

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



Mémoire de fin d'étude
En vue de l'obtention du diplôme de
Master

En sciences de la Nature et de la vie
Filière : Ecologie & Environnement
Spécialité : Ecologie Animale

Thème :

**Biodiversité et répartition des Ephéméroptères
de l'Assif Ouadhias (Tizi-Ouzou) en relation
avec les paramètres mésologiques, physico-
chimiques et bactériologiques**

Réalisé par :

M^{lle}. IDREMOUCHE Meriem.

Mr. OUKIL Farid.

Soutenu devant le jury:

Président : Mme TALBI-KHAMMES N.

MAA à l'UMMTO

Promotrice : Mme SEKHI S.

MCB à l'UMMTO

Co-promotrice : Mme KECHEMIR L-H.

Doctorante à l'UMMTO

Examinatrice : Mme HAOUCHINE S.

MAA à l'UMMTO

Invité : Mr. HADDADI N.

Ingénieur au laboratoire SEAAL

Promotion 2023-2024



Avant tout, nous exprimons nos remerciements envers Dieu tout-puissant pour nous avoir accordé la force, la patience, la volonté et le courage nécessaires pour mener à bien ce modeste travail.

Il est convenable, en de telles circonstances d'adresser nos remerciements au-delà d'une simple tradition à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Nos sincères remerciements s'adressent à notre promotrice madame SEKHI S., Maître de conférence à l'université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou pour avoir accepté de nous encadrer, pour ses encouragements, ses conseils et son soutien durant la période de la réalisation de notre travail.

Nos sincères remerciements à Monsieur LOUNACI A., Professeur à l'UMMTO de nous avoir accueillis dans son laboratoire, pour son aide et ses encouragements.

Nos remerciements vont aussi à notre Co-promotrice Mme KEHEMIR L-H, Doctorante à L'UMMTO pour sa disponibilité, son aide ainsi que ses encouragements durant notre travail.

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

- Mme TALBI-KHAMMES N. Maître-Assistant à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou d'avoir accepté de présider le jury.*
- Mme HAOUCHINE S. Maître-Assistant à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou d'avoir consacré son précieux temps afin d'examiner ce modeste travail.*

Nos sincères remerciements vont à Mr. BAIKECHE I. Docteur à l'UMMTO pour sa disponibilité, son aide ainsi que ses encouragements durant notre travail.

Nos sincères et profonds remerciements s'adressent à Monsieur HADDADI N., Ingénieur au laboratoire de la station de traitement des eaux du barrage de Taksebt qui nous a dirigé tout au long de notre stage pratique, son soutien et surtout pour sa disponibilité.

Nous exprimons notre profonde gratitude à Madame CHIKHI A., responsable du laboratoire de la station de traitement des eaux du barrage de Taksebt pour son accueil, sa serviabilité et ses encouragements.



Avec l'aide d'ALLAH

En toute modestie et en toute reconnaissance, je dédie tous mes efforts traduits dans ce mémoire

A mes chers parents,

Mais aucune dédicace ne serait témoin de mon profond amour, mon immense gratitude et mon plus grand respect, pour toutes leur bienveillance et leur tendresse et l'amour dévoué qui n'ont jamais cessé de m'encourager et de guider mes pas vers un avenir sûr.

Mon très cher et unique frère pour son soutien constant et sa compréhension, même lorsque mes études me demandaient beaucoup de temps et d'efforts. Ta patience et ton amour sont inestimables.

A tous mes amis, et à tous ceux que j'aime et à toutes personnes qui m'ont prodigué des encouragements, C'est avec émotion que je leur exprime toute mon affection.

A ma cher promotrice et Co-promotrice pour leurs guides et leur suivi ainsi leurs conseils durant cette année.

A monsieur HADDADI, l'ingénieure su SEAAL pour ses conseils et ses orientations tout au long de ce travail, a madame CHIKHI la chef de service du SEAAL d'avoir nous accueil dans laboratoire.

A mon binôme avec qui J'ai passé cette merveilleuse année inoubliable.

Ce mémoire est le fruit de mes efforts, mais il est aussi le reflet de l'amour de ma famille et du soutien de l'amitié qui m'entourent.

MERIEM.



Au nom du Dieu le clément le miséricordieux

Je dédie ce vaste travail en premier lieu à mes chers parents HAMDANI ALDJIA et OUKIL CHABANE, sans vous, je ne serais pas arrivé là où je suis aujourd'hui. Je m'adresse à vous dans mes plus hautes expressions d'appréciation et de gratitude, qui n'étaient pas et ne seront pas suffisantes. Je vous aime à l'infini.

À mes deux sœurs ZAHIA et FAHIMA, les fleurs de ma vie. Je n'oublierai jamais votre position à mes côtés et votre préoccupation constante pour moi, je vous aime pour toujours.

À mes deux frères HOCINE et RACHID qui m'ont épaulé tout au long de mes études et qui ont toujours été là pour moi. Sans eux, je n'arriverais jamais à me tenir debout aux moments les plus difficiles. Grâce à vous que j'ai pu réussir à réaliser ce mémoire.

À mes meilleurs amis ALI, CELIA et KHADIDJA qui ont toujours été à mes côtés par leurs conseils, encouragements et me redonne l'espoir pour m'inspirer la volonté d'avancer encore, que Dieu vous protège.

À tous mes amis de loin ou de près, que Dieu vous garde.

À ma binôme Meriem, Merci pour ton soutien moral, ta patience et ta compréhension tout au long de ce projet.

À toute la promotion Écologie animale.

Farid.

SOMMAIRE

Listes des abreviations

Listes figures et des tableaux

Introduction 1

Chapitre I : Généralités sur les Ephéméroptères

1. Généralités sur les Ephéméroptères	3
2. Classification	3
3. Description	4
3.1. L'œuf.....	4
3.2. La larve.....	4
3.2.1. La tête.....	5
3.2.2. Le thorax	6
3.2.3. L'abdomen	6
3.3. La nymphe	7
3.4. L'adulte (la subimago et l'imago)	7
3.4.1. La tête.....	7
3.4.2. Le thorax	8
3.4.3. L'abdomen	8
3.5. Données biologiques	9
3.6. Éthologie, écologie	9
3.7. La reproduction (maturation des imagos)	9
3.8. Cycle de vie	10

Chapitre II : Sites d'étude

1. Situation géographique de la région d'étude	12
2. Cadre géologique de la région d'étude	12
3. Climatologie	14
3.1. Précipitations.....	14
3.1.1. Précipitations mensuelles	15
3.2. Température de l'air.....	15
4. Description des cours d'eau et des stations d'étude	16
4.1. Assif Tamdha	17
4.2. Assif Aghalladh.....	18
4.3. Assif Ouadhias	20
5. Caractéristique physique des stations	21
5.1. Vitesse du courant	21
5.2. Le débit et l'écoulement de l'eau	22
5.3. La température de l'eau.....	22

5.4. Le substrat	23
5.5. La végétation	24
5.6. Les perturbations anthropiques	24

Chapitre III : Matériels et méthodes d'étude

1. Matériels et méthodes d'échantillonnage biologique	26
1.1. Prélèvement des échantillons benthiques	26
1.2. Chasse d'adultes	26
1.3. Conservation des échantillons benthiques	26
1.4. Lavage, tri et détermination	27
2. Indices écologiques de composition et de structure des peuplements.....	27
2.1. Richesse spécifique	27
2.2. Abondance relative	27
2.3. Occurrence relative.....	28
2.4. Indice de diversité de Shannon.....	28
2.5. Indice d'équitabilité de Pielou	28
3. Traitement statistique des données.....	29
3.1. Classification ascendante hiérarchique (CAH)	29
3.2. Analyse en composantes principales (ACP)	29
3.3. Analyse factorielle des correspondances (AFC)	29
3.4. Logiciel de calcul	30
4. Matériels et méthodes d'analyse physico-chimique	30
4.1. Echantillonnage de l'eau	30
4.2. Matériels utilisés	30
4.3. Paramètre physico-chimiques	31
4.3.1. Paramètre organoleptique	31
4.3.1.1. Couleur	31
4.3.2. Paramètres de table.....	31
4.3.2.1. Turbidité (Transparence).....	31
4.3.2.2. Potentiel hydrogène (pH)	31
4.3.2.3. Conductivité électrique.....	31
4.3.2.4. Oxygène dissous.....	32
4.3.2.5. Résidus secs.....	32
4.3.4. Paramètres de pollutions	32
4.3.4.1. Ammonium (NH_4^+)	32
4.3.4.2. Nitrates (NO_3^-)	32
4.3.4.3. Nitrites (NO_2^-)	33
4.3.4.4. Orthophosphates (PO_4^{3-})	33
4.3.4.5. Matières Organiques	34
5. Matériels et méthodes d'analyse bactériologique.....	34
5.1. Streptocoques fécaux	35

5.2. Coliformes totaux	35
5.3. Escherichia-coli	35

Chapitre IV : Résultats et discussions

1. Paramètres mésologiques	36
1.1. La pente	36
1.2. La température de l'eau	36
1.3. L'écoulement et la vitesse du courant.....	37
1.4. Le substrat	37
2. Résultats de l'analyse des paramètres physico-chimiques.....	38
2.1. Paramètre organoleptique.....	38
2.1.1. La Couleur.....	38
2.2. Paramètres physico-chimiques	39
2.2.1. La turbidité	39
2.2.2. Le pH.....	40
2.2.3. La Conductivité électrique	40
2.2.4. L'oxygène dissous	41
2.2.5. La matière organique.....	42
2.2.6. Les résidus secs	42
2.3. Paramètres de pollutions	43
2.3.1. Les Orthophosphates	43
2.3.2. L'ammonium, les Nitrites et les Nitrates.....	43
3. Résultats d'analyse des paramètres bactériologiques	44
3.1. Escherichia coli	45
3.2. Coliformes totaux	45
3.3. Streptocoques fécaux.....	45
4. Résultats faunistiques Analyse globale du peuplement Ephéméroptérologique	46
4.1. Abondance stationnelle	48
4.2. Richesse spécifique	48
4.3. Abondance et occurrence relative des espèces.....	49
4.4. Répartition longitudinale des éphéméroptères	51
4.5. Indices de diversité de Shannon et Equitabilité.....	52
5. Structure mésologique	53
6. Assemblage des espèces en fonction des différents paramètres	55
7. Discussion	56
Conclusion.....	58

Références bibliographiques

Annexes

Liste des abréviations

O1: Ath Oulhadj

O2: Ath El-Kaid

O3: Ath Reggane

O4: Ath Amara

O5: Agouni Gueghrane

O6: Assif Ouadhias

O7: Thakhoukth

A.N.R.H : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques

O.N.M : Office National Météorologique

SEAAL : Société des eaux et de l'assainissement d'Alger

JORADP : Journal Officiel de la République Algérienne

µs/cm : MicroSiemens/cm

UFC : Unité Formant des Colonies

Listes des figures

Figure 1 : Œuf d'un Ephéméroptère.....	4
Figure 2 : Larve d'Ephéméroptère en face dorsale (<i>Afroptiloides delphinae</i>)	5
Figure 3 : Pièces buccales des Ephéméroptères (<i>Afroptiloides spinosum</i>)	6
Figure 4 : Tête d'Ephéméroptère en vue latérale (<i>Rheoptilum arni</i>).....	7
Figure 5 : Ailes antérieure et postérieure d'Ephéméroptère adulte (<i>Rheoptilum arni</i>).....	8
Figure 6 : Cycle de vie d'un Ephéméroptère.....	11
Figure 7 : Situation géographique de la région d'étude	12
Figure 8 : Les grandes unités morpho-structurales de la Grande Kabylie	13
Figure 9 : Moyennes mensuelles des précipitations enregistrées à la station d'Ath Djemâa (période 2008-2018).....	15
Figure 10 : Température moyenne mensuelle de l'aire (période 2010-2020).....	15
Figure 11 : Cours d'eau étudiée et l'emplacement des stations	16
Figure 12: Station Ath Oulhadj	17
Figure 13: Station Ath El-Kaid	18
Figure 14: Station Ath Reggane	18
Figure 15: Station Ath Amara	19
Figure 16 : Station Agouni Gueghrane	19
Figure 17 : Station Assif Ouadhias	20
Figure 18 : Station Thakhoukhth.....	21
Figure 19 : Variations de la couleur de l'eau des stations étudiées	39
Figure 20 : Variations de la turbidité de l'eau des stations étudiées	39

Figure 21 : Variations de pH des stations étudiées	40
Figure 22 : Variations de la conductivité des stations étudiées.....	41
Figure 23 : L'oxygène dissous dans les stations étudiées	41
Figure 24: Les variations de la matière organique des stations étudiées	42
Figure 25: Variations de résidu sec des stations étudiées	43
Figure 26: Variations de l'Orthophosphate dans les stations étudiées.....	43
Figure 27 : Variations de l'Ammonium, Nitrate et Nitrite dans les stations étudiées.....	44
Figure 28 : Représentation du nombre de genres et d'espèces par familles des Ephéméroptères récoltés	46
Figure 29 : Abondance stationnelle des Ephéméroptères dans les stations d'étude	48
Figure 30 : Richesse spécifique des Ephéméroptères des stations d'étude.....	49
Figure 31 : Abondance relative (%) des Ephéméroptères recensés	50
Figure 32 : Occurrence relative (%) des Ephéméroptères recensés	50
Figure 33 : Evolution des indices de SHANNON et d'équitabilité dans les stations	53
Figure 34 : Dendrogramme de la distribution des stations.....	54
Figure 35 : Distribution spatiale des stations d'étude dans le plan factoriel F1-F2	55
Figure 36 : Distribution des noyaux d'affinité des espèces, stations et paramètres dans le plan F1-F2	56

Listes des tableaux

Tableau 1 : Altitudes et pentes des stations étudiées	36
Tableau 2 : Températures ponctuelles de l'eau enregistrées aux stations étudiées.....	36
Tableau 3 : La vitesse d'écoulement (cm/s) des stations étudiées	37
Tableau 4 : Nature des substrats dans les stations étudiées	37
Tableau 5 : Les résultats d'analyses physico-chimiques des stations étudiées.....	38
Tableau 6 : Les résultats d'analyses bactériologiques des stations étudiées.....	45
Tableau 7 : Nombre de genres et d'espèces des Ephéméroptères récoltés	46
Tableau 8 : Répartition des Ephéméroptères dans les stations étudiées	47
Tableau 9 : Limites altitudinales des Ephéméroptères recensés	52
Tableau 10 : Caractéristiques mésologiques des stations étudiées	53

Introduction

L'eau constitue une des ressources les plus précieuses disponible sur notre planète, essentielle à la survie des écosystèmes et des sociétés humaines (GROSCLAUDE, 1999).

Aujourd'hui, l'eau devient de plus en plus rare, même si elle couvre 72 % de la surface de la Terre. En réalité, seulement 2,5 % de cette eau est potable. La demande de cette ressource continue d'augmenter, mais malheureusement les différentes activités humaines modifient les réseaux hydrographiques partout dans le monde (EVERARD & POWELL, 2002), et ce qui dégrade aussi la qualité de l'eau.

Les cours d'eau sont parmi les écosystèmes les plus complexes et dynamiques (DYNESIUS & NILSSON, 1994). Ils sont indispensables pour préserver la biodiversité, pour le bon fonctionnement des organismes et pour le cycle de la matière organique. Les activités humaines ont plus ou moins altéré les réseaux hydrographiques du monde entier (EVERARD & POWELL, 2002).

Effectivement, l'évolution de la forme des cours d'eau, leur utilisation et leurs caractéristiques physico-chimiques auront des répercussions sur la quantité et la qualité de l'eau. La destruction des habitats et leur fragmentation peuvent engendrer des conséquences sur les espèces aquatiques.

Parmi les communautés biologiques, les communautés de macro-invertébrés benthiques sont les plus utilisées pour évaluer l'état de santé global des écosystèmes aquatiques (HELLAWELL, 1986 ; BARBOUR et *al.*, 1999). Ils constituent les organismes les plus performants et les plus utilisés pour réaliser un Eco-diagnostic des milieux aquatiques (BEBBA, 2017).

Les Ephéméroptères se caractérisent par leur grande valeur bio indicative vis-à-vis des nuisances subies par les cours d'eau, du fait que ce groupe contient une forte proportion d'espèces ayant des exigences écologiques strictes (ALBA-TERCEDOR & PICAZO-MUÑOZ, 1995 ; EL ALAMI, 2002).

Parmi les travaux aussi nombreux que variés qui s'y rapportent aux cours d'eau de Kabylie dans les domaines relatifs à l'écologie et à la faunistique des macro-invertébrés en général, citons ceux de LOUNACI, (1987) ; AIT MOULOUD (1988) ; LOUNACI-DAOUDI (1996) ; LOUNACI et *al.* (2000a, b) ; MEBARKI (2001, 2017) ; HAOUCHINE (2011), CHERIFI & LAICHE (2017) ; ATMANI & MOUSSAOUI (2018) ; LAMINE (2021) et SI TAYAB (2021).

Ce travail vise à inventorier et à dresser la liste faunistique des Ephéméroptères du réseau hydrographique de l'Assif Ouadhias, de vérifier en parallèle l'état de santé physico-chimique et bactériologique de cet hydrosystème et enfin, 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 Ephéméroptères : 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 à la présentation des matériels et méthodes utilisés pour la réalisation de cette étude ;
- Le quatrième chapitre, présente les différents résultats obtenus ainsi que leurs discussions.

Chapitre I
Généralités sur les
Ephéméroptères

1. Généralités sur les Ephéméroptères

Le nom Ephéméroptères vient du grec « ephēmeros » qui veut dire ‘ le temps d’une journée ’ et « ptera » voulant dire ‘ avec des ailes ’.

Depuis le carbonifère les Ephéméroptères sont apparus, il y a environ 120 million d’années (ELOUARD et *al.*, 2001). L’ordre des Ephéméroptères sont également des insectes macro-invertébrés qui se présentent dans les eaux lotiques, leurs larves sont aquatiques et les adultes aériens dont le nom est dérivé de leur courte durée de vie (THOMAS, 1981). Il existe plus de 3000 espèces dans le monde (ELOUARD et *al.*, 2001 ; GATTOLLIAT et *al.*, 2015)

Les Ephéméroptères sont souvent utilisés comme des indicateurs de la qualité de l’eau en raison de leur sensibilité à la pollution et de leur ubiquité dans les écosystèmes aquatiques (WARD et *al.*, 2002). En effet, ce groupe contient une forte proportion d’espèces ayant des exigences écologiques strictes (ALBA-TERCEDOR & PICAZO-MUÑOZ, 1995 ; EL ALAMI, 2002).

2. Classification

Selon ELOUARD (2001), les Ephéméroptères sont des insectes à l’ordre primitifs parmi les insectes ailés. Ces derniers sont hémimétaboles (pterygote, hétérométaboles) à métamorphoses incomplète (GEDRIC & GAËLLE, 1999 ; EL ALAMI, 2002 ; BRULIN, 2007). Les Ephéméroptères sont les insectes aquatiques les plus anciens, probablement issus d’une forme ancêtre des Thysanoures. Le classement comprend douze familles distinctes : Leptophlebiidae, Potamanthidae, Polymitarcidae, Ephemeridae, Prosopistomatidae, Caenidae, Ephemerellidae, Ameletidae, Baetidae, Siphonuridae, Oligoneuriidae, Heptageniidae et Isonychiidae.

La position systématique des Ephéméroptères se présente ainsi :

Règne : Animal

Phylum : Invertébrés

Embranchement : Arthropodes

Sous-Embranchement : Hexapodes

Classe : Insectes

Sous-Classe : Ptérygotes

Ordre : Ephéméroptères

Les larves d’Ephéméroptères peuvent être classées en cinq grandes classes selon leur apparence et leur mode de déplacement. Ainsi que les types de biotopes qu’elles colonisent (STUDMANN et *al.*, 1992). On distingue :

- ✚ **Type nageur :** Se rencontrent dans les eaux limniques. Les larves présentent un corps allongé et hydrodynamique se terminant par trois filaments caudaux (Baetidae à l’exception des genres *Acentrella* et *Baetis*).

- ✚ **Type agrippeur** : rassemble principalement les espèces rhéophiles qui se rencontrent dans les eaux à courant vif et les torrents. Dans ces conditions, les larves restent en contact avec le substrat en s'y accrochant étroitement. Comme le genre *Rhithrogena*.
- ✚ **Type rampant** : appartiennent à ce groupe les larves dites mauvaises nageuses. Elles rampent généralement dans les pierres ou les débris du fond pour s'abriter sous ou entre les pierres (Potamanthidae, Leptophlebiidae et Caenidae).
- ✚ **Type grimpeur** : Il renferme aussi des larves de nageuses médiocres (Ephemerellidae). Afin d'échapper aux courants vifs, ces larves s'introduisent dans la végétation aquatique (algues, mousses, macrophytes).
- ✚ **Type fouisseur** : il est noté chez les larves qui se cachent dans les lits à substrat meuble où elles creusent des galeries qui leur servent de refuges (Caenidae, Ephemeridae).

3. Description

3.1.L'œuf

Selon GATTOLIAT (2002), les œufs d'Ephémères ont une forme ronde ou ovale (figure 1). Elles possèdent une taille très petite de 0,2 mm x 0,1 mm, mais chez certaines espèces, la taille de l'œuf peut être 0,4 mm ou plus.

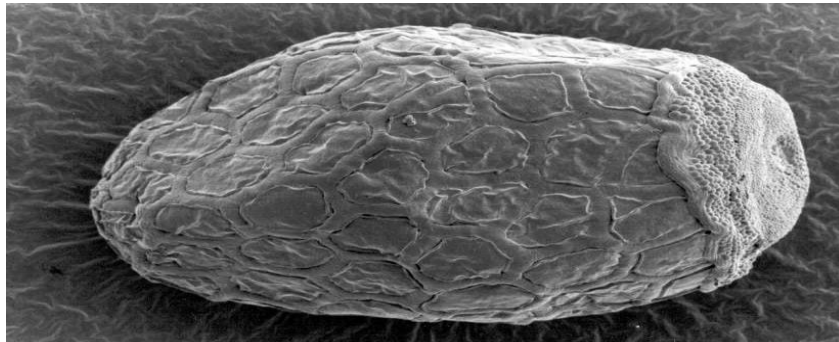


Figure 1 : Œuf d'un Ephéméroptère (GATTOLIAT, 2002)

3.2.La larve

Chez les larves d'Ephéméroptères, trois parties sont distinguées : la tête, le thorax et l'abdomen avec leurs appendices respectifs (figure 2). La forme générale de la larve peut être cylindrique ou aplatie (GATTOLIAT, 2002).

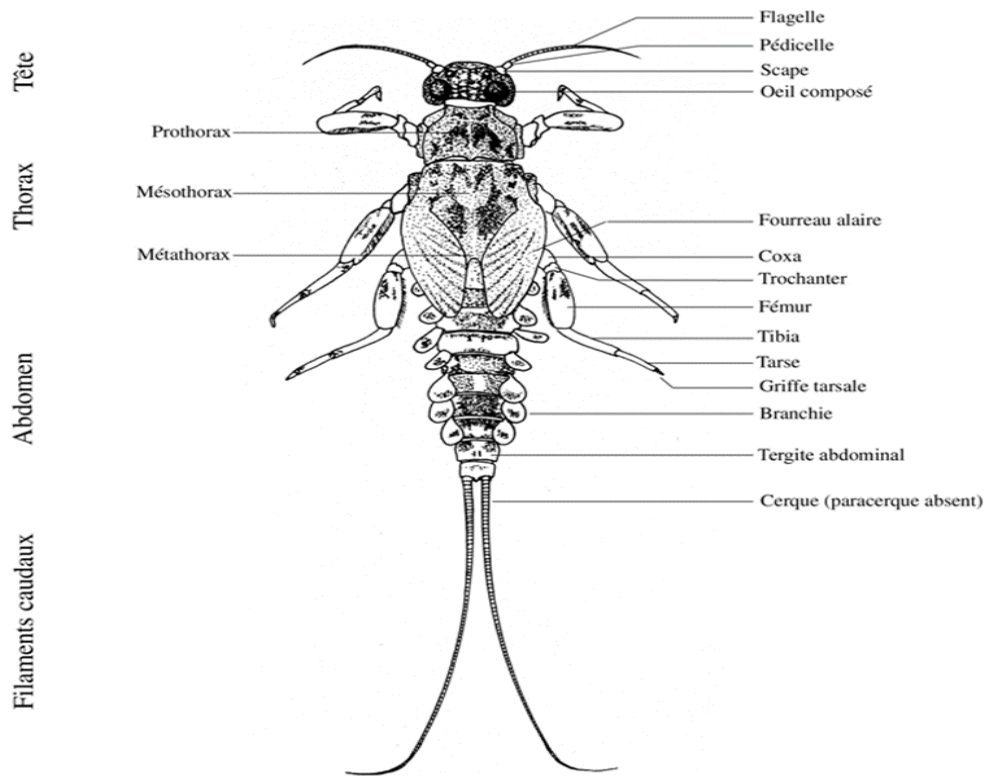


Figure 2 : Larve d'Ephéméroptère en face dorsale (*Aproptiloides delphinae*, GATTOLLIAT, 2000)

3.2.1. La tête

Il existe deux grands yeux positionnés dorsalement ou latéralement avec une taille qui distingue généralement les mâles et les femelles, les mâles ayant des yeux plutôt grands que les femelles. Nous avons également trois petites taches oculaires entre les yeux (ocelles) : une au milieu et deux sur les côtés. Les longueurs d'antenne varient considérablement selon les familles. Ils sont composés de tiges florales, de pédoncules et de flagelles.

La partie buccale se compose de sept parties principales (figure 3). Le labrum ou lèvre supérieure occupe une position frontale de forme rectangulaire, les extrémités distales étant plus ou moins arrondies et peu visibles. Sous les lèvres se trouve la mâchoire inférieure, elles sont asymétriques et incisives sur l'apex externe et Mola sur l'apex interne. La mâchoire supérieure est également symétrique, elle présente des couronnes porteuses de formes différentes (peignes, Brosses ou dents), plusieurs rangées de poils et deux ou trois segments de pulpe plus ou moins décalés vers l'arrière. Au centre de la bouche se trouve un hypopharynx constitué d'une robe antérieure appelée lingua flanquée de deux lobes latéraux appelés Superlingua rendant cet embout buccal moins durci. Le labium ou lèvre inférieure est constitué d'un menton qui porte la glossa et la paraglossa. Ces quatre parties peuvent soit fusionner davantage.

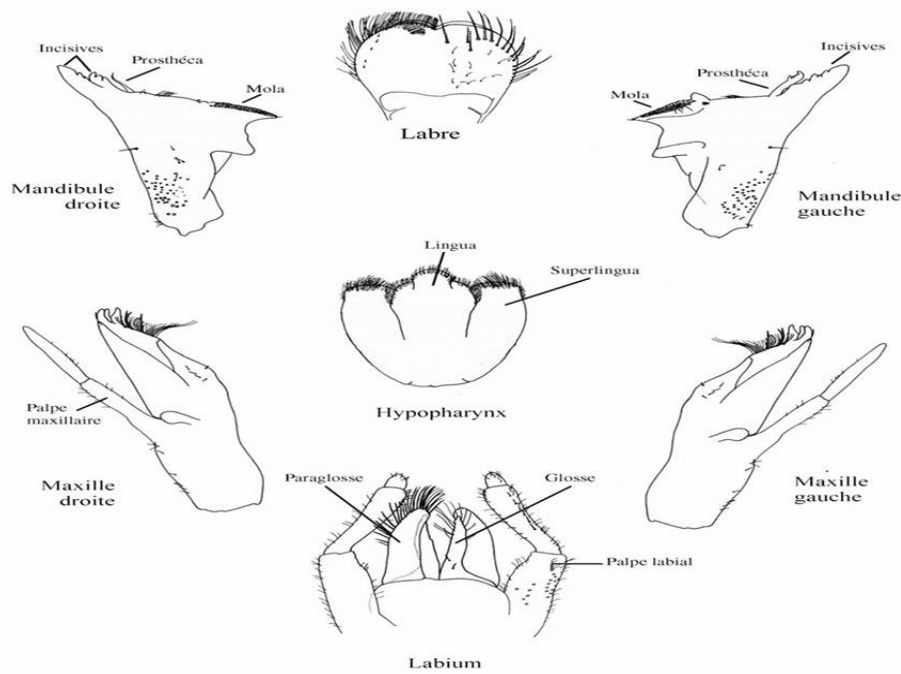


Figure 3 : Pièces buccales des Ephemeroptères (*Afroptiloides spinosum*, GATTOLIAT, 2000)

3.2.2. Le thorax

Le thorax est constitué de trois parties : le prothorax qui est situé derrière la tête, correspond au premier segment qui porte sauf une paire de pattes. Ainsi, le deuxième segment qui correspond au mésothorax qui est localisé entre prothorax et métathorax, cette partie est importante du corps porte une paire de patte et des ailes postérieures plus grande. Le dernier segment le métathorax porte une paire de patte et une paire d'aile antérieure plus petites que les ailes postérieures du mésothorax. Chez certaines espèces, la seconde paire d'ailes peut être vestigiale ou complètement régressée. Les pattes sont formées de cinq articles : la coxa, le trochanter, le fémur, le tibia et le tarse. Les tarses sont totalement fusionnés et munis d'une seule griffe (GATTOLIAT, 2002).

3.2.3. L'abdomen

L'abdomen est composé de dix sections (segments). Chaque segment possède une plaque dorsale appelée tergite postérieure et une plaque abdominale également appelée sternite. La dixième plaque abdominale (sternite) étant réduite à deux petites plaques rectangulaires appelées paraproctea. Le deuxième tergite présente deux cerques longs et un paracerbe qui peut se réduire à un seul second segment. Initialement, les branches trachéales sont situées en 1 à 7 segments, mais de nombreuses souches présentent une réduction de leur nombre. Leur position est généralement latérale. Chez certains taxons, ils sont repliés sur les tergites ou occupent des positions ventrales. La forme de la branche trachéale présente de nombreuses variations : une ou deux lamelles étagées, plus ou moins fragmentées, ramifiées aux extrémités avec des bords bordés. Le type d'espèce le plus ancien peut correspondre à une seule lamelle solide. La forme de trachéobronchie joue un rôle taxonomique important.

La morphologie générale des larves varie grandement d'une famille à l'autre. Il existe des signes évidents qui le rendent reconnaissable ; présence de trois filaments caudaux (paracelcus peut parfois être réduit à 1 segment), de trachéobronches abdominales, de simples griffes tarsiennes et d'un mésothorax beaucoup plus développé que le thorax postérieur (DEMOULIN, 1981).

3.3. La nymphe

D'après SARTORI & BRITAIN (2015), les nymphes des Ephemeroptères ont une forme et une structure extrêmement diverses, reflétant leurs habitats, leur locomotion et leur comportement alimentaire très diversifiés. Chez certaines familles sont aplaties dorso-ventralement (Heptageniidae) et vivent sous les pierres et les galets dans les courants des cours d'eau (clingers), certains d'autres sont pisciforme (Baetidae, Siphonuroidae) et nagent activement dans les eaux lenticules ou lotiques, et certains présentent une morphologie très transformée comme les habitats des sables (Behningiidae).

3.4. L'adulte (la subimago et l'imago)

Selon GATTOLIAT (2002), les adultes composent d'une forme allongée, facile à identifier par leurs ailes transparentes maintenues verticalement à leurs deux ou trois longs filaments caudaux. Le corps de l'adulte comme le corps de la larve qui est divisé en trois parties : la tête, le thorax et l'abdomen.

3.4.1. La tête

La tête de l'adulte est petite et rectangulaire (figure 4) avec deux yeux composés de chaque côté de la tête. Chez les mâles, les yeux sont nettement plus grands et plus colorés que les femelles (cas des Baetidae, les Leptophlebiidae et les Ephemerllidae). Les pièces buccales sont vestigiales et non fonctionnelles (GATTOLIAT, 2002).

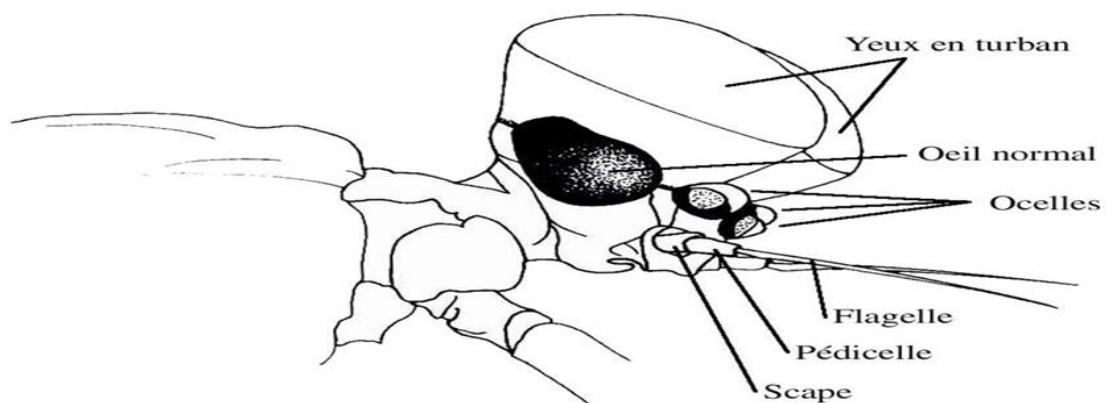


Figure 4 : Tête d'Ephemeroptère en vue latérale (*Rheoptilum arni*, GATTOLLIAT, 2001)

3.4.2. Le thorax

Comme pour les larves, le thorax est divisé en trois parties (figure 5), le mésothorax est clairement plus développé que le pro- ou le métathorax. Les trois paires de pattes sont constituées d'une hanche issue de la région pleuro-sternale, d'un trochanter court, d'un fémur ainsi que d'un tibia et un tarse constitué de 4 ou 5 montants. Le dernier segment des torses également appelée transtarse, portent deux griffes. De nombreuses lignées présentent une fusion et une réduction des torses, les tibias et torses peuvent également se fusionner.

Chez les mâles, les pattes prothoraciques sont généralement de taille très grande. Les ailes sont vraiment inégales (figure 5) : la deuxième paire est diminuée (voir absente) et ne dépasse, chez les espèces actuelles, la moitié de la première paire. La nervure alaire des éphémères est complète : les nervures longitudinales sont alternativement concaves et convexes (positives et négatives). Elle est donc pliée en éventail à l'intérieur du fourreau alaire. Les nervures transverses sont plus ou moins abondantes suivant la lignée évolutive (GATTOLIAT, 2002).

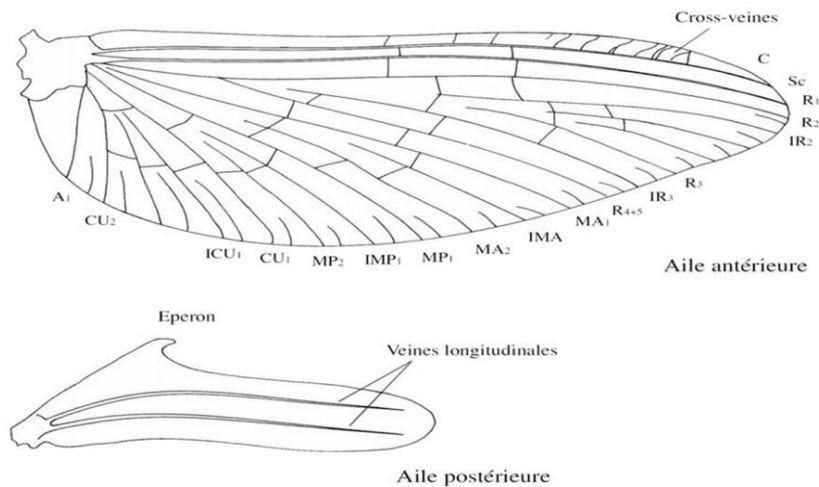


Figure 5 : Ailes antérieure et postérieure d'Ephéméroptère adulte (*Rheoptilum arni*, GATTOLIAT, 2001)

3.4.3. L'abdomen

Il est formé de dix segments, les neuf premiers présentent de grandes similitudes et sont constituées d'un tergite et d'un sternite. Pour le deuxième sternite femelle, il prend la forme d'une plaque sub-anale, tandis que pour le mâle, il se manifeste comme une plaque subgénitale. Dans le cas du mâle, la partie distale dans le neuvième segment a deux forceps nommées gonopodes. Ces structures sont formées de trois à quatre segment plus ou moins fusionné. Sous la plaque sub-génitale inférieure se trouve le lobe du pénien plus ou moins visible et peut être membraneux (comme les Baetidae) ou sclérifié. Par ailleurs, les oviductes aboutissent à une ouverture génitale se situant entre les sternites 7 et 8. Cette ouverture génitale peut être camouflée par la plaque sub-génitale.

L'abdomen se termine par deux ou trois filaments caudaux. Les cerques latéraux sont toujours présents, contrairement au paracerque qui peut être présent, réduit ou absent. La

longueur du paracérque peut être égale voire supérieure à celle des cerques. Le paracérque peut disparaître au cours du passage du stade larvaire au stade adulte, l'inverse ne peut par contre pas se produire. Parfois, ces variations sont liées aux sexes, elles ont toujours une valeur taxonomique.

3.5. Données biologiques

Les Ephéméroptères constituent un groupe très diversifié à la fois sur le plan distribution (eau courante, eau stagnante) et relation avec le substrat (fouisseurs, rampants, prédateurs).

La larve du dernier stade donne naissance à un subimago (subadulte) aérien aux ailes encoures opaques et dont les appendices génitaux ne sont pas pleinement développés, notamment chez les males. Cette émergence présente différents aspects ; elle se fait soit sous l'eau (*Electrogena*) (STUDEMANN et al., 1992), soit à la surface de l'eau (*Baetis* et *Ephemeridae*), ou bien la larve du dernier stade s'agrippe à un support et sort ainsi de l'eau ou elle subira sa mue (*Paraleptophlebia*). La véritable mue imaginale peut survenir dans les minutes qui suivent, mais chez la plupart des espèces le subimago s'accroche à un support et va subir sa mue imaginale dans les 24 ou 48h qui suivent.

3.6. Éthologie, écologie

En général, les adultes restent près de leur eau natale. Certains subimago peuvent s'éloigner quelque peu avant la desquamation imaginale, tandis que d'autres, vivants quelques minutes seulement, s'accouplent et tombent à l'eau pour mourir. Lors d'éclosions massives, les individus peuvent former des couches épaisses sur les berges. Certaines espèces en Afrique centrales sont récoltées pour apporter un supplément de protéines.

Les larves sont présentes dans toutes les eaux, en plus grand nombre dans les eaux courantes bien oxygénés. Elles sont un bon indicateur de pollution, d'autres types de larves creusent les berges des cours d'eau ou s'enterrent dans la boue ou le sable tandis que certains se déplacent. La plupart se trouvent sous les pierres de l'eau. Certains se grimpent sur les plantes immergées. Les larves des Heptageniidae et des Diceromyzinae ont des adaptations particulières.

Généralement, les larves d'Ephémères sont principalement végétariennes, certaines espèces sont microphages, raclant les microorganismes sur la surface des pierres ou les piégeant dans les filtres ciliaires qui garnissent leurs pièces buccales ou leurs pattes. Quelques espèces sont carnivores, reconnaissables à leurs mandibules effilées.

3.7. La reproduction (maturation des imagos)

La ponte chez les adultes présente différents aspects :

- Les femelles laissent tomber les œufs en volant (exemple : *Ephemera*, *Leptophlebia*, *Ecdyonurus*, etc)

- Les femelles lâchent des masses d'œufs à la surface ou dans l'eau. Les masses se désagrègent libérant les œufs comme *Ephemerella*.
- Les femelles pénètrent sous l'eau et collent leurs œufs sur le substrat cas de certains *Baetis*.

Le nombre d'œufs varie de 6000 et plus chez les *Ephemera* et *Epeorus*, environ 1500 à 2000, chez les *Siphonurus* et *Paraleptophlebia*, et 500 à 1000 œufs chez les *Ephoron*. La plupart des éphéméroptères sont ovipares, quelques espèces rares sont ovovivipares (*Cloeon*). Beaucoup d'œufs sont munis de filaments qui facilitent leurs accrochages aux substrats.

La parthénogenèse est rare, elle est connue chez plusieurs espèces de *Baetis* et chez *Ameletus*. Il y a une diapause embryonnaire chez *Baetis vernus* et *Serratella ignita*.

3.8. Cycle de vie

Les Ephéméroptères (Mayflies en anglais) sont si primitifs qu'ils sont le seul insecte encore vivant aujourd'hui qui a deux étapes à la partie adulte de son cycle de vie.

D'après GATTOLIAT (2002), le cycle de développement des Ephémères subissent une métamorphose incomplète, passant par quatre stades de développement : l'œuf, larve appelée aussi nymphe, la subimago et l'imago. Le stade ailé, qui sous le nom de subimaginal, est concerné sauf chez les éphéméroptères.

Les mâles forment un groupe juste au-dessus de l'eau, les femelles s'envolent dans un groupe pour s'accoupler. Après l'accouplement en vol, la femelle tombe sur la surface de l'eau et pond ses œufs. Ils sont souvent mangés par les poissons qui passent alors qu'elle est couchée sur l'eau. Le mâle se dirige vers la terre adjacente afin de mourir.

Les œufs tombent dans la rivière et s'accrochent aux plantes et aux pierres. Ils prennent entre quelques jours et plusieurs semaines pour éclore. Lorsqu'ils se lancent dans des nymphes, ils peuvent passer jusqu'à deux ans au fond de la rivière avant d'arriver à la surface pour émerger comme des mouches adultes.

Le sub-imago se retire sur les plantes et sèche ses ailes. Ensuite, il se jette à nouveau et devient une imago et recommence le cycle. Les éphémères adultes de la *Dolania americana* ne vivent qu'environ 5 minutes avant de se reproduire, de pondre des œufs et de décéder. Lorsqu'elles deviennent adultes, les mouches ne peuvent pas manger car elles ont des parties de la bouche mais elles ne fonctionnent pas et leur système digestif est rempli d'air (figure 6).

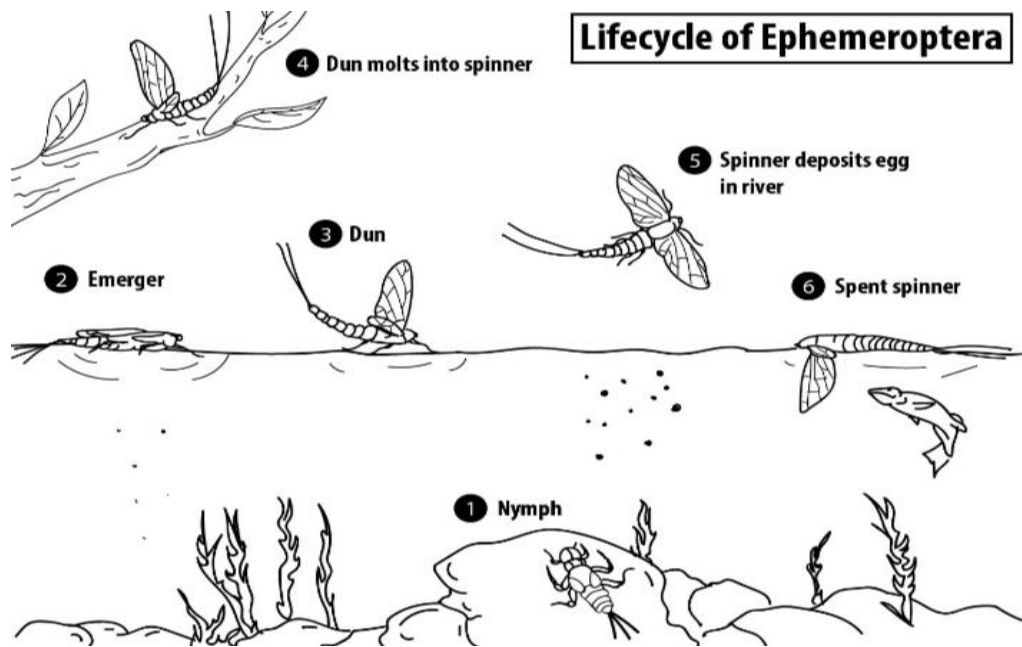


Figure 6 : Cycle de vie d'un Ephemeroptère

Chapitre II

Sites d'étude

1. Situation géographique de la région d'étude

Dans le cadre de ce travail, notre région d'étude est située au centre Nord de l'Algérie, à 100 km à l'Est d'Alger et à moins de 50 km au Sud du littoral méditerranéen. Elle se situe au Sud de la wilaya de Tizi-Ouzou.

L'oued Sébaou, principal cours d'eau de la Kabylie du Djurdjura, s'étale sur une superficie de 2500 km² et d'une longueur de 117 km² (YAKOUB, 2005). Il est délimité (figure 7) :

- Au Nord, la chaîne littorale de la méditerranée ;
- Au Sud, la chaîne calcaire du Djurdjura ;
- A l'Est, par le massif forestier de l'Akfadou ;
- Et à l'Ouest, par le massif cristallophyllien de Sidi Ali Bounab et les piémonts de la rive gauche de la basse vallée du Sébaou.

Le sous bassin versant de l'oued Aissi, l'un des principaux affluents de l'oued Sébaou, draine l'ensemble des écoulements du flanc Nord de la dorsale médiane du Djurdjura, dont le débit est important en raison des écoulements de l'oued Djemaa, de l'assif Larbaa et de l'assif Ouadhia.

Notre intérêt s'est porté sur l'étude du réseau hydrographique de l'assif Ouadhias.

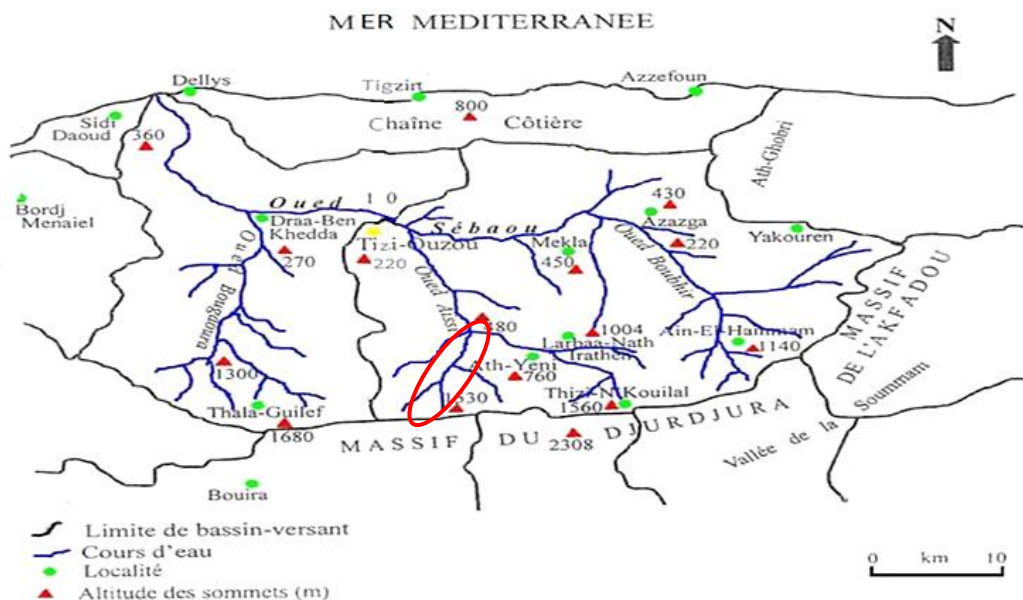


Figure 7 : Situation géographique de la région d'étude

2. Cadre géologique de la région d'étude

L'écoulement de l'eau souterraine est influencé par la géologie des terrains, ce qui entraîne également le ruissellement des surfaces. Dans cette situation, l'analyse géologique d'un bassin versant, dans le cadre d'un projet hydrologique, visent principalement à évaluer la capacité de perméabilité des formations lithologiques. Elle affecte la rapidité de l'augmentation

des crues, leur volume, ainsi que l'aggravation du phénomène d'inondation. (BELAGOUNE, 2012).

Les formations géologiques essentielles qui constituent la Kabylie du Djurdjura sont les suivantes (figure 8) :

➤ **La dorsale calcaire de Djurdjura**

Le Djurdjura joue un rôle essentiel dans la formation d'une vaste unité structurale appelée « chaîne calcaire Kabyle ». La composition de ce massif est constituée de terrains sédimentaires fortement plissés et fracturés, dont l'âge et la nature sont extrêmement variables. Elle encourage la présence du phénomène de karstification qui entraîne fréquemment la formation de sources en altitude et la formation de gouffres importants.

➤ **Le socle kabyle ou métamorphique**

Différentes formations cristallophyliennes le représentent : les orthogénies inférieures, les marbres, les micaschistes, les orthogénies supérieures et les schistes. Selon YAKOUB (1985), le socle Kabyle offre la confluence des eaux de pluies vers les principaux affluents de l'Oued Sébaou en raison de sa topographie.

➤ **Les dépressions sédimentaires**

Elles représentent des vallées étroites au sein des montagnes. Celles des Ouacifs et de Mechtras, creusées au pied du Djurdjura à des altitudes très basses (300 à 400 m), ainsi que la dépression principale du col de Tirourda, qui se maintient à 1956 m, sont les plus importantes.

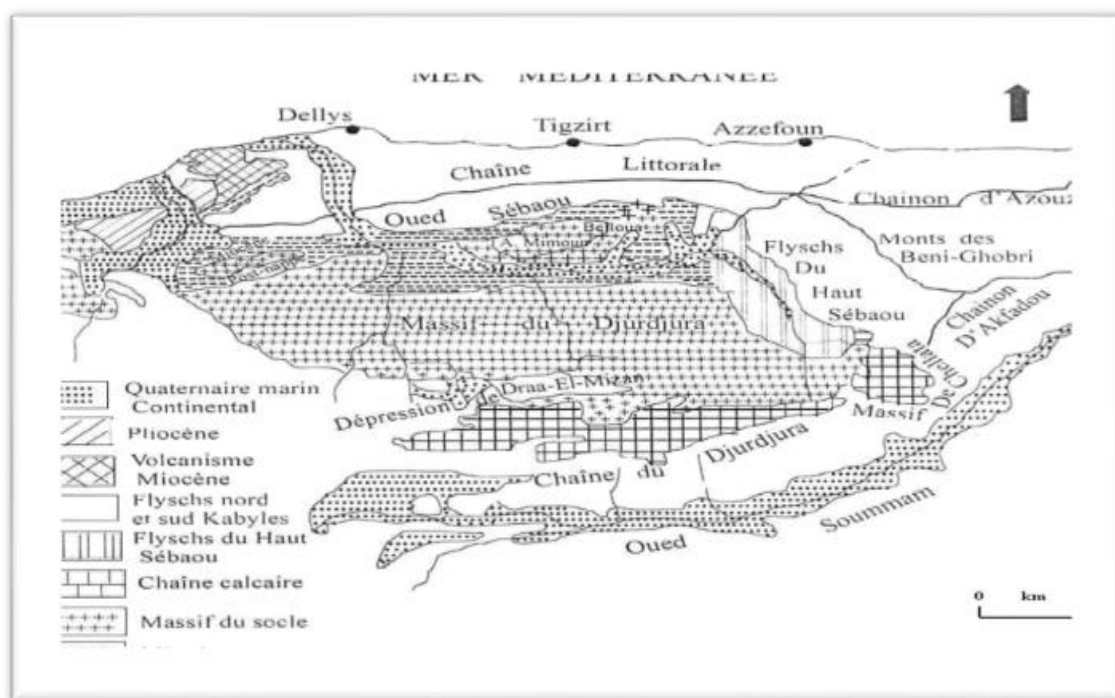


Figure 8 : Les grandes unités morpho-structurales de la Grande Kabylie (FLANDRIN, 1952)

3. Climatologie

Toutes les espèces sont soumises dans le milieu où elles vivent à l'action d'agent climatique très variés qui influencent leur comportement et leur répartition géographique (DAJOZ, 1975).

Le climat algérien est marqué par une influence marine au Nord et par une tendance continentale subdésertique de Sud. Le climat méditerranéen influence la région d'étude qui est située au centre Nord de l'Algérie. Selon MEDDOUR (2010), ce climat est caractérisé par la sécheresse de la saison estivale et des hivers relativement humides et froids avec des précipitations torrentielles avec une grande irrégularité annuelle.

Parmi les régions les plus arrosées, on trouve la Kabylie du Djurdjura. De 1200 mm en amont (Alt > 1000 m) à 800 mm en aval, les précipitations sont variables (SEKHI *et al.*, 2016).

3.1. Précipitations

La pluviométrie constitue un facteur écologique d'importance fondamentale. Son caractère est d'être inégalement réparti d'une région à une autre et d'une saison à une autre. Les précipitations sont abondantes à l'automne, à l'hiver et au printemps, l'été est généralement sec. Il s'agit d'ailleurs d'une particularité du climat méditerranéen.

Les facteurs géographiques tels que l'altitude, la latitude, la longitude et l'exposition ont un impact sur la pluviométrie en Algérie (SELTZER, 1946 ; QUEZEL, 1957 ; CHAQUMONT & PAQUN, 1971 ; LOUNACI, 2005). La pluviométrie augmente effectivement avec l'altitude, mais elle est encore plus importante sur le versant exposé aux vents humides. On la voit aussi s'accroître d'Ouest en Est et diminuer au fur et à mesure que l'on s'éloigne du littoral vers le Sud.

L'altitude (2308 m) du massif montagneux du Djurdjura, ainsi que sa proximité relative à la mer (45 à 50 km) et son orientation Est-Ouest, lui permettent de recevoir en hiver la pluie la plus importante, dont une partie tombera sous forme de neige (à partir de 700-800m d'altitude). Cela constitue un avantage hydrologique majeur pour l'alimentation de l'oued Sébaou et de ses affluents. Ainsi, la Kabylie centrale peut être considérée comme l'une des régions les plus arrosées en Algérie.

Pour caractériser du point de vue climatique notre région d'étude, et devant les contraintes rencontrées pour l'acquisition des données récentes, nous avons utilisé les données pluviométriques de l'A.N.R.H (annexe 1) disponibles pour la station Ath Djemaa pour la période 2008-2018 (AIT MALEK & BESSAH, 2020). Pour la température de l'air, nous nous sommes référés aux données de l'O.N.M (annexe 2) de la station de Tizi-Ouzou pour la période 2010-2020 (SADI OUFELLA & SAIDANI, 2023).

3.1.1. Précipitations mensuelles

La lecture de la figure 9 montre que les précipitations les plus importantes sont observées d'octobre à mai, avec un maximum en novembre (124,34 mm) et janvier (137,16 mm), à l'exception du mois de décembre qui enregistre une légère baisse d'environ 97 mm. On observe ensuite une baisse graduelle de ces précipitations qui atteignent environ 1,54 mm en juillet et reprennent en septembre.

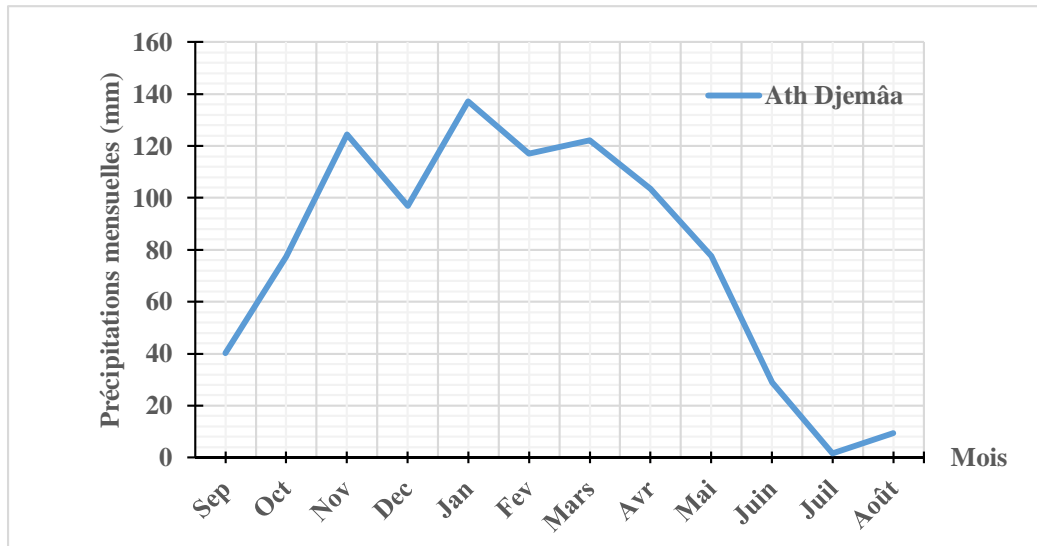


Figure 9 : Moyennes mensuelles des précipitations (mm) enregistrées à la station d'Ath Djemâa (période 2008-2018)

3.2. Température de l'air

L'influence de la température atmosphérique joue un rôle crucial dans l'analyse hydro-climatique d'une région et dans la création du bilan hydrologique. Selon DAJOZ (1979), elle exerce un contrôle sur toutes les activités en influençant la distribution des espèces animales et végétales. Selon RAMADE (1984), elle est perçue comme un élément limitant car elle règle tous les phénomènes métaboliques et donc influence la répartition de toutes les espèces et communautés d'êtres vivants dans la biosphère (figure 10).

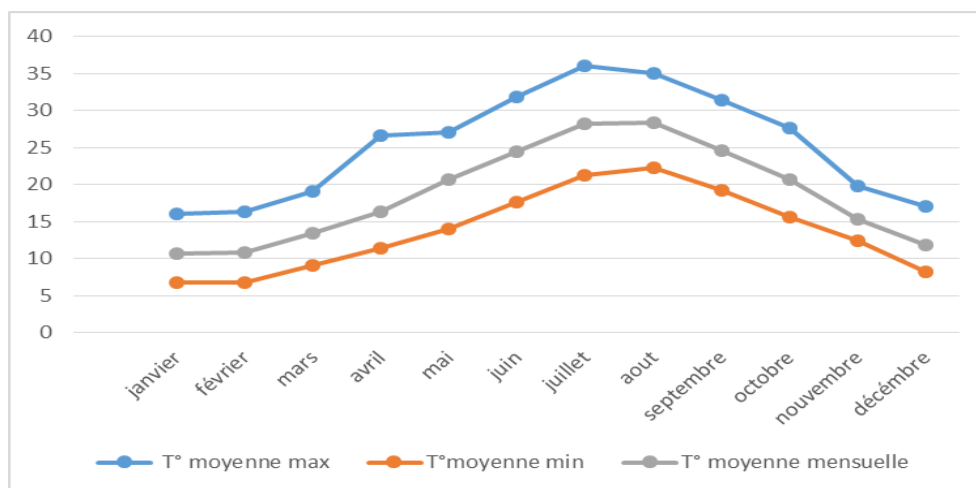


Figure 10 : Température moyenne mensuelle de l'air période (2010-2020)

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

Notre intérêt s'est porté sur assif Ouadhias, l'un des trois principaux affluents de l'oued Aissi, il coule en orientation Sud-Nord sur une distance de 20 km. Il reçoit l'ensemble des affluents provenant des sous-bassins versants assif Larbâa, assif El Djemâa et assif Ouadhias. Ce dernier collecte l'ensemble des écoulements en provenance de la dorsale médiane du Djurdjura depuis Azrou n'Chriaa (Alt : 1289m) jusqu'à Thakhoukht (Alt : 200m). Il résulte de la confluence des oueds « Ath Bouaddou » et « Agouni Gueghrane » au lieu-dit « Thamda Erahma ».

Après prospection, sept stations ont été sélectionnées le long du réseau hydrographique étudié (figure 11). Ces stations sont choisies en fonction de plusieurs critères : l'altitude, la distance à la source, la pente, la nature du substrat, l'amont et l'aval des agglomérations, et dans une certaine mesure, la régularité de la répartition des stations le long des cours d'eau. L'accessibilité des stations est également un facteur déterminant dans ce choix.



Figure 11 : Cours d'eau étudiée et l'emplacement des stations

Les stations retenues se répartissent comme suit :

- Deux stations sont situées sur Assif Tamdha : O1, O2.
- Trois stations sont situées sur Assif Aghalladh : O3, O4, O5.
- Deux stations sont situées sur Assif Ouadhias (s.s) : O6, O7.

Pour chaque station étudiée, nous indiquons :

- ✓ La localité la plus proche.
- ✓ L'altitude.
- ✓ La pente de la station.
- ✓ La largeur moyenne du cours d'eau.
- ✓ La profondeur moyenne de la lame d'eau.
- ✓ La vitesse du courant.
- ✓ La nature du substrat.
- ✓ Température de l'eau.
- ✓ La végétation.
- ✓ L'influence anthropique lorsqu'il y'en.

4.1. Assif Tamdha

Il se développe dans le Djebel Ath Bouaddou (flanc Nord-Ouest de la dorsale médiane du Djurdjura) à une altitude de 1100 m, à partir des sources et des ruisseaux alimentés par les eaux de pluie et de fonte de neige. Il se jette dans l'assif Ouadhias en direction Sud/Nord-Est sur une distance d'environ 15 km, allant de 1100 m à 380 m d'altitude. Sa pente moyenne est d'environ 5 % et sa largeur peut parfois atteindre 4 mètres. Deux stations sont retenues : O1 et O2.

Station O1 (figure 12)

Elle est localisée à 500 m en amont du village d'Ath Oulhadj qui est situé à environ 18 km au Sud de la ville des Ouadhias.

- Altitude : 850 m ;
- Latitude : 36° 29.902'N ;
- Longitude : 4° 03.878'E ;
- Pente de la station : 10 % ;
- Distance à la source : 2,5 km ;
- Largeur moyenne du lit : 3 ;
- Profondeur moyenne de la lame d'eau : 15 cm.
- Température de l'eau : 12°C.
- Vitesse du courant : 100 cm/s.
- Nature du substrat : dominance de blocs, gros galets, dalle, débris végétaux.
- Végétation aquatique : mousses et algues filamenteuses ;
- Végétation bordante : strates arborée, arbustive et herbacée ;
- Recouvrement : 70% ;
- Action anthropique : baignade.

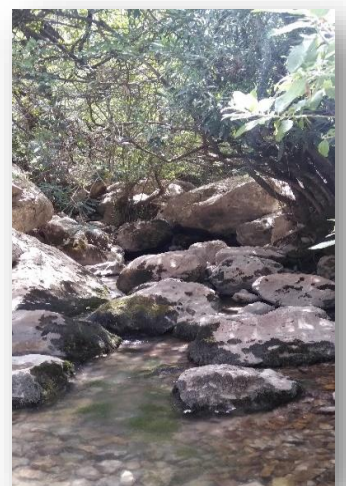


Figure 12 : Station Ath Oulhadj

Station O2 (figure 13)

Cette station est localisée à 300 m en aval du village Ath El-Kaid, à environ 14 km au Sud de la ville des Ouadhias.

- Altitude : 500m ;
- Latitude : 36° 31.160' N ;
- Longitude : 4° 06.104' E ;
- Pente de la station : 8 % ;
- Distance à la source : 7 km ;
- Largeur moyenne du lit : 5 m.
- Profondeur moyenne de la lame d'eau : 25 cm ;
- Température de l'eau : 14°C ;
- Vitesse du courant : 90 cm/s ;
- Nature du substrat : hétérogènes ; blocs, dalles, gros galets, Sable, gravier, limon, matière organique et quelques débris végétaux ;
- Végétation aquatique : algues et mousses ;
- Végétation bordante : strates arborée, arbustive et herbacée ;
- Recouvrement : 10 % ;
- Action anthropique : rejets domestiques et baignade.

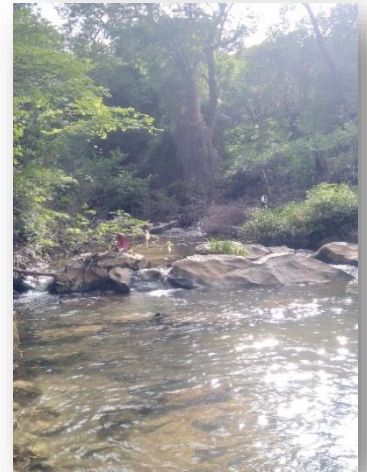


Figure 13: Station Ath El-Kaid

4.2. Assif Aghalladh

C'est un cours d'eau de montagne qui naît à 1250 mètres d'altitude. Il regroupe toutes les eaux provenant du Djebel Agouni Gueghrane. Avec une pente d'environ 6 %, il coule en direction Sud/Nord-Ouest sur une distance de 16 km entre 1250 m et 380 m d'altitude, avant de se rejoindre à assif Tamdha au lieu-dit " Tamdha Erahma ". Trois stations sont retenues sur ce cours d'eau : O3, O4 et O5.

Station O3 (figure 14)

Cette station est située à Ath-Reggane et localisée à 1,2 km en amont du village d'Ath-Amara, à environ 24 km au Sud de la ville des Ouadhias.

- Altitude : 1100 m ;
- Latitude : 36° 29.388' N ;
- Longitude : 4° 07.472' E ;
- Pente de la station : 19% ;
- Distance à la source : 0,3 km ;
- Largeur du lit : 1 m ;
- Profondeur moyenne de la lame d'eau : 10cm ;
- Température de l'eau : 8 °C ;
- Recouvrement : 90% ;

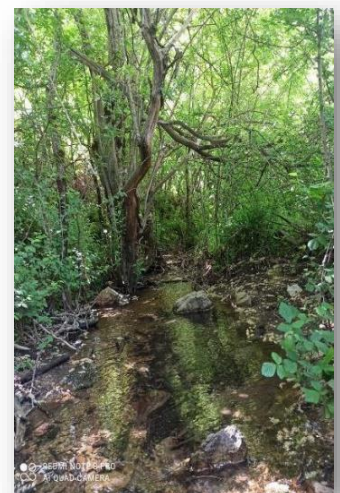


Figure 14 : Station Ath Reggane

- Vitesse du courant : 20 cm/s ;
- Nature du substrat : blocs, gros galets, galets, sable, matière organique, débris végétaux ;
- Végétation aquatique : mousses, algues ;
- Végétation bordante : strates arborescente (épineux), herbacée ;
- Action anthropique : élevage modeste.

Station O4 (figure 15)

Elle est localisée à 600 m en amont du village d'Ath Amara.

- Altitude : 950m ;
- Latitude : 36° 29.475' N ;
- Longitude : 4° 07.487' E ;
- Pente de la station : 11% ;
- Distance à la source : 1,5 km ;
- Largeur du lit : 3m ;
- Profondeur moyenne de la lame d'eau : 20 cm ;
- Température de l'eau : 10°C ;
- Recouvrement : 60 ;
- Vitesse du courant : 25 cm/s ;
- Nature du substrat : dominance galet et gros galet, sable, matière organique ;
- Végétation aquatique : mousses et peu d'algues ;
- Végétation bordante : strates arborescente, arbustive et arborée ;
- Action anthropique : pâturage, déversement du réseau d'assainissement des villages avoisinants.

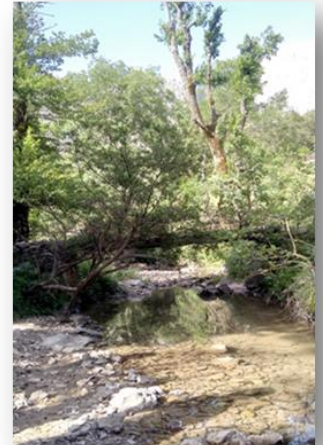


Figure 15 : Station Ath Amara

Station O5 (figure 16)

Elle est localisée à 2 km en aval du chef-lieu de la commune d'Agouni Guehrane, à environ 12 km au sud-est de la ville des Ouadhias.

- Altitude : 600 m ;
- Latitude : 36° 30.716' N ;
- Longitude : 4° 06.679' E ;
- Pente de la station : 8% ;
- Distance à la source : 13 km ;
- Largeur de lit : 4 m ;
- Profondeur moyenne de la lame d'eau : 25 cm ;
- Température de l'eau : 16°C ;
- Recouvrement : 90% ;

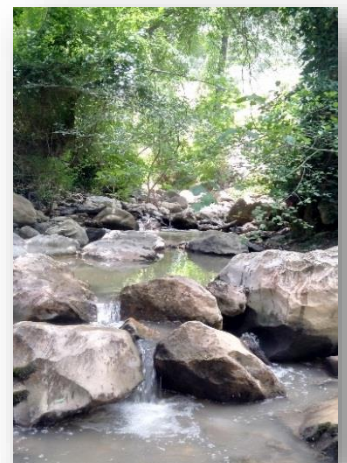


Figure 16 : Station Agouni Guehrane

- Vitesse du courant : 40 cm/s ;
- Nature de substrat : blocs, gros galets, sable, limons, pierres, matière organique, débris végétaux ;
- Végétation aquatique : quelques mousses ;
- Végétation bordante : strates arbustive et arborée ;
- Action anthropique : déchets ménagers sur les rives.

4.3. Assif Ouadhias (s.s)

Sa naissance se produit au lieu-dit "Tamdha Erahma", où se rencontrent les assifs Tamdha et Aghalladh. Il se déverse en direction Sud/Nord-Est à une altitude comprise entre 380 m et 190 m sur une distance de 12 km avant de se jeter dans l'oued Aissi. Deux stations sont retenues sur ce parcours : O6 et O7

Station O6 (figure 17)

Cette station est localisée à environ 6 km à l'Est de la ville des Ouadhias et à 4 km du lieu-dit Thakhoukhth.

- Altitude : 290m ;
- Latitude : 36° 31.877' N ;
- Longitude : 4° 06.848' E ;
- Pente de la station : 3 % ;
- Distance à la source : 20 km ;
- Largeur du lit : 6 m ;
- Profondeur moyenne de la lame d'eau : 35 cm ;
- Température de l'eau : 19°C ;
- Recouvrement : 50% ;
- Vitesse du courant : 50 cm/s ;
- Nature du substrat : gravier, sable, limon, galet, matière organique ;
- Végétation aquatique : mousses et algues ;
- Végétation bordante : strates herbacée, arborescente et arbustive ;
- Action anthropique : pompage de l'eau, rejet domestiques.

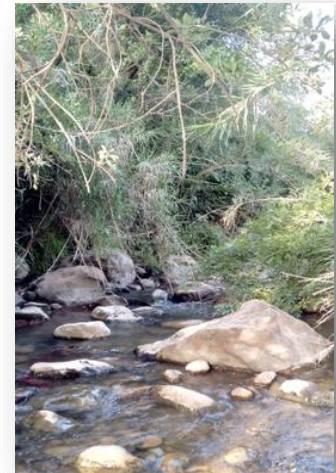


Figure 17 : Station Assif Ouadhias

Station O7 (figure 18)

Cette station est localisée à environ 10 km à l'Est de la ville des Ouadhias au lieu-dit Thakhoukhth.

- Altitude : 200m ;
- Latitude : 36° 35.205' N ;
- Longitude : 4° 08.901' E ;
- Pente de la station : 1,5% ;

- Distance à la source : 26 km ;
- Largeur de lit : 7 m ;
- Profondeur moyenne de la lame d'eau : 35 cm ;
- Température de l'eau : 23°C ;
- Recouvrement : 0 % ;
- Vitesse du courant : 20 cm/s ;
- Nature de substrat : galet, gravier, sable, limon et débris végétaux, matière organique ;
- Végétation aquatique : algue filamenteuse, mousses et macrophytes.
- Végétation bordante : strates herbacée, arbustive et arborée.
- Action anthropique : pâturage, déchets plastiques, rejets domestiques sur les rives, extraction de sable.

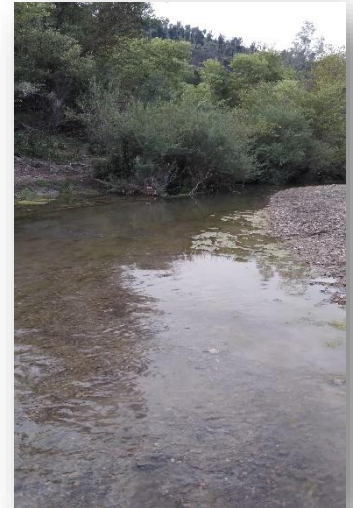


Figure 18 : Station Thakhoukth

5. Caractéristique physique des stations

Les macro-invertébrés benthiques se répartissent spatialement en fonction de divers facteurs environnementaux tels que l'altitude, la distance à la source, la pente, la végétation, le substrat et l'hydrologie (vitesse du courant, débit, hauteur d'eau). Plusieurs recherches ont révélé que les changements observés dans la structure des communautés sont plus ou moins directement liés aux changements de ces facteurs (HYNES, 1970 ; LAVANDIER, 1979 ; MINSHALL, 1984 ; ANGELIER et al. 1985 ; WILLIAMS & FELTMATE, 1992).

La particularité écologique fondamentale de cours d'eau est que leur structure en termes d'habitat physique évolue naturellement de l'amont vers l'aval (PHILIPPART, 2000). Les exigences de la faune aquatique pour l'habitat physique concernent les différentes fonctions vitales (se reproduire, se nourrir, s'abriter, effectuer divers stades de développement...).

5.1. Vitesse du courant

La vitesse du courant est un facteur écologique primordial. Elle conditionne les possibilités d'existence des organismes en fonction de leurs limites de tolérance (CHAMPOUX & CLAUD, 1993).

La vitesse du courant est la vitesse à laquelle une masse d'eau se déplace. Elle est mesurée à l'aide d'un flotteur lâché dans le sens du courant en même temps que le déclenchement du chronomètre. Le temps en (s) mis par le flotteur pour parcourir une distance en (m) donne une estimation de la vitesse du courant (m/s).

La vitesse du courant dépend du débit, du substrat du fond et de la largeur du lit, de la pente, des précipitations et de la fonte des neiges qui en provoquent de grandes variations (LOUNACI, 1987).

Les relevés de la vitesse de l'eau sont classés selon l'échelle de Berg :

- Vitesse très lente : inférieur à 10 cm/s
- Vitesse lente : 10 à 25 cm/s
- Vitesse moyenne : 25 à 50 cm/s
- Vitesse rapide : 50 à 100 cm/s
- Vitesse très rapide : supérieur à 100cm/s

5.2. Le débit et l'écoulement de l'eau

L'écoulement de l'eau et le débit sont considérés comme des facteurs qui agissent sur la répartition des peuplements aquatiques.

Le débit est le volume d'eau liquide traversant une section transversale de l'écoulement, il comprend tout ce qui est transporté avec cette eau, comme les matières solides en suspension, les produits chimiques dissous et des éléments biologiques. Il dépend de l'altitude, de la distance à la source, de la nature des terrains traversés, des précipitations et de la fonte des neiges en amont.

Les débits annuels moyens présentent une grande variabilité entre les années. Les plus grands débits de l'année sont liés à la fonte du manteau neigeux au printemps, avec une augmentation des précipitations souvent abondantes à cette période de l'année (ABDESSELEM, 1995) 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.

D'après LOUNACI (2005), Les cours d'eau de montagne ont un régime hydrologique pluvionival de décembre à mi-avril et pluvial de mi-avril au début du mois de juin. Les fortes précipitations qui provoquent les crues augmentent la vitesse de transport des substances solides et dissoutes, ce qui entraîne l'emport de nombreux organismes et la modification de la composition chimique des eaux.

L'écoulement est l'un des facteurs essentiels qui agit sur les peuplements aquatiques. En effet, sa présence exerce une influence sur le comportement, la distribution et le métabolisme des communautés (LEVÊQUE, 1996).

5.3. La température de l'eau

Ce paramètre est très utile pour les études en limnologie car il joue un rôle dans la solubilité des gaz, la détermination du pH et la dissociation des sels (RODIER, 1996). De plus, il conditionne les possibilités de développement et la durée du cycle biologique des êtres vivants ainsi que la composition faunistique d'un cours d'eau.

Dans les eaux courantes, la température de l'eau joue un rôle essentiel en termes d'écologie (ANGELIER, 2000). Par conséquent, elle influence les possibilités de croissance et la durée du cycle biologique de chaque espèce. De plus, elle occupe une place centrale dans la répartition longitudinale des zoocénoses (LOUNACI, 2005).

En Grande-Kabylie, les parties supérieures des cours d'eau notent des températures maximales de l'eau qui ne dépassent pas 20°C, par contre les parties moyennes et inférieures, les températures maximales de l'eau sont élevées, elle varie entre 25 °C et 30 °C.

Le profil longitudinal d'un cours d'eau présente une variation régulière de la température de l'eau. De plus, elle fluctue à chaque point de ce profil en fonction de l'altitude, de la distance à la source, de la température atmosphérique, de l'ombrage (dépendant de l'importance de la végétation bordante) et du régime hydrologique.

Face au fait qu'il n'était pas possible de faire des mesures quotidiennes de la température, nous avons simplement effectué des relevés ponctuels à l'aide d'un thermomètre à mercure dans les stations examinées.

5.4. Le substrat

Le substrat est une structure physique qui offre un environnement propice au développement du benthos, composé d'un mélange d'éléments minéraux ou/et végétaux (et organique pour certains environnements).

La nature des terrains traversée ainsi que les mouvements des matériaux, font que le substrat qui constitue le fond des cours d'eau varie. Certains substrats comme Les sédiments grossiers tels que les blocs, les galets ou le gravier sont des substrats pouvant former des abris ou pouvant permettre aux macro-invertébrés de s'y accrocher. Quant aux sédiments fins tels que le sable, le limon et l'argile, ils sont des substrats potentiels pour les frayères de certaines espèces de poissons.

BOURNAUD (1983) considère que cette composante est l'un des éléments clés qui ont une influence significative sur la micro distribution des communautés des macros invertébrées benthiques. Effectivement, on distingue deux grandes catégories de substrats :

✓ Le substrat minéral (sédiment) : On distingue plusieurs catégories en fonction du diamètre moyen des éléments qui le composent : Le sable, le gravier, les galets et les blocs.

En utilisant une échelle visuelle pour déterminer les classes de granulométrie, il est possible de faire la distinction entre les limites de taille pour les substrats :

- Blocs et pierres : $\emptyset > 20\text{cm}$;
- Caillaux et galets : $2\text{cm} < \emptyset < 20\text{ cm}$;
- Gravier : $0,2\text{cm} \leq \emptyset < 2\text{cm}$;
- Sable : $0,2\text{ cm} \leq \emptyset < 0,02\text{cm}$;
- Limons : $\emptyset < 0,02\text{ cm}$;
- Argile : $< 2\text{ N}$;

\emptyset : Désigne le diamètre.

Le substrat végétal : D'après DAKKI (1987), ce genre de substrat peut servir à la fois de support inerte et de ressource animale. La végétation aquatique (algues ou mousses) évalue son recouvrement en se basant sur quatre catégories d'abondance, allant de très abondante à abondante.

La variété de la population benthique témoigne de la variété des substrats. Un substrat plus homogène permet de réduire le nombre d'espaces-niche disponibles, ce qui entraîne une instabilité de l'habitat, ce qui réduit la diversité des organismes et donc le potentiel de recolonisation.

L'importance relative de chaque catégorie de substrat dans les cours d'eau étudiés est calculée en utilisant un pourcentage de recouvrement des surfaces en eau, calculé par observation directe à l'échelle de la station.

5.5. La végétation.

Le couvert végétal joue un rôle essentiel dans l'environnement en affectant les écoulements superficiels, l'évapotranspiration et la capacité de rétention.

Les végétaux constituent une importante ressource en matière organique consommable par certaines catégories d'animaux aquatiques. Ils empêchent le réchauffement excessif des eaux en été et jouent ainsi un rôle important dans la répartition de la faune benthique (LOUNACI, 2005).

Selon MESSAOUDEN et *al.* (2007), le couvert végétal est très dense en Kabylie, IL varie en fonction de l'altitude et présente un étagement visible de type méditerranéen.

- En altitude supérieur à 1100 m, une forêt mixte, des sommets couverts par des pelouses écorchées à xérophytes épineux et rampants : ronces (*Rubus* sp), genets (*Genista* sp) et quelques pieds de cèdres (*Cedrus atlantica*).
- En altitude inférieur à 1100m, la végétation est formée essentiellement de chêne vert (*Quercus rotundifolia*), de chêne liège (*Quercus suber*) et de frêne (*Fraxinus* sp). Ce sont des feuillus qui empêchent le réchauffement de l'eau en été.
- En moyenne montagne (altitude inférieur à 800m), on rencontre des arbres du domaine agricole (*Cultures fruitières*) comme l'olivier (*Olea europea*), le figuier (*Ficus carica*), le grenadier (*Punica granatum*) et le cerisier (*Prunus cerasus*).
- En plaines, les formations végétales sont présentées essentiellement par des vergers : Pommiers, poiriers, figuiers, orangers...etc.

Quant à la végétation aquatique, elle est représentée par les mousses dans la partie supérieure des cours d'eau, les algues et les macrophytes dans la partie inférieure des cours d'eau.

5.6. Les perturbations anthropiques

La pollution d'origine anthropique menace les réseaux hydrographiques en Kabylie. Cela s'explique par la croissance démographique, l'expansion de l'industrie, l'intensification de l'agriculture et l'exploitation excessive des ressources en eau douce.

Dans le réseau hydrographique étudié l'impact anthropique varie d'une région à une autre, selon l'altitude des stations étudiées.

Dans la partie amont, les sources de pollution enregistrées sont principalement d'origine domestique, à savoir l'élevage et le pompage des eaux pour l'irrigation. Leurs impacts potentiels sur les cours d'eau devraient être relativement faibles.

Dans la partie aval, l'utilisation en excès d'engrais chimiques, d'herbicides et d'insecticides est responsable de nombreux polluants dans les cours d'eau. Ces produits induisent une dégradation de la qualité des eaux souterraine et de surface. La pollution a plusieurs origines :

- **Origine urbaine**

Le principal problème de l'urbanisation est la croissance rapide de la population urbaine en plus de la planification inadéquate, la pollution, les demandes concurrentes sur les ressources. Tous ces facteurs mal maîtrisés contribuent à augmenter le risque de pénurie d'eau. L'enfouissement des déchets engendre la production de lixiviat résultant de la fermentation anaérobie des déchets. Ils peuvent être à l'origine de l'altération des eaux superficielles par ruissellement et des eaux souterraines par infiltration. Dans d'autres cas on cite la présence d'un point touristique en amont des stations ainsi que le lavage des voitures.

- **Origine agricole**

L'augmentation de l'utilisation des pesticides et des engrais chimiques pour les cultures induit une dégradation de la qualité des eaux. Selon ANGELIER (2000), les pesticides (fongicides et insecticides) sont beaucoup plus toxiques que les détergents, puisque leur rôle est précisément la destruction des parasites des cultures et qu'ils sont entraînés dans les eaux par le ruissellement.

De plus, le développement des surfaces irriguées, entraîne la multiplication des points de pompage d'eau. En période estivale, la baisse du débit cumulée à l'infiltration, l'évaporation et au pompage des eaux de surface entraînent la mise à sec de portions importantes des cours d'eau.

La pollution par les margines, malgré la petite période de fonctionnement des huileries dans l'année, elles constituent une source permanente de pollution. Le rejet à l'état brut de la margine dans le milieu naturel cause des nuisances et des risques de pollutions considérables. Elle entraîne des changements profonds dans la faune et de la flore aquatique.

- **Origine mécanique**

L'extraction de sable et de graviers dans le lit des cours d'eau déstabilise le fond du lit des oueds avec une modification de sa morphologie ainsi qu'une remise en suspension des éléments fins. Ce phénomène réduit les productions primaires et par conséquent contribue à l'altération des écosystèmes aquatiques.

Chapitre III
Matériels et méthodes
d'étude

La partie pratique d'un travail joue un rôle essentiel dans le processus de recherche, reliant les prélèvements, les analyses et l'interprétation des résultats. Il est crucial de garantir la qualité des prélèvements et du protocole suivi afin d'assurer des résultats fiables et représentatifs de la conclusion finale.

1. Matériels et méthodes d'échantillonnage biologique

L'échantillonnage permet de recueillir la plus grande variété faunistique représentative des habitats à étudier afin d'obtenir un bilan aussi complet que possible des taxons présents dans les cours d'eau étudiés.

1.1. Prélèvement des échantillons benthiques

Les échantillons benthiques jouent un rôle important dans la compréhension de la structure et de la fonction des écosystèmes aquatiques, donnant ainsi des informations essentielles pour la gestion et la préservation des environnements aquatiques.

L'unité de base de l'échantillonnage est la station. Elle correspond, selon GENIN et *al.* (2003), à un tronçon de cours d'eau dont la longueur est sensiblement égale à dix fois la largeur du lit mouillé au moment du prélèvement, regroupant en son sein un ensemble d'habitats particuliers.

Les prélèvements de la faune ont été effectués (le 28 mai 2024) dans des zones peu profondes (inférieure à 40 cm), sur des surfaces de l'ordre de 0,25m². 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 (annexe 3).

1.2. Chasse d'adultes (annexe 3)

La chasse d'adulte 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 du chasse adulte ou saisis à l'aide d'une pince entomologique. Par la suite les organismes capturés sont conservés dans de l'alcool à 70 % dans des tubes en plastique dûment étiquetés.

1.3. Conservation des échantillons benthiques

Sur le terrain, les organismes capturés, sont transférés dans des sachets en matière plastique, puis fixés au formol à 8 % sur le lieu même de prélèvement. La date, le numéro et les caractéristiques de la station sont notés au crayon sur chaque prélèvement.

1.4. Lavage, tri et 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. 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% (annexe 4).

L'ordre des Ephéméroptères a été identifié jusqu'à l'espèce (larves, nymphes et adultes) en se référant aux principales clés de détermination de TACHET et *al.* (1980, 2010). Nous avons eu aussi recours à la spécialiste des Ephéméroptères Mme KECHEMIR du laboratoire « Ecosystèmes Aquatiques Continentaux » de l'UMMTO.

2. Indices écologiques de composition et de structure des peuplements

Il s'agit d'expressions mathématiques qui offrent le meilleur éclairage sur la structure du peuplement. De nombreux indicateurs sont fréquemment employés pour évaluer rapidement la diversité du peuplement, tels que la richesse spécifique, l'abondance relative et l'occurrence des espèces.

2.1. Richesse spécifique

Cet indice correspond au nombre de taxons présents dans chaque prélèvement (BOULUNIER et *al.*, 1998 ; RAMADE, 2003). Il est souvent utilisé comme un indicateur de l'évolution d'un système et joue un rôle important dans les initiatives de gestion et de préservation de la biodiversité ainsi que dans l'évaluation de l'influence des activités humaines sur la biodiversité.

2.2. Abondance relative

L'abondance est un paramètre important pour la description d'un peuplement. Il indique le nombre d'individus de taxons (i) présents par unité de surface ou de volume (RAMADE, 2003). Il varie aussi bien dans l'espace que dans le temps. L'abondance relative est calculée par la formule suivante : $F (\%) = ni * 100 / N$ avec

ni : nombre d'individus de l'espèce i ; **N** : nombre total d'individus. On qualifie les espèces selon leurs valeurs F (%) :

- **Espèces omniprésentes** : $F = 100\%$
- **Espèces constantes** : $100\% > F > 75\%$
- **Espèces très fréquentes** : $75\% > F > 50\%$
- **Espèces fréquente** : $50\% > F > 25\%$
- **Espèces accessoires** : $25\% > F > 5\%$
- **Espèces rares** : $F < 5\%$

2.3. Occurrence relative

La fréquence d'occurrence, également connue sous le nom de constance (DAJOZ, 1985), correspond au rapport, exprimé en pourcentage %, entre le nombre de relevés (P_i) où l'espèce (i) est présente et le nombre total de relevés P effectués dans une même station. Elle est calculée par la formule : $C (\%) = P_i * 100 / P$

P_i : nombre de prélèvement ou l'espèce i est présente.

P : nombre total de prélèvement.

Selon DAJOZ (1985), on distingue :

- **Taxons constants** : $F \geq 50\%$.
- **Taxons accessoires** : $25 < F < 50\%$.
- **Taxons accidentels** : $F \leq 25\%$.
- **Rare** : $F < 20$

2.4. Indice de diversité de Shannon

La formule de Shannon est l'indice le plus utilisé de tous les indices. Il reflète parfaitement la variété des peuplements. Son avantage réside dans le fait qu'il ne dépend pas d'aucune hypothèse préalable sur la répartition des espèces et des individus (BLONDEL, 1979 ; LEGENDRE & LEGENDRE, 1979 ; BARBAULT, 1981).

L'indice H' (SHANNON, 1963) est approprié pour étudier les peuplements de manière comparative. Il est indépendant de la taille de l'échantillon et prend en compte à la fois la richesse spécifique et l'abondance relative de chaque espèce, ce qui permet de définir l'équilibre du peuplement d'un écosystème.

La formule de Shannon-Weaver se traduit par la formule suivante :

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

S : richesse spécifique. **P_i** : Abondance relative des espèces.

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

L'indice H' est plus faible (proche de 0) lorsque le nombre d'espèces est faible et que quelques espèces dominent ; il est plus élevé lorsque le nombre d'espèces est élevé et réparti de manière équitable. En d'autres termes, la diversité est nulle lorsque H' tend vers zéro, et maximale lorsque H' tend vers 4,5.

2.5. Indice d'équitabilité de Pielou

L'indice d'équitabilité exprime la proportion d'abondance de chaque taxon. Son origine remonte à celle de Shannon. Étant donné que plus un peuplement est équilibré (pas de taxons largement dominant), plus il est stable et proche du climax et vis-versa, toute pollution témoigne d'un déséquilibre due à une cause naturelle ou humaine (PIELOU, 1969). L'équitabilité peut

être calculée en fonction de la diversité maximale (H' max), qui correspond au cas où toutes les espèces seraient représentées par le même nombre d'individus.

L'équité est employée en tant que rapport : $E = H' / H' \text{ max}$

Dans ce cas : $H' \text{ max} = \log_2 S$

H' : indice de Shannon.

S : richesse spécifique.

➤ L'équitabilité varie entre 0 et 1 :

- Lorsqu'il tend vers 0, la quasi-totalité des effectifs est d'une seule espèce.
- Lorsqu'il tend vers 1, chaque espèce est représentée par un nombre similaire d'individus.

3. Traitement statistique des données

3.1. Classification ascendante hiérarchique (CAH)

La classification ascendante hiérarchique implique de regrouper les données qui présentent un degré de similarité important dans un même ensemble.

La similarité est évaluée en utilisant les distances euclidiennes et en agrégeant selon la méthode de Ward à l'aide d'un dendrogramme.

La CAH a pour objectif de reproduire des ensembles décrits par plusieurs variables ou caractères.

3.2. Analyse en composantes principales (ACP)

L'ACP vise à examiner la corrélation entre les variables quantitatives. Les résultats se présentent sous forme de graphes, l'un représentant les variables et l'autre les individus.

Le cercle des corrélations représente le graphe des variables, avec un rayon $R=1$. Cela offre la possibilité de déterminer les variables qui sont liées les unes aux autres et quelles variables sont expliquées par les axes factoriels.

On lit simultanément le graphe des individus et celui des variables, ce qui permet de déduire l'individu qui donne la valeur la plus élevée (ou la plus faible) de la variable considérée dans la lecture.

L'ACP implique le remplacement d'une famille de variables par de nouvelles variables à variance maximale, ou inversement corrélées, qui sont des combinaisons linéaires des variables initiales. Ces composantes principales, également connues sous le nom de variables nouvelles, établissent des plans factoriels qui constituent la fondation d'une représentation graphique plane des variables initiales.

L'analyse en composante principale est très utilisée pour la description des caractéristiques physico-chimiques (CARREL *et al.*, 1986).

3.3. Analyse factorielle des correspondances (AFC)

L'AFC est une technique d'ordination employée dans le domaine des sciences biologiques. Elle vise à représenter de manière optimale des groupements de variables en simultané, afin d'obtenir une correspondance entre les groupes d'espèces et les groupes des

stations. L'AFC réalisée à partir des abondances des espèces aide à déterminer les espèces caractéristiques de chaque groupe (HILL, 1974).

3.4. Logiciel de calcul

Le logiciel « Mini Tab, 2019 » nous a permis de réaliser et donner les représentations graphiques des analyses multivariées de type CAH, ACP et AFC.

4. Matériels et méthodes d'analyse physico-chimique

L'estimation de la qualité physique et chimique d'une eau ne peut s'effectuer par la mesure d'un seul, mais d'un ensemble des paramètres de nature diverse. Les différentes analyses ont été effectuées au niveau du laboratoire de contrôle qualité production Taksebt Tizi-Ouzou (localisation voir annexe 5).

4.1. Echantillonnage de l'eau

L'échantillonnage doit être effectué dans la direction principale du cours d'eau, éloignée des berges et des obstacles présents dans le lit. Il est nécessaire de se positionner dans la direction principale du cours d'eau, face au courant (contre-courant), dans des bouteilles en polyéthylène neufs et de les rincer plusieurs fois avec de l'eau à analyser. On remplit les flacons à ras bord pour prévenir l'oxydation de l'eau, on les étiquète également (nom de la station et date du prélèvement) et on les conserve immédiatement dans des glacières à basse température et à l'aveuglette (annexe 6).

L'opérateur doit éviter de perturber la zone d'échantillonnage (remise en suspension de sédiments). Le prélèvement doit être effectué en aval de la zone à échantillonner, à une profondeur de 30 cm sous la surface ou à mi-hauteur de la colonne d'eau (LEPOT, 2015).

4.2. Matériels utilisés

Avant de manipuler le matériel du laboratoire, il est essentiel de se fournir en équipements de protection individuelle conçus spécifiquement pour ce type de manipulation, tels : blouse blanche, gants et masque.

L'appareillage utilisé au cours des analyses physico-chimique 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.

La verrerie est constituée de : béchers, fioles jaugés, pipette graduée stérile, erlenmeyer, éprouvettes, pissette d'eau distillée, entonnoirs, tube à essai stérile, burettes, capsules, sachets de réactif et filtre. Les méthodes d'analyses physico-chimiques sont indiquées en annexe 7.

4.3. Paramètres physico-chimiques

4.3.1. Paramètre organoleptique

4.3.1.1. Couleur

La couleur de l'eau est un paramètre organoleptique et physique. Cela indique la présence de particules dans l'eau (substances minérales ou organiques colloïdales dissoutes) qui sont le résultat de la décomposition partielle des microorganismes présents dans le sol, les déchets animaux et végétaux. La coloration peut être (MOKDDEM & OUDDANE, 2005) :

- 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.
- Industrielle chimique (colorants des tanneries et de l'industrie textile d'impression et teintures).

4.3.2. Paramètres de table

4.3.2.1. Turbidité (Transparence)

Il s'agit d'un paramètre qui fluctue en fonction des substances colloïdales (les argiles, les débris de roche, les micro-organismes) qui sont dus à la dégradation des végétaux, mais aussi à la pollution.

Le turbidimètre mesure la résistance de l'eau au passage de la lumière pour lui donner une valeur en NTU (Nephelometric Turbidity Unit).

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

4.3.2.2. Potentiel hydrogène (pH)

Le pH est une mesure de l'acidité de l'eau, c'est-à-dire de la concentration en ions d'hydrogène (H⁺). L'échelle des pH s'étend en pratique de 0 (très acide) à 14 (très alcalin) ; la valeur médiane 7 correspond à une solution neutre à 25 °C. Le pH d'une eau naturelle peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés. Des pH faibles (eaux acides) augmentent notamment le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique. D'après RODIER (1984), le pH des eaux naturelles est directement lié à la nature des terrains traversés et il peut influencer sur les communautés benthiques des cours d'eau (LARSEN et al., 1996).

4.3.2.3. Conductivité électrique

L'eau possède une conductivité électrique qui évalue sa capacité à transporter un courant électrique, en fonction de la quantité de sels dissous (DUPONT, 1981).

La conductivité électrique de l'eau est l'un des moyens paramètres assez simple qui détecte la présence d'une pollution dans l'eau.

4.3.2.4. Oxygène dissous

Selon SMITH & HOLLIBAUGH (1993), l'oxygène dissous dans l'eau est la quantité d'oxygène gazeux dissous, est un paramètre essentiel à la survie des êtres vivant aérobie. La présence d'oxygène dans les eaux de surface joue un rôle primordial dans le maintien de la vie aquatique et dans l'autoépuration. L'oxygène dissous est un élément fondamental qui intervient dans la majorité des processus biologiques, il participe également aux dégradations biochimiques et chimiques. L'oxygène est présent dans l'eau sous forme de molécules gazeuses, au sein de minuscules bulles d'air. Il se dissout dans cette eau par diffusion, jusqu'à un équilibre appelé « saturation ». Cette saturation ou solubilité maximale de l'oxygène dans l'eau est, pour l'essentiel, fonction de la température et de la salinité. Elle est supérieure dans les eaux douces et froides.

4.3.2.5. Résidus secs

Il s'agit d'un indice permettant de mesurer le niveau de minéraux (substances dissoutes non volatiles) collectés dans l'eau après l'évaporation. Selon BERNE & JEAN (1991), la teneur de l'eau peut fluctuer de moins de 100 mg/l (pour les eaux provenant de massifs cristallins) à plus de 1500 mg/l.

4.3.3. Paramètres de pollutions

4.3.3.1. Ammonium (NH_4^+)

L'ammonium constitue un des maillons du cycle complexe de l'azote. Il provient de la réaction de minéraux contenant du fer avec les nitrates. C'est un bon indicateur de pollution des eaux par des rejets organiques d'origine agricole, domestique ou industrielle. Suivant la qualité physico-chimique des sols et de l'eau, sa présence peut entraîner un enrichissement en azote. Il peut également s'avérer toxique pour les biocénoses. Au-delà d'une concentration de 4 mg/l, la qualité est considérée comme moyenne.

L'ammonium est assez souvent rencontré dans les eaux superficielles et traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique. Il peut avoir différentes origines : les macrophytes et algues des cours d'eau, la matière organique animale ou humaine, les rejets industriels, les engrais. Sa présence est à rapprocher des autres éléments azotés identifiés dans l'eau : nitrates et nitrites.

4.3.3.2. Nitrates (NO_3^-)

Le stade final d'oxydation de l'azote organique est représenté par les nitrates. Dans la plupart des eaux et dans les plantes, les nitrates sont très répandus, car ils jouent un rôle essentiel

dans la production des végétaux. Ils se trouvent naturellement en faible concentration dans les eaux souterraines et superficielles, étant solubles dans l'eau.

Selon SAVARY (2010), dans les eaux naturelles non polluées, le taux de nitrates est très variable suivant la saison et l'origine des eaux ; il peut varier de 1 à 15 mg/l et une concentration de 2 ou 3 mg/l peut être considérée comme normale. A l'origine du cours d'eau, la teneur en nitrates est très souvent comprise entre 0,05 et 0,2 mg/l, puis elle s'élève progressivement jusqu'à quelques mg/l le long du parcours au fur et à mesure que croît la distance à la source.

L'activité humaine est indubitable dès que l'on observe des concentrations dépassant 1 mg/l. Les apports proviennent du lessivage des engrais et de l'azote reminéralisé sur les zones de culture, des eaux usées domestiques et parfois industrielles.

4.3.3.3. Nitrites (NO_2^-)

Les nitrites rencontrés dans les eaux traduisent habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique (RODIER, 1984). Les nitrites s'insèrent dans le cycle de l'azote, entre l'ammoniac et les nitrates. Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniac, la nitrification n'étant pas conduite à son terme, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiant.

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. La présence de nitrites d'origine naturelle est très rare. Au même titre que les nitrates, les nitrites stimulent la croissance planctonique. Les nitrites peuvent être présents dans l'eau également sous forme non ionisée d'acide nitreux (HNO_2), forme la plus toxique. La concentration des nitrites augmente avec la température. L'évolution saisonnière de ce paramètre est cyclique en lien avec les débits d'étiage et le réchauffement des masses d'eau. Cette toxicité s'exerce notamment sur les poissons, particulièrement chez les salmonidés, et ce, à de faibles concentrations (valeur guide $< 0,01$ mg/l). Une bonne qualité est inférieure à une concentration de 0,3 mg/l.

4.3.3.4. Orthophosphates (PO_4^{3-})

Le phosphore dans l'eau est présent soit sous forme particulaire, soit sous forme dissoute. Le phosphore total englobe ces deux formes. Les matières phosphorées sont souvent liées aux rejets d'eaux usées domestiques. Elles peuvent également avoir pour origine le lessivage des sols, par érosion, des terres agricoles.

En période hivernale, ce phénomène induit des flux de phosphore parfois importants. Or, une forte augmentation des concentrations en phosphore dans un cours d'eau engendre un « hyper-développement » des algues, pouvant être à l'origine de l'eutrophisation du milieu aquatique. Par réactions en chaîne, la prolifération des algues peut provoquer la chute du taux d'oxygène dissous et ainsi perturber la vie aquatique. Afin d'analyser la détérioration de la

qualité de l'eau par les éléments phosphorés, un paramètre est généralement étudié : la concentration en Orthophosphates.

Les Orthophosphates constituent la forme de phosphore assimilable par les végétaux aquatiques. D'après BREMOND & PERRODON (1979), ils ont une origine naturelle (décomposition de la matière vivante, lessivage des minéraux). Ces auteurs pensent également qu'à l'heure actuelle, leur présence dans les eaux est plutôt d'origine anthropique (engrais). La présence de phosphates dans les eaux naturelles à des concentrations supérieures à 0,1 ou 0,2 mg/l est l'indice d'une pollution par les « eaux vannes » contenant des phosphates organiques et des détergents synthétiques et/ou par des eaux de ruissellement (NISBET & VERNEAUX, 1970).

4.3.3.5. Matières Organiques

Les matières organiques dissoutes (MOD) ou carbones organique dissous (COD), sont principalement produits par des processus photosynthétiques dans les eaux de surface, résultant de la dégradation de la végétation supérieure des milieux aquatiques, notamment les déjections animales, les déchets urbains et industriels et les produits phytosanitaires. Mais il est également produit dans les milieux aquatiques par le développement et l'activité d'organismes photoautotrophes comme le phytoplancton et les macrophytes, ou par leur dégradation par les bactéries et les brouteurs (GRUAU *et al.*, 2005).

5. Matériels et méthodes d'analyse bactériologique

La qualité bactériologique de l'eau est un indicateur essentiel de la santé des écosystèmes aquatiques. Ainsi, elle peut être contaminée par des activités anthropiques (rejets des usées, activités agricoles et matière fécale des animaux). Ce qui entraîne la présence de bactéries comme *Escherichia coli*, les coliformes fécaux et les streptocoques.

La délicate étape de l'analyse bactériologique consiste à utiliser des flacons en verre stérilisés dans un autoclavier à 120 °C pendant 15 minutes.

Lors du prélèvement, il est nécessaire de stériliser les mains en utilisant du gel alcoolique. La flamme est fabriquée à partir de coton imbibé d'alcool afin de stériliser la bouteille avant et après le prélèvement.

Il est recommandé de plonger les flacons dans l'eau sans toucher le fond et loin des rives, et de ne pas les remplir pour préserver la vie des bactéries aérobiques.

Après chaque collecte, il est nécessaire d'étiqueter les flacons (avec la date et le nom de la station), puis de les transporter dans une glacière. Les méthodes sont indiquées en annexes 8 et 9.

5.1. Streptocoques fécaux

Ce sont des bactéries de forme coques ou coccoides d'environ 1 μm de diamètre, souvent par paires, sont des bactéries non mobiles, capsule présente, anaérobie facultatif et métabolisme fermentatif (SINGLETON, 1994).

Il s'agit de Cocci avec un gram positif, regroupées en chainettes. On les considère généralement comme des indicateurs de pollution fécale. Les animaux et les humains les trouvent aussi bien (DALLERAS, 2007).

5.2. Coliformes totaux

Selon RODIER (2005), les Coliformes totaux sont des bactéries qui appartiennent à la famille des Enterobacteriaceae. Le mot « coliforme » fait référence à des microorganismes en bâtonnets, qui sont Gram négatifs, non sporogène et qui peuvent être aérobies et anaérobies facultatifs.

5.3. Escherichia-coli

Elle présente dans le système digestif des humains et des animaux à sang chaud.

L'existence d'Escherichia-coli dans le cour d'eau est utilisée comme indicateur d'une contamination fécale, ce qui suggère la possibilité de la présence d'autres agents pathogènes d'origine fécale tels que des virus, des parasites ou des bactéries. Leur présence dans les eaux de surface est souvent liée à des sources de pollution (le ruissellement agricole, les rejets d'eaux usées domestiques et le déversement des eaux pluviales). Ainsi, Une concentration élevée de cette bactérie résulte une mauvaise qualité de l'eau (BARTRAM & PEDLEY, 1996).

Chapitre IV

Résultats et discussions

Ce chapitre constitue l'ensemble des résultats faunistiques des Ephemeroptères recensés au laboratoire des eaux aquatiques continentales de l'UMMTO. Il englobe aussi les données d'analyses physico-chimiques et bactériologiques issues de la station de traitement des eaux du barrage de Taksebt (SEAAL). Ces travaux visent à mieux comprendre le lien entre la qualité de l'eau et la composition faunistique, tout en fournissant des indicateurs clés de l'état des écosystèmes aquatiques.

1. Paramètres mésologiques

1.1 La pente

La lecture du tableau 1 montre que les pentes aux stations présentent des fluctuations qui varient de 1,5 % à 19 %.

Les secteurs les plus pentus correspondent aux stations dont l'altitude varie entre 500m et 1100m, la pente est comprise entre 8 % et 19 % (stations : O1, O2, O3, O4 et O5).

Dans les stations de piémont et de basse altitude, on assiste à une rupture de pente et à l'élargissement des cours d'eau. La pente fluctue entre 3 % et 1,5 % (stations O6 et O7).

Tableau 1 : Altitudes et pentes des stations étudiées.

Stations	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7
Alt (m)	850	500	1100	950	600	290	200
Pente (%)	10	8	19	11	8	3	1,5

1.2 La température de l'eau

La lecture du tableau 2 met en évidence deux groupes :

- Le premier groupe de stations renferme le secteur amont (O3 et O4) et de moyenne montagne (O1), elles sont alimentées par les sources et la fonte des neiges et sont fortement ombragées (recouvrement compris entre 60% et 90%). Ce qui contribue fortement au maintien d'une température de l'eau assez basse ne dépassant pas 12 °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 23°C. Cette élévation de la température de l'eau est due au réchauffement des eaux influencées par l'insolation et la réduction ou l'absence d'ombrage le long des cours d'eau.

Tableau 2 : Températures ponctuelles de l'eau enregistrées aux stations étudiées.

Stations	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7
Altitude (m)	850	500	1100	950	600	290	200
Température (°C)	12	14	8	10	16	19	23
Recouvrement (%)	70	10	90	60	90	50	0

1.3 L'écoulement et la vitesse du courant

La lecture de tableau 3 montre que la vitesse du courant présente une irrégularité le long du réseau hydrographique étudié, ce qui est en relation directe avec la période d'échantillonnage (fin mai).

La station O1, torrent de montagne, enregistre la vitesse du courant la plus élevée. Elle est suivie par la station O2 (500m d'alt.). Les autres stations présentent une vitesse de courant qualifiée de lente à moyenne.

Tableau 3 : La vitesse d'écoulement (cm/s) des stations étudiées.

Stations	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7
Altitude	850	500	1100	950	600	290	200
Largeur de lit (m)	3	5	1	3	4	6	7
Vitesse de courant(cm/s)	100	90	20	25	40	50	20
Clas./Echelle de BERG	Rapide	Rapide	Lente	Lente	Moyenne	Moyenne	Lente

1.4 Le substrat

Les cours d'eau étudiés présentent une grande diversité d'habitats. La granulométrie est assez hétérogène. En effet, chaque catégorie de substrat est estimée par un pourcentage de recouvrement des surfaces en eau, estimé par observation directe à l'échelle des stations (tableau 4).

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 O1 et O3).
- Dans les stations de moyenne montagne, piémont, il est plutôt très hétérogène. Il est constitué de galets, de sable, de limons et de matière organique.
- Dans les stations de basse altitude, le substrat est plutôt fin riche en matière organique (O6 et O7).

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'algues et macrophytes. Son importance au niveau de chaque station est exprimée par 4 classes d'abondance : d'absente (0) à très abondante (3).

Tableau 4 : Nature des substrats dans les stations étudiées.

Stations	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7
Altitude	850	500	1100	950	600	290	200
GG/G (%)	90	50	70	65	60	30	20
S/L (%)	10	40	20	25	30	50	60
M.O (%)	0	10	10	10	10	20	20
Vaq (%)	1	2	1	1	1	2	3

2. Résultats d'analyse des paramètres physico-chimiques

Les résultats des analyses physico-chimiques des eaux des stations étudiées (tableau 5) sont discutés et comparés aux normes recommandées par le JORADP (Journal Officiel de la République Algérienne, n°34 correspondant au 19 Juin 2011) afin d'évaluer la qualité de l'eau des stations (annexe 10).

Tableau 5 : les résultats d'analyses physico-chimiques des stations étudiées.

Stations paramètres	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7
Altitude	850	500	1100	950	600	290	200
Conductivité($\mu\text{s}/\text{cm}$)	253	393	334	378	403	431	452
pH	8,42	8,53	8,09	7,73	8,12	8,27	7,83
Turbidité(NTU)	5,82	8,96	6,78	1,41	3,71	3,54	3,21
O ₂ (mg/l)	8,33	8,12	7,7	7,3	7,25	7,38	7,02
Couleur	42	64	32	11	30	32	20
R.S (mg/l)	48	190	176	164	156	242	250
NO ₂ ⁻ (mg/l)	0,004	0,023	0,003	0	0,013	0,072	0,005
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	0,11	0,74	0,41	0,17	0,5	1,06	0,1
NH ₄ ⁺ (mg/l)	0,01	0,04	0,05	0,01	0,01	0,16	0,01
M.O (mg/l)	1,56	1,19	5,5	2,3	2,23	1,63	0,22
NO ₃ ⁻ (mg/l)	3,42	5,96	1,58	1,22	4,86	5,68	2,97

2.1. Paramètre organoleptique

2.1.1. La Couleur

La figure 19 représente les variations de la couleur de l'eau des stations étudiées qui est mesurée en unités PtCo (platine cobalt).

Les valeurs de la couleur de ces stations sont comprises entre 11 PtCo et 64 PtCo. Les résultats obtenus sont inférieurs à la norme fixée par l'ANRH pour les eaux superficielles, qui est de 200 PtCo (JORADP, 2011). On distingue trois groupes de stations :

Dans la station de moyenne montagne O2, on remarque qu'une valeur de 64 Ptco est la plus élevée dans notre échantillon. Cela peut résulter d'une forte présence des particules colloïdales qui est due à la présence des actions anthropogéniques, essentiellement par les baignades et des déversements des eaux usées.

L'eau des stations O3, O1, O5 et O6 présente des valeurs comprises entre 30 Ptco et 42 Ptco. Ces variations expliquent une couleur de l'eau légèrement colorée qui peut être liée à la présence légèrement de la matière organique et des substances dissoutes.

Les stations O4 et O7 ont des valeurs respectivement de 11 Ptco et 20 Ptco, ce qui s'explique par un débit plus important et une pente quasi inexistante et donc une faible vitesse du courant, ce qui induit à la création d'une couche sédimentaire.

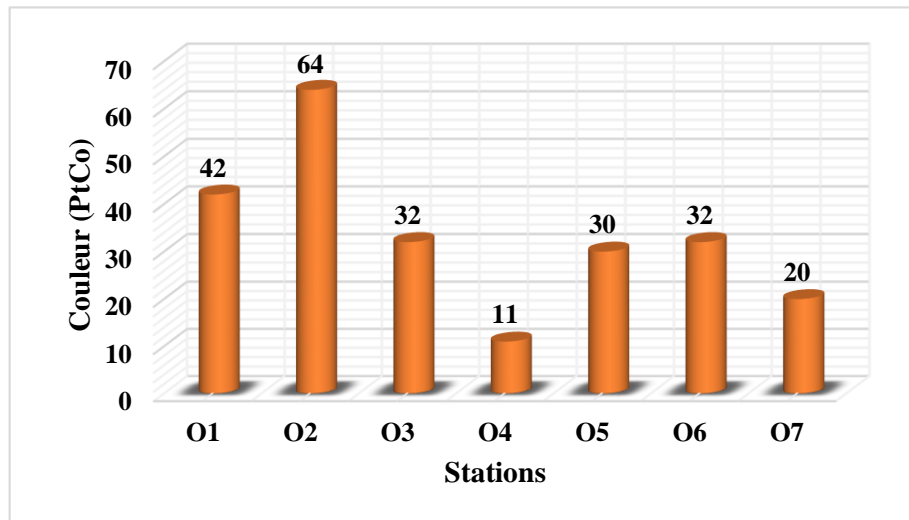


Figure 19 : Variations de la couleur de l'eau des stations étudiées

2.2. Paramètres physico-chimiques

2.2.1. La turbidité

D'après la figure 20, la valeur la plus élevée de la turbidité est enregistrée au niveau de la station O2 (8,96 NTU), ce qui est due aux activités humaines en amont de celle-ci.

Les stations O3 et O1 marquent des valeurs relativement élevées (5,82 NTU et 6,78 NTU), ces variations sont en relation avec les élevages modestes et les baignades. Ces derniers peuvent effectuer une augmentation de la concentration des particules organiques dans l'eau.

En revanche, la turbidité de la station O4 est de 1,41 NTU, ce qui est due au faible débit favorisant une accumulation des particules en suspension au fond de l'eau.

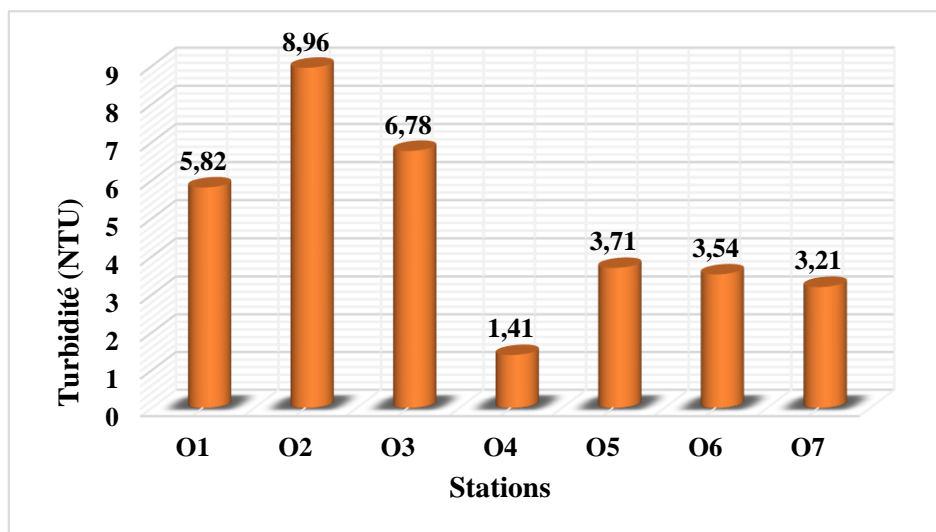


Figure 20 : Variations de la turbidité de l'eau des stations étudiées

2.2.2. Le pH

La lecture de la figure 21 montre que les valeurs de pH sont généralement plus ou moins homogènes et alcalines sur toutes les stations. On note des valeurs maximales de 8,53 enregistrées au niveau de la station O2.

Ces valeurs sont assez élevées, or ces eaux coulent sur un substrat granitique et devraient être plus acides. Ces résultats peuvent être mis en relation avec la minéralisation de l'eau, due aux apports du bassin versant de chaque station. Les valeurs moyennes de pH sont enregistrées pour la majorité des sites entre 7,73 et 8,42. Les pH enregistrés ont une évolution régulière et proportionnelle. Les valeurs de pH sur l'ensemble des stations n'indiquent pas de signes de perturbation anthropogénique et restent dans la fourchette normalement associée aux conditions non perturbées, et définissent un très bon état des eaux selon les normes en vigueur >6.5 et <9 .

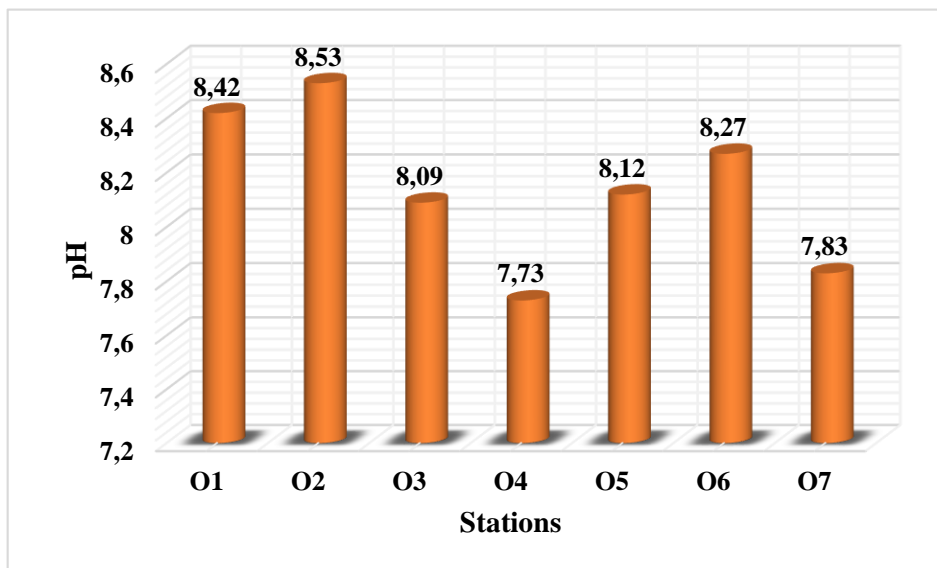


Figure 21: Les variations de pH des stations étudiées

2.2.3. La Conductivité électrique

La conductivité de la station O7 est plus élevée avec une valeur de $452 \mu\text{s}/\text{cm}$ par rapport à l'eau des autres stations telles que : O6, O2, O5, O4 et O3, par contre dans la station O1, on distingue une conductivité moyennement faible (figure 22).

Par contre, la valeur de la température moyenne de $13,50 \text{ }^\circ\text{C}$ (pour toutes les stations) va ralentir les réactions chimiques dans les différents cours d'eau, en obtenant des conductivités qui répondent aux normes en vigueur $2800 \mu\text{s}/\text{cm}$ (JORADP, 2011).

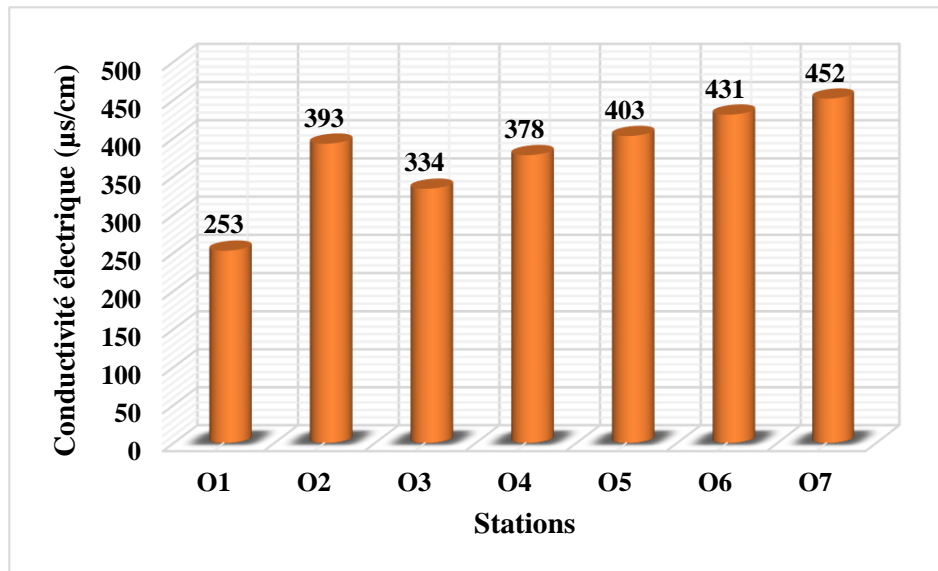


Figure 22: Variations de la conductivité des stations étudiées.

2.2.4. L'oxygène dissous

La station O1 présente les eaux les plus oxygénées et dans les station O4, O5 et O7 les moins oxygénées. En effet, l'élévation de la température de l'air à cette période (fin mai) engendre un réchauffement de l'eau à la fin du printemps et au début de la période estivale. De plus, ces plus faibles taux dans les sites au pare avant sont en relation avec un développement algal benthique causé par les Diatomées (ORSINI, 1986 ; CAZAUBON & ORSINI, 1988) favorisé par un accroissement de la longueur du jour.

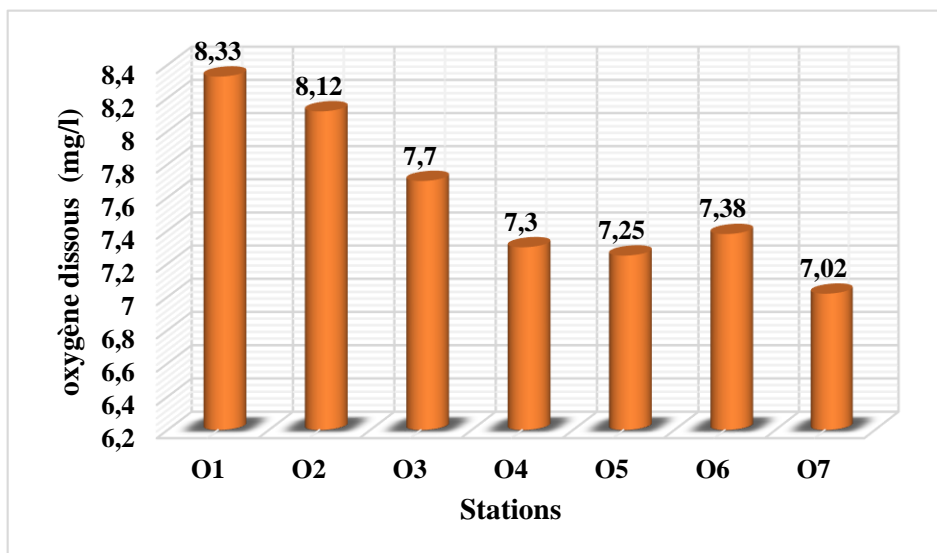


Figure 23: L'oxygène dissous dans les stations étudiées

2.2.5. La matière organique

La figure 24 montre que les résultats obtenus au niveau des stations d'étude varient entre 0,22 mg/l et 5,5 mg/l.

La valeur de la matière organique la plus élevée est enregistrée au niveau de la station alticole O3 (5,5 mg/l). Elle provient de la présence des débris végétaux et de pâturage d'animaux.

La concentration minimale de matière organique est notée au niveau de la station O7 avec 0,22 mg/l. Ce qui est due à la dégradation de la matière organique de l'amont vers l'aval en raison des différentes espèces aquatiques et l'oxygénation de ce milieu qui joue un rôle important dans l'auto-épuration.

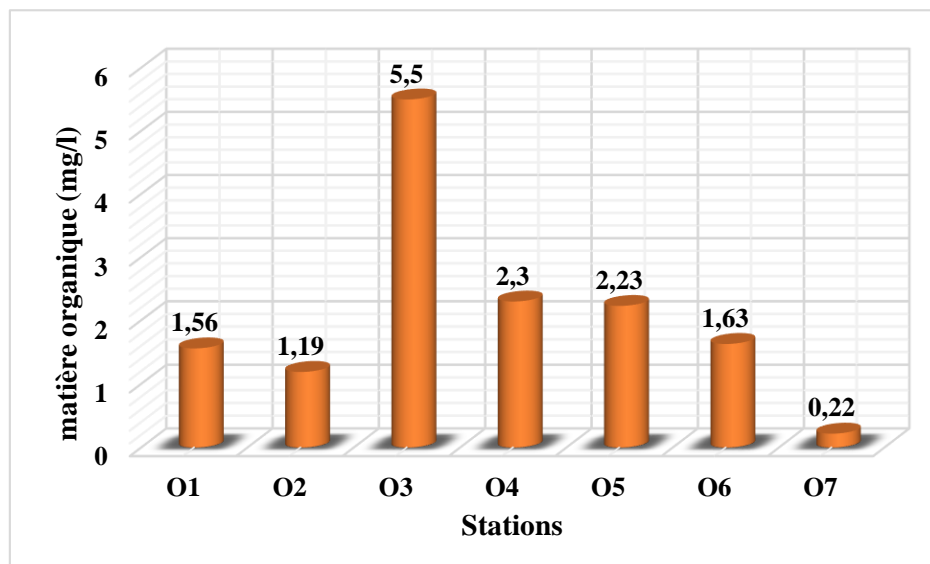


Figure 24 : Variations de la matière organique des stations étudiées

2.2.6. Les résidus secs

La figure 25 montre que les valeurs en résidu sec au niveau de sept stations étudiées varient de 48 mg/l à 250 mg/l. D'après le résultat obtenu au niveau de la station O1, il indique une faible minéralisation de l'eau avec la valeur 48 mg/l. Contrairement aux autres stations, les valeurs sont inférieures à la norme recommandée <1500 mg/l. Par conséquent, une forte teneur en résidus secs indique la présence dans l'eau d'une moyenne minéralisation.

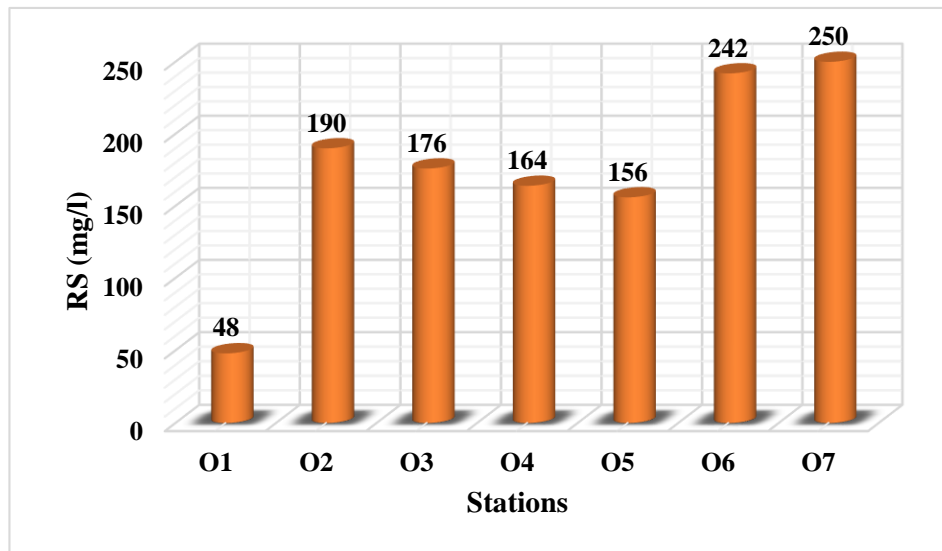


Figure 25 : Variations de résidu sec des stations étudiées

2.3. Paramètres de pollutions

2.3.1. Les Orthophosphates (PO_4^{3-})

Les valeurs obtenues pour l'ensemble des stations sont toutes inférieures à la limite admissible pour le phosphore à 10 mg/l selon la norme de JORADP de 2011.

Au niveau des stations O3, O5, O2 et O6, on remarque que les valeurs d'Orthophosphates sont peu élevées (figure 26). Elles sont comprises entre 0,41 mg/l et 1,06 mg/l dues en partie aux réseaux d'assainissements déversés dans les stations et à l'agriculture (engrais riche en Orthophosphates).

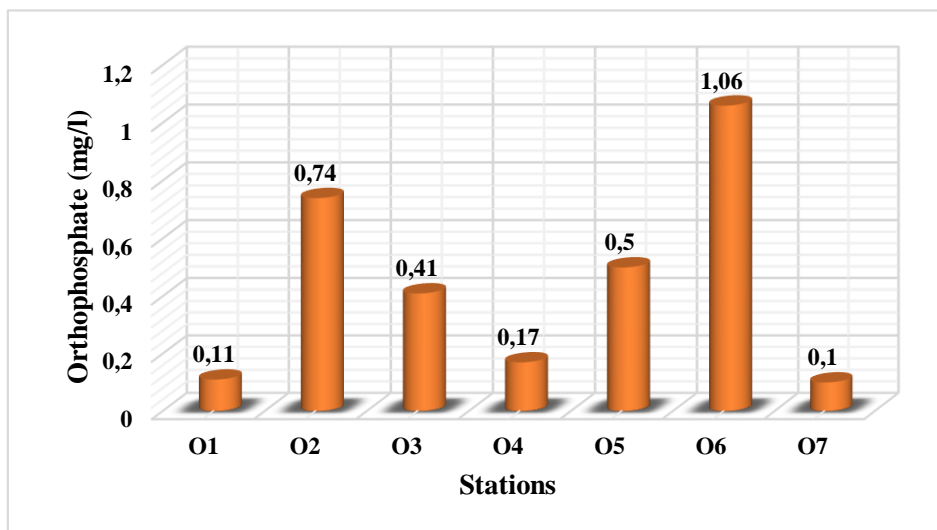


Figure 26 : Variations des Orthophosphates dans les stations étudiées

2.3.2. L'ammonium, les Nitrites et les Nitrates

La lecture de la figure 27 montre que les valeurs obtenues pour l'ensemble des stations sont toutes inférieures à 0,05 mg/l de NH_4^+ sauf pour la station O6 où il est légèrement présent

avec une valeur de 0,16 mg/l. ces résultats correspondent à des eaux de très bonne qualité selon la norme JORADP (2011).

Les valeurs obtenues pour l'ensemble des stations sont toutes inférieures à 0,07 mg/l de NO_2^- et de ce fait, correspondant à des eaux de bonne qualité et selon la norme signée par le JORADP (2011) qui est $<0,2$, correspondent totalement ou presque totalement aux conditions non perturbées et définissent un très bon état des eaux.

Les valeurs obtenues pour les stations O3 et O4 sont inférieures à 2 mg/l de NO_3^- , correspondant à des eaux de très bonne qualité et selon la norme d'environnement de l'ANRH (JORADP, 2011), correspondent totalement ou presque totalement aux conditions non perturbées et définissent un très bon état des eaux.

Les autres stations (O1, O2, O5, O6 et O7) enregistrent des valeurs de NO_3^- comprises entre 2,97 à 5,96 mg/l, ce qui peut s'expliquer par une accumulation de matières organiques. Dans le tronçon court-circuité, la décomposition de cette matière organique entraîne une consommation de l'oxygène dissous par les microorganismes aérobies et par conséquent, une baisse de l'oxygénation des eaux.

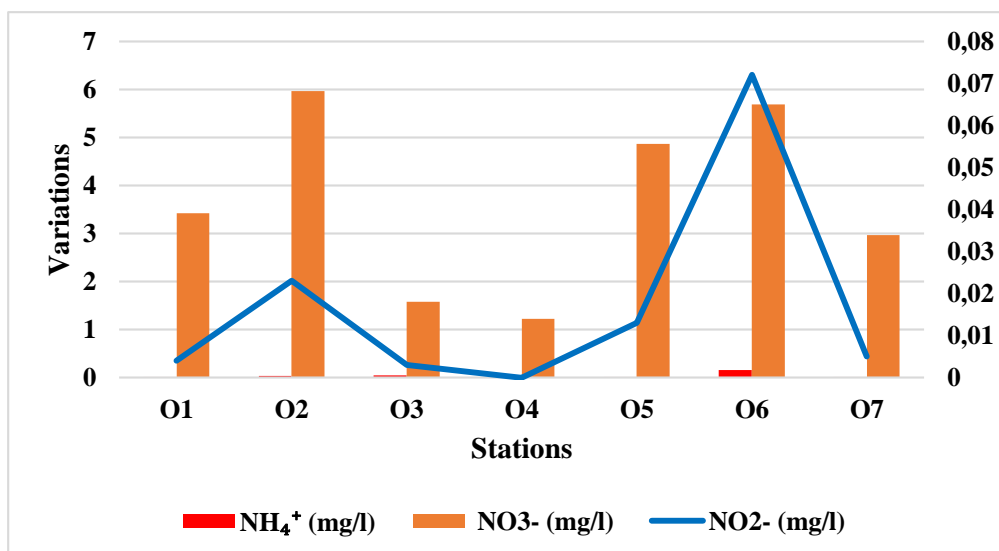


Figure 27 : Variations de l'Ammonium, Nitrates et Nitrites dans les stations d'étude

3. Résultats d'analyse des paramètres bactériologiques

Cette étude est portée sur les dénombrements bactérien qui a s pour objectif d'apprécier quantitativement la charge microbienne existantes dans l'eau des stations étudiées.

Les résultats des analyses bactériologiques sont obtenus pour évaluer la qualité des eaux accompagnée avec des normes fixées par JORADP (19 Juin 2011) qui correspond aux eaux superficielles (tableau 6).

Tableau 6 : Les résultats d'analyses bactériologiques des stations étudiées.

Stations	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	Normes
Altitude	850	500	1100	950	600	290	200	
Escherichia coli (UFC/ml)	200	9700	500	300	600	12500	400	20 000
Coliformes totaux (UFC/ml)	1400	10000	2500	800	28000	50400	1600	2000
Streptocoques (UFC/ml)	100	2700	200	200	7900	2000	700	10 000

3.1. Escherichia coli

Les analyses bactériologiques effectuées indiquent la présence des E-coli dans toutes les stations étudiées. Elles sont inférieures à la norme fixée par JORADP qui est de 20 000 UFC/ml.

Les stations O3, O4, O1, O5 et O7 enregistrent des valeurs comprises entre 200 UFC/ml et 600 UFC/ml, elles indiquent une présence relativement faible d'une contamination d'origine fécale.

Les stations O2 et O6 dénotent des valeurs plus élevées respectives de 9700 UFC/ml et 12500 UFC/ml indiquant une forte contamination par rapport aux autres stations. Ceci peut être expliqué par la présence des facteurs qui favorisent leur croissance qui sont due à des activités humaines (baignade) et des eaux usées la source de contamination fécale.

3.2. Coliformes totaux

Les coliformes totaux sont des indicateurs importants de la qualité de l'eau. Les stations O4, O1 et O7 présentent des valeurs de coliformes totaux comprises entre 800 UFC/ml et 1600 UFC/ml et qui sont au-dessous de la norme idéale fixée par JORADP (2000 UFC/100ml). Ce qui indique la présence d'une faible contamination fécale provenant des déjections animales et humaines, et de la végétation.

Les autres stations enregistrent des valeurs extrêmement élevées comprises entre 2500 UFC/ml et 50400 UFC/ml indiquant la présence d'une pollution fécale provenant de l'intensification des actions humaines.

3.3. Streptocoques fécaux

Les analyses bactériologiques montrent la présence des streptocoques dans toutes les stations étudiées, allant de 100 UFC/ml à 7900 UFC/ml. C'est des valeurs inférieures à la norme idéale fixée par JORADP qui est de 10 000 UFC/ml.

En effet, les stations O3, O4, O1 et O7 varient entre 100 UFC/ml et 700 UFC/ml, correspond à des valeurs plus basses et cela peut justifier par une faible contamination fécale.

Pour les autres stations O6, O2 et O5 avec des valeurs comprises entre 2000 UFC/ml et 7900 UFC/ml, sont très élevées, mais qui restent inférieures à la norme environnementale fixée par JORADP. Ces résultats, confirment la présence d'une contamination fécale provenant par

les actions anthropiques tels que le réseau d'assainissement, déchets domestiques, pompage d'eau pour l'irrigation...etc.

4. Résultats faunistiques Analyse globale du peuplement Ephéméroptérologique

Notre étude est une contribution à la connaissance des Ephéméroptères du réseau hydrographique de l'Assif Ouadhias. Le présent travail a permis de recenser un total de 2897 individus appartenant à 4 familles, 10 genres et 14 espèces (tableau 7, 8 et figure 28).

Tableau 7 : Nombre de genres et d'espèces des Ephéméroptères récoltés.

Nom des taxons	Nombre des genres	Nombre d'espèces
Baetidae	6	9
Heptageniidae	2	2
Caenidae	1	2
Leptophlebiidae	1	1
Total	10	14

Nos résultats sont satisfaisant comparés à ceux obtenus par LAMINE (2021) dans les mêmes stations d'étude avec un total de 2710 individus, 4 familles, 8 genres et 12 espèces. Ils sont supérieurs de ceux obtenus par CHERIFI & LAICHE (2017) sur les 6 stations d'Assif Larbaa avec 1529 individus, 5 familles, 6 genres et 9 espèces.

La famille Baetidae est la plus diversifiée. Elle est représentée par 6 genres (*Acentrella*, *Baetis*, *Centroptilum*, *Cheleocleon*, *Cleon* et *Nigrobaetis*) et 9 espèces. Elle est suivie par la famille des Heptageniidae avec 2 genres et 2 espèces. Se place en 3^{ème} position la famille des Caenidae avec un genre et 2 espèces. Enfin, la famille des Leptophlebiidae est mono spécifique.

Sur le plan numérique, les Baetidae sont dominants et totalisent 2105 individus soit 72,66 % du total des Ephéméroptères récoltés. Ils sont suivis par les Leptophlebiidae avec 462 individus (15,94 %), puis par les Caenidae avec 252 individus (8,69 %) et les Heptageniidae qui ne totalisent que 78 individus (soit 2,69 %).

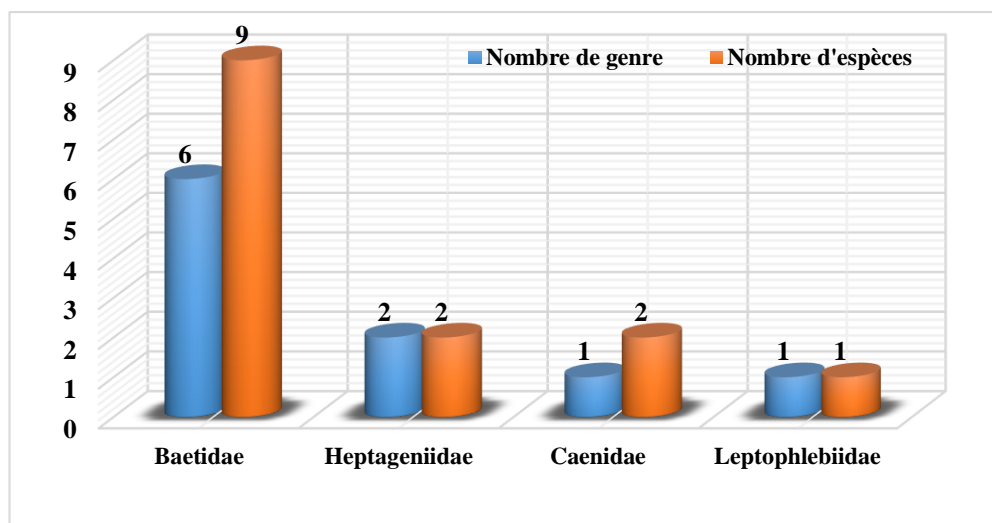


Figure 28 : Représentation du nombre de genres et d'espèces par familles des Ephéméroptères récoltés.

Tableau 8 : Répartition des Ephéméroptères dans les stations étudiées.

station		O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	Ab	AbR	Occ	OccR
Altitude		850	500	1100	950	600	290	200				
Espèces	Code											
Baetidae												
<i>Acentrella sinaica</i>	Asin		3			3			6	0,2	2	28,57
<i>Baetis pavidus</i>	Bpav		35			20	6		61	2,1	3	42,85
<i>Baetis punicus</i>	Bpun	157	46	20	590	13	105	10	941	32,48	7	100
<i>Baetis gr. rhodani</i>	Brho	143	150	136	65	144	321	83	1042	35,96	7	100
<i>Centroptilum luteolum</i>	Clut		3	5	3				11	0,37	3	42,85
<i>Cheleocleon dimorphicum</i>	Cdim							6	6	0,2	1	14,28
<i>Cleon dipterum</i>	Cdip			3	4				7	0,24	2	28,57
<i>Cleon gr. simile</i>	Csim							5	5	0,17	1	14,28
<i>Nigrobaetis rhithralis</i>	Nrhi	21			5				26	0,89	2	28,57
Heptageniidae												
<i>Ecdyonurus rothschildi</i>	Erot	64	8				3		75	2,58	3	42,85
<i>Rhithrogena gr. germanica</i>	Rger	3							3	0,1	1	14,28
Caenidae												
<i>Caenis luctusa</i>	Cluc	3	51	30	3	3	27	65	182	6,28	7	100
<i>Caenis pusilla</i>	Cpus	3	47			12	8		70	2,41	4	57,14
Leptophlebiidae												
<i>Habrophlebia djurdjurenensis</i>	Hdju	97		16	290	11		48	462	15,94	5	71,42
Ab		491	343	210	960	206	470	217	2897	100		
R.S		8	8	6	7	7	6	6				

Ab : Abondance

AbR (%) : Abondance Relative

Occ : Occurrence

OccR (%) : Occurrence Relative

R.S: Richesse spécifique

4.1. Abondance stationnelle

D'après la figure 29, l'abondance stationnelle des Ephéméroptères oscille entre un minimum de 206 individus pour la station O5 (600 m) et un maximum de 960 individus pour la station O4 (950 m).

Le maximum d'effectif noté au niveau de la station O4 est essentiellement dû à la prolifération de *Baetis punicus* (590 individus., soit 61,45 %) et d'*Habrophlebia djurdjurensis* (290 individus, soit 30,20%).

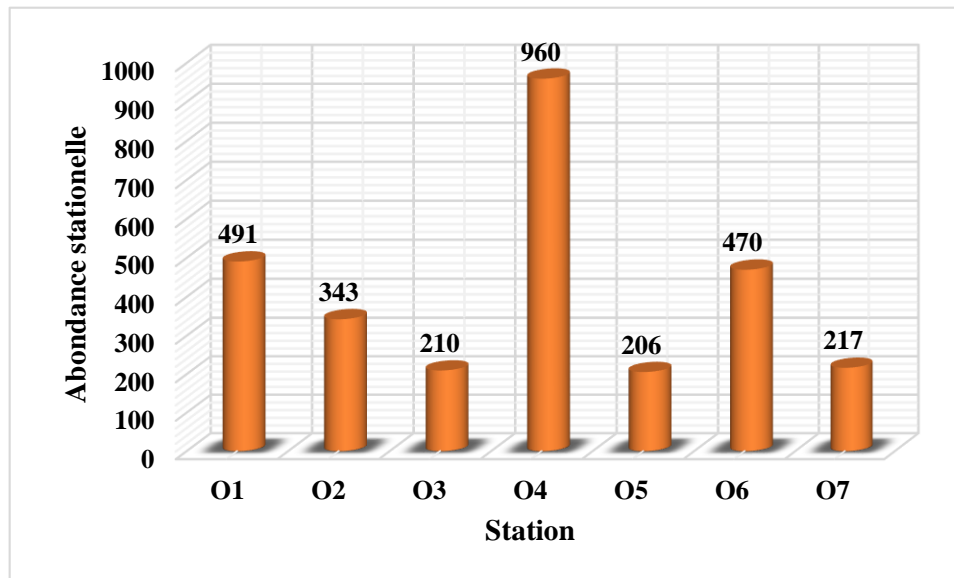


Figure 29 : Abondance stationnelle des Ephéméroptères dans les stations d'étude

4.2. Richesse spécifique

La richesse spécifique des Ephéméroptères le long des cours d'eau étudiés est assez voisine et est comprise entre 6 et 8 espèces. Les stations alticoles (station O1 : 850m ; O4 : 950m) et les stations de piémont (O2 alt.500 m ; O5 : 600m) hébergent 7 et 8 espèces d'Ephéméroptères. Les conditions de vie semblent plus favorables au développement de ce groupe d'insectes.

Dans les stations de basse altitude O6 et O7 (290 m et 200 m) la richesse spécifique est la plus faible (6 espèces). Ce qui est en relation avec les conditions moins optimales (l'impact humaine, la pollution organique, l'augmentation de la température de l'eau et la diminution de taux d'oxygène...etc.). La réduction de la richesse spécifique dans le ruisseau de source (O3 : alt. 1100 m) est due aux émergences d'un bon nombre d'espèces suite à la réduction du débit lors de l'échantillonnage (fin mai).

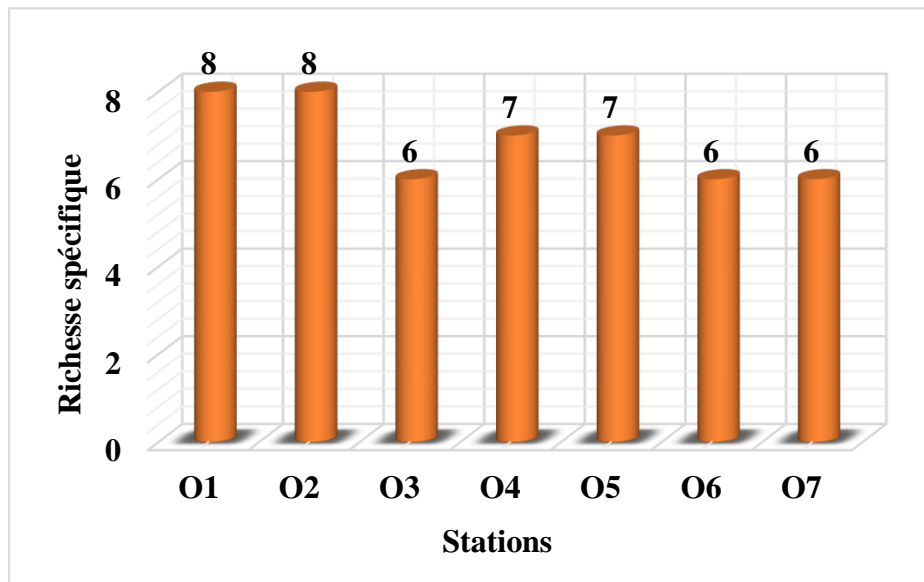


Figure 30 : Richesse spécifique des Ephéméroptères des stations d'étude

4.3. Abondance et occurrence relative des espèces

Du point de vue quantitatif, l'analyse de l'abondance et de l'occurrence des espèces des cours d'eau étudiés a permis de mettre en évidence trois groupes d'espèces :

➤ **Taxons dominants avec une fréquence d'occurrence ≥ 50**

Ce sont des espèces à populations denses et à large valence écologique. On trouve *Baetis punicus*, *Baetis gp rhodani*, *Caenis luctuosa*, *Habrophlebia djurdjurensis* et *Caenis pusilla* sont des espèces les plus occurrentes. Elles colonisent tous les types de milieux lotiques et sont des espèces à large valence écologique. Elles sont eurytopes et eurythermes.

➤ **Taxons peu abondants et accessoires**

Ce sont des espèces aux populations plus ou moins denses, présentant une fréquence d'occurrence comprise entre 25 % et 50 %, représentées par *Acentrella sinaica*, *Baetis pavidus*, *Centroptilum luteolum*, *Cleon dipterum*, *Nigrobaetis rhithralis* et *Ecdyonurus rothschildi*.

➤ **Taxons rares ou accidentels ($C < 25$ %)**

Ce sont des espèces à populations très peu abondantes et très peu fréquentes. Ce sont des espèces localisées repérées dans les biotopes spécialisés :

- Deux espèces localisées dans les stations de basses altitudes et représentées par *Cheleocleon dimorphicum* et *cleon gr simile*.
- Espèce localisée en moyenne de montagne : *Rhithrogena germanica*.

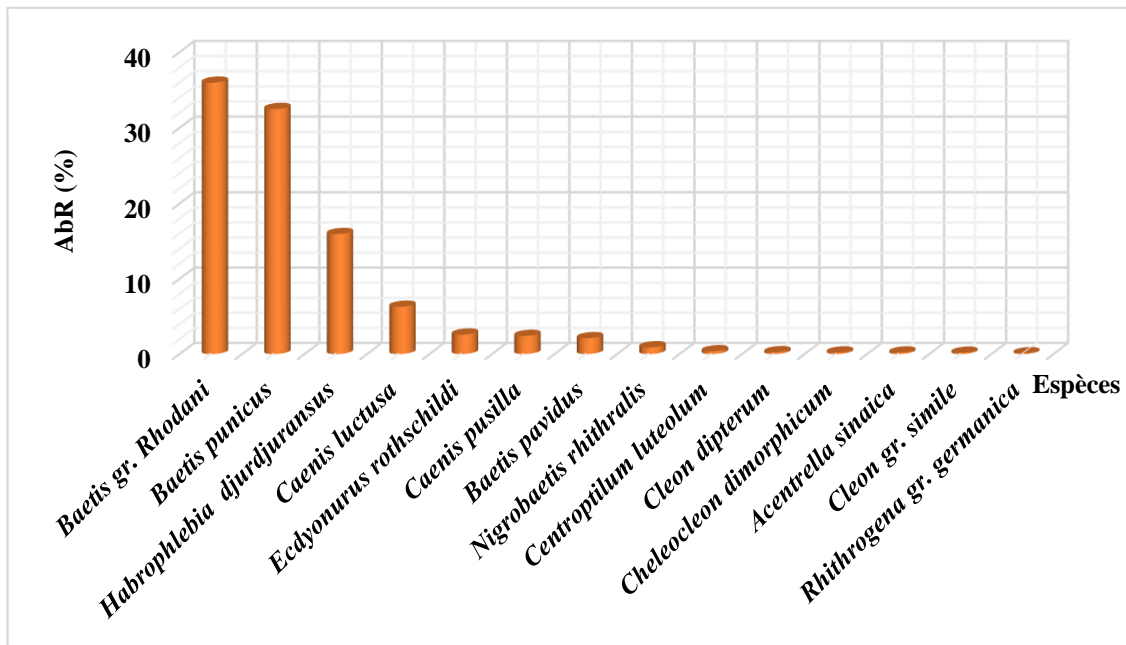


Figure 31 : Abondance relative (%) des Ephéméroptères recensés

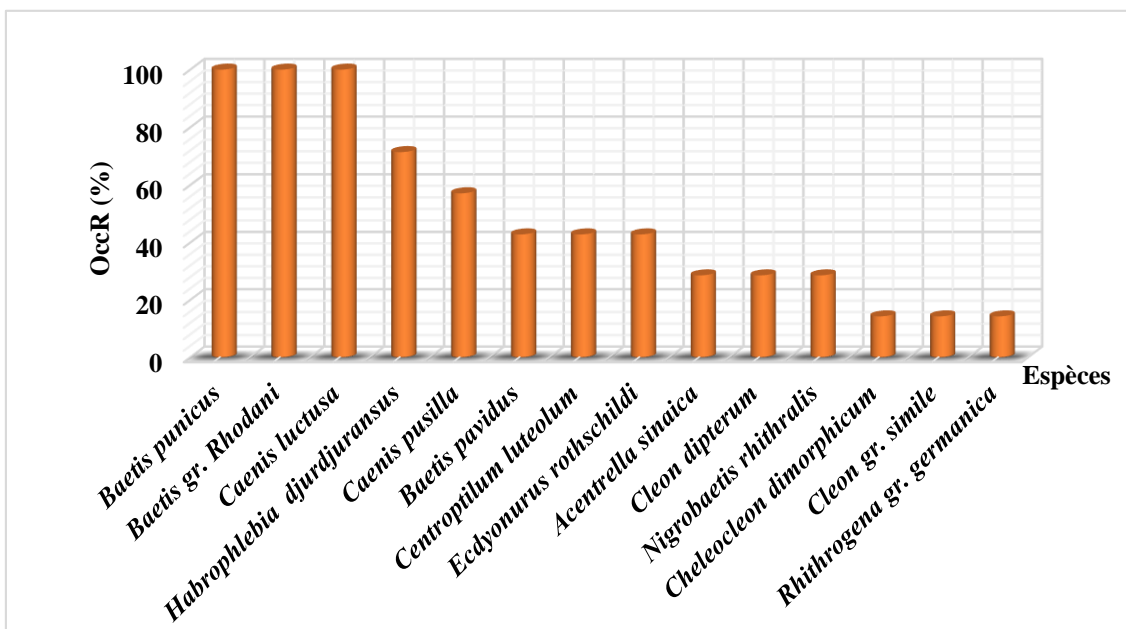


Figure 32 : Occurrence relative (%) des Ephéméroptères recensés

4.4. Répartition longitudinale des éphéméroptères

Au long du cours d'eau étudiés, l'analyse de la répartition longitudinale des Ephéméroptères (tableau 9), nous permet de mettre en évidence les éléments caractéristiques et localisés dans certaines tranches altitudinales et les éléments à large valence écologique. Ainsi, quatre groupes d'espèces sont mis en évidence :

1-Espèces alticoles : appartiennent à ce groupe les espèces alticoles, rhéophiles qui vivent dans les cours d'eau des zones montagneuses. Deux sous-groupes sont dégagés :

- **1er sous-groupe** : une espèce représentée par *Cleon dipterum* qui est strictement localisée dans le secteur amont à savoir O3 à 1100m d'altitude et la O4 située à 950m. cette espèce est rhéophile et sténotherme d'eau froide, caractéristique des habitats d'altitude qui semblent constituer leur habitat refuge.
- **2ème sous-groupe** : représenté par deux espèces à amplitude altitudinale assez large pouvant descendre jusqu'au piémont : *Centroptilum luteolum* et *Nigrobaetis rhithralis*.

2-Espèces localisées : deux sous-groupes se dégagent :

- **1er sous-groupes** : deux espèces localisées dans la zone de piémont (900m > alt. \geq 500m *Acentrella sinaica* et *Rhithrogena gr. germanica*. Ces espèces sont thermophiles.
- **2ème sous-groupe** : regroupe deux espèces récoltées dans les basses altitudes : *Cheleocleon dimorphicum* et *Cleon gr. Simile* (500m > alt. \geq 200m). Elles sont potamophiles, thermophiles et tolèrent la présence de la matière organique.

3-Espèces de moyenne montagne pouvant descendre en basse altitude : *Baetis pavidus*, *Caenis pusilla* et *Ecdyonurus rothschildi*. Leurs limites altitudinales supérieures sont moins élevées que celles du groupe alticole précédent.

4-Espèces à large valence écologique : elles colonisent tous les types de milieux, depuis les ruisseaux d'altitude jusqu'au cours d'eau de plaine : *Baetis punicus*, *Baetis gr. rhodani*, *Caenis luctuosa* et *Habrophlebia djurdjurenensis*.

Tableau 9 : Limites altitudinales des Ephéméroptères recensés.

Espèces	≥900m	900m> alt ≥500m	500m> alt ≥200m
<i>Cleon dipterum</i>	7		
<i>Centroptilum luteolum</i>	8	3	
<i>Nigrobaetis rhithralis</i>	5	21	
<i>Acentrella sinaica</i>		6	
<i>Rhithrogena gr. germanica</i>		3	
<i>Cheleocleon dimorphicum</i>			6
<i>Cleon gr. simile</i>			5
<i>Baetis pavidus</i>		55	6
<i>Caenis pusilla</i>		62	8
<i>Ecdyonurus rothschildi</i>		72	3
<i>Baetis punicus</i>	610	216	115
<i>Baetis gr. rhodani</i>	201	437	404
<i>Caenis luctuosa</i>	33	57	92
<i>Habrophlebia djurdjurensis</i>	306	108	48
Richesse spécifique	7	11	9
Abondance	1170	1040	687

4.5. Indices de diversité de Shannon et Equitabilité

L'indice de SHANNON et l'Equitabilité expriment mieux la diversité et la structure des espèces figure (33). Les résultats obtenus pour ces deux indices varient respectivement entre 1,25 à 2,28 et entre 0,47 et 0,76.

Les valeurs les plus élevées sont enregistrées à la station O2 avec la valeur de l'indice de SHANNON $H' = 2,28$ et de l'équitabilité $E = 0,75$ et la station O1 avec $H' = 2,21$ accompagnée par l'indice d'équilibre $E = 0,73$. Ces stations dépourvues de pollution se trouvent à une altitude comprise entre 500 et 850 mètres. La diversité des peuplements dans ces stations à des caractéristiques hétérogènes est due à la température de l'eau relativement basse, à un substrat grossier, à un courant moyen et à un recouvrement important. Ce ruisseau montagneux offre un environnement propice à l'établissement des espèces, dans la majorité sténotherme d'eau froide, rhéophile et polluosensible.

Les stations O3, O4, O6, O5 et O7 présentent des indices plus faibles : H' entre 1,25 et 1,98 et une équitabilité comprise entre 0,47 et 0,76. La diminution de l'indice de SHANNON dans ces stations est liée principalement en raison des actions humaines (pompage de l'eau pour l'irrigation, pâturage, rejets domestiques, extraction de sable), ce qui traduit par la modification du substrat et destruction des habitats qui conduit à une diminution de niches écologiques.

En ce qui concerne la station O3 (à une altitude de 1100 mètres), la baisse de H' est due à l'uniformisation du milieu en raison des conditions extrêmes dans cette station. En effet, les éléments les plus élevés sont l'altitude, la pente et le courant, le substrat grossier et la température de l'eau (14°C). Ainsi, le nombre de niches écologiques diminue, ce qui entraîne une diminution du nombre d'espèces. Cela s'applique à la station O3 qui se trouve à proximité de la source froide.

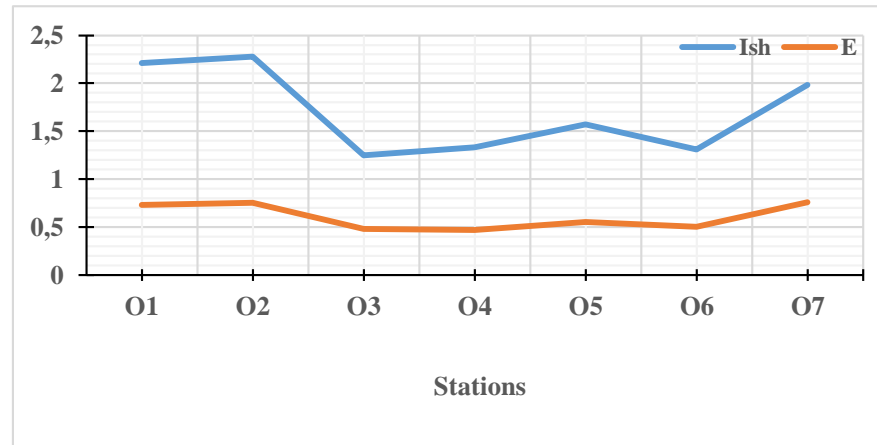


Figure 33 : Evolution des indices de SHANNON (H') et d'équitabilité (E) dans les stations étudiées

5. Structure mésologique

Dans le cadre de ce travail, 11 descripteurs environnementaux sont pris en compte pour caractériser chacune des 7 stations étudiées (tableau 10).

Tableau 10 : 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 (%).

	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7
Alt (m)	850	500	1100	950	600	290	200
Pente (%)	10	8	19	11	8	3	1,5
DsS (km)	2,5	7	0,3	1,5	13	20	26
Larg (m)	3	5	1	3	4	6	7
Prof (cm)	15	25	10	20	25	35	35
Vit (cm/s)	100	90	20	25	40	50	20
T(°C)	12	14	8	10	16	19	23
Rip (%)	70	10	90	60	90	50	0
GG/G (%)	90	50	70	65	60	30	20
S/L (%)	10	40	20	25	30	50	60
MatO (%)	0	10	10	10	10	20	20

L'analyse de la classification ascendante hiérarchique de l'ensemble des stations (figure 34) fait apparaître 2 groupes de stations :

- **Groupe 1** : représenté par les stations O3 (ruisseau de source), O1 et O4 (torrents de montagne) dont l'altitude est comprise entre 1100 et 850m, se caractérisent par une pente élevée, une température de l'eau relativement basse, un lit moins large et moins profond, un recouvrement assez dense avec un substrat dans la majorité grossière.
- **Groupe 2** : représenté par les stations de piémont (O2 et O5) et de basse altitude caractérisées par un substrat hétérogène avec un pourcentage assez élevé en fraction fine riche en matière organique, un lit plus large et plus profond surtout en aval (O6 et O7). Ce secteur est affecté par les différentes perturbations anthropiques.

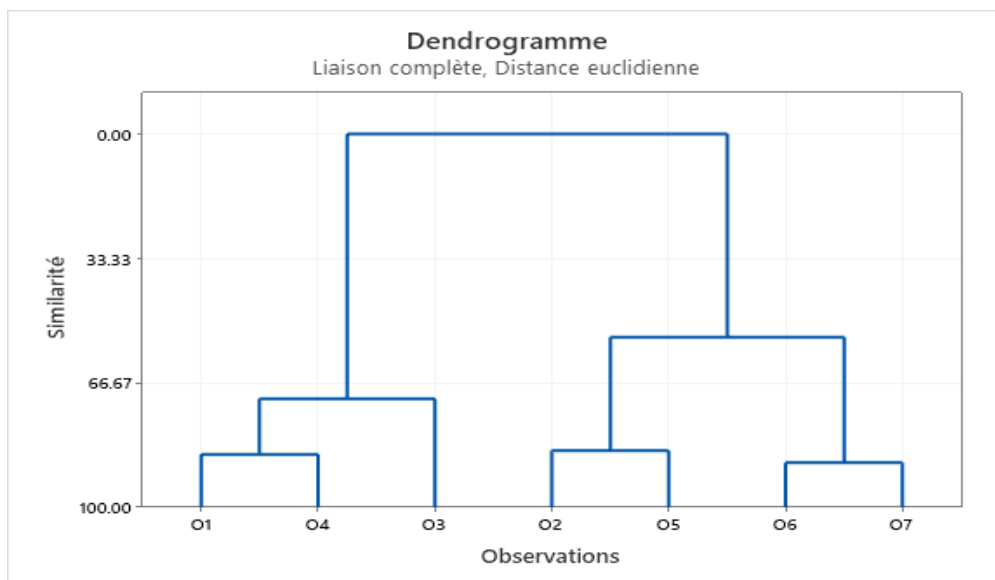


Figure 34 : Dendrogramme de la distribution des stations

La représentation des stations dans l'espace, des mêmes facteurs significatifs (F1 : 42% et F2 : 21 %), fait apparaître sur l'axe F1 l'opposition entre les stations de moyenne montagne (O5, O2) et de basse altitude (O6, O7) en position positive et les stations les plus alticoles en position négative sur le même axe (figure 35).

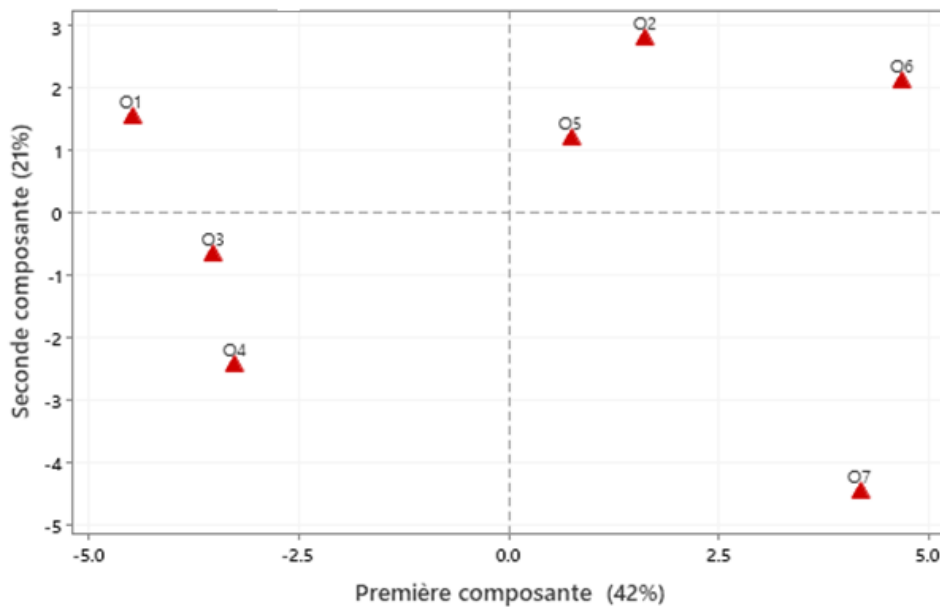


Figure 35 : Distribution spatiale des stations d'étude dans le plan factoriel F1-F2

6. Assemblage des espèces en fonction des différents paramètres

Une analyse multivariée d'un tableau de contingence croissant 7 stations, 14 espèces et 21 paramètres : mésologiques (11), physico-chimiques (7) et bactériologiques (3) 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 Ephéméroptères récoltés. L'AFC effectuée (figure 36) attribue 63 % au total pour les deux axes, soit 42 % de la variabilité totale du nuage de point au premier axe factoriel, et 21% au deuxième axe.

✓ Le peuplement Ephéméroptérologique de piémont et de basse altitude en position positive sur l'axe 1 (groupement 1) peut être scinder en deux sous-groupes :

* Le secteur des stations O2 et O5 (alt. 500 et 600m), les plus affectées par les perturbations anthropiques, présentent une eau relativement chargée en nitrites, nitrates et Orthophosphates ainsi qu'une charge bactérienne plus importante en *E.coli*, *Clostridium* et Coliformes totaux. Quatre espèces caractérisent ce secteur : *Baetis pavidus*, *Caenis pusilla*, *Acentrella sinaica* et *Baetis gpe rhodani*.

* Le secteur des stations de basse altitude caractérisées essentiellement par un substrat fin riche en matière organique, un lit plus large, une lame d'eau profonde, une température de l'eau et une conductivité plus élevées. Les espèces qui composent ce groupement sont pour la plupart thermophiles et potamophiles : *Caenis luctuosa*, *Cleon gr. Simile* et *Cheleocleon dimorphicum*.

- Le peuplement Ephéméroptérologique d'altitude (groupement 2), en position négative sur cet axe, présente une forte affinité au substrat grossier, pente élevée, recouvrement important et une bonne oxygénation de l'eau : *Ecdyonurus rothschildi*, *Rhitrogena gr. germanica*, *Nigrobaetis rhithralis*, *Caenis luctuosa*, *Baetis punicus*, *Cleon dipterum* et *Habrophlebia djurdjurenensis*.

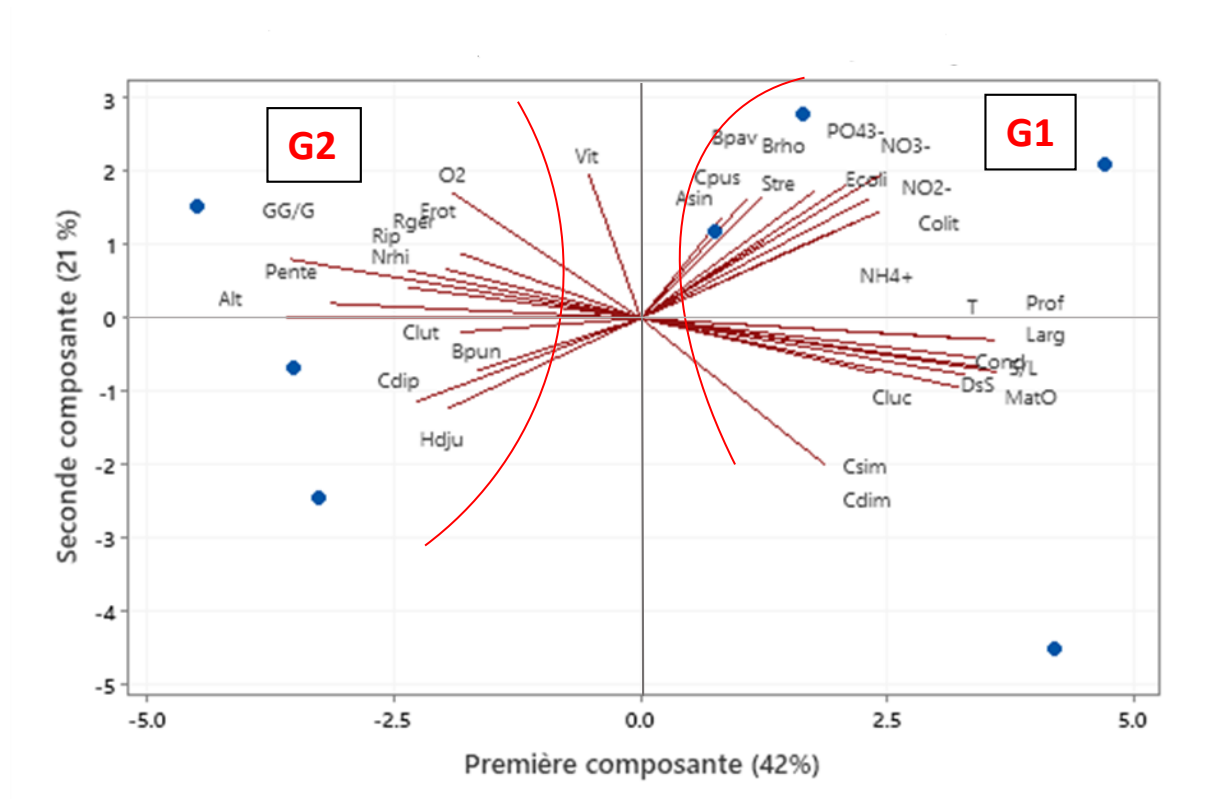


Figure 36 : Distribution des noyaux d'affinité des espèces, stations et paramètres dans le plan factoriel F1-F2

7. Discussion

Le présent travail réalisé sur les 7 stations de l'Assif Ouadhias a permis la récolte de 2897 individus appartenant à 4 familles, 10 genres et 14 espèces. Il a permis l'acquisition de données intéressantes sur l'écologie des Ephéméroptères.

La distribution et l'abondance des espèces le long du réseau hydrographique étudié varie en fonction des différents paramètres environnementaux. En effet, plusieurs travaux ont montré que la nature du substrat (STATZNER et al., 1988) et la vitesse du courant (DEGANY et al., 1993) sont les paramètres prépondérants. D'autres facteurs ont également une certaine influence dans la répartition des espèces : la minéralisation de l'eau, l'altitude et la température de l'eau (MEBARKI et al., 2017), la végétation bordante et la pollution organique (GAGNEUR & THOMAS, 1988 ; BOUMAÏZA, 1994), la pente et la temporalité des cours d'eau (EL ALAMI,

2002), mais le degré accordé à ces facteurs semble s'imposer selon un ordre hiérarchique qui peut varier d'une espèce à une autre.

La station O4 totalise 960 individus représentés essentiellement par enregistre *Baetis punicus* (590 individus., soit 61,45 %) et d'*Habrophlebia djurdjurenensis* (290 individus, soit 30,20%).

Le maximum d'espèces est noté au niveau des stations de montagne et de piémont. Le genre *Baetis* est dominant. Il représente 97,10% du total des Baetidae et 72,66% du total des Ephéméroptères récoltés. L'espèce *Cleon dipterum* est strictement alticole, elle est récoltée à la station O3 à 1100m d'altitude, elle est sténotope et sténotherme d'eau froide. Ce ruisseau de source semble réunir les conditions écologiques favorables lui permettant d'exister : substrat grossier, fort recouvrement, température de l'eau la plus basse...etc.

Les espèces *Caenis luctuosa*, *Cleon gr. Simile* et *Cheleocleon dimorphicum* semblent supporter les élévations de températures de l'eau, leur distribution est liée au substrat fin riche en matière organique.

Certaines espèces sont moins exigeantes et tolèrent des variations dans les conditions du milieu. Les espèces *Baetis punicus*, *Baetis gp rhodani*, *Caenis luctuosa*, *Habrophlebia djurdjurenensis* et *Caenis pusilla* présentent une large distribution le long des stations étudiées. Elles colonisent des biotopes variés de l'amont jusqu'en plaine, elles sont eurytope et eurytherme.

D'après LOUNACI (2005), *Baetis punicus* est le plus répandu et le plus commun en Kabylie. Il s'étend sur la plus grande région de l'altitude. Idem pour *Caenis luctuosa* qui est selon THOMAS & SARTORI (1989) et GAGNEUR & THOMAS (1988) polluo-résistante et à spectre écologique assez large.

Les espèces *Baetis pavidus*, *Caenis pusilla*, *Acentrella sinaica* et *Baetis gpe rhodani* semblent être polluo-résistantes et supporter mieux les différentes charges polluantes comparées aux espèces fragiles et exigeant un support aqueux de bonne qualité. De même, les résultats des analyses physico-chimique ont indiqué une élévation des paramètres de pollution surtout NO_3^- et PO_4^{3-} dans les stations de moyenne montagne (O2 et O5) les plus affectées par les activités humaines. L'analyse bactériologique dévoile aussi une charge importante des coliformes totaux, Streptocoques et E. Coli (surtout O2) témoignant d'une contamination récente par des matières fécales.

En effet, ARIMORO & MULLER (2010) signalent que les principaux facteurs écologiques influençant la répartition des Ephémères sont la composition granulométrique du substrat, l'habitat et la qualité de l'eau.

La répartition longitudinale des espèces met en évidence 4 groupes allant des espèces liées au secteur montagnard jusqu' aux espèces à large valence écologique.

Conclusion

La présente étude avait pour but de dresser la liste faunistique des Ephéméroptères du réseau hydrographique de l'assif Ouadhias et de chercher de comprendre la distribution des éléments de cet ordre d'insectes en fonction des différents paramètres : mésologiques, physico-chimiques et bactériologiques.

Sept stations lotiques ont été prospectées entre 200 et 1100 m d'altitude le 28/05/2024 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-chimiques et bactériologiques.

Un total de 2897 individus appartenant à 4 familles, 10 genres et 14 espèces a été récolté.

La famille Baetidae est la plus diversifiée. Elle est représentée par 6 genres (*Acentrella*, *Baetis*, *Centroptilum*, *Cheleocleon*, *Cleon* et *Nigrobaetis*) et 9 espèces. Elle est suivie par la famille des Heptageniidae avec 2 genres et 2 espèces. Se place en 3^{ème} position la famille des Caenidae avec un genre et 2 espèces. Enfin, la famille des Leptophlebiidae est mono spécifique.

Sur le plan numérique, les Baetidae sont dominants et totalisent 2105 individus soit 72,66 % du total des Ephéméroptères récoltés. Ils sont suivis par les Leptophlebiidae avec 462 individus (15,94 %), puis par les Caenidae avec 252 individus (8,69 %) et les Heptageniidae qui ne totalisent que 78 individus (soit 2,69 %).

L'abondance stationnelle des Ephéméroptères oscille entre un minimum de 206 individus pour la station O5 (600 m) et un maximum de 960 individus pour la station O4 (950 m). La richesse spécifique des Ephéméroptères le long des cours d'eau étudiés est assez voisine et est comprise entre 6 (O3, O6 et O7) et 8 espèces (O1 et O2).

Les résultats de la présente étude ont permis l'acquisition de quelques données intéressantes du point de vue faunistique, écologique et répartition des espèces, et permettent ainsi de définir le statut écologique d'un certain nombre d'entre elles :

**Cleon dipterum* inféodée au secteur montagnard ne descend pas au-dessous de 950m d'altitude contrairement aux *Centroptilum luteolum* et *Nigrobaetis rhithralis* qui peuvent descendre jusqu'en moyenne montagne voire piémont.

* *Acentrella sinaica* et *Rhithrogena gr. germanica.*, espèces thermophiles localisées dans la zone de piémont (900m > alt. ≥500m).

* *Cheleocleon dimorphicum* et *Cleon gr. Simile*, espèces potamophiles tolérant la présence de la matière organique (500m > alt. ≥200m).

* *Baetis pavidus*, *Caenis pusilla* et *Ecdyonurus rothschildi*, espèces de moyenne montagne pouvant descendre en basse altitude.

* *Baetis punicus*, *Baetis gp rhodani*, *Caenis luctuosa*, *Habrophlebia djurdjurenensis* et *Caenis pusilla* présentent une large distribution le long des stations étudiées. Elles colonisent des biotopes variés de l'amont jusqu'en plaine, elles sont eurytope et eurytherme.

Les résultats des indices de Shannon (H') et d'équitabilité (E) varient respectivement entre 1,25 et 2,28 et entre 0,47 et 0,76.

Les résultats des analyses physico-chimique ont indiqué une variabilité des paramètres mesurés. Les stations altitude ne présentent aucune pollution chimique par rapport aux normes environnementales, contrairement aux stations de piémont et de basse altitude, les plus affectées par les perturbations anthropiques et dont les paramètres de pollution (surtout NO_3^- et PO_4^{3-}) montrent des valeurs relativement supérieures.

L'analyse bactériologique de l'eau des différentes stations étudiées indique une charge importante des coliformes totaux, Streptocoques et E. Coli surtout à partir de la station O4 en raison d'une contamination récente par des matières fécales.

L'analyse multivariée du tableau de contingence croisant 7 stations, 14 espèces et 21 paramètres (mésologiques, physico-chimiques et bactériologiques) réalisée par le moyen d'une AFC, a permis de dégager 2 grands groupes :

* Le peuplement Ephéméroptérologique d'altitude qui présente une forte affinité au substrat grossier, pente élevée, recouvrement important et une bonne oxygénation de l'eau : *Ecdyonurus rothschildi*, *Rhitrogena gr. germanica*, *Nigrobaetis rhithralis*, *Caenis luctuosa*, *Baetis punicus*, *Cleon dipterum* et *Habrophlebia djurdjurenensis*.

* Le peuplement Ephéméroptérologique de piémont et de basse altitude scinder en deux sous-groupes :

- Le secteur des stations O2 et O5 (alt. 500 et 600m), les plus affectées par les perturbations anthropiques, présentent une eau relativement chargée en nitrites, nitrates et orthophosphates ainsi qu'une charge bactériennes plus importante en E.coli, Clostridium et Coliformes totaux. Quatre espèces caractérisent ce secteur : *Baetis pavidus*, *Caenis pusilla*, *Acentrella sinaica* et *Baetis gpe rhodani*.

- Le secteur des stations de basse altitude caractérisées essentiellement par un substrat fin riche en matière organique, un lit plus large, une lame d'eau profonde, une température de l'eau et une conductivité plus élevées. Les espèces qui composent ce groupement sont pour la plupart thermophiles et potamophiles : *Caenis luctuosa*, *Cleon gr. Simile* et *Cheleocleon dimorphicum*.

En perspective, le travail est loin d'être fini, la prospection d'autres cours d'eau de Kabylie enrichira certainement cet inventaire faunistique et permettra de mieux comprendre la répartition et l'écologie des Ephéméroptères.

Enfin, les sources, les torrents de montagnes sont aussi à protéger car ce sont des zones refuges d'un intérêt écologique certain et vérifié.

Références bibliographiques

A

ABDESSELAM M., 1995. Structure et fonctionnement d'un kart de montagne sous climat méditerranéen : exemple de Djurdjura occidental (Grande Kabylie, Algérie). Thèse de doctorat, en science de la terre, université de Franche Compté : 233p.

AIT MALEK S. & BESSAH S., 2020. Faunistique et écologie des Trichoptères Hydropsychidae Curtis, 1835 du réseau hydrographique de l'assif Ouadhias. Mémoire fin d'étude, université mouloud Mammeri Tizi-Ouzou.

ALBA-TERCEDOR J. & PICAZO- MUÑOZ J. 1995. Relationships between the distribution of mayfly nymphs and the water quality in the Guadalquivir river basin (Southern Spain). In: Current directions in research on Ephemeroptera: 41-54, L.D. Corkum and J.J.H. Coborowski (eds.). Canadian Scholar press inc. Toronto.

ANGELIER E., ANGELIER M.L. & LAUGA J. 1985. Recherches sur l'écologie des Hydracariens (Hydrachnellae, Acari) dans les eaux courantes. Annl. Limnol., 21 (1) : 25-64.

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

ARIMORO F.O. & MULLER W.J. 2010. Mayfly (Insecta: Ephemeroptera) community structure as an indicator of the ecological status of a stream in the Niger Delta area of Nigeria. Environmental Monitoring and Assessment, **166** : 581-594.

ATMANI L. & MOUSSAOUI Y., 2018. Contribution à la connaissance des Ephéméroptères des cours d'eau du sous-bassin de l'oued Boubhir (Tizi-Ouzou). Mémoire fin d'étude, université mouloud Mammeri Tizi-Ouzou.

B

BARBAULT, R., 1981. Ecologie des populations et des peuplements (Structure, dynamique et évolution). Ed. Masson, Paris, 200 p.

BARBOUR, M. T., J. GERRITSEN., B. D. SNYDER., & J. B. STRIBLING. (1999). Rapid bioassessment protocols for Use in Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates, and Fish, 2^e édition, Washington, D.C., U.S Environmental Protection Agency, Office of Water, EPA841-B-99-002, 11 chapitres, 4 annexes.

BARTRAM, J. & PEDLEY, S., 1996. Water Quality Monitoring: A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programmes. United Nations Environment Programme & World Health Organization.

BEBBA N. 2017. Impacte des paramètres environnementaux et distribution spatiotemporelle des Ephéméroptères dans les Oueds de Biskra et Batna. Thèse de Doctorat. U FA S. 198 p.

BELAGOUNE F., 2012. Etude de modélisation des crues de cours d'eau au milieu semi-aride : cas du grand bassin versant O5, O6 et O7. Thèse de magister, université d'Ouargla : p181.

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

BLONDEL, J., 1979. Bibliographie et écologie. Ed. Masson, Paris, 173 p.

BOLBAOCA D. S. & amp ; 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.

BOUMAÏZA M. 1994. Recherches sur les eaux courantes de Tunisie. Faunistique, Ecologie et Biogéographie. Thèse de Doctorat d'Etat es-Sciences Biologiques. Faculté des Sciences, Tunis II, Tunisie, 427 pp.

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

BOURNAUD M. 1983. Le courant, facteur écologique et éthologique de la vie aquatique. Hydrobiologie, 21 : 125-165.

BREMOND, R., & PERRODON, A., 1979. La Pollution des Eaux Continentales. Presses Universitaires de France (PUF).

BRULIN M. 2007. Du côté des Éphémères : gros plan sur les Caenis. Insectes, n ° 144 : 29 33.

C

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

CAZAUBON, A., & ORSINI, A., 1988. Variations saisonnières et spatiales des peuplements de diatomées benthiques dans un hydrosystème méditerranéen. Annales de Limnologie, 24(3), 219-237.

CHAMPOUX M. & CLAUD T., 1993. Elément d'hydrologie.1ère Edition : le griffon d'argiles,257 p.

CHAUMONT M. & PAQUIN C. 1971. Carte pluviométrique de l'Algérie au 1/ 500 000 Avec notice explicative. Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord, 24 pp.

CHERIFI T. & LAICHE Z., 2017. Contribution à la connaissance des Éphéméroptères des cours d'eau de Grande-Kabylie. Mémoire fin d'étude, université mouloud Mammeri Tizi-ouzou

D

DAJOZ, R., 1975. Précis d'écologie. Paris 1975 3eme édition.549P :23-75.

DAJOZ., 1979 Précis d'écologie. Paris. G.V.

DAJOZ, R., & amp ; FIASSO, G., 1985. Précis d'écologie. In : bulletin mensuel de la société linnéenne de Lyon, 54e année, n°6. p.52.

DEGREMONT., 2005. Mémento technique de l'eau. Tome I. 10ème édition Lavoisier : Tec & Doc. Paris. France, 1928 p.

DAKKI M. 1987. La faune des eaux douces. In : La grande Encyclopédie du Maroc (Faune) : 190-203. GEP, Cremona Italie.

DALLERAS G., 2007. Microbiologie pratique pour le laboratoire d'analyse et de contrôle sanitaire. Edition Lavoisier, Paris 206p

DEGANY G., HERBST G.N., ORTAL R., BROMLEY H.J., LEVANON D., NETZER Y., HARARI N. & GLAZMAN H. 1993. Relationship between current velocity, depth and the invertebrate community in a stable river system. *Hydrobiologia*, **263** : 163-172.

DEMOULIN, G., 1981. Ephéméroptères. Editions de l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer. Collection Initiations - Documentation Techniques n°45. 407-443 pp.

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, 24p

DYNESIUS M. & NILSSON C. 1994. Fragmentation and flow regulation of river systems in the northeast third of the world. *Science*, **266** : 753-782.

E

EL ALAMI M. 2002. Taxonomie, écologie et biogéographie des Ephéméroptères du Rif (Nord du Maroc). Thèse Doctorat d'Etat, Université Abdelmalek Essaadi, Faculté des Sciences de Tétouan, 402 pp.

ELOUARD J.M., GATTOLLIAT J.L., Sartori M., OLIARINONY R. 2001. Ordre des Ephéméroptères. Laboratoire de Recherche sur les Systèmes Aquatiques et leur Environnement : 77-81.

EVERARD M. & POWELL A., 2002. Rivers as living systems. *Aq. Cons. Mar. Freshwat. Ecosyst.*, 12: 329 – 337.

F

FLANDRIN J. 1952. La chaîne du Djurdjura : monographie régionale. XIXème congrès géologique international, 1 ère série (19) : 49 pp.

G

GAID A. 1984. Epuration biologique des eaux usées urbaines. Tome I, édition OPU, Alger, 261p.

GAGNEUR J. ET THOMAS A.G.B.1988. Contribution à la connaissance des Ephéméroptères d'Algérie.I. Répartition et écologie (1ere partie) (Insecta, Ephemeroptera). Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse, 124 :213-223.

GATTOLLIAT, J.-L. & SARTORI, M. (2000b). Guloptiloides: An Extraordinary New Carnivorou Genus of Baetidae (Ephemeroptera). *Aquatic Insects* 22 : 148-159.

GATTOLLIAT JEAN-LUC, 2002. Etude systématique, cladistique et biogéographique des Baetidae (Ephemeroptera) de Madagascar. Thèse de doctorat, à la Faculté des Sciences de l'Université de Lausanne.

GATTOLLIAT J.L., CAVALLO E., Vuataz L. et SARTORI M. 2015. DNA barcoding of Corsican mayflies (Ephemeroptera) with implications on biogeography, systematics and biodiversity. *Arthropod systematique & phylogeny*,73 (1) : 3 -18.

GÉDRIC H. & GAËLLE H. 1999. Bilan bibliographique de deux ordres de larves d'insectes aquatiques, les Ephéméroptères et les Trichoptères : systématique, écologie, biologie et répartition. Université de la réunion, maîtrise de biologie des populations et des écosystèmes : 59 p.

GERARD GRUAU & PATRICE PETITJEAN & ODILE HENIN,2005. Pollution des Captages d'Eau Brute de Bretagne par les Matières Organiques. Document remis à la Région Bretagne et à la DRASS de Bretagne CAREN, UMR 6118 Géosciences Rennes, Campus de Beaulieu, 35042 Rennes Cedex.

GENIN, A., CATTANEO, F., LAMOUREUX, N., OLIVIER, J.-M., & PONT, D.,2003. Influence of sampling scale on the assessment of fish assemblages in a large European river. *Freshwater Biology*, 48(9), 1524-1538.

GUYOT G., 1999. Climatologie de l'environnement. 2e Edition Dunod, Paris, 525p.

GROSCLAUDE,1999 : l'eau, tome I : milieu naturel et maîtrise. Edition INRA, paris.

H

HAOUCHINE, S., 2011. Recherche sur la faunistique et l'écologie des macro-invertébrés des cours d'eau de kabylie. Thèse de Magister. Université Mouloud Mammeri. Tizi-Ouzou. 116p.

HELD U. 2010. Pièges de corrélation : les coefficients de corrélation de Pearson et spearman.

HELLAWELL, J. M. (1986). Biological indicators of Freshwater pollution and Environmental Management, Londres, Elsevier.

HILL M.O. 1974. Correspondance analyses: a neglected multivariate method. *Appl. Statist.*, 23: 340-354

HYNES H.B.N. 1970. The ecology of running waters. Liverpool University Press, Liverpool: 555 pp.

J

Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire.2011. Loi du 19 juin 2011 relative à l'eau. Journal Officiel de la République Algérienne, n° 34.

L

LAMINE, S., 2021. Recherche sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des Ephéméroptères, Plécoptères, Trichoptères et Coléoptères Hydraenidae et Elmidae des cours d'eau de la Kabylie du Djurdjura. Thèse doctorat. Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou p.65.

LARSEN, D. P., KAUFMANN, P. R., PETERSEN, J., & CLARKE, R. T., 1996. Linkages between Benthic Algae, Benthic Invertebrates, and Fish in Streams. *Journal of the North American Benthological Society*, 15(3), 422-441.

LAVANDIER P. 1979. Ecologie d'un torrent Pyrénéen de haute montagne: l'Estaragne. Thèse de doctorat d'Etat. Université de Paul Sabatier Toulouse : 523p.

LEGENDRE, L., & LEGENDRE, P., 1979. Ecologie numérique. Le traitement multiple des données écologiques. 2ème Edition Masson, Paris : 206 p.

LEPOT M., 2015. Techniques de prélèvement et d'analyse des échantillons en milieu aquatique. Éditions Techniques de l'Ingénieur, traité Environnement.

LEVÊQUE C., 1996. Ecosystèmes aquatiques. Edition Hachette, Paris, 159p.

LOUNACI A., 1987. Recherches hydrobiologique sur les peuplements d'invertébrés benthiques du bassin de l'oued Aissi (Grande Kabylie). Thèse de Magister. U.S.T.H.B : 133 p.

LOUNACI & DAOUDI D., 1996. Travaux sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des insectes aquatiques du réseau hydrographique du Sébaou. Thèse de Magister. Université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou : 152 p.

LOUNACI A., BROSE S., AÏT MOULOUD S., LOUNACI-DAOUDI D., MEBARKI N. & THOMAS A.G.B. 2000a. Current knowledge of benthic invertebrate diversity in an Algerian stream : a species check-list of the Sébaou River basin (Tizi-Ouzou). *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse*, **136** : 43-55.

LOUNACI A., BROSE S., THOMAS A.G.B. & LEK S. 2000b. Abundance, diversity and community structure of macroinvertebrates in an algérian stream : The Sébaou wadi. *Annales de Limnologie*, **36** (2) : 123-133.

LOUNACI A., 2005. Recherches sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des macro-invertébrés des cours d'eau de Kabylie (Tizi-Ouzou, Algérie). Thèse de Doctorat d'état en biologie. Univ. Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou : 208 p.

M

MEBARKI M. 2001. Etude hydrobiologique de trois réseaux hydrographiques de Kabylie (Parc National du Djurdjura, oued Sébaou et oued Boghni) : faunistique, écologie et biogéographie des macroinvertébrés benthiques. Thèse de Magister. Université Mouloud Mammeri. Tizi-Ouzou, 178 pp.

MEBARKI M., TELEB A. & ARAB A. 2017. Environmental factors influencing and distribution of mayfly larvae in Northern Algerian wadis (Regionals Scales). *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, **72** (3) : 303-313.

MEDDOUR, R. 2010. bioclimatologie, phytogéographie et phytosociologie de l'Algérie. Thèse doctorat d'état en science agronomique, foresterie, U.M.M.T.O :461P.

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

MESSOUDENE M., LARIBI M & DERRIDJ A., 2007. Etude de la diversité floristique de la forêt de l'Akfadou (Algérie). Bois et foret des tropiques, 291(1) ,75-81pp.

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

MOKEDDEM K. & 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.

N

NISBET, M., & VERNEAUX, J., 1970. Composantes chimiques des eaux courantes : leurs variations et leur influence sur la faune et la flore aquatiques. Annales de Limnologie, 6(2), 161-190.

O

ORSINI, A., 1986. Étude des communautés algales des rivières de Provence. Thèse de doctorat, Université de Provence, Aix-Marseille I.

P

PHILIPPART J.C., 2000. Biodiversité et caractéristiques physique des cours d'eau. Université de liège, département des sciences et gestion de l'environnement, unité de biologie du comportement, laboratoire de démographie des poissons et d'hydro écologie10 Chemin de la Justice, B- 4500Tihange, Belgique : 13p.

PIELOU, E. C., 1969. An introduction to mathematical ecology. Wiley – Interscience. John Wiley & Sons, NewYork. VIII+ 286 S., 32 Abb., Preis 140 s.

Q

QUEZEL P. 1957. Peuplement végétal des hautes montagnes de l'Afrique du Nord. Ed. Le chevalier.

R

RAMADE F., 1984. Elément d'écologie, écologie fondamentale, Ed. MC GRAW HILL, Paris.

RAMADE F., 2003. Elément d'écologie : Ecologie fondamentale. 3ème édition. Dunod.Paris:190 p.

RODIER, J., 1984. L'Analyse de l'Eau : Eaux Naturelles, Eaux Résiduaires, Eau de Mer. Dunod, Paris.

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

RODIER J., 2005. L'analyse de l'eau : L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mers. 8ème édition : Dunod. Paris. France, 1381p.

S

SADI OUFELLA MOHAND OUACHOUR & SAIDANI ROZA., 2023. Biodiversité des Trichoptères de l'Assif Hallil et de l'Oued Boubhir (s.s.) en relation avec les paramètres mésologiques, physico-chimiques et bactériologiques. Mémoire fin d'étude, université mouloud Mammeri Tizi-Ouzou.

SARTORI M. & BRITAIN J.E., 2015. Order Ephemeroptera, Museum of Zoology, Palais de Rumine, Lausanne, Switzerland & Natural History Museum, University of Oslo, Oslo, Norway

SAVARY P., 2010. Guide des analyses de la qualité de l'eau. Edition Territorial Voiron. P261.

SEKHI S., HAOUCHINE S., LOUNACI-DAOUDI D., EL ALAMI M. & LOUNACI A., 2016. Contribution à la connaissance des Trichoptères de Grande-Kabylie (Algérie) [Trichoptera].

SELTZER P. 1946. Le climat de l'Algérie. Travaux de l'Institut Météorologique et Physique Du Globe, Université d'Alger. Typo. Litho, Alger.

SHANNON, C. E., 1963. The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press, Urbana.

SINGELTON, P., 1994. Bacteriologiesabreges.2ème edition. Paris 1994.247p : 223-225.

SI TAYEB OUAHIBA, 2021. Faunistique et évaluation hydro-biologique de la qualité de l'eau de l'oued Ouadhias par les méthodes : IBGN et BMWP'. Mémoire fin d'étude, université mouloud Mammeri Tizi-Ouzou.

SMITH, S. V., & HOLLIBAUGH, J. T., 1993. Coastal metabolism and the oceanic carbon balance. Reviews of Geophysics, 31(1), 75-89.

STATZNER B., GORE J.A. & RESH V.H. 1988. Hydraulic stream ecology: observed patterns and potential applications. Journal of the North American Benthological Society, 7: 307-360.

STUDMANN A., LANDOLT P., SARTORI M., HEFTI D. ET TOMKA I. 1992. Ephemeroptera. Insecta Helvetica. Faune: 9 :175p.

T

THOMAS A.G.B., 1981. Travaux sur la taxonomie, la biologie et l'écologie d'insectes torrenticoles du sud-ouest de la France (Ephéméroptères, Diptères : Dixidae, Cecidomyiidae, Rhagionidae et athericidae), avec quelques exemples de perturbations par l'Homme. Thèse de doctorat, Univ de Toulouse : 330 p

THOMAS A. & SARTORI M. 1989. Mayflies (Insecta, Ephemeroptera) of Saudi Arabia. Fauna of Saudi Arabia, 10: 87-94.

TACHET H., BOURNAUD M. & RICHOUX PH. 1980. Introduction à l'étude des macroinvertébrés des eaux douces (systématique élémentaire et aperçu écologique). Association Française de Limnologie, 150 pp.

TACHET H., 2010. Invertébrés d'eau douce : Systématique, Biologie, écologie. CNRS Editions. Paris. France.

W

WARD, J. V., TOCKNER, K., & SCHIEMER, F, 2002. Biodiversity of floodplain river ecosystems: Ecotones and connectivity. *Regulated Rivers: Research & Management*, 18(2), 119-139.

WILLIAMS D.D. & FELMATE B.W. 1992. Aquatic insects. Cab International, Wallingford UK, 358 p.

Y

YAKOUB B., 1985. Contribution à l'étude hydrogéologique de la Kabylie occidentale (Algérie). Thèse doctorat. 3eme sicle, univ. Pierre et Marie curie, Paris 6 :215P

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

▪ **Autre:**

Anonyme.,<https://rivertweed.org.uk/media/jx4poamq/mayflies-life-cycle.pdf>

Annexes

Annexe 1 : précipitation moyenne mensuelle d'Ath Djemaa (2008-2018)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
Moyenne mensuelle	40,13	77,39	124,34	97	137,16	116,95	122,16	103,47	77,53	29,02	1,54	9,31

Source : mémoire AIT MALEK SALIMA et BESSAH SYLIA.

Annexe 2 : Température moyennes mensuelles calculées de Tizi-Ouzou (période 2010-2020)

Mois T°	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
Moyenne max	31.47	27.64	19.80	17.01	16.05	16.38	19.12	26.63	27.10	31.79	36.08	35.11
Moyenne min	19.2	15.61	12.36	8.18	6.72	6.72	9.08	11.45	14.01	17.66	21.31	22.25
Moyenne mensuelle	24.53	20.64	15.26	11.85	10.64	10.84	13.48	16.31	20.75	24.42	28.24	28.38

Source : O.N.M de Tizi-Ouzou.

Annexe 3 : Echantillonnage, conservation, détermination et matériels utilisés pour la faunistique.



Formaldéhyde a 10%



Filet surber



Filet chasse d'adulte

Annexe 4 : étapes de lavage, tri, détermination et matériel utilisés.



Série de tamis



loupe binoculaire



pilulier

Annexe 5 : localisation de station de traitement de l'eau de Taksebt (SEAAAL).

Dans la willaya de Tizi-Ouzou, le barrage de TAKSEBT est réalisé dans la région de l'Oued Aissi, affluent du Sébaou, à environ 7 km au sud-est de la ville de Tizi-Ouzou et 100 km à l'est de la ville d'Alger (figure 34). Il a été mis en service en 2002 afin de fournir de l'eau potable aux wilayas de Tizi-Ouzou, Boumerdes et Alger. Parmi leur objectif :

- ✓ Principal est d'améliorer la qualité, la quantité et la fiabilité de l'approvisionnement en eau potable des villes d'Alger et de Tizi-Ouzou, ainsi que le couloir Taksebt – Alger.
- ✓ Contribuer à une gestion durable de la ressource en eau dans les régions d'Alger et de la Kabylie de manière durable.



Station de traitement Taksebt Tizi-Ouzou (source : Google Maps)

Annexe 6 : Méthode d'échantillonnage de l'eau.



Prélèvement du bactériologique



Prélèvement de la physico-chimique

Annexe 7 : Matériel utilisés au niveau de laboratoire SEAAL



Spectrophotomètre



turbidimètre



conductimètre



Oxymètre



Ph mètre



plaque chauffante, hôte



Incubateur



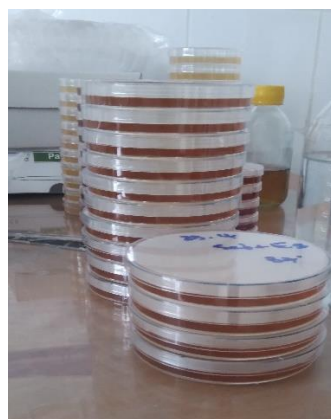
Balance analytique



dessiccateur



Rampe de filtration



boite pétrie pour bactérie



filtre

Annexe 8 : 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.
- ✓ L'électrode doit être rincée avec de l'eau distillée.
- ✓ Prélever environ 100 ml de l'échantillon à analyser dans un bécher.
- ✓ Ajuster la vitesse de l'agitateur en faible puis enfoncer l'électrode dans le bécher.
- ✓ Agiter un moment puis noter la valeur du pH donnée par le pH mètre.

Détermination de la turbidité

La mesure de la turbidité se fait de la manière suivante :

- ✓ 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 comme suit :

- ✓ Remplir un bécher avec de l'eau à analyser.
- ✓ Mise en place de l'électrode dans le bécher, puis appuyé sur la touche "Enter".
- ✓ La conductivité est indiquée sur l'écran de l'appareil conductimètre en unités ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

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 (unité mg/l).

Détermination de l'ammonium (NH_4^+)

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

- ✓ Préparer une fiole de 50 ml contenant 40 ml d'eau distillée (pour le blanc).
- ✓ Prélever 40 ml de chaque échantillon à examiner dans des fioles de 50 ml.
- ✓ Ajouter 4 ml de la première solution colorée [NH_4^+].
- ✓ Ajouter 4 ml du deuxième réactif (Dichloroisocyanurate de sodium).
- ✓ Ajouter l'eau distillée jusqu'au trait de jauge, et fermer la fiole.
- ✓ La durée du contact est de 1 h.
- ✓ L'apparition de la coloration verdâtre foncée indique la présence de NH_4^+ .
- ✓ Évaluer à l'aide d'un spectrophotomètre et commencer avec le blanc pour mettre à zéro.

Détermination des nitrites (NO_2^-)

Selon la norme ISO 6777, la méthode de détermination des nitrites est comme suit :

- ✓ Prélever 40 ml de chaque échantillon à examiner dans des fioles de 50 ml.
- ✓ Ajouter 1 ml du réactif coloré.

- ✓ Ajuster au trait de jauge avec de l'eau distillée (temps de contact 20 min).
- ✓ Mesurer avec un spectrophotomètre dans des cuves de 10 mm de chaque échantillon.
- ✓ Les résultats sont exprimés en mg/l.

Détermination des nitrates (NO_3^-)

Selon la norme ISO 7890, la détermination des nitrates se fait comme suit :

- ✓ Prendre 1 ml de chaque échantillon à analyser dans des codes-barres.
- ✓ Ajouter 0.02 du réactif (temps de contact 15 min).
- ✓ Mesurer à l'aide d'un spectrophotomètre.
- ✓ Les résultats sont indiqués en mg/l.

Détermination des Orthophosphates (PO_4^{3-})

Selon la norme ISO 6878, la détermination des Orthophosphates est comme suit :

- ✓ Prendre 40 ml de chaque échantillon.
- ✓ Ajouter 1 ml du réactif acide ascorbique.
- ✓ Ajouter 2 ml d'Heptamolybdate d'ammonium.
- ✓ Ajouter l'eau distillée jusqu'au trait de jauge (durée de contact 30 min).
- ✓ L'apparition de la couleur bleue indique la présence des PO_4^{3-} .
- ✓ Mesure effectuée à l'aide d'un spectrophotomètre, unité de résultat en mg/l.

Détermination de la matière en suspension (MES)

- ✓ Placer les filtres de taille 0,45 μm sur la rampe à filtration.
- ✓ Laver les filtres avec de l'eau distillée pour vérifier les pertes de charge.
- ✓ Mettre les filtres dans l'étuve à 105 °C pendant 1 heure.
- ✓ Placer dans le dessiccateur pour refroidir pendant 15 minutes puis les peser (M0).
- ✓ Faire passer un volume V (100 ml) de l'échantillon à analyser à travers les filtres précédents pour retenir toutes les particules.
- ✓ Remettre à l'étuve à 105 °C pendant 4 heures.
- ✓ Laisser refroidir au dessiccateur pendant 15 à 20 min puis les peser (M1).
- ✓ Les résultats de MES s'expriment par la loi suivante : **MES = (P2- P1) /V**

MES : concentration de la matière en suspension.

P1 : poids du filtre après la filtration.

P2 : poids du filtre avant la filtration.

V : Le volume filtré.

Détermination des résidus secs (RS)

- ✓ Tarer la balance analytique, laver la capsule en verre, rincer à l'eau distillée et sécher.
- ✓ Prélever 50 ml de l'eau à analyser, déverser dans la capsule.
- ✓ Porter la capsule dans une étuve à 105 °C pendant 4 heures.
- ✓ Laisser refroidir pendant 15 minutes au dessiccateur.
- ✓ Peser sur la balance analytique.
- ✓ Les résultats s'expriment par la loi suivante : **RS = [(M0-M1) /V]x 100**

M0 : masse de la capsule vide (mg/l).

M1 : masse de la capsule avec résidus secs (mg/l).

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

Dosage de la matière organique

Le test vise à évaluer en milieu acide la quantité d'oxygène utilisée pour réduire le permanganate de potassium par les substances oxydables présentes dans l'eau. Le processus est le suivant :

- ✓ Prendre 100 ml de l'échantillon.
- ✓ 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.
- ✓ Ajouter 20 ml de KMNO₄ et maintenir à l'ébullition pendant 10 minutes. Le permanganate de potassium sera consommé par l'échantillon.
- ✓ 10 minutes après l'ébullition, ajouter 20 ml d'oxalate de sodium pour décolorer la solution.
- ✓ 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 consommée.
- ✓ L'indice de permanganate (IP), exprimé en milligramme d'oxygène par litre d'échantillon, d'après la norme ISO 9001, alors se calculer avec l'équation suivante :

$$\text{IP (mg/l)} = [(V \text{ échantillon} - V \text{ blanc}) / V \text{ retour}] \times M \text{ O}_2$$

V échantillon : volume en ml de la solution de potassium utilisée pour le titrage de l'échantillon.

V blanc : 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 pour le dosage de retour.

M O₂ : masse molaire d'oxygène.

Annexe 9 : Méthodes d'analyses des paramètres bactériologiques

- ✓ Commencer par allumer le bec benzène et l'hôte.
- ✓ Stériliser les mains avec le gel, puis la pince et la rampe de filtration.
- ✓ Codifier les boîtes de Pétrie contenant le milieu de culture (gélose).

Dénombrement des coliformes totaux et fécaux

- ✓ Placer les filtres (de 0,45 µm de porosité) en dessous de l'entonnoir.
- ✓ Verser 100 ml de l'échantillon dans la rampe de filtration.
- ✓ Allumer la pompe à vider puis ouvrir le robinet de la rampe pour laisser passer tout l'échantillon à travers les filtres.
- ✓ Prendre les filtres à l'aide d'une pince stérile et les placer dans les boîtes de Pétri.
- ✓ 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

- ✓ Le mode opératoire est identique à celui des coliformes.
- ✓ La gélose utilisée est appelée SLANETZ et BARTLEY.
- ✓ 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.

Annexe 10 : les normes environnementales d'analyses physico-chimiques fixée par JORADP correspondent aux normes des eaux superficielles.

Groupes	Paramètres	Unités	Normes
Paramètres Organoleptiques	Couleur	PtCo	200
	pH	/	>6,5 et <9
Paramètres Physicochimiques	turbidité	NTU	30
	Conductivité	µs/cm	2800
	oxygène dissous	mg/l	30
	Température	°C	25
	Ammonium	mg/l	4
Paramètres Pollution	Nitrate	mg/l	50
	Nitrite	mg/l	<0,2
	Matières en suspension	mg/l	25
	Phosphore	mg/l	10
	Résidu sec	mg/l	1500
Paramètres Minéralisation globale			

Source : Journal officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire, N° 34.,
Correspondant au 19 Juin 2011.

Résumé

L'objectif de cette étude est d'une part, de dresser une liste faunistique des Ephéméroptères du réseau hydrographique de l'Assif Ouadhias, et d'autre part, de préciser la distribution spatiale des Ephéméroptères récoltés en fonction des facteurs environnementaux et de la qualité physico-chimiques et bactériologique du support aqueux.

Sept stations lotiques ont été prospectées entre 200 m et 1100 m d'altitude, et les prélèvements benthiques ont été réalisés à l'aide du filet Surber pour les larves et à l'aide d'un filet fauchoir ou saisis à l'aide d'une pince entomologique pour les adultes.

Le présent travail a permis de recenser un total de 2897 individus appartenant à 4 familles, 10 genres et 14 espèces. La famille Baetidae est la plus diversifiée (6 genres et 9 espèces). Sur le plan numérique, cette famille les est dominante et compte 2105 individus soit 72,66 % du total des Ephéméroptères récoltés.

Les résultats des analyses physico-chimique ont indiqué une élévation des paramètres de pollution surtout NO_3^- et PO_4^{3-} dans les stations de piémont et de basse altitude les plus affectées par les activités humaines.

L'analyse bactériologique dévoile une charge importante des coliformes totaux, Streptocoques et E. Coli surtout à partir de la station O4 en raison d'une contamination récente par des matières fécales.

La répartition longitudinale des espèces met en évidence 4 groupes allant des espèces liées au secteur montagnard jusqu' aux espèces à large valence écologique.

Les résultats des indices de Shannon (H') et d'équitabilité (E) varient respectivement entre 1,25 et 2,28 et entre 0,47 et 0,76.

L'AFC croisant 7 stations, 14 espèces et 21 paramètres a permis de dégager 2 groupes. Le peuplement Ephéméroptérologique d'altitude et celui regroupant les stations de piémont et de basse altitude basse altitude.

Mots clés : Assif Ouadhias, Ephéméroptères, physico-chimie, bactériologie, pollution.

Abstract

The objective of this study is to compile a faunal list of Ephemeroptera from the hydrographic network of Assif Ouadhias, and to specify the spatial distribution of the collected Ephemeroptera based on environmental factors and the physicochemical and bacteriological quality of the aquatic medium. Seven lotic stations were surveyed between 200 m and 1100 m of altitude, and benthic samples were collected using a Surber net for larvae and with a sweep net or captured using an entomological forceps for adults.

The present work has allowed for the cataloging of a total of 2,897 individuals belonging to 4 families, 10 genera, and 14 species. The Baetidae family is the most diverse (6 genera and 9 species). In terms of numbers, this family is dominant and comprises 2,105 individuals, which represents 72.66% of the total mayflies collected.

The results of the physicochemical analyses indicated an increase in pollution parameters, particularly NO_3^- and PO_4^{3-} , in the foothill and low-altitude stations most affected by human activities.

The bacteriological analysis reveals a significant load of total coliforms, Streptococci, and E. Coli, especially starting from station O4 due to recent contamination by fecal matter.

The longitudinal distribution of species highlights four groups ranging from species associated with mountainous areas to species with a broad ecological valence.

The results of the Shannon indices (H') and evenness (E) range respectively from 1.25 to 2.28 and from 0.47 to 0.76.

The AFC, crossing 7 stations, 14 species, and 21 parameters, allowed for the identification of 2 groups.

The ephemeropterological population at high altitude and that which includes the foothill and low altitude stations.

Keywords : Assif Ouadhias, Ephemeroptera, physicochemistry, bacteriology, pollution.