence d'animaux à sang chaud, comme les mammifères ou les oiseaux. Ces Diptères hématophages jouent un rôle majeur dans la transmission de maladies vectorielles, comme le paludisme, la fièvre jaune ou la filariose et Onchocercose (FONTENILLE *et al.*, 2017).

# **Chapitre II**

## **Site d'étude**

## **II.1. Les caractéristiques générales de la région d'étude**

### **II.1.1. La situation géographique de la région d'étude**

La région d'étude se situe dans le bassin versant du Sébaou, qui revêt une importance hydro-biologique majeure pour la région de Kabylie en Algérie. Géographiquement, ce bassin est situé au centre-nord du pays, à environ 100 kilomètres d'Alger et à moins de 50 kilomètres au sud du littoral méditerranéen.

Le Sébaou, principal cours d'eau de la région de Kabylie, couvre une superficie de 2 500 km<sup>2</sup> et s'étend sur une longueur de 117 km (YAKOUB, 2005). Ses limites sont définies comme suit (figure 6) :

- Au nord, par la ligne de crête de la chaîne littorale.
- Au sud, par le flanc nord de la chaîne calcaire du Djurdjura.
- À l'est, par le massif forestier de l'Akfadou.
- Et à l'ouest, par le massif cristallophyllien de Sidi Ali Bounab et de la rive gauche de la basse vallée du Sébaou.

L'oued Sébaou dans sa partie amont, débute à l'est de la chaîne du Djurdjura par l'intermédiaire de quatre torrents (assif Sahel, Tagounits, El Khemis et assif Ousserdoun) qui naissent entre le col de Tirourda, le col de Chellata et l'Akfadou entre 1900 et 1600 m d'altitude.

Dans ce travail, notre intérêt s'est porté principalement à l'étude du réseau hydrographique d'assif El Khemis, assif Hallil et de l'oued Boubhir (s.s).

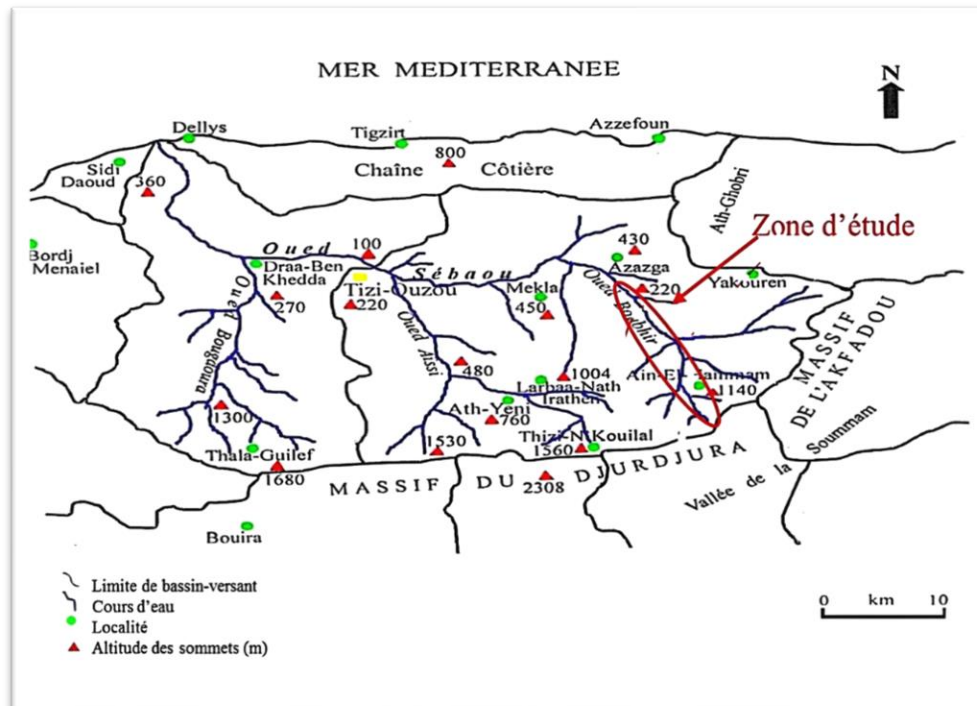


Figure 6 : Situation géographique de la zone d'étude.

### II.1.2. Le contexte géologique

La Grande Kabylie a fait l'objet de différentes études : stratigraphie, tectonique, orogénèse... (FLANDRIN, 1952 ; THIEBAULT, 1952 ; RAYMOUD, 1976 ; GELARD, 1996). Dans le présent travail, nous nous limiterons à en donner une vue globale et synthétique de la géologie de la zone d'étude. Les grandes unités morpho structurales qui la constituent sont les suivantes (figure 7) :

- **La dorsale Kabyle**

Correspond à une couverture sédimentaire Mésozoïque, constituée de calcaires du Lias et de l'Eocène, de dolomies du Trias au Lias inférieur, de schiste primaire, de grès permien, et de débris de roche monnayée.

- **Le socle Kabyle**

Il est représenté par plusieurs formations cristallophylliennes métamorphiques (gneiss, marbres, amphibolites, micaschistes et schistes) et d'un ensemble sédimentaire Paléozoïque (Ordovicien à Carbonifère) peu métamorphique.

Le socle métamorphique il favorise les écoulements superficiels des eaux vers les principaux affluents de l'Oued Sébaou (YAKOUB, 1996).

- **Les dépressions sédimentaires**

Elles correspondent à d'étroites vallées intra montagneuses. Elles sont représentées essentiellement par celles des Ouacifs et de Meschtras creusées au pied du Djurdjura à de très basses altitudes (300 à 400 m) ainsi que la dépression principale du Col de Tirourda, qui se maintient à 1956 m.

- **Le Miocène**

Il est constitué principalement de marnes et d'argiles en contact avec le Socle Kabyle, ou en contact avec des strates quaternaires (YAKOUB, 1985). Il occupe le cours inférieur des oueds Boghni et Bougdoura.

- **Le Quaternaire**

Il est constitué de matériaux hétérogènes : grossier en amont (galets, graviers, sables) et fins en aval (sables fins, vase et limons) pouvant former des nappes alluviales après accumulation importante. Il est bien représenté dans la dépression de Mechtras et tout au long des Oueds Boghni et Bougdoura.

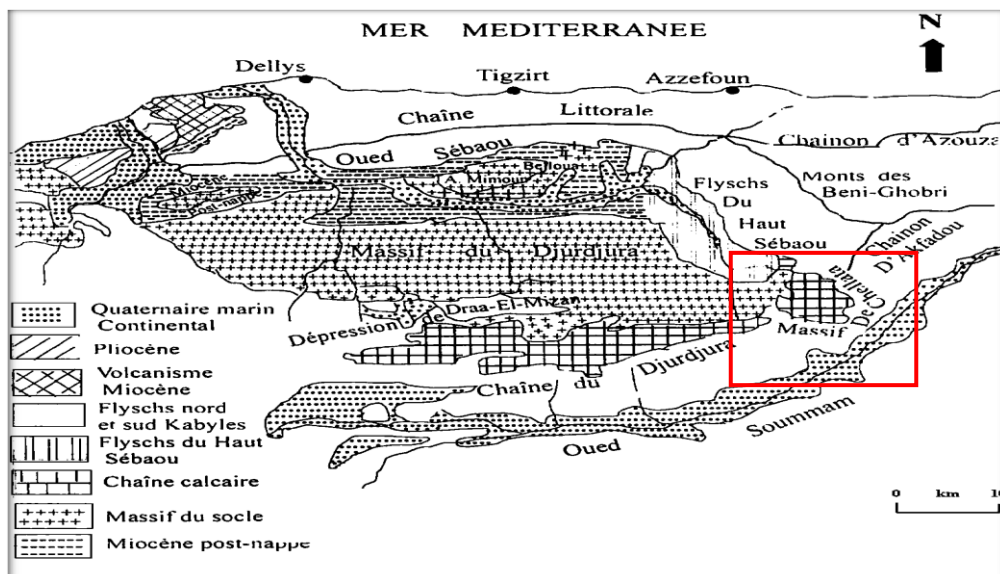


Figure 7 : Vue globale et synthétique de la géologie de la Grande Kabylie

### II.1.3. La climatologie

Dans le domaine des facteurs écologiques, le climat est l'un des éléments les plus critiques qui régissent et maintiennent de manière complexe l'équilibre de la vie pour tous les

organismes vivants. L'influence collective de divers facteurs climatiques impacte directement le développement et la répartition des êtres vivants.

L'Algérie, présente un climat méditerranéen caractérisé par une période prolongée de sécheresse estivale, d'une durée d'environ 3 à 4 mois le long du littoral, de 5 à 6 mois sur les hauts plateaux et de plus de 6 mois dans la région de l'Atlas saharien. Les principaux facteurs influençant cette caractéristique sont la mer, le terrain et l'altitude.

Selon (ABDESSELAM,1995), la distribution des précipitations dans la région du Djurdjura dépend des conditions générales du climat méditerranéen qui se caractérise par :

- ✓ Hivers froids et humides avec des variations annuelles irrégulières.
- ✓ Des étés chauds et secs avec des périodes sèches bien définies.

### II.1.3.1. Les précipitations

Les précipitations sont caractérisées par des schémas inégaux d'un endroit à l'autre (SELTZER, 1946 ; QUEZEL, 1957 ; CHAUMONT & PAQUIN, 1971).

En Algérie, les précipitations sont influencées par divers facteurs géographiques, particulièrement l'altitude, la latitude, la longitude et l'exposition. Les altitudes plus élevées connaissent généralement une pluviosité accrue, tandis que les pentes exposées aux vents humides ont tendance à recevoir des précipitations plus élevées. De plus, la pluviosité augmente progressivement d'ouest en est et diminue à mesure que l'on s'éloigne de la côte vers le sud.

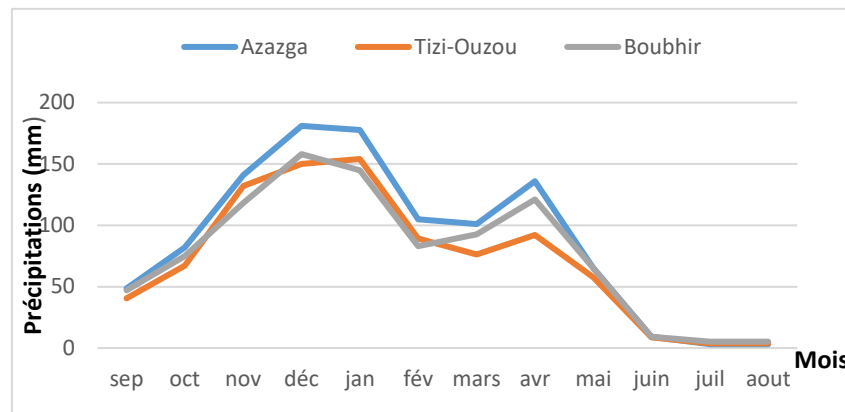
Les versants nord de la chaîne du Djurdjura reçoivent des précipitations, dont de la neige, allant de 1500 à 2000 mm par an. À l'inverse, la zone côtière et les contreforts présentent des niveaux de précipitations plus faibles, variant entre 800 et 900 mm par an (DERRIDJ, 1990 ; ABDESSELAM,1995)

Afin de caractériser notre région d'étude du point de vue climatique, nous nous sommes basés sur les données pluviométriques disponibles pour les stations Azazga, Tizi-Ouzou et Boubhir pour la période 1994-2014 (annexe 1) (BOUAZIZ & MAHMOUDIA, 2021).

La lecture de la figure 8 montre que les précipitations les plus importantes s'observent de novembre à avril (plus de 80% du total pluviométrique) avec deux pics :

- Le premier pic est observé en décembre et en janvier avec respectivement 181mm et 178mm
- Le second pic, moins important, est observé au mois d'avril avec 136mm

Ces précipitations diminuent ensuite progressivement pour atteindre les valeurs de l'ordre de 3,1 mm en juillet et 6 mm en aout puis reprennent en septembre.



**Figure 8 :** Les précipitations moyennes mensuelles (en mm) à certaines localités de la région d'étude (période 1994-2014).

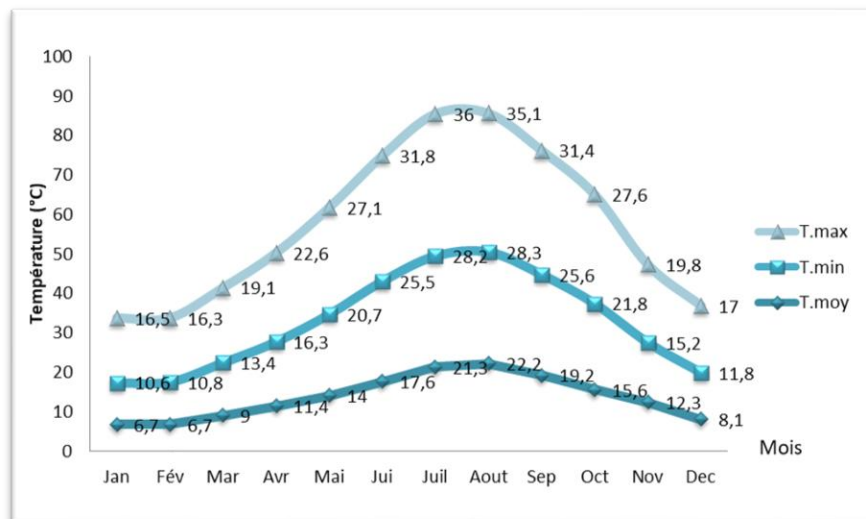
### II.1.3.2. La température de l'air

La température est un facteur limitant d'importance critique qui contrôle tous les processus métaboliques et détermine par conséquent la répartition des espèces et des communautés dans la biosphère (RAMADE, 1984). Elle influence directement la vie des organismes aquatiques (ANGELIER, 2000).

La température de l'air affecte la physiologie, le comportement et la survie des organismes dans les écosystèmes terrestres, d'eaux douces et marines. Il influence le taux de réactions biochimiques et les processus métaboliques chez les plantes et les animaux. La température influence le développement et la croissance des organismes, leurs modes de reproduction et leurs interactions écologiques globales. Les organismes ont des tolérances thermiques différentes et les variations de la température de l'air peuvent entraîner des changements dans la composition et la répartition des espèces au sein des écosystèmes.

Les valeurs mensuelles minimales, maximales et moyennes de la température de l'air, enregistrées dans la région de Tizi- Ouzou entre 2010 et 2021 (MAHFOUFI & SAIB, 2022) sont représentées dans l'annexe 2.

La lecture de la figure 9 montre que les températures moyennes mensuelles minimales les plus faibles sont enregistrées durant les mois de janvier et février avec 7 et 7,2 °C, les températures moyennes mensuelles maximales les plus élevées sont observées au mois de juillet avec 36,06 °C.



**Figure 9 :** Température moyennes mensuelles de l'air en (°C) (maximales, minimales, moyennes) enregistrées à Tizi-Ouzou (Période 2012-2020), Source O.N.M de Tizi-Ouzou.

## II.2. Description des cours d'eau et des stations d'étude

### II.2.1. Choix des sites d'étude

Parmi les stations prospectées, 6 sont retenues en tenant compte de certains paramètres tels que : l'altitude, la distance à la source, la pente, nature du substrat, la présence ou non des perturbations, notamment anthropiques et dans une certaine mesure, la régularité de la répartition des stations le long des cours d'eau. Ce choix est aussi conditionné par l'accessibilité aux stations.

Les 6 stations se répartissent comme suit :

1 station sur assif Illilthen: AI ;

1 station sur assif Hallil (s.s) : HAL ;

3 stations sur assif El-Khemis :IL, KH1, KH2 ;

1 station sur l'oued Boubhir (s.s) : BH.

Les stations sont indiquées par des carrés sur la figure 10. Pour chaque station nous indiquons :

- La localité la plus proche ;
- L'altitude ;
- La pente ;
- La largeur du lit ;
- La profondeur de la lame d'eau ;

- La vitesse du courant ;
- La température de l'eau ;
- La nature du substrat ;
- La végétation aquatique ;
- Et l'action anthropique lorsqu'il y en.

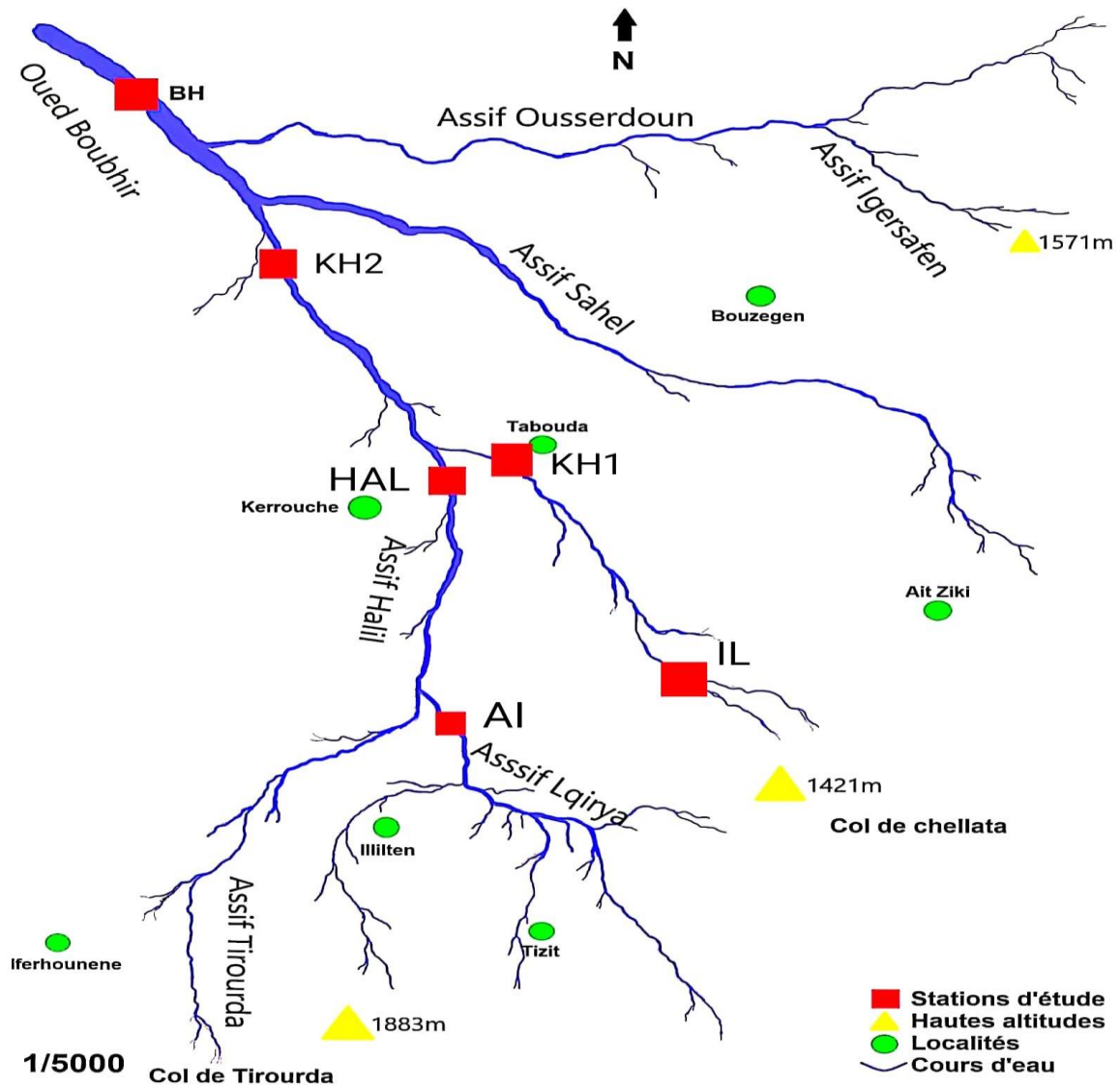


Figure 10 : Réseau hydrographique et emplacement des stations étudiées.



**Figure 11 : Station AI**



**Figure 12 : Station HAL**



**Figure 13 : Station IL**



**Figure 14 : Station KH1**



**Figure 15: Station KH2**



**Figure 16: Station BH**

## **II.2.2. Assif Hallil et ses tributaires**

### **II.2.2.1. Assif Illilthen**

C'est un cours d'eau de montagne de dimension réduite, prend naissance à 1500m d'altitude à partir des sources et des ruisselets alimentés par les eaux de pluies et de fonte de neige du col de Tirourda. Doté d'une pente moyenne de l'ordre de 11%, il coule en orientation Sud-Nord sur une distance d'environ de 7 km entre 1300 et 500 m d'altitude avant de se jeter dans l'assif Hallil (s.s).

Une station est retenue sur ce cours d'eau : AI

### **II.2.2.2. Assif Hallil (s.s)**

Cours d'eau de montagne qui prend naissance dans le col de Chellata. Il collecte les écoulements de petits ruisseaux alimentés par les eaux de pluie et de fonte des neiges.

Une station est retenue sur ce cours d'eau : HAL

### **II.2.3. Assif El-Khemis**

Cours d'eau de montagne, il collecte l'ensemble des écoulements en provenance des cols de Chellata et Tirourda ainsi que de nombreuses sources. Il traverse une forêt formée de chêne vert et d'olivier. Il suit la direction Sud-Est et Nord-Ouest sur une distance de 12 à 15 km avant de rejoindre Assif Ousserdoun pour former l'Oued de Boubhir.

Trois stations sont retenues sur ce cours d'eau : IL, KH1 et KH2.

### **II.2.4. Oued Boubhir (s.s)**

Oued Boubhir est un prolongement de l'Oued Hallil. Il prend sa source à 20 km au Sud-Ouest d'Azazga et coule du Sud au Nord à une altitude de 200 à 220 mètres. La pente moyenne est de l'ordre de 2% et la largeur du lit peut atteindre par endroit plus de 4 à 8 m. l'importance de ses débits réside dans ces débits du col de Tirourda (assif El-Khemis, assif Sahel, assif Hallil) et de l'Akfadou (assif Ousserdoun).

Une station est retenue sur ce cours d'eau : BH.

**Tableau 2 : Caractéristiques mésologiques des stations étudiées.**

	Assif Hallil et ses tributaires		Assif El Khemis			Oued Boubhir (s.s)
Stations	AI	HAL (s.s)	IL	KH 1	KH2	BH
Localisation	1,5 km en aval du village Tizit	A 30m en amont du pont Kerrouche	1.5 km du village Ath Lahcen	Situer dans la commune d'illoula	En aval du lieu-dit pont El Khmiss	100 m en amont du pont de Boubhir
Distance à la source (km)	2	11	2		20	23
Altitude (m)	800	380	900	410	200	200
Pente (%)	15	3	14	6	2	1
Profondeur (cm)	20	25	15	20	30	40
Vitesse du courant	Rapide	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Très rapide	Rapide
Température(C°)	10	20	9	17	22	25
Largeur du lit (m)	2	6	0.5	3	7	9
Substrat	Blocs, sable, gros galets, galet, débris végétaux.	Gros galets, sable, limons, débris végétaux et matière organique	Blocs, sable, gros galets, limons, débris végétaux très important.	Gravie et limons dominants, et la vase	Grossier, gravier plus important et présence de sable, limons	Bloc, galet, sable, vase et matière organique.
Végétations aquatique	Mousses, algues.	Algues et mousses.	Mousses	Macrophyte et les mousses	Algues, macrophyte, végétations immerger	Forte présence d'algues et de macrophytes.
Recouvrement (%)	90	60	70	50	20	0
Végétations bordante	Strates arborées, arbustive et herbacée.	Strates arborée et arbustive	Strates arborées, arbustive et herbacée.	Strates arborées, arbustive et herbacée.	Strate herbacée importante, arbustive	Strates herbacée et arborescente
Action anthropique	-Agriculture modeste -petit captage d'eau.	Pompage d'eau. - Réseau d'assainissement village Kerrouche - Présence d'une serre avicole en amont.	-Agriculture modeste -petit captage d'eau.	-pollution -pompage de l'eau pour l'irrigation -assainissement et rejet domestique	-Réseaux d'assainissement -pompage -matières organique	- Déchets sur les rives -Pompage de l'eau pour l'irrigation. -Présence d'une centrale à béton.

## II.3. Les caractéristiques physiques des stations

### II.3.1. La pente

La pente exerce une influence significative sur de multiples aspects de l'écosystème aquatique, notamment la vitesse du courant, la taille des particules du substrat, ainsi que la distribution des populations de diptères.

La pente affecte la taille des éléments du substrat. Dans des zones à forte pente, les matériaux du fond du cours d'eau ont tendance à être plus gros et plus anguleux, ce qui influe sur la disponibilité des microhabitats pour les larves de diptères. Des gradients de pente variés créent ainsi une diversité de niches écologiques pour les diptères aquatiques (Doe, 2007 ; Smith, 2012 ; Brown, 2015).

### II.3.2. Le débit

Le débit d'un cours d'eau représente la quantité d'eau en mouvement, une mesure qui peut être liée à la présence de matière organique ou minérale, qu'elle soit inerte ou vivante, endogène ou exogène, comme l'a précisé (Lavandier, 1979). Ce paramètre complexe dépend de plusieurs facteurs, dont l'altitude, la nature des sols traversés, les précipitations et la présence de neige en amont du cours d'eau.

Dans une perspective similaire, les recherches de (Rodriguez, 2003) ont révélé que le régime hydrologique des cours d'eau de montagne peut varier au fil des saisons. Par exemple, de décembre à mi-avril, ces cours d'eau peuvent présenter un régime pluvionival, où la principale source d'eau provient des précipitations et de la fonte de la neige accumulée. En revanche, de mi-avril au début de juin, le régime peut devenir principalement pluvial, marqué par des précipitations abondantes. Ces variations saisonnières peuvent avoir un impact significatif sur le débit et les caractéristiques chimiques des eaux.

### II.3.3. L'écoulement et la vitesse du courant

Ces facteurs clés exercent une influence significative sur les populations de diptères. Parmi les caractéristiques hydrologiques qui revêtent une importance écologique fondamentale, la vitesse du courant se distingue en conditionnant les possibilités de survie et de prospérité des organismes en fonction de leurs limites de tolérance, de leur comportement, de leur distribution géographique, et de leur métabolisme au sein des communautés aquatiques.

La vitesse du courant peut affecter les stratégies de ponte des diptères. Dans des eaux à faible vitesse, certains diptères déposent leurs œufs à la surface de l'eau, tandis que d'autres

préfèrent des courants plus rapides pour leurs pontes. Cette variation de comportement peut entraîner une distribution différentielle des espèces de diptères le long du cours d'eau (TURNER, 2008).

La vitesse du courant peut influencer la disponibilité de la nourriture pour les larves de diptères. Des courants plus rapides peuvent transporter plus de particules alimentaires, ce qui peut favoriser la croissance des larves de certaines espèces de diptères, tandis que d'autres peuvent être mieux adaptées à des conditions de faible vitesse (LEWIS, 2014).

Dans le cadre de notre travail, nous avons mesuré la vitesse du courant en utilisant un flotteur (feuille séchée, un bouchon en liège) lâché en dérive sur une distance connue et le temps pris est donné par un chronomètre. La valeur moyenne de la vitesse du courant est classée selon l'échelle de Berg :

- Vitesse très lente : inférieure à 10cm/s ;
- Vitesse lente : 10 à 25 cm/s ;
- Vitesse moyenne : 25 à 50cm/s ;
- Vitesse rapide : 50 à 100cm/s ;
- Vitesse très rapide : supérieure à 100cm/s.

#### **II.3.4. Le substrat**

Le substrat est un élément essentiel qui exerce une influence majeure sur la micro distribution des communautés de diptères dans les écosystèmes aquatiques. Il est souvent sous-estimé, joue un rôle significatif dans la structure des populations de ces insectes (ANDERSON, 1992).

Les substrats aquatiques sont diversifiés et comprennent des éléments tels que les rochers, les galets, le sable, la boue et la matière organique. Les recherches de (Johnson,2005) ont montré comment la taille et la composition de ces substrats peuvent influencer la présence et la distribution des diptères. Par exemple, certains diptères préfèrent pondre leurs œufs dans les interstices des rochers ou entre les grains de sable, tandis que d'autres optent pour des substrats riches en matière organique.

Dans cette optique, les mousses et la végétation aquatique se distinguent en tant que supports privilégiés pour les diptères. Ils offrent non seulement un lieu de ponte idéal, mais également une source de nourriture et d'abris pour les larves. (GARCIA,2010) a mis en avant

comment les diptères peuvent exploiter ces substrats végétaux pour leur survie et leur reproduction.

### II.3.5. La température de l'eau

La mesure de la température de l'eau est une composante essentielle des études limnologiques, et elle joue un rôle central dans la compréhension des écosystèmes aquatiques (REED, 2002). En effet, la température de l'eau influence divers processus clés, notamment la solubilité des gaz, tels que l'oxygène, la variation du pH de l'eau et la dissociation des sels dissous, comme l'a précisé (Rodier, 1996). Ces facteurs sont cruciaux pour la santé et la stabilité des écosystèmes aquatiques.

Des températures élevées peuvent accélérer le cycle de vie des diptères, tandis que des températures plus basses peuvent le ralentir, ce qui peut avoir des conséquences significatives sur la composition de la faune aquatique (TURNER, 2015).

Dans le cadre de notre propre recherche, nous avons effectué des relevés ponctuels de la température de l'eau dans les stations d'étude lors des opérations d'échantillonnage, en utilisant un thermomètre à mercure, en raison des contraintes liées à la mesure quotidienne.

### II.3.6. Le couvert végétal

Dans le domaine de l'hydrologie, la couverture végétale joue un rôle central en influençant divers aspects tels que le ruissellement de surface, l'évapotranspiration et la capacité de rétention d'eau.

Il joue un rôle essentiel dans la prévention du réchauffement excessif de l'eau pendant l'été et joue un rôle important dans la distribution de la faune benthique (LOUNACI, 2005). Selon (Messouden et al., 2007) le couvert végétal en Kabylie est très dense, variant avec l'altitude et présentant une stratification visible de type méditerranéen.

- Les forêts, allant de 900 à 1500 mètres d'altitude, dominent les régions montagneuses et composées d'espèces de chênes verts (*Quercus rotundifolia*) et de majestueux cèdres (*Cedrus atlantica*).
- La végétation du maquis prospère à des altitudes inférieures à 800 mètres, occupant principalement des zones intermédiaires composée principalement d'oliviers denses (*Olea europea*) et de petites parcelles de figuiers (*Ficus carica*).
- Les terres cultivées sont concentrées dans les plaines et englobent une gamme diversifiée de pratiques agricoles, y compris l'arboriculture et le maraîchage. Ces

régions se caractérisent par de vastes vergers fruitiers et des champs de légumes dynamiques.

Les berges des cours d'eau présentent des formes de végétation variées, adaptées à leurs conditions hydrologiques et écologiques spécifiques. À des altitudes plus élevées, les strates herbacées et les plantes épineuses dominent le paysage, permettant la rétention d'eau et réduisant l'érosion. Dans les régions de piémont et de plaine, on peut rencontrer l'aulne (*Alnus glutinosa*), le laurier-rose (*Nerium oleander*), le merisier (*Cerasus avium*), le tamaris (*Tamarix* sp), le peuplier blanc (*Populus alba*), le peuplier noir (*Populus nigra*), le roseau (*Arundo donax*) et autres végétaux épineux.

La végétation aquatique fait partie intégrante de l'écosystème, comprenant des mousses, des algues et des macrophytes. Les mousses sont répandues dans le cours supérieur des cours d'eau, tandis que les algues filamenteuses deviennent plus abondantes en aval. Cette diversité de végétation aquatique crée des habitats pour les organismes aquatiques, filtre l'eau et maintient les niveaux d'oxygène. Il contribue également au cycle des nutriments, à la qualité globale de l'eau et à la subsistance du réseau trophique aquatique.

#### **II.4. Les perturbations anthropiques**

Les réseaux hydrographiques de la Kabylie ont connu une forte dégradation en raison de la croissance rapide de la population et du développement industriel et agricole, entraînant une augmentation sans précédent du volume des déchets urbains. Ces dégradations ont conduit à la fragmentation progressive des habitats, entraînant des modifications profondes et rapides des communautés d'organismes aquatiques, entraînant une perte de diversité et/ou des déséquilibres démographiques (LOUNACI, 2014).

Au sein du réseau hydrographique étudié, l'impact anthropique varie selon les différentes zones, en fonction de l'altitude de la zone concernée. Les zones en amont des cours d'eau sont principalement affectées par la pollution domestique causée par l'élevage et le prélèvement d'eau à des fins d'irrigation. Par conséquent, l'impact potentiel sur les cours d'eau devrait être relativement faible. Cependant, dans les contreforts et les basses altitudes, les perturbations d'origine humaine sont variées et plus intenses.

##### **II.4.1. Origine agricole**

Provient des effluents du bétail et de l'utilisation de pesticides, d'engrais organiques et inorganiques pour la fertilisation des terres et l'amélioration du rendement des cultures. Ces

composés peuvent être lessivés lors des précipitations et transportés dans les cours d'eau, induisant des déséquilibres de la faune et de la flore aquatiques.

De plus, l'élevage, le pâturage et le pompage excessif de l'eau à des fins d'irrigation peuvent progressivement assécher les zones en aval.

#### **II.4.2. Origine urbaine**

Dues aux rejets d'eau domestiques contaminée par les substances chimiques, tels les détergents, induisant à l'apparition des mousses sur la surface des eaux, le pâturage en est une autre cause de cette pollution. Il détruit la végétation riveraine et favorise le phénomène de l'érosion et de la pollution organique de l'eau par les fèces et autres débris organiques. Ajoutant à cela les décharges publiques constituées de dépôts anarchiques et abondants de déchets urbains biodégradables et non biodégradables.

#### **II.4.3. Origine avicole**

L'aviculture est responsable du rejet de nombreux polluants organiques et inorganiques dans les eaux de surface et souterraines. Ces contaminants comprennent les composés phosphorés ou azotés provenant des déjections animales et les engrais commerciaux, notamment les nitrates, qui contribuent aux perturbations de l'eutrophisation réduisant la transparence des eaux et augmentant leurs turbidités.

# **Chapitre III**

## **Matériels et Méthode**

L'objectif de ce travail est l'établissement de listes faunistiques des Diptères et de rechercher les relations entre les caractéristiques du milieu et sa faune. La démarche a été d'échantillonner les habitats représentatifs d'assif Hallil, d'assif El-Khemis et de l'oued Boubhir (s.s) sur la base d'un protocole établi après une étude bibliographique.

L'échantillonnage est selon (DAVIS,2013), une méthode essentielle pour recueillir une représentation diversifiée de la faune présente dans un environnement aquatique donné. Cette approche vise à obtenir un panorama le plus exhaustif possible des taxons de diptères présents dans le cours d'eau étudié, afin de mieux comprendre la biodiversité de cet écosystème.

Dans le présent travail, l'unité de base de l'échantillonnage est la station qui correspond à un tronçon de cours d'eau dont la largeur est sensiblement égale à dix fois la largeur du lit mouillé au moment du prélèvement (GENIN et *al.*, 2003). Le matériel biologique est récolté le 6 mai 2023.

### **III.1. Matériels et méthodes d'échantillonnage**

#### **III.1.1. Récolte de la faune benthique**

Les prélèvements benthiques ont été effectués au filet Surber, vide de mailles de 300  $\mu\text{m}$ , dans des zones peu profondes (inférieures à 40 cm), sur des substrats de galets, de graviers, de sable, de limons, d'argile et de vase. Les surfaces prélevées sont de l'ordre de 0,25m<sup>2</sup>.

Le filet Surber est positionné verticalement contre le substrat du cours d'eau, en veillant à orienter l'ouverture du filet à contre-courant. En remuant délicatement le substrat et en soulevant les pierres, la faune interstitielle est entraînée par le courant dans le filet.

Le matériel biologique récolté est transféré dans des sachets en matière plastique, puis fixé dans de l'alcool à 70 % ou du formol à 8 % sur le lieu même de prélèvement. La date, le numéro et les caractéristiques de la station sont notés à chaque sortie.

#### **III.1.2. Lavage, tri et détermination de la faune**

Les échantillons sont lavés à travers une série de tamis de mailles de tailles décroissantes, allant de 5 à 0,2, afin d'éliminer le substrat fin et les éléments grossiers tels que les débris végétaux.

(RODRIGUEZ,2008) a précisé l'importance du pré-tri et de l'identification préliminaire sous une loupe binoculaire. Cette étape permet de séparer les organismes collectés du substrat et d'obtenir une première idée de la composition de la faune. Les spécimens sont manipulés à

l'aide de pinces fines et placés dans des boîtes de Pétri à fond quadrillé pour une identification plus poussée.

Enfin, la détermination des larves et des nymphes des Diptères est faite en se basant sur les clés de détermination suivantes : (Tachet et al., 1980 ; Rivoecchi, 1984 ; Anders, 1997)

### **III.1.3. La chasse d'adultes**

La chasse d'adultes aux abords des cours d'eau permettant d'une part, de compléter l'échantillonnage benthique et, d'autre part de confirmer les déterminations de certains taxons difficiles à séparer au stade larvaire.

Cette technique consiste à secouer vigoureusement les branches basses des arbres et des arbustes situés le long des rives des cours d'eau, puis à recueillir les imagos qui tombent dans le parapluie japonais, dont la toile forme une légère dépression. Les insectes ainsi collectés sont capturés rapidement à l'aide de pinces pour éviter leur évasion puis conserver dans de l'alcool à 70%.



**Figure 17** : Parapluie japonais

## III.2. Méthodes d'analyse faunistique

### III.2.1. Indices écologiques de composition et de structure

Les indices de diversité sont des outils essentiels pour évaluer la structure et la richesse d'une communauté biologique. Ils fournissent une mesure quantitative de la biodiversité et permettent de caractériser la composition d'une population, de comparer différentes populations et d'observer comment elles évoluent dans le temps et dans l'espace. Voici une analyse plus détaillée de ces indices.

### III.2.2. La Richesse spécifique

La richesse taxonomique ou spécifique correspond au nombre total d'espèces (taxons), présent dans chaque prélèvement (RAMADE, 2003).

$n$  = nombre d'espèces dans la zone d'étude.

### III.2.3. Abondance relative des espèces

L'abondance représente le nombre d'individus du taxon (i) présent par unité de surface ou de volume (RAMADE, 2003). C'est une mesure importante pour comprendre la répartition des individus parmi les espèces dans une communauté. Variable aussi bien dans l'espace que dans le temps. Elle a pour équation :

$$\text{Abondance relative d'une espèce} = \frac{\text{Nombre d'individus de cette espèce}}{\text{Nombre total d'individus dans l'échantillon}} \times 100$$

**Pi** : La probabilité de rencontre de l'espèce de rang (i).

**Ni** : Nombre d'individus de l'espèce i.

**N** : Nombre total d'individus.

En fonction de Pi (%) les espèces ont été qualifiées comme suite :

- $0\% \leq P_i < 20\%$  : espèce rare.
- $20\% \leq P_i < 40\%$  : espèce rare dispersée.
- $40\% \leq P_i < 60\%$  : espèce peu abondante.
- $60\% \leq P_i \leq 80\%$  : espèce abondante.
- $P_i > 80\%$  : espèce très abondante.

$$P_i = n_i / N$$

### III.2.4. Occurrence relative des espèces

La fréquence d'occurrence est le rapport exprimé en pourcentage, entre le nombre de relevés ( $P_i$ ) où l'on trouve l'espèce ( $i$ ) et le nombre total de relevés réalisés ( $P$ ) dans une même station. Appelée aussi l'indice de constance (DAJOZ, 1985).

$P_i$  = nombre de prélèvements où l'espèce  $i$  est présente.

$P$  = nombre total de prélèvements.

$$C (\%) = P_i / P * 100$$

En fonction de la valeur de  $C (\%)$ , les espèces sont qualifiées comme suit :

- $C \geq 50\%$  : espèce constante.
- $50\% < C \leq 25\%$  : espèce accessoire.
- $C < 25\%$  : espèce accidentelle.

### III.2.5. Indice de diversité de Shannon $H'$

De tous les indices, l'indice de diversité de Shannon est le plus utilisé dans l'étude comparative des peuplements (SHANNON, 1963). Il est relativement indépendant de la taille de l'échantillon et prend en compte à la fois la richesse spécifique et l'abondance relative de chaque espèce. Cet indice a pour unité << Bit >> et est calculé à partir de la formule suivante :

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

Avec  $P_i = n_i/N$ .

$n_i$  : nombre d'individus de l'espèce de rang ( $i$ ).

$N$  : nombre total d'individus.

$H'$  est d'autant plus petit (proche de 0) que le nombre d'espèces est faible ou quelques espèces dominent ; il est d'autant plus grand que le nombre d'espèces est élevé et réparti équitablement. Autrement dit, la diversité est minimale quand  $H'$  tend vers zéro (0), et est maximale quand  $H'$  tend vers 5.

### III.2.6. Equitabilité (PIELOU, 1969)

L'indice d'équitabilité a été mis au point pour rendre compte de l'abondance relative de chaque taxon. Cet indice est dérivé de celui de Shannon.

On peut calculer l'équitabilité à partir de l'équipartition ou diversité maximale ( $H'$  max), laquelle correspond au cas où toutes les espèces seraient représentées par le même nombre d'individu. Dans ce cas :

Avec :

$H'$  : Indices de Shannon.

$S$  : Richesse spécifique.

$\text{Log}_2$  : Logarithme a base 2.

$\text{Ln } 2=0.30$ .

$$E = H' / H' \text{ max} = H' \log_2 S$$

L'équitabilité varie entre 0 et 1. Elle tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs correspond à une seule espèce, et tend vers 1 lorsque chacune des espèces est représentée par Un nombre d'individus.

### III.3. Traitement statistique des données

#### III.3.1. Corrélation de Pearson

Le coefficient de corrélation de Pearson indique le degré de relation linéaire entre deux séries de données (HELD, 2010), il peut prendre les valeurs ' - 1 ' à ' + 1 ' :

- Une valeur de + 1 montre que les variables sont parfaitement linéaires liées par une relation de plus en plus croissante.
- Une valeur de - 1 montre que les variables sont parfaitement linéaires liées par une relation décroissante.
- Une valeur de 0 montre que les variables ne sont pas linéaires entre elles.

Il est considéré comme forte corrélation si le coefficient de corrélation est supérieur à 0,8 et une faible corrélation si le coefficient de corrélation est inférieur à 0,5 (BOLBAOCA & JÄNTSCHI, 2006).

#### III.3.3. Analyse en composantes principales (ACP)

L'ACP a pour objet d'étudier la relation qui existe entre les variables quantitatives. Les résultats sont des données sous forme de graphes, l'un des variables et l'autre des individus. Le graphe des variables est donné par le cercle des corrélations, de rayon  $R=1$ . Il permet de voir quelles sont les variables qui sont corrélées les unes avec les autres et quelles variables sont expliquées par les axes factoriels.

**III.3.4 Analyse factorielle des correspondances (AFC)**

L'AFC est une méthode d'ordination couramment utilisée dans les études biologiques. Cette analyse réalisée à partir des abondances des espèces aide à déterminer les espèces caractéristiques de chaque groupe (HILL, 1974).

Son but est de rechercher la meilleure représentation simultanée de deux ensembles constituant les lignes et les colonnes d'un tableau de contingence, ces deux ensembles jouant un rôle symétrique. Ils permettent d'ordonner les valeurs d'un tableau suivant un certain nombre d'axes correspondant à des facteurs de distribution (THIOULOUSE & CHASSEL, 1997).

**III.4. Logiciels de calcul**

Le logiciel 'Statistica, 6.4 et Stat-Box ont permis de réaliser et de donner les représentations graphiques des analyses multivariées.

# **Chapitre IV**

## **Résultats et discussion**

Le but de cette partie du travail est d'essayer de définir et d'expliquer l'organisation spatiale des Diptères des cours d'eau étudiés en fonction des paramètres mésologiques.

#### IV.1. Paramètres mésologiques

##### IV.1.1. La pente

La lecture du tableau 3 montre que les pentes des stations présentent de grandes fluctuations et 2 secteurs sont mis en évidence

- Le secteur des stations IL et AI correspond aux stations amont avec des pentes plus importantes respectivement de 15% et 14%.
- Le secteur des stations de piémont (380 et 410) et de basse altitude (200), la pente ne dépasse pas 6%. On assiste à une rupture de pente et l'élargissement du cours d'eau avec l'eau qui coule sur un lit relativement plat.

**Tableau 3 :** Altitudes et pentes des stations étudiées.

Station	IL	AI	KH1	HAL	KH2	BH
Altitude (m)	900	800	410	380	220	200
Pente (%)	14	15	6	3	2	1

##### IV.1.2. La température de l'eau

La lecture du tableau 4 met en évidence deux groupes de stations

- Le premier groupe de stations renferme le secteur amont (IL et AI) elles sont alimentées par les sources et la fonte des neiges et sont fortement ombragées (recouvrement compris entre 70% et 90%) ce qui contribue fortement au maintien d'une température de l'eau assez basse ne dépassant pas 10°C
- Le deuxième groupe concerne les stations de piémont et de basse altitude dont la température de l'eau est comprise entre 17°C et 25°C. Cette élévation de la température de l'eau est due au réchauffement des eaux sous l'influence de l'insolation et à la réduction ou l'absence d'ombrage le long des cours d'eau.

**Tableau 4 :** Températures ponctuelle de l'eau enregistrées aux différentes stations étudiées.

Stations	IL	AI	KH1	HAL	KH2	BH
Altitude (m)	900	800	410	380	220	200
T°(C)	9	10	17	20	22	25
Recouvrement (%)	70	90	50	60	20	0

#### IV.1.3. L'écoulement et la vitesse du courant

La lecture du tableau 5 met en évidence deux groupes de stations

- Le premier renferme la station la plus alticole IL ainsi que les stations KH1, HAL (piémont) qui enregistrent une vitesse de courant qualifiée de moyenne.
- Le deuxième renferme les stations AI, KH2, BH enregistrent une vitesse du courant qualifiée de rapide.

**Tableau 5 :** Les valeurs de la vitesse du courant (cm/s) des stations étudiées.

Stations	IL	AI	KH1	HAL	KH2	BH
Alt (m)	900	800	410	380	220	200
Vitesse (cm/s)	30	74.37	45	27.72	74.29	55.27
Classification selon l'échelle de BERG	Moy	Rap	Moy	Moy	Rap	Rap

#### IV.1.4. Le substrat

Les stations étudiées se caractérisent dans leurs ensembles par une grande diversité structurale. Chaque catégorie de substrat est estimée par un pourcentage de recouvrement des surfaces en eau, estimée par observation directe à l'échelle des stations (tableau 6).

La distribution des stations en fonction de la nature du substrat montre une hétérogénéité du substratum en fonction des étages altitudinaux

- Dans les stations alticoles, le substrat est à dominance de gros galets et de gravier (secteur des stations IL, AI).
- Dans les stations de piémont, il est plutôt très hétérogène. Il est constitué de galets, de sable, de limons et de matières organiques.
- Dans les stations de basse altitude, le substrat est plutôt fin riche en matière organique.

Le substrat végétal quant à lui, est composé essentiellement de mousses en amont et il varié dans les autres parties des stations étudiées à dominance d'algue et macrophytes.

**Tableau 6 :** nature des substrats dans les stations étudiées.

Station	IL	AI	KH1	HAL	KH2	BH
Alt (m)	900	800	410	380	220	200
GG/G (%)	85	80	40	50	30	30
S/L (%)	15	20	50	40	50	50
MO (%)	0	0	10	10	20	20
Vaq (%)	5	5	5	15	15	20

#### IV.2. Structure mésologique

Dans le cadre de ce travail, 11 descripteurs environnementaux sont pris en compte pour caractériser chacune des 6 stations étudiées (tableau 07).

**Tableau 7 :** Caractéristiques mésologiques des stations étudiées.

Alt altitude (m), Dis distance à la source (km), Pen pente (%), La largeur du cours d'eau (m), Pro profondeur moyenne de la lame d'eau (cm), Vit vitesse du courant selon l'échelle de BERG (cm/s), Tem Température en (°C), GG Gros galets et galet (%), SL sables et limons (%), MO matières organiques (%), R Recouvrement (%).

Stations	IL	AI	KH1	HAL	KH2	BH
Alt (m)	900	800	410	380	220	200
Dis (km)	2	2	5	11	20	23
Pen (%)	14	15	6	3	2	1
Lar (m)	0,5	2	3	6	7	9
Pro (cm)	15	20	20	25	30	40
Vit (cm/s)	30	74,37	45	27,72	74,29	55,27
T (°C)	9	10	17	20	22	25
G/G (%)	85	80	40	50	30	30
S/L (%)	15	20	50	40	50	50
MO (%)	0	0	10	10	20	20
R (%)	70	90	50	60	20	0

L'analyse des corrélations entre les différents paramètres pris en compte le tableau 08 a montré que la plupart des variables sont inter-corrélées :

- Altitude, pente, substrat grossier et recouvrement variables parfaitement linéaires liées par une relation de plus en plus croissante ;
- Largeur du lit mineur, la profondeur moyenne du lit, températures de l'eau, matière organique et le substrat fin, variables liées par une relation décroissante.
- Leurs coefficients de corrélations sont hautement significatifs ( $r > 0,7$ ) et indiquent que ces paramètres sont fortement corrélés. Quant à la variable vitesse du courant son niveau de liaison est assez faible et ne présente pas de linéarité avec les autres paramètres.

**Tableau 8 :** Matrice des corrélations entre variables environnementales (N =10, P<)

Variables	Alt	Pent	Lar	Pro	Vit	T	G/G	S/L	MO	R
Alt	<b>1</b>									
Pent	<b>0,978</b>	<b>1</b>								
Lar	-0,918	-0,912	<b>1</b>							
Pro	-0,826	-0,796	<b>0,960</b>	<b>1</b>						
Vit	-0,191	-0,005	0,229	0,329	<b>1</b>					
T	-0,981	-0,981	<b>0,967</b>	<b>0,895</b>	0,127	<b>1</b>				
G/G	<b>0,986</b>	<b>0,950</b>	-0,856	-0,778	-0,209	-0,948	<b>1</b>			
S/L	-0,964	-0,923	<b>0,788</b>	<b>0,697</b>	0,166	<b>0,907</b>	-0,988	<b>1</b>		
MO	-0,965	-0,941	<b>0,925</b>	<b>0,875</b>	0,273	<b>0,964</b>	-0,961	<b>0,906</b>	<b>1</b>	
R	<b>0,857</b>	<b>0,849</b>	-0,859	-0,878	-0,184	-0,891	<b>0,871</b>	-0,800	-0,945	<b>1</b>

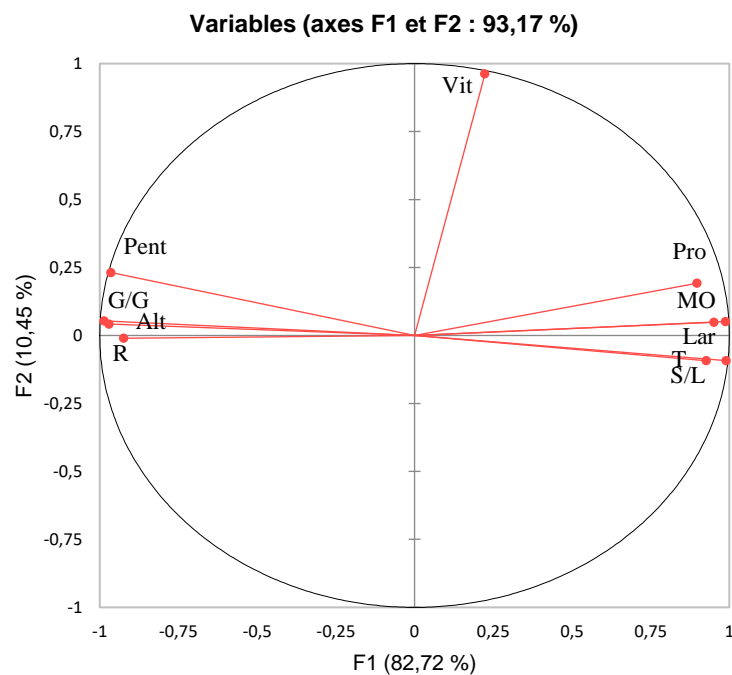
Pour connaître l'importance relative des variables mésologiques, une analyse en composante principale (ACP) a été réalisée et a fait apparaître clairement, dans l'espace des deux facteurs significatifs F1 (axe1) et F2 (axe 2) :

- Les relations entre les variables d'une part,
- La distribution des stations compte tenu de l'ensemble des variables environnementales d'autre part.

Ces deux axes concentrent une information totale de 93.17%, soit 82.72% sur l'axe 1 et 10.45% sur l'axe 2.

Le cercle de corrélation obtenu par l'ACP (figure 18), montre que les variables se répartissent en deux groupes :

- Les variables matière organique, profondeur, largeur du lit, température de l'eau, et substrat fin sont liées entre elles et avec l'axe 1 (en position positive), et voient leurs valeurs croître progressivement de l'amont vers l'aval.
- L'ensemble des variables substrat grossier, altitude, pente, recouvrement sont fortement corrélées entre elles et avec l'axe 1 (en position négative), et voient leurs valeurs décroître progressivement de l'amont vers l'aval.
- La variable vitesse du courant elle est corrélée positivement avec l'axe 2 (F2 : 10,45%)



XLSTAT  
Trial

**Figure 18** : ACP : Représentation de la distribution des variables environnementales

La représentation des stations dans l'espace, des mêmes facteurs significatifs (F1 : 82,72% et F2 : 10,45%), fait apparaître sur l'axe F1 l'opposition entre les stations les plus en amont, représentées par les stations AI et IL en position négative, et les stations en aval, comme BH et KH2 en position positive sur le même axe.

L'axe F2, quant à lui, distingue les stations en fonction de la vitesse du courant. en haut de l'axe F2, nous trouvons la station AI, caractérisée par une vitesse de courant élevée (74,37 cm/s), tandis qu'en bas de cet axe, la station HAL et KH1 montrent une vitesse de courant plus faible.

L'analyse factorielle met en évidence la variabilité environnementale des stations : les stations en altitude élevée et avec des pentes fortes (comme IL et AI) se trouvent en position négative sur l'axe F1, tandis que les stations de basse altitude avec des largeurs de lit plus larges et des substrats fins (comme KH2 et BH) se situent en position positive. La vitesse du courant, bien que moins corrélée aux autres variables, joue un rôle distinct sur l'axe F2, différenciant des stations comme AI avec une vitesse élevée, en haut, et HAL et KH1 avec une vitesse plus faible, en bas.

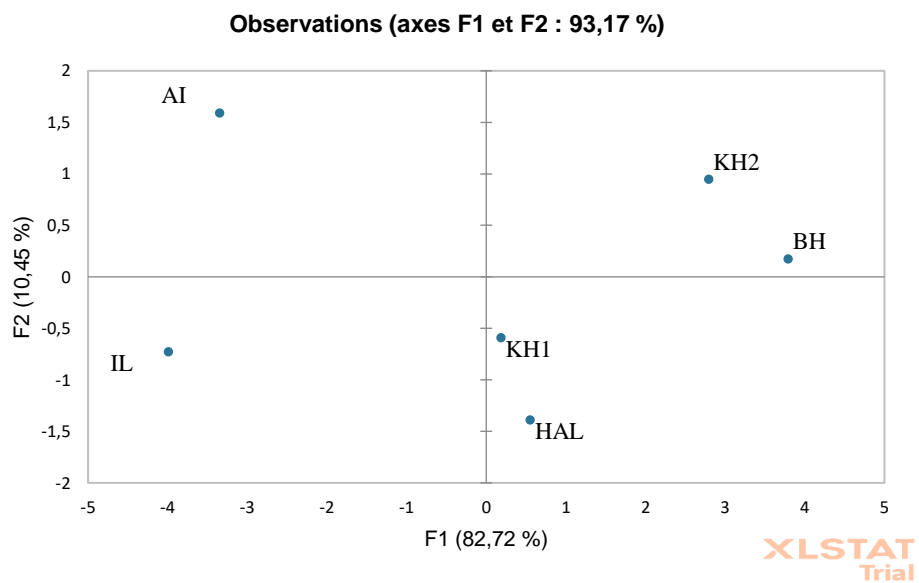


Figure 19 : Distribution spatiale des stations d'étude dans le plan factoriel F1-F2

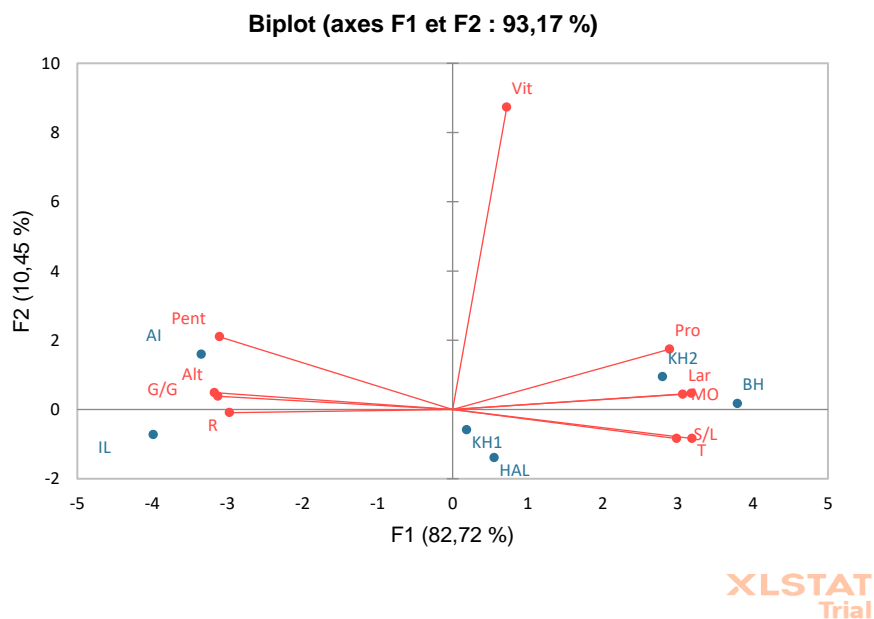
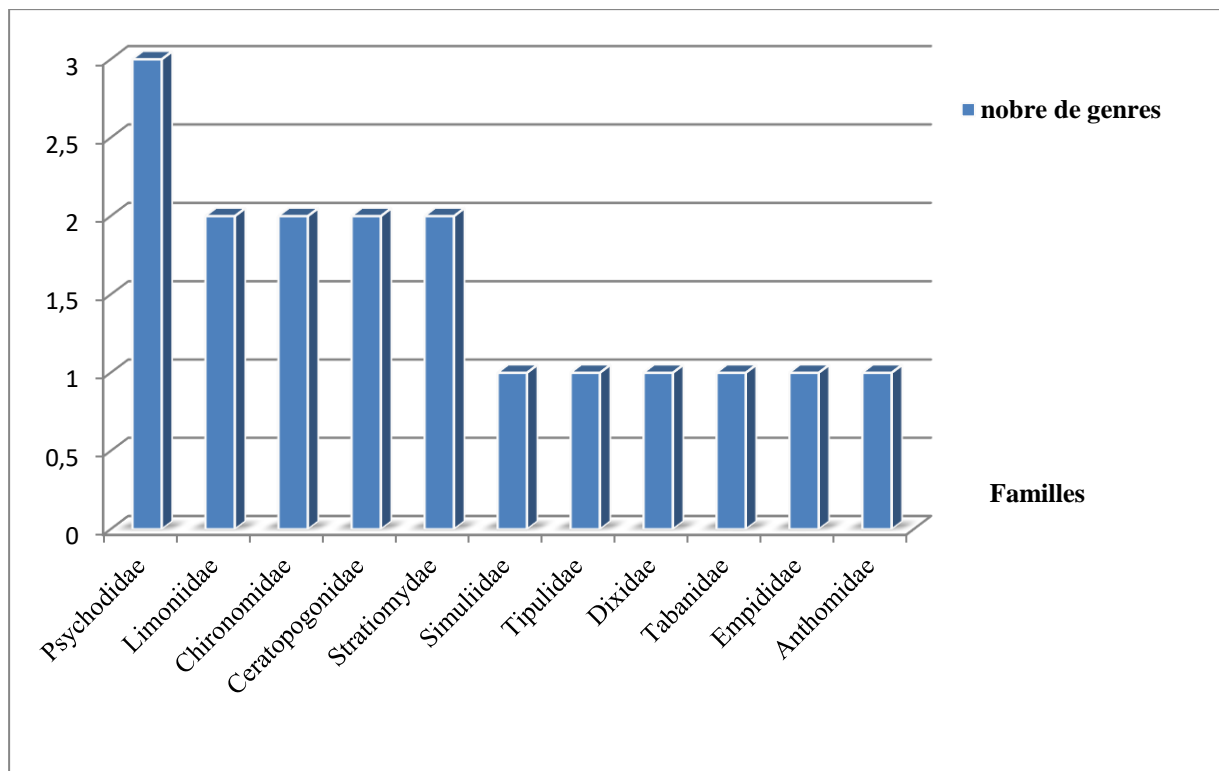


Figure 20 : ACP représentation de la distribution des paramètres environnementaux

### IV.3. Analyse du peuplement des Diptères

Dans l'ensemble des stations échantillonnées, un total de 1437 individus de Diptères est récolté appartenant à 11 familles et 17 genres. 15 taxa sont identifiés au niveau générique et 2 taxa seulement au niveau sous famille vue les difficultés de déterminations (tableau 9).

La famille Psychodidae est la plus diversifiée avec trois genres recensés. En deuxième position, se placent les Limoniidae, Chironomidae, Ceratopogonidae et Stratiomyidae avec deux genres. Les familles Simuliidae, Tipulidae, Dixidae, Tabanidae, Empididae et Anthomyiidae sont monogénériques (figure 21)



**Figure 21:** Représentation du nombre de genre par famille des diptères recensés.

Tableau 9: Répartition des Diptères dans les stations étudiées

Station Taxon	Code	AI (800m)	HAL (380m)	IL (900m)	KH1 (410m)	KH2 (220m)	BH (200m)	AB	ABR (%)	OC	OCR (%)
<b>Chironomidae</b>											
S/F Orthoclaadiinae	s/f O			2				2	0,13	1	16,66
S/F Chironominae	s/f C	20	63	2	62	64	160	371	25,81	6	100
<b>Total</b>		<b>20</b>	<b>63</b>	<b>4</b>	<b>62</b>	<b>64</b>	<b>160</b>	<b>373</b>			
<b>Simuliidae</b>											
<i>Simulium</i>	Sim	16	87	2	256	48	478	887	61,72	6	100
<b>Total</b>		<b>16</b>	<b>87</b>	<b>2</b>	<b>256</b>	<b>48</b>	<b>478</b>	<b>887</b>			
<b>Ceratopogonidae</b>											
<i>Sphaeromia</i>	Sph	2	15	2		12	3	34	2,29	5	83,33
<i>Atrichopogon</i>	Atr	2						2	0,13	1	16,66
<b>Total</b>		<b>4</b>	<b>15</b>	<b>2</b>		<b>12</b>	<b>3</b>	<b>36</b>			
<b>Psychodidae</b>											
<i>Psychoda</i>	Psy	4		2				6	0,41	2	33,33
<i>Tonnoiriella</i>	Ton	2						2	0,13	1	16,66
<i>Berdemiella</i>	Ber	2						2	0,13	1	16,66
<b>Total</b>		<b>10</b>		<b>2</b>				<b>10</b>			
<b>Dixidae</b>											
<i>Dixa</i>	Dix	5		10	6			21	1,46	3	50
<b>Total</b>		<b>5</b>		<b>10</b>	<b>6</b>			<b>21</b>			
<b>Limoniidae</b>											
<i>Limoniini</i>	Lim	10	2	27	5	2	2	48	3,34	6	100
<i>Hexatomini</i>	Hex			3				3	0,20	1	16,66
<b>Total</b>		<b>10</b>	<b>2</b>	<b>30</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>51</b>			
<b>Stratiomyidae</b>											
<i>Oplodontha</i>	Opl			3				3	0,20	1	16,66
<i>Oxycera</i>	Oxy	5						5	0,34	1	16,66
<b>Total</b>		<b>5</b>		<b>3</b>				<b>8</b>			
<b>Tipulidae</b>											
<i>Tipula</i>	Tip	4	2		3	2	3	14	0,97	5	83,33
<b>Total</b>		<b>4</b>	<b>2</b>		<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>14</b>			
<b>Tabanidae</b>											
<i>Atylotus</i>	Aty	2	4			2	2	10	0,69	4	66,66
<b>Total</b>		<b>2</b>	<b>4</b>			<b>2</b>	<b>2</b>	<b>10</b>			
<b>Anthomyiidae</b>											
<i>Limnophora</i>	Limn						25	25	1,73	1	16,66
<b>Total</b>							<b>25</b>	<b>25</b>			
<b>Empididae</b>											
<i>Chelifera</i>	Che						2	2	0,13	1	16,66
<b>Total</b>							<b>1</b>	<b>2</b>	<b>100</b>		
<b>Abondance (Totaux)</b>		<b>74</b>	<b>173</b>	<b>53</b>	<b>332</b>	<b>130</b>	<b>675</b>	<b>1437</b>			
<b>Richesse générique</b>		<b>12</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>8</b>				

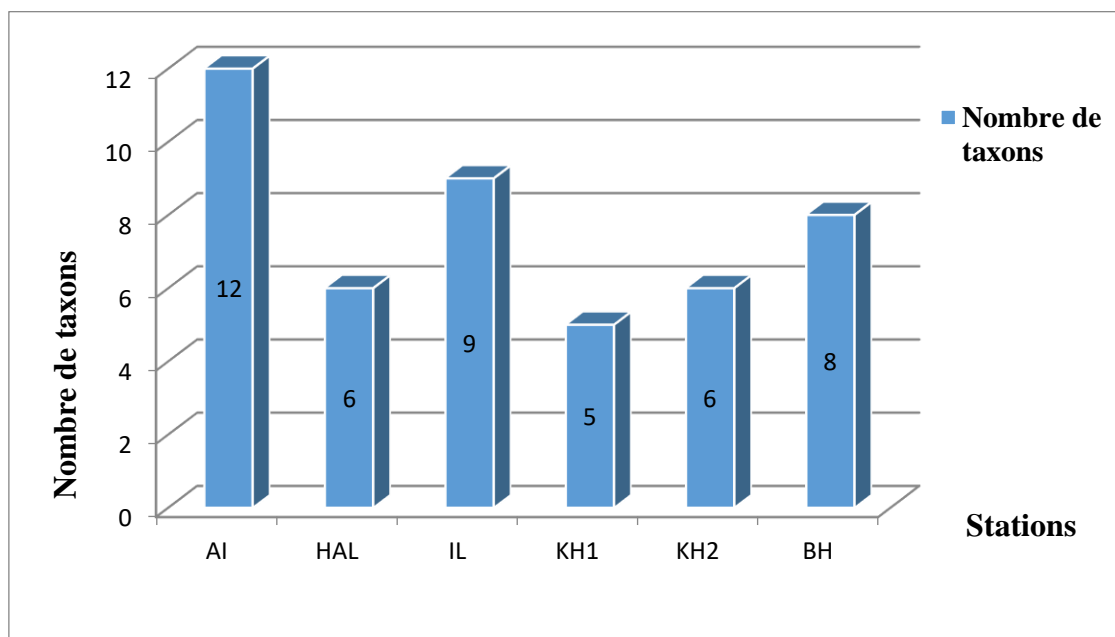
Ab Abondance ; ABR % abondance relative ; Occ Occurrence ; OccR % Occurrence relative

### IV.3.1. La richesse taxonomique

La richesse taxonomique des Diptères (figure 22) varie d'une station à une autre tout le long des cours d'eau étudiés. Le nombre de genres fluctue entre un minimum de 5 genres récoltés à la station KH1 (410 m) et un maximum de 12 genres noté à la station AI (800m).

Le torrent de montagne (800m) exempt de pollution, semble très propice au développement de plusieurs genres (12) dont 4 genres sont exclusifs à cette station. Les caractéristiques mésologiques à savoir, un substrat à dominance de blocs, galets et grand galet, une température de l'eau basse, un recouvrement important et une végétation aquatique riche en mousses semblent être les facteurs déterminant de la distribution de ce peuplement rhéophile, sténotherme d'eau froide et pollue-sensible.

Le ruisseau de source IL (900 m) enregistre une richesse taxonomique de 9 dont 3 genres qui semblent inféodés au crénel à savoir *Orthocladiinae*, *Hexatomini* et *Oplodontha*.



**Figure 22 :** Richesse taxonomique des Diptères aux stations étudiées

### IV.3.2. Abondance stationnelle des Diptères récoltés

Les Diptères recensés dans ce travail totalisent 1437 individus. Leur abondance fluctue d'une station à une autre, variant de 53 individus (station IL) à 675 individus (station BH).

La station BH, située à 200m d'altitude enregistre l'effectif le plus élevé dont 478 individus (71% du peuplement stationnelle) sont représentés par la famille des Simuliidae et l'unique genre *Similium*. Dans une moindre mesure, les Chironominae contribuent à 23% à l'effectif stationnel avec les 160 individus récoltés.

Le courant rapide, caractéristique de cette localité, offre un milieu idéal pour le développement de ces diptères. Le substrat hétérogène riche en gravier, galet, sable, et vase avec une forte teneur en matières organiques, fournit des sites de reproduction optimaux pour les larves. La température élevée de l'eau, atteignant 25°C, favorise la croissance et la reproduction des Simuliidae. L'abondance d'algues offrent des abris et des sites de ponte idéaux. Les activités anthropiques, telles que l'incinération de déchets et les pompages d'eau pour l'irrigation, peuvent contribuer à la libération de substances organiques dans l'eau, stimulant ainsi la croissance des larves de Simuliidae

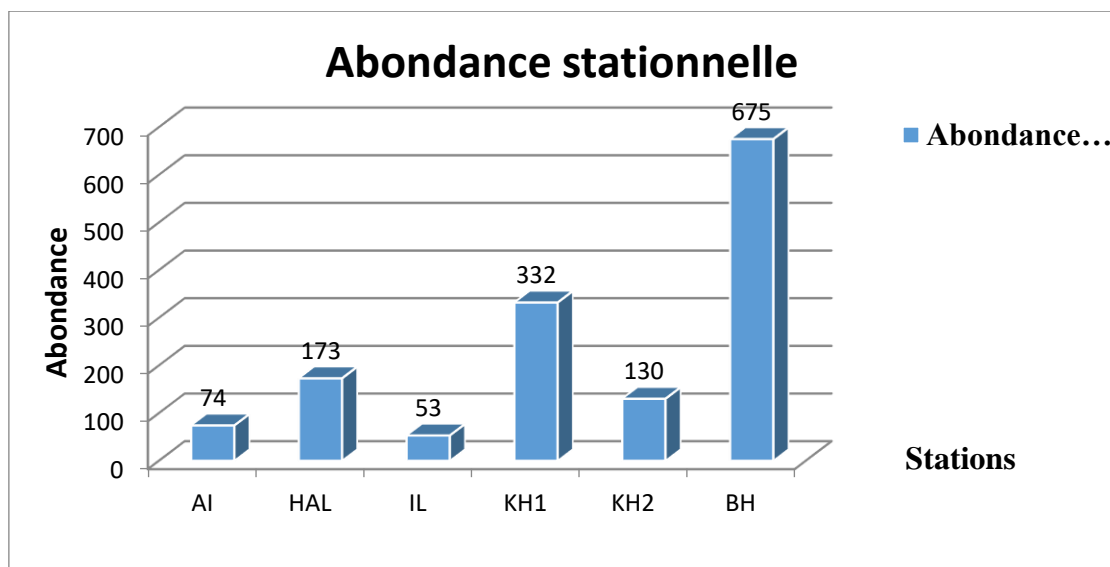


Figure 23 : Abondance des Diptères dans les stations étudiées.

### IV.3.3. Abondance et occurrence relatives des genres recensés

La lecture des figures 24 et 25 visualisant graphiquement l'abondance et l'occurrence relatives des taxons (genres) récoltés dans les 6 stations d'étude. Ils peuvent être scindés en 3 groupes

#### IV.3.3.1. Taxons dominants ou constants dont la fréquence d'occurrence est supérieure à 50%

Ce sont en général les espèces à population plus ou moins denses *Chironominae*, *Similium*, *Limoniini*, *Sphaeromia*, *Tipula*, *Atylotus*. Cela peut être attribué à une combinaison d'adaptations écologiques, de tolérance environnementale, de cycles de vie spécifiques, de stratégies de reproduction efficaces, et d'interactions complexes avec l'écosystème local. Cette prédominance témoigne de leur rôle important dans la structure et la dynamique de l'écosystème aquatique étudié.

#### IV.3.3.2. Taxons assez fréquents et peu abondants

Ce sont en général les taxons ayant des fréquences d'occurrences comprises entre 25 et 50 %, ce sont des éléments à population peu dense deux genres appartiennent à ce groupe *Psychoda* et *Dixa*.

#### IV.3.3.3. Taxons rares à la fois très peu abondants et très peu fréquents

Ce sont en général des taxons très localisés qui sont repérés dans une station et qui se caractérisent des biotopes bien spécialisé *Orthoclaadiinae*, *Tonnoiriella*, *Berdemiella*, *Hexatomini*, *Oplodontha*, *Oxycera*, *Limnophora*, *Chelifera*, *atrichopogon*.

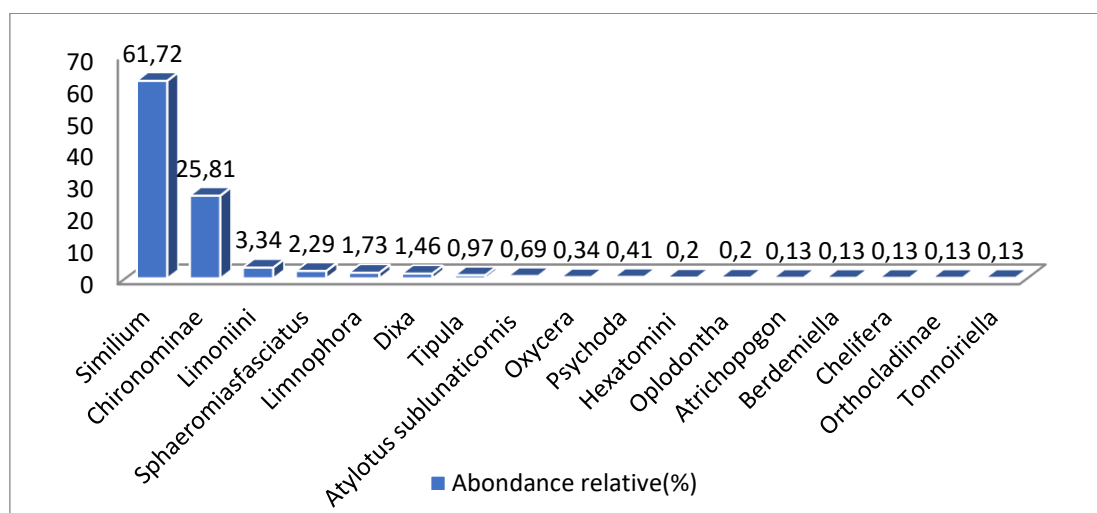


Figure 24: Abondance relative (%) des Diptères récoltés

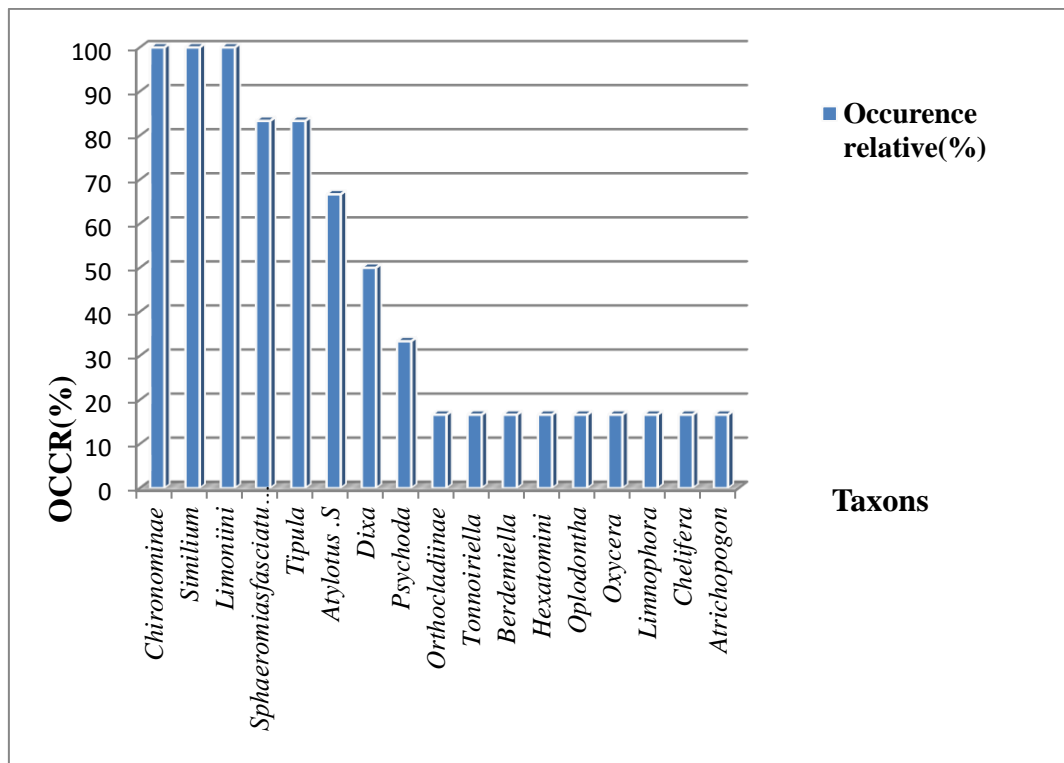


Figure 25 : Occurrence relative (%) des Diptères récoltés

#### IV.3.4. Limites altitudinales des taxons recensés

L'examen du tableau 10 relatif aux limites altitudinales des taxons, montre que les Diptères recensés peuvent être réparti en 4 groupes :

- **Groupe 1 :** Il est composé de 6 genres (*Chironominae*, *Similium*, *Sphaeromia*, *Limoniini*, *Tipula*, *Atylotus*) qui occupent toutes les tranches altitudinales. Ils sont eurythermes et eurytopes, ils colonisent tous les types d'habitats et sont à large valence écologique.
- **Groupe 2 :** ce groupe est constitué de taxons localisés dans des biotopes spécialisés composé de : *Atrichopogon*, *Psychoda*, *Tonnoiriella*, *Berdemiella*, *Oxycera*, *Hexatomini*, *Oplodontha*, *Orthocладиinae*), ils sont rhéophiles, sténotopes et sténothermes d'eau froide.
- **Groupe 3 :** appartient à ce groupe l'unique genre *Dixa* qui peut être considéré comme alticole mais pouvant descendre en moyenne montagne.

- **Groupe 4** : constitué par 2 genres *Limnophora* et *Chelifera* qui peuvent être considérés comme thermophiles, potamophiles et polluo-résistants.

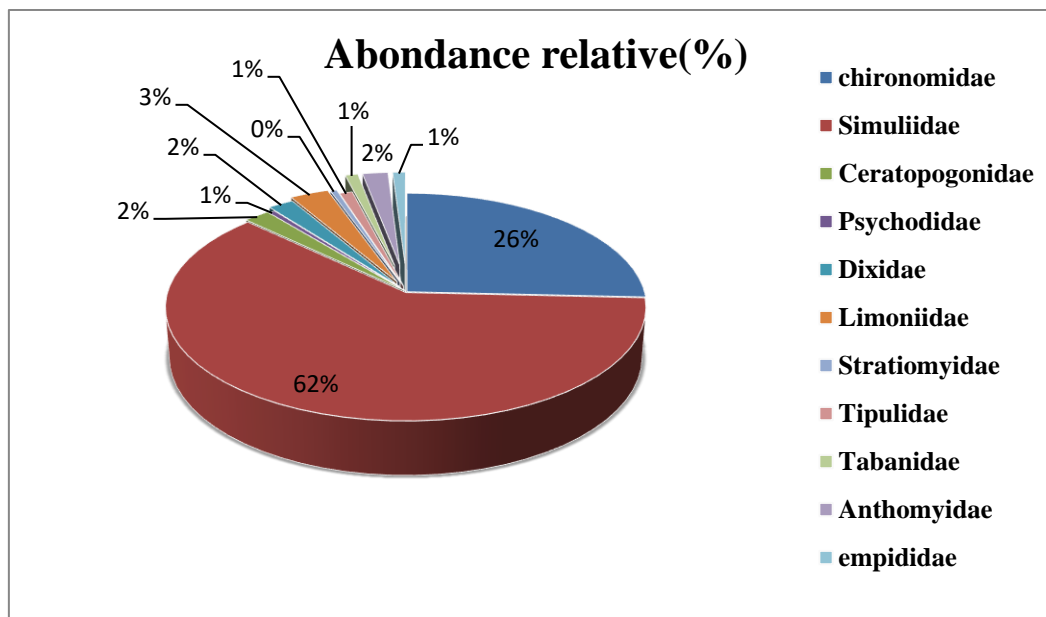
**Tableau 10** : Limites altitudinales des Dipètres récoltés.

Taxon / Altitude (m)	Alt ≥ 800	410 ≥ Alt ≥ 380	Alt ≤ 220
Chironominae	24	125	224
<i>Similium</i>	18	343	526
<i>Sphaeromia</i>	4	15	15
<i>Limoniini</i>	37	7	4
<i>Tipula</i>	4	5	5
<i>Atylotus</i>	2	4	4
<i>Atrichopogon</i>	2		
<i>Psychoda</i>	6		
<i>Tonnoiriella</i>	2		
<i>Berdemiella</i>	2		
<i>Oxycera</i>	5		
<i>Hexatomini</i>	3		
<i>Oplodontha</i>	3		
Orthoclaadiinae	2		
<i>Dixa</i>	15	6	
<i>Limnophora</i>			25
<i>Chelifera</i>			2
<b>Abondance</b>	<b>1437</b>		
<b>Richesse générique</b>	15	7	8

#### IV.3.5. Analyses quantitative et qualitative du peuplement des Diptères

Les résultats des prélèvements des Diptères effectués dans les 6 stations du réseau hydrographique de l'assif Hallil, de l'assif El Khmis et de l'oued Boubhir (s.s) ont permis la récolte d'un total de 1437 individus appartenant à 11 familles et 17 genres.

Sur le plan quantitatif, les Simuliidae sont largement dominants avec 887 individus, ce qui représente 61,72% du total des Diptères. Les Chironomidae occupent la deuxième place avec 373 individus (25,94% des diptères). Ils sont suivis par les Limoniidae avec 51 individus (3,54%). Se place en 4ème position la famille des Ceratopogonidae avec 36 individus (2,42%), suivie par les Anthomyidae (1,73%) avec 25 individus. Viennent ensuite les Dixidae avec 21 individus (1,46%), les Tipulidae avec 14 individus (0,97%), les Tabanidae et Psychodidae avec 10 individus chacun (0,69%), les Stratiomyidae avec 8 individus (0,54%) et enfin, les Empididae avec 2 individus récoltés.



**Figure 26 :** Abondance des familles de Coléoptères dans les stations prospectées

##### IV.3.5.1. La famille des Simuliidae

Constituent un des groupes les plus importants des diptères aquatiques, organismes rhéophiles occupent la seconde place dans l'ordre des Diptères, ils constituent 61,72 % (887 individus) de ce peuplement. Leur répartition longitudinale est très hétérogène.

L'importance relative des éléments de ce groupe peut être attribuée au développement des formes torrenticoles adaptées aux courants les plus forts et est en rapport avec les

températures de l'eau relativement élevées, la vitesse du courant assez élevée et la présence de matière organique, facteurs favorables à la prolifération des stades immatures.

Les Simuliidae sont représentés par l'unique genre *Simulium* recensé dans toutes les stations prospectées. Néanmoins, l'effectif le plus élevé est noté en aval avec 478 individus (BH, 200m d'alt.).

#### IV.3.5.2. La famille des Chironomidae

Les Chironomidae occupent la deuxième place dans l'ordre des Diptères, avec un total de 373 individus, représentant ainsi 25,94% de l'ensemble des Diptères récoltés. Cette famille se distingue comme la plus abondante. Les Chironomidae sont remarquablement répandus dans les cours d'eau examinés, qu'ils soient situés en altitude ou à des altitudes plus basses. En effet, MEBARKI (2017) signale l'abondance et la fréquence des Diptères Chironomidae dans les habitats aquatiques les plus divers.

##### ✓ La sous-famille des Chironominae

Se distingue comme le groupe le plus diversifié, totalisant 370 individus et représentant 99% de l'ensemble des Chironomidae inventoriés.

La sous famille des Chironominae récolté présente une large distribution avec des effectifs plus élevés en aval. En effet, (LOUNACI et DAOUDI,1996) signale que les Chironominae sont surtout diversifiés dans les milieux semi-lentiques ou lentiques. Certaines espèces se développent dans les eaux presque stagnantes ou les parcours à courant lent, ce qui explique leur rareté et même leur absence le long du cours supérieur. Les représentant de la S/F des Chironominae (*Chironomini et Tanytarsini*) sont eurythermes et polluo-résistants fréquentent les eaux calmes du potamal (HAOUCHINE, 2011).

##### ✓ La sous-famille des Orthoclaadiinae

Représentant seulement 1% de l'ensemble des Chironomidae, se distingue par la présence 2 individus observés exclusivement dans la station IL. Cette station, située à une altitude de 900 m, constitue l'unique site où cette sous-famille a été identifiée. La rareté de cette observation souligne la spécificité de l'habitat en haute altitude et suggère une adaptation particulière des Orthoclaadiinae aux conditions environnementales spécifiques de cette station.

Les Orthoclaadiinae sont utilisés comme indicateurs biologiques de la qualité de l'eau, car ils sont sensibles à la pollution.

#### IV.3.5.3. Famille des Limoniidae

Cette famille est composée de 48 individus récoltés, représentant 3,54% du total des Diptères. Les stations alticoles semblent favorables à leur développement. En effet, certaines espèces appartenant à cette famille sont torrenticoles et se rencontrent dans les graviers des cours d'eau ombragés (1000 et 650 m d'altitude) et parmi les bryophytes aquatiques immergées dans un torrent (THOMAS, 1977).

##### ✓ *Limoninii*

Dans les cours d'eau étudiés, 6 stations rendent compte de la présence du genre *limoniini* avec un total de 48 individus (soit 94% des limoniidae). Il est à large distribution altitudinale (900m -200 m), il colonise les cours d'eau de montagne jusqu'à basse altitude.

##### ✓ *Hexatomini*

Le genre *Hexatomini* compte 3 individus (soit 6% des limoniidae) observé exclusivement dans la station (IL). Cette station, située à une altitude de 900 mètres, constitue l'unique site où cette sous-famille a été identifiée. La rareté de cette observation souligne la spécificité de l'habitat en haute altitude et suggère une adaptation particulière du genre *Hexatomini* aux conditions environnementales spécifiques de cette station.

#### IV.3.5.4. Famille des Ceratopogonidae

Cette famille compte 36 individus récoltés, représentant 2,42% du peuplement total collecté. Ils sont représentés dans ce travail par 2 genres :

##### ✓ *Sphaeromia*

Il Totalise 33 individus (soit 94% des Ceratopogonidae) et il est noté dans 5 stations. Il est eurytherme et eurytope.

##### ✓ *Atrichopogon*

IL compte 2 individus (soit 6% des Ceratopogonidae) observé exclusivement dans la station (AI). Cette station, située à une altitude de 800 mètres, constitue l'unique site où cette sous-famille a été identifiée. La rareté de cette observation souligne la spécificité de l'habitat en haute altitude et suggère une adaptation particulière du genre *Hexatomini* aux conditions environnementales spécifiques de cette station.

#### IV.3.5.5. Famille Anthomyidae

Cette famille est exclusive à la station BH qui est située à 200 m d'altitude. Elle compte 25 individus appartenant à l'unique genre *Limnophora*.

Ces mouches sont généralement associées aux milieux aquatiques ou humides, où leurs larves se développent dans la matière organique en décomposition ou les excréments.

#### IV.3.5.6. Famille Dixidae

Cette famille, représentée par l'unique genre *Dixa*, est observée dans trois stations distinctes, à savoir IL à une altitude de 900 mètres, AI à 800 mètres d'altitude, et également KH1 à 410 mètres d'altitude. Elle compte 21 individus, représentant 1,46% de l'ensemble du peuplement récolté.

La température de l'eau est un facteur déterminant pour la distribution des *Dixidae*. Ils préfèrent généralement les eaux dont la température se situe entre 10 et 25°C, mais certaines espèces peuvent tolérer des variations plus importantes (MORGUE, 1976)

Selon (MORGE, 1963), les habitats préférés de chaque espèce de *Dixa* sont en fonction du type et de la qualité de l'eau, du substrat, de la végétation et de l'altitude. Il a noté que certaines espèces étaient plus ubiquistes que d'autres, et que certaines étaient plus rares ou plus localisées. Il a également mentionné les facteurs qui pouvaient influencer la présence ou l'absence des *Dixidae*, comme la température, le pH, l'oxygène dissous, la pollution ou la compétition.

#### IV.3.5.7. Famille des Tipulidae

Parmi les six stations étudiées, cinq d'entre elles témoignent de la présence de la famille Tipulidae, spécifiquement du genre *Tipula*. Cependant, cette famille est observée à des effectifs relativement bas, totalisant seulement 13 individus, ce qui représente un pourcentage modeste de 0,97% de l'ensemble du peuplement récolté. Ces résultats indiquent une présence marginale de la famille Tipulidae dans les cours d'eau examinés, suggérant ainsi une contribution limitée de cette famille à la diversité globale des diptères dans cet écosystème spécifique.

#### IV.3.5.8. Famille des Stratiomyidae

Cette famille compte 8 individus (soit, 0,54% du peuplement collecté) et elle est représentée par deux genres : *Oplodontha* et *Oxycera*.

Les larves des genres *Oplodontha* et *Oxycera* vivent dans les eaux stagnantes ou courantes, où elles se nourrissent d'algues ou de débris végétaux. Elles sont souvent associées à des plantes aquatiques comme les carex ou les joncs, qui leur offrent un abri et une source de nourriture (ROZKOSNY, 1983). La température et la qualité de l'eau sont les facteurs

déterminant leur distribution. La température optimale pour leur activité varie selon les espèces, mais se situe généralement entre 10 et 25°C (WOODLEY, 2001)

✓ *Oplodontha*

Comptant 3 individus avec un pourcentage de 0,21 de la totalité des Stratiomyidae récoltés dans la station IL (900 m).

Selon (ROZKOSNY,1983), les larves du genre *Oplodontha* sont adaptées à des habitats aquatiques variés, comme les ruisseaux, les étangs, les marais ou les fossés. Elles peuvent tolérer des conditions physico-chimiques variables, comme le pH, la conductivité, l'oxygène dissous ou la salinité. Elles peuvent aussi supporter des fluctuations du niveau d'eau ou du débit.

✓ *Oxycera*

Avec 5 individus représentant 0,35% de la totalité des Stratiomyidae recueillis dans la station AI, située à une altitude de 800 m.

Ces résultats soulignent une distribution altitudinale spécifique au sein de la famille Stratiomyidae, mettant en évidence des adaptations particulières à différentes gammes d'altitude au sein de cet écosystème aquatique.

#### IV.3.5.9. Famille des Tabanidae

Composée de 10 individus récoltés, cette famille représente 0,69% de l'ensemble du peuplement collecté. Elle est présente dans quatre des six stations étudiées, à l'exception des stations IL et KH1. Un seul genre est récolté : *Atylotus*.

✓ *Atylotus*

Nous avons récolté ce genre dans 4 stations avec des effectifs faibles. Il occupe différents biotopes de l'amont jusqu'à l'aval, il est eurytherme et eurytope.

Les larves d'*Atylotus* vivent dans les eaux stagnantes ou courantes, où elles se nourrissent d'algues ou de débris végétaux. Elles sont souvent associées à des plantes aquatiques comme les carex ou les joncs, qui leur offrent un abri et une source de nourriture (Chvála, 1975).

#### IV.3.5.10. Famille des Psychodidae

Cette famille est repérée dans deux stations distinctes, IL à une altitude de 900 mètres et AI à 800 mètres d'altitude. La concentration de cette famille à des altitudes élevées suggère clairement une préférence marquée pour les environnements en altitude plutôt que les basses

altitudes. Dans l'ensemble, cette famille compte 10 individus, représentant 0,67% de l'ensemble du peuplement récolté.

Trois genres ont été identifiés. Notamment, le genre *Psychoda* est présent avec 5 individus, représentant 70% de la totalité des Psychodidae observés dans les deux stations mentionnées précédemment. Les genres *Tonnoriella* et *Berdiella* avec un individu chacun, contribuent respectivement à 15% de la totalité des Psychodidae.

Il est important de noter que ces deux derniers genres semblent être des indicateurs biologiques de la bonne qualité de l'eau.

#### IV.3.5.11. Famille des Empididae

A été représentée par 2 individus lors de l'échantillonnage, excepté dans la station BH situées à une altitude de 200 mètres, et est absente des cinq autres stations. La présence limitée de cette famille, caractérisée par un seul genre (*Chelifera*), suggère que ce dernier peut être considéré comme rare dans cet écosystème particulier.

##### ✓ *Chelifera*

Ce genre est recensé dans l'unique station BH située à 200 m d'altitude. Il semble être thermophile et polluo-résistant. La station hébergeant *Chelifera* est riche en algues filamenteuses, présente un substrat dominé par les sables et limons ainsi qu'un taux relativement important en matière organique.

#### IV.3.6. Etude de la diversité

Parmi les nombreux indices disponibles permettant d'exprimer la structure d'un peuplement, nous avons retenu l'indice de (SHANNON & WEAVER, 1948).

Cet indice permet d'évaluer la diversité faunistique d'un milieu donné. Il consiste à mesurer la richesse spécifique, mais aussi de la proportion représentée par chaque taxon au sein de la communauté. Il est souvent accompagné de l'indice d'équitabilité.

(THIENNEMAN, 1954), signale que plus un peuplement est équilibré (pas de taxons largement dominant), plus il est stable et proche du climax et qu'à l'inverse, toute pullulation est le signe d'un déséquilibre dû à une cause naturelle ou anthropique.

L'indice de diversité Shannon ( $H'$ ) et d'équitabilité ( $E$ ) calculés pour les stations étudiées sont consignés dans le tableau 11

**Tableau 11:** Indice de Shannon ( H' ) et d'Equitabilité (E) dans les stations d'étude.

Stations	IL	AI	KH1	HAL	KH2	BH
Altitude(m)	900	800	410	380	220	200
H'	2,05	1,79	0,94	1,52	1,47	1,47
S	9	12	5	6	6	8
H'max	3,18	3,6	2,3	2,5	2,5	3
E	0,64	0,47	0,40	0,60	0,58	0,49

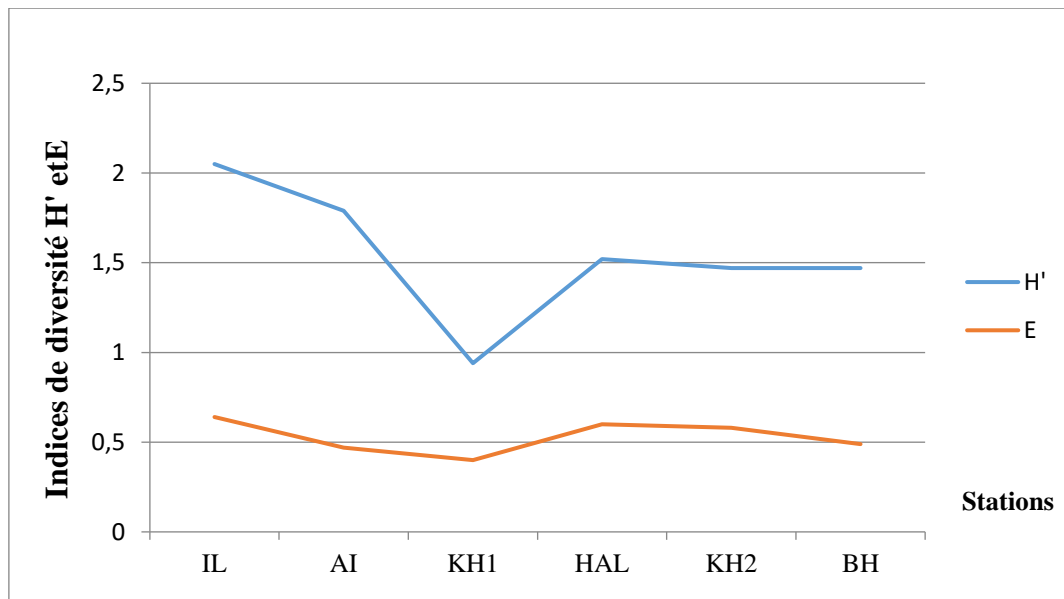
Le tableau 11 et la figure 27 montrent que les indices H' et E calculés dans l'ensemble des stations étudiées sont moyens, ils varient entre 0,94(KH1) et 2,05 (IL) bits pour H' et entre 0,40 (KH1) et 0,64(IL) pour E.

Les indices les plus élevés sont obtenus dans les stations IL et KH2 et BH avec un H' qui oscille entre 2,05 et 1,47 et une E variant de 0,64 et 0,60

La station IL la plus alticole (900 m) présente la valeur la plus élevée de H' qui est de 2,05 et une valeur de 0,64 de l'indice d'équitabilité E. Cette station est caractérisée par un substrat hétérogène à dominance de gros galet et galet, un couvert végétal assez dense, une température de l'eau relativement basse, un courant modéré permet l'installation d'une faune diversifiée essentiellement rhéophile, sténotherme d'eau froide et polluo-sensible.

Les stations KH2 et BH de piémont et de basse altitude (290-200 m) présentent respectivement les valeurs de 1,47 de H' ainsi que 0,49 et 0,58 pour l'équitabilité. Ces stations de plaine sont caractérisées par un substrat à dominance de sable et de limons riche en matière organique. Les taxons présents dans ce secteur comme les Chironomidae et Simuliidae supportent bien les élévations de température de l'eau.

La station KH1 dont l'altitude est de 410 m présente l'indice le plus faible H' 0,94 et une équitabilité de 0,40. Cette diminution dans l'indice de Shannon et d'Equitabilité est due essentiellement aux influences anthropiques (rejets domestiques et des margines, pompage de l'eau pour l'irrigation) qui se traduisent par la modification du substrat et destruction des habitats qui conduit à une diminution de niches écologiques.



**Figure 27:** Evolution des indices de diversité SHANNON-WEAVER ( H' ) et d'Equitabilité(E) dans les stations ét

#### IV.3.7 Assemblage des genres

L'AFC est un outil statistique qui répond à la problématique complexe des relations entre les caractéristiques mésologiques et la structure du peuplement.

Une analyse multivariée d'un tableau de contingence croisant 6 stations et 17 genres a été réalisée par le moyen d'une analyse factorielle des correspondances en utilisant le logiciel Stat Box. Elle permet de mettre en évidence les différents noyaux d'affinités du peuplement de Diptères recensés.

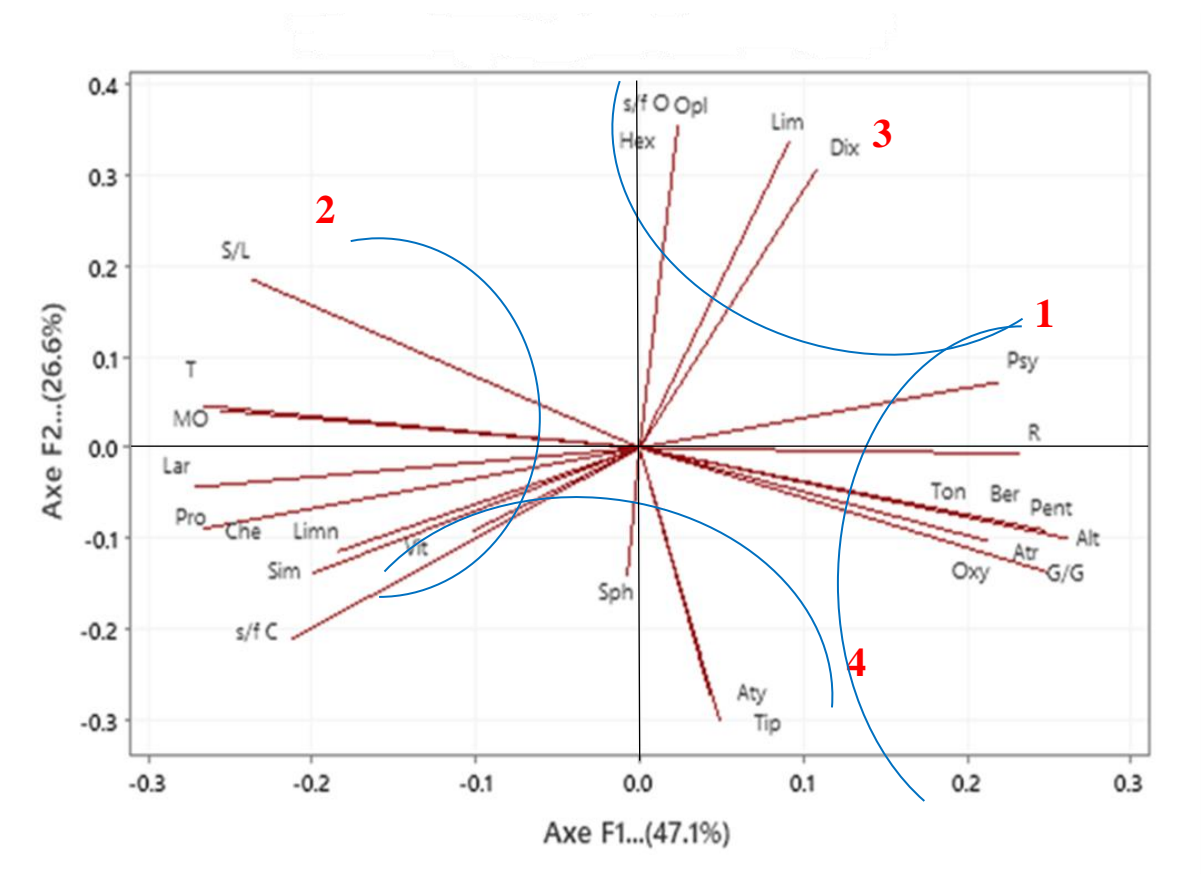
L'AFC effectuée sur le tableau des abondances des genres attribue 47,1 % de la variabilité totale du nuage de point au premier axe factoriel, et 26,6 % au deuxième, soit un total de 73,7 % pour les deux axes (figure 28).

L'analyse de la distribution des genres et des stations fait apparaître que l'axe 1 qui matérialise le facteur principal, correspond à un gradient orienté grossièrement amont-aval.

- Le peuplement de Diptères des stations alticoles (groupement 1), en position positive sur cet axe, se caractérise par une certaine homogénéité de la structure faunistique et des caractéristiques biologiques (*Atrichopogon*, *Berdemiella*, *Tonnoiriella*, *Oxycera* et *Psychoda*). Ce groupement sténotope et sténotherme d'eau froide est lié aux paramètres mésologiques du crénal : altitude élevée, forte pente, substrat grossier et recouvrement important. Il s'oppose nettement au peuplement de basse altitude (groupement 2 en position négative sur l'axe 1) :

*Chelifera*, *Limoniini*, *Simulium* et sous famille des Chironominae. Les stations hébergeant ces taxons se caractérisent par une température de l'eau élevée, un lit plus large et plus profond, une vitesse du courant faible à moyenne et un substrat fin riche en matière organique.

- Sur l'axe 2, s'individualisent sur le plan positif de cet axe 5 taxons (le groupement 3) correspondant au ruisseau de source de faible dimension IL : *Dixa*, *Limoniini*, *Hexatomini* et *Oplodontha* et la sous famille des Ortocladiinae). En position négative sur le même axe, se placent les genres à large valence écologique à la fois eurythermes et eurytopes : *Sphaeromia*, *Tipula* et *Atylotus*.



**Figure 28 :** Distribution des noyaux d'affinité des diptères stations et genres dans le plan factoriel F1-F2

# **Conclusion**

Cette étude a pour but de contribuer à la connaissance des Diptères des réseaux hydrographiques d'assif el Khemis, assif Hallil et de l'oued Boubhir (s.s) de la région de la Kabylie. Elle a permis d'une part, de dresser la liste des diptères présents et d'autre part, de faire le lien entre leur distribution et les différents paramètres environnementaux.

Les prélèvements effectués le 6 mai 2023 dans les 6 stations étudiées échelonnées entre 200 et 900 m d'altitude, ont permis la récolte de 1437 individus de Diptères appartenant à 11 familles et 17 genres.

Sur le plan qualitatif. La famille Psychodidae a présenté la plus grande diversité générique, avec trois genres, suivie de Limoniidae, Chironomidae, Ceratopogonidae et Stratiomyidae, qui ont chacune deux genres, Les familles Simuliidae, Tipulidae, Dixidae, Tabanidae, Empididae et Anthomyidae ont montré une diversité générique plus limitée, avec un seul genre chacune.

Sur le plan quantitatif, les Simuliidae sont largement dominants avec 887 individus, ce qui représente 61,72 % de tous les diptères. Les Chironomidae occupent la deuxième place avec 373 individus (25,94% des diptères). Viennent ensuite les Limoniidae avec 51 individus (3,54%), les Ceratopogonidae avec 36 individus (2,42%), les Anthomyidae (1,73%) avec 25 individus, les Dixidae avec 21 individus (1,46%). Les autres familles sont faiblement représentées.

La richesse taxonomique (genres) dans les zones d'altitude et de moyenne montagne est élevée (9 à 12 genres) par rapport à celle observée au niveau des stations avals (5 à 6 genres). En effet, ces stations sont des milieux perturbés suite à l'action néfaste de l'homme (rejets domestiques, réseaux d'assainissements, élevage et lavage des voitures par les détergents)

La répartition des Diptères récoltés en fonction de l'altitude met en évidence 4 groupes bien individualisés

**-Groupe 1** Il est composé de 6 genres (*Chironominae*, *Similium*, *Sphaeromia*, *Limoniini*, *Tipula*, *Atylotus*) qui occupent toutes les tranches altitudinales. Ils sont eurythermes et eurytopes, ils colonisent tous les types d'habitats et sont à large valence écologique.

**-Groupe 2** Ce groupe est constitué de taxons localisés dans des biotopes spécialisés composé de (*Atrichopogon*, *Psychoda*, *Tonnoiriella*, *Berdemiella*, *Oxycera*, *Hexatomini*, *Oplodontha*, *Orthocladiinae*). ils sont rhéophile, sténotype et sténotherme d'eau froide.

**-Groupe 3** Appartiennent à ce groupe 1 seul genre (*Dixa*) qui peuvent être considérés à large valence écologique mais dont la limite supérieure de distribution est moins élevée que le premier groupe

**-Groupe 4** Constitué par 2 genres (*Limnophora* et *Chelifera*) considérés comme thermophile et potamophile.

Les indices H' et E calculés dans l'ensemble des stations étudiées sont moyens, ils varient entre 0,94(KH1) et 2,05 (IL) bits pour H' et entre 0,40 (KH1) et 0,64(IL) pour E.

L'analyse factorielle des correspondances (AFC) s'est avérée un outil puissant pour explorer et mettre en évidence les relations complexes entre les caractéristiques mésologiques et la structure faunistique des peuplements de Diptères. L'étude réalisée sur un tableau de contingence croisant 6 stations et 17 genres a permis de mettre en évidence l'opposition sur l'axe 1 du groupement de Diptères des stations alticoles (*Atrichopogon*, *Berdemiella*, *Tonnoiriella*, *Oxycera*, *Psychoda*), caractérisées par des conditions mésologiques spécifiques telles que des altitudes élevées, un substrat grossier et des eaux froides, au groupement des stations de basse altitude (*Chelifera*, *Limoniini*, *Simulium*, *Chironominae*), associées à des eaux plus chaudes et des substrats fins riches en matière organique

Par ailleurs, l'axe 2 a permis d'identifier un troisième groupement, représenté par des genres liés aux ruisseaux de source (*Dixa*, *Limonini*, *Hexatomini*, *Oplodontha*, *Ortocladiinae*), en opposition aux genres eurythermes et eurytopes (*Sphaeromia*, *Tipula*, *Atylotus*), soulignant des réponses écologiques différenciées aux variations environnementales.

En perspectives, il serait intéressant à l'avenir :

- D'Envisager une détermination au niveau spécifique serait une démarche pertinente afin d'approfondir l'analyse des Diptères, permettant ainsi de fournir des données plus détaillées sur leur autoécologie et leur biogéographie.
- De multiplier les investigations dans les stations surtout alticoles pour vérifier la bio indication des Diptères de la qualité de l'eau.
- Cette approche permettrait de compléter l'inventaire faunistique, offrant une vision plus complète de la diversité des Diptères dans la région étudiée. De plus, une telle démarche contribuerait à enrichir les connaissances en taxonomie et en écologie des Diptères

d'Afrique du Nord, fournissant ainsi une base solide pour des études futures dans ce domaine.

# **Références bibliographie**

- **Anderson, N.H.** (1992). Influence of disturbance on insect communities in Pacific Northwest streams. *Hydrobiologia*, 248(1), 79-92.
- **Ashe, P.** (1971). The biology of Chironomidae (Diptera) in the River Lambourn, Berkshire. *Freshwater Biology*, 1(3), 233-252.
- **Bagnouls, F., & Gausson, H.** (1953). Saison sèche et indice xérothermique. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse*, 88, 193-240.
- **Bouaziz, L., & Mahmoudia, K.** (2021). Étude faunistique des macroinvertébrés benthiques et état de santé écologique de l'Assif Sahel et de l'Oued Boubhir (s.s). Mémoire de fin d'études, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.
- **Bouvier, E.-L.** (2012/1913). Pycnogonides, ostracodes, phyllopoies, anostracés, infusoires, copépodes parasites et diptères. (Bouvier, 2012/1913).
- **Boulton, A.J., Boyero, L., Covich, A.P., Dobson, M., Lake, S., & Pearson, R.** (2008). Are tropical streams ecologically different from temperate streams ? In D. Dudgeon (Ed.), *Tropical Stream Ecology* (pp. 257-284). Academic Press.
- **Bolboaca, S.D., & Jäntschi, L.** (2006). Pearson versus Spearman, Kendall's tau correlation analysis on structure-activity relationships of biologic active compounds. *Leonardo Journal of Sciences*, 9, 179-200
- **Borror, D.J., Triplehorn, C.A., & Johnson, N.F.** (1989). *An Introduction to the Study of Insects* (6th ed.). Saunders College Publishing.
- **Borkent, A., & Spinelli, G.R.** (2007). Neotropical Ceratopogonidae (Diptera Insecta). In J. Adis, J.R. Arias, G. Rueda-Delgado, & K.M. Wantzen (Eds.), *Aquatic biodiversity in Latin America (ABLA)*. Vol 4 (pp. 1-198). Pensoft Publishers.
- **Bouzi, N.** (2010). Étude de la dynamique des populations de cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans le massif du Djurdjura (Algérie). Mémoire de fin d'études, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.
- **Brown, R.** (2015). Les diptères comme bioindicateurs de la qualité de l'eau. *Bulletin de la Société entomologique de France*, 120(4), 419-432.
- **Davis, J.A.** (2013). Sampling methods for aquatic macroinvertebrates in rivers. In D.M. Rosenberg & V.H. Resh (Eds.), *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates* (2<sup>nd</sup> ed., pp. 159-194). Springer.
- **Doe, J.** (2007). La biodiversité des diptères dans les cours d'eau alpins. *Revue d'écologie aquatique*, 42(3), 145-168.
- **Doris – FFESSM.** (2019). Limoniini.

- **Duvallet, G., Fontenille, D., & Robert, V.** (Eds.). (2017). Entomologie médicale et vétérinaire. IRD Éditions ; Éditions Quae.
- **Fontenille, D., Almeras, L., & Garros, C.** (2017). Concepts et méthodes d'identification des espèces d'arthropodes. In G. Duvallet, D. Fontenille, & V. Robert (Eds.), Entomologie médicale et vétérinaire (pp. 81-108). IRD Édition.
- **Garcia, L.V., Diaz-Paniagua, C., & Aragon, J.M.** (2010). The role of aquatic mosses in the biomass and diversity of associated dipteran larvae in Mediterranean temporary ponds. *Hydrobiologia*, 652(1), 299-310.
- **Grogan, W.L., Wirth, W.W., & Andresson, O.S.** (2000). Revision of the Afrotropical species of the genus *Sphaeromyias* Forster (Diptera Ceratopogonidae). *Annals of the Natal Museum*, 41(1), 1-66.
- **Hammoudi, S., & Neggad, L.** (2020). Faunistique et écologie des Trichoptères des cours d'eau d'Assif Sahel et de l'Oued Boubhir (s.s). Mémoire de fin d'études, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
- **Haupt, J.** (1998). Les insectes structure, fonctionnement, diversité. Masson.
- **Harper, F., & Lauzon, C.R.** (1985). Aquatic diptera larvae of the Nearctic region Tipulidae (Diptera). *Quaestiones Entomologicae*, 21(1), 1-152.
- **Held, L.** (2010). Introduction to statistical mediation analysis. Routledge.
- **Joachim, C.** (2020). Les Stratiomyidae (Diptera) de France révision taxonomique et biogéographique. Thèse de doctorat, Université de Montpellier.
- **Johnson, R.K., Wiederholm, T., & Rosenberg, D.M.** (2005). Freshwater biomonitoring using individual organisms, populations, and species assemblages of benthic macroinvertebrates. In D.M. Rosenberg & V.H. Resh (Eds.), *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates* (pp. 40-158). Chapman & Hall.
- **Johnson, R.K., Wiederholm, T., & Rosenberg, D.M.** (2005). Freshwater biomonitoring using individual organisms, populations, and species assemblages of benthic macroinvertebrates. In D.M. Rosenberg & V.H. Resh (Eds.), *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates* (pp. 40-158). Chapman & Hall.
- **Lameere, A.** (1936). Les insectes. Presses Universitaires de France.
- **Lavandier, P.** (1979). Hydrobiologie des eaux courantes méthodes et techniques d'étude. Masson.
- **Leclercq, M.** (1971). Les diptères d'Europe occidentale. Tome 1 Généralités et Nématocères. Duculot.

- **Lewis, T.** (2014). Les effets de la vitesse du courant sur la nutrition et la croissance des larves de diptères. Thèse de doctorat, Université de Montréal.
- **Lounaci, A.** (2005). Contribution à l'étude des Trichoptères (Insecta) de Kabylie (Algérie). Thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.
- **Macquart, P.J.M.** (1838). Diptères exotiques nouveaux ou peu connus. Tome premier. Roret.
- **Mahfoufi, R., & Saib, A.** (2022). Étude de l'impact des changements climatiques sur les ressources en eau dans le bassin versant de l'Oued Sahel (Tizi-Ouzou). Mémoire de fin d'études, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.
- **McAlpine, J.F.** (1981). Morphology and terminology – adults. In J.F. McAlpine et al. (Eds.), *Manual of Nearctic Diptera* (Vol. 1, pp. 9-63). Agriculture Canada.
- **Meiswinkel, R., Venter, G.J., & Nevill, E.M.** (2004). Vectors Ceratopogonidae. In J.A.W. Coetzer & R.C. Tustin (Eds.), *Infectious diseases of livestock* (2<sup>nd</sup> ed., pp. 93-136). Oxford University Press Southern Africa.
- **Messaouden, N., Meddour, R., & Meddour-Sahli, F.** (2007). La végétation forestière de Kabylie (Algérie) diversité, écologie et conservation. *Forêt méditerranéenne*, 28(4), 291-299.
- **Merritt, R.W., Cummins, K.W., & Berg, M.B. (Eds.)**.(2008). *An Introduction to the Aquatic Insects of North America* (4th ed.). Kendall/Hunt Publishing Company.
- **Morge, J.W.M.** (1963). The distribution of the genus *Dixa* in the Netherlands and adjacent regions (Diptera, Nematocera). *Tijdschrift voor Entomologie*, 106(1), 1-32.
- **Morgue, G.** (1976). Étude écologique et biologique des Dixidae (Diptera) de France. *Annales de Limnologie*, 12(2), 121-184.
- **Oosterbroek, P.** (2006). *The European families of the order Diptera identification, diagnosis, biology*. KNNV Publishing.
- **Raab, N., & Yacine, L.** (2018). Contribution à l'étude écologique et biogéographique des Trichoptères de l'Assif Sahel et de l'Oued Boubhir. Mémoire de fin d'études, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.
- **Ramade, F.** (2003). *Éléments d'écologie écologie fondamentale*. (4th ed.). Dunod
- **Reed, T.E.** (2002). La température de l'eau un facteur déterminant pour les écosystèmes aquatiques. *Revue des sciences de l'eau*, 15(1), 9-22.
- **Rizk, Z.A.** (1980). Les Trichoptères d'Égypte. 3. Lépidostomatidae, Odontoceridae. *Annales de Limnologie*, 16(1), 81-100.

- **Rizk, Z.A.** (1983). Les Trichoptères d'Égypte. 4. Goeridae, Hydrobiosidae. *Annales de Limnologie*, 19(1), 15-27.
- **Rivosecchi, L.** (1984-1985). Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane 27-28. Chironomidi Tanypodinae e Chironominae (Diptera) (2 vol.). Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto Italiano di Idrobiologia.
- **Robert, V.** (2017). Entomologie médicale et vétérinaire. IRD Éditions ; Éditions Quae, pp. 425-437.
- **Rodriguez, J.** (2003). Hydrologie des cours d'eau de montagne caractérisation, modélisation et impacts du changement climatique. Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier Grenoble.
- **Rotheray, G.E.** (1993). Colour guide to hoverfly larvae (Diptera, Syrphidae) in Britain and Europe. Department of Entomology, The University of Reading.
- **Rozkošný, R.** (1983). A biosystematic study of the European Stratiomyidae (Diptera). Vol. 1. Dr W. Junk Publishers.
- **Saether, O.A.** (1963). The larval and pupal stages of some Orthocladiinae (Diptera Chironomidae). *Norsk Entomologisk Tidsskrift*, 12(2), 65-84.
- **Shannon, C.E., & Weaver, W.** (1963). The mathematical theory of communication. University of Illinois Press.
- **Smith, P.** (2012). Les effets de la pente sur la structure et la fonction des écosystèmes lotiques. Thèse de doctorat, Université de Genève.
- **Spinelli, G.R., Ronderos, M.M., Marino, P.I., & Díaz, F.** (2005). The larval habitats of *Atrichopogon* Kieffer (Diptera Ceratopogonidae) in Argentina and southern South America a review with notes on the diversity of the genus in the Neotropical Region. *Zootaxa*, 1088(1), 1-283.
- **Statzner, B., Bêche, L.A., Bollache, L., Usseglio-Polatera, P., Hartmann, A., & Bournaud, M.** (2001). Perspectives for biomonitoring at large spatial scales a unified measure for the functional composition of invertebrate communities in European running waters. *Basic and Applied Ecology*, 2(1), 73-85.
- **Tachet, H., Richoux, P., Bournaud, M., & Usseglio-Polatera, P.** (1980-2000). *Invertébrés d'eau douce systématique, biologie, écologie* (4 vol.). CNRS Éditions.
- **Thiennemann, A.** (1954). Limnology of Europe. In R.E. Coker (Ed.), *Fresh-water biology* (2<sup>nd</sup> ed., pp. 1-69). John Wiley & Sons]

- **Turner, C.R., Barnes, M.A., Xu, C., Jones, S.E., Jerde, C.L., & Lodge, D.M.** (2015). Particle size distribution and optimal capture of aqueous microbial eDNA. *Methods in Ecology and Evolution*, 6(7), 676-684.
- **Turner, E.** (2008). La biodiversité des diptères dans les cours d'eau alpins. *Revue d'écologie aquatique*, 42(3), 145-168.
- **Usseglio-Polatera, P., Bournaud, M., Richoux, P., Tachet, H., & Bournaud, M.** (2000). Biomonitoring through biological traits of benthic macroinvertebrates how to use species trait databases ? *Hydrobiologia*, 422/423, 153-162.
- **Wiegmann, B.M., Trautwein, M.D., Winkler, I.S., Barr, N.B., Kim, J.W., Lambkin, C & Wood, D.M.** (2011). Episodic radiations in the fly tree of life. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(14), 5690-5695.
- **Wyss, C., & Cherix, D.** (2013). *Traité d'entomologie forestière*. Éditions Quae.
- **Yacine, L.** (2018). Les macroinvertébrés benthiques des cours d'eau d'Algérie étude de la faune chironomienne de la région de Tizi-Ouzou. Thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

# **Annexes**

**Annexe 1 :**Température moyennes mensuelles de l'air en (°C) (maximales, minimales, moyennes) enregistrées à Tizi-Ouzou (Période 2012-2020), Source O.N.M de Tizi-Ouzou.

Mois	JAN	FEV	MA R	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
<b>T° moyenne mensuelle Minimales</b>	6,72	6,72	9,08	11,4 5	14,0 1	17,6 6	21,3 1	22,2 5	19,2	15,6 1	12,3 1	8,18
<b>T° moyenne mensuelle Maximales</b>	16,0 5	16,3 8	19,12	22,6 3	27,0 9	31,7 9	36,0 8	35,1 1	31,4 7	27,6 4	19,8 0	17
<b>T° moyenne mensuelle</b>	10,6 4	10,8 4	13,48	16,3 1	20,7 5	24,4 2	28,2 4	28,3 8	24,5 3	20,6 4	15,2 6	11,8 5

**Annexe 2 :** Précipitations moyennes mensuelles et totaux pluviométriques (en mm) certaines localités de la région d'étude (période 1994– 2014).

Station	sept	oct	nov	dec	Jan	Fev	mars	avr	mai	juin	juil	aout	total
<b>Azazga(430m)</b>	48,7	82	141	181	177,7	105	101	136	65,3	9,2	3,1	7	1057
<b>Tiziouzou(220m)</b>	40,5	67	132	150	154	89,3	76,1	92	57,7	8,8	3,8	6	877
<b>Boubhir(220m)</b>	47	75	118,2	155	144,9	83	92,7	121	65,3	9,1	5,2	10,7	928

## Résumé

Le but de cette étude est de réaliser un inventaire faunistique sur les diptères des réseaux hydrographiques de assif el khmiss de la région de la Kabylie.

L'analyse des 6 stations échelonnées entre 200 et 900 m d'altitude, ont permis la récolte de 1437 individus de diptères appartenant à 11 familles et 17 genres.

Sur le plan qualitatif. La famille Psychodidae a présenté la plus grande diversité générique, avec trois genres, suivie de Limoniidae, Chironomidae, Ceratopogonidae et Stratiomyidae, qui ont chacune deux genres. Les familles Simuliidae, Tipulidae, Dixidae, Tabanidae, Empididae et Anthomyidae ont montré une diversité générique plus limitée, avec un seul genre chacune.

Sur le plan quantitatif, les Simuliidae sont largement dominants avec 887 individus, ce qui représente 61,72% du total des Diptères. Les Chironomidae occupent la deuxième place avec 373 individus (25,94% des diptères). Ils sont suivis par les Limoniidae avec 51 individus (3,54%). Se place en 4ème position la famille des Ceratopogonidae avec 36 individus (2,42%), suivie par les Anthomyidae (1,73%) avec 25 individus. Viennent ensuite les Dixidae avec 21 individus (1,46%), les Tipulidae avec 14 individus (0,97%), les Tabanidae et Psychodidae avec 10 individus chacun (0,69%), les Stratiomyidae avec 8 individus (0,54%) et enfin, les Empididae avec 2 individus récoltés.

La richesse taxonomique (genres) dans les zones d'altitude et de moyenne montagne est élevée (9 à 12 genres) par rapport à celle observée au niveau des stations avals (5 à 6 genres)

La répartition des Diptères récoltés en fonction de l'altitude met en évidence 4 groupes bien individualisés

Les indices H' et E calculés dans l'ensemble des stations étudiées sont moyens, ils varient entre 0,94 (KH1) et 2,05 (IL) bits pour H' et entre 0,40 (KH1) et 0,64 (IL) pour E.

**Mots clés** Kabylie, Diptères, faunistique, écologie, cours d'eau.

## Abstract

The objective of this study is to conduct a faunal inventory of dipterans in the hydrographic networks of Assif El Khmiss in the Kabylie region. The analysis of six stations, ranging from 200 to 900 meters in altitude, led to the collection of 1437 dipteran individuals belonging to 11 families and 17 genera.

Qualitative Analysis the Psychodidae family showed the highest generic diversity, with three genera, followed by Limoniidae, Chironomidae, Ceratopogonidae, and Stratiomyidae, each represented by two genera. The families Simuliidae, Tipulidae, Dixidae, Tabanidae, Empididae, and Anthomidae exhibited more limited generic diversity, with only one genus each.

Quantitative analysis: The Simuliidae family was overwhelmingly dominant, with 887 individuals, representing 61.72% of all dipterans. The Chironomidae ranked second with 373 individuals (25.94% of dipterans), followed by Limoniidae with 51 individuals (3.54%). The Ceratopogonidae ranked fourth with 36 individuals (2.42%), followed by Anthomyiidae with 25 individuals (1.73%). Other families include Dixidae (21 individuals, 1.46%), Tipulidae (14 individuals, 0.97%), Tabanidae and Psychodidae (10 individuals each, 0.69%), Stratiomyidae (8 individuals, 0.54%), and finally Empididae with only 2 individuals collected.

Taxonomic richness (genera) was higher in the high-altitude and mid-altitude zones (9 to 12 genera) compared to the downstream stations (5 to 6 genera). The distribution of dipterans based on altitude revealed four well-differentiated groups.

The H' and E indices calculated for all studied stations were moderate, ranging from 0.94 (KH1) to 2.05 (IL) bits for H', and from 0.40 (KH1) to 0.64 (IL) for E.

**Keywords:** Kabylie, Diptera, faunistic, ecology, watercourses