

**RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou**  
**Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques**  
**Département d'Écologie et Environnement**



**Mémoire de fin d'Études**

**En vue de l'obtention du diplôme de**  
**Master en Écologie et Environnement**  
**Spécialité : Biodiversité et Environnement**

***Thème***

**Biodiversité des Trichoptères de l'assif Hallil et de l'oued  
Boubhir (s.s) en relation avec les paramètres mésologiques,  
physico-chimiques et bactériologiques**

***Réalisé par :***

**Mr SADI OUFELLA Mohand Ouachour & Mme SAIDANI Roza**

***Soutenu devant le jury composé de :***

<b>Présidente :</b>	<b>Mme SADOUDI-ALI AHMED D.</b>	<b>Professeur</b>	<b>UMMTO</b>
<b>Promotrice :</b>	<b>Mme SEKHI S.</b>	<b>MCB</b>	<b>UMMTO</b>
<b>Co-promoteur :</b>	<b>Mr HADDADI N.</b>	<b>Ingénieur de laboratoire (SEAAL)</b>	<b>Taksebt</b>
<b>Examinatrice :</b>	<b>Mme CHIBANE G.</b>	<b>MAA</b>	<b>UMMTO</b>

**2022/2023**

## Remerciement

Au terme de ce travail, nos sincères remerciements s'adressent tout d'abord à Madame **SEKHI S.** Maitre de conférences B à l'université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou pour nous avoir encadrer ainsi que pour son aide et pour nous avoir accompagné sur le terrain, ses conseils et son suivi durant la période de la réalisation de notre travail, qu'elle trouve ici le témoignage de notre éternelle gratitude.

Un grand merci à tout le personnel du laboratoire de contrôle de qualité de l'eau Taksebt (SEAAL) pour leur accueil et leur aide et exceptionnellement notre Co-promoteur Monsieur **HADDADI N.** ingénieur de laboratoire pour tout ce qu'il nous a appris durant notre stage.

Nos sentiments de profonde gratitude vont aux membres du jury pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant de juger notre travail :

- **Mme SADOUDI-ALI AHMED D.** Professeur à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou d'avoir accepté de présider le jury.
- **Mme CHIBANE G.** maitre-assistant A à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou d'avoir consacré son précieux temps afin d'examiner ce modeste travail.

Merci à tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à la réalisation de ce travail.

## Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à ...

### A la mémoire de ma chère mère :

*Qui est toujours dans mon esprit et dans mon cœur, je te dédie aujourd'hui ma réussite que Dieu, le miséricordieux t'accueille dans son éternel paradis.*

*J'espère que tu es fière de moi.*

### À mon père :

*Qui a été toujours là pour moi et qui n'a jamais cessé de m'encourager et de me conseiller. Que le dieu, te préserve et t'accorde santé, longue vie et bonheur.*

*« Akihrez Rebi a Vava azizen »*

### À ma grande mère (Jida Tassadit)

*Merci pour ton amour, pour tout ce que tu as fait pour moi, pour la force et le courage que tu me donne chaque jour*

*« Longue vie »*

### À toute ma famille, frères et leurs femmes, sœurs et leurs maris

### A tous mes ami(es) et camarades

*Chah, Moh, Mina, Mani, Lyla, Hak, Wiz, Kouci, Haná et Caffrey*

### À tous ceux

*Qui ont contribué de près ou de loin pour la réalisation de ce travail, et à ma binôme Roza*

## **Dédicaces**

*C'est avec beaucoup d'humilité que je dédie cet humble travail, comme preuve de mon profond respect et reconnaissance*

### **À mes très chers parents**

*Qui m'ont toujours soutenu et encouragé, qui ont fait de moi la femme que je suis devenus, avec les principes et valeurs qu'il m'ont inculqué. Je tiens à les remercier pour tout.*

### **À mes grands parents**

*Qui ne sont plus de ce monde, une forte pensée et beaucoup d'amour pour eux. Je leurs souhaite d'être en paix de là où ils reposent. Ainsi qu'à ma grand-mère maternelle Fatima que je chérie tellement, avec sa personnalité atypique et un humour hors du commun.*

### **À mes sœurs mon frère ainsi qu'à sa femme**

*Elles qui ont toujours été un exemple et une source d'inspiration pour moi. Et lui qui est tendre et protecteur, sur lequel j'ai toujours pu compter. Et à ma belle-sœur que j'affectionne tout particulièrement.*

### **À mes petits amours**

*Asma, Idris, Brahim et notre petite dernière Nadine qui illuminent nos vies tous les jours.*

### **A mon fiancer**

*Qui est mon bras droit à toutes épreuves et qui est toujours là pour moi*

### **À mes très chères amies**

*Anies, Ouerda, Karima, Souhila, Kamilia, Kanza, Samia, Yasmine avec qui j'ai passée des années inoubliables.*

### **À toutes les personnes...**

*Qui ont contribué de près ou de loin à notre travail. À toute ma famille, à tous mes camarades de la promotion. Et sur tout à mon binôme avec qui j'ai partagé tous les tumultes et bon moments de la réalisation de ce travail.*

# Sommaire

## Liste des abreviations

## Liste des figures et des tableaux

Introduction .....	2
--------------------	---

### Chapitre I: Synthèse bibliographique sur les Trichoptères

1. Généralités sur les Trichoptères .....	5
1.2 Classification.....	5
1.3 Description .....	6
1.3.1 La larve .....	6
1.3.2 La tête.....	7
1.3.3 Le thorax .....	8
1.3.4 L'abdomen .....	9
1.3.5 La nymphe .....	10
1.3.6 L'adulte .....	11
1.4 Données biologiques .....	12
1.4.1 Ethologie.....	12
1.4.2 Reproduction (maturation des imagos) .....	12
1.4.3 Cycle biologique.....	13

### Chapitre II: Sites d'étude

1. La situation géographique de la région d'étude .....	15
2. Le cadre géologique de la région d'étude.....	16
3. La climatologie .....	17
3.1 Les précipitations .....	18
3.1.1 Les précipitations annuelles.....	18
3.1.2 Les précipitations mensuelles .....	19
3.2 La température de l'air.....	20
4. Description des cours d'eau et des stations d'étude .....	21
4.1 Assif Hallil et ses tributaires .....	24
4.1.1 Assif Illilthen (Sedi) .....	24
4.1.2 Assif Iferhounene.....	24
4.1.3 Assif Hallil (s.s) .....	24
4.1.4 Oued Boubhir (s.s).....	24
5. Caractéristiques physiques des stations.....	26
5.1 La pente.....	26
5.2 Le débit.....	26
5.3 La température de l'eau.....	26
5.4 L'écoulement et la vitesse du courant .....	27

5.5 Le substrat .....	27
6. La végétation.....	28
7. Les perturbations anthropiques .....	29
8. La qualité physico-chimique de l'eau.....	30
8.1 Paramètre organoleptique .....	30
8.1.1 Couleur.....	30
8.2 Paramètres physico-chimiques .....	30
8.2.1 Turbidité (Transparence) .....	30
8.2.2 pH .....	31
8.2.3 Conductivité électrique .....	31
8.2.4 Oxygène dissous.....	31
8.2.5 Résidus secs.....	31
8.2.6 Matières en suspension (MES) .....	31
8.3 Paramètres de pollutions et indésirables de l'eau .....	32
8.3.1 Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) .....	32
8.3.2 Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) .....	32
8.3.3 Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) .....	32
8.3.4 Orthophosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) .....	32
8.3.5 Matières Organiques.....	32
9. La qualité bactériologique de l'eau .....	33
9.1 Streptocoques fécaux.....	33
9.2 Coliformes totaux .....	33
9.3 Escherichia - coli.....	33

### Chapitre III: Matériels et méthodes

1. Matériels et méthodes d'échantillonnage.....	35
1.1 Le prélèvement des échantillons benthiques.....	35
1.2 La chasse d'adultes.....	35
1.3 La conservation des échantillons benthiques.....	35
1.4 Le lavage, le tri et la détermination.....	35
2. Indices écologiques de composition et de structure des peuplements .....	36
2.1 Richesse spécifique .....	36
2.2 Abondance relative .....	36
2.3 Occurrence relative .....	37
2.4 Indice de diversité de Shannon (1949) .....	37
2.5 Indice d'équitabilité de Pielou (1966).....	38
3. Traitement statistique des données .....	38
3.1 Corrélation de Pearson .....	38

3.2 Classification ascendante hiérarchique (HAC) .....	38
3.3 Analyse en composantes principales (ACP).....	39
3.4 Analyse factorielle des correspondances (AFC) .....	39
3.5 Logiciel de calcul .....	39
4. Matériels et méthodes de l'analyse physico-chimique .....	39
4.1 Echantillonnage de l'eau .....	39
4.2 Matériels utilisés .....	40
5. Matériels et méthodes de l'analyse bactériologique.....	40

#### Chapitre IV: Resultats et discussion

1. Paramètres mésologiques.....	42
1.1 La pente.....	42
1.2 La température de l'eau.....	42
1.3 L'écoulement et la vitesse du courant .....	43
1.4 Le substrat .....	43
2. Structure mésologique .....	44
3. Résultats de l'analyse des paramètres physico-chimiques.....	48
3.1 Paramètre organoleptique .....	48
3.1.1 La Couleur .....	48
3.2 Paramètres physico-chimiques .....	49
3.2.1 La turbidité.....	49
3.2.2 Le pH.....	49
3.2.3 La Conductivité électrique.....	50
3.2.4 L'oxygène dissous .....	50
3.2.5 Matière organique .....	51
3.3 Paramètres de pollutions .....	52
3.3.1 Les orthophosphates ( $PO_4^{3-}$ ) .....	52
3.3.2 L'ammonium, les Nitrites et les Nitrates .....	53
4. Résultats de l'analyse des paramètres bactériologiques .....	53
4.1 Escherichia – coli.....	54
4.2 Coliformes totaux .....	54
4.3 Streptocoques fécaux.....	54
5. Résultat de l'analyse globale du peuplement trichoptérologique .....	55
5.1 Abondance stationnelle .....	58
5.2 Richesse spécifique .....	58
5.3 Abondance et occurrence des espèces .....	60
5.4 Répartition longitudinale des Trichoptères .....	61
5.5 Indices de diversité de Shannon et Equitabilité .....	63

<b>6. Assemblage des espèces en fonction des paramètres mésologiques, physico-chimiques et bactériologiques.....</b>	<b>64</b>
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>68</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>71</b>
<b>Annexes</b>	
<b>Résumé</b>	
<b>Abstract</b>	

## Liste des abréviations

**OMS** : Organisation mondiale de la santé.

**CE** : Conductivité électrique

**MES** : Matière en suspension.

**UV** : Ultraviolet.

**UFC** : Unité formant colonie.

**Alt** : Altitude

**GG/G** : Gros Galets/Galets,

**S/L** : Sables/Limons,

**MO** : Matières Organique,

**Vaq** : Végétations aquatique.

**Dis** : distance à la source (km),

**Pen** : pente (%),

**Lar** : 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),

**R** : Recouvrement (%).

**Moy** : Moyenne ;

**Rap** : Rapide

## Liste des figures

- Figure 1** : Larve sans fourreau (photo originale).
- Figure 2** : Larve avec fourreau (photo originale).
- Figure 3** : Vue d'ensemble d'une larve de Trichoptère (SEKHI, 2022)
- Figure 4** : Morphologie et anatomie de la tête d'une larve de Trichoptère (FAESSEL, 1985)
- Figure 5** : Morphologie et anatomie d'une patte de Trichoptère (TACHET et al., 2000).
- Figure 6** : Le neuvième segment abdominal de la larve (FAESSEL, 1985).
- Figure 7** : Nymphes de *Hydroptila vectis* dans son étui nymphal (photo originale).
- Figure 8** : Adulte de Trichoptère (JUDY GALLAGHER, 2015).
- Figure 9** : Cycle biologique du Trichoptères Limnephilidae (*Halesus radiatus*) (MORETTI, 1983)
- Figure 10** : Situation géographique de la région d'étude.
- Figure 11** : Les grandes unités morpho-structurales de la Grande Kabylie (FLANDRIN, 1952)
- Figure 12** : Précipitations moyennes annuelles (mm) dans les localités de références (période 2000-2013).
- Figure 13** : Précipitations moyennes mensuelles (mm) dans les localités de référence (période 2000-2013).
- Figure 14** : Températures moyennes mensuelles de l'air (°C) enregistrées à Tizi-Ouzou (période 2012-2020).
- Figure 15** : Réseau hydrographique étudié et emplacement des stations (SADI OUFELLA M.).
- Figure 16** : Station HAL1
- Figure 17** : Station HAL2
- Figure 18** : Station HAL3
- Figure 19** : Station HAL4
- Figure 20** : Station HAL5
- Figure 21** : Station HAL6
- Figure 22** : Station HAL7
- Figure 23** : Station BH
- Figure 24** : ACP : Représentation de la distribution des variables environnementales
- Figure 25** : Dendrogramme de la distribution des stations
- Figure 26** : Distribution spatiale des stations d'étude dans le plan factoriel F1-F2
- Figure 27** : Les variations de la couleur de l'eau des stations étudiées.
- Figure 28** : Les variations de la turbidité dans les stations d'étude
- Figure 29** : Les variations de pH des stations étudiées.
- Figure 30** : Les valeurs de conductivité des stations étudiées
- Figure 31** : Les valeurs de l'oxygène dissous dans les stations étudiées
- Figure 32** : Les variations de matière organique des stations étudiées

**Figure 33** : Les concentrations des orthophosphates dans les stations d'étude

**Figure 34** : Les résultats de l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) et nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) dans les stations étudiées.

**Figure 35** : Représentation du nombre de genre et d'espèce par famille des Trichoptères recensés.

**Figure 36** : Abondance des Trichoptères dans les stations d'étude.

**Figure 37** : Richesse spécifique des Trichoptères des stations étudiées.

**Figure 38** : Abondance relative (%) des Trichoptères récoltés.

**Figure 39** : Occurrence relative (%) des Trichoptères récoltés.

**Figure 40** : Indices de diversité  $H'$  et  $E$  des stations étudiées.

**Figure 41** : Distribution des noyaux d'affinité des espèces, stations et paramètres dans le plan factoriel F1-F2

### Liste des tableaux

**Tableau 1** : Caractéristiques des stations de références

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

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

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

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

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

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

**Tableau 8** : Matrice des corrélations entre variables environnementales ( $N = 11, P < 0,05$ )

**Tableau 9** : Résultats de l'analyse bactérienne des stations d'étude.

**Tableau 10** : Répartition des Trichoptères dans les stations d'étude.

**Tableau 11** : Limites altitudinales des Trichoptères récoltés.

# Introduction

L'eau est l'élément indispensable à toute forme de vie. Elle s'inscrit au cœur de tout être vivant. C'est une ressource si précieuse qu'il est difficile de lui attribuer une valeur monétaire, car toutes vie sur terre, chaque organisme vivant en dépende.

De nos jours, l'eau se fait de plus en plus rare malgré que 72% de notre planète est constituée d'eau seulement 2,5% et potable. Rajoute à cela la demande en eau qui ne cesse d'augmenter. Les réseaux hydrographiques du monde entier se voient modifiés par les activités humaines (EVERARD & POWELL, 2002), et de ce fait leurs qualités aussi.

Les cours d'eau également subissent de forte pression. La plupart d'entre eux souffrent des effets anthropiques. De plus, le changement climatique et les variations des conditions naturelles viennent aggraver ces pressions. Ces derniers, font également office de terre d'accueil pour les rejets domestiques, les eaux usées des villes et des industries qui sont à l'origine de la dégradation de la qualité de l'eau ainsi que de l'augmentation des taux de matières nutritives ce qui provoque la surproduction et la prolifération des d'algues et de macrophytes, et dans les pires des cas engendre l'eutrophisation des milieux aquatiques.

La préservation de la qualité de l'eau et des écosystèmes aquatiques est donc impératif car ils représentent selon DYNESIUS & NILSSON (1994), les écosystèmes les plus complexes et dynamiques. Ils renferment habituellement une grande variété de forme de vie, qui varie d'un écosystème à un autre, et jouent des rôles essentiels dans la conservation de la biodiversité. Ils revêtent une grande importance car ces milieux constituent une ressource vulnérable en raison des pressions anthropiques fortes et croissantes qui s'y exercent (AGROPOLIS, 2007; SANOGO & KABRE, 2014 ; SANOGO *et al.*, 2014).

En Algérie du Nord, la complexité des hydro-systèmes et la multiplicité des perturbations anthropiques, ainsi que les conditions climatiques difficiles (régression de la pluviométrie, élévation de la température), ont conduit à la fragmentation croissante des milieux se traduisant par des modifications profondes et rapides des communautés d'invertébrés avec une perte de la diversité et/ou des déséquilibres démographiques (LOUNACI, 2005).

Les Trichoptères constituent un groupe assez diversifié des communautés d'invertébrés lotiques Méditerranéens (DECAMPS, 1967 ; VERNEAUX, 1973; GIUDICELLI *et al.*, 1985). Leur présence dans les cours d'eau offre un large spectre de réponses aux différents stress environnementaux. Les espèces sont, dans leur majorité, de remarquables bio-indicateurs (MARLIER, 1980).

Si la faune des Trichoptères de l'Europe Méditerranéenne est dans son ensemble bien connue, des lacunes persistent en Algérie où les recherches sur ce groupe d'insectes ont été beaucoup plus limitées. Les données préliminaires ont été apportées par MORTON (1896a et 1896b), NAVÀS (1917 et 1928), LESTAGE (1925), GAUTHIER (1928), SEURAT (1930) et VAILLANT (1954 et 1955). Les listes établies par ces auteurs sont, pour la plupart, sommaires et/ou considérées comme de détermination douteuse à la suite de révisions taxonomiques ultérieures (SEKHI, 2022).

Plus récemment, des travaux sont dédiés exclusivement aux Trichoptères d'Algérie et de Kabylie : MALICKY & LOUNACI (1987), SEKHI et *al.* (2016), BEMMOUSSAT-DEKKAK & ABDELLAOUI-HASSAINE (2017), SEKHI et *al.* (2019), DAMBRI et *al.* (2020), SEKHI (2022), KHETTAR et *al.* (2022).

L'objectif de ce travail est de dresser la liste faunistique des Trichoptères de l'assif Hallil et de l'oued Boubhir (s.s) et d'étudier la répartition de ce groupe d'insecte en relation avec les paramètres mésologiques, physico-chimiques et bactériologiques.

L'ensemble de ce travail est scindé en quatre chapitres :

- Le premier chapitre, présente succinctement les Trichoptères: 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 ainsi que la description du milieu et des stations d'étude;
- Le troisième, est consacré aux matériels et les méthodes utilisés dans l'étude des Trichoptères ;
- Le quatrième chapitre, le plus important, présente les différents résultats obtenus ainsi que leurs discussions.

**Chapitre I**  
**Synthèse bibliographique sur les**  
**Trichoptères**

## 1. Généralités sur les Trichoptères

Le nom de Trichoptère vient du grec « Trichos » pour poils et « ptéron » pour les ailes. Les ailes de ces derniers sont généralement couverts de soies.

Ce sont des insectes holométaboles (métamorphose complète) et présentent donc des larves et des nymphes distinctes des stades adultes. Leurs larves et leurs nymphes sont toutes aquatiques. À l'exception de Limnephilidae (*Enoicyla pusilla*) qui s'est adapté à la vie terrestre et vit dans les mousses et milieux humides sur terre (FAESSEL, 1985 ; VIERA-LANERO, 2000).

### 1.2 Classification

D'après FAESSEL (1985), la première monographie de l'ordre des Trichoptères est attribuée à PICTET (1834). À sa suite, KOLENATI (1848) et ULMER (1903) proposent les bases d'une première classification de ces insectes. Une vingtaine d'années plus tard, MARTYNOV (1924) définit deux sous-ordres : les Annulipalpia et les Integripalpia.

TACHET et *al.* (2000) signalent que, d'un point de vue phylogénétique, en se basant sur des critères liés à l'adulte (pièces buccales, genitalia, nervation) et sur d'autres liés à la nymphose et la morpho-anatomie larvaire (WEAVER & MORSE, 1986 ; WIGGINS & WICHARD, 1989 ; GALL & WIGGINS, 1996 ; WIGGINS, 1998), les Trichoptères peuvent être répartis en trois grands groupes : les Annulipalpia, les Spicipalpia et les Integripalpia (SEKHI, 2022).

La position systématique des Trichoptères qui selon la classification adoptée par COPPA & TACHET (2020).

**Règne :** Animal

**Phylum :** Invertébrés

**Embranchement :** Arthropodes

**Sous embranchement :** Mandibulates

**Classe :** Insectes

**Sous-classe :** Ptérygotes

**Ordre :** Trichoptères

### 1.3 Description

#### 1.3.1 La larve

D'après MARLIER (1981), les larves de Trichoptères appartiennent à deux types, distincts à la fois par leurs morphologies et par leurs éthologies :

Les larves compodèiformes (figure 1), où les larves sont libres et peuvent soit se déplacer partout à la recherche de leurs nourritures et des endroits favorables, soit tisser des filets ou des pièges de soie dans lesquels elles capturent leurs nourritures.

Les larves éruciformes (figure 2), où ces dernières tissent autour de leurs abdomen un étui formé de sécrétion soyeuse ou d'objets étrangers, grains de sable, pierres, débris végétaux réunis par de la soie de nature protéique et liquide et collante à l'émission. Elles se déplacent alors librement, l'abdomen protégé par ce fourreau et peuvent s'y rétracter entièrement en cas de nécessité (larves coléophores).

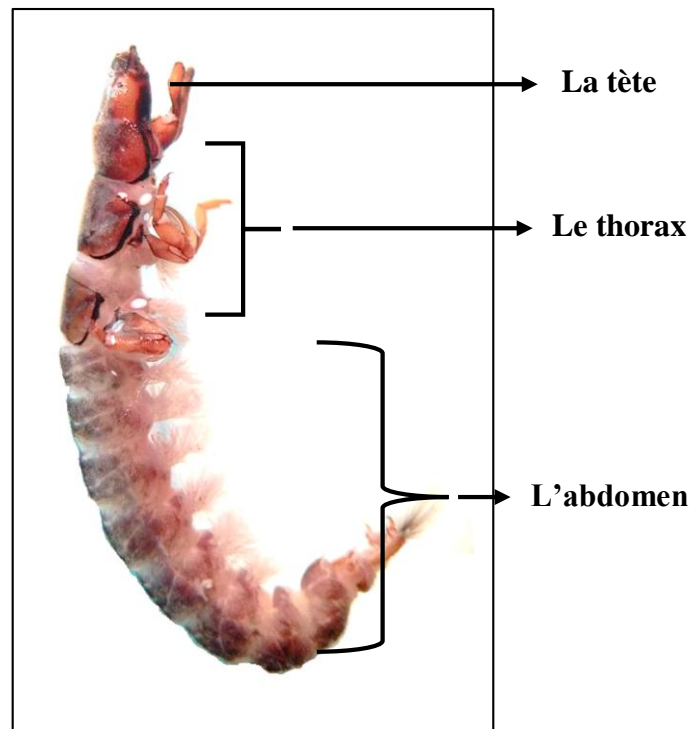


**Figure 1** : larve sans fourreau  
(photo originale)



**Figure 2** : larve avec fourreau  
(photo originale)

La larve est de type eucéphale, on distingue aisément la tête, le thorax et l'abdomen (figure3). La présence d'une paire de crochets anaux permet de différencier les Trichoptères des Coléoptères. Ils sont soit insérés latéralement à l'extrémité de l'abdomen chez les formes à étui (larves éruciformes), soit portés à l'extrémité de fausses pattes (les pygopodes) chez les larves sans étui (SEKHI, 2022).



**Figure 3 :** Vue d'ensemble d'une larve de Trichoptère (SEKHI, 2022)

### 1.3.2 La tête

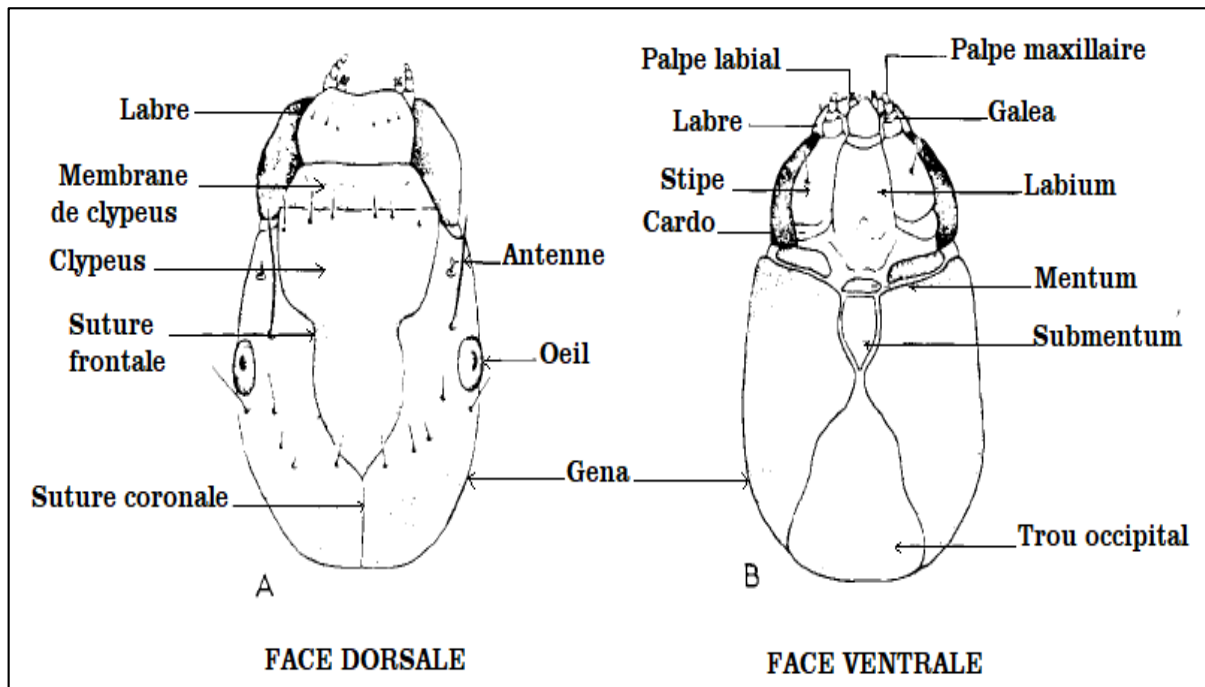
La partie principale de la tête est constituée de la capsule céphalique qui est composée de plusieurs pièces : dorsalement l'apotome frontoclypéal, latéralement les gêna, ventralement l'apotome ventral parfois absent (figure 4).

Le frontoclypeus est séparé des gêna par une suture qui s'ouvre lors des mues. Les gêna qui portent latéralement les yeux et, en avant de ceux-ci, des antennes courtes ou même rudimentaires.

A la face inférieure de la tête, les gêna peuvent, soit se rencontrer sur la ligne médiane, soit resté séparées. Entre elles se trouve un sclérite étroit, la gula, qui, dans le premier cas, est refoulée antérieurement, juste derrière le maxillolabium.

Selon MARLEIR (1981), les larves de Trichoptères ont les pièces buccales de type broyeur, composées d'un labre généralement bien sclérifié, de deux mandibules, de deux mâchoires avec des palpes courts et d'une lèvre inférieure réunie aux mâchoires en un maxillolabium.

Entre les deux palpes labiaux se trouvent les conduits de deux glandes séricigènes qui sécrètent de la soie.



**Figure 4 :** Morphologie et anatomie de la tête d'une larve de Trichoptère (FAESSEL, 1985)

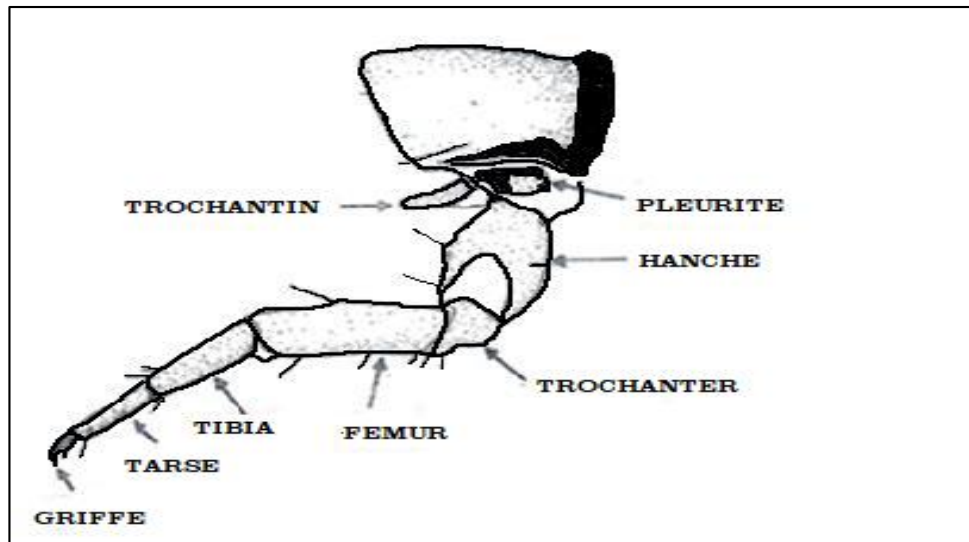
### 1.3.3 Le thorax

Il est formé de trois segments bien individualisés portant chacun une paire de pattes. Ils se caractérisent par la présence de formations sclérifiées dorsales plus ou moins importantes utilisées comme critère de détermination des différentes familles. La partie dorsale des segments thoraciques est désignée sous les termes de pro-méso et métanotum (FAESSEL, 1985).

Le pronotum est toujours sclérifié contrairement au mésonotum qui l'est parfois, et métanotum n'est que rarement tout à fait sclérifié. Quant aux segments abdominaux, ils sont en principe membraneux. Les pattes comportent cinq segments : la hanche (ou le coxa), le trochanter, le fémur, le tibia et le tarse (figure 5)

La plupart des Trichoptères ont les pattes pro-thoraciques relativement courtes et trapues, elles jouent le rôle d'auxiliaire de l'appareil buccal et servent également à manipuler les éléments destinés à la construction de l'étui. Les pattes du méso et méta-thoraciques, quant à elles, sont généralement plus longues, plus élancées et servent surtout à la locomotion.

Chez certains Rhyacophilidae et chez les Hydropsychidae, des branchies thoraciques sont présentes au niveau des méso et des métasternites.



**Figure 5 :** Morphologie et anatomie d'une patte de Trichoptère (TACHET et *al.*, 2000).

#### 1.3.4 L'abdomen

L'abdomen est souvent muni de branchies trachéennes de forme filamenteuse, elles sont le plus souvent digitiformes, parfois ramifiées (chez les Hydropsychidae et la majorité des Rhyacophilidae) parfois isolées, parfois groupées en bouquets. Ces branchies sont fixées à des endroits définis, en rangées dorsales, ventrales et latérales, sur les segments antérieurs de l'abdomen et se raréfient vers l'arrière du corps.

On distingue neuf segments bien individualisés, chez certaines formes à étui, le premier segment abdominal peut porter des mamelons. Chez les Uenoidae, il y a, outre le mamelon dorsal, deux mamelons latéraux et deux bosses ventrales, le mamelon dorsal peut manquer (Lépidostomatidae). Enfin, certaines larves à étui ne présentent aucune différenciation au niveau du premier segment abdominal (Brachycentridae).

Le neuvième segment de la larve porte une paire d'appendices particuliers (figure 6) appelées « fausses pattes anales », de trois articles dont le dernier est d'un crochet sclérifié pouvant porter des dents dorsales ou ventrales. Les articles basaux de ces appendices portent une ornementation particulière de soies.

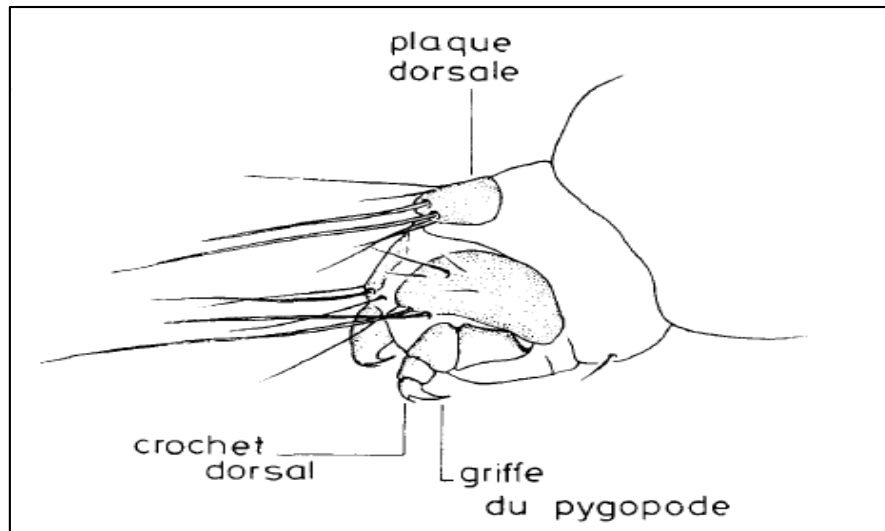


Figure 6 : Le neuvième segment abdominal de la larve (FAESSEL, 1985).

### 1.3.5 La nymphe

A la fin du dernier stade larvaire, la larve fixe son étui au substrat, puis se retire complètement à l'intérieur de l'étui (à l'aide des mandibules nymphales). Ce n'est qu'au moment de l'éclosion imaginale que les nymphes se libèrent de leur habitacle et nagent, au moyen des pattes (Les tarsi des PII), souvent largement frangées de poils, vers la surface de l'eau pour y éclore, Certaines même sont capables de se hisser sur les pierres et les plantes des berges et d'y accomplir leur dernière mue (MARLEIR, 1981).

Le processus de la nymphose permet la mise en place de nouveaux organes: fourreaux alaires, yeux composés, pattes et d'antennes allongées (figure 7). La nymphe de Trichoptère ressemble à l'adulte avec les ailes repliées sous le thorax et les pattes, les palpes et les antennes ramenées contre le corps. Les antennes peuvent dépasser l'abdomen et parfois beaucoup plus longues que le corps.



**Figure 7 :** Nymph de *Hydropsyche vectis* dans son étui nymphal (photo originale).

### 1.3.6 L'adulte

À la fin de la nymphose, l'adulte émerge de l'exuvie nymphale et déplie ses ailes qui lui permettront de s'envoler. Avant cela, la nymphe doit s'accrocher à un support sur la surface, et c'est avec des mouvements de contractions abdominales que l'adulte s'émerge de l'exuvie nymphale.

L'adulte de Trichoptères (figure 8) possède des ailes couvertes de soies et un appareil buccal dépourvu de trompe, ce qui permet de les distinguer des Lépidoptères nocturnes. Les yeux composés sont bien développés et les antennes sont multiarticulées, souvent plus longues que le corps. Les tibias des pattes portent de fortes épines (éperons) dont le nombre et la position ont un intérêt en systématique ainsi que la disposition des nombreuses nervures des ailes (TACHET et *al.*, 2000).

Les appendices génitaux (génitalia) sont bien visibles. En effet, la systématique des adultes au niveau spécifique est basée essentiellement sur la structure des génitalia des mâles (MALICKY, 1983).



**Figure 8 :** Adulte de Trichoptère (JUDY GALLAGHER, 2015)

## 1.4 Données biologiques

### 1.4.1 Ethologie

D'après FAESSEL (1985), les adultes des Trichoptères sont des insectes crépusculaires fortement attirés par la lumière artificielle et ils ne s'éloignent guère de leur lieu d'émergence. Durant la journée ils sont le plus souvent posés sur les divers supports bordant le milieu aquatique dont ils sont issus (arbres, buissons...). Les femelles de certaines espèces remontent souvent en amont de leurs lieu d'émergence, compensant ainsi le phénomène de dérive des larves.

La période de vol s'étale du printemps à l'automne, cette période correspond à une émergence maximale pour la majorité des espèces.

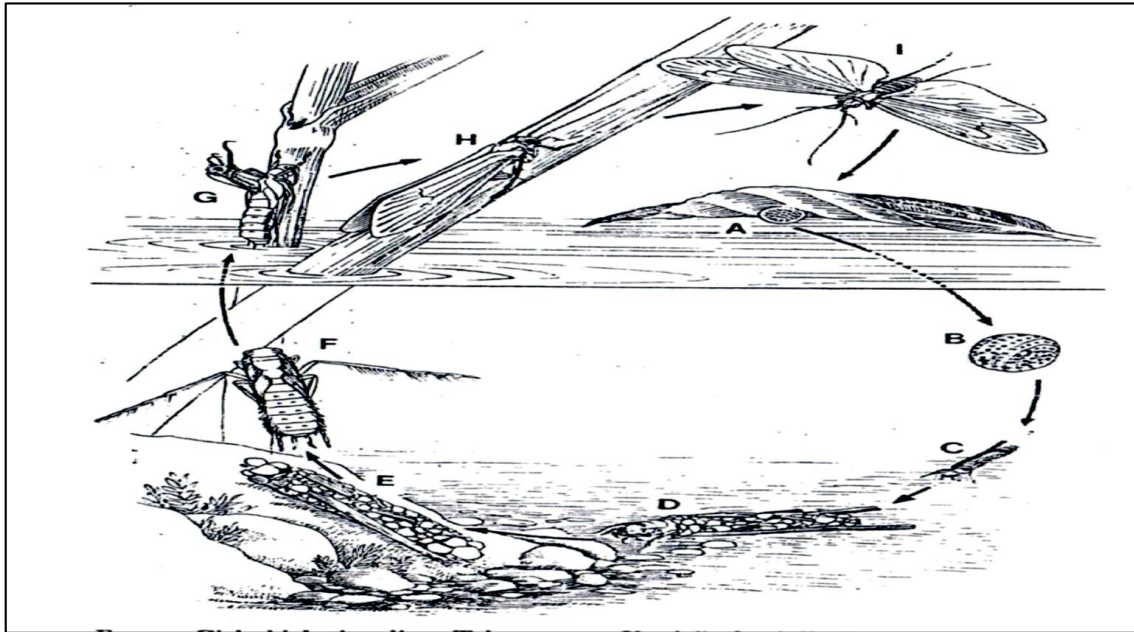
### 1.4.2 Reproduction (maturation des imagos)

Chez les mâles des Trichoptères, la maturité sexuelle est atteinte généralement lors de leur mue imaginale, ce qui n'est pas toujours le même cas chez les femelles (FAESSEL, 1985). On distingue :

- A. Les femelles matures lors de la mue imaginale dont la fécondation aura lieu soit dans un laps de temps très court, soit la fécondation a lieu après un laps de temps plus long.
- B. Les femelles sont immatures lors de l'émergence, elles passent par une période de diapause durant laquelle se fera la maturation des cellules reproductrices. Ceci s'observe principalement chez les espèces qui se développent dans les milieux stagnants peu profonds et les milieux temporaires ou lorsque les composantes de l'environnement de la larve deviennent défavorables, l'émergence a lieu rapidement.

### 1.4.3 Cycle biologique

Selon FAESSEL (1985), la plupart des espèces de Trichoptères sont univoltines, l'hiver se passe à l'état larvaire ou nymphal. Cependant, dans certaines conditions, on peut observer l'apparition de 2 générations annuelles et chez certaines espèces le cycle peut s'étaler sur 2 ou 3 années. Aussi les travaux de TACHET (1968) après observation des 4 phases du cycle de vie : vie larvaire, vie nymphale, vie imaginale et vie embryonnaire, et leur succession dans le temps il a constaté que l'existence de deux générations est possible (figure 9).



**Figure 9:** Cycle biologique du Trichoptères Limnephilidae (*Halesus radiatus*)  
(MORETTI, 1983)

**A**, masse gélatineuse déposée sur la face inférieure d'une feuille ; **B**, matrice gélatineuse gonfle au contact de l'air ; **C**, éclosion des œufs et libération des larves dans l'eau ; **D**, larve mature se transforme dans son cocon nymphal ; **E**, la nymphe prête à émerger hors de l'eau ; **F**, la nymphe atteint la surface en nageant ; **G**, nymphe mature émerge ; **H**, l'imago assèche ses ailes ; **I**, imago vol à la recherche d'un support pour pondre.

# **Chapitre II**

## **Sites d'étude**

## 1. La situation géographique de la région d'étude

Notre région d'étude est la Kabylie de Djurdjura. Elle est située à environ 100 km à l'Est de la capitale Alger, et a moins de 50km au Sud du littoral Méditerranéen. Elle est délimitée par (figure10):

- La mer méditerranée au Nord ;
- Le massif forestier de l'Akfadou à l'Est ;
- Le massif de Sidi Ali Bounbab à l'Ouest ;
- La chaîne calcaire de Djurdjura au Sud.

D'une superficie qui dépasse les 3000 km<sup>2</sup>, la Kabylie du Djurdjura est comprise entre 40°50' et 41° 00' de latitude Nord et 1°50', 2°50' de longitude Est. Elle s'étend depuis les sommets de Thala Guilef, Tikjda, Tizi-N'Kouilal, Tirourda, col de Chellata et Akfadou, jusqu'aux piémonts et plaines de Tizi-Ouzou (Vallée de Sébaou).

L'oued Sébaou, principal cours d'eau de grande Kabylie, prend sa source dans la chaîne des montagnes du Djurdjura et se jette en mer Méditerranée sur une longueur de 117 km (YAKOUB, 2005).

En vue de sa surface élevée et l'impossibilité d'étudier l'ensemble des cours d'eau qui constituent le Sébaou, notre intérêt s'est porté sur l'étude du réseau hydrographique de l'assif Hallil, principal affluent du sous bassin versant de l'oued Boubhir (dorsale orientale du Djurdjura) et sur l'oued Boubhir (s.s).

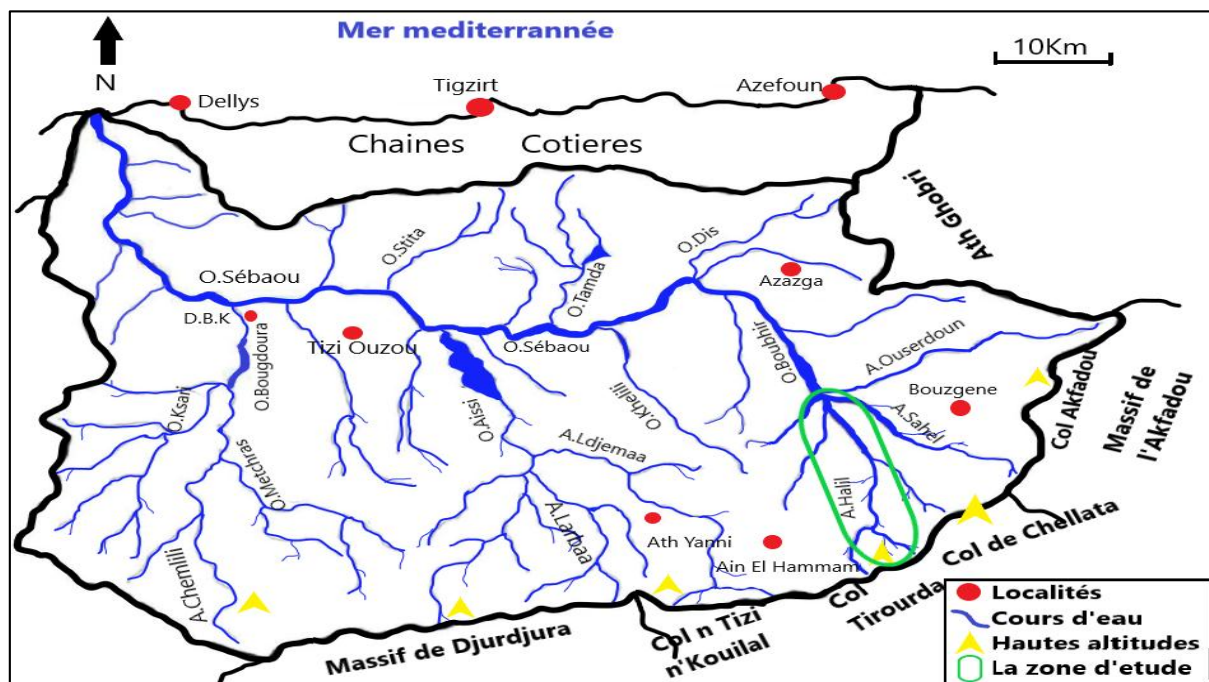


Figure 10 : Situation géographique de la région d'étude (LOUNACI, 2005).

## 2. Le cadre géologique de la région d'étude

Le plan géologique de la Kabylie de Djurdjura a fait l'objet de différentes études géologiques sur : La stratigraphie, tectonique, orogénèse (FLANDRIN, 1952 ; THIEBAULT, 1952 ; RAYMOND, 1976 ; GELARD, 1979). Sa topographie est variée et sa structure géologique est complexe (figure 11). Les unités morpho structurelles rencontrées en Kabylie se résument:

### ❖ A la dorsale du Djurdjura

Les formations de la dorsale du Djurdjura ou chaîne calcaire (DURANT DELGA, 1969) sont constituées des terrains allant du Permo-Trias au Jurassique transgressifs et discordant sur le Paléozoïque. Elle s'étend sur près de 50 km d'Ouest en Est et culmine à 2305 m avec le mont de Lala Khadîdja. Le Djurdjura est une chaîne de montagne récente, elle se dresse comme une barrière entre les formations du socle métamorphiques au Nord et celle du Crétacé tellien au Sud.

### ❖ Au socle kabyle

Socle kabyle appelé aussi Kabyliide, il est composé de formations cristallophylliennes métamorphiques et magmatiques en y trouve le phyllades, schistes, gneiss et marbres. Il favorise les écoulements superficiels des eaux vers les principaux affluents de l'Ouest de Sébaou.

### ❖ Au Miocène

Il est constitué principalement de marnes et d'argiles, soit au contact du socle Kabyle, soit à celui de la formation du quaternaire (YAKOUB, 1985). Il est de nature imperméable, ce qui favorise les écoulements et la bonne circulation des eaux vers les oueds.

### ❖ Au Quaternaire

En grande Kabylie, il forme la dépression de l'Ouest Sébaou qui s'étend d'Est en Ouest entre Fréha et du Nord au Sud entre la chaîne côtière et le massif central kabyle. Il se compose d'un matériel hétérogène et peut former des nappes alluviales suite aux importantes accumulations.

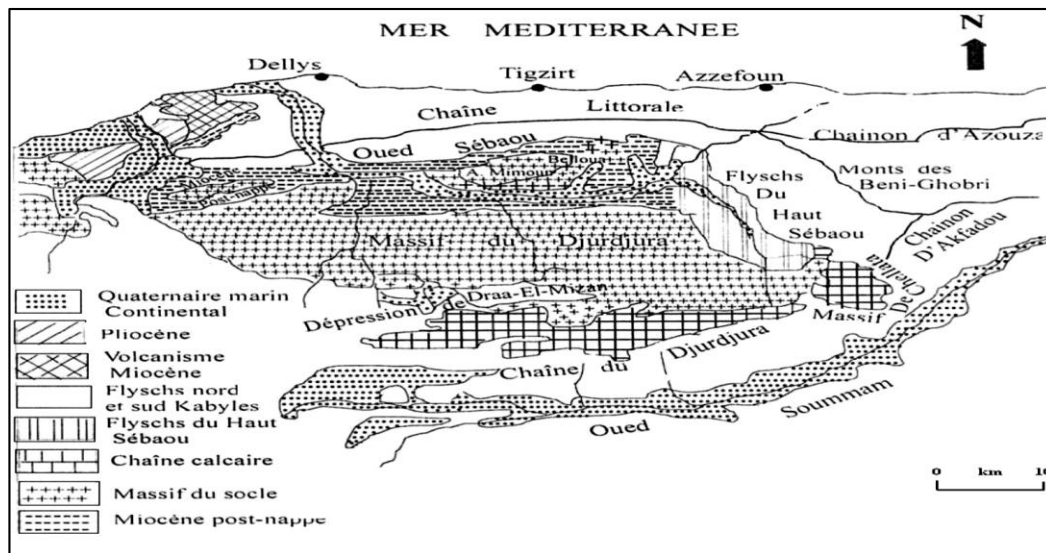


Figure 11 : Les grandes unités morfo-structurales de la Grande Kabylie (FLANDRIN, 1952).

### 3. La climatologie

Le climat est un ensemble fluctuant de phénomènes météorologiques qui caractérisent principalement l’atmosphère d’un lieu donné et dont l’action complexe influence le comportement des êtres vivants (DOUCET, 1997).

Le climat joue un rôle fondamental dans la distribution des êtres vivants (FAURIE et al., 1980). D’après BENABADJI (1991), toute étude écologique nécessite une étude approfondie du climat (température, précipitations, humidité, pression atmosphérique...etc.)

La Kabylie par sa situation géographique, bénéficie d’un climat méditerranéen caractérisé par un épisode de sécheresse en été (juillet à septembre), et un hiver froid et humide avec des précipitations torrentielles et irrégulières (ABDESSELAM, 1995).

Le manque de données, dû essentiellement à l’absence d’un réseau météorologique dans notre zone d’étude nous a contraint à utiliser les données des sites proches de nos stations: Ait Aicha, Ath-Ouabane, Boubhir et Tizi-Ouzou (tableau 1).

Tableau 1 : Caractéristiques des stations de références

Stations de référence	Altitude (m)	Latitude X(km)	Longitude Y(km)
Ait Aicha	1000	661,78	373,90
Ath-Ouabane	960	643,25	354,7
Boubhir	215	650,25	382,95
Tizi-Ouzou	250	620,7	380,25

### **3.1 Les précipitations**

Elles sont caractérisées par leurs volume, leurs intensités et leurs influences qui varient selon les lieux, les jours, les mois et aussi les années (GUYOT,1999)

En Algérie, la majorité des pluies sont d'origine orographique, conditionnée par la direction des axes montagneux par rapport à la mer et aux vents humides. Ces précipitations sont sous l'influence de facteurs géologiques : l'altitude, la latitude, la longitude et l'exposition. En effet, la pluviosité augmente avec l'altitude, mais elle est plus élevée sur le versant exposé aux vents humides. Elle augmente d'Ouest en Est et diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne du littoral vers le Sud (COTE, 1974 et KADIK, 1987).

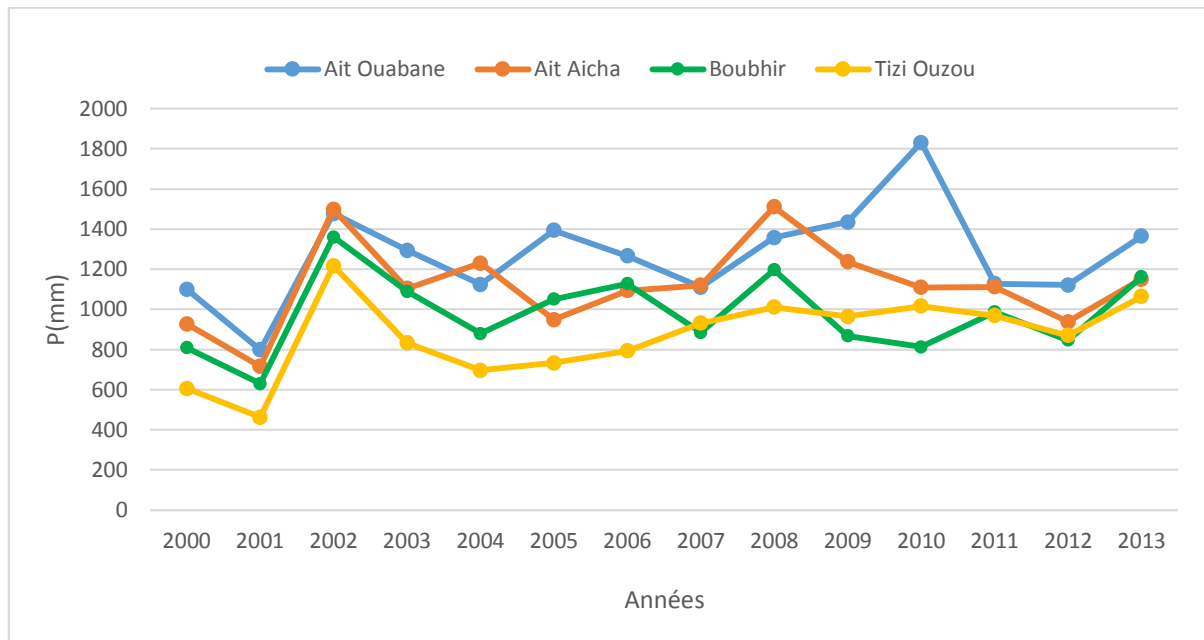
Les précipitations en région de la Kabylie de Djurdjura, connue pour ses chaînes montagneuses, sont sous forme de neiges et de pluies en vue des altitudes élevées qui dépassent les 800m dans certaines localités, ce qui fait d'elle l'une des régions les plus arrosées d'Algérie. Elles permettent des écoulements hydriques importants dans les oueds surtout en saison hivernale, cas de l'oued du Sébaou (HAOUCHINE, 2011).

Nous avons été contraints d'utiliser les données pluviométriques des stations de références (Ait aicha, Ath-Ouabane, Boubhir et Tizi-Ouzou) disponibles pour la période 2000-2013 (SEKHI, 2022). Les données ont été fournies par l'ANRH de Tizi-Ouzou et sont consignées dans les annexes I et II

#### **3.1.1 Les précipitations annuelles**

Les moyennes interannuelles calculées pour les périodes 2000-20013 (figure 12 et annexe IV) mettent en évidence leur importance avec l'altitude. Dans les régions de Ait Aicha et Ath-Ouabane, d'altitude supérieures à 1000 m, les précipitations sont élevées (>1100 mm/an).

Dans la vallée de Sébaou, les précipitations moyennes annuelles sont moins importantes et sont respectivement de 978.88mm/an (Boubhir, alt. 215m) et de 868.9 mm/an (Tizi-Ouzou, alt. 250 m).



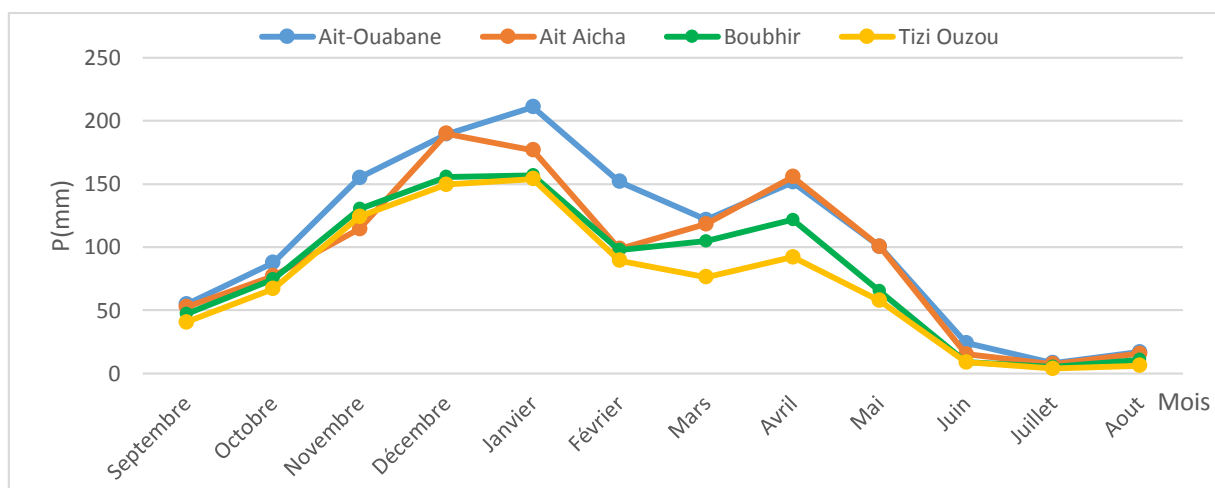
**Figure 12 :** Précipitations moyennes annuelles (mm) dans les localités de références (période 2000-2013)

### 3.1.2 Les précipitations mensuelles

La lecture de la figure 13 montre que les précipitations moyennes mensuelles présentent le même profil pluviométrique.

Le maximum pluviométrique est enregistré en décembre et janvier pour l'ensemble des stations, il varie de 154mm à 210.9mm

Le minimal pluviométrique est enregistré en juillet, avec des valeurs comprises entre 3.8mm et 8.3mm, les précipitations reprennent après en septembre.



**Figure 13 :** Précipitations moyennes mensuelles (mm) dans les localités de référence (période 2000-2013)

### 3.2 La température de l'air

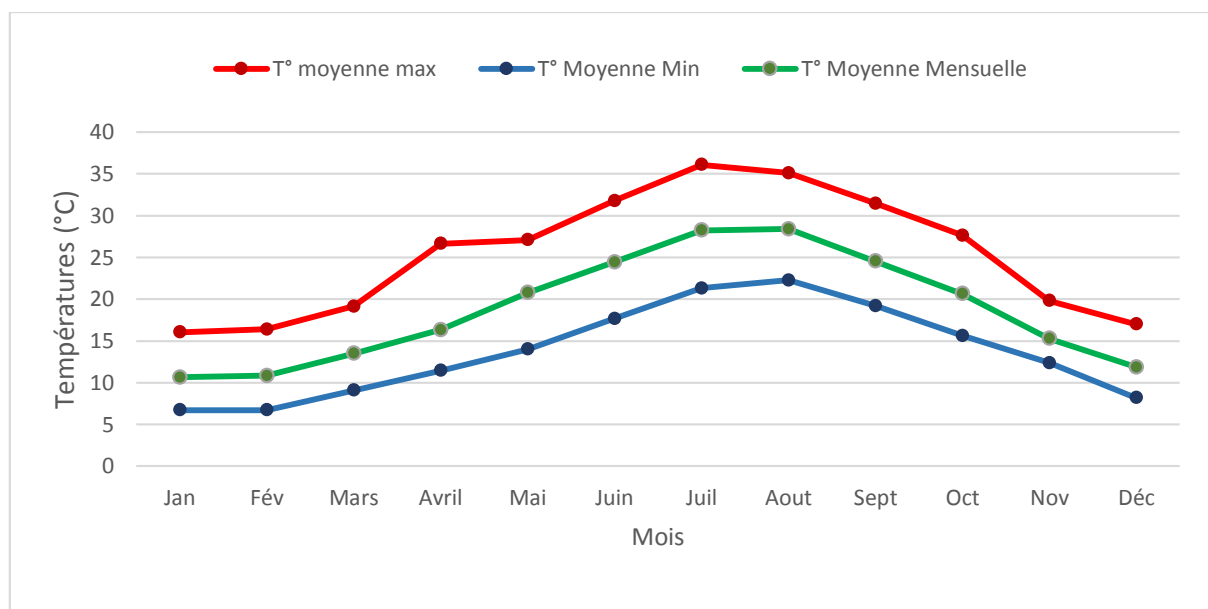
La température de l'air est un facteur écologique important, elle influence sur tous les organismes vivants (espèces végétales et animales, champignons et micro-organismes) et conditionne leurs repartitions.

Les valeurs moyennes mensuelles, minimales et maximales des températures de l'air enregistrées à Tizi-Ouzou durant la période allant de 2012 à 2020 sont portées sur la figure 14 et annexe III et IV. (Source : Office National de la Météorologie de Tizi-Ouzou).

Les températures moyennes annuelles varient d'une année à une autre. La moyenne interannuelle enregistrée à Tizi-Ouzou est de l'ordre de 19,16°C.

Les mois les plus chauds sont juillet et août, où les températures moyennes enregistrées sont respectivement de 28,24°C et 28,32°C, avec des maximales de 36,08°C et 35,11°C.

Les mois de janvier et février sont les mois les plus froids avec des températures moyennes de 10,64°C et 10,84°C, et un minimum de 6,72°C



**Figure 14 :** Températures moyennes mensuelles de l'air (°C) enregistrées à Tizi-Ouzou (période 2012-2020).

4. Description des cours d'eau et des stations d'étude

Les cours d'eau du sous bassin versant de l'oued Boubhir drainent l'ensemble des écoulements du flanc Nord-Est de la Kabylie du Djurdjura (partie septentrionale du massif de l'Akfadou (col de l'Akfadou), et la partie orientale du Djurdjura (col de Chellata et col de Tirourda).

Ce travail est consacré à l'étude du réseau hydrographique de l'assif Hallil, principal affluent du sous bassin versant de l'oued Boubhir, ainsi qu'à l'oued Boubhir (s.s). Les stations retenues dans le cadre de ce travail sont indiquées par des carrés sur la figure 15.

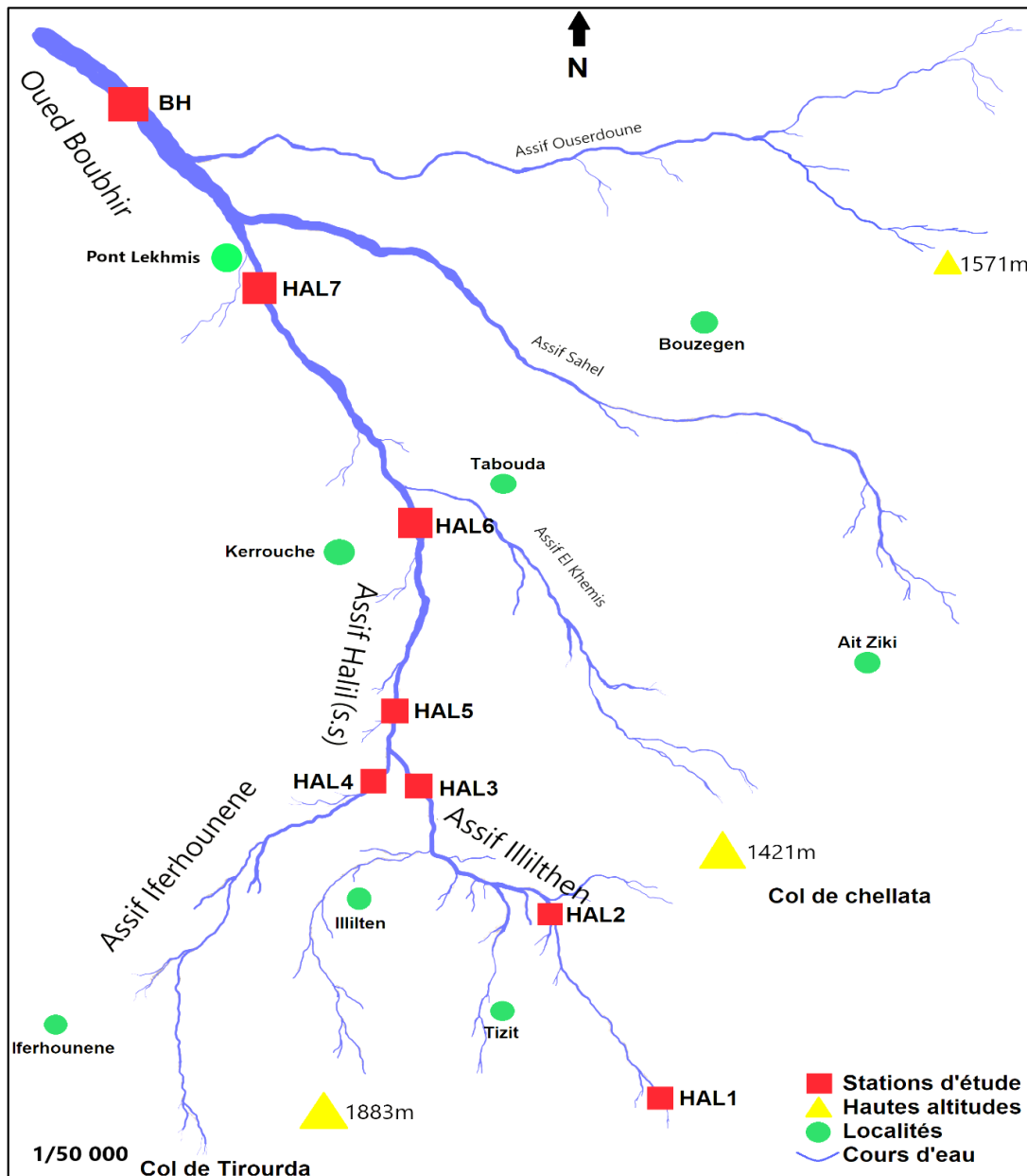


Figure 15 : Réseau hydrographique étudié et emplacement des stations (SADI OUFELLA M.)

Parmi les stations prospectées, 8 ont été retenues en tenant compte de certains paramètres tels que l'altitude, la pente, le recouvrement, la diversité des biotopes, l'amont et l'aval des agglomérations, aussi par l'accessibilité aux stations et la sécurité. La campagne d'échantillonnage a été réalisée le 06 Mai 2023. Les stations se répartissent comme suit :

7 stations sur l'assif Hallil et ses tributaires :

- 3 sur assif Illilthen (Sedi) : HAL1, HAL2 et HAL3 (figure 16 à 18).
- 1 sur assif Iferhounen : HAL4 (figure 19).
- 3 sur assif Hallil (s.s.): HAL5, HAL6 et HAL7 (figure 20 à 22).

1 station sur oued de Boubhir (s.s) : BH (figure23).



**Figure 16:** Station HAL 1



**Figure 17:** Station HAL 2



**Figure 18:** Station HAL 3



**Figure 19:** Station HAL 4



**Figure 20:** Station HAL 5



**Figure 21:** Station HAL 6



**Figure 22:** Station HAL 7



**Figure 23:** Station BH

**Figures de 16 à 23 :** représentation photographique des stations d'étude

## **4.1 Assif Hallil et ses tributaires**

### **4.1.1 Assif Illilthen (Sedi)**

Principal affluent de assif Hallil, il prend naissance à 1500 m d'altitude à partir des sources et ruisselets alimentés par les eaux de pluies et de fonte des neiges en provenance d'Azrou n Thor (Ath Adellah), col de Chellata et Agni Guzal (village Tizit). Il coule en orientation Sud-Nord avec une pente moyenne de 15% avant de se jeter dans assif Hallil (s.s). Trois stations sont retenues sur ce cour d'eau : HAL1, HAL2 et HAL3.

### **4.1.2 Assif Iferhounene**

Il collecte les écoulements de nombreux petits ruisseaux alimentés par les eaux de fonte de neige et de nombreuses sources ainsi par l'assif Tirourda qui prend naissance au col de Tirourda. Doté d'une pente moyenne de 15%, il cascade en orientation Sud-Nord avant de se jeter dans assif Hallil (s.s). Une station est retenue sur ce cours d'eau : HAL4

### **4.1.3 Assif Hallil (s.s)**

C'est un cours d'eau de montagne qui prend naissance entre le col de Chellata et col de Tirourda après confluence des assifs Illilthen et Iferhounene, il collecte les écoulements de petits ruisseaux alimentés par des eaux de sources et par des eaux de pluie et de la fonte des neiges. Il coule en orientation Sud-Nord sur une distance de 19 km entre les altitudes de 1300 mètres et 220 mètres, avec une pente moyenne de 10% avant de se jeter dans l'oued Boubhir (s.s). Trois stations sont retenues sur ce cours d'eau : HAL5, HAL6 et HAL7.

### **4.1.4 Oued Boubhir (s.s)**

L'oued Boubhir (s.s) est le principal affluent de l'oued Sébaou, son importance est due à la confluence de quatre cours d'eau : assif Hallil, assif El Khemis, assif Sahel et assif Ousserdoun. Les écoulements en provenance des hautes altitudes de Djurdjura précisément du col de Tirourda et Chellata. Sa pente moyenne est de l'ordre de 2 % et la largeur de son lit majeur peut atteindre les 50 mètres par endroit. Une seule station est retenue sur ce cour d'eau : BH.

Pour chaque station étudiée, nous indiquons (tableau 2) :

La localité la plus proche, l'altitude, la pente, la largeur moyenne du cours d'eau, la profondeur moyenne de la lame d'eau, la vitesse du courant selon la classification de Berg, la température de l'eau, la nature du substrat, la végétation aquatique, la végétation bordante et aquatique, le recouvrement et l'action anthropique lorsqu'il y en a.

Tableau 2 : Caractéristiques mésologiques des stations étudiées.

Stations	Assif Illilthen (Sedi)			Assif Iferhounene	Assif Hallil (s.s)			Oued Boubhir (s.s)
	HAL1	HAL2	HAL3	HAL4	HAL5	HAL6	HAL7	BH
<b>Localisation</b>	200 m en aval de la source au lieu-dit « Agni Guzal » Sud-Est du village Tizit	1,5 km en aval du village Tizit	100 m en aval de village Taghzout et a 150 m avant confluence avec assif Iferhounene	150 m n aval du village Boudel et 150m avant confluence avec assif Illilthen	200 m en aval du village Ikhdachen et 600 m après confluence d'assif Illilthen et assif Iferhounene	A 30 m en amont du pont Kerrouche	A 100 m en amont du pont El Khemis et a 7.5km après confluence d'assif El Khemis et assif Hallil (s.s)	100 m en amont du pont de Boubhir
<b>Distance à la source (km)</b>	0,2	2	7	15	8	11	20	23
<b>Altitude (m)</b>	1300	800	500	520	490	380	220	200
<b>Pente (%)</b>	25	15	9	10	7	3	2	1
<b>Profondeur (cm)</b>	10	20	20	20	25	25	30	40
<b>Vitesse du courant</b>	moyenne	moyenne	Moyenne	Moyenne	Rapide	Moyenne	Très rapide	Rapide
<b>Température(C°)</b>	8	10	12	13	16	20	22	25
<b>Largeur du lit (m)</b>	0,8	2	3,5	3	5	6	7	9
<b>Substrat</b>	Blocs, sable, gravier et débris végétaux.	Blocs, sable, gros galets, galet, débris végétaux.	Galets, gros galets, débris végétaux et matière organique.	Sable, limons, galets, débris végétaux et matière organique.	Galets, gros galets, sable, limons et matière organique.	Gros galets, sable, limons, débris végétaux et matière organique	Blocs, gros galet, sable, limons et matière organique.	Bloc, galet, sable, vase et matière organique.
<b>Végétations aquatique</b>	Mousses.	Mousses, algues.	Mousses, algues, macrophytes.	Algues et macrophytes.	Mousses et algues importantes.	Algues et mousses.	Algues et macrophytes.	Forte présence d'algues et de macrophytes.
<b>Recouvrement (%)</b>	95	90	80	90	40	60	20	0
<b>Végétations bordante</b>	Strates arborée, arbustive et herbacée.	Strates arborée, arbustive et herbacée.	Strates arborée, herbacée et arbustive	Strates arborée et, herbacée.	Strates arborée, herbacée et arbustive	Strates arborée et arbustive	Strates herbacée et arbustive	Strates herbacée et arborescente
<b>Action anthropique</b>	-captage d'eau modeste.	-Agriculture modeste -petit captage d'eau.	-Déchets ménagers - réseaux d'assainissements des Villages Taghzout et Tifilkout.	-Réseaux d'assainissements des villages Iferhounen, Tirourda, Ait Atsou, Ait Larbi, Laazib, Taourirt Ali Ounacer, Boudel, et Zoubga.	-Réseau d'assainissement du village Ikhdachen Pompage de l'eau.	- Pompage d'eau. - Réseau d'assainissement village Kerrouche - Présence d'une serre avicole en amont.	-Réseaux d'assainissements des villages des communes Illoula et Ait Yahia.	- Déchets sur les rives -Pompage de l'eau pour l'irrigation. -Présence d'une centrale à béton.

## **5. Caractéristiques physiques des stations**

La distribution spatiale des invertébrés benthiques est sous l'influence directe des descripteurs physiques de l'habitat tels que : l'altitude, la pente, le débit, le substrat, la vitesse du courants et la température de l'eau (HYNES, 1970; ANGELIER et *al.*, 1985; WHOLL et *al.*, 1995; THIERNEY et *al.*, 1998 et MATHURIAU, 2002).

### **5.1 La pente**

La pente dépend principalement de l'altitude et joue un rôle important dans l'étude écologique des systèmes hydrographiques. Elle exerce une influence sur la vitesse du courant, la profondeur et la largeur du cours d'eau, mais également dans la distribution et la taille des éléments du substrat, ainsi que la répartition des espèces benthiques.

### **5.2 Le débit**

Le débit est le volume d'eau en mouvement auquel peut être rattaché une quantité de matière transportée organique ou minérale, inerte ou vivante, endogène ou exogène (LAVANDIER, 1979).

Il existe une relation étroite et directe des fluctuations du débit avec différents facteurs mésologiques tels que les variations d'altitude, la vitesse des écoulements, la largeur et la profondeur du cours d'eau, le substrat, mais la relation indirecte est sous l'influence du climat (les précipitations, fonte des neiges...) la topographie des sols ainsi que l'activité anthropique.

D'après ABDESSELEM (1995), dans la région de la Kabylie, les débits les plus importants de l'année sont dus principalement aux fontes des neiges au printemps, augmentés par les apports en pluies souvent abondantes à cette période de l'année.

Selon LOUNACI (2005), les cours d'eau de montagne d'altitude supérieure à 1000 m présentent un régime hydrologique pluvio-nival de décembre à mi-avril et pluvial de mi-avril à juin. Dans les zones de piémont et de plaine, le régime hydrologique est plutôt pluvial. Les fortes pluies, à l'origine des crues, augmentent la vitesse du transport des substances solides et dissoutes et beaucoup d'organismes sont alors emportés. De plus, la composition chimique des eaux se trouve ainsi modifiée.

### **5.3 La température de l'eau**

La température de l'eau est un facteur écologique d'une importance primordial. Elle conditionne la diversité et la répartition faunistique dans les cours d'eau, en intervenant dans le développement et dans le cycle biologique et reproducteur des êtres vivants. (ANGELIER, 2000).

Tout cela est lié étroitement avec une combinaison de paramètres à savoir l'altitude, la distance à la source, l'ensoleillement et le couvert végétal du réseau hydrographique qui lui permettra d'avoir son propre régime thermique. La survie d'une espèce est donc possible entre deux limites de température.

Sa mesure est très utile pour les études limnologiques car elle joue un rôle dans la solubilité des gaz, notamment l'oxygène, la détermination du pH et la dissociation des sels (RODIER, 1996).

#### **5.4 L'écoulement et la vitesse du courant**

L'écoulement connu également par la vitesse du courant est un paramètre spécifique des eaux lotiques. Il dépend essentiellement du débit et de la pente ainsi que de la quantité des précipitations, de la nature et de la taille des substrats et aussi de la profondeur de la lame d'eau (GENIN *et al.*, 2003).

L'écoulement a une importance primordiale, vu sa contribution dans la répartition des espèces, en provoquant le phénomène de la dérive biologique, il influence l'assemblage des communautés de biocénose benthiques ainsi que leurs comportements et leurs métabolismes (HYNES, 1970 et MINSHALL, 1984).

La mesure de ce paramètre est réalisée sur le terrain en lançant un flotteur sur une surface connue du cours d'eau, le temps pris par le flotteur durant sa dérive est donné par un chronomètre. Étant donné les difficultés de la mesure de la vitesse du courant, elle est quantifiée par sa valeur moyenne au niveau de chaque station.

#### **5.5 Le substrat**

Le substrat constitue le support vital des invertébrés benthiques de nombreux organismes d'eaux courante présentent une adaptation très spécifique et ne colonisent que les habitats dont les conditions leurs sont favorables, ainsi, la diversité de la communauté et en relation étroite avec la diversité des substrats.

Tous les substrats les plus instables sont les moins colonisés car ils dépendent de la force d'écoulement, de la pente et du débit. En revanche, les mousses et les végétaux sont des supports très favorables car ils servent également de nourriture et d'abris.

## 6. La végétation

La végétation est un facteur environnemental très important, elle affecte le ruissellement, l'évapotranspiration, la rétention d'eau et intervient contre l'érosion hydrique, plus la végétation est dense plus la résistance à l'écoulement est grande.

C'est une ressource importante de matière organique qui est consommable par certains êtres vivants. De plus, elle joue un rôle important dans la répartition de la faune benthique.

En Kabylie, la couverture végétale varie en fonction de certains paramètres, dont l'altitude, l'exposition des versants, la lithologie et de l'hétérogénéité topographique.

Selon MESSAOUDENE et *al.* (2007), l'hétérogénéité topographique et l'action anthropique ont imprimé au paysage végétal un caractère très morcelé, distinguent, en fonction de l'altitude, les associations végétales suivantes :

- ❖ **Aux hautes altitudes (supérieur à 1100 m) :** les sommets sont presque dénudés ou couverts à quelques endroits par des pelouses écorchées à xérophytes épineux et rampants: genets (*Genista* sp.), du cèdre épars (*Cedrus atlantica*), le Diss appelé ampélodesmos de Mauritanie (*Ampelodesmos mauritanicus*), azarolier (*Crataegus azarolus*)
- ❖ **Aux altitudes inférieures à 1100 m :** la végétation est constituée de chêne vert (*Quercus ilex*), de frêne (*Fraxinus* sp.) et de quelques pieds d'érables (*Acer* sp.).
- ❖ **Entre 600 m et 800 m d'altitude :** on rencontre l'olivier (*Olea europea*), l'arbousier (*Arbutus unedo*), Orme champêtre (*Ulmus minor*).
- ❖ **Entre 300 m et 500 m d'altitude :** la strate arborée y domine, elle est composée essentiellement de l'olivier (*Olea europea*).
- ❖ **En plaines :** les formations végétales sont principalement des verges (orangers, pommiers, poiriers, figuiers...), qui contribuent à la dégradation de ces formations végétales naturelles dans la vallée du Sébaou et les cultures maraîchères.

Près des cours d'eau, la végétation est très dense surtout dans les altitudes comprises entre (500 m à 1000 m), parmi les plus abondantes on distingue en grande partie les strates arborescentes et arbustives (lentisque, aulne, laurier rose, roseau, peupliers...) elle qui fournit une importante ressource en matière organique nécessaire pour la faune aquatique et jouent le rôle de diminuer le réchauffement des eaux en période estivale.

La végétation aquatique est constituée principalement par des mousses dans les parties supérieures des cours d'eau. En aval elle est en faveur des algues et des macrophytes.

## **7. Les perturbations anthropiques**

D'après ANGELIER (2000), le déséquilibre de l'écosystème aquatique est essentiellement dû à la pollution qui est en terme réservé habituellement aux dégradations causées par l'homme. Nous retrouvons donc en haut de la liste la pollution industrielle, l'urbanisation avec toutes ses activités, l'agriculture...etc. Ce sont alors les principales pollutions des milieux aquatiques continentaux qui rejettent de façon volontaire ou accidentelle leurs polluants dans les cours d'eau.

En Kabylie de Djurdjura, cette pollution a pris une ampleur démesurée engendrant un impact sur la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines, tel est le cas de l'oued Sébaou considéré comme le plus affecté. Dans le réseau hydrographique étudié, l'impact anthropique varie d'une zone à l'autre.

Dans la partie amont des cours d'eau, la pollution est essentiellement d'origine domestique, causée par l'élevage et le pompage de l'eau pour l'irrigation mais elle reste négligeable.

Dans les secteurs moyens et de basse altitude du réseau hydrographique étudié, les atteintes au milieu dû à l'homme sont plus intenses et la pollution présente différentes origines:

### **Origine urbaine**

Les cours d'eau reçoivent des charges organiques issue des activités domestique de plusieurs agglomérations situées en bordure (Iferhounene, Imsouhal, Illilthen et Illoula Oumalou...etc.)

L'absence de traitement et de collecte des eaux usées accentue cette action particulièrement en période estivale. En effet, certains cours d'eau font office d'égouts à ciel ouvert. Les quantités d'affluents trop importantes par rapport aux faibles débits récepteurs et aux températures élevées ne permettent pas au cours d'eau de s'auto-épurer et la qualité l'eau serait affectée.

### **Origine agricole**

L'utilisation inconsciente d'engrais chimiques, d'herbicides, d'insecticides et de pesticides divers fait que via le lessivage des sols l'eau retourne aux cours d'eau chargée en éléments eutrophisants (nitrates nitrite et phosphates...etc.), engendrant un déséquilibre de la faune et la flore aquatique, aussi la présence de serre avicoles sur les rives des cours d'eau affecte la qualité de l'eau de ce dernier.

De plus, avec le développement des surfaces irriguées, les besoins en eau ont entraîné la multiplication des points de pompage d'eau. En période d'étiage, la baisse du débit cumulée à l'infiltration et au pompage des eaux de surface entraînent la mise à sec de portions importantes des cours d'eau induisant ainsi une réduction spatio-temporelle des biotopes lotiques (SEKHI, 2022).

## **8. La qualité physico-chimique de l'eau**

### **8.1 Paramètre organoleptique**

#### **8.1.1 Couleur**

La couleur est un paramètre à la fois organoleptique et physique, il témoigne de la présence de particules dans l'eau (substance minérale ou organique colloïdales dissoute) résultante de la décomposition partielle des microorganismes du sol, des déchets animaux et végétaux. Selon MOKDDEM & OUDDANE (2005), la coloration peut être :

- D'origine naturelle (présence de fer et de manganèse dans les eaux profondes, de substances humiques dans les eaux de surface)
- Une des conséquences du phénomène d'eutrophisation (développement excessif d'algues et de plancton) des lacs, étangs, barrages, ...etc.
- D'origine industrielle chimique (colorants des tanneries et de l'industrie textile d'impression et teintures).

### **8.2 Paramètres physico-chimiques**

#### **8.2.1 Turbidité (Transparence)**

C'est un paramètre qui varie en fonction des composés colloïdaux (argiles, débris de roche et micro-organismes) qui sont dus à la dégradation des végétaux, mais aussi à la pollution.

La résistance de l'eau au passage de la lumière émise par le turbidimètre et calculée par ce dernier qui lui donne un valeur (en NTU). Cette valeur est classée comme suit :

- $NTU < 5$  : eau claire.
- $NTU < 30$  : eau légèrement trouble.
- $NTU > 50$  : Eau trouble.

La présence de la turbidité dans l'eau, empêche la pénétration des rayonnements solaires qui sont indispensables à la vie aquatique, et réduit la photosynthèse.

### 8.2.2 pH

Le pH mesurant l'acidité d'une solution, est défini par l'expression  $\text{pH} = -\log \text{H}^+$  où  $(\text{H}^+)$  est l'activité de l'ion hydrogène  $\text{H}^+$  dans la solution (RAMADE, 1998).

Dans chaque milieu naturel les eaux ont une valeur de pH propre en fonction du sous-sol de leur bassin versant : Pour les régions calcaires le pH est  $>7$  car fortement minéralisées contrairement pour celle de sous-sol primaire ou les eaux sont acides (pH est  $<7$ ).

### 8.2.3 Conductivité électrique

La conductivité électrique de l'eau est une mesure de sa capacité à conduire le courant. Elle peut évaluer approximativement la teneur en sels dissous (DUPONT, 1981).

La mesure de la conductivité est un moyen assez simple de détection d'une anomalie indiquant la présence probable d'une pollution.

### 8.2.4 Oxygène dissous

C'est un paramètre important, il est essentiel pour le maintien de la vie aquatique et la dégradation de la matière organique. Son unité de mesure est le mg/l.

Ce paramètre est influencé par différents facteurs comme la température et la turbulence de l'eau, la nature et la concentration d'êtres vivants présents (flore et faune), le type et le degré de pollution (BOUHEZILA, 2021).

### 8.2.5 Résidus secs

Ils permettent de déterminer le taux de minéraux recueillis dans l'eau après l'évaporation. Suivant le domaine d'origine de l'eau cette teneur peut varier de moins de 100 mg/l (eaux provenant de massifs cristallins) à plus de 1000mg/l (BERNE & JEAN, 1991).

### 8.2.6 Matières en suspension (MES)

Ce sont des matières non solubilisées qui comportent des matières organiques et des matières minérales (GAID, 1984).

Elles peuvent accumuler des quantités élevées de matières toxiques tels : métaux, pesticides, huiles minérales, et hydrocarbures aromatiques polycycliques (MERABET, 2010).

La quantité de matières en suspension varie notamment selon les saisons et le régime d'écoulement des eaux. Elles affectent la transparence de l'eau et diminuent la pénétration de la lumière et par la suite, la photosynthèse.

### 8.3 Paramètres de pollutions et indésirables de l'eau

#### 8.3.1 Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ )

Il constitue un des maillons du cycle de l'azote. La présence de  $\text{NH}_4^+$  dans l'eau traduit un processus de dégradation incomplète de la matière organique. C'est un excellent indicateur de la pollution de l'eau par des rejets organiques d'origine agricole, domestique ou industriel.

En milieu oxydant, l'ammoniaque se transforme en nitrites puis en nitrates, ce qui induit une consommation d'oxygène (GAUJOUS, 1995).

#### 8.3.2 Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )

Ils se retrouvent naturellement en faible concentration dans les eaux souterraines et superficielles. Les nitrates constituent le stade final d'oxydation de l'azote organique,

L'origine des nitrates dans le sol est diverse telles que les apports d'amendement organique ou les déjections animales ou humaines stockées.

#### 8.3.3 Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )

Les nitrites constituent une étape importante dans la métabolisation des composés azotés, ils s'insèrent dans le cycle de l'azote entre l'ammoniac et les nitrates. Leur présence est due, soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniac, soit à la réduction des nitrates. Ils ne représentent qu'un stade intermédiaire et sont facilement oxydés en nitrates. Des concentrations élevées en nitrites, témoignent souvent de la présence de matières toxiques (DE VILLERS *et al.*, 2005).

#### 8.3.4 Orthophosphates ( $\text{PO}_3^{4-}$ )

Le phosphore existe sous forme minérale ou ions phosphates ( $\text{PO}_3^{4-}$ ) contenus dans les eaux de surface peuvent être d'origine naturelle (produit de la décomposition de la matière organique, ou lessivage des minéraux). Des teneurs supérieures à 0,5mg/l doivent constituer un indice de pollution (RODIER *et al.*, 2005).

Le phosphore est dit « facteur limitant » ; c'est également un facteur de maîtrise puisque c'est en agissant sur lui qu'il est possible d'augmenter ou de réduire les proliférations algales (BARROIN, 2003).

#### 8.3.5 Matières Organiques

Les matières organiques dissoutes dans l'eau proviennent souvent de l'attaque et de la décomposition par les bactéries ou des champignons inférieurs, des cadavres d'animaux et

végétaux. Mais elles peuvent également provenir du métabolisme des êtres vivants supérieurs: excréments des plantes et déjections des animaux (LEFEVRE, 1993).

La concentration en matières organiques dans les eaux de rivières varie entre 2 et 10 mg/l (GAID, 1988). Elles sont donc naturellement présentes dans l'eau, mais à faible concentration. S'il y en a plus, il y a présence de pollution.

## **9. La qualité bactériologique de l'eau**

### **9.1 Streptocoques fécaux**

Les streptocoques sont des bactéries à gram+. Coques ou forme coccoïdes d'environ 1 µm de diamètre, souvent par paires, généralement non mobile, capsule présente, anaérobie facultatif et métabolisme fermentatif (SINGLETON, 1994). Ce sont des témoins de contamination fécale sensible, spécifiques et assez résistants. Ils n'ont pas généralement de pouvoir pathogène important par rapport aux normes environnementales (GAUJOURS, 1995).

### **9.2 Coliformes totaux**

Les Coliformes appartiennent à la famille des *Enterobacteriaceae*. Le terme Coliforme correspond à des organismes en bâtonnets, non sporogène, Gram-, aérobies et anaérobies facultatif (RODIER, 2005).

Les coliformes totaux ne sont pas un signe de pollution, leur origine peut être environnementale (animaux, végétaux ou sol). Leur présence n'indique pas nécessairement une pollution fécale (DEBABZA, 2005).

### **9.3 Escherichia - coli**

Escherichia - coli est une bactérie qu'on trouve naturellement dans les intestins des humains et des animaux à sang chaud. Elle est présente en grand nombre dans les matières fécales, sa présence dans l'eau indique une contamination récente.

# **Chapitre III**

## **Matériels et méthodes**

La partie pratique est une étape indispensable et importante dans un travail de recherche, car tout se succède et s'enchaînent entre les prélèvements, l'interprétation et les résultats récoltés. C'est pour cela que la fiabilité des prélèvements et du protocole suivie et cruciale pour avoir des résultats représentatifs de la conclusion obtenue.

Afin d'atteindre les objectifs tracés dans cette étude, les prélèvements de la faune benthique et de l'eau ont été réalisés à l'intérieur de la station. Cette dernière est définie comme étant le tronçon de cours d'eau dont la longueur est sensiblement égale à dix fois la largeur du lit mouillé au moment du prélèvement (GENIN *et al.*, 2003).

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

### **1.1 Le prélèvement des échantillons benthiques**

Les prélèvements de la faune ont été effectués dans des zones peu profondes (inférieure à 40 cm), sur des surfaces de l'ordre de 0,25m<sup>2</sup>. Le dispositif utilisé est le filet Surber qui présente une ouverture circulaire de 30cm de diamètre et 275µm de vide de mailles. Au niveau de chaque station, le filet est déposé sur le fond à contre-courant.

Les larves et les nymphes sont recueillies dans le filet par lavage des galets se trouvant sur la surface échantillonnée. La faune interstitielle est récupérée par raclage du fond, soit à la main, soit avec les bottes.

### **1.2 La chasse d'adultes**

La chasse d'adultes est un outil qui permet d'identifier les taxons difficiles à déterminer au stade larvaire. Cette méthode s'effectue aux abords des cours d'eau, sur la végétation et sur les pierres. Elle consiste à repérer et à capturer les insectes à l'aide d'un filet fauchoir ou saisis à l'aide d'une pince entomologique, puis conservé dans des piluliers remplis d'alcool à 70%.

### **1.3 La conservation des échantillons benthiques**

Les échantillons récoltés sont mis dans des sachets en plastique puis fixés à l'aide du formol à 10%. La date, le numéro et les caractéristiques de la station sont notés au crayon sur chaque prélèvement.

### **1.4 Le lavage, le tri et la détermination**

Au laboratoire, le contenu des sachets est lavé et débarrassé de la vase et débris végétaux sur une série de tamis à mailles décroissantes allant de 5 à 0,2mm (annexe V).

Le contenu des tamis est ensuite versé dans un bac, puis transvasé et homogénéisé dans des béchers à 250 ml.

Un pré-tri et une détermination jusqu'au genre ou à la famille sont effectués sous une loupe binoculaire par fraction successive dans des boîtes de pétri à fond quadrillé. Le matériel trié et mis dans des piluliers et conservé avec de l'alcool à 70%.

L'ordre des Trichoptères a été identifié jusqu'à l'espèce (larves et nymphes) en se référant aux principales clés de détermination à savoir : GONZALEZ & MALICKY (1983), TACHET *et al.* (1980, 2000) et VIERA-LANERO (2000).

## 2. Indices écologiques de composition et de structure des peuplements

Ce sont des descripteurs statistiques pour caractériser la diversité des peuplements. Ils permettent d'avoir une évaluation de la diversité d'un écosystème, de nombreux indices sont couramment utilisés à savoir : la richesse spécifique, l'abondance relative et l'occurrence des espèces.

Ils permettent aussi de comparer entre deux peuplements et de voir comment ceux-ci évoluent dans l'espace et dans le temps (DAJOZ, 2006).

### 2.1 Richesse spécifique

C'est une étape de base pour l'étude des communautés. La richesse spécifique prend en compte le nombre d'individus d'une même espèce que l'on peut rencontrer dans un écosystème donné.

La richesse taxonomique ou spécifique correspond au nombre total d'espèces (taxons) présents dans chaque prélèvement (BOULUNIER *et al.*, 1998 ; RAMADE, 2003). Elle augmente généralement avec une amélioration de la qualité de l'eau et de la diversité de l'habitat (PLAFKIN *et al.*, 1989).

### 2.2 Abondance relative

L'abondance relative est un paramètre très important pour la description d'un peuplement. Il démontre le nombre d'individus de taxons (i) par unité de surface ou de volume par rapport au nombre total d'individus (RAMADE, 2003). Il est variable aussi bien dans l'espace que dans le temps. L'abondance relative a pour formule :  $F (\%) = \frac{ni \cdot 100}{N}$

\*ni : nombre d'individus de l'espèce i.

\* N : nombre total d'individus.

On qualifie les espèces selon leurs valeurs F (%) :

- Taxons constants :  $F \geq 50\%$
- Taxons accessoires :  $25 < F < 50\%$
- Taxons accidentels :  $F \leq 25\%$

### 2.3 Occurrence relative

Selon DAJOZ (1985), 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.

Elle est calculée par la formule suivante :

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

- $P_i$  : nombre de prélèvement ou l'espèce  $i$  est présente.
- $P$  : nombre total de prélèvement.

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

- Espèce omniprésente       $C = 100\%$
- Espèce constante         $100 > C > 75$
- Espèce très fréquente     $75 > C > 50$
- Espèce fréquente          $50 > C > 25$
- Espèce accessoire         $25 > C > 5$
- Espèce rare                 $C < 5 \%$

### 2.4 Indice de diversité de Shannon (1949)

Il existe une multitude d'indices mais le plus couramment utilisé est celui de Shannon (1949). Il exprime l'importance relative du nombre d'espèces abondantes dans un milieu donné. Ainsi, plus la proportion des espèces rares est forte et celle des espèces abondantes réduite, plus l'indice de diversité est grand.

Il exprime donc la diversité des peuplements et présente l'avantage de n'être subordonné à aucune hypothèse en préalable sur la distribution des espèces et des individus (BLONDEL, 1979 ; LEGENDRE & LEGENDRE, 1979 ; BARBAULT, 1981).

Il convient bien à l'étude comparative des peuplements. Il est indépendant de la taille de l'échantillon et prend compte à la fois de la richesse spécifique et de l'abondance relative de chaque espèce, permettant ainsi de caractériser l'équilibre du peuplement d'un écosystème.

Sa formule et la suivante :

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \cdot \log_2(p_i)$$

Où :  $p_i = n_i / N$ , c'est-à-dire l'abondance relative de l'espèce  $i$  (effectif  $i$  / effectif global).

L'indice de diversité  $H'$  est d'autant plus petit (proche de 0) que le nombre d'espèces est faible ou quelques espèces dominant, 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 (0), et est maximale quand  $H'$  tend vers l'infini ( $\infty$ ).

### 2.5 Indice d'équitabilité de Pielou (1966)

L'équitabilité, nommée aussi régularité (FRONTIER, 1976) est introduite en écologie numérique par PIELOU (RAMADE, 1976). Le degré d'équitabilité est estimé par un indice (E) qui est égale au rapport entre la diversité réelle ( $H'$ ) et la diversité théorique maximale ( $H' \text{ max}$  ou  $\log_2 S$ ):  $H' \text{ max} = \log_2 S$

L'équitabilité a pour formule mathématique :  $E = H' / \log_2 S$

## 3. Traitement statistique des données

Les facteurs environnementaux tels que la nature du substrat, la vitesse du courant, le recouvrement et le pH régissent sur la répartition et la distribution spéciale de la faune benthique et de nombreux travaux s'appuient sur certaine méthode statistique comme :

- ✚ L'analyse en composantes principales (ACP) ;
- ✚ L'analyse factorielle des correspondances (AFC) ;
- ✚ La classification ascendante hiérarchique (CAH).

### 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 0,5 et une faible corrélation si le coefficient de corrélation est inférieur à 0,5 (BOLBAOCA & JÄNTSCHI, 2006).

### 3.2 Classification ascendante hiérarchique (HAC)

Les méthodes de classification ascendante hiérarchique (CAH) sont basées sur la mesure de la similarité entre individus ou plutôt de façon équivalente de leurs similarités.

Elle consiste à regrouper dans un même ensemble les données qui ont un degré de similarité significatif. La mesure de la similarité se fait selon les distances euclidiennes et

l'agrégation en fonction de la méthode de Ward sous forme d'un dendrogramme. La CAH est destinée à reproduire des groupements décrits par un certain nombre de variables ou caractères.

### 3.3 Analyse en composantes principales (ACP)

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

Elle est appelée également méthode factorielle d'analyse des données qui cherche à synthétiser l'information contenue dans un tableau croisant des individus et des variables quantitatives.

L'ACP consiste à remplacer une famille de variables par de nouvelles variables à variance maximale, ou corrélées deux à deux et qui sont des combinaisons linéaires des variables d'origine. Ces nouvelles variables définissent des plans factoriels qui servent de base à une représentation graphique plane des variables initiales. Selon CARREL *et al.* (1986), elle est très utilisée pour la description des caractéristiques physico-chimiques.

### 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).

### 3.5 Logiciel de calcul

Le logiciel « XLSTATS 2023 » a permis de réaliser et de donner les représentations graphiques des analyses multivariées.

## 4. Matériels et méthodes de l'analyse physico-chimique

Les analyses des différents paramètres physico-chimiques de l'eau ont été réalisées au niveau du laboratoire SEAAL, Taksebt.

### 4.1 Echantillonnage de l'eau

L'échantillonnage doit être réalisé dans la veine principale d'écoulement, loin des berges et des obstacles présents dans le lit, en se positionnant dans la veine principale du cours d'eau, face au courant (contre-courant), dans des bouteilles en polyéthylène neufs et rincés

plusieurs fois avec de l'eau à analyser. Les flacons sont remplis à ras bord afin d'éviter l'oxydation de l'eau, aussi étiquetés (nom de la station et date du prélèvement) et conserver immédiatement dans des glacières à basse température et à l'abri de la lumière (annexe VI).

L'opérateur doit éviter de perturber la zone d'échantillonnage (remise en suspension de sédiments). Il doit pénétrer dans le cours d'eau en aval de la zone à échantillonner et faire le prélèvement à 30 cm sous la surface ou à mi-hauteur de la colonne d'eau (LEPOT, 2015).

#### **4.2 Matériels utilisés**

Avant toutes manipulations du matériel du laboratoire, on doit se munir des EPI conçu pour le laboratoire, tels : Blouse blanche, gants, lunette de protection et masque.

L'appareillage utilisé au cours des analyses physico-chimiques sont : turbidimètre spectrophotomètre, pH mètre, balance analytique, dessiccateur, étuve réglable, agitateur magnétique, barreau magnétique, oxymètre, conductimètre terminal, rampe de filtration, haute de sécurité et une plaque chauffante (annexe VII).

La verrerie est constituée de : Bêchers, fioles jaugés, pipette graduée stérile, erlenmeyer, éprouvettes, pissette d'eau distillée, entonnoirs, tubes à essai stérile, burettes, capsules, sachets de réactifs et filtre (0,45 µm). Les méthodes d'analyses physico-chimiques sont indiquées en annexe VIII.

#### **5. Matériels et méthodes de l'analyse bactériologique**

L'analyse bactériologique est une étape délicate dans laquelle on utilise des flacons en verre stérilisés dans un autoclavage à 120°C pendant 15 min.

Au moment du prélèvement, il faut se laver très soigneusement les mains et de les stériliser avec du gel alcoolique. On utilise du coton imbibé d'alcool pour avoir une flemme avec laquelle on va stériliser la bouteille avant et après le prélèvement.

Les flacons sont plongés dans l'eau sans toucher le fond et loin des rives, et ne doivent pas être remplis afin de maintenir en vie les bactéries aérobiques. Après chaque prélèvement, les flacons doivent être étiquetés (date et nom de la station), ensuite les transportés dans une glacière. Les méthodes d'analyses bactériologique sont indiquées en annexe IX.

## **Chapitre IV**

### **Résultats et discussion**

Le but de cette partie du travail est d'essayer de définir et d'expliquer l'organisation spatiale des Trichoptères des cours d'eau étudiés en fonction des paramètres mésologiques, physico-chimiques et bactériologiques.

## 1. Paramètres mésologiques

### 1.1 La pente

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

- Le secteur des stations HAL1 et HAL2 correspond aux stations amont avec des pentes plus importantes respectivement de 25% et de 15%.
- Le secteur des stations HAL3, HAL4 et HAL5 (moyenne montagne) présente une pente qui est comprise entre 7% et 10%
- Le secteur des stations de piémont (380) et de basse altitude (200 et 220), la pente ne dépasse pas 3%. 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	HAL1	HAL2	HAL3	HAL4	HAL5	HAL6	HAL7	BH
Altitude (m)	1300	800	500	520	490	380	220	200
Pente (%)	25	15	9	10	7	3	2	1

### 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 (HAL1 et HAL2) et de moyenne montagne (HAL3 et HAL4) elles sont alimentées par les sources et la fonte des neiges et sont fortement ombragées (recouvrement compris entre 80% et 95%) ce qui contribue fortement au maintien d'une température de l'eau assez basse ne dépassant pas 13°C
- Le deuxième groupe concerne les stations de piémont et de basse altitude dont la température de l'eau est comprise entre 16°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	HAL1	HAL2	HAL3	HAL4	HAL5	HAL6	HAL7	BH
Altitude (m)	1300	800	500	520	490	380	220	200
T°(C)	8	10	12	13	16	20	22	25
Recouvrement (%)	95	90	80	90	40	60	20	0

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

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

- Le premier renferme les stations les plus alticoles (HAL1 et HAL2) ainsi que les stations HAL4 (moyenne montagne) et HAL6 (piémont) qui enregistrent une vitesse de courant qualifiée de moyenne.
- Le deuxième renferme les stations HAL3, HAL5, HAL7 enregistrent une vitesse du courant qualifiée de rapide.

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

Stations	HAL1	HAL2	HAL3	HAL4	HAL5	HAL6	HAL7	BH
Alt (m)	1300	800	500	520	490	380	220	200
Vitesse (cm/s)	33.33	26.66	74.37	50	95.48	27.72	74.29	55.27
Classification selon l'échelle de BERG	Moy	Moy	Rap	Moy	Rap	Moy	Rap	Rap

### 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 HAL 1 et HAL2).
- Dans les stations de moyenne montagne, 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	HAL1	HAL2	HAL3	HAL4	HAL5	HAL6	HAL7	BH
Alt (m)	1300	800	500	520	490	380	220	200
GG/G (%)	85	80	65	55	55	50	30	30
S/L (%)	15	20	25	20	30	40	50	50
MO (%)	0	0	10	25	15	10	20	20
Vaq (%)	5	5	20	10	30	15	15	20

## 2. Structure mésologique

Dans le cadre de ce travail, 11 descripteurs environnementaux sont pris en compte pour caractériser chacune des 8 stations étudiées (tableau 7).

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

Alt : altitude (m), Dis : distance à la source (km), Pen : pente (%), Lar : 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	HAL1	HAL2	HAL3	HAL4	HAL5	HAL6	HAL7	BH
Alt (m)	1300	800	500	520	490	380	220	200
Dis (km)	0,2	2	7	15	8	11	20	23
Pen(%)	30	15	9	10	7	3	2	1
Lar (m)	0,8	2	3,5	3	5	6	7	9
Pro (cm)	10	20	20	20	25	25	30	40
Vit (cm/s)	33,33	26,66	74,37	50	95,48	27,72	74,29	55,27
T (°C)	8	10	12	13	16	20	22	25
G/G (%)	85	80	65	55	55	50	30	30
S/L (%)	15	20	25	20	30	40	50	50
MO (%)	0	0	10	25	15	10	20	20
R (%)	95	90	90	80	40	60	20	0

L'analyse des corrélations entre les différents paramètres pris en compte (tableau 8) 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 ;
- Distance à la source, 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 =11, P < 0,05)

	Alt	D/S	Pte	Lar	Pro	Vit	T°	GG/G	M.O	S/L	R
Alt	1,00										
D/S	-0,85	1,00									
Pte	0,99	-0,79	1,00								
Lar	-0,88	0,87	-0,87	1,00							
Pro	-0,87	0,86	-0,86	0,96	1,00						
Vit	-0,45	0,31	-0,41	0,35	0,32	1,00					
T(°C)	-0,86	0,89	-0,85	0,99	0,93	0,27	1,00				
GG/G	0,92	-0,85	0,91	-0,85	-0,77	-0,45	-0,86	1,00			
M.O	-0,76	0,87	-0,70	0,63	0,62	0,51	0,64	-0,85	1,00		
S/L	-0,75	0,50	-0,81	0,77	0,64	0,20	0,78	-0,79	0,34	1,00	
R	0,75	-0,84	0,73	-0,94	-0,92	-0,43	-0,93	0,74	-0,62	-0,60	1,00

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) :

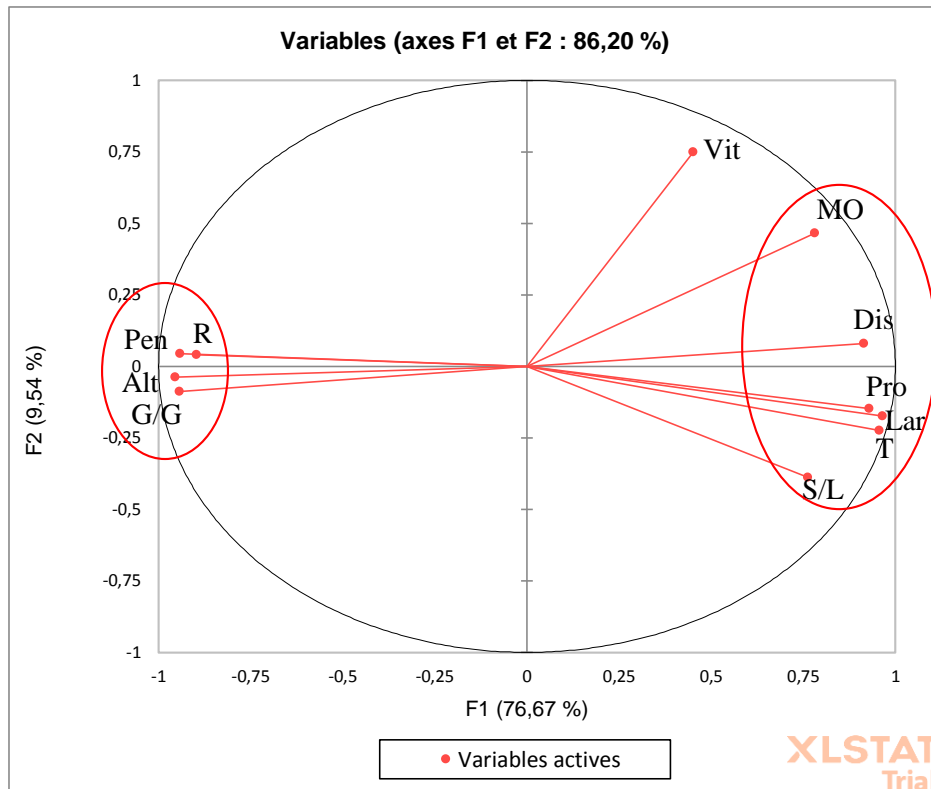
- Les relations entre les variables d'une part,
- La distribution des stations compte tenu de l'ensemble des variables environnementales d'autre part.

Ces deux axes concentrent une information totale de 86,21 %, soit 76,67 % sur l'axe 1 et 9,54 % sur l'axe 2.

Le cercle de corrélation obtenu par l'ACP (figure 24), montre que les variables se répartissent en deux groupes :

- Les variables matière organique, distance à la source, 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 n'est pas corrélée. C'est la variable qui contribue le plus à la détermination de l'axe 2 (F2 : 9,54)



**Figure 24:** ACP : Représentation de la distribution des variables environnementales

L'analyse de la classification ascendante hiérarchique de l'ensemble des stations (figure 25) fait apparaître 3 groupes de stations :

- **Groupe 1 :** HAL 1 station la plus alticole. Ce ruisseau de source est très ombragé (R=95%) et présente une pente très élevée 25%.
- **Groupe 2 :** HAL2 torrent de montagne situé à 800m d'altitude avec une pente moins élevée que le 1<sup>er</sup> groupe.
- **Groupe 3 :** constitué par deux sous-groupes :
  - \***Sous-groupe 1 :** HAL3, HAL4, HAL5 et HAL6, stations de piémont (alt. 380m et 520m), caractérisées par l'hétérogénéité du substrat et un recouvrement relativement dense
  - \***Sous-groupe 2 :** HAL7 et BH, stations de plaine (alt.  $\leq 220$ m), caractérisées par un substrat fin riche en matière organique et une température de l'eau élevée.

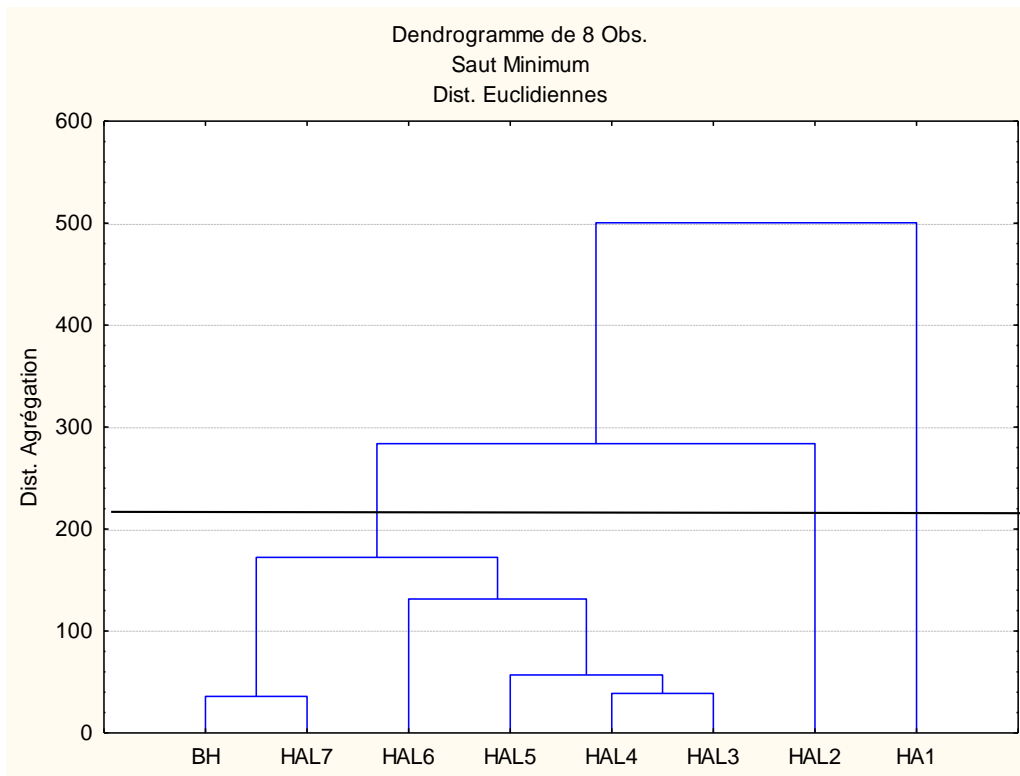


Figure 25 : Dendrogramme de la distribution des stations

La représentation des stations dans l'espace, des même facteurs significatifs (F1: 40,99% et F2 :19,34 %), fait apparaître sur l'axe F1 l'opposition entre les stations les plus en amont représentées par le ruisseau de source (HAL1) et le torrent de montagne (HAL2) en position positive et les stations de piémont et de plaine (basse altitude) en position négative sur le même axe (figure 26).

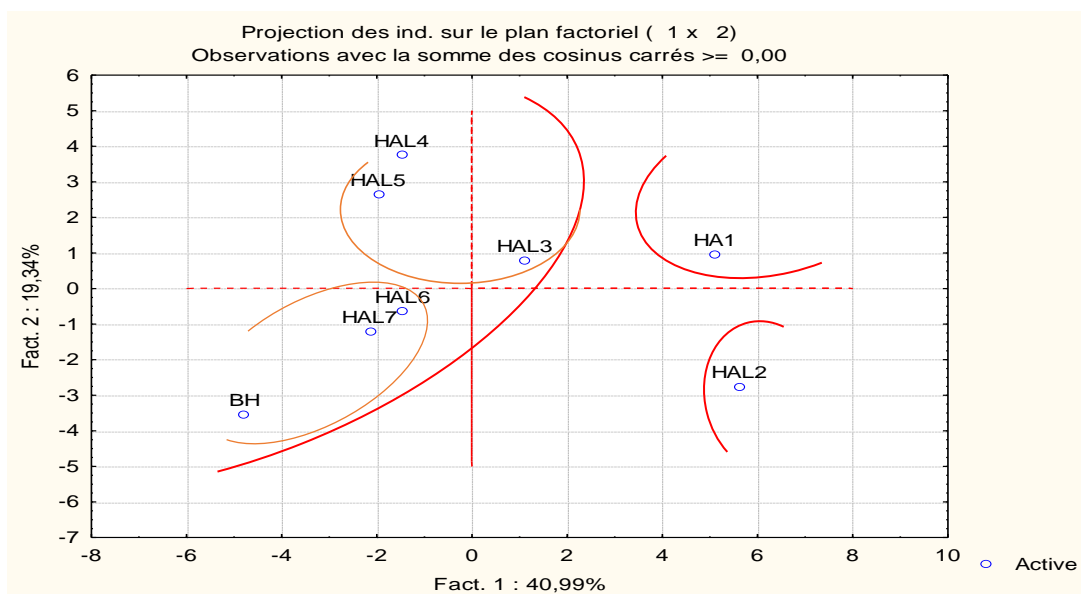


Figure 26 : Distribution spatiale des stations d'étude dans le plan factoriel F1-F2

### 3. Résultats de l'analyse des paramètres physico-chimiques

Dans notre étude nous allons nous appuyer sur certains paramètres seulement et non sur l'intégralité des paramètres étudiés. Les paramètres en question sont : la couleur, le pH, l'oxygène dissous, la conductivité électrique, la turbidité, l'ammonium, les nitrites, les nitrates, les orthophosphates et la matière organique.

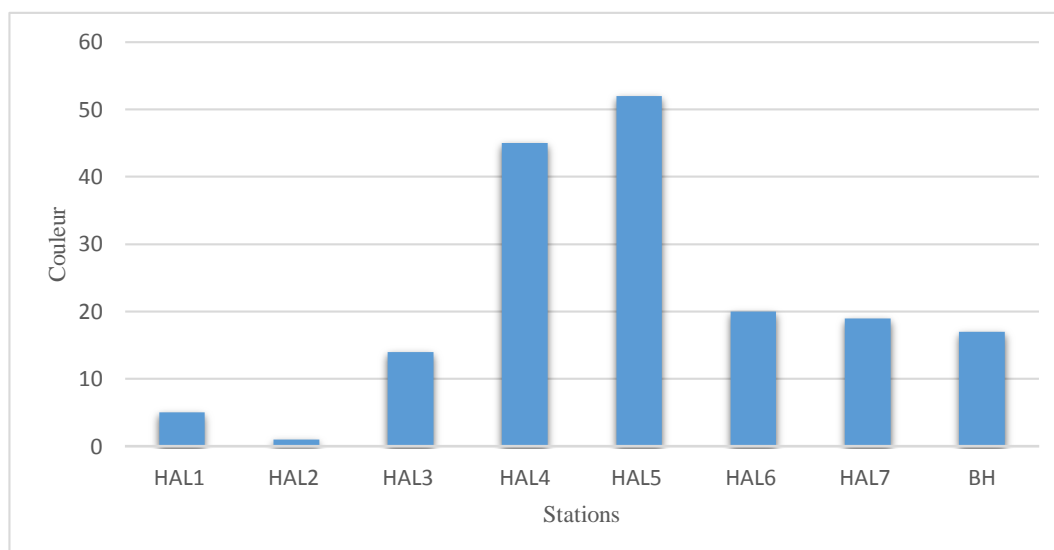
#### 3.1 Paramètre organoleptique

##### 3.1.1 La Couleur

D'après la lecture de la figure 27, les résultats obtenus sont en dessous de la norme fixée par l'ANRH pour les eaux superficielles et qui est de 200 Hazen.

On constate en revanche des différences entre des stations qu'on peut classer en trois groupes :

- Les stations alticoles HAL1 et HAL2 et la station de moyenne montagne HAL3 avec des valeurs inférieures à <15 (norme de potabilité fixée par l'OMS).
- Les stations de moyenne montagne HAL4 et HAL5 avec des valeurs de 45 et 52 Hazen, qui signifie une forte présence de particules colloïdales, dû à l'action anthropique essentiellement par le déversement des eaux usées.
- La station de moyenne montagne HAL6 et les deux stations de basses altitudes HAL7 et BH, avec des valeurs comprises entre 17 et 20 Hazen, qui s'expliquent essentiellement par un débit plus important et une pente quasi inexistante et donc une faible vitesse du courant ce qui induit à la création de couches sédimentaires.



**Figure 27:** les variations de la couleur de l'eau des stations étudiées.

## 3.2 Paramètres physico-chimiques

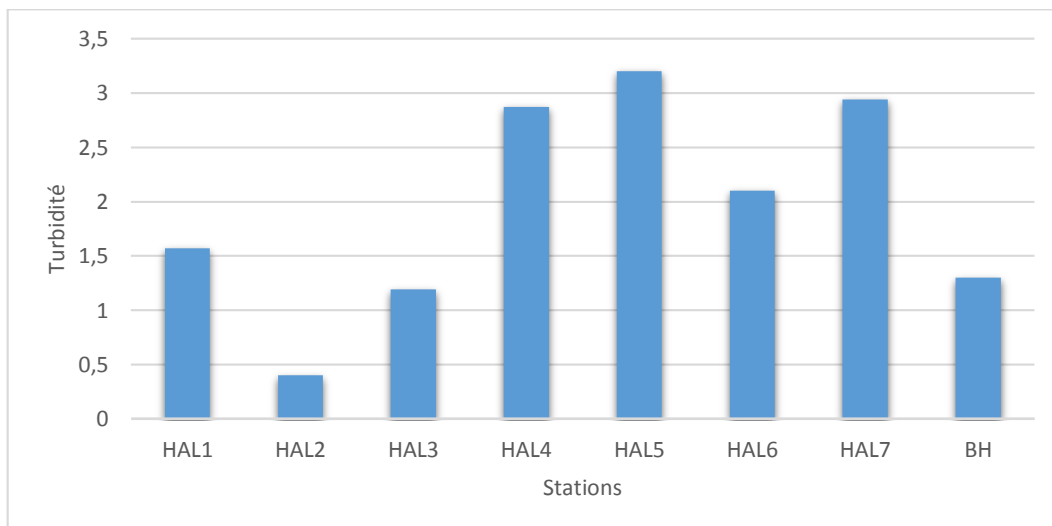
### 3.2.1 La turbidité

Les résultats obtenus (figure 28) montrent que les stations étudiées ont des eaux claires, et donc de faibles teneurs en MES, ce qui favorise la pénétration de la lumière, une bonne oxygénation de l'eau, ce qui engendre de bonnes conditions du milieu pour la vie aquatique.

Toutes les valeurs de turbidité sont inférieures à la norme de potabilité (5 NTU), ce qui démontre que l'eau des 8 stations n'est pas trouble et plus limpide pour certaines.

On enregistre une valeur minimale pour la station HAL2 avec 0.4 NTU et une valeur maximale pour la station HAL5 avec 3.2 NTU.

Les faibles résultats de la turbidité sont dus à l'action de différents paramètres tels que de faibles taux de matières organiques, une vitesse du courant rapide et l'absence de pollution, tandis que pour les stations où les valeurs sont élevées, cela est dû essentiellement aux rejets domestiques des agglomérations avoisinantes, mais aussi à l'importance des débris végétaux matières organiques.

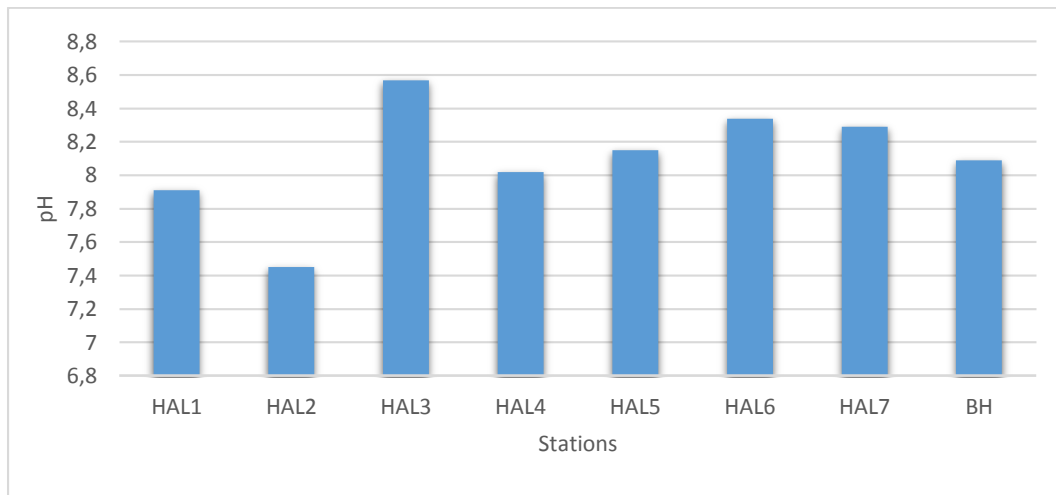


**Figure 28:** Les variations de la turbidité dans les stations d'étude

### 3.2.2 Le pH

La valeur du pH dépend principalement de la structure et la nature des terrains traversés. D'après la lecture de la (figure 29), on peut constater que les valeurs du pH varient entre 7,45 et 8,57.

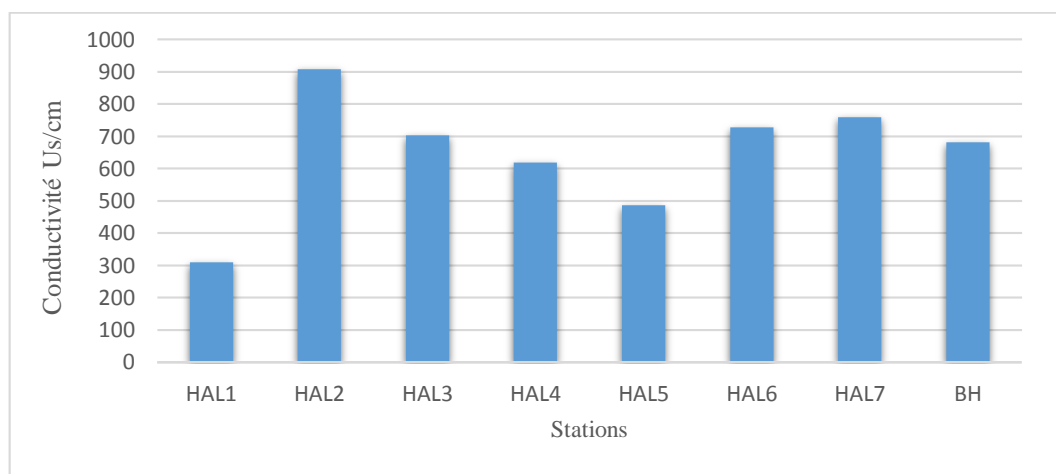
Selon l'ANRH, la valeur de pH des eaux superficielles doit être comprises entre 6,5 à 9.



**Figure 29** Les variations de pH des stations étudiées.

### 3.2.3 La Conductivité électrique

La conductivité électrique fluctue selon les taux de minéralisation de l'eau est du terrain traversé. Pour nos stations on enregistre des valeurs comprises entre 309 et 908 (figure 30), indiquant que mise à part HAL1 et HAL5 qui présente une conductivité moyenne, les autres stations ont des valeurs élevées de conductivité mais qui restent toujours dans les normes fixées par l'ANRH. Ce qui se traduit par une bonne qualité de l'eau et des teneurs importante en sels minéraux surtout pour la station HAL2.



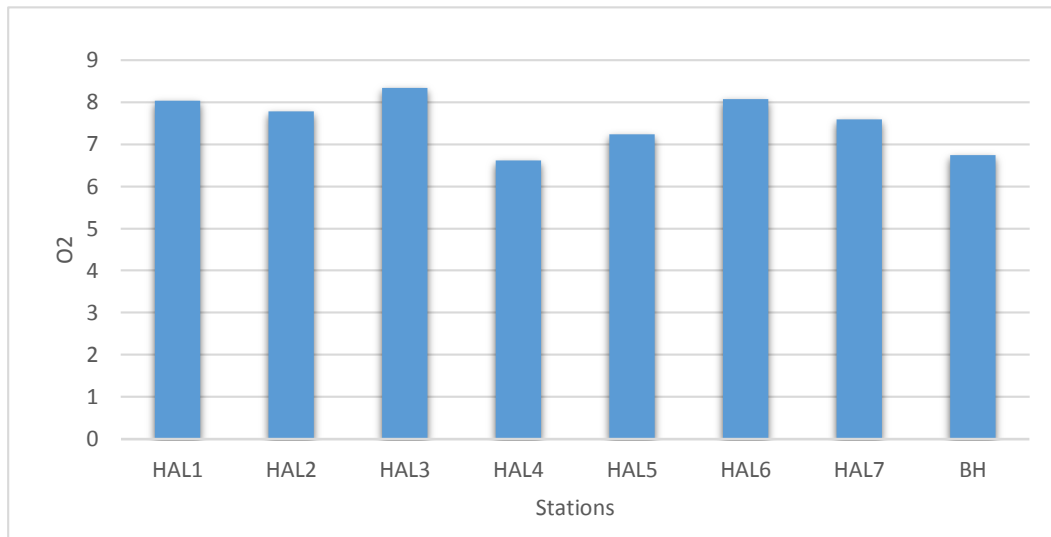
**Figure 30** : Les valeurs de conductivité électrique des stations étudiée

### 3.2.4 L'oxygène dissous

La présence d'oxygène dans l'eau joue un rôle important dans le bon développement des micro-organismes et favorise ainsi la dégradation de la matière organique et empêche l'eutrophisation du milieu.

La présence l'oxygène dans l'eau est indispensable à la respiration des êtres vivants aérobies aquatiques. La valeur moyenne dans les eaux de surface non polluées est de 8 mg/l, car en dessous de 6 mg/l la faune est en danger.

Pour toutes les stations étudiées, la valeur d'oxygène dissous est supérieure à la norme de 6 mg/l (figure 31). On enregistre les valeurs les plus basses sur les deux stations HAL4 et BH moyenne et basse altitude avec respectivement 6.62 mg/l et 6.74 mg/l.



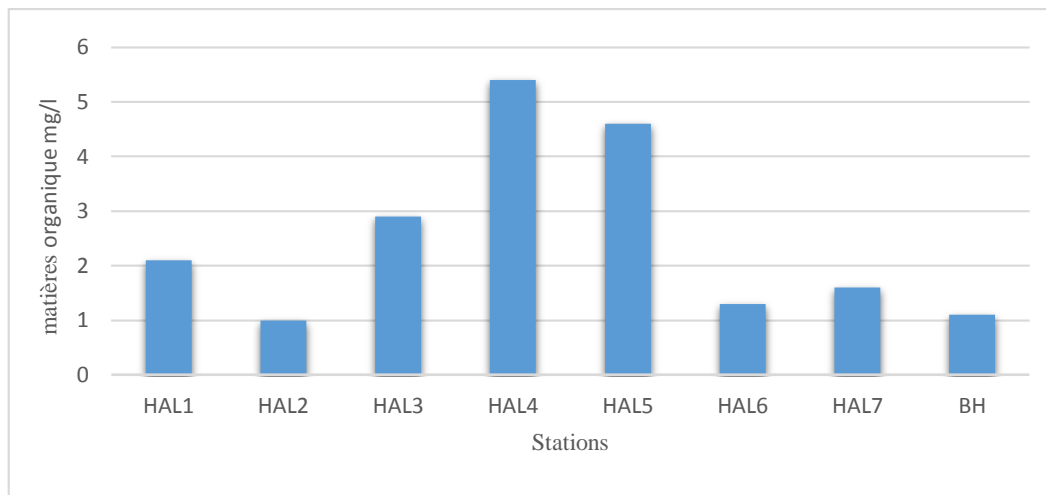
**Figure 31 :** L'oxygène dissous dans les stations étudiées.

### 3.2.5 Matière organique

La matière organique est présente naturellement dans les cours d'eau avec des faibles concentrations, elle résulte de la mort des organismes vivants animaux et végétaux. En grande quantité elle peut s'avérer dangereuse, car elle peut causer l'eutrophisation du milieu aquatique mais aussi être à l'origine de la prolifération de germes pathogènes.

Les résultats obtenus (figure 32) s'expliquent principalement par d'importants rejets domestiques dans les stations HAL3, HAL4 et HAL5 est la proximité de ces rejets qui sont importants, et continus, malgré l'auto épuration, l'arrivage de la matière organique continue (réseaux d'assainissement des villages avoisinants, les déchets sur les rives... etc.), ainsi que la présence de débris végétaux.

Contrairement aux stations de basse altitude qui par l'action de l'autoépuration présente des valeurs relativement faibles. Pour les stations alticoles on remarque une différence due à la vitesse du courant et le débit plus importante dans la station HAL2 par rapport à HAL1 ainsi qu'à la nature du substrat, ajoutant à cela, l'absence de toute pollution et activité anthropique



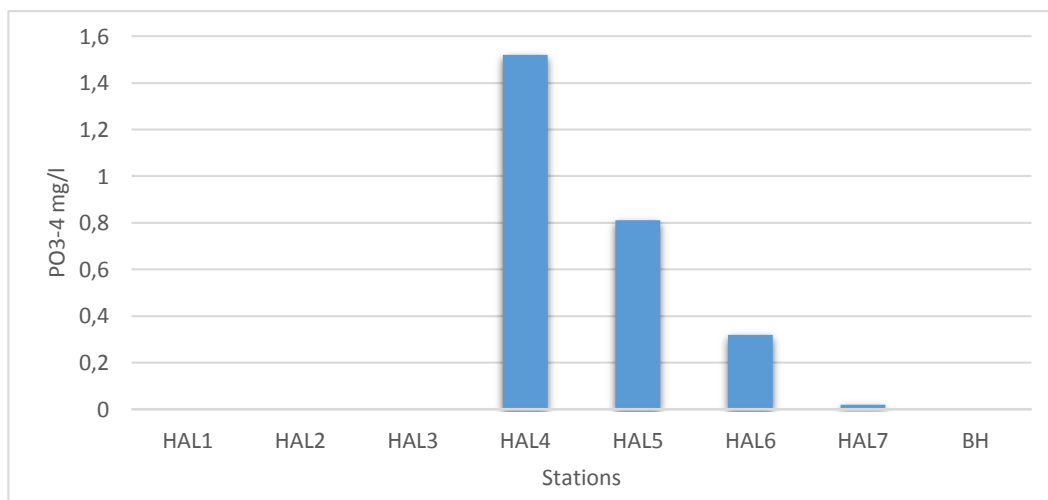
**Figure 32 :** Les variations de matière organique des stations étudiées

### 3.3 Paramètres de pollutions

#### 3.3.1 Les orthophosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

Ils exercent une influence sur le développement des algues. Les concentrations des orthophosphates dans nos stations varient de 0 à 1.52 mg/l (figure 33). Dans les stations HAL1, HAL2, HAL3 et BH, on constate l'absence totale des ortho phosphates ainsi que pour la station HAL7, ou sa présence est sous forme de traces (0.02 mg/l), ce qui explique l'absence du phénomène d'eutrophisation.

Pour les stations HAL4, HAL5 et HAL6, les valeurs sont un peu élevées, dus certainement aux eaux usées déversées en grande quantité, ainsi que l'utilisation des engrais chimiques, mais qui restent inférieures à la limite admissible pour le phosphore soit 5 mg/l selon l'OMS (0.32 mg/l à 1.52 mg/l).



**Figure 33 :** Les concentrations des orthophosphates dans les stations d'étude.

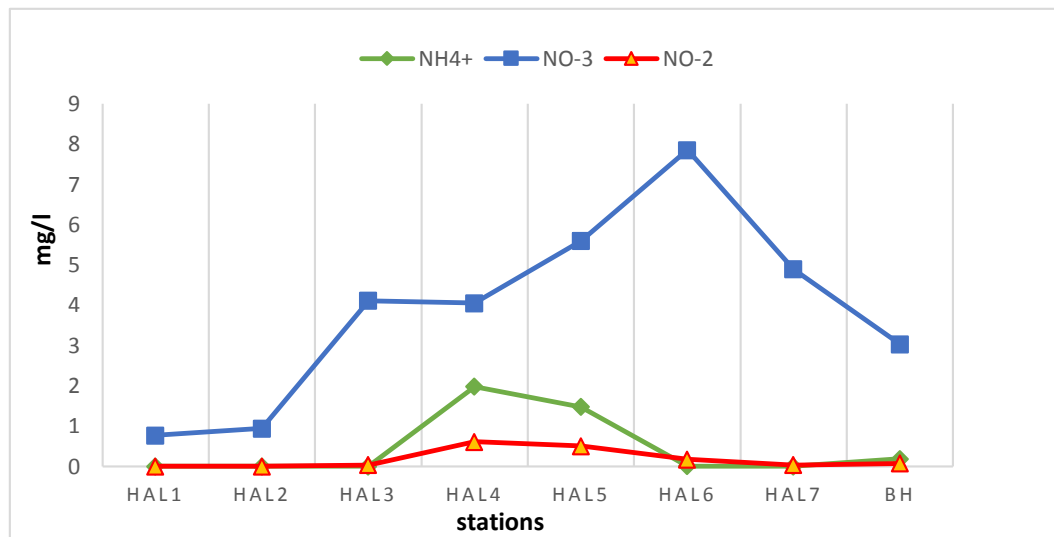
### 3.3.2 L'ammonium, les Nitrites et les Nitrates

Les résultats des différents paramètres de pollutions étudiés varient d'une station à une autre et jouant un rôle dans le bon déroulement du processus d'autoépuration que l'on appelle la nitrification qui repose sur la présence de ces éléments ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$  et  $\text{NO}_3^-$ ).

Dans les stations HAL1, HAL2, HAL4 et HAL7, l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) est absent et les nitres sont représentés par des teneurs faibles. Ce qui confirme le déroulement du processus d'oxydation de l'ammonium en nitrite puis en nitrate (figure 34).

On peut souligner que pour les stations alticoles (HAL1, HAL2), ces éléments ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$  et  $\text{NO}_3^-$ ) sont quasiment inexistantes. Par conséquent, il y'a absence de pollution et l'eau est de bonne qualité (ANRH).

En revanche, l'importance des nitrites et des nitrates dans les stations de moyenne montagne, de piémont et de basse altitude, témoignent de la présence de perturbations anthropiques ainsi qu'une forte activité d'oxydation de l'azote.



**Figure 34:** Les résultats de l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) et nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) dans les stations étudiées.

## 4. Résultats de l'analyse des paramètres bactériologiques

Les analyses bactériologiques des stations d'étude ont été effectuées après 24h. Suite aux difficultés de dénombrement, 6 sur 8 échantillons sont dilués avec de l'eau distillée. Les résultats sont consignés dans le tableau 9.

**Tableau 9** : Résultats de l'analyse bactérienne des stations d'étude

	HAL1	HAL2	HAL3	HAL4	HAL5	HAL6	HAL7	BH	Normes ANRH
<b>Escherichia – coli</b>	29	97	1080	11700	38000	2 520	720	10900	20.000
<b>Coliformes</b>	292	464	3960	70800	42800	17280	7200	52800	2.000
<b>Streptocoques</b>	36	32	228	3600	38800	1440	368	4200	10.000

#### 4.1 Escherichia – coli

Les analyses bactériologiques effectuées montrent la présence des Escherichia-coli dans toutes les stations étudiées. Les deux stations HAL1 et HAL2 présentent des valeurs les moins élevées (29 UFC/100ml et 97 UFC/100ml), ce sont des stations exemptes de toute forme de pollution.

Les stations HAL7 HAL3, HAL6, BH et HAL 4 enregistrent des valeurs importantes mais qui sont au-dessous de la norme environnementale fixée par l'ANRH.

La station HAL 5 compte plus de 38000 UFC/100ml, elle dépasse largement la norme de l'ANRH, car cette station est très proche du point de déversement des eaux usées.

#### 4.2 Coliformes totaux

Les valeurs de coliformes totaux varient entre 292 UFC/ml et 464 UFC/ml pour les deux stations HAL 1 et HAL2 qui sont au-dessous de la norme environnementale fixée par l'ANRH qui est de 2000 UFC/100ml.

Pour les autres stations, les valeurs sont comprises entre 3960 UFC/100ml à 70800 UFC/ml, ce qui est en relation directe avec l'intensification de l'impact anthropique sur ces stations.

#### 4.3 Streptocoques fécaux

Les analyses bactériologiques effectuées montrent une présence des streptocoques dans toutes les stations étudiées, elles varient entre 32 UFC/ml et 36 UFC/ml pour les stations alticoles (HAL1 et HAL2).

Pour les stations HAL3, HAL4, HAL6, HAL7 et BH elles varient entre 228 UFC/ml à 4200 UFC/ml, les valeurs sont élevées mais qui restent au-dessous de la limite environnementale fixée par l'ANRH.

Plus de 38800 UFC/ml est à la station HAL5 ce qui confirme la forte présence de la contamination fécale due à l'action anthropique (réseaux d'assainissements, déchets sur les rives, pompage d'eau pour l'irrigation...etc.).

### 5. Résultat de l'analyse globale du peuplement trichoptérologique

La présente étude a permis de recenser 1177 individus de Trichoptères représentés par 13 taxons appartenant à 7 familles et 9 genres (figure 35). 8 taxa sont identifiés au niveau spécifique et 4 au niveau générique (tableau 10).

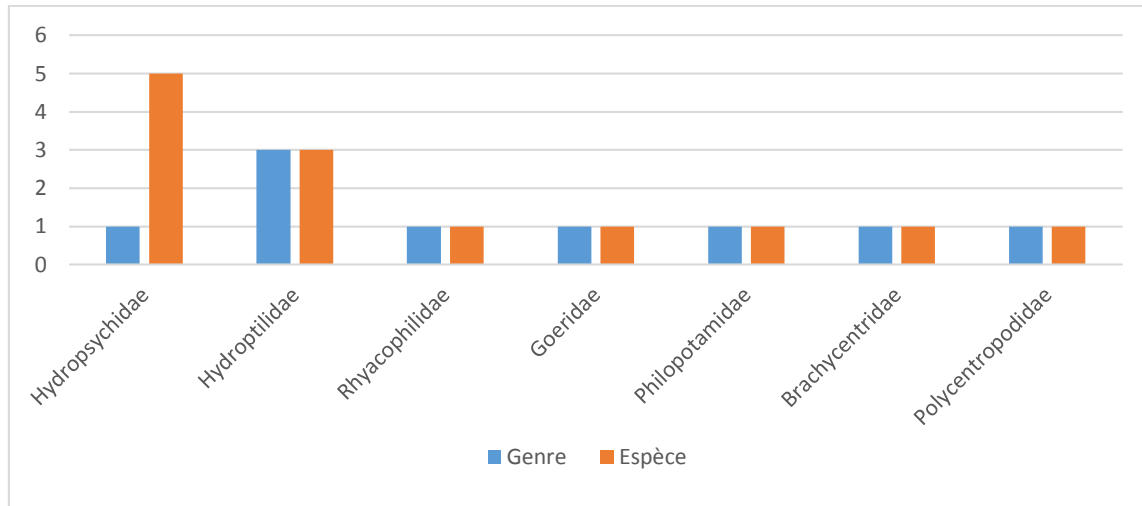
Les espèces répertoriées dans ce travail se répartissent comme suit :

- Hydropsychidae : 1 genre, 5 espèces.
- Hydroptilidae : 3 genres, 3 espèces.
- Rhyacophilidae : 1 genre, 1 espèce.
- Brachycentridae : 1 genre, 1 espèce.
- Polycentropodidae : 1 genre, 1 espèce.
- Goeridae : 1 genre, 1 espèce.
- Philopotamidae : 1 genre, 1 espèce.

Plusieurs espèces de Trichoptères dont l'identification est tellement difficile comme celles appartenant aux genres *Micrasema*, *Stactobia* et *Wormaldia* dont les récoltes n'ont concerné que les stades larvaires, peu utiles pour l'identification jusqu'au rang spécifique. Par prudence, nous avons désigné par « sp » toute espèce très proche, mais peut-être distincte, d'une espèce insuffisamment caractérisée.

Pour le taxon *Hydropsyche* sp., les larves sont juvéniles, et les caractères distinctifs de détermination spécifique ne sont pas encore mis en place d'où la difficulté d'identification.

La famille des Hydropsychidae est la plus diversifiée, elle compte 53,27% des Trichoptères inventoriés. Elle est représentée par l'unique genre *Hydropsyche* et 5 espèces. Vient ensuite la famille des Hydroptilidae avec 3 genres et 3 espèces. Les autres familles, Rhyacophilidae, Polycentropodidae, Goeridae, Philopotamidae, sont mono-spécifiques.



**Figure 35:** Représentation du nombre de genres et d'espèces par familles des Trichoptères recensés.

Le peuplement trichoptérologique du réseau hydrographique d'assif Hallil et de l'oued Boubhir (s.s) présente une richesse spécifique proche de celle recensée dans les 7 stations (échelonnées entre 200 m et 850 m) de l'assif Ouadhias (sous bassin versant de l'oued Aissi) avec 14 taxa, 9 familles et 9 genres (ALINI & TITOUICHE, 2018).

Nos résultats corroborent avec ceux obtenus par MERROUKI & OUNNAR (2020) dans les 6 stations (190 m à 1290 m) d'assif El-Khemis et de l'oued Boubhir (s.s) avec une richesse spécifique de 12 taxa appartenant à 7 familles et 7 genres.

Tableau 10: Répartition des Trichoptères dans les stations d'étude

Stations	Code	HAL1	HAL2	HAL3	HAL4	HAL5	HAL6	HAL7	BH	Ab	Ab.R(%)	Occ.R(%)
Altitude		1300m	800m	500m	520m	490m	380m	220m	200m			
<b>F. Rhyacophilidae</b>										<b>75</b>		
<i>Rhyacophila munda</i>	<b>Rmun</b>	3	3	31	13	7	9	6	3	<b>75</b>	<b>6.37</b>	<b>100</b>
<b>F. Hydroptilidae</b>										<b>452</b>		
<i>Stactobia</i> sp.	<b>Stasp</b>	0	0	3	0	0	0	0	0	<b>3</b>	<b>0.25</b>	<b>12.5</b>
<i>Allotrichia pallicornis</i>	<b>Alpal</b>	0	3	5	19	0	0	0	0	<b>27</b>	<b>2.29</b>	<b>37.5</b>
<i>Hydroptila vectis</i>	<b>Hvec</b>	3	44	0	0	0	0	16	359	<b>422</b>	<b>35.85</b>	<b>50</b>
<b>F. Goeridae</b>										<b>11</b>		
<i>Sillonela aurata</i>	<b>Siaur</b>	0	11	0	0	0	0	0	0	<b>11</b>	<b>0.93</b>	<b>12.5</b>
<b>F. Philopotamidae</b>										<b>3</b>		
<i>Wormaldia</i> sp.	<b>Wosp</b>	0	3	0	0	0	0	0	0	<b>3</b>	<b>0.25</b>	<b>12.5</b>
<b>F. Brachycentridae</b>										<b>6</b>		
<i>Micrasema</i> sp.	<b>Micsp</b>	3	3	0	0	0	0	0	0	<b>6</b>	<b>0.51</b>	<b>25</b>
<b>F. Polycentropodidae</b>										<b>3</b>		
<i>Polycentropus kingi</i>	<b>Pkin</b>	0	3	0	0	0	0	0	0	<b>3</b>	<b>0.25</b>	<b>12.5</b>
<b>F. Hydropsychidae</b>										<b>627</b>		
<i>Hydropsyche lobata</i>	<b>Hlob</b>	0	0	0	3	0	0	35	304	<b>342</b>	<b>29.06</b>	<b>37.5</b>
<i>Hydropsyche obscura</i>	<b>Hobs</b>	0	31	0	0	0	0	0	0	<b>31</b>	<b>2.63</b>	<b>12.5</b>
<i>Hydropsyche fezana</i>	<b>Hfez</b>	0	47	0	0	0	0	0	0	<b>47</b>	<b>3.99</b>	<b>12.5</b>
<i>Hydropsyche gpe pellucidula</i>	<b>Hgpe</b>	0	0	0	0	0	0	0	20	<b>20</b>	<b>1.69</b>	<b>12.5</b>
<i>Hydropsyche</i> sp.	<b>Hydsp</b>	0	6	3	43	0	59	20	56	<b>187</b>	<b>15.89</b>	<b>75</b>
<b>Abondance stationnelle</b>		<b>9</b>	<b>154</b>	<b>42</b>	<b>78</b>	<b>7</b>	<b>68</b>	<b>77</b>	<b>742</b>	<b>1 177</b>		
<b>Richesse spécifique</b>		<b>3</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>5</b>			

### 5.1 Abondance stationnelle

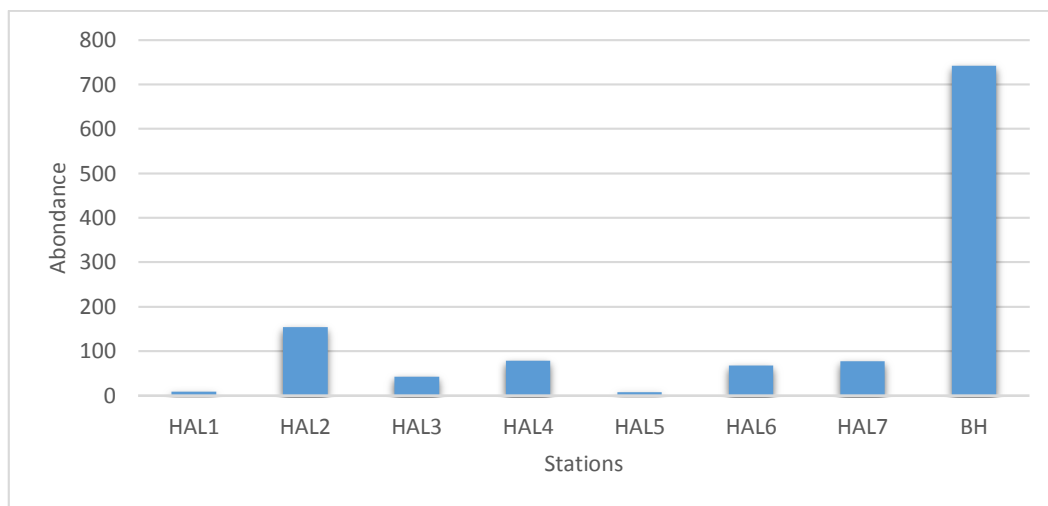
Les Trichoptères récoltés dans cette étude totalisent 1177 individus. L'abondance stationnelle varie entre un minimum de 7 individus pour la station HAL5 (490m) et un maximum de 742 individus pour la station BH (200m) (figure 36).

La station BH située à 200m d'altitude enregistre l'abondance la plus élevée avec 742 individus dont 359 individus sont représentés par *Hydroptila vectis* (soit 48,38%) et 304 individus par *Hydropsyche lobata* (soit 40,97%).

GIUDICELLI et al. (1985) lient l'abondance des Hydroptilidae dans les cours d'eau Méditerranéens au développement algal. *Hydroptila vectis* est d'après BONADA et al. (2008) thermophile. En effet, la station BH enregistre la température de l'eau la plus élevée avec 25°C et est la plus riche en algues filamenteuses.

*Hydropsyche lobata* réalise son optimum écologique dans les biotopes de piémont et de basse altitude (MARTINEZ-MENÉNDEZ, 2014 ; RUIZ-GARCIA et al., 2016).

La station HAL5 située à 480 m d'altitude ne totalise que 7 individus représentés uniquement par *Rhyacophila munda*.



**Figure 36 :** Abondance des Trichoptères dans les stations d'étude

### 5.2 Richesse spécifique

La lecture de la figure 37 montre que la richesse taxonomique varie entre un minimum d'une espèce pour la station HAL5 (alt.490m) et un maximum de 10 espèces pour la station HAL2 (alt. 800m). Cette variation dépend de plusieurs paramètres tels que, la qualité du milieu, la présence ou l'absence de la végétation aquatique, la vitesse du courant, la température de l'eau ainsi que la nature du substrat.

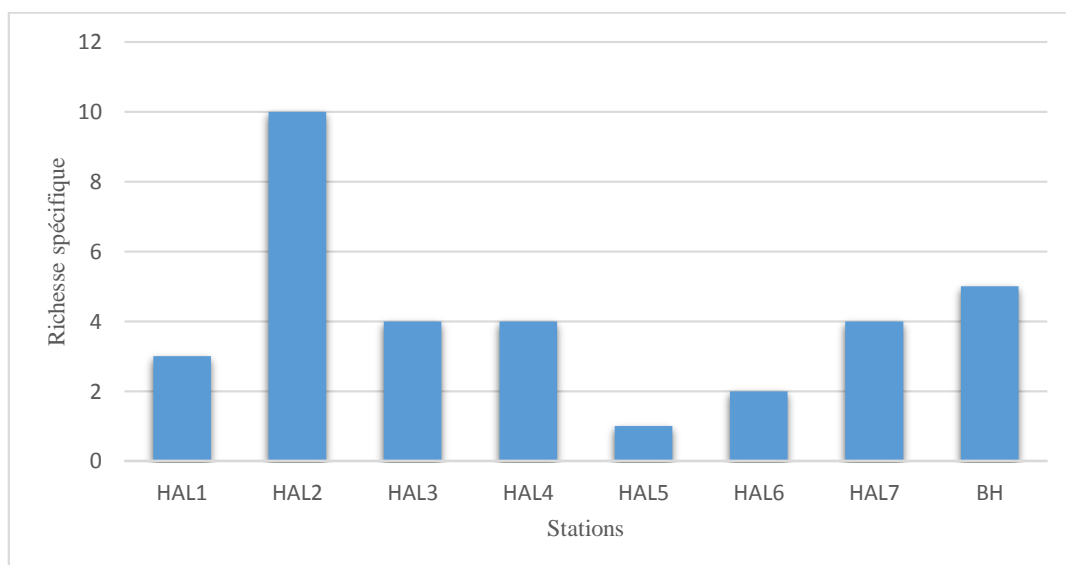
La station HAL2 (torrent de montagne) est située à 800 m d'altitude, est la plus riche en Trichoptères. La plupart des espèces récoltées sont qualifiées de sténotopes, rhéophiles, sténothermes d'eau froide et polluo-sensibles : *Wormaldia* sp., *Micrasema* sp., *Polycentropus kingi*, *Hydropsyche obscura* et *Hydropsyche fezana*.

En effet, la station HAL2 correspond aux biotopes d'altitudes à granulométrie grossière, à courant rapide à modéré, à température de l'eau basse et à végétation bordante assez dense, habitats préférés de ces espèces (VIEIRA-LANERO, 2000 ; HADJJI et al., 2013 et SEKHI, 2022).

La réduction du nombre d'espèce à la station HAL1 (alt. 1300m), peut être liée aux émergences précoces et/ou aux conditions extrêmes : forte pente, fond érodé, réduction du débit.

Dans les stations HAL1, HAL3, HAL4, HAL5, HAL6, HAL7 et BH, le nombre de taxons recensé ne dépasse pas 5 taxons.

La station HAL5 est la station la plus pauvre en Trichoptères. Cette dernière est située en bas du village Ikhedachene et à environ 8 km en aval de la source après confluence des deux cours d'eau assif Illilthen et assif Iferhounene. Elle est soumise aux différents impacts anthropiques (réseaux d'assainissement, rejets ménagers et pompage de l'eau), d'où la réduction de niches écologiques et par conséquent, la diminution de la capacité d'accueil du milieu.



**Figure 37** : Richesse spécifique des Trichoptères des stations étudiées.

### 5.3 Abondance et occurrence des espèces

La prospection des 8 stations nous a permis de récolter un total de 1177 individus de Trichoptères. La famille des Hydropsychidae avec 627 individus (soit 53,27% du peuplement trichoptérologique) est la plus abondante. Elle est suivie par la famille des Hydroptilidae 452 individus recensés (soit 38,40%), les Rhyacophilidae 75 individus (6,3%), les Goeridae 11 individus (0,93%), les Brachycentridae 6 individus (0,5%) et enfin les Philopotamidae et les Polycentropodidae 3 individus chacun (0,25%).

Les figures 38 et 39 visualisent graphiquement l'abondance et l'occurrence relatives des taxons récoltés dans les 8 stations étudiées. Ils peuvent être classés en 3 grands groupes :

- **Taxons dominants avec une fréquence d'occurrence  $\geq 50\%$**

Ce sont des espèces à populations denses et à large spectre écologique. On retrouve *Rhyacophila munda*, *Hydropsyche* sp. et *Hydroptila vectis*.

L'espèce la plus occurrente est *Rhyacophila munda* avec une occurrence de 100%. Elle est omniprésente dans toutes les stations, elle est eurytipe et eurytherme. Elle fréquente tous les types de milieux lotiques depuis le cours supérieur jusqu'au cours inférieur. Selon BOUZIDI (1989), ce vaste spectre écologique s'expliquerait par l'absence d'espèces congénères concurrentes potentielles.

- **Taxons peu abondants et fréquents**

Ce sont des populations plus ou moins denses et moins fréquentes, présentent une fréquence d'occurrence comprise entre 25% et 50%, représentées par : *Hydropsyche lobata*, *Allotrichia pallicornis* et *Micrasema* sp.

- **Taxons rares ou accidentels (<25%)**

Ce sont des populations très peu abondantes, très peu fréquentes et très localisées, repérées dans des biotopes spécialisés :

- Ruisseau de source HAL2 situé à 800m d'altitude : *Sillonela aurata*, *Wormaldia* sp., *Polycentropus kingi*, *Hydropsyche obscura* et *Hydropsyche fezana* ;
- Station de HAL3 de moyenne montagne (500m) avec le taxon *Stactobia* sp ;
- La station BH de basse altitude (200m) avec *Hydropsyche gpe pellucidula*.

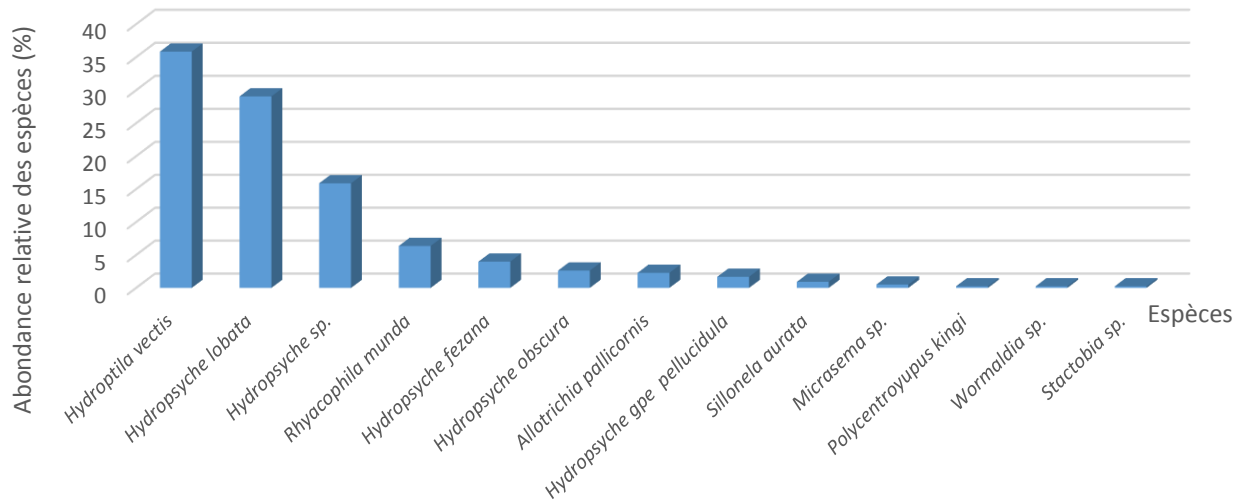


Figure 38 : Abondance relative (%) des Trichoptères récoltés.

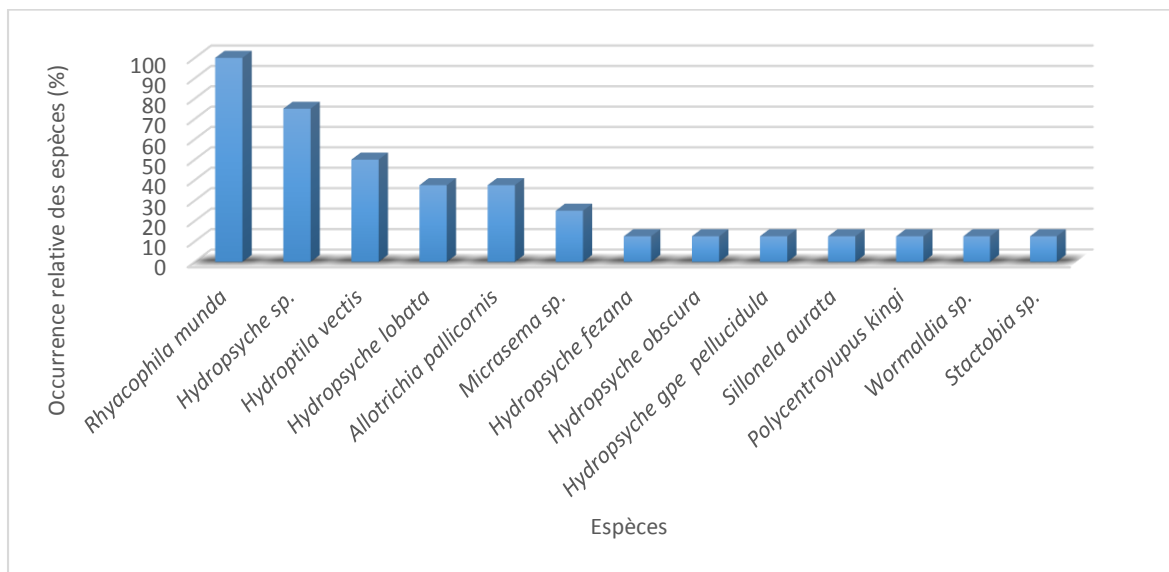


Figure 39 : Occurrence relative (%) des Trichoptères récoltés.

#### 5.4 Répartition longitudinale des Trichoptères

Chaque cours d'eau présente un gradient longitudinal par rapport à l'amont et à l'aval de ce dernier, il conditionne de ce fait, la distribution spatiale des communautés faunistiques.

D'après (MARRY, 1999 in BEBBA, 2017), la distribution des espèces est le fruit de l'interaction complexe entre la capacité d'adaptation des espèces vis-à-vis des facteurs du milieu et leurs exigences en matière de ressource trophique.

L'analyse de la distribution longitudinale des espèces (tableau 11), permet de mettre en évidence les éléments caractéristiques et localisés dans certaines tranches altitudinales et les éléments à large valence écologique

**Tableau 11** : Limites altitudinales des Trichoptères récoltés.

Stations	≥ 800m	380m ≤ Alt < 800m	< 380m
<i>Micrasema sp</i>	6	-	-
<i>Silonella aurata</i>	11	-	-
<i>Wormaldia sp.</i>	3	-	-
<i>Polycentropus kingi</i>	3	-	-
<i>Hydropsyche obscura</i>	31	-	-
<i>Hydropsyche fezana</i>	47	-	-
<i>Allotrichia pallicornis</i>	3	24	-
<i>Hydroptila vectis</i>	47	-	375
<i>Stactobia sp.</i>	-	3	-
<i>Hydropsyche lobata</i>	-	3	339
<i>Hydropsyche gpe pellucidula</i>	-	-	20
<i>Rhyacophila munda</i>	6	44	25
<i>Hydropsyche sp.</i>	6	46	135
<b>Abondance stationnelle</b>	<b>163</b>	<b>120</b>	<b>894</b>
<b>Richesse spécifique</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>5</b>

L'examen du tableau 11 permet de répartir les éléments de ce peuplement en 4 groupes bien individualisés :

- **Le premier groupe** est composé d'espèces alticoles côtoyant les ruisseaux de sources et les cours d'eau de moyenne montagne. Elles sont rhéophiles et sténothermes d'eau froide, caractéristiques des habitats d'altitude qui semblent constituer leur habitat refuge. Leur développement s'accommode de températures maximales relativement basses. Deux sous-groupes sont dégagés :
  - 6 espèces sont strictement alticoles (alt. ≥ 800m) : *Wormaldia sp*, *Silonella aurata*, *Micrasema sp*, *Polycentropus kingi*, *Hydropsyche obscura* et *Hydropsyche fezana*.
  - *Allotrichia pallicornis*, espèce alticole pouvant descendre jusqu'en moyenne montagne.
- **Le deuxième groupe** est représenté par *Hydroptila vectis* dont la distribution est fragmentaire (secteur amont aval).
- **Le troisième groupe** est composé d'espèces localisées de biotopes bien spécialisés. Deux sous-groupes sont mis en évidence :

- *Stactobia* sp., ce taxon est récolté en moyenne montagne dans l'unique station HAL3 à 500m d'altitude.
  - *Hydropsyche lobata* et *Hydropsyche gpe pellucidula* inféodés au secteur aval du réseau hydrographique étudié. Ces espèces sont thermophiles et potamophiles.
- **Le quatrième groupe** comprend les espèces à large valence écologique, deux espèces sont dégagées : *Rhyacophila munda* et *Hydropsyche* sp.

### 5.5 Indices de diversité de Shannon et Equitabilité

La structure du peuplement trichoptérologique est mise en évidence par l'indice de SHANNON (1948). Il consiste à mesurer la richesse spécifique et la proportion représentée par chaque espèce au sein de la communauté.

Cet indice est souvent accompagné de l'indice d'équitabilité afin de montrer si la structure de la communauté des Trichoptères est oui ou non équilibrée.

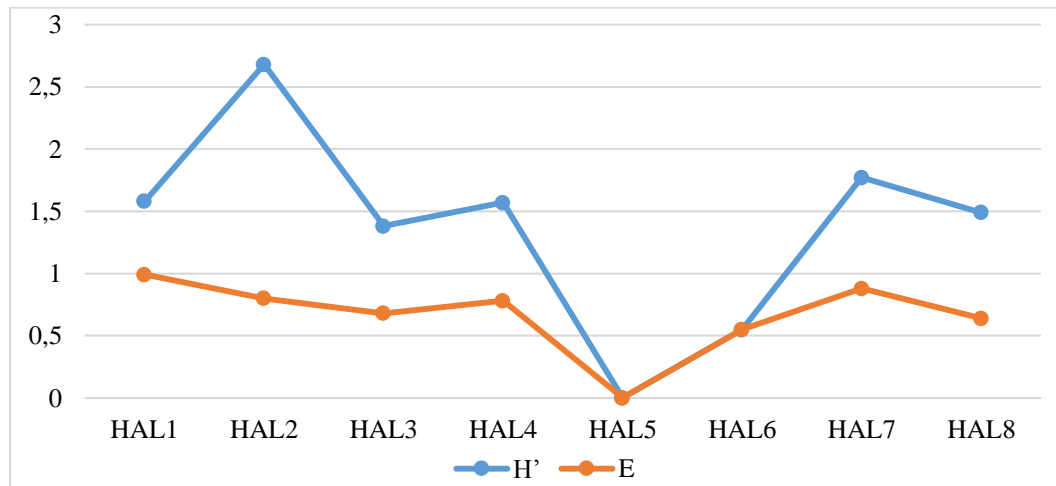
Les valeurs  $H'$  et  $E$  calculés dans les stations étudiées, varient entre 0 et 2,68 pour  $H'$  et entre 0 et 0,98 pour  $E$  (figure 40).

On retrouve la valeur la plus élevée de  $H'$  dans la station HAL2 qui est de l'ordre de 2,68 avec un indice d'équitabilité  $E$  de 0,80. Cette station exempte de pollution est située à 800m d'altitude présente une température de l'eau relativement basse, substrat grossier, un courant moyen et un recouvrement important. Ce ruisseau de montagne est un milieu idéal pour l'installation des espèces dont la majorité est sténotherme d'eau froide, rhéophile et polluosensible.

Dans les stations de moyenne montagne et de piémont (HAL3, HAL4, HAL5 et HAL6), les indices de diversité sont compris entre 0 et 1,57. La chute de l'indice de Shannon par rapport au secteur amont est essentiellement due aux différentes perturbations anthropiques dont la station HAL5 la plus affectée. Ces stations présentent un substrat hétérogène, un recouvrement compris entre 40 et 90% ce qui offre une diversité d'habitat lotique et permet malgré les perturbations anthropiques l'installation de quelques espèces moins exigeantes.

Dans la station de basse altitude HAL7 et BH, les indices de diversités sont respectivement de 1,77 et 1,49. L'élévation de la température de l'eau, la présence d'un substrat fin riche en matière organique et l'importance de l'impact anthropique (déchets sur les rives, pompage de l'eau pour l'irrigation) se traduisent par la modification des habitats et la

diminution des niches écologiques. Ne persistent dans ce milieu que les espèces thermophiles et polluo-résistantes.



**Figure 40** : Indices de diversité H' et E des stations étudiées.

## 6. Assemblage des espèces en fonction des paramètres mésologiques, physico-chimiques et bactériologiques

Une analyse multivariée d'un tableau de contingence croissant 8 stations, 13 taxons et 19 paramètres (mésologiques, physico-chimique et bactériologiques) a été réalisée par le moyen d'une analyse factorielle des correspondances (AFC).

Cette analyse est faite dans le but de mettre en évidence la distribution des noyaux d'affinité des Trichoptères récoltés.

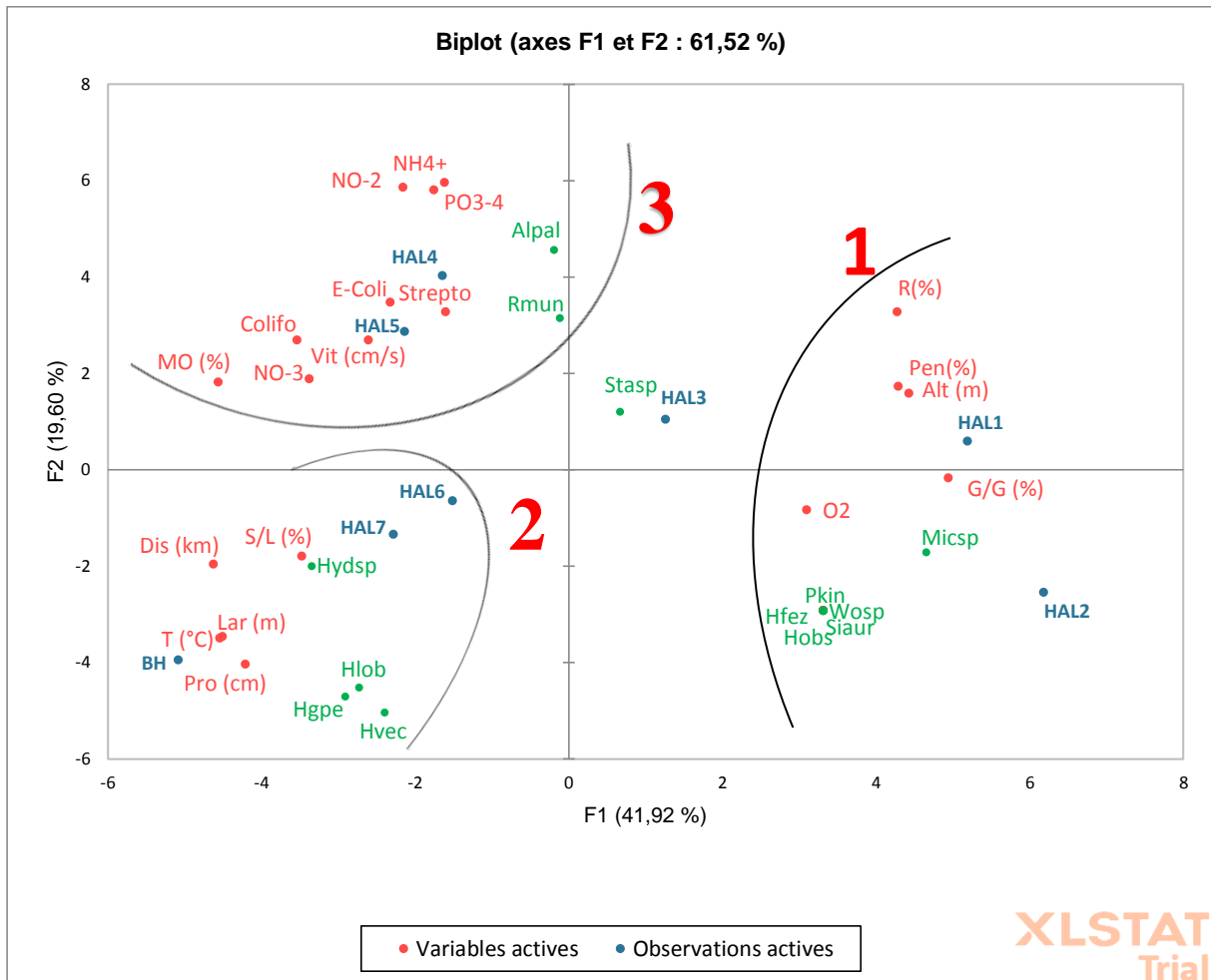
L'AFC effectuée (figure 41) attribue 61,52 % au total pour les deux axes, soit 41,92 % de la variabilité totale du nuage de point au premier axe factoriel, et 19,60 % au deuxième le % est bon.

La projection du nuage de point sur l'axe 1 montre que les relevés faunistiques sont ordonnés en fonction de leurs localisations sur les cours d'eau selon un gradient orienté progressivement amont-aval.

- Le peuplement trichoptérologique d'altitude (groupement 1), en position positive sur cet axe, présente une forte affinité au substrat grossier, pente élevée, recouvrement important et une bonne oxygénation de l'eau : *Polycentropus kingi*, *Hydropsyche obscura*, *H. fezana*, *Wormaldia* sp., *Micrasema* sp. et *Sillonella aurata*.
- Le peuplement alticole s'oppose au groupement 2 en position négative représenté par les stations de basse altitude caractérisées essentiellement par un substrat fin, un lit plus large,

une lame d'eau profonde et une température de l'eau plus élevée. Les taxons qui composent ce groupement sont pour la plupart thermophiles et potamophiles : *Hydropsyche* sp., *Hydropsyche lobata*, *Hydropsyche gpe pellucidula* et *Hydroptila vectis*.

- Sur l'axe 2 en position positive s'individualise le groupement 3 représenté par les stations de moyenne montagne dont l'eau est chargée en ammoniac, nitrites, nitrates, orthophosphates, matière organique et forte présence des *Escherichia-coli*, Coliformes et Streptocoques. En effet, ce secteur est le plus affecté par la pollution.



**Figure 41 :** Distribution des noyaux d'affinité des espèces, stations et paramètres dans le plan factoriel F1-F2

La présente étude vient confirmer une fois de plus que les Trichoptères peuvent être considérés comme de bons indicateurs de la qualité des cours d'eau. Ils dévoilent des informations pertinentes quant à la présence et à la préférence des différentes espèces de Trichoptères, selon leurs exigences écologiques ainsi que de la qualité physico-chimique et bactériologique du support aqueux.

L'analyse faunistique des différentes stations a révélé une distribution hétérogène des Trichoptères et une abondance stationnelle variant significativement entre les sites selon un gradient amont-aval.

Un total de 1177 individus de Trichoptères est récolté. 359 individus (53.27 %) appartiennent à la famille des Hydropsychidae (*Hydropsyche*) représentés par 5 espèces, vient ensuite la famille Hydroptilidae avec 3 espèces et enfin, les familles Rhyacophilidae, Goeridae, Philopotamidae, Brachycentridae et Polycentropodidae sont mono spécifiques.

Pour le secteur alticole exempt de pollution (800m à 1300m), on retrouve les stations HAL1 et HAL2 avec pas moins de 10 espèce. La station HAL2 dénote la richesse spécifique la plus élevée avec un peuplement trichoptérologique composé d'espèces polluo-sensibles à savoir : *Wormaldia* sp. *Sillonela aurata*, *Micrasema* sp. *Polycentropus kingi*, *Hydropsyche obscura* et *Hydropsyche fezana*.

Ce peuplement alticole, rhéophile et sténotherme d'eau froide est indicateur d'une eau de bonne qualité. En effet, ce secteur présente une eau claire, bien oxygénée, très pauvre en ammoniac, nitrites, nitrates et les orthophosphates (paramètres de pollution). Ce qui est aussi confirmé par l'analyse des paramètres bactériologiques qui dévoile l'absence de toute contamination fécale.

Plusieurs auteurs montrent la nette préférence de ces espèces pour les ruisseaux de montagne relativement froids, bien oxygénés et bien ombragés, a substrat rocheux riche en mousse et débris végétaux (GIUDICELLI & DAKKI, 1984 ; EL-ALAMI & DAKKI, 1998 et VIEIRA-LANERO, 2000 ; YOUNES BARAILLE, 2004)

La réduction de la richesse spécifique au niveau du ruisseau de source HAL1 (alt. 1300m) est probablement due:

- Aux émergences précoces, d'où la rareté des espèces dans l'eau ;
- Aux conditions extrêmes à savoir : forte pente, fond érodé et au faible débit. Ne subsistent dans le milieu que les espèces très adaptées à ces conditions.

Le secteur moyen (380m et 520m) est le plus affecté par les différentes perturbations anthropiques (les décharges d'ordure ménagères, les différents réseaux d'assainissement, le pompage de l'eau). En effet, les paramètres de pollution et bactériologiques présentent des valeurs élevées témoignant de la dégradation de l'eau et du milieu et le processus d'autoépuration n'arrive pas à contenir la perturbation. La forte production d'azote engendre des taux élevés de matières organiques dans le milieu, mais également des niveaux très élevés de contamination bactériologique ce qui suggère une contamination récente via les rejets des réseaux d'assainissements, induisant des conditions défavorables à l'installation des Trichoptères. Néanmoins, la diversité des habitats (suite à l'hétérogénéité du substrat) permet l'installation des espèces moins exigeantes.

La même constatation est faite pour les stations de basses altitudes (200m à 220m) soumises aussi aux impacts humains caractérisées essentiellement par une température de l'eau élevée, un substrats fin riche en matières organique et dont les paramètres de pollution et bactériologique sont élevés. Ce secteur n'héberge que des espèces thermophiles, potamophiles et polluo-résistantes : *Hydropsyche lobata*, *Hydroptila vectis*.

Quant à *Rhyacophila munda*, sa grande valence écologique s'explique par l'absence de congénère concourantes potentielles.

# Conclusion

La présente étude a pour but d'investiguer la distribution et l'adaptation des Trichoptères dans l'écosystème aquatique de l'assif Hallil et l'oued Boubhir (s.s) en considérant les caractéristiques mésologiques des stations étudiées, ainsi que les paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau.

Huit stations lotiques ont été prospectées entre 200 et 1300 m d'altitude le 06/05/2023 et les prélèvements benthiques ont été réalisés à l'aide du filet Surber (larves et nymphes) et le filet fauchoir pour la chasse d'adultes. L'eau est prélevée dans chaque station et a fait l'objet de différentes analyses physico-chimique et bactériologique.

Un total de 1177 individus de Trichoptères répartis en 7 familles, 9 genres et de 13 espèces a été récolté.

Le peuplement des Trichoptères présente une variabilité spatiale de la richesse spécifique et met en évidence leur importance dans la station alticole HAL2 avec 10 taxons. Les espèces *Wormaldia* sp., *Sillonela aurata*, *Micrasema* sp. *Polycentropus kingi*, *Hydropsyche obscura* et *Hydropsyche fezana* sont inféodées au secteur montagnard exempt de pollution. Ces espèces sont indicatrices d'une eau de bonne qualité, claire, bien oxygénée et exempte de pollution chimique et bactériologique (absence de toute contamination fécale).

Inversement, la station HAL5 (alt. 480m) qui résulte de la confluence de deux affluents à savoir HAL3 et HAL4 eux même pollués, font de cette station le milieu le plus affecté et n'héberge qu'une seule espèce eurytherme et a large valence écologique (*Rhyacophila munda*). Ce qui est confirmé par les valeurs enregistrés des paramètres de pollution ainsi que les paramètres bactériologiques qui confirment la qualité médiocre de l'eau.

Les indices de diversité stationnelle calculés sont dans leur globalité assez élevés. Seule la station HAL5 avec  $H'=0$  et  $E=0$  ce qui témoigne d'un milieu très déséquilibré.

L'analyse des limites altitudinales des Trichoptères récoltés a mis en évidence quatre groupes bien distincts :

\* Espèces alticoles, rhéophiles et sténothermes d'eau froide, caractéristiques des habitats d'altitude qui semblent constituer leur habitat refuge.

\**Hydroptila vectis* dont la distribution est fragmentaire (secteur amont- aval).

\*Espèces localisées de biotopes bien spécialisés.

\*Espèces à large valence écologique *Rhyacophila munda* et *Hydropsyche* sp.

L'étude des facteurs environnementaux réalisée par une analyse en composantes principales (ACP) fait apparaître des corrélations entre les variables environnementales.

L'analyse multivariée du tableau de contingence croisant 8 stations, 13 taxons et 19 paramètres (mésologiques, physico-chimiques et bactériologiques) réalisée par le moyen d'une AFC, a permis de dégager 3 groupes :

- Le peuplement trichoptérologique d'altitude (groupement 1), en position positive sur cet axe, présente une forte affinité au substrat grossier, pente élevée, recouvrement important et une bonne oxygénation de l'eau : *Polycentropus kingi*, *Hydropsyche obscura*, *H. fezana*, *Wormaldia* sp., *Micrasema* sp. et *Sillonela aurata*.
- Stations de basse altitude (groupement 2 en position négative sur l'axe 1), caractérisées essentiellement par un substrat fin, une largeur, une profondeur et une température de l'eau plus élevée. Les taxons qui composent ce groupement sont pour la plupart thermophiles et potamophiles.
- Sur l'axe 2 en position positive s'individualise le groupement 3 représenté par les stations de moyenne montagne et piémont dont l'eau est chargée en ammoniac, nitrites, nitrates, orthophosphates, matière organique et forte présence des *Escherichia-coli*, Coliformes et Streptocoques. En effet, ce secteur est le plus affecté par la pollution.

L'inventaire des espèces des Trichoptères demeure un chantier largement inachevé et l'ampleur de la tâche reste inconnu, du moment qu'aucune étude n'est complète. Il semble donc important de poursuivre l'inventaire au niveau du cours supérieur de l'assif Hallil (assif Illilthen) en sillonnant la mosaïque d'habitats et faire des élevages d'adultes au laboratoire afin de confirmer la détermination spécifique des taxons.

Les résultats physico-chimiques et bactériologiques viennent confirmer la bio-indication excellente des Trichoptères. Ces résultats offrent des bases solides pour une gestion durable des écosystèmes aquatiques, tout en laissant la porte ouverte à de futures recherches pour mieux connaître les Trichoptères et mieux sensibiliser et prévenir les graves dangers liés à l'activité humaine.

Enfin, il serait intéressant à l'avenir de prospecter d'une façon approfondie un grand nombre de stations surtout les sources considérées comme zones refuges hébergeant des Trichoptères témoins (milieu équilibré).

## **Références bibliographiques**

**Références bibliographiques**

**A**

**ABDESSLEM M., 1995** – structure et fonctionnement d'un Karset de montagne sous climat méditerranéen, exemple de Djurdjura occidental (grande Kabylie, Algérie). Thèse de doctorat Univ. Franche-compté, 232p.

**AGROPOLIS, 2007.** Les dossiers d'Agropolis international, 'Ecosystèmes aquatiques : ressources et valorisation', n°6, 68 p.

**ANGELIER E., 2000.** Ecologie des eaux courantes, édition Technique et document. 199p.

**ANGELIER E., ANGELIER M.L. & LAUGA. J. 1985.** Recherches sur l'écologie des Hydracariens (Hydrachnella, Acari) dans les eaux courantes. *Annales de Limnologie*, **21** (1) : 25-64.

**A.N.R.H.** agence nationale des ressources hydrauliques de Tizi-Ouzou

**B**

**BARBAULT R., 1981.** Ecologie des populations et des peuplements. Des théories aux faits. Masson ed., Paris : 208 p.

**BEBBA N., EL ALAMI M., ARIGUE S.F. & ARAB A. 2015.** Etude mésologique et biotypologique du peuplement des Ephéméroptères de l'oued Abdi (Algérie). *Journal of Materials and Environmental Sciences*, **6**:1164-1177.

**BENMOUSSAT-DEKKAK & ABDELLAOUI-HASSAINE 2019.** Contribution à l'étude des communautés des Trichoptères du bassin versant de la Tafna.

**BEMMOUSSAT-DEKKAK S. & ABDELLAOUI-HASSAINE K. 2017.** Contribution à l'étude des communautés des Trichoptères du bassin versant de la Tafna. *Revue Agrobiologia*, **7**(2) : 471-482.

**BERG K., 1948.** Biological studies on the river Susaa. *Folia limnol. Scand.*, **4** : 1 – 318.

**BERNE, F., JEAN, C., 1991.** Traitement des eaux, Édition TECHNIP. 306 p.

**BLONDEL J., 1979.** Biogéographie et écologie. Masson ed., Paris : 173 p.

**BOLBAOCA D. S. & JANTSHIT L. 2006.** Pearson vers spearman. Kendell's Tau correlation Analysis on structure. Activity relationships of Biologic active compounds. *Leonardo Journal of sciences*. 179-200.

**BONADA, N., C. ZAMORA-MUNOZ, M. EL ALAMI, C. MURRIA & PRAT N. 2008.** New records of Trichoptera in reference Mediterranean Climate Rivers of the Iberian Peninsula and north of Africa: Taxonomical, Faunistical and Ecological aspects. *Graellsia*, **64** (2): 189-208.

**BOUHEZILA F. 2021.** Contribution à l'étude de l'évolution de la qualité physico-chimique et microbiologique des lacs de Reghaia et d'El –Goléa : proposition de procédés de traitement. Thèse de doctorat en microbiologie de l'environnement. USTHB (Algérie) 135p.

**BOULUNIER T; NICHOLAS J.D., 1998.** Estimating species richness: the importance of heterogeneity in species de tectability. The ecological society of America: 1018. *Ecology* **73** (3).

**BOUZIDI A. 1989.** Recherches hydrobiologiques sur les cours d'eau des massifs du Haut Atlas (Maroc). Bio-écologie des macroinvertébrés et distribution spatiale des peuplements. Thèse de Doctorat d'État, Univ. Cadi Ayyad, Marrakech. 190 pp.

**BREMOND R, VUICHARD R., 1973.** Paramètres de la qualité des eaux, OSPEPE, Paris.

**C**

**CARREL G., BERTHELEMY D., AUDA Y. & CHESSEL D., 1986.** Approche graphique de l'analyse en composantes principales normées: utilisation en hydrobiologie. *Acta Oecologica* 7 : 189 – 2003.

**COPPA G. & TACHET H. 2020.** Liste faunistique des Trichoptères de France avec les combinaisons originales et les principales synonymies. *OpieBenthos*. [www.opiebenthos.fr](http://www.opiebenthos.fr)

**D**

**DAJOZ R., 2006.** Précis d'écologie. Cours et questions de réflexions 8ème édition Dunod. 630p.

**DAMBRI B.M., KARAOUZAS I., SAMRAOUI B. & SAMRAOUI F. 2020.** Contribution to the knowledge of the caddisfly fauna of Algeria: An updated checklist of Algerian Trichoptera with new records from the Aures region. *Zootaxa*. **4786** (2) : 221-232.

**DECAMPS H., 1967.** Introduction à l'étude écologique des trichoptères des Pyrénées. *Annl. Limnol*, 3(1) :101-176.

**DE VILLERS J, SQUILBIN M, YOURASSOWSKY C., 2005.** Qualité physicochimique et chimique des eaux de surface. Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement.

**DOUCET R., 1997.** La science agricole : climat, sols et productions végétales du Québec, Berger, Canada pp.1-10

**DUPONT, 1981.et HAOUSSA, N., 2013.** Etude de la qualité des eaux des mélanges Eau d'oued Biskra - Eau de Droh. Mémoire de Master 2. Hydraulique urbaine, Université Mohamed Khider – Biskra : Faculté des Sciences et de la technologie, 24 p

**DYNESIUS M., & NILSON C. 1994.** Fragmentation and flow regulation of river system in the northern third of the world. *Science* **266**-7: 75362.

**E**

**E.B., « Djurdjura »,** Encyclopédie berbère, 16 | 1995, 2488-2490.

**E.B. and M. DAHMAN,** "Kabylie : Géographie", *Encyclopédie berbère*, 26 | 2004, 3986-3989

**EVERARD & POWELL, 2002**

**F**

**FAESSELB. 1985.** Les Trichoptères. Bulletin français de pêche et pisciculture, 299 : 41p.

**FAURIE C., FERRA C., MEDORI P., DEVAUX J. & HEMPTINNEJ.L., 2003.** Ecologie approche scientifique et pratique 5e Edition TEC et DOC, 407 p.

**FLANDRIN J. 1952.** La chaîne du Djurdjura : monographie régionale. XIX (ème) congrès géologique international, 1ère série 19 :1-49.

**FOSSATI O., WASSON J.G., HERY C., MARIN R. et SALINAS G., 2001.** Impact of sediment releases on water chemistry and macroinvertebrate communities in clear water Andean streams (Bolivia). *Archiv für Hydrobiologie*, 151(1): 33-50.

**FRONTIER S. 1976.** Utilisation des diagrammes rang-fréquence dans l'analyse des écosystèmes. *J. Rech. Océanogr.*, **1(3)**: 35-48.

**G**

- GAID A. 1984.** Epuration biologique des eaux usées urbaines. Tome I, édition OPU, Alger, 261p.
- GAID, 1988 :** « Traitement des eaux potables : travaux dirigés et travaux pratiques », U.S.T.H.B
- GALL W.K. & W.K. & WIGGINS G.B. 1996.** Phylogeny and classification of the families of the Limnephiloidea (Trichoptera). *Bull. Buffalo Soc. Nat. Sci.*, 35.
- GAUJOUX D. 1995.** La pollution des milieux aquatiques –Aide-mémoire- Technique Et documentation : 220p
- GAUTHIER H. 1928.** Recherches sur la faune des eaux continentales de l'Algérie et de la Tunisie. Thèse de Doctorat d'État, Univ. Alger. 420 pp.
- GELARD J.P. 1979.** Géologie du nord-est de la Grande-Kabylie : un segment des zones internes de l'origine littoral maghrébin. Mémoires géologiques de l'université de Dijon, 5 :1326p
- GENIN B., CHAUVIN C. & MENARD F. 2003.** Cours d'eau et indices biologiques. Pollution- méthodes- IBGN. 2ème édition educagri. .215p.
- GIUDICELLI J., DAKKIM. & DIAA. 1985.** Caractéristiques abiotiques et hydrobiologiques des eaux courantes méditerranéennes. *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie*, 22: 2094-2101.
- GUYOT G., 1999.** Climatologie de l'environnement. 2e Edition Dunod, Paris, 525p.

**H**

- HAOUCHINE S., 2011.** Recherches sur la faunistique et l'écologie des macroinvertébrés des cours d'eau de Kabylie.
- HAJJL., EL-ALAMI M., BONADA N. & ZAMORA-MUNOZ C. 2013.** Contribution à la connaissance des Tri-choptères (Trichoptera) du Rif (Nord du Maroc). *Boletín de la Asociación española de Entomología*, 37(3-4): 181-216.
- HELD U. 2010.** Pièges de corrélation: les coefficients de corrélation de Pearson et spearman. Biostatiques Hoorten-§Zentrum, Univ. Spital. Zurich. Forum. Med Suisse.
- HILL M.O. 1974.** Correspondence analysis: a neglected multivariate method. *Appl. Statist.*, 23: 340-354.
- HYNES, H.B.N., 1970.** The ecology of running waters. Liverpool University Press, Liverpool: 555p.

**L**

- LAVANDIER P., 1979.** Ecologie d'un torrent Pyrénéen de haute montagne : l'Estaragne. Thèse de doctorat d'Etat. Univer. Paul Sabatier Toulouse: 523p.
- LEFEVRE, 1993 :** « Les zones humides : espace en voie de disparition. In Actes du colloque sur les zones humides du littoral aquitain », Le Teich, septembre 1985, DRAE d'aquitaine.
- LESTAGE J.A. 1925.** Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères recueillis en Algérie par M.H.Gauthier et liste des espèces connues actuellement de l'Afrique du Nord. Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord, 16 : 8-18.

**LOUNACI A. 2005.** Recherches sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des macroinvertébrés des cours d'eau de la Kabylie (Tizi-Ouzou, Algérie); Thèse de Doctorat d'État, Univ. Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 209 pp.

**M**

**MALICKY H. 1983.** Atlas of European Trichoptera. Dr. W. Junk Publishers. The Hague. 298 pp.

**MALICKY H. & LOUNACI A. 1987.** Beitrag zur Taxonomie und Faunistik der Köcherfliegen von Tunesien, Algerien und Marokko (Trichoptera). *Opuscula Zoologica Fluminensia*, 14: 1-20.

**MARLIER G. 1980.-** les larves et nymphes des Trichoptères du Seychelles-31-54p

**MARLIER G. 1981.** Trichoptères. –In : Durant, J.-R. & Lévêque, C. (édits) : Flore et faune aquatiques de l'Afrique sahélo-soudanienne, 2 : 521-552. O.R.S.T.O.M., Paris.

**MARTYNOV A.V. 1924.** Rucheiniki. *Prakticheskaya Entomologiya*, 5: 1-384.

**MERABET S., 2010.** Évaluation de la qualité physico-chimique des eaux brutes et Distribuées du barrage réservoir de beni Haroun. Mémoire de magister chimie analytique. Université Mentouri de Constantine. P 4, 5,9

**MESSAOUDENE M., LARIBI M. et DERRIDJ A., 2007.** Etude de la diversité floristique de la forêt de l'Akfadou (Algérie).

**MINSHALL G.W. 1984.** Aquatic insect substratum relationships. In 'the ecology of aquatic insects'. Resh V.H. & Rosenberg D.M., Praeger, New York, 358-400 p.

**MOKEDDEM K. et OUDDANE, S., 2005.** Qualité Physico-chimique Et Bactériologique De L'eau De Source Sidi Yaakoub (Mostaganem), Mémoire d'ingénieur institut de biologie Mascara, pp 18-22.

**MORETTI G.P., 1983.** Tricoptteri (Trichoptera). Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne Italiane 19, Consiglionazionale delle ricerche, Verona, 155p.

**MORTON K.J. 1896a.** Hydroptilidae collected in Algeria by A. E. Eaton. *Entomologist's Monthly Magazine*, 32:102-104.

**MORTON, K.J. 1896b.** Two new Hydroptilidae from Scotland and Algeria respectively. *Entomologist's Monthly Magazine*, 34: 107.

**N**

**NAVÁS L. 1917.** Trichoptères nouveaux de l'Algérie. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord*, 8 : 1-15.

**NAVÁS L. 1928.** Insectes névroptères et voisins de Barbarie. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord*, 19: 189-190

**NEWBOLD, C. J., WALLACE, R. J., CHEN, X. B., & MCINTOSH, F. M. (1995).** Different strains of *Saccharomyces cerevisiae* differ in their effects on ruminal bacterial numbers in vitro and in sheep. *Journal of animal science*, 73(6), 1811-1818

**P**

**PIELOU E.C., 1966.** Shannon's formula as measure of specific diversity: its use and measure. *American Naturalist*, 100p.

**PLAFKIN J. L., BARBOUR M.T., PORTER K. D., GROSS S.K. & HUGHES R. M. 1989.** Raid Bioassessment protocols for use in streams and rivers benthic macroinvertebrate and fish. U.S. Environmental Protection Agency 440/4-89-001. Office of Water Regulations and Standards, Washington DC, USA, 160 p.

**POTELON J-L., ZYMAN K., 1998.** Le guide des analyses d'eau potable, la lettre du cadre territorial.

## R

**RAMADE F., 2003.** Eléments d'écologie fondamentale. 3ème édition, Dunod, Paris, 190p.

**RAYMOND D. 1976.** Evaluation sédimentaire et tectonique du Nord-Ouest de la Grande Kabylie au cours du cycle alpin. Thèse de Doctorat es Sciences, Paris, 154 pp.

**RODIER J., 1984.** L'analyse de l'eau, Eaux naturelles, Eaux résiduaires et Eaux de mer, 7ème édition. Ed. Dulod, Paris.

**RODIER J., 1996.** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 8<sup>ème</sup> édition, Dunod, 1383 p.

**RODIER, J., 2005.** L'analyse de l'eau Eaux naturelles - eaux résiduelles - eaux de mer 9e Edition Dunod Parie.

## S

**SANOGO S. & KABRE T.J.A., 2014.** Dynamique de structuration spatio-temporelle des populations de familles de macroinvertébrés dans un continuum lac de barrage-effluent fleuve issu de périmètre irrigué. Bassin de la Volta (Burkina Faso). *Journal of Applied Biosciences*, **78** : 6630-6645

**SANAGO S., KABRE T.J.A. & CECCHI P., 2014.** Inventaire et distribution spatiotemporelle des macroinvertébrés bioindicateurs de trois plans d'eau du bassin de la Volta au Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **8** (3), 1005-1029.

**SEKHI S. 2022.** Recherche sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des Trichoptères des cours d'eau de Kabylie (Tizi-Ouzou, Algérie) ; Thèse de doctorat Université. Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

**SEKHI S ; HAOUCHINE S ; LOUNACI-DAOUDI D ; EL ALAMI ELMOUTAOUAKIL & LOUNACI A., 2016.** Contribution à la connaissance des Trichoptères de Grande-Kabylie (Algérie) [Trichoptera]. *Ephemera*, Vol. 17 (1) : 51-69

**SEURAT L. G. 1930.** Exploration zoologique de l'Algérie de 1830 à 1930. Collection du centenaire de l'Algérie. Masson, Paris. 708 pp.

**SQUILBEN M. & YOURASSOWSKY C. 2005.** 2. Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface : cadre général ; p 16.

## T

**TACHET, H. 1968.** Quelques aspects du cycle biologique de *Plectrocnemia conspersa* (Curtis, 1834) Trichoptera, Polycentropodidae. *Annales de Limnologie* 31967 : 177-184.

**TACHET H., BOURNAUD M. & RICHOUX PH., 1980.** Introduction à l'étude des macroinvertébrés des eaux douces (Systématique élémentaire et aperçu écologique) université de Lyon I. Associations Française le Limnologie : 150p.v

**TACHET H. BOURNAUD M. et RICHOUX PH. & USSEGLIO-POLATERA P. 2000.**

Invertébrés d'eaux douces : systématique, écologie et biologie. Edit. CNRS, Paris: 588p.

**THIEBAULTE J. 1952.** Socle métamorphique en Grande Kabylie : monographie régionale. XIXème congrès international, 1ère série (4) : 43 pp.

**THIERNEY D., KELLY-QUINN M. & BRACKEN J.J. 1998.** The faunal communities of upland streams in the eastern region of Ireland with reference to afforestation impacts. *Hydrobiologia*, **389**: 115-130.

**THIOULOUSE J., CHESSEL D., DOLEDEC S. & OLIVIER J.M., 1997.** ADE.4: a multivariate analysis and graphical display software. *Statistics&computing*, **7**: 75 – 83.

#### U

**ULMER 1903** Ulmer, G. (1903) Beiträge zur metamorphose der Deutschen Trichopteren XI XIV. *All. Z. Ent.* 209-211.

#### V

**VAILLANT F. 1954.** Three new species of Trichoptera from Algeria. *Annals and Magazine of natural History*, **12**(7): 138-142.

**VAILLANT, F. 1955.** Recherches sur la faune madicole de France, de Corse et d'Afrique du Nord. Mémoires Muséum Histoire Naturelle, Paris (Zool.).

**VERNEAUX J. 1973.** Recherches écologiques sur le réseau hydrographique du Doubs – essai de biotypologie. Thèse d'Etat, Université de Besançon. 257 pp.

**VIEIRA-LANERO R. 2000.** Las larvas de los tricopteros de Galicia (Insecta: Trichoptera). PhD. Universidade de Santiago de Compostela. 611 pp.

#### W

**WEAVER J.S.III & MORSE J.C. 1986.** Evolution of feeding and Case-making behavior in Trichoptera. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, **5**: 150-158.

**WIGGINS G.B. 1998.** Larvae of the North American Caddisfly Genera (Trichoptera). University of Toronto Press. Toronto. 2nd. Edition. 457 pp.

**WIGGINS G.B. & WICHARD W. 1989.** Phylogeny of pupation in Trichoptera, with proposals on the origin and higher classification of the order. *Journal of the North American Benthological Society*, **8**: 260-276.

#### Y

**YAKOUB B., 2005.** L'eau dans le bassin versant du Sébaou et la wilaya de Tizi-Ouzou. Evaluation, contraintes et recommandations. Thèse doctorat d'état en sciences de l'eau. UMMTO. 268p

**YAKOUB B., 1985.** Contribution à l'étude hydrogéographique de la Kabylie occidentale (Algérie). Thèse Magister. Univ Pierre et Marie Curie, Paris VI : 215p.

#### Z

**ZAHRADNIK, 1988.** Guide des insectes. Paris, Ed. Htner : 318 p.

# **Annexes**

**Annexe I :** Précipitations Annuelles (2000-2013) dans les localités proches de la stations d'étude (source A.N.R.H. de Tizi-Ouzou).

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Moy
<b>Ait Ouabane</b>	1100	978.2	1477.4	1294.7	1124.6	1393.6	1265.6	1110.3	1358.5	1435.2	1831.7	1127.7	1120.8	1364.8	1271.7
<b>Ait Aicha</b>	927.7	716	1498.3	1104.6	1230.8	948.7	1093.7	1120	1511	1236.6	1109.4	1112.3	938.2	1150.1	1121.2
<b>Boubhir</b>	808.9	628.9	1359.9	1089.1	879.8	1050.8	1128.3	884.4	1196.7	867.8	813.4	986.7	846.6	1162.5	978.8
<b>Tizi Ouzou</b>	606	461.8	1217.5	832.6	696.3	732.6	739.1	931.6	1010.8	963.8	1016.6	968.6	870	1063.9	868.9

**Annexe II :** Précipitations mensuelles (2000-2013) dans les localités proches de la station d'étude (source A.N.R.H. de Tizi-Ouzou).

	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou
<b>Ait Ouabane</b>	54.6	87.5	154.9	189.3	210.9	151.9	121.7	151.3	100.4	24	8.3	16.9
<b>Ait Aicha</b>	52.6	77	114.4	189.8	176.7	98.6	118.2	155.5	100.5	15.1	7.3	15.5
<b>Boubhir</b>	47	74.6	130.2	155.6	156.9	97.8	104.7	121.7	65.3	9.1	5.2	10.7
<b>Tizi Ouzou</b>	40.5	67	124.2	149.5	154	89.3	76.1	92	57.5	8.8	3.8	6

**Annexe III :** Températures de moyennes mensuelles calculées de Tizi Ouzou (période 2010-2020) Source : O.N.M de Tizi Ouzou

T°/Mois	Sept	Octo	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout
<b>T° moyenne max</b>	31.47	27.64	19.80	17.01	16.05	16.38	19.12	26.63	27.10	31.79	36.08	35.11
<b>T° Moyenne Min</b>	19.2	15.61	12.36	8.18	6.72	6.72	9.08	11.45	14.01	17.66	21.31	22.25
<b>T° Moyenne Mensuelle</b>	24.53	20.64	15.26	11.85	10.64	10.84	13.48	16.31	20.75	24.42	28.24	28.38

Annexe IV : Données pluviométriques (Températures, Précipitations et humidité) de Tizi Ouzou 2010-2020 Source : O.N.M de Tizi Ouzou.

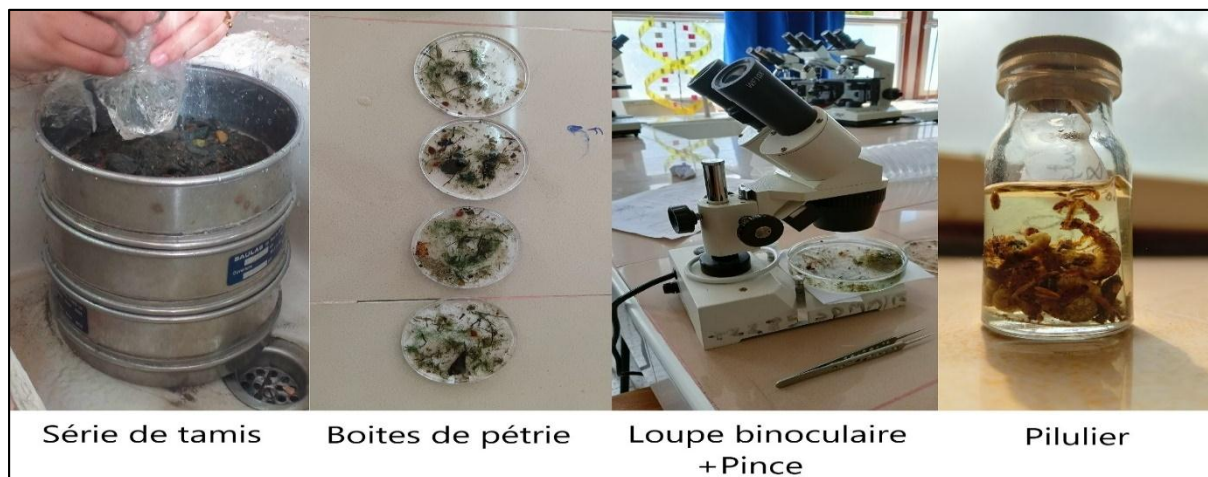
2010															
		JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	Tot	Moy
<b>T°Moy/mensu</b>	°C	11,4	12,8	13,7	16,4	17,6	22,6	27,7	27,2	23,6	19,2	14,3	11,2	217,7	18,1
<b>T°Moy/mensu</b>	min	7,8	9,1	9,4	11,5	12,3	16,2	20,6	20,7	17,9	14,4	10,9	7,2	158,0	13,2
<b>T°Moy/mensu</b>	max	16,1	17,6	19,7	22,2	24,3	29,8	35,8	35,5	31,1	26,2	19,0	16,7	294,0	24,5
2011															
		JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	Tot	Moy
<b>T°Moy/mensu</b>	°C	10,6	10,3	13,4	17,6	19,7	23,2	27,5	28,5	24,8	19,6	15,7	11,7	222,6	18,6
<b>T°Moy/mensu</b>	min	6,9	6,3	8,7	12,1	14,8	17,8	21,6	21,8	18,9	14,5	12,2	8,3	163,9	13,7
<b>T°Moy/mensu</b>	max	15,9	15,8	19,5	24,4	26,0	29,6	35,1	37,2	32,5	27,1	21,4	16,8	301,3	25,1
2012															
		JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	Tot	Moy
<b>T°Moy/mensu</b>	°C	9,9	6,5	13,3	15,3	19,9	26,4	27,8	30,3	24,4	20,8	16,3	11,9	222,8	18,6
<b>T°Moy/mensu</b>	min	5,6	2,7	9,0	11,0	14,0	20,0	21,6	23,4	18,7	15,8	12,5	8,2	162,5	13,5
<b>T°Moy/mensu</b>	max	16,3	11,9	19,7	21,1	27,0	34,2	35,7	30,1	32,3	28,1	21,8	17,4	295,6	24,6
2013															
		JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	Tot	Moy
<b>T°Moy/mensu</b>	°C	10,8	9,4	14,3	15,8	17,5	22,0	26,7	26,9	24,1	23,1	13,6	11,2	215,4	18,0
<b>T°Moy/mensu</b>	Min	6,9	5,2	10,4	11,3	12,8	15,5	20,3	20,3	19,1	18,1	17,9	7,4	165,2	13,8
<b>T°Moy/mensu</b>	max	15,7	14,6	19,4	21,8	23,0	28,9	34,5	35,1	31,1	30,6	10,7	16,9	282,3	23,5
2014															
		JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	Tot	Moy
<b>T°Moy/mensu</b>	°C	12,3	12,8	12,3	17,5	19,2	23,7	27,0	28,0	26,2	21,6	17,3	10,9	228,8	19,1
<b>T°Moy/mensu</b>	Min	8,6	8,6	8,2	11,3	13,2	17,4	20,0	21,5	21,0	16,0	13,5	7,7	167,0	13,9
<b>T°Moy/mensu</b>	max	17,6	18,8	17,5	24,3	26,5	30,7	34,7	35,9	33,7	29,0	22,7	15,4	306,8	25,6

2015		JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	Tot	Moy
T°Moy/mensu	°C	9,9	9,8	13,1	17,3	21,4	24,7	29,7	28,8	24,4	20,2	14,9	12,2	226,4	18,9
T°Moy/mensu	Min	6,0	6,5	8,4	11,7	15,2	17,9	22,2	23,2	19,7	16,0	10,8	7,2	164,8	13,7
T°Moy/mensu	max	15,6	13,9	19,3	24,4	28,7	32,0	38,4	35,8	30,5	26,2	21,0	19,3	305,1	25,4
2016		JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	Tot	Moy
T°Moy/mensu	°C	12,8	12,6	12,5	16,1	19,0	24,3	27,9	27,1	24,3	22,5	15,7	12,6	227,4	19,0
T°Moy/mensu	min	8,6	8,5	7,8	11,2	13,6	17,1	20,7	20,4	18,0	16,9	11,4	9,3	163,5	13,6
T°Moy/mensu	max	18,4	18,0	17,6	22,1	25,0	32,0	35,7	34,6	31,7	29,6	21,3	17,6	303,6	25,3
2017		JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	Tot	Moy
T°Moy/mensu	°C	8,9	12,7	14,5	16,4	21,8	26,4	29,4	29,7	23,9	19,5	13,7	10,4	227,3	18,9
T°Moy/mensu	Min	5,2	8,6	8,8	10,5	15,2	19,8	22,3	25,1	18,1	13,5	9,8	7,5	164,4	13,7
T°Moy/mensu	max	13,7	18,2	21,2	23	29,6	34,6	37,5	37,4	30,0	26,7	19,4	14,3	305,6	25,5
2018		JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	Tot	Moy
T°Moy/mensu	°C	11,2	9,9	13,6	16,5	17,8	22,8	27,8	27,4	25,3	19,1	14,9	11,9	218,2	18,2
T°Moy/mensu	Min	7,1	6,4	10,2	11,8	13,5	16,8	21,5	20,8	20,3	15,3	11,4	7,7	162,8	13,6
T°Moy/mensu	max	17,0	14,6	17,9	22,5	27,7	29,7	35,5	35,1	32,0	24,9	20,2	17,3	294,4	24,5
2019		JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	Tot	Moy
T°Moy/mensu	°C	9,2	10,7	13,5	15,3	18,8	25,1	29,1	28,5	24,6	20,5	14,3	13,4	223,0	18,6
T°Moy/mensu	Min	5,8	6,2	8,6	11,8	13,5	16,8	21,5	23,0	19,5	15,7	11,3	9,7	163,4	13,6
T°Moy/mensu	max	14,0	16,9	19,8	22,5	27,7	32,4	35,5	35,5	31,5	27,4	18,5	18,4	583,6	48,6
2020		JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	Tot	Moy
T°Moy/mensu	°C	10,8	13,2	14,3	16,6	31,4	24,4	28,8	28,8	23,6	18,5	16,7	12,2	239,3	19,9
T°Moy/mensu	Min	6,8	7,9	10,4	12,5	15,1	17,7	21,7	22,6	18,4	13,2	12,7	9,0	168,0	14,0
T°Moy/mensu	max	16,2	20,6	19,8	22	28,7	31,7	37,3	36,5	30,5	26,3	22,7	165,0	457,3	38,1

**Annexe V : Echantillonnage, conservation, détermination et matériels utilisés pour la faunistique**

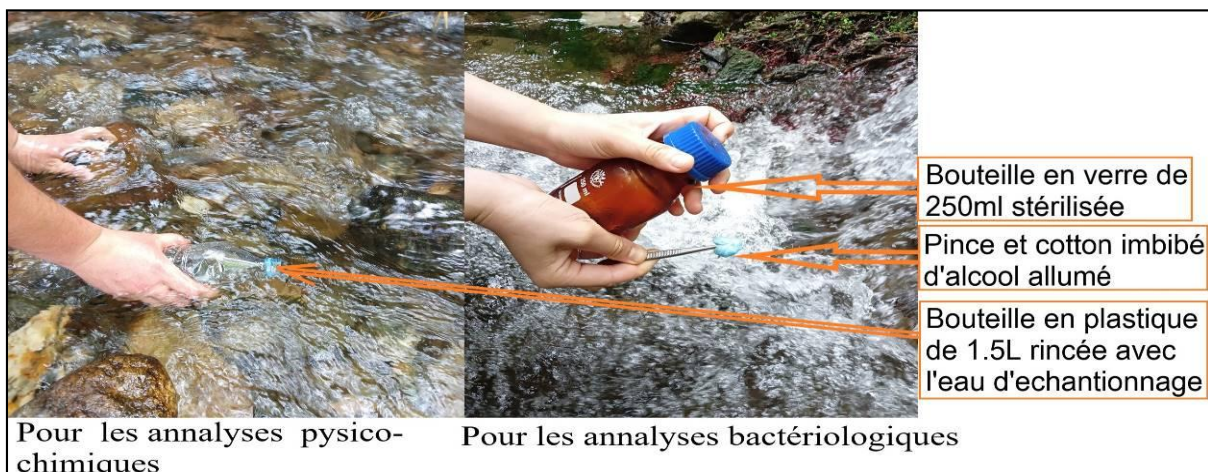


**Photo 1 :** étape d'échantillonnage avec le filet fauchoir et conservation dans du formole



**Photo 2 :** étapes de lavage, tris, détermination et matériels utilisés.

**Annexe VI: Méthodes d'échantillonnage de l'eau**



**Photo 3 :** Echantillonnage d'eau pour les analyses physico-chimiques et bactériologiques

**Annexe VII : Matreils utilisés au niveau du laboratoire SEAAL**



**Turbidimètre**



**Spectrophotomètre**



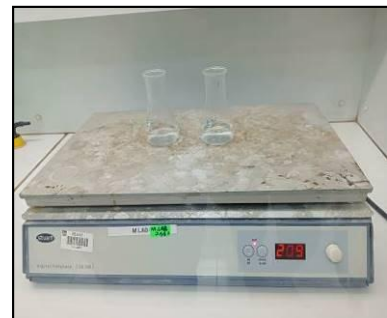
**pH mètre**



**Conductimètre**



**Oxymètre**



**Plaque chauffante**



**Incubateur**



**Balance analytique**



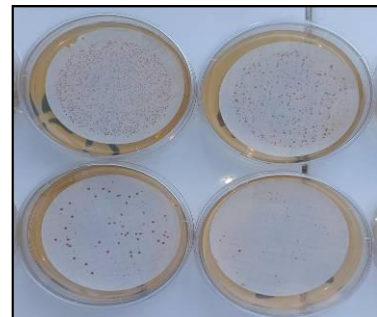
**Dessiccateur**



**Hôte**



**Rampe de filtration**



**Filtre de 45um dans des  
boites pétries avec**

## Annexe VIII: Méthodes d'analyses des paramètres Physico-chimiques

### • Détermination du potentiel d'hydrogène

Selon la norme internationale ISO 10523, la détermination du pH se fait comme suit :

- Étalonner le PH mètre ;
- Rincer l'électrode avec de l'eau distillée ;
- Prendre environ 100 ml de l'échantillon à analyser dans un bécher ;
- Régler l'agitateur avec une faible vitesse puis tremper l'électrode dans le bécher ;
- Agiter un moment puis noter la valeur du PH donnée par le PH mètre.

### • Détermination de la turbidité

La détermination de la turbidité se mesure comme suit :

- Homogénéiser doucement l'échantillon avant la mesure ;
- Rincer la cellule de mesure avec l'échantillon à analyser puis la remplir et bien l'essuyer ;
- Insérer la cellule dans l'adaptateur de mesure du turbidimètre ;
- Le résultat est exprimé en NTU.

### • Détermination de la conductivité :

Selon la norme internationale ISO 7888, le mode opératoire est le suivant :

- Remplir un bécher avec de l'eau à analyser ;
- Mettre l'électrode dans le bécher puis appuyer sur la touche enter ;
- La valeur de la conductivité s'affiche sur l'écran de l'appareil en ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

### • Détermination de l'oxygène dissous :

- Remplir un bécher avec l'échantillon à analyser ;
- Bien Agiter afin de retirer les bulles d'air de l'eau puis placer l'électrode dans l'échantillon ;
- La mesure s'affiche sur l'oxymètre lorsque la valeur est stable (elle est donnée en mg/l) ;

### • Détermination de l'ammonium : $\text{NH}_4^+$

Selon la norme ISO 7150, le mode opératoire es comme suit :

- Préparer 40 ml d'eau distillée dans une fiole de 50 ml (pour le blanc);
- Prendre 40 ml de chaque échantillon à analyser dans des fioles de 50 ml ;
- Ajouter 4 ml du premier réactif coloré [ $\text{NH}_4^+$ ] ;
- Ajouter 4 ml du deuxième réactif (Dichloro-isocyanurate de sodium) ;
- Ajuster au trait de jauge avec de l'eau distillée, puis fermer la fiole (temps de contacte 1h) ;
- L'apparition de la coloration verdâtre foncée indique la présence de  $\text{NH}_4^+$  ;
- Mesurer avec un spectrophotomètre et débuté avec le blanc pour mettre le zéro.

### • Détermination des nitrites : $\text{NO}_2$

Selon la norme ISO 6777, la détermination des nitrites se fait comme suit

- Prendre 40 ml de chaque échantillon à analyser dans des fioles de 50 ml ;
- Ajouter 1 ml du réactif coloré ;
- Ajuster au trait de jauge avec de l'eau distillée (temps de contacte 20min) ;
- Mesurer avec un spectrophotomètre dans des cuves de 10 mm de chaque échantillon
- Les résultats sont indiqués en mg/l

### • Détermination des nitrates : $\text{NO}_3^-$

Selon la norme ISO 7890, la détermination des nitrates se fait selon le mode opératoire suivant:

- Prendre 1 ml de chaque échantillon à analyser dans des codes-barres ;
- Ajouter 0.02 du réactif, (temps de contacte 15min) ;
- Mesurer avec un spectrophotomètre.

### • Détermination des ortho-phosphates : $\text{PO}_4^{3-}$

Selon la norme ISO 6878, la détermination des ortho-phosphates es comme suit :

- De l'eau distillée dans des fioles de 50 ml pour le blanc ;

- b. Prendre 40 ml de chaque échantillon ;
- c. Ajouter 1 ml du réactif Acide ascorbique ;
- d. Ajouter 2 ml d'Heptamolybdate  $\text{NH}_4^+$  ;
- e. Ajuster au trait de jauge avec de l'eau distillée (temps de contact 30min) ;
- f. L'apparition de la couleur bleue indique la présence des  $\text{PO}_4^{3-}$  ;
- g. Mesurer avec un spectrophotomètre.

- **Détermination de la matière en suspension (MES)**

- a. Placer les filtres de taille  $0.45 \mu\text{m}$  sur les rampes de filtration ;
- b. Laver les filtres avec l'eau distillée pour vérifier les pertes de charge ;
- c. Mettre les filtres dans l'étuve à  $105^\circ\text{C}$  pendant 1 heure ;
- d. Les placer dans le dessiccateur pour refroidir pendant 15 minutes puis les peser ( $M_0$ ) ;
- e. Faire passer un volume  $V$  (100 ml) de l'échantillon à analyser à travers les filtres précédents pour retenir toutes les particules ;
- f. Remettre à l'étuve à  $105^\circ\text{C}$  pendant 4 heures ;
- g. Laisser refroidir au dessiccateur pendant 15 à 20 minutes puis les peser ( $M_1$ ) ;

$$\text{MES} = \text{P2} - \text{P1} / \text{V}$$

**MES** : concentration de la matière en suspension

**P2** : poids du filtre avant filtration.

**P1** : poids du filtre après filtration

**V** : le volume filtré

- **Détermination des résidus secs (RS)**

- a. Tarer la balance analytique, lavée la capsule en verre, rincée à l'eau distillée et sécher ;
- b. Prélever 50ml de l'eau à analyser, déverser dans la capsule ;
- c. Porter la capsule dans une étuve à  $105^\circ\text{C}$  pendant 4 heures ;
- d. Laisser refroidir pendant 15 minutes au dessiccateur ;
- e. Peser sur la balance analytique

Expression des résultats :  $\text{RS (mg/l)} = \text{M}_0 - \text{M}_1 / \text{V} \times 100$

**M<sub>0</sub>** : masse de la capsule vide (mg/l)

**M<sub>1</sub>** : la masse de la capsule avec résidus secs (mg/l)

**V** : le volume de l'échantillon versé (ml)

- **Dosage de la matière organique :**

Le test consiste à mesurer en milieu acide la quantité d' $\text{O}_2$  utilisé pour la réduction du permanganate de potassium par les matières oxydables contenues dans une eau, le mode opératoire est le suivant :

- a. Prendre 100 ml de l'échantillon ;
- b. Acidifier l'échantillon en ajoutant 20 ml de l'acide sulfurique pour avoir une meilleure réaction de permanganate de potassium et laisser chauffer sur une plaque chauffante ;
- c. Ajouter 20 ml de  $\text{KMNO}_4$  et maintenir à l'ébullition pendant 10 minutes : le permanganate de potassium sera consommé par l'échantillon ;
- d. Après 10 minutes de l'ébullition, ajouter 20 ml d'oxalate de sodium pour décolorer la solution
- e. Titrer la solution avec la solution de Permanganate de potassium jusqu'à l'apparition d'une coloration rose pâle, puis noter le volume de la solution de Permanganate consommé ;

L'indice de Permanganate (IP), exprimé en milligramme d'oxygène par litre d'échantillon, selon la norme ISO 9001, peut alors se calculer comme suit :

$$\text{IP (mg/l)} = [(\text{V Echantillon} - \text{VBL}) / \text{V Retour}] \times \text{M O}_2$$

**V Echantillon** = volume en ml de la solution de potassium utilisé pour le titrage de l'échantillon

**VBL** = volume en ml de la solution de potassium utilisée pour l'essai à blanc

**V Retour** = volume en ml de la solution de potassium titrée utilisée pour le dosage de retour

**M O<sub>2</sub>** = masse molaire de l'oxygène

**Annexe IX : Méthodes d'analyses des paramètres bactériologiques**

- a. Commencer par allumer le bec benzène et l'hôte ;
- b. Stériliser les mains, la pince et la rampe de filtration ;
- c. Codifier les boîtes de Pétrie contenant le milieu de culture (gélose)
  - **Dénombrement des coliformes totaux et fécaux**
- a. Placer les filtres (de 0,45 µm de porosité) en dessous de l'entonnoir ;
- b. Verser 100ml de l'échantillon dans la rampe de filtration ;
- c. Allumer la pompe à vider puis ouvrir le robinet de la rampe pour laisser passer tout l'échantillon à travers les filtres ;
- d. Prendre les filtres à l'aide d'une pince stérile et les placer dans les boîtes de Pétrie ;
- e. Placer les boîtes dans l'étuve d'incubation à 37°C pendant 24 heures.

**La lecture :** Les colonies bleues sont des E. Coli, les colonies rouges sont des coliformes totaux.

- **Dénombrement des streptocoques fécaux :**
- a. Le mode opératoire est identique à celui des coliformes,
  - b. La gélose utilisée est appelée SLANETZ et BARTLEY
  - c. Les boîtes sont incubées dans l'étuve à 37°C pendant 48 heures

La lecture se fait après 48 heures, en considérant toutes colonies noires comme résultat de présence des streptocoques.

## Résumé

Une étude trichoptérologique a été réalisée dans le réseau hydrographique de l'assif Hallil et de l'oued Boubhir (s.s) le 06/05/2023. 8 stations lotiques ont été prospectées entre (200m et 1300m alt), les prélèvements ont été réalisés à l'aide du filet Surber et le filet fauchoir. L'eau prélevée a fait l'objet d'analyses physico-chimique et bactériologique.

Le présent travail a permis de recenser 1177 individus de Trichoptères appartenant à 7 familles 9 genres et 13 espèces. La famille des Hydropsychides est la plus diversifiée.

La station HAL2 (alt 800m) est la plus riche en Trichoptères. Les espèces récoltées sont qualifiées de sténotope, rhéophiles, sténothermes d'eau froid et polluo-sensibles : *Wormaldia* sp., *Micrasema* sp., *Polycentropus kingi*, *Hydropsyche obscura* et *Hydropsyche fezana*.

En aval, l'élévation de la température de l'eau, la présence d'un substrat fin riche en matière organique et l'importance de l'impact anthropique se traduisent par la diminution des niches écologiques et la prolifération des espèces thermophiles et polluo-résistantes.

L'AFC réalisée croisant 8 stations, 13 taxons et 19 paramètres a permis de dégager 3 groupe :

- Le peuplement d'altitude lié au substrat grossier, pente élevée, recouvrement important et une bonne oxygénation de l'eau.
- Le peuplement de basse altitude composé d'espèces thermophiles et potamophiles lié surtout au substrat fin riche en matière organique et une température de l'eau plus élevée.
- Le peuplement des stations de moyenne montagne et de piémont dont l'eau est sujet à une contamination chimique et bactériologique.

**Mots clés :** Assif Hallil. Oued Boubhir (s.s). Trichoptères. Qualité de l'eau.

## Abstract

A trichopterological study was carried out in the hydrographic network of Assif Hallil and Wadi Boubhir (s.s) on 06/05/2023. 8 lotic stations were prospected between (200m and 1300m alt), sampling was carried out using the Surber net and the mowing net. The water taken was subjected to physicochemical and bacteriological analyses.

This work has identified 1177 individuals of Trichoptera belonging to 7 families 9 genera and 13 species. The Hydropsychides family is the most diverse.

The HAL2 station (alt 800m) is the richest in Trichoptera. The harvested species are classified as stenvotope, rheophiles, cold water and pollute-sensitive stevedores: *Wormaldia* sp., *Micrasema* sp., *Polycentropus kingi*, *Hydropsyche obscura* et *Hydropsyche fezana*.

Downstream, the rise in water temperature, the presence of a fine substrate rich in organic matter and the importance of anthropogenic impact result in the reduction of ecological niches and the proliferation of thermophilic and pollutant-resistant species.

The AFC performed crossing 8 stations, 13 taxa and 19 parameters allowed to identify 3 groups:

- High elevation stand associated with coarse substrate, high slope, high cover and good oxygenation of water.
- Low-elevation stand composed of thermophilic and potamophilic species, mostly bound to fine substrate rich in organic matter and higher water temperature.
- The settlement of mid-mountain and piedmont stations whose water is subject to chemical and bacteriological contamination

**Keywords:** Assif Hallil. Oued Boubhir (s.s). Trichoptera. Water quality.