



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques

Département d'Ecologie & Environnement



Mémoire de fin d'Etudes

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité : Ecologie Animale

Thème

Contribution à l'étude des Coléoptères aquatiques de l'assif Hallil, de l'assif El Khemis et de l'oued Boubhir (s.s) en relation avec les paramètres mésologiques, physico-chimiques et bactériologiques

Réalisé par :

M^{elle} REZZOUG Khadidja & M^{elle} BOUFELLAH Tanissia

Soutenu devant le jury composé de :

Présidente M ^{me} MALLIL K.	MAA	UMMTO
Promotrice M ^{me} SEKHI S.	MCB	UMMTO
Co-promoteur M. HADDADI N.	Ingénieur de laboratoire (SEAAL)	Taksebt
Examinatrice M ^{me} HAOUCHINE S.	MAA	UMMTO

2022/2023

REMERCIEMENTS

En premier lieu, nous remercions le bon Dieu pour nous avoir accordé la santé, le courage, et la patience d'accomplir ce travail.

Nos sincères remerciements vont à notre promotrice **M^{me} SEKHI**, Maitre de conférences B à l'Université Mouloud MAMMERY de Tizi-Ouzou pour nous avoir encadré, sa grande disponibilité, ses précieux conseils et l'aide qu'elle nous a apportée durant la réalisation de ce mémoire

Toutes nos gratitude vont également à **Mr LOUNACI** professeur à l'Université Mouloud MAMMERY de Tizi-Ouzou pour nous avoir accueillis dans le laboratoire d'hydrobiologie

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

Nos vifs remerciements vont aux membres de jury pour nous avoir honorés de leur accord pour juger notre présent travail :

M^{me} MALLIL, maitre-assistant A à l'Université Mouloud MAMMERY de Tizi-Ouzou d'avoir accepté de présider le jury de soutenance et **M^{me} HAOUCHINE**, maitre-assistant A à l'Université Mouloud MAMMERY de Tizi-Ouzou d'avoir consacré son précieux temps afin d'examiner ce modeste travail.

Enfin, nous tenons à remercier tous les enseignants du Département de Biologie qui tout au long des années d'études nous ont transmis leur savoir sans réserve.

Dédicace

Avec tous mes sentiments de respect, avec l'expérience de ma

Reconnaissance, je dédie ma remise de diplôme et ma joie

A mon paradis, à la prunelle de mes yeux, à la source de ma joie et mon bonheur, ma lune et le fil d'espoir qui allumer mon chemin, maman

A ma source de ma vie, mon support qui était toujours à mes côtés pour me soutenir et m'encourager, à mon prince papa.

A mes chers frères : Zouhir, Hakim, Mohammed Siad et Abd El Karim pour leur soutien inconditionnel qui a été ma force tout au long de ce parcours, merci pour votre amour et votre encouragement.

A mon précieux neveu Abd El Aziz et mes deux nièces Hayet et Farah, votre présence dans ma vie est une source de joie.

A tout ce qui ont participé à ma réussite.

Et bien sûr à ma binôme Tanissia pour son soutien moral sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet.

KHADIDJA

Dédicace

Avec tous mes sentiments de respect, avec l'expérience de ma

Reconnaissance, je dédie ma remise de diplôme

A mon premier inspirateur, a celui qui est présent dans mon cœur,

Et qui est parti avant de voir mon succès, j'espère que tu es fière de ta petite fille où que tu sois je t'aimerai toujours PAPA.

A mon paradis, a celle qui m'a soutenue par ses prières et ses supplications, à la source de tendresse et de compassion, je l'ai fait pour t'es beaux yeux MAMAN.

A mes chers frères Smail et Massinissa qui ont toujours été là pour me soutenir, et m'encourager merci d'être présent à mes côtés.

A ma chère sœur Daby et son mari Farid pour leurs soutiens, ses conseils et qui n'ont épargné aucun effort dans tous mon parcours d'étude

A ma chère amie Melissa qui me donne l'espoir et m'inspire la volonté d'avancer encore.

Et ma binôme Khadidja pour tous les moments fous que nous avons vécus ensemble et qui a fait preuve d'une amitié sincère

Tanissia
TANISSIA

Sommaire

Introduction	1
Chapitre I : Caractéristiques générales du milieu d'étude	
1- Situation géographique de la région d'étude.....	3
2- Cadre géologique de la région d'étude	4
3- La climatologie	5
3-1- Les précipitations	5
3-2- La température de l'air.....	6
4- Le couvert Végétale	7
5- Les perturbations anthropiques	8
Chapitre II : Sites et méthodes d'études	
1- Description des cours d'eaux et station d'études	9
1-1 Réseau hydrographique de assif Hallil et ses tributaires.....	11
1-1-1 Assif Illilthen	11
1-1-2 Assif Iferhounene.....	12
1-1-3 Assif Hallil (s.s).....	12
1-2 Assif El Khemis	13
1-3 Oued Boubhir	15
2- Caractéristique physique des stations.....	15
2-1 La pente.....	15
2-2 Le débit	16
2-3 L'écoulements et la vitesse du courant	16
2-4 Le Substrat	17
2-5 La Température	18
3- Matériels et méthodes d'échantillonnages	19
3-1 Echantillonnage benthique	19
3-2 Conservation des échantillons.....	19
3-3 Lavage, tris et détermination	19
3-4 La chasse adulte	20
4- Indices écologiques de composition et de structure des peuplements	20
4-1 la richesse Taxonomique	20
4-2 L'abondance et abondance relative.....	20
4-3 L'occurrence des espèces	21
4-4 Indice de diversité SHANNON (H').....	21
4-5 Equitabilité.....	22
5 Traitement statistique des données	22
5-1 Analyse en composantes principales (ACP)	22

5-2 Analyse factorielle des correspondances (AFC)	23
5-3 Classification ascendante hiérarchique (CAH)	23
5-4 Corrélation de Pearson	23
5-5 Logiciel de calcul	24
6 Matériel et méthodes d'analyses physico-chimiques	24
6-1 Echantillonnage de l'eau et conservation.....	24
6-2 Matériel utilisé	25
6-3 Paramètre organoleptique	25
6-3-1 la couleur	25
6.4 Paramètres physicochimiques	25
6-4-1 La turbidité	25
6-4-2 Le pH	26
6-4-3La Conductivité électrique	26
6-4-4 L'O ₂ dissous	27
6-4-5Le Résidu sec	27
6-4-6 La Matière en suspension	27
6-4-7 Longueur d'onde	27
6-5 Paramètre de pollution indésirable de l'eau	27
6-5-1 L'ammonium	27
6-5-2 Le Nitrate	27
6-5-3 Le Nitrite	28
6-5-4 L'Ortho phosphate	28
6-5-5 Le Sulfate.....	28
6-5-6 La Matière organique	28
6.6 Paramètres des substances indésirables	28
6-6-1 L'aluminium	28
6-6-2 Le fer.....	29
7 Matériel et méthode d'analyse Bactériologie	29
7-1 Echantillonnage de l'eau	29
7-2 Matériel utilisé	29
7-3 Recherche et dénombrement des bactériale.....	29
7-3-1 Coliformes totaux	29
7-3-2 Coliforme fécaux	30
7-3-3 Streptocoque	30

Chapitre III : Les coléoptères

2- Généralités sur les coléoptères	31
3- Position systématique	31
4- Classification des coléoptères	32
4- Description générale d'un coléoptère	34

5- Cycle de développement	36
6- La biologie et écologie des coléoptères	37

Chapitre IV : Résultats et discussions

1. Analyse de peuplement.....	38
1-1 La richesse taxonomique.....	40
1-2 Abondance stationnelle des coléoptères récoltés	40
1-3 Abondance et occurrence relative des taxons	41
1-4 Limite altitudinale des taxons	42
5- Analyse quantitative et qualitative du peuplement coléoptérologique	44
3-Structure de peuplement.....	48
3-1 Indice SHANNON (H') et d'Equitabilité (E)	48
4- Analyse physico-chimique de la qualité d'eau	50
4-1 Paramètres organoleptiques	50
4-1-1 La couleur	50
4-2 Paramètre physico-chimique.....	50
4-2-1 La turbidité	50
4-2-2 Le pH.....	51
4-2-3 La conductivité électrique.....	52
4-2-4 L'O ₂ dissous.....	52
4-2-5 Le Résidus Sec.....	53
4-2-6 La Matière en suspension (MES)	54
4-3 Paramètre de pollution	54
4-3-1 Ammonium (NH ⁴⁺); Nitrates (NO ³⁻), Nitrites (NO ²⁻)	54
4-3-2 L'Ortho-phosphate (PO ₄ ³⁻)	56
4-3-3 Le Sulfates (SO ₄ ²⁻)	56
4-3-4 La Matière Organique.....	57
4-4 Paramétré des substances indésirables.....	58
4-4-1 Aluminium (AL ³⁺).....	58
4-4-2 Fer (Fe ²⁺).....	59
5 Analyse bactériologique de la qualité de l'eau.....	59
5-1 Escherichia-coli.....	60
5-2 Coliformes totaux	60
5-3 Streptocoque.	61
6-Structures mésologiques	61
Conclusion.....	68

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

Liste des figures

Figure 1 : Situation géographique de la région d'étude	3
Figure 2 : Unités morpho-structurales de la Kabylie	4
Figure 3 : Précipitations moyennes (en mm) de trois localités de la région d'étude (1994-2014).....	6
Figure 4 : Températures moyennes de l'air (°C) (maximales et minimales) à Tizi Ouzou pour la période 2012-2020.....	7
Figure 5 : Réseau hydrographique étudié et emplacement des stations.....	10
Figure 6 : Morphologie générale d'un Coléoptère aquatique	34
Figure 7 : Morphologie de la tête Coléoptère	35
Figure 8 : Les pattes d'un Coléoptère	36
Figure 9 : Cycle de développement d'un Coléoptère aquatique	36
Figure 10 : Représentation du nombre de genre par famille des Coléoptères recensés	38
Figure 11 : Richesse taxonomique des Coléoptères aux stations étudiées.....	40
Figure 12 : Abondance des Coléoptères dans les stations étudiées	41
Figure 13 : Abondance relative % des Coléoptères récoltés.....	42
Figure 14 : Occurrence relative % des Coléoptères récoltés.....	42
Figure 15 : Abondance des familles de coléoptères dans les stations prospectées	44
Figure 16 : Evaluation Indice de diversité Shannon-Weaver (H') et indice d'Equitabilité (E).	50
Figure 17 : Résultats de la couleur des eaux des stations d'études	50
Figure 18 : Résultats d'analyse de la turbidité des eaux des stations d'études	51
Figure 19 : Résultats d'analyse de potentiel hydrogène (pH) des eaux des stations d'études	52
Figure 20 : Les valeurs de la conductivité électrique des stations études.....	52
Figure 21 : Les valeurs d'O ₂ dessous dans les stations d'étude	53
Figure 22 : Les valeurs des Résidus secs dans les stations étudiées	54
Figure 23 : Les variations de matière en suspension dans les stations d'étude	54
Figure 24 : Les concentrations de l'ammonium, des stations d'étude	55
Figure 25 : Les concentrations de nitrite dans les stations d'étude.....	55
Figure 26 : Les concentrations de nitrate dans les stations d'étude	55
Figure 27 : Les concentrations des ortho-phosphates dans les stations d'étude	56
Figure 28 : Les concentrations des sulfates dans les stations d'étude	57
Figure 29 : Les concentrations de la matière organique dans les stations d'étude.....	58
Figure 30 : Les concentrations de l'aluminium dans les stations d'étude	58
Figure 31 : Les concentrations de Fer dans les stations d'étude	59
Figure 32 : ACP représentant la distribution des paramètres environnementaux.....	63
Figure 33 : Dendrogramme de la distribution des stations sur la base des variables Environnementales.....	65
Figure 34 : Répartition des stations dans le plan factoriel F1-F2	65
Figure 35 : Distribution et noyaux d'affinité des taxons et des variables environnementales dans le plan factorielle F1-F2.....	67

Liste des tableaux

Tableau 1 : Altitudes et pentes des stations d'étudiées	16
Tableau 2 : La vitesse de courant enregistrée aux stations d'étudiées.....	17
Tableau 3 : Nature du substrat dans les stations étudiées	18
Tableau 4 : Les valeurs ponctuelles de Températures enregistrées dans les stations d'étudiées	19
Tableau 5 : Matériels utilisée dans l'analyse physico-chimique.....	25
Tableau 6 : Sous-ordres des coléoptères aquatiques.....	32
Tableau 7 : Répartition des coléoptères dans les stations d'étudiées	39
Tableau 8 : Evaluation de la richesse spécifique et abondance numérique des coléoptères aquatiques	43
Tableau 9 : Indices de SHANNON (H') et d'Equitabilité (E).....	48
Tableau 10 : Résultats de l'analyse bactériologique des stations d'étude	60
Tableau 11 : Caractéristiques environnementales des 9 stations étudiées.....	61
Tableau 12 : Matrice de corrélation entre variables environnementales (N = 9, P<0,05)	62

Liste des photographies

Photo 1 : Station AI1	11
Photo 2 : Station AI 2	11
Photo 3 : Station AIF.....	12
Photo 4 : Station HAL1	12
Photo 5 : Station HAL2	13
Photo 6 : Station IL	13
Photo 7 : Station KH1	14
Photo 8 : Station KH2	14
Photo 9 : Station BH	15
Photo 10 : Hydraenidae	32
Photo 11 : Elmidae	32
Photo 12 : Dytisidae	32
Photo 13 : Gyrinidae.....	32

Liste des abréviations

Station AI1 : Agni Guzal.

Station AI2 : Tirourda

Station AIF : El Qaria

Station HAL1 : Halil

Station HAL2 : Kerrouche

Station IL : Ighzer Laaarbi

Station KH1 : Tavouda

Station KH2 : Pont El Khemis

Station BH : Boubhir

S.S: Sens stricte

Oc : Occurrence.

Ocr : Occurrence relative.

Ab : Abondance.

Abr : Abondance relative.

Occ : Occurrence

Occr : Occurrence relative

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.

C° : Degré Celsius

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

T° : Température.

H⁺ : Hydrogène

PH : Potentiel d'hydrogène

MES : Matières en suspension.

MO : Matière organique

NTU : Unité Néphélométrie de Turbidité

UFC : Unité format colonie

E. Coli : Escherichia coli

Introduction

Les écosystèmes aquatiques constituent un élément vital de notre planète, fournissant de l'eau douce, abritant une biodiversité unique et jouant un rôle essentiel dans les cycles biogéochimiques.

Les études faunistiques (macroinvertébrés benthiques), écologiques (répartition spatiale, structure des populations), biogéographiques, physico-chimiques et bactériologies (évaluation et surveillance de la qualité des eaux) revêtent une importance primordiale, d'une part dans la compréhension du fonctionnement et de la gestion des systèmes naturels et d'autre part, dans l'évaluation de l'état de santé écologique des hydrosystèmes (HAOUCHINE, 2011).

Les Coléoptères constituent un important groupe d'invertébrés des eaux continentales. Il s'agit d'un ensemble hétérogène de nombreuses familles ayant des modes de vie très divers. Parmi les insectes, les Coléoptères se distinguent par leur grande diversité et ils représentent, selon JÄCH & BALKE (2008), le groupe le plus diversifié dans les écosystèmes aquatiques, avec les Trichoptères et les Diptères.

En raison de leur grande diversité spécifique et fonctionnelle, et de leur sensibilité vis-à-vis de la salinisation des eaux et de l'enrichissement en matière organique, ils peuvent être considérés comme des bioindicateurs potentiels pour décrire l'état des écosystèmes aquatiques (BILTON *et al.*, 2006; MILLÁN *et al.*, 2006; SANCHEZ-FERNANDEZ *et al.*, 2006), et les habitats aquatiques (BALKE *et al.*, 2004).

Les travaux sur les Coléoptères aquatiques d'Afrique du Nord en général, et d'Algérie en particulier sont anciens : nous pouvons citer BEDEL (1895), PEYERIMHOFF (1905, 1925), GAUTHIER (1928), NORMAND (1933) et BERTHELEMY (1964).

En Kabylie, des travaux ont vu le jour sur la faune aquatique en général et sur quelques groupes bien spécialisés (Coléoptères, Trichoptères, Ephéméroptères, Plécoptères, Simuliidae) : LOUNACI *et al.* (2000a et 2000b), MEBARKI (2001), LOUNACI (2005), HAOUCHINE (2011), SEKHI *et al.* (2016), LAMINE *et al.* (2019), LAMINE (2021), KECHMIR *et al.* (2021), BOUAZIZ & MAHMOUDIA (2021) et SEKHI (2022).

Très peu de travaux sont dédiés exclusivement aux Coléoptères de Kabylie : BEN ALI AMER GHENIMA (2018), HAMI & HADDADI (2021), ACHOUR & SAIDOUN (2021).

Le présent travail se veut une contribution à l'étude des Coléoptères aquatiques de Kabylie en vue d'enrichir d'avantage nos connaissances sur ce groupe d'insectes. Il a pour objectif d'une part, d'établir la liste faunistique des Coléoptères du réseau hydrographique de l'assif Hallil, de l'assif El Khemis et de l'oued Boubhir (s.s) et d'autre part, d'étudier leur distribution et répartition en fonction des paramètres mésologiques, physico-chimiques et bactériologiques.

L'ensemble de ce travail est reparti sur quatre chapitres :

- le premier chapitre résume les caractéristiques générales de la région d'étude: géographie, géologie, climatologie, végétation et perturbations anthropiques) ;
- le deuxième chapitre est consacré à la description des sites d'étude, des caractéristiques physiques des stations et du protocole d'échantillonnages benthique et de l'eau.
- le troisième chapitre présente succinctement les Coléoptères: position systématique, reproduction, cycle biologique, faunistique et données écologiques.
- le quatrième chapitre, le plus important, présente les différents résultats obtenus ainsi que leurs discussions.

Chapitre I

Caractéristiques générales de la région d'étude.

1. La situation géographique de la région d'étude

La région concernée par notre étude est la Kabylie du Djurdjura qui est localisée dans le centre Nord de l'Algérie à 100 kilomètre à l'Est d'Alger et à moins de 50 km au Sud du littoral méditerranéen.

L'oued Sébaou est le principal cours d'eau de la Kabylie du Djurdjura. Il s'étale sur une superficie de 2500 km² et d'une longueur de 117km² (YAKOUB, 2005), il est délimité (figure 1):

- Au Nord, par la chaîne littorale de la méditerranée ;
- Au Sud, par 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.

Dans l'impossibilité d'étudier l'ensemble des cours d'eau drainant ce bassin, notre intérêt c'est porté principalement sur assif el Khemis, assif Hallil (affluents du sou-bassin versant de l'oued Boubhir) et sur l'oued Boubhir (s.s).

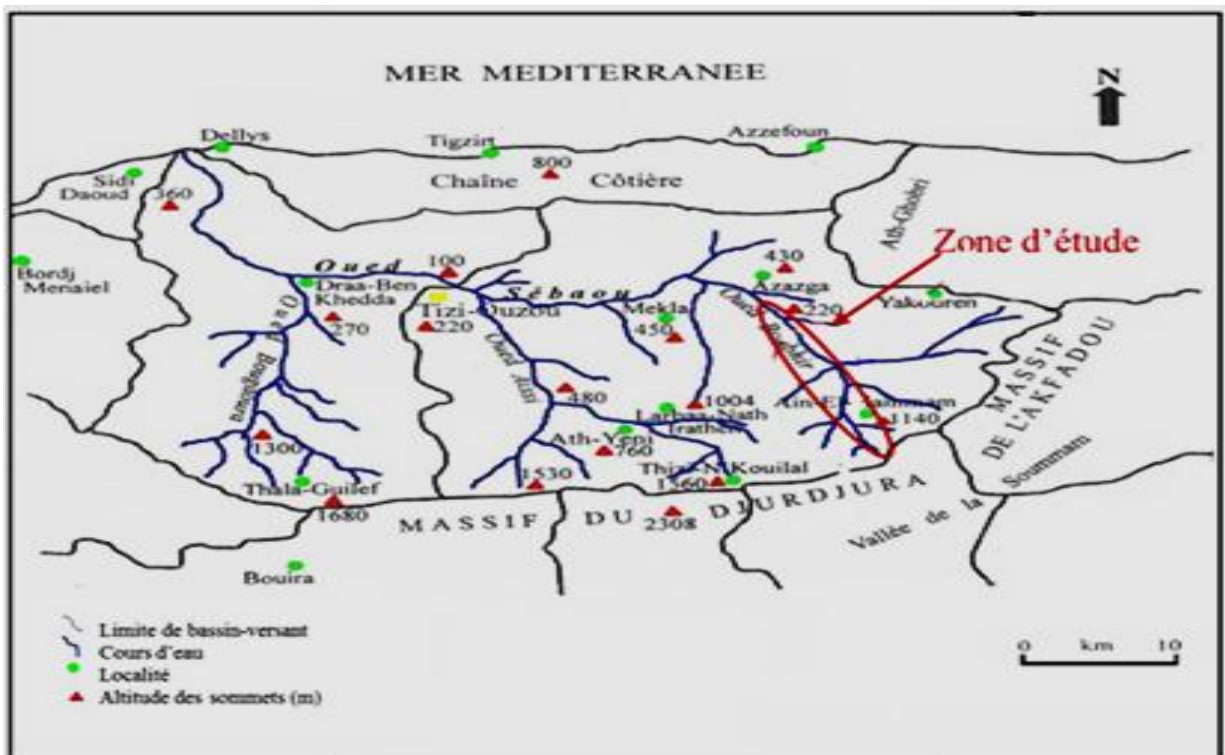


Figure 1 : Situation géographique de la région d'étude (LOUNACI, 2005).

2. Le cadre géologique de la région d'étude

Selon une coupe géologique Nord-Est du bassin versant de la vallée de Sébaou, nous pouvons distinguer trois formations géologiques importantes imperméables permettant l'écoulement et l'alimentation des oueds (YAKOUB, 1985) (figure 2):

- **La dorsale calcaire du Djurdjura** : appelée aussi chaîne calcaire (DURAND, 1969), elle est formée essentiellement de calcaire secondaire. À ce niveau il existe un réseau hydrographique souterrain qui canalise un volume d'eau important donnant lieu souvent à des sources permanentes qui alimentent les affluents de l'oued Sébaou.
- **Le socle kabyle** : de nature magmatique et métamorphique, ce socle favorise la convergence des eaux de pluie vers les principaux affluents de l'Oued Sébaou (YAKOUB, 1996).
- **Les dépressions sédimentaires** : elles se composent d'un matériel hétérogène grossier (galets, graviers) et peut former des nappes alluviales suite aux importants écoulements.

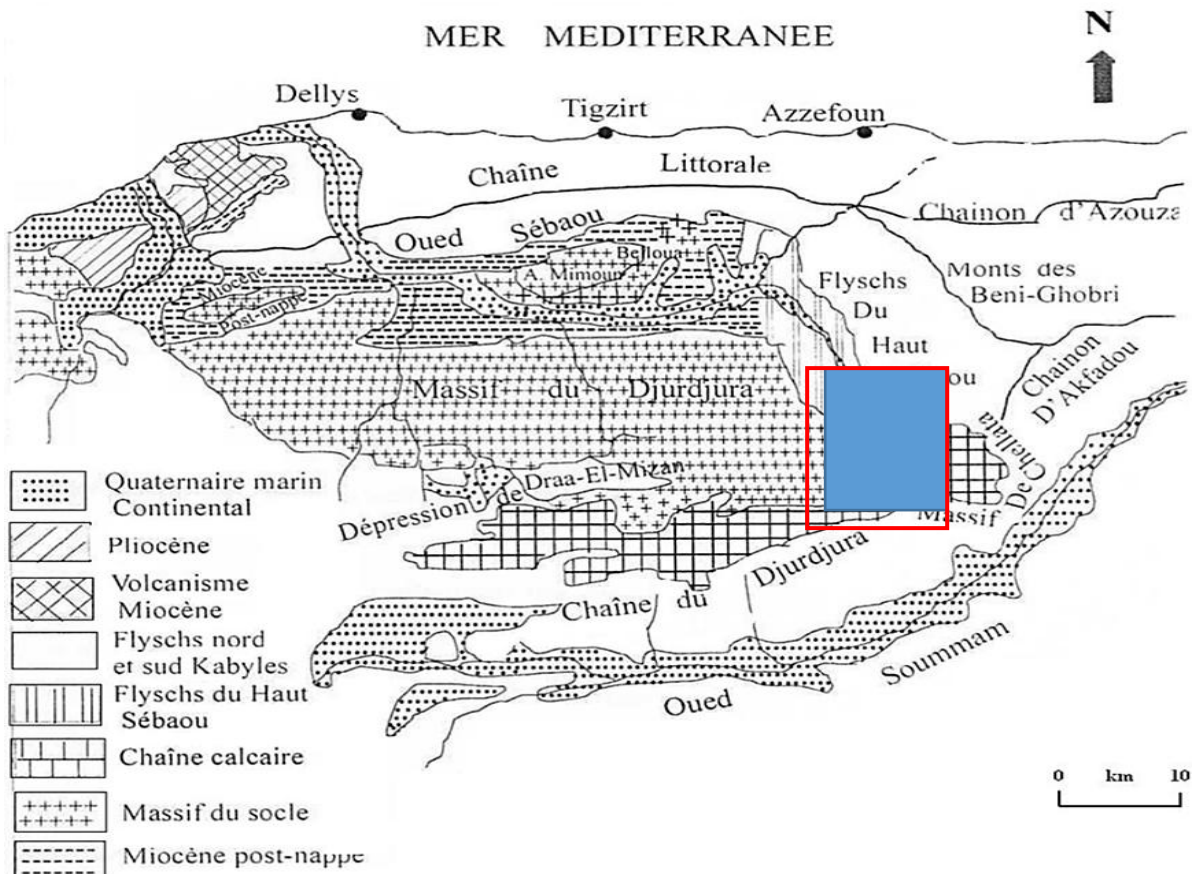


Figure 2 : Unités morpho-structurales de la Grande Kabylie (FLANDRIN, 1952).

3. La Climatologie

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

Les données climatiques normées et moyennées sont essentielles pour définir les climats à l'échelle régionale et pour reconnaître les gradients altitudinaux induits par les régimes climatiques (MEDDOUR, 2010).

La Kabylie du Djurdjura, de par sa localisation, se trouve sous l'influence du climat méditerranéen qui se caractérise par un été chaud et sec et un hiver froid et humide avec des précipitations torrentielles à grandes irrégularité interannuelles.

3.1. Les précipitations

RAMADE (2009) désigne sous le terme général de pluviométrie la quantité totale des précipitations (pluies, grêle, neige) reçus par unités de surface et unités de temps.

Leur fonctionnement ainsi que le développement des sociétés humaines. D'après GUGOT (1999), le volume pluviométrique, son intensité et sa fréquence varient selon les lieux et le temps.

La pluviométrie en Algérie est influencée par l'altitude, la longitude, la latitude et l'exposition. Elle augmente avec l'altitude, mais elle est plus élevée sur le versant exposé aux vents humides. Elle augmente d'Ouest en Est, et diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne du littoral vers le Sud (SELTZER, 1946 ; CHAUMONT & PAQUIN, 1971).

En Kabylie, les précipitations sont souvent fortes, elles tombent sous forme de neige en région de la haute altitude, de grêle et de pluies en région de moyenne et faible altitude.

Pour caractériser du point de vue climatique (précipitations) notre région d'étude, et devant les contraintes rencontrées pour l'acquisition des données climatiques récentes, nous nous sommes référés aux données déjà existants de l'ANRH (annexe1) pour les stations Azazga, Boubhir et Tizi-Ouzou, pour la période 1994-2014 (BOUAZIZ & MAHMOUDIA, 2021).

La lecture de la figure 3 montre que les précipitations les plus importantes s'observent de novembre à Avril (plus de 80% du total pluviométrique) avec deux pics :

- Le premier pic est observé en Décembre et en Janvier avec respectivement 181mm et 178mm
- Le second pic, moins important, est observé au mois d'Avril avec 136mm

Ces précipitations diminuent ensuite progressivement pour atteindre les valeurs de l'ordre de 3,1 mm en Juillet et 6 mm en Aout puis reprennent en Septembre.

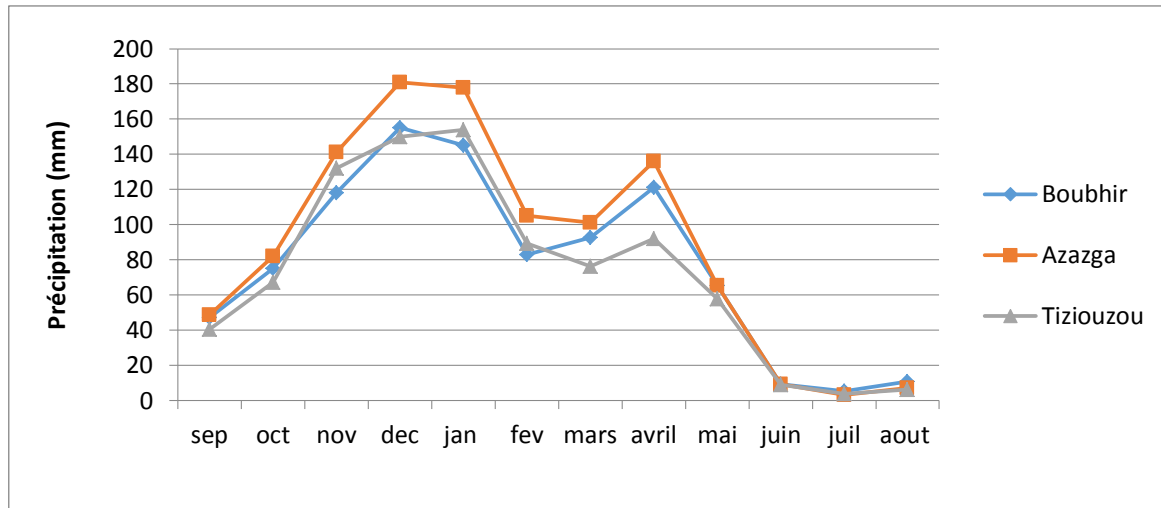


Figure 3 : Précipitations moyennes (en mm) des trois localités de la région d'étude (1994-2014).

3.2. La Température de l'air

La température de l'air est un facteur important dans l'établissement du bilan hydrique. De plus elle conditionne l'écologie et la biogéographie de tous les êtres vivants dans la biosphère. Selon DAJOZ (1979).

Par son importance, la température contrôle toutes les précipitations, les phénomènes métaboliques et détermine la répartition des espèces végétales et animales.

En annexe 2 les valeurs moyennes mensuelles, minimales et maximales des températures de l'air enregistrées à Tizi-Ouzou durant la période de 2012 à 2020. (Source : Office National de la Météorologie de Tizi-Ouzou).

La région de Tizi-Ouzou se caractérise par un écart important entre la température minimale moyenne du mois le plus froid et la température maximale moyenne de mois le plus chaud. La lecture de la figure 4 montre que :

- Juillet et Août sont considérés comme les mois les plus chauds de l'année avec des températures moyennes respectives de 28,24°C, 28,38°C, et des températures maximales de 36,08°C, 35,11°C
- Janvier et Février sont les mois les plus froids de l'année avec des températures moyennes respectives de 10,64°C et 10,84°C ; et leurs températures minimales sont de 6,73 °C.

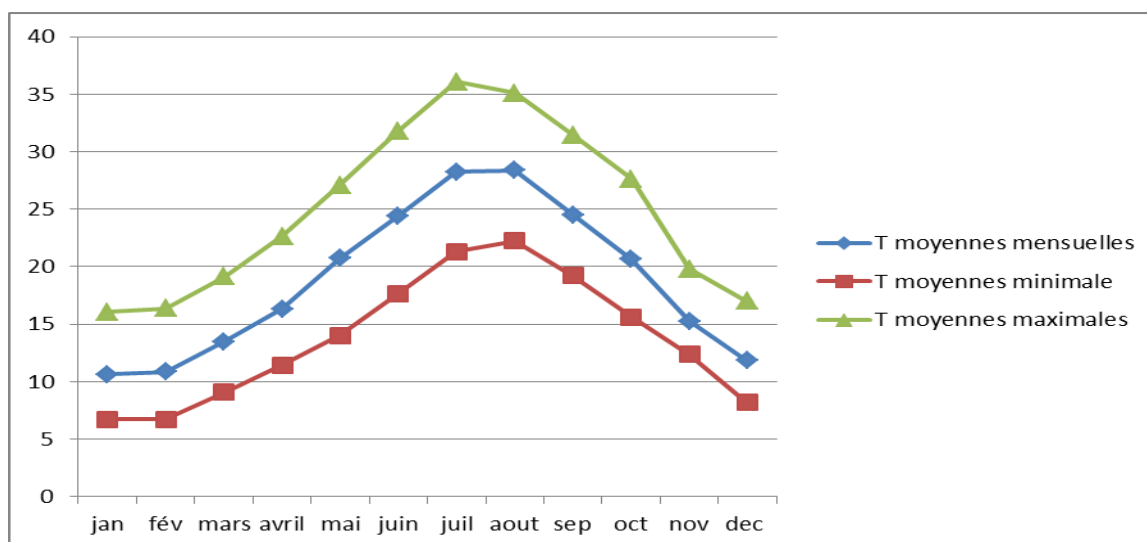


Figure 4 : Températures moyennes de l'air (°C) (maximales, minimales et moyennes) à Tizi-Ouzou pour la période 2012-2020 (source : O.N.M de Tizi Ouzou).

4. Le couvert végétal

La végétation est un facteur déterminant en hydrologie. Elle influence sur le ruissellement superficiel, l'évapotranspiration et la capacité de rétention. Elle empêche le réchauffement excessif des eaux en été, ainsi joue un rôle important dans la répartition de la faune benthique (LOUNACI, 2005)

En Kabylie, Le couvert végétal est très dense il varie en fonction de l'altitude et présent un étagement visible de type méditerranéen (MESSAOU DEN et al. 2007)

- ✓ Au sommet, la végétation se compose principalement de pelouses dénudées, de xérophytes épineux ;
- ✓ Entre 900 et 1500 m d'altitude, la végétation est formée essentiellement des chênes vert (*Quercus ilex*) chêne zen (*Quercus canariensis*) et de cèdres (*Cedrus atlantica*) et autres arbres directement associés aux cèdres ;
- ✓ En moyenne montagne (altitude inférieure à 800 m), la végétation est représenté par le chêne liège (*Quercus suber*), le figuier (*Ficus carica*) et surtout par l'olivier (*Olea europea*) ;
- ✓ En plaines, la végétation est représentée par les cultures de grande productivité : vergers (orangers, citronniers, pommiers, poiriers, figuiers), la vigne et les cultures maraîchères.
- ✓ La végétation aquatique des cours d'eau étudiés est représentée essentiellement par des mousses en amont et par des algues filamenteuses et des macrophytes en aval.

5. Les perturbations anthropiques

D'après RODIER (2010), la pollution est une modification défavorable du milieu naturel qui apparait en totalité ou en partie comme un sous-produit de l'action humaine. Elle peut être d'origine urbaine (différents usages domestiques de l'eau), agricole (engrais, pesticides, pompages des eaux), ou industrielle (industries agro-alimentaires, métallurgie, industries chimiques, centrales nucléaires).

En Kabylie, les réseaux hydrographiques ont subi une dégradation sévère liée à une croissance démographique accélérée et un développement industriel et agricole qui contribue à une augmentation disproportionnée du volume des déchets urbains.

- Dans la partie amont des cours d'eau, les principales sources de pollution identifiées sont domestiques, causées par l'élevage modéré et l'irrigation par pompage. Leur impact est relativement faible.
- Dans les secteurs de moyenne montagne, piémont et de basse altitude du réseau hydrographique étudié, la pollution présente différentes origines :
 - **Origine urbaine** : l'expansion rapide des zones urbaines exacerbe les rejets d'eaux déversés dans les cours d'eau. Les décharges sauvages sont une autre forme de pollution. L'enfouissement des ordures produira du lixivium à partir de la fermentation anaérobie des ordures
 - **Origine agricole** : l'utilisation irrationnelle d'engrais chimique, d'herbicides, d'insecticides et de pesticides divers fait que via le lessivage des sols, l'eau retourne aux cours d'eau chargée en éléments nutritifs (nitrates, phosphates) induisant ainsi des déséquilibres dans la flore et la faune aquatique (SEKHI, 2022). De plus, l'élevage, le pâturage et le pompage excessif de l'eau à des fins d'irrigation peuvent progressivement assécher les zones en aval.
 - **Origine mécanique** : L'extraction importante de sable et du gravier entraîne une déstabilisation du fond du lit (le socle rocheux) conduisant à la destruction des habitats aquatiques.
 - **Autres formes de perturbations** : baignade et lavage des véhicules.

Toutes ces actions humaines conduisent à la destruction de la flore et de la faune aquatiques.

Chapitre II

Sites et méthodes d'étude

Ce travail a pour objectif :

- De dresser la liste faunistique des Coléoptères du réseau hydrographique de l'assif Hallil, de l'assif El Khemis et de l'oued Boubhir (s.s).
- D'étudier la répartition des différents genres de Coléoptère en relation avec l'habitat pour une meilleure connaissance de l'écologie des taxons et leur distribution et déterminer l'organisation spatiale du peuplement coléoptérologique en fonction des paramètres mésologiques, physico-chimiques et bactériologiques.

1. Description des cours d'eau et les stations d'étude

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

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

Neuf (9) stations ont été retenues en tenant compte essentiellement des paramètres tels que : l'altitude, la pente de la station, la végétation bordante et l'action anthropique

Ce choix est aussi conditionné par l'accessibilité aux stations.

Les prélèvements ont été effectués au cours d'une seule campagne (le 06 mai 2023).

Les 9 stations se répartissent comme suit :

- 5 stations sur assif Hallil et ses tributaires
 - 2 sur assif Illithen : AI1, AI2 (photos 1 et 2)
 - 1 sur assif Iferhounene : AIf (photo 3)
 - 2 sur assif Hallil(s.s) : HAL1, HAL2 (photos 4 et 5)
- 3 stations sur assif El Khemis : IL, KH1, KH2 (photos 6,7 et 8)
- 1 station sur l'oued Boubhir (s.s) : BH (photo 9)

Les stations retenues dans le cadre de ce travail sont indiquées par des carrés sur la figure 5. Pour chaque station étudiée, nous indiquons:

- ✓ la localité la plus proche
- ✓ l'altitude ;
- ✓ la pente à la station ;
- ✓ la profondeur moyenne de la lame d'eau ;
- ✓ la largeur du lit mineur
- ✓ la vitesse du courant ;
- ✓ la température ponctuelle de l'eau ;
- ✓ la nature du substrat ;
- ✓ la végétation aquatique ;
- ✓ la végétation bordante
- ✓ le recouvrement végétal
- ✓ les influences anthropiques lorsqu'il y en a.

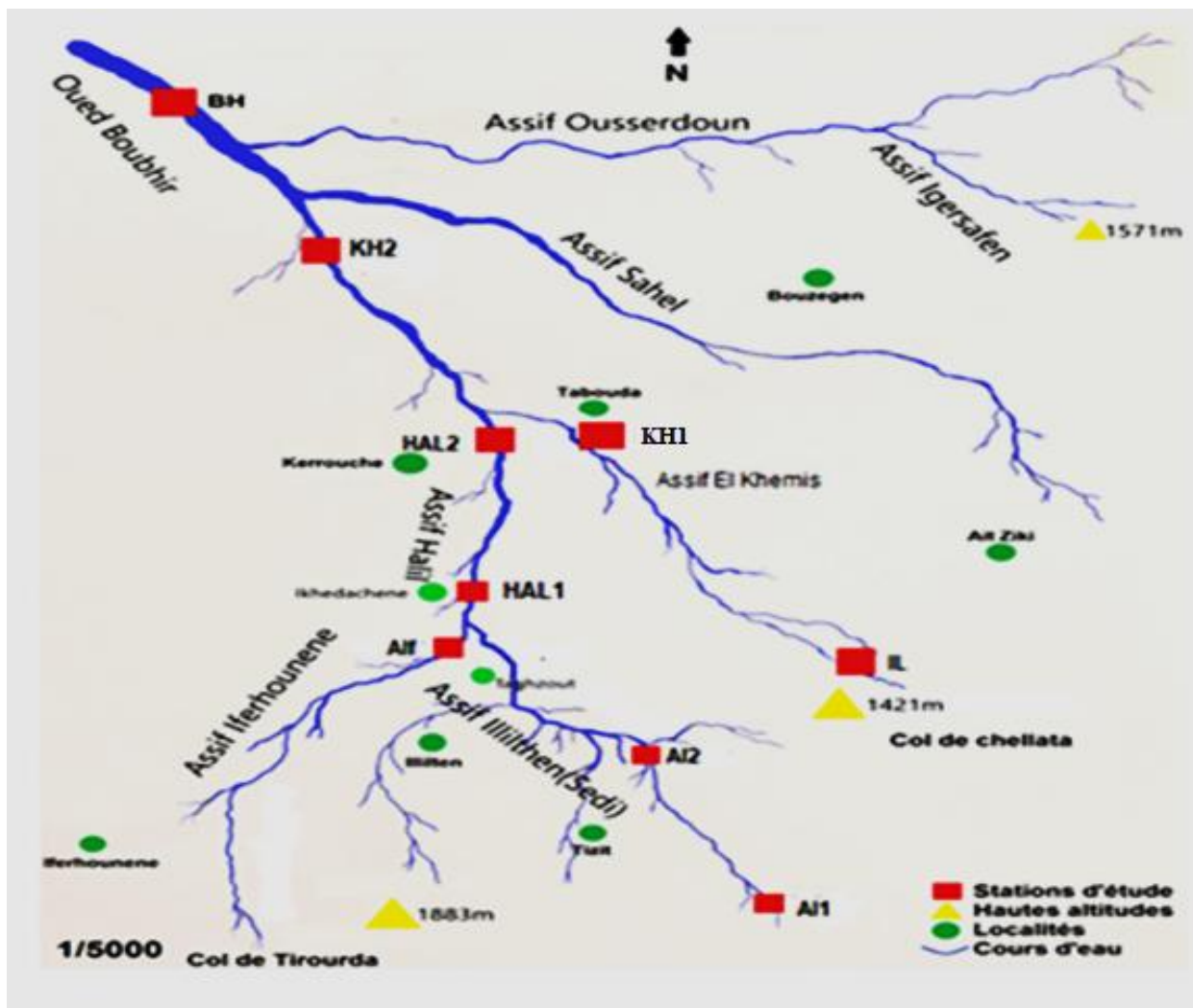


Figure 5 : Réseau hydrographique étudié et emplacement des stations.

1.1. Réseau hydrographique d' assif Hallil et ses tributaires

1.1.1. Assif Illilthen

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

Deux stations sont retenues sur ce cours d'eau : AI1, AI2.

❖ Station AI1 (photo 1)

Située à 50 m au aval de la source au lieu-dit «Agni Guzal » au Sud-Est du village Tizit

- Altitude : 1300 m ;
- Pente de la station : 25% ;
- Largeur du lit : 0,8 m ;
- Profondeur : 10 cm ;
- Vitesse du courant : 33.33 m\s ;
- Température de l'eau: 8 °C ;
- Substrat : gravier, blocs, sables et débris végétaux
- Recouvrement : 95 %
- Végétation bordante : strates arborée, arbustive et herbacée ;
- Végétation aquatique : présence de mousses ;
- Action anthropique : captage d'eau modeste.



Photo 1 : Station AI1

❖ Station AI2 (photo 2)

Elle est située en aval du village Tizit

- Altitude : 800 m ;
- Pente de la station : 15% ;
- largeur du lit : 2 m ;
- Profondeur : 20 cm ;
- Vitesse du courant : 26,66 m\s
- Température de l'eau: 10 °C ;
- Substrat : blocs, galet, gros galet, sable, débris végétaux.
- Recouvrement : 90%.
- Végétation bordante : strates arborée, arbustive et herbacée.
- Végétation aquatique : présence de mousses et algues.
- Action anthropique : agriculture modeste et captage de l'eau.



Photo 2 : Station AI2

1.1.2. Assif Iferhounene

Principal cours d'eau de la Daira d'Iferhounene, il prend naissance au point de confluence d'assif Tirourda et d'assif d'Ait Atsou. Il coule de Sud au Nord-Est sur une distance d'environ 8Km entre 500 m et 900m d'altitude avant de se jeter dans l'assif Hallil. Sa pente moyenne est de l'ordre de 6% et largeur de son lit peut atteindre par endroit 10m. Une station a été retenue sur ce cour d'eau: AIf

❖ Station AIf (photo 3)

Elle est située en aval du village Boudel à 150m avant confluence avec assif Illilthen

- Altitude : 520 m ;
- Pente de la station : 10% ;
- Largeur du lit : 3 m ;
- Profondeur : 20 cm ;
- Vitesse du courant : 50 m\s
- température de l'eau: 13°C ;
- Substrat : sables, limons, galet, matière organique et
- débris végétaux ;
- Recouvrement : 90% ;
- Végétation bordante : strates arborée et herbacée ;
- Végétation aquatique: présence d'algues et macrophytes ;
- Action anthropique : réseau d'assainissement des villages Iferhounene, Tirourda, Ait Atsou, Ait Larbi, Laazib, Taourirt Ali Ounaser, Boudel et Zoubga.



Photo 3: Station AIf

1.1.3. Assif Hallil (s.s)

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

Deux stations sont retenues sur ce cours d'eau : HAL1 et HAL2.

❖ Station HAL1 (photo 4)

Elle est située 600m en aval du point de confluence de l'assif Iferhounene et l'assif Illilthene au lieu-dit village Ikhdachen

- Altitude : 490 m ;
- Pente de la station : 7 % ;
- Largeur du lit : 5 m ;
- Profondeur : 25 cm ;
- Vitesse du courant : 95 ,48 m\s
- Température de l'eau: 16 °C ;



Photo 4 : Station HAL1

- Substrat : Galets, gros galets, limons, sables et matière organique.
- Recouvrement : 40%
- Végétation bordante : strates arborée, arbustive et herbacée.
- Végétation aquatique : présence de mousses et d'algues.
- Action anthropique : réseau d'assainissement de village Ikhedachen, pompage de l'eau.

❖ Station HAL2 (photo 5)

Elle est située à 50 m du pont dit Kerrouche

- Altitude : 380 m ;
- Pente de la station : 3% ;
- Largeur du lit : 6 m ;
- Profondeur : 25 cm ;
- Vitesse du courant : 27,72 m\s
- Température de l'eau: 20 °C ;
- Substrat : Gros galets, limons, sables et débris végétaux et matière organique.
- Recouvrement : 60%
- Végétation bordante : strates arborée, arbustive.
- Végétation aquatique : présence de mousses et d'algues.
- Action anthropique : Réseau d'assainissement de village Kerrouche, présence d'une serre avicole en amont.



Photo 5 : Station HAL2

1.2. Assif El Khemis

Cours d'eau de montagne. Il collecte l'ensemble des écoulements provenance des cols de Chellata et Tirourda ainsi que de nombreuses sources. Il traverse une forêt formée de chêne vert et d'olivier. Il coule en orientation Sud- Nord sur une distance de 15 km avant de se jeter dans l'oued Boubhir (s.s). Il reçoit sur sa rive droite Thassifth Illilthen et sur la rive gauche Thassifthn'Ath Atsou (SEKHI, 2022).

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

❖ Station IL (photo 6)

Elle est située à 2km en aval de la source de col de Chellata (environ 1,5 km du village aithlahcen)

- Altitude : 900m ;
- Pente de la station : 14 % ;
- Largeur du lit : 0,5 m ;
- Profondeur : 15 cm ;

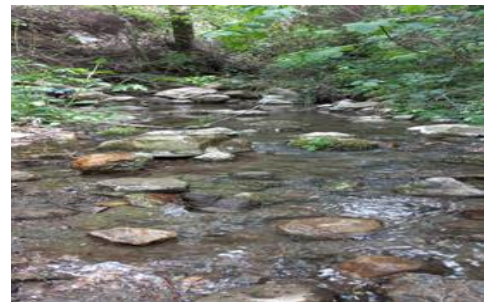


Photo 6: Station IL

- Vitesse du courant : 30 m\
- Température de l'eau: 9 °C
- Substrat : Bloc, gros galets, sables, limons et débris végétaux très important.
- Recouvrement : 70 %
- Végétation bordante : strates arborée, herbacée et arbustive.
- Végétation aquatique : présence de mousses.
- Action anthropique : agriculture modeste et captage de l'eau.

❖ **Station KH1 (photo 7)**

Elle est située dans la commune d'Illoula

- Altitude : 410m ;
- Pente de la station : 6% ;
- Largeur du lit : 3 m ;
- Profondeur : 20cm ;
- Vitesse du courant : 45m\
- Température de l'eau: 17 °C ;
- Substrat : gravier, limons et la vase
- Recouvrement : 50 %
- Végétation bordante : strates arborée, herbacée et arbustive.
- Végétation aquatique : macrophytes et mousses
- Action anthropique : pompage de l'eau pour l'irrigation, réseaux d'assainissements et déchets domestiques.

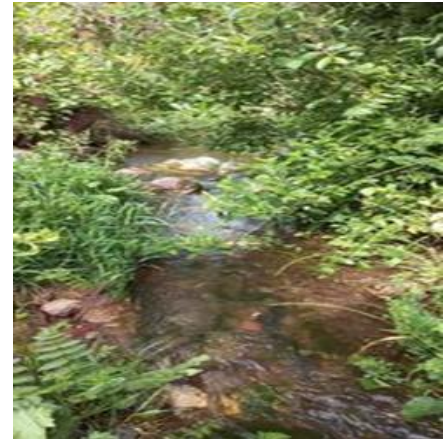


Photo 7 : Station KH1

❖ **Station KH2 (photo 8)**

Elle est située en aval de point de confluence de l'assif Hallil (s.s) et assif El Khemis au lieu-dit pont El Khemis

- Altitude : 220m ;
- Pente de la station : 2 % ;
- Largeur du lit : 7 m ;
- Profondeur : 30 cm ;
- Vitesse du courant : 74,29 m\
- Température de l'eau: 22 °C ;
- Substrat : Gravier, sable et limon, blocs et matière organique
- Recouvrement : 20 %
- Végétation bordante : strates herbacée et arbustive.
- Végétation aquatique : présence d'algues, macrophytes.



Photo 8 : Station KH2

- Action anthropique : réseau d'assainissement des villages de la commune Illoula, commune Ait Yahia et Boubhir, pompage de l'eau.

1.3. Oued Boubhir (s.s)

Il prend naissance à 20Km au Sud –Ouest d'Azazga au point de de confluence des assifs El Khemis et Ousserdoune, Sahel et Hallil (s.s). Il coule en orientation Sud- Nord entre 250m et 180 m d'altitude. Sa pente moyenne est de l'ordre de 1.5% et la largeur de son lit peut atteindre par endroit plus de 20 m.

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

❖ Station BH (photo 9)

Elle est située à 200 m en aval du point de confluence de assif Hallil (s.s), assif El Khemis assif Sahel et assif Ousserdoun et a 100m en amont du pont de Boubhir.

- Altitude : 200m ;
- Pente de la station : 1 % ;
- Largeur du lit : 9 m ;
- Profondeur : 40 cm ;
- Vitesse du courant : 55 ,27 m/s
- Température de l'eau: 25 °C ;
- Substrat : bloc, sable et la vase, la présence de la matière organique très importante ;
- Végétation bordante : strate herbacé et arborescente,
- Végétation aquatique : forte présence d'algues et des macrophytes ;
- Action anthropique : déchets sur les rives, pompage de l'eau pour l'irrigation, agriculture, présence d'une centrale à béton en amont.

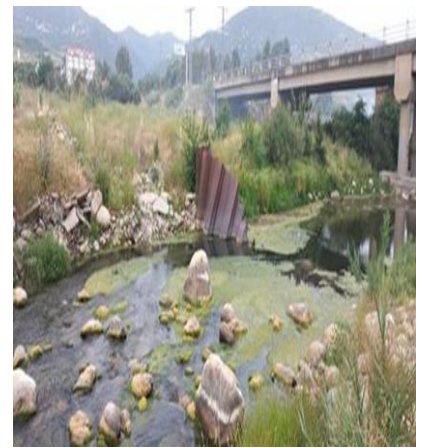


Photo 9 : Station BH

2- Caractéristiques physiques des stations

La répartition des macro-invertébrés benthiques est liée en grande partie à des facteurs environnementaux (RICHARD *et al.*, 1993; TATE & HEINY, 1995 ; BENBOW *et al.*, 2003), leurs communautés changent à la fois spatialement et temporellement (HYNY, 1970; TOWNSEND & HILDREW, 1994).

2-1 La pente

La pente est un paramètre écologique important dans étude écologique du système hydrographique qui dépend de l'altitude. Elle intervient dans le déterminisme de la vitesse de l'eau, de la granulométrie du substrat et de la répartition de la faune benthique.

La lecture du tableau 1 montre que les pentes aux stations présentent de grandes fluctuations. Elles varient entre 1 % et 30%.

- Le secteur le plus pentu correspond aux ruisseaux d'altitude et torrent de montagne (1300m -800m) dont la pente varie de 14% à 30%.
- Le secteur de pente moyenne correspond aux stations (AIf, HAL1, KH1 et HAL2) elle est comprise entre 6% et 10%.
- Le secteur des stations de basse altitude, le cours d'eau coule sur un lit large et relativement plat et les pentes sont $\leq 2\%$.

Tableau 1 : Altitudes et pentes des stations étudiées.

Stations	AI1	IL	AI2	AIf	HAL1	KH1	HAL2	KH2	BH
Altitude(m)	1300	900	800	520	490	410	380	220	200
Pente (%)	30	14	15	10	7	6	3	2	1

2.2. Le débit

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

D'après LOUNACI (2005), en Kabylie le régime hydrologique des cours d'eau de montagne est pluvionival de Décembre à mi-Avril et pluvial de mi-Avril au début Juin. La vitesse de transport des substances solides et dissoutes est augmentée par les fortes pluies qui sont à l'origine des crues ainsi, beaucoup d'organismes sont emportés et la composition chimique des eaux se trouve alors modifiée.

2.3. L'écoulement et la vitesse du courant

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 (LEVEQUE, 1996).

Dans notre travail, en raison des difficultés de sa mesure, la vitesse du courant a été quantifiée par sa valeur moyenne au niveau de chaque station. Les mesures ont été effectuées en surface du cours connu à l'aide d'un flotteur. Le temps mis par le flotteur pour parcourir une distance permet de calculer la vitesse du courant.

Les vitesses relevées dans les neuf stations sont représentées dans (tableau 2). Elles sont classées d'après l'échelle de Berg (1948)

- Vitesse très lente: <10cm /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 : >100cm /s

La lecture du tableau 2 montre que la vitesse du courant varie d'une station à l'autre, mais reste rapide à moyenne dans l'ensemble des stations. L'importance des courants dans ces sites est essentiellement liée à la période d'échantillonnage qui coïncide avec la fonte des neiges

Tableau 2 : La vitesse de courant enregistré aux niveaux des stations étudiées

Station	AI1	IL	AI2	AIf	HAL1	KH1	HAL2	KH2	BH
Altitude(m)	1300	900	800	520	490	410	380	220	200
Vitesse (m/s)	33,33	30	26,66	50	95,48	45	27,72	74,29	55,27
Observation	M	M	M	M	R	M	M	R	R

2.4. Le Substrat

Les substrats des cours d'eau présentent naturellement une grande diversité structural ce qui donne un support vital pour des invertébrés benthiques et de l'ensemble des organismes aquatiques auquel il est intimement associé pendant une partie de leur vie.

L'habitat des macro invertébrés benthiques possède des composantes biologiques (végétation) et physique (substrat). En effet, la diversité biologique des rivières est liée à la qualité de l'habitat (MOISAN & PELETIER, 2008).

La distribution des stations en fonction de la nature du substrat (tableau 3) montre une hétérogénéité du substrat. Au niveau des sources et des stations d'altitude, le substrat est à dominance de gros galets et graviers. En revanche, dans les stations de basse altitude, il est plutôt à dominance de sable et de limon riche en matière organique.

Tableau 3 : La nature du substrat dans les stations étudiées.

Station	AI1	IL	AI2	AIf	HAL1	KH1	HAL2	KH2	BH
Alt(m)	1300	900	800	520	490	410	380	220	200
GG/G	85	50	80	55	55	45	50	50	50
S/L	15	35	20	20	30	40	40	30	30
MO	0	15	0	25	15	15	10	20	20

2.5. La température de l'eau

La température de l'eau est un facteur écologique primordial dans les eaux courantes, elle conditionne les possibilités de développement et la durée des cycles biologiques des êtres vivants ainsi que la composition faunistique d'un cours d'eau (ANGELIER, 2000).

Selon RODIER (1996), la mesure de la température de l'eau est très utile pour les études limnologiques. Elle joue un rôle dans la solubilité des gaz, notamment l'oxygène, le déterminisme de pH et les dissociations des sels.

Dans le cadre de ce travail, devant l'impossibilité de réaliser des mesures journalières de la température, nous nous sommes contentés de réaliser des relevés ponctuels à l'aide d'un thermomètre à mercure dans les stations étudiées.

L'analyse des relevés de températures ponctuelles de l'eau nous permet de scinder les stations en 3 groupes (tableau 4).

- **Groupe 1** : renferme les stations des ruisseaux de source (900 et 1300m) et le torrent de montagne (800m) dont la température est comprise entre 8°C et 10°C. Le recouvrement important dans ce secteur contribue au maintien de la température de l'eau assez basse.
- **Groupe 2** : englobe les stations de moyenne montagne (380m a 520m) où la température de l'eau est relativement plus élevée, elle est comprise entre 13°C et 20°C.
- **Groupe 3** : les stations de basse altitude (200 et 220m) présentent une température de l'eau respective de 22°C et 25°C. L'absence ou la réduction du recouvrement ainsi que la présence d'un lit plus large en aval sont à l'origine de ces fortes températures.

Tableau 4 : Les valeurs ponctuelles de température enregistrées dans les stations étudiées

Station	AI1	IL	AI2	AIf	HAL1	KH1	HAL2	KH2	BH
Alt(m)	1300	900	800	520	490	410	380	220	200
T (°C)	8	9	10	13	16	17	20	22	25
R (%)	95	70	90	90	40	50	60	20	0

3. Matériels et méthodes d'échantillonnage

L'échantillonnage implique la collecte d'une grande diversité faunistique représentative des habitats à étudier. Cela permet d'obtenir un bilan plus complet possible des différents taxons présents dans les cours d'eau.

L'unité de base d'échantillonnage est la station, elle correspond 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 (GENIN et *al.*, 2003).

Le matériel biologique collecté (macro-invertébrés benthiques) est traité et analysé dans le laboratoire "Ecosystèmes Aquatiques Continentaux" de l'Université de Mouloud El Mammeri à Tizi Ouzou. Les analyses des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau ont été effectuées au niveau du laboratoire contrôle qualité production Taksebt de la wilaya de Tizi-Ouzou.

3.1. Echantillonnage benthique

Les prélèvements benthiques, ont été effectués dans des zones peu profondes (<40 cm) à l'aide d'un filet Surber à ouverture circulaire de 30cm de diamètre et de 275 μ m de vide de mailles. La surface d'échantillonnage est de 0.25m².

La procédure consiste à placer le filet sur le fond du lit, l'ouverture du filet face au courant, les larves et les nymphes sont recueillies dans le filet par lavage des galets se trouvant sur la surface échantillonnée. Les individus restés agrippés au substrat sont détachés à l'aide d'une pince.

3.2. Conservation des échantillons

Les échantillons récoltés sont conservés dans des sachets en plastique et fixés avec du formol à 10%. Les sachets sont munis d'une étiquette portant la date de prélèvement et l'identifiant de la station.

3.3. Lavage, tri et détermination

Au niveau du laboratoire, les échantillons sont rincés sur une série de tamis de mailles de taille décroissante (5 mm, 2,5 mm et 0,2 mm) pour se débarrasser du substrat fin restant et

des objets grossiers tels que (résidus végétaux, cailloux, plantes, feuilles, etc.). Après cela, il est versé dans une bassine et transféré dans des béciers de 250 ml.

Un pré-tri et une identification de la faune est faite sous la loupe binoculaire. Les organismes sont manipulés à l'aide de pinces fines dans des boîtes à pétri à fond quadrillé. Après cette identification, ces organismes sont transvasés dans des piluliers contenant de l'alcool à 75%.

La détermination se fait en séparant toute la faune benthique récoltée à l'aide des clés d'identification de (TACHET et *al.* (1980, 2000, 2010) ; RICHOUX (1982).

3.4. La chasse adultes

La chasse d'adultes est une méthode utilisée pour identifier des espèces au stade adulte. Cette technique implique la recherche et la capture d'insectes près des rives sur la végétation en utilisant le filet fauchoir ou saisis avec une pince. Les adultes récoltés sont mis dans les tubes en plastique puis conservés avec de l'alcool à 70 %.

4. Indices écologiques de composition et de structure des peuplements

Ce sont des expressions statistiques qui renseignent le mieux sur la structure du peuplement. Ils permettent d'avoir l'évaluation de la diversité du peuplement. De nombreux indices sont couramment utilisés à savoir : la richesse spécifique, l'abondance relative et l'occurrence des espèces.

Ces indices ont pour intérêt de rendre compte de l'abondance relative de chaque espèce (GAUJOUX, 1995). Ils permettent aussi de comparer entre deux peuplements et de voir comment ceux-ci évoluent dans l'espace et dans le temps (DAJOZ, 1985).

4.1. La richesse taxonomique

C'est le nombre total des taxons présents dans chaque prélèvement à un moment donné (BOULUNIER et *al.*, 1998, RAMADE, 2003).

C'est la première étape qui consiste à évaluer la structure générale du peuplement et à déterminer que plus il y a de taxons distincts, plus la diversité est grande.

4.2. L'abondance et l'abondance relative

C'est un paramètre qui permet d'analyser la structure du peuplement (n_i = nombre d'individus d'une espèce).

L'abondance relative (Abr) est un paramètre important pour la description d'un peuplement. Elle représente le nombre d'individus du taxon (i) présent par unité de surface ou de volume (RAMADE, 2003).

L'abondance relative est calculée par la formule :

$$P_i (\%) = n_i * 100 / N$$

n_i = nombre d'individus de l'espèce (i)

N = nombre total d'individus

Ces fréquences sont réparties en 5 classes :

- 0 - 20 % → espèce rare.
- 20 - 40 % → espèce rare et dispersée.
- 40 - 60 % → espèce peu abondante.
- 60 - 80 % → espèce abondante.
- 80 % → espèce très abondante.

4.3. L'occurrence relative des espèces

Selon DAJOZ (1985), l'occurrence est le rapport exprimé en pourcentage entre le nombre de relevés (P_i) où l'on trouve l'espèce (i) et le nombre total de relevés réalisés (P) dans une même station. Elle est calculée par la formule suivante : $C (\%) = P_i * 100 / P$

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

P : nombre total de prélèvement.

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

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

4.4. Indice de diversité Shannon

Indice de diversité Shannon est largement utilisé pour évaluer la diversité des espèces dans un milieu donné.

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

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

L'indice de Shannon s'exprime par : $H' = - \sum (n_i / N) \log_2 (n_i / N)$ avec :

- H' : l'indice de diversité de Shannon

- n_i = l'effectif total des individus de l'espèce i .
- N = l'effectif total des individus de toutes les espèces.
- \log_2 = logarithme à base 2. avec $\log_2 X = \frac{\log X}{\log 2}$

La diversité est minimale (milieu défavorable) quand H' tend vers zéro (0), et est maximale (milieu équilibré) quand H' tend vers 4,5.

4.5. Equitabilité

D'après PIELOU (1969), l'indice d'équitabilité rend compte de l'abondance relative de chaque taxon. Il est dérivé de celui de Shannon. Sachant que plus un peuplement est équilibré (pas de taxon largement dominant), plus il est stable et proche du climax et qu'à l'inverse, toute pullulation est le signe d'un déséquilibre dû à une cause naturelle ou anthropique.

On calcule l'équitabilité à partir de l'équipartition ou diversité maximale (H'_{\max}), laquelle correspond au cas où toutes les espèces seraient représentées par le même nombre d'individus.

H' = indice de Shannon $E = H' / H'_{\max}$

S = richesse spécifique

$H'_{\max} = \log_2 S$

L'indice d'équitabilité varie entre 0 et 1.

- Lorsqu'il tend vers zéro, il traduit un déséquilibre entre les effectifs des différentes composantes présentes.
- Lorsqu'il tend vers 1, ce qui indique que les taxons présents ont la même abondance.

5. Traitement statistique des données

Les principales méthodes statistiques multivariées utilisées dans ce travail s'appuient sur :

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

5.1. Analyse en composantes principales (ACP)

L'ACP a pour objectif d'étudier la relation qui existe entre les caractéristiques mésologiques et la structure du peuplement. Les résultats sont des données sous forme de graphes, l'un des variables et l'autre des individus.

Le graphe des variables est donné par le cercle des corrélations, de rayon $R=1$. Il permet de voir quelles sont les variables qui sont corrélées les unes avec les autres et quelles variables sont expliquées par les axes factoriels.

Le graphe des individus est lu simultanément avec celui des variables, il permet de déduire l'individu qui donne la meilleure (ou la plus faible) valeur de la variable considérée dans la lecture.

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

5.2. Analyse factorielle des correspondances (AFC)

L'AFC est une méthode statistique d'analyse des données utilisée dans les études biologiques. Son but est de donner la meilleure représentation simultanée de groupements de variables, qui permettent d'obtenir une correspondance entre groupes d'espèces et groupes des stations.

L'AFC réalisée à partir des abondances des espèces aide à déterminer les espèces caractéristiques de chaque groupe.

5.3. Classification ascendante hiérarchique (CAH)

Son but est de donner la meilleure représentation simultanée de groupements de variables.

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

Elle consiste à regrouper dans un même ensemble les données qui ont un degré de similarité significatif. La mesure de la similarité se fait selon les distances euclidiennes et l'agrégation en fonction de la méthode de Ward sous forme d'un dendrogramme. La CAH est destinée à reproduire des groupements décrits par un certain nombre de variables ou caractères.

5.4. Corrélation de Pearson

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

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

Il est considéré comme forte corrélation si le coefficient de corrélation est $> 0,7$. Une faible corrélation si le coefficient de corrélation est $< 0,5$ (BOLBAOCA & JANTSCHI, 2006)

5.5. Logiciel de calcul

Le logiciel XLSTAT a permis de réaliser et de donner les représentations graphiques des analyses multivariées de type ACP, AFC, CAH et les corrélations.

6. Matériels et méthodes de l'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.

Des résultats anormaux dans le contrôle de paramètre permettent de déceler et d'évaluer les niveaux de pollution, dont la réalisation de ces analyses a été effectuée au niveau du laboratoire de contrôle qualité production Taksebt Tizi-Ouzou.

6.1. Echantillonnage de l'eau et conservation

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté, il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension, etc.).

Étant donné que dans la plupart des cas le responsable du prélèvement n'est pas l'analyste, il convient que le préleveur ait une connaissance précise des conditions du prélèvement et de son importance pour la qualité des résultats analytiques.

Le matériel de prélèvement doit faire l'objet d'une attention particulière. L'emploi de flacons neufs en verre borosilicaté ou en polyéthylène haute densité (PEHD) avec des bouchons en téflon lavés avec une solution détergente à chaud et rincés avec de l'eau d'ionisée puis séchés, est recommandé.

Le mode de prélèvement variera suivant l'origine de l'eau. Dans le cas d'une rivière, d'une nappe ouverte, d'un réservoir, d'une citerne, la bouteille sera plongée à une certaine distance du fond (50 cm) et de la surface, assez loin des rives ou des bords ainsi que des obstacles naturels ou artificiels, en dehors des zones mortes ou des remous, et en évitant la remise en suspension des dépôts.

Enfin la bouteille du prélèvement doit contenir : (la date; le nom du site; heure), et conserver dans des glaciaires à basse température à l'abri de la lumière.

6.2. Matériels utilisés

L'appareillage ainsi que le matériel utilisé au cours des analyses physico-chimiques sont résumés dans le tableau 5.

Tableau 5 : Appareillage et matériel utilisés dans analyses physicochimiques

Appareillage	Verreries et autres matériels
Turbidimètre, conductimètre, pH mètre spectrophotomètre, oxymètre, étuve réglable à 105°C, dessiccateurs, balance analytique, hotte, plaque chauffante, dispositif de filtration avec pompe à vide.	Pipette gradué, béchers, fiole jaugée, cellules, capsule en verre, burette, pissette d'eau distillée, éprouvettes graduées, pince.

6.3. Paramètres organoleptiques

6.3.1. La couleur

Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité (RODIER, 2009).

C'est un paramètre qui traduit une nuisance d'ordre esthétique, selon MOKDDEM & OUDDANE (2005), la coloration des eaux peut être :

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

6.4. Paramètres physico-chimiques

6.4.1. La turbidité

C'est un paramètre qui varie en fonction des composés colloïdaux (argiles, débris de roche, micro-organismes,) ou aux acides humiques (dégradation des végétaux) mais aussi pollutions qui troublent l'eau.

Avec un appareil (turbidimètre) on mesure la résistance qu'elle oppose par l'eau au passage de la lumière pour lui donner une valeur classée comme suit :

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

Une importante turbidité de l'eau entraîne une réduction de sa transparence qui réduit la pénétration du rayonnement solaire utile à la vie aquatique (photosynthèse).

6.4.2. Le pH

Le pH ou le potentiel d'hydrogène est une mesure qui nous donne la concentration des ions hydrogène (H^+) dans l'eau $pH = -\log [H^+]$, qui se mesure avec un appareil (pH-mètre), donne le degré d'acidité ou d'alcalinité d'une eau.

Le pH doit être compris entre 6 et 8 pour permettre la vie aquatique.

Dans chaque milieu naturel, les eaux ont une valeur de pH propre en fonction du sous-sol de leur bassin versant :

- ✓ $pH > 7$ en régions calcaires où les eaux sont basiques car fortement minéralisées,
- ✓ $pH < 7$ en région de sous-sol primaire ou eaux sont acides.

Une mesure de pH, différente de la valeur habituelle du cours d'eau, peut-être l'indice d'une arrivée de pollution, en générale industrielle, en amont du point de mesure.

6.4.3. La Conductivité électrique

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

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

La conductivité électrique d'une eau s'effectue à l'aide d'un conductimètre, les valeurs sont classées comme suit :

Échelle indicative de conductivités naturelles de différentes eaux :

- 60 à 100 $\mu S/cm$: Eau de pluie ;
- 50 à 300 $\mu S/cm$: Eau peu minéralisée (sols schisteux, volcaniques, granitiques) ;
- 550 $\mu S/cm$ environ : Eau du robinet à Besançon (région calcaire) ;
- 300 à 700 $\mu S/cm$: Eau minéralisée (sols calcaires, marneux) ;
- 700 à 1200 $\mu S/cm$: Eau fortement minéralisée (sols gypseux, eaux salées).

Échelle indicative de relation entre la conductivité et la minéralisation de l'eau (REJSEK, 2002)

- $C > 100$: Minéralisation très faible ;
- $100 < C < 200$: Minéralisation faible ;
- $200 < C < 333$: Minéralisation moyenne ;
- $333 < C < 666$: Minéralisation moyenne accentuée ;
- $C > 1000$: Minéralisation élevée.

6.4.4. L'O₂ dissous

C'est un paramètre important pour évaluer l'état de santé d'un écosystème aquatique. Il est essentiel pour le maintien de la vie aquatique et la dégradation de la matière organique. Ce paramètre est influencé par différents facteurs comme la température et la turbulence de l'eau, la nature et la concentration d'êtres vivants présents (flore et faune), le type et le degré de pollution (BOUHEZILA, 2021).

6.4.5. Les résidus secs

C'est un indicateur qui permet de déterminer le taux de minéraux (substances dissoutes non volatiles) recueillis dans l'eau après l'évaporation. Suivant le domaine d'origine de l'eau cette teneur peut varier de moins de 100 mg/l (eaux provenant de massifs cristallins) à plus de 1000 mg/l (BERNE & JEAN, 1991).

6.4.6. La matière en suspension (MES)

Il s'agit de matières non solubilisées. Elles comportent des matières organiques et des matières minérales (GAID, 1984).

Les matières en suspension peuvent accumuler des quantités élevées de matières toxiques (métaux, pesticides, huiles minérales, hydrocarbures aromatiques polycycliques...) (MERABET, 2010). La quantité de matière en suspension varie notamment selon les saisons et le régime d'écoulement des eaux.

6.4.7. Longueur d'onde (UV)

La qualité globale de l'eau peut être évaluée en mesurant son absorbance ou sa transmittance d'UV.

La mesure d'UV est employée pour déterminer l'efficacité du rayonnement ultraviolet en tant que méthode appropriée pour la désinfection de l'eau.

6.5. Paramètres de pollutions indésirables de l'eau

6.5.1. L'ammonium (NH₄²⁺)

Il représente un élément essentiel du cycle d'azote. La détection de NH₄⁺ dans l'eau indique une décomposition partielle de la matière organique, ce qui fait un indicateur fiable de la pollution de l'eau qui est due aux rejets organiques de différentes origines.

6.5.2. Les nitrates (NO₃⁻)

Ils sont naturellement présents à de faibles concentrations dans les eaux souterraines et représentent la dernière étape d'oxydation de l'azote organique.

Leurs origines proviennent de la minéralisation de la matière organique, d'engrais azotés des eaux usées domestiques et stations d'épurations, elle se fait par dosage chimique ou par électrode spécifique (GAUJOUS, 1995).

6.5.3. Les nitrite (NO_2^-)

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

Elles sont limitées en distribution pour toxicité (0.1 mg/l NO_2^-) et sont considérés comme indice de pollution (GAUJOUS, 1995).

6.5.4. Les ortho phosphate (PO_4^{3-})

Éléments indispensables au développement de tous les organismes vivants. Ils sont généralement responsables de l'accélération des phénomènes d'eutrophisation.

Ils proviennent d'engrais, détergents et par contamination fécale et aussi d'une manière naturelle sous forme de phosphate calcique (GAUJOUS, 1995).

6.5.5. Le Sulfates (SO_4^{2-})

Sont des composés naturels des eaux. Ils sont liés aux cations majeurs tels que le calcium, le potassium et le sodium. Ils proviennent de certains minéraux, en particulier du gypse ou apparaissent à partir de l'oxydation des minéraux sulfureux (BREMOND *et al.*, 1973; RODIER, 1984)

6.5.6. La Matière organique

Les matières organiques dissoutes dans l'eau proviennent souvent de l'attaque et de la décomposition par les bactéries ou des champignons inférieurs, des cadavres d'animaux et de végétaux. Mais elles peuvent également provenir du métabolisme des êtres vivants supérieurs: excréments des plantes et déjections des animaux (LEFEVRE, 1993). La concentration en matières organiques dans les eaux de rivières varie entre 2 et 10 mg/l (GAID, 1988)

6.6. Paramètres des substances indésirables

6.6.1. L'aluminium (Al_3^+)

L'aluminium est présent dans les eaux naturelles sous forme de micropoussières, de particules d'argiles insolubles en suspension, de sels soluble et insolubles (ROSIN *et al.*, 1990).

Aluminium dans l'eau fait référence à la présence de cet élément dans les sources d'eau, y compris dans les sols et les roches extraite principalement d'une roche sédimentaire, et sa concentration peuvent varier en fonction de différents facteurs.

6.6.1. Le Fer (Fe_2^+)

Le fer se trouve de manière importante dans les eaux souterraines car c'est un élément de la croûte terrestre, sa présence dans l'eau dépend des conditions physiques et hydrologiques.

7. Matériel et méthode d'analyse bactériologique

L'eau contient une multitude de minuscules particules dont certaines sont des microorganismes (BAIRD & CANN, 2016).

7.1. Echantillonnages d'eau

L'analyse bactériologique est une étape délicate dans laquelle on utilise des flacons en verre lavés et stérilisés au moment du prélèvement.

Les flacons sont plongés dans l'eau sans toucher le fond et loin des rives, et ne doivent pas être remplis afin de maintenir en vie les bactéries aérobies. Après chaque prélèvement, les flacons doivent être étiquetés (source et date de prélèvement) ensuite ils sont transportés dans une glacière à l'abri de la lumière et de l'air afin d'éviter la multiplication des germes.

7.2. Matériels utilisés

Filtres membranaires de (0,45 μm et 0,22 μm), pince, bec benzène, boîtes de pétri stériles, gèle hydro alcoolique, les géloses.

7.3. Recherches et dénombrement des bactéries

Le dénombrement est basé sur une filtration d'un volume de 100 ml d'échantillon d'eau à travers un filtre de porosité (0.45 et 0.22 μm) suffisante pour retenir les bactéries, ensuite ces filtres sont placés sur des milieux de culture différents (CC agar gélose pour *Escherichia Coli* et Coliformes totaux, SLANETZ et BARTLEY pour les streptocoques).

Après incubation à 37°C, on dénombre en premier les colonies des Coliformes totaux et *Escherichia Coli* (après 24h) et par la suite celles des streptocoques (48 h).

7.3.1. Coliformes totaux

Les Coliformes appartiennent à la famille des Enterobacteriaceae. Le terme «Coliforme» correspond à des organismes en bâtonnets, non sporogènes, Gram-négatifs, aéro anaérobies facultatifs (RODIER, 2005 ; DELLARAS, 2007)

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

7.3.2. Escherichia Coli

Elle fait partie de la famille des enter bacteriace qui sont des cellules isolées ou paires, habituellement mobiles et pourvues de fimbriae. Leur métabolisme respiratoire lorsque les conditions sont aérobies, pratique la fermentation ou la respiration nitrique. En anaérobiose, ces bactéries fermentent le glucose via la fermentation acide mixte (SINGLETON, 1994). Leur origine est animale et humaine, sa présence dans l'eau indique une contamination récente par des matières fécales.

7.3.3. Streptocoques

Ils sont des bactéries gram positif. Coques ou formes coccoides (habituellement 1 µm de diamètre) souvent par paires ou en chainettes, généralement non mobiles, capsule souvent présente, anaérobies facultatifs et métabolisme habituellement fermentatif (SINGLETON, 1994).

Ce sont des témoins de contamination fécale sensible, spécifiques et assez résistants. Ils n'ont pas généralement de pouvoir pathogène important (par rapport aux normes environnementales) (GAUJOUS, 1995).

Chapitre III

Les Coléoptères

1. Généralités sur les Coléoptères

Les Coléoptères aquatiques sont les seuls insectes holométaboles à se représenter à la fois sous forme imaginaire et larvaire dans les milieux aquatiques. Ils vivent et colonisent divers habitats : sources, ruisseaux de sources, torrents, rivières à eau modérément courante et rivières à eau quasi-stagnante riche en végétation (TACHET et *al.*, 1980).

Ce groupe est caractérisé par la présence de pièce buccale de type broyeur et de deux paires d'ailes, dont la supérieure est transformée en éléments coriaces, impropres au vol, ou élytres (FORGE, 1981).

L'ordre des Coléoptères, avec plus de cinq cent mille espèces décrites, est le plus riche du monde animal. Les espèces de l'ordre des Coléoptères sont terrestres, semi aquatiques ou bien aquatiques (HANSEN, 1987 ; NILSONHOLMEN, 1995). Cette diversité en fait un groupe biologique clé dans le fonctionnement de l'écosystème. Ils sont parfois difficiles à appréhender car ils possèdent des phases aquatiques alternant avec des phases terrestres. Certaines familles possèdent quelques représentants dont seule la phase larvaire est aquatique (Helodidae, Sphaeriidae) ou seule la phase adulte est aquatique (Hydraenidae) alors que d'autres sont strictement aquatiques (Dryopidae, Elmidae, Hydrochidae) (BERTRAND, 1972 ; BERTHELEMY, 1979).

En Kabylie, LOUNACI (2005) a recensé un total de 84 taxons qui appartient à 17 familles et 38 genres. MEBARKI (2017) a récolté 38 taxons repartis en 15 familles.

L'étude réalisée sur les deux familles de Coléoptères aquatiques Hydraenidae et Elmidae des cours d'eau de Kabylie (LAMINE, 2021) a permis de recenser 18 taxons dont 16 identifiés au niveau spécifique et 2 au niveau générique.

2. Position systématique

Les Coléoptères recensés dans ce travail appartiennent :

- Embranchement : Arthropoda
- Sous-embranchement : Hexapoda
- Classe : Insecta
- Sous-classe : Pterygota
- Infra-classe : Neoptera
- Super-ordre : Endopterygota
- Ordre : Coleoptera
- Familles : Hydrophilidae, Dytiscidae, Hydraenidae, Haliplidae, Gyridae, Staphylinidae, Dryopidae, Elmidae, Chrysomelidae, Limnebiidae, Helodidae.

3. Classification des Coléoptères

Selon IMMS (1957) et CROWSON (1981), l'ordre des Coléoptères est divisé en quatre sous ordres: les Adéphaga, les Archostémates, les Mycophages et les Polyphaga.

Notre étude concerne les deux sous-ordre retrouvés dans notre région d'étude à savoir les Adéphaga et les Polyphaga dont les principaux caractères distinctifs et famille sont donnés dans (tableau 6)

Tableau 6 : Sous-ordres des Coléoptères aquatiques (TACHET *et al.*, 2006).

	Sous-ordre	
	Adephaga	Polyphaga
	- Hydradephaga. - Hydrocanthares.	
Larve	tarse et griffe distincts	tarse et griffe indistinctes
Adulte	métacoxas soudées au métasternum.	métacoxas soudées au métasternum Suture notopleurale indistincte
Familles	Haliplidae	Hydraenidae
	Hygrobiiidae	Spercheidae
	Noteridae	Hydrochidae
	Dytiscidae	Helophoridae
	Gyrinidae	Hydrophilidae
		Helodidae = Scirtidae
		Elmidae
	Dryopidae	
	Psephenidae	
	Chrysomelidae	
	Curculionidae	

Les Adephaga ont les hanches postérieures rattachées au métasternum par une articulation rigide qui partage complètement en deux le premier sternite abdominal visible. Les antennes ont 11 articles généralement filiformes ou moniliformes. Ils passent les stades larvaires et adultes en milieu aquatique, la nymphe étant terrestre (sauf Noteridae). Chez ces familles, les adultes sont généralement très bien adaptés à la vie aquatique, avec notamment des pattes plus ou moins transformées leur permettant de bien nager (photos 10 et 11).



Photo 10 : Hydraenidae



Photo 11 : Elmidae

Les Polyphaga ont les hanches postérieures (métacoxas) qui sont généralement mobiles par rapport au métasternum, ne divisant pas le premier sternite visible. Les antennes sont de différents types. Ils constituent un groupe plus hétérogène qui comprend des familles ayant des modes de vie différents. Les adultes de toutes ces familles sont beaucoup moins adaptées à la vie aquatique. Si les Hydrophilidae, les Dryopidae et les Elmidae passent leur vie dans l'eau (hormis le stade nymphal), les Hydraenidae ne vivent dans l'eau qu'au stade adulte (photos 12 et 13).



Photo 12 : Dytisidae



Photo 13 : Gyrinidae

4. Description générale d'un Coléoptère

La morphologie d'un Coléoptère aquatique adulte ne diffère pas essentiellement de celle des autres Coléoptères, elle est constituée de trois parties bien distinctes : la tête, le thorax et l'abdomen (figure 6).

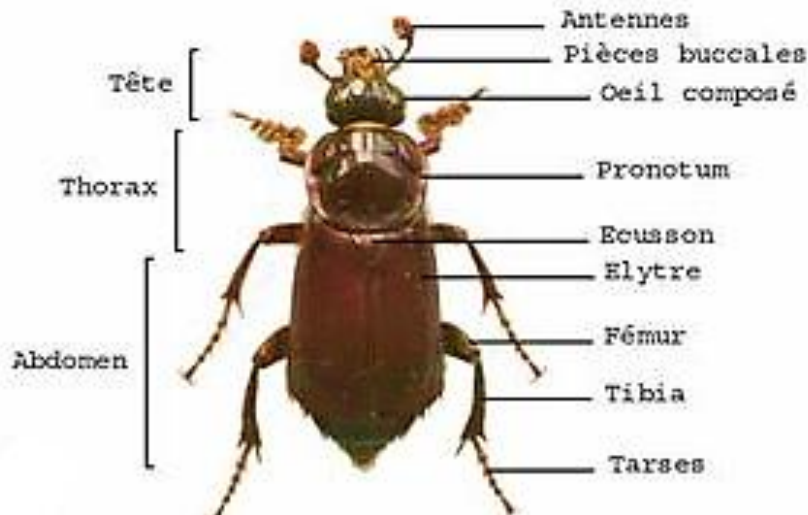


Figure 6 : Morphologie d'un Coléoptère aquatique

- **La tête**

La capsule céphalique est rigide, elle est prognathe. Dorsalement, des antennes de formes variées avec sept articles chez les Hydrochidae et onze chez les Hdryadephaga. Les yeux sont composés, chez les Gyrinidae, ils sont divisés en deux parties: une paire la téraux dorsale (vision aérienne) et une paire ventrale (vision subaquatique). Les pièces buccales sont de type broyeur.

Sous le labre, se présentent successivement une paire de mandibules, fortement sclérifiées est plus ou moins dentées, une paire de Maxilles bien développés avec lacinia et galéa bien individualisées.

Les palpes maxillaires sont toujours multiarticulées. Chez les Hydrophilidae et les Hydraenidae, les palpes maxillaires sont développés. Ventralement la capsule céphalique possède une gula allongée (figure 7).

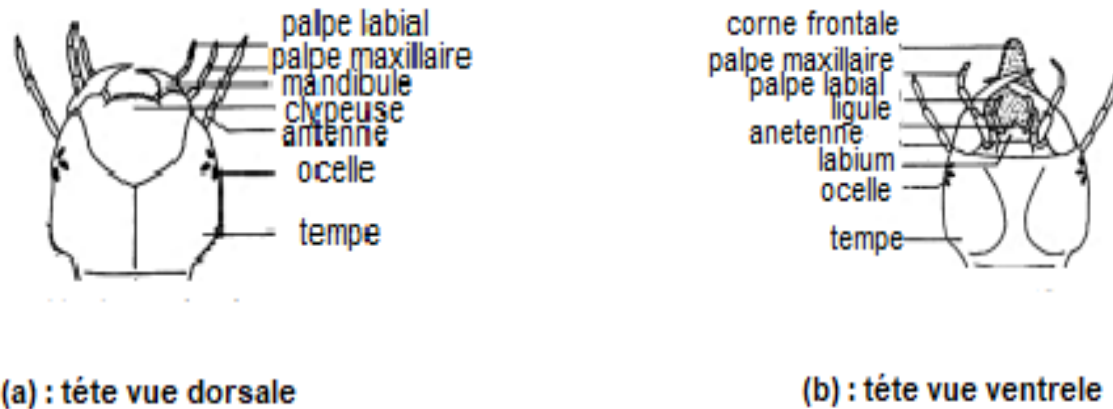


Figure 7 : Tête d'un Coléoptère (EVANS, 2010).

- **Le thorax**

Le thorax assure la fonction de locomotion et comporte trois segments principaux :

Le prothorax: constitue une pièce unique par la suite de fusion partielle tergites, sternites et pleurites avec des lignes de sutures qui sont visibles.

Le prothorax est également indépendant (au niveau cuticulaire) des deux autres segments qui sont unis à l'abdomen pour former le prothorax. Dorsalement, le pronotum est bien développé. Ventralement, le prothorax est bien visible et se prolonge souvent entre les hanches (coxa) par une apophyse prosternale.

Le mésothorax: est le plus petit segment thoracique, il porte en effet les élytres, structures protectrices, sans grand rôle dans le vol. Les élytres protègent en général l'abdomen. Comme pour le pronotum, les différentes ornements des élytres sont utilisées comme critères d'identification.

Le métathorax: est bien développé en particulier chez les Coléoptères les mieux adaptés à la nage. Il porte le plus souvent une paire d'ailes membraneuses utilisées pour le vol.

- **Les pattes**

Les pattes comportent normalement une hanche ou coxa, un trochanter, un fémur, un tibia et un tarse composé de tarsomères (jusqu'à cinq) dont le dernier, l'onychium, porte deux griffes. Chez certains Hydrophilidae, les pattes postérieures sont bien adaptées à la nage (aplatissement, présence de franges de soies...etc.). Chez les hydradephaga, les hanches postérieures (métacoxa) sont particulièrement développées et soudées ventralement, ce qui permet à la patte de mouvoir seulement dans un plan horizontal améliorant ainsi l'efficacité de la nage (figure 8).



Figure 8 : Pattes de Coléoptères, adaptées pour :

a- courir, b- nager, c- creuser, d- sauter, e- adhérer, f- ramer (BIGNON, 2008).

- **L'abdomen**

L'abdomen n'est pas visible dorsalement, sauf parfois les deux derniers segments. Il comprend fondamentalement 10 segments mais il y a des régressions et des invaginations dans la région postérieure. Les tergites, protégés par les élytres, sont mous. Les sternites sont toujours sclérifiés, au maximum 7 sont visibles. La structure des genitalia mâles est un des principaux caractères utilisés pour distinguer les espèces.

5. Cycle de développement

La durée de vie en général d'un an ou plusieurs années (Dytiscidae). Les Coléoptères sont le plus souvent ovipares : selon les espèces, la femelle pond entre un seul comme par exemple chez (Hydroscaphidae), à plusieurs centaines. Ces œufs sont isolés ou rassemblés dans une ponte.

Les Coléoptères passent par quatre stades : l'œuf, la larve, la nymphe et l'adulte (ou imago). Du stade œuf au stade adulte parfait, ce dernier subit une série de transformations et pond ses œufs dans un milieu où la larve trouve de la nourriture (figure 9).

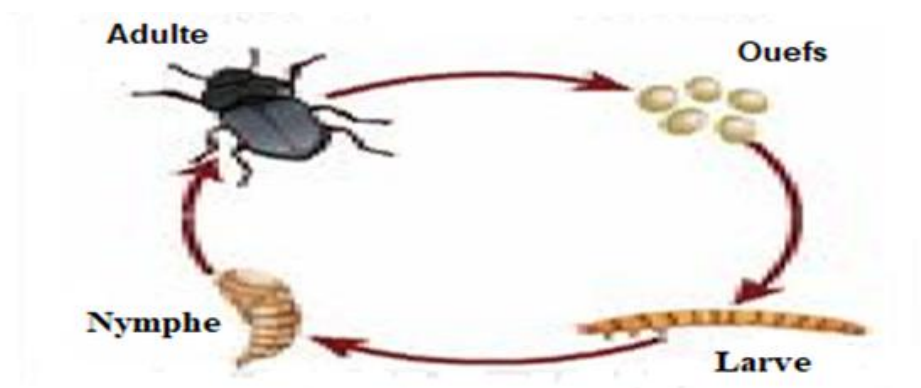


Figure 9 : Cycle de développement d'un Coléoptère aquatique

6. Biologie et Ecologie des Coléoptères

Les Coléoptères ont colonisé la totalité des habitats d'eaux continentales possibles. Ils se rencontrent en milieu superficiel, phréatique, dans les zones eutrophe et oligotrophe, en eaux douces et dans les milieux saumâtres, en haute montagne et en plaine sous tous les climats.

Les larves des Coléoptères ne pénètrent que rarement dans les milieux interstitiels, mais peuvent cependant se trouver à plusieurs décimètres à l'intérieur des sédiments.

Les régimes alimentaires sont extrêmement variés. Les Coléoptères ont tous un appareil buccal qui est souvent de type broyeur avec herbivore stricte (Curculionidae, Donasiinae) des détritivores, des algivores (Les Haliplidae) et des carnivores. Chez les adultes, certains sont prédateur, notamment chez les Dytiscidae et les Gyrinidae, mais la majorité est plutôt d'etrivore-algivore.

La respiration chez les larves correspond à quatre types majeurs : directement à travers les téguments chez les larvules et certains genres de petite taille, grâce à des branchies trachéennes et enfin grâce à des crochets stigmatiques que la larve enfonce dans les canaux aérifères d'un hydrophyte chez les larves de Donaciinae.

La larve possède un siphon, percé de deux stigmates, à l'extrémité de l'abdomen. Comme chez l'adulte, la respiration se fait tête vers le bas. Grâce aux longs poils hydrofuges de la carène médiane ventrale et à ceux plus longs des deux côtés, l'air peut circuler sous l'abdomen non mouillable jusqu'aux stigmates respiratoires. Laissent remonter passivement à la surface pour y respirer, entraînés par la flottabilité que leur procurent les bulles d'air respiratoires. (TACHET et *al.*, 2002).

Chez les adultes, la respiration se fait grâce aux stigmates qui s'ouvrent dans la cavité sous-élytrale ou grâce à un plastron respiratoire.

Chapitre IV

Résultats et discussion

1. Analyse du peuplement coléoptérologique

Dans l'ensemble des stations échantillonnées, nous avons recensé un total de 127 individus de Coléoptères appartenant à 8 familles et 14 genres.

Les familles les plus diversifiées sont les Dytiscidae et les Hydraenidae avec 3 genres pour chacune, viennent ensuite les Elmidae et les Hydrophilidae avec 2 genres et enfin les Gyrinidae, les Helodidae, les Staphylinidae et les Hydrochidae sont monogériques (tableau 7 et figure 10).

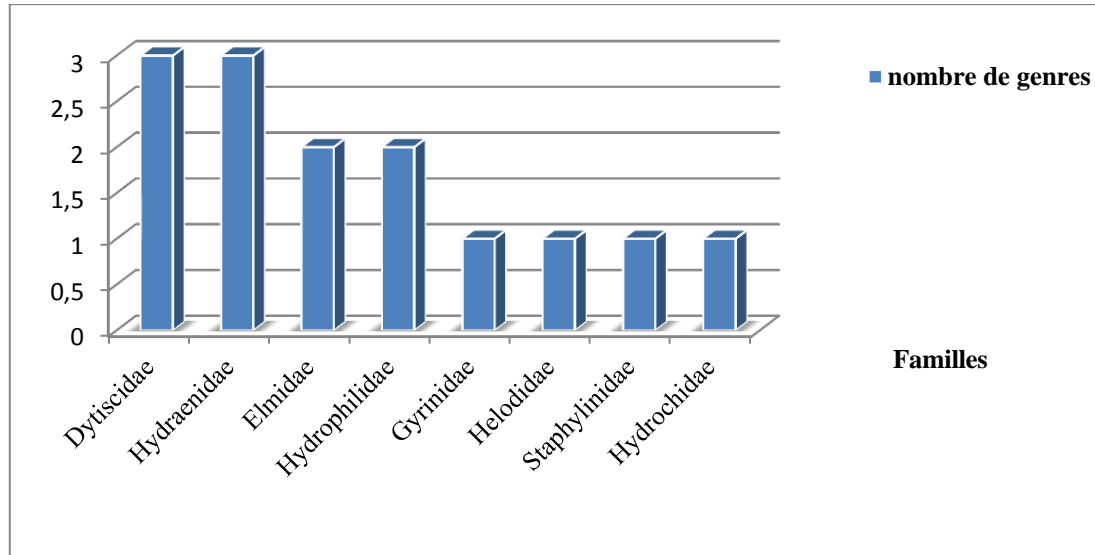


Figure 10 : Représentation du nombre de genre par famille des Coléoptères recensés.

Ainsi, la richesse générique de ce peuplement est comparable à celle observée par ACHOUR & SAIDOUN (2021) dans les 6 stations (alt. 200m à 1130m) du réseau hydrographique de l'assif Ouadhias (sous bassin versant de l'oued Aissi) avec 9 familles et 15 genres. Nos résultats restent relativement faibles comparés à ceux obtenus par HAMI & HADDADI (2021) dans les 8 stations (alt.190m et 1200m) de l'assif Sahel et de l'oued Boubhir (s.s) avec 11 familles et 16 genres.

Tableau 7 : Répartition des Coléoptères dans les stations étudiées. (Les chiffres indiquent l'abondance moyenne par 0,25 m²)

Taxon Station	A.II	AI2	AIf	HAL1	HAL2	IL	KH1	KH2	BH	Ab	AbR%	Occ	OccR%
Altitude (m)	1300	800	520	490	380	900	410	220	200				
Dytiscidae													
<i>Dytiscus</i>						3			25	28	22,04	2	22,22
<i>Nebrioporus</i>									6	6	4,72	1	11,11
<i>Laccophilus</i>									6	6	4,72	1	11,11
Total						3			37	40			
Hydraenidae													
<i>Hydraena</i>		3		4	3	3	11		3	27	21,25	6	66,66
<i>Limnebius</i>		3								3	2,36	1	11,11
<i>Ochthebius</i>							3			3	2,36	1	11,11
Total		6		4	3	3	14		3	33			
Elmidae													
<i>Riolus</i>	3		3	3	3					12	9,44	4	44,44
<i>Normandia</i>	3			3						6	4,72	2	22,22
Total	6		3	6	3					18			
Staphylinidae													
<i>Staphylinus</i>		3		3	3	3		3		15	11,81	5	55,55
Total		3		3	3	3		3		15			
Hydrophilidae													
<i>Berosus</i>			3			3	3			9	7,08	3	33,33
<i>Hydrobius</i>			3							3	2,36	1	11,11
Total			6			3	3			12			
Gyrinidae													
<i>Gyrinus</i>		3								3	2,36	1	11,11
Total		3								3			
Helodidae													
<i>Cyphon</i>				3						3	2,36	1	11,11
Total				3						3			
Hydrochidae													
<i>Hydrochus</i>		3								3	2,36	1	11,11
Total		3								3			
Abondance	6	15	9	16	9	12	17	3	40	127			
Richesse générique	2	5	3	5	3	4	3	1	4				

Ab : Abondance ; AbR % : abondance relative ; Occ : Occurrence ; OccR %: Occurrence relative.

1.1. La richesse taxonomique

La richesse taxonomique des Coléoptères varie d'une station à une autre le long des cours d'eau étudiés (figure 11). Le nombre de genres fluctue entre un minimum d'un genre récolté à la station KH2 (220m) et un maximum de cinq genres notés à la station AI2 (800m) et HAL1 (490m). Ces variations peuvent être attribuées à plusieurs facteurs tels que la présence ou l'absence de végétation aquatique, la vitesse de courant, la température de l'eau ainsi que la nature de substrat. Les cours d'eau présentant une meilleure qualité de l'eau et un habitat plus favorable peuvent soutenir une plus grande diversité d'espèces de Coléoptères.

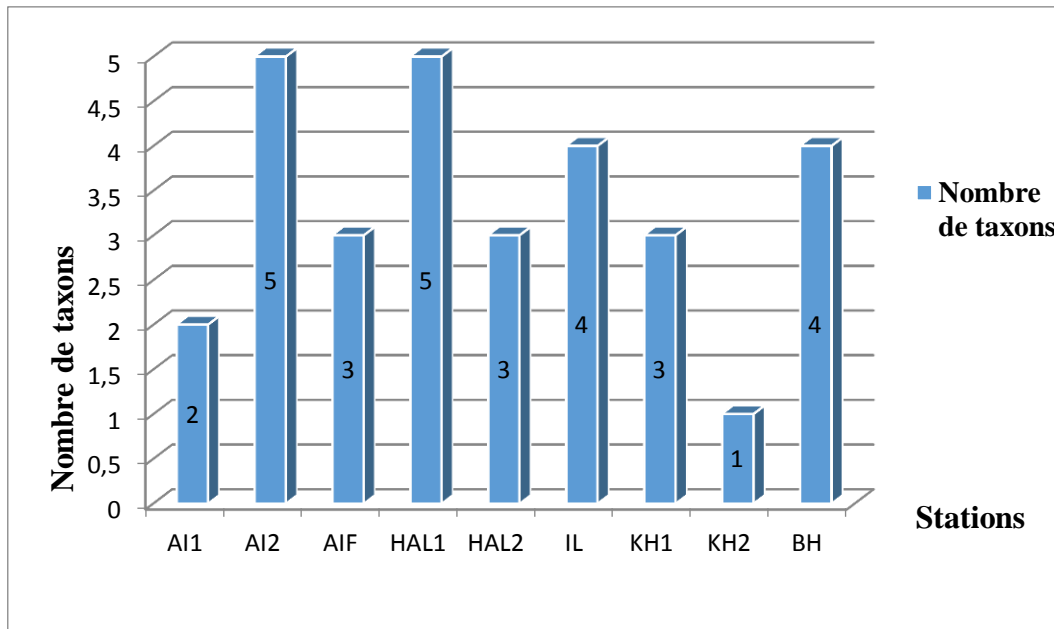


Figure 11 : Richesse taxonomique des Coléoptères aux stations étudiées.

1.2. Abondance stationnelle des Coléoptères récoltés

Les Coléoptères recensés dans ce travail totalisent 127 individus. Leur abondance fluctue d'une station à une autre variant de 3 individus (station KH2) à 40 individus (station BH).

92,5% du peuplement coléoptérologique recensé au niveau de la station BH est représenté par la famille des Dytiscidae. En effet les éléments appartenant à cette famille affectionnent principalement les milieux à eau peu courante, coulant sur des fonds meubles (sable, limons, matières organiques) et riche en végétation aquatique (macrophytes et algues).

Les autres stations présentent les effectifs compris entre 6 individus (AI1, alt.1300m) et 17 individus (KH1, alt.410m).

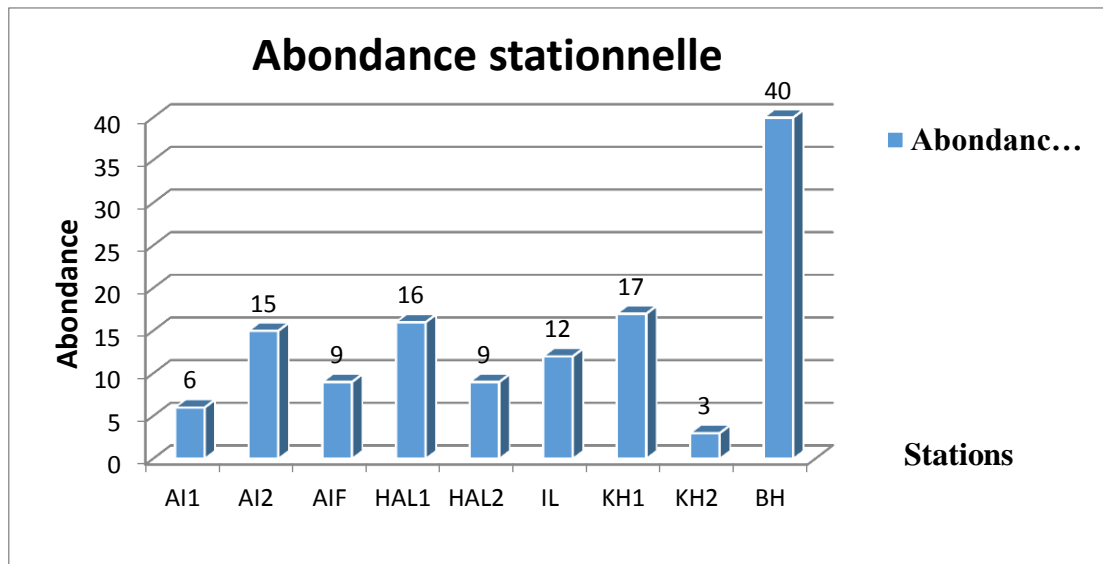


Figure 12 : Abondance des Coléoptères dans les stations étudiées.

1.3. Abondance et occurrence relative des genres recensés

La lecture des figures 13 et 14 visualisent graphiquement l'abondance et l'occurrence relatives des taxons (genres) récoltés dans les 9 stations d'étude. Ils peuvent être scindés en 3 groupes :

1- Taxons dominants ou constants dont la fréquence d'occurrence est supérieure à 50% :

Ce sont en général les genres à population plus ou moins denses : *Hydraena* et *Staphylinus*, ces taxons sont à large valence écologique. Ils colonisent tous les types d'habitats d'eau courante.

2- Taxons assez fréquents et peu abondants :

Ce sont en général les taxons ayant des fréquences d'occurrences comprises entre 25 et 50 %, ce sont des éléments à populations peu denses. Deux genres appartiennent à ce groupe : *Riolus* (Elmidae) et *Berosus* (Hydrophilidae).

3-Taxons rares à la fois très peu abondants et très peu fréquents :

Ce sont en général des taxons très localisés qui sont repérés dans une station et qui caractérisent des biotopes bien spécialisés : *Limnibius*, *Gyrinus*, *Hydrochus*, *Ochthebius*, *Cyphon*, *Hydrobius*, *Nebrioporus* et *Laccophilus*.

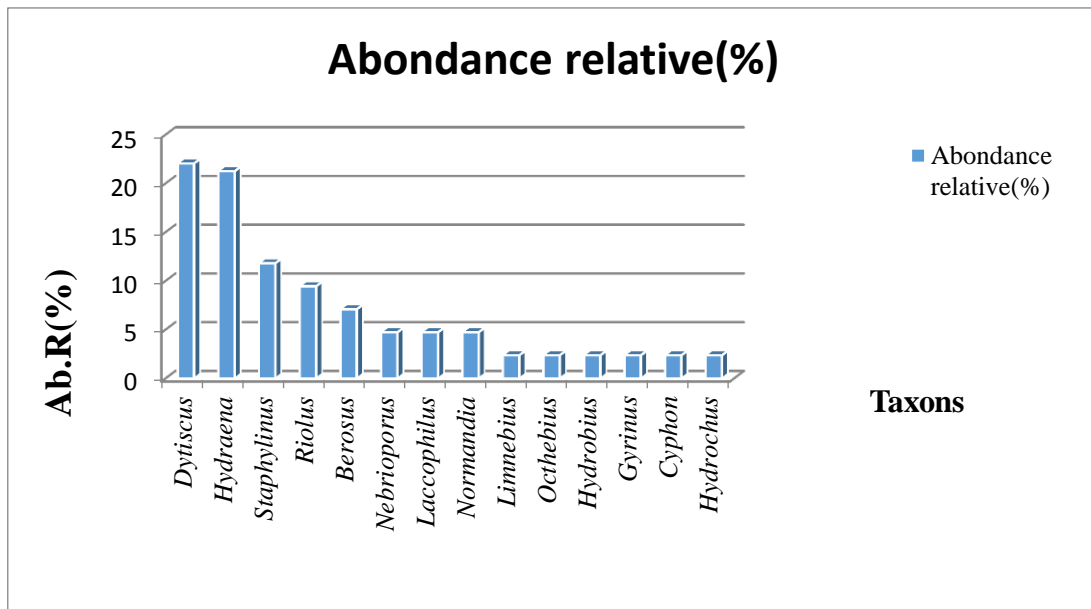


Figure 13 : Abondance relative (%) des Coléoptères récoltés

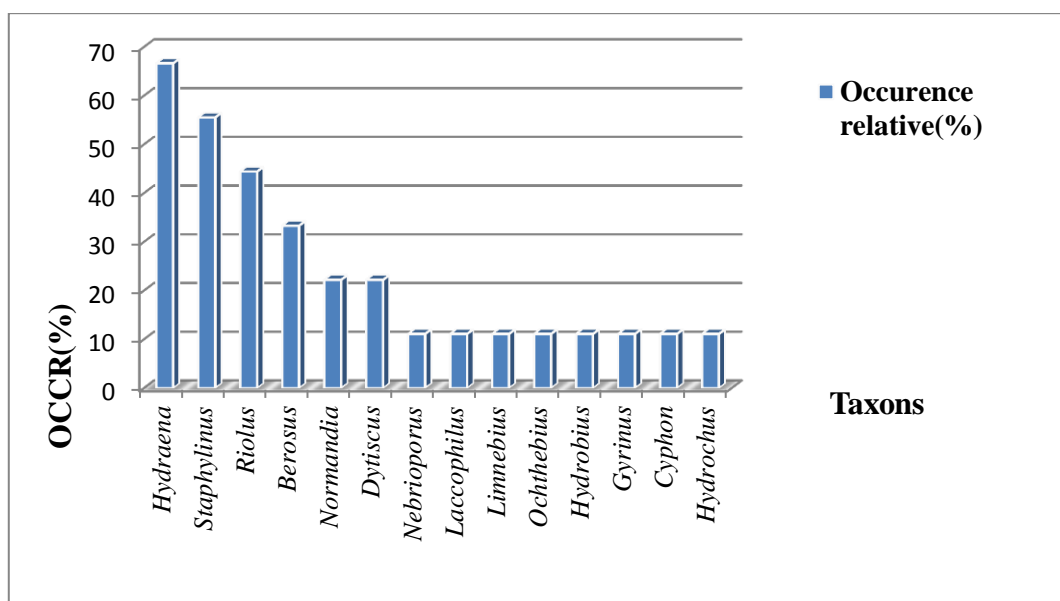


Figure 14 : Occurrence relative (%) des Coléoptères récoltés

1.4. Limites altitudinales des taxons recensés

L'examen du tableau 8 relatif aux limites altitudinales des genres fait ressortir 4 groupes :
Groupe 1 : composé de 2 genres (*Hydraena*, *Staphylinus*) qui présentent une large distribution longitudinale depuis les stations d'altitude jusqu'aux zones de piémont et de basse altitude. Ils sont eurythermes et eurytopes, ils colonisent tous les types d'habitats et sont à large valence écologique.

Groupe 2 : appartient à ce groupe 3 genres (*Riolus*, *Berosus*, *Normandia*) qui sont alticoles pouvant descendre jusqu'à 400m.

Groupe 3 : constitué de taxons localisés dans des biotopes spécialisés. Il peut être divisé en trois sous-groupes distincts :

- *Limnebius*, *Gyrinus* et *Hydrochus* qui sont strictement alticoles et sténothermes d'eau froide. Les genres appartenant à ce groupe ne descendent pas au-dessous de 800 m d'altitude. Ces taxons semblent très exigeants et peuvent être qualifiés de polluo-sensibles.
- *Ochthebius*, *Cyphon* et *Hydrobius* qui ne remontent pas au-dessus de 520 m d'altitude et ne descendent pas au-dessous de 380 m d'altitude.
- *Nebrioporus* et *Laccophilus* qui sont considérés comme thermophiles et potamophiles recensés uniquement dans la station la plus basse BH à 200m d'altitude. Ces taxons tolèrent les élévations de la température ainsi qu'une charge importante en matière organique. Ils peuvent être qualifiés de polluo-resistants.

Groupe 4 : constitué de l'unique genre *Dytiscus* qui présente une répartition longitudinale fragmentée. Il est noté au niveau du ruisseau de source IL (alt. 900m) et à la station la plus basse BH (200m) d'altitude.

Tableau 8 : Evolution de la richesse générique et d'abondance numérique des Coléoptères aquatiques étudiés.

Taxon / Altitude(m)	Alt ≥ 800	410 ≤ Alt < 800	Alt < 400
<i>Hydraena</i>	6	18	3
<i>Staphylinus</i>	6	6	3
<i>Riolus</i>	3	9	
<i>Berosus</i>	3	6	
<i>Normandia</i>	3	3	
<i>Limnebius</i>	3		
<i>Gyrinus</i>	3		
<i>Hydrochus</i>	3		
<i>Ochthebius</i>		3	
<i>Cyphon</i>		3	
<i>Hydrobius</i>		3	
<i>Nebrioporus</i>			6
<i>Laccophilus</i>			6
<i>Dytiscus</i>	3		25
R.Genres	9	8	5
Abondance	33	45	48

2. Analyses quantitative et qualitative du peuplement coléoptérologique

En terme quantitatif, les Dytiscidae sont dominants avec 40 individus, ce qui représente 31,49 % de tous les Coléoptères. Les Hydraenidae occupent la deuxième place avec 33 individus (25,98% des Coléoptères). Viennent ensuite les Elmidae avec 21 individus (14,17%). Se place en 4^{ème} position la famille des Staphylinidae (11,81%) avec 15 individus, suivie par les Hydrophilidae (9,44%) avec 12 individus. Les autres familles (Gyrinidae, Helodidae, Hydrochidae) sont faiblement représentées avec (2,36%) et 3 individus pour chacune (figure15).

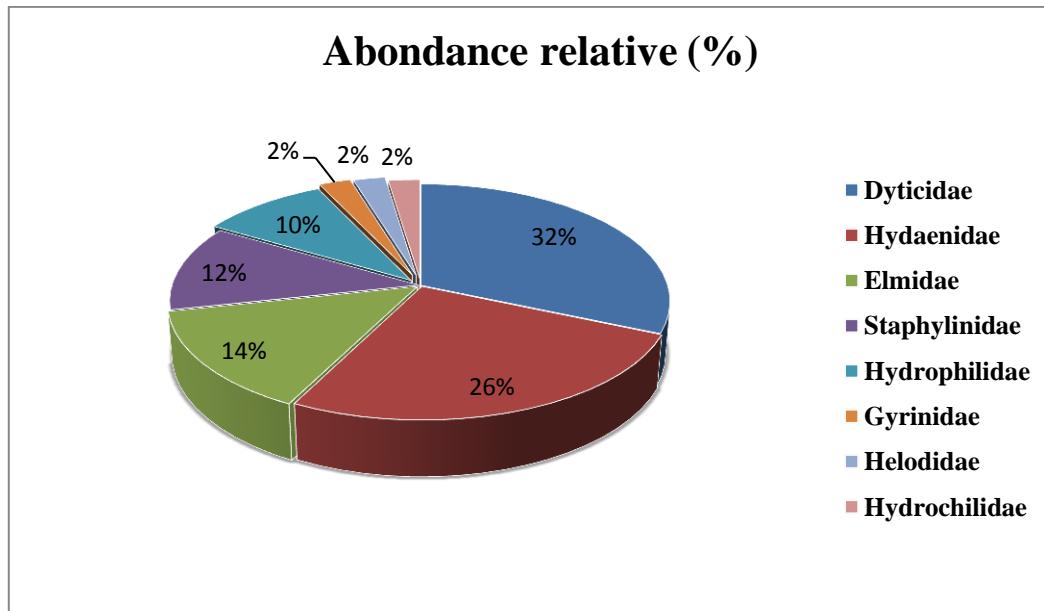


Figure 15 : Abondance des familles de Coléoptères dans les stations prospectées

- **Familles des Dytiscidae**

Les Dytiscidae constituent l'un des groupes les plus importants des Coléoptères aquatiques, groupe bien homogène, bien distinct notamment des autres Adéphaga aquatiques (BERTRAND, 1972).

La famille des Dytiscidae est très diversifiée et comprend des espèces de très petite à très grande taille (genre *Dytiscus* par exemple). Les dytiques nagent très bien grâce à leurs pattes postérieures fortement différenciées, longues et dotées de soies natatoires. Ils peuvent vivre dans des milieux très divers en eaux courantes ou stagnantes, ils peuvent coloniser de nouveaux biotopes facilement.

Dans nos récoltes, la famille des Dytiscidae est la plus abondante, elle totalise 40 individus et représentent 31,49% du peuplement coléoptérologique repartis en 3 genres.

- *Dytiscus*

Ce genre compte 28 individus récoltés dans 2 stations IL (900m) et BH (200m). Ce genre manifeste une nette inclination pour les sections inférieures des cours d'eau, où une

présence relativement importante est observée comprenant 25 individus. En effet, ce genre est considéré comme élément de zone de piémont (MEBARKI, 2017).

- ***Nebrioporus***

Il compte 6 individus (soit 15 % de la famille des Dytiscidae), il est récolté dans une seule station de basse altitude BH (200 m).

BEDEL (1895), fut le premier à décrire les habitats fréquentés par ce genre « eau un peu courante à fond de gravier. En Kabylie, LOUNACI (1987), le signale des milieux d'eaux douces à fond de graviers à des altitudes inférieures à 450m.

D'après MEBARKI (2017), *Nebrioporus* se trouve principalement dans les eaux relativement chaudes (T max >20°C) et à fond de graviers.

- ***Laccophilus***

Un total de 6 individus (soit 15 % des Dytiscidae) a été récolté dans une seule station de basse altitude BH (200 m).

GUIGNOT (1931-1933), signale que les éléments appartenant au genre *Laccophilus* se rencontrent dans les eaux stagnantes, courantes pouvant atteindre parfois les hautes altitudes. Il regroupe de nombreuses espèces dont les larves et les adultes sont carnivores et à large valence écologique (FRANSISCOLO, 1979).

- ❖ **Famille des Hydraenidae**

Compte environ 1420 espèces appartenant à pas moins de 40 genres (LOBL et SMETANA, 2004).

Les Hydraenidae sont généralement rhéophiles, peuplent les milieux à faciès lotiques et occupent les biotopes les plus diversifiés, aussi bien les eaux froides que les eaux chaudes de basse altitude et de plaine (KADDOURI, 1986).

Dans les cours d'eau étudiés, les Hydraenidae représentent 25,98 % des Coléoptères récoltés avec 33 individus repartis en 3 genres.

- ***Hydraena***

Dans les cours d'eau étudiés, 6 stations rendent compte de la présence de *Hydraena* avec un total de 27 individus (soit 81,81% des Hydraenidae). Il est à large distribution altitudinale (900m -200 m) et colonise les cours d'eau de montagne jusqu'en basse altitude.

Le genre *Hydraena* est très abondant et très fréquent dans les cours d'eau de Kabylie, et également très eurytherme et moins eurytope, il colonise les biotopes froids et chauds (MEBARKI, 2017).

- ***Limnebius***

Ce genre compte 3 individus (soit 9,09 % des Hydraenidae). Il n'est récolté que dans la station AI2 (alt. 800m).

Il présente une tendance alticole, rhéophile et sténotherme d'eau froide. Sa présence semble être liée aux eaux courantes de montagnes, particulièrement au petit cours d'eau à eau fraîche et à écoulement modéré, bordé d'une végétation assez dense (LAMINE, 2021).

- ***Ochthebius***

Les *Ochthebius* comptent 3 individus (soit 9,09 % des Hydraenidae) récoltés à la station KH1 de piémont (alt. 410m). Cette station est caractérisée par un substrat à dominance de graviers, limons et la vase riches en mousses et macrophytes.

Selon JACHA (1984), les *Ochthebius* sont généralement rhéophiles et thermophiles avec quelques représentants à tendance limnophile.

- ❖ **Famille des Elmidae**

La famille des Elmidae comprend 1330 espèces appartenant à 146 genres peuplant tous les continents (JÄCH & BALKE, 2008).

Les Elmidae sont des organismes vivants dans des biotopes lotiques. Contrairement aux autres Coléoptères, ils sont fréquents, abondants, rhéophiles et quelques éléments sont eurhythmes, présentent une faible tendance limnophile et peuvent coloniser les eaux peu courantes (BERTHELEMY, 1966).

Dans nos récoltes, la famille des Elmidae totalise 18 individus (14,17% du peuplement coléoptérologique) repartis en 2 genres.

- ***Riolus***

Ce genre compte 12 individus (soit 66,66 % des Elmidae), est récolté dans 4 stations entre 1300 et 380 m d'altitude. Il semble lié au secteur montagnard et il descend jusqu' au piémont.

Ce genre fréquente les ruisselets d'eau froide (MULLER, 1936).

- ***Normandia***

Un total de 6 individus (soit 33,33 % des Elmidae) a été récolté dans deux stations de haute montagne AI1 (1300m) et de moyenne HAL1 (490m).

- ❖ **Famille des Staphylinidae**

Les Staphylinidae vivent généralement dans des endroits humides aux bords des eaux douces ou salées. Ils se rencontrent parmi les matières en décomposition : feuilles mortes, excréments, cadavres (GAETAN, 1990).

Cette famille représente 11,81% du peuplement coléoptérologique, un seul genre *Staphylinus* avec 15 individus est récolté dans 5 stations entre 220 et 900m d'altitude. Ce taxon a la capacité de s'adapter à différents types d'habitats et est à large valence écologique.

❖ Famille des Hydrophilidae

D'après BERTRAND (1972), les Hydrophilidae fréquentent les eaux douces et même les eaux saumâtres et d'une façon générale, plutôt les eaux stagnantes que courantes. Ils abondent particulièrement les collections d'eau à végétation abondante.

La famille des Hydrophilidae dans nos récoltes n'est représentée que par deux genres *Berosus*, *Hydrobius* avec seulement 12 individus qui représentent 9,44% du peuplement coléoptérologique. Les représentants de cette famille assez diversifiée se rencontrent plus tôt dans les eaux calmes richement végétalisées.

- ***Berosus***

Ce genre compte 9 individus (soit 75 % des Hydrophilidae) récolté dans 3 stations IL, AIf et KH1 dont les altitudes respectives sont 900m, 520m et 410m.

- ***Hydrobius***

Ce genre compte 3 individus (soit 25 % des Hydrophilidae) récolté dans une station AIf à 520 m d'altitude.

❖ Famille des Gyrinidae

La famille des Gyrinidae habitent à la fois les eaux fraîches et saumâtres. Ils se retrouvent près des rives des lacs, dans les étangs, les marais et les ruisseaux (HOLMEN, 1987).

Cette famille est représentée dans les stations étudiées par le genre *Gyrinus* qui compte 3 individus, soit 2.36% du peuplement coléoptérologique, récoltés dans une seule station AI2 à (alt.800m). Ce genre est alticole, sténotherme d'eau froide.

❖ Famille des Helodidae

A l'état imaginal les Helodidae sont terrestres, ils fréquentent le voisinage des eaux, les lieux humides ou boisées par contre à l'état larvaire ils sont tous aquatiques : mares, lacs et ruisseaux (BERTRAND, 1972).

Dans les cours d'eau prospectés, la famille des Helodidae est représentée par l'unique genre *cyphon* avec 3 individus (soit 2,36% du peuplement coléoptérologique) récoltés dans la station de moyenne montagne HAL1 (490m).

❖ Famille Hydrochidae

Les Hydrochidae sont une famille des Coléoptères aquatiques prédateurs. Ils sont caractérisés par leur adaptation à la vie aquatique. Ils sont dotés de pattes adaptées à la natation et une capacité de plonger sous l'eau pour chasser leur proie.

Les Hydrochidae ont généralement des habitats d'eau douce tels que les étangs, les marais et les rivières.

Dans nos récoltes, la famille des Hydrochidae est représentée par l'unique genre *Hydrochus* avec de 3 individus (soit 2,36% du peuplement coléoptérologique) notés au niveau de la station AI2 (alt.800m).

3. Structure du peuplement

En études écologiques, la diversité biologique se présente comme un concept direct que l'on peut évaluer de manière rapide et facile à comprendre. Les mesures de cette diversité sont des bons indicateurs de l'état de santé des écosystèmes.

3.1. Indices de diversité SHANNON (H') et d'équitabilité (E)

Ces indices permettent d'évaluer la diversité faunistique d'un milieu donné. Ils consistent à mesurer la richesse spécifique ainsi que la proportion représentée par chaque taxon au sein de la communauté.

L'indice de diversité et d'équitabilité sont élevés lorsque la richesse spécifique est importante et la répartition des espèces est équilibrée. Un peuplement moins diversifié avec des espèces dominantes s'exprime par une faible valeur de ces indices.

Les indices de diversité Shannon (H') et d'équitabilité (E) calculés pour les stations étudiées sont donnés dans le tableau 9 et illustrés par la figure 16.

Tableau 9 : Indice de Shannon (H') et d'Equitabilité (E) dans les stations d'étude.

Stations	AI1	AI2	AIF	HAL1	HAL2	IL	KH1	KH2	BH
Altitude(m)	1300	800	520	490	380	900	410	220	200
H'	1	2,32	1,59	2,26	1,59	2	1,27	0	1,28
S	2	5	4	5	3	4	3	1	4
H'max	1	2,32	2	2,32	1,59	2	1,59	0	2
E	1	1	0,79	0,97	1	0,5	0,79	0	0,64

Les résultats obtenus pour l'indice de diversité de H' varient entre 0 à 2,32 Bits\individus et pour l'indice d'équitabilité les valeurs fluctuent entre 0 et 1.

Les indices de diversité H' moyens par tranche altitudinale diminuent en allant de l'amont vers l'aval.

Dans les stations de sources et torrent de montagne, l'indice est de 1,77 (800m à 1300m). Dans les stations de moyenne montagne (380m à 520m), H' est de 1,67 et en basse altitude (200m et 220m), il est plus faible avec 0,64 Bits\individus.

Les stations les plus alticoles AI1 (1300m), IL (900m) et AI2 (800m) présentent les valeurs de H' qui varient de 1 à 2,32 Bits. Ces stations, exemptes de pollution, sont caractérisées par un substrat hétérogène à dominance de gros galet et galet, un couvert végétal assez dense, une température de l'eau relativement basse et un courant modéré permettent l'installation d'une faune diversifiée essentiellement rhéophile, sténotherme d'eau froide et polluo-sensible.

Les stations AIf (520m), HAL1 (490m), KH1 (410m) et HAL2 (380m) présentent les valeurs H' entre 2,26 et 1,27 et une équitabilité comprise entre 0,79 et 1. Cette légère diminution de la diversité peut être liée à la présence des perturbations d'origines anthropiques (rejets domestiques, réseaux d'assainissements, pompage de l'eau pour l'irrigation).

Les stations KH2 (220) et BH (200) de basse altitude (220-200m) présentent respectivement les valeurs de 0 et 1,28 de H' ainsi que 0 et 0,64 pour l'équitabilité. En effet, ces stations de plaine sont caractérisées par un substrat uniformisé à dominance de limon et de sable riche en matière organique, une température de l'eau élevée et un recouvrement absent ou faible. Les taxons présents dans ce secteur semblent thermophiles, potamophiles et polluo-résistants (Hydraenidae et Dytiscidae).

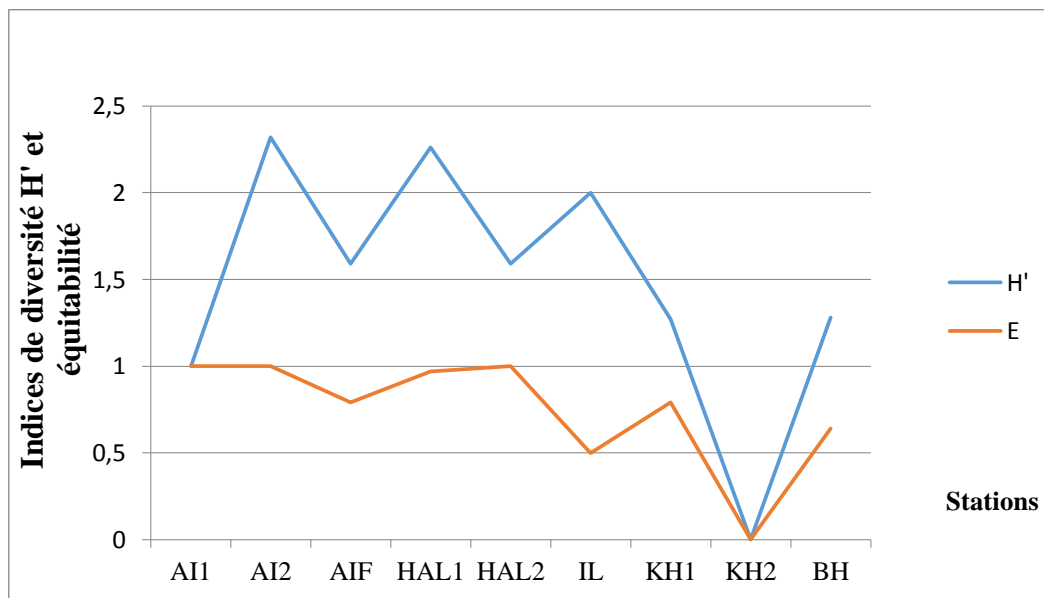


Figure 16 : Evolution des indices de diversité (H') et (E) dans les stations d'étude

4. Analyse physicochimique de la qualité de l'eau

4.1. Paramètre organoleptique

4.1.1. La couleur

L'eau des stations d'altitudes (AI1, IL, AI2 et KH1) présente une faible couleur (Hazen) qui varie entre 1 et 13 (figure 17). Ces valeurs sont <15 selon la norme OMS et la pollution est absente.

Par contre, les stations AIF, HAL1, HAL2, KH2 et BH les valeurs de la couleur sont élevées et elles sont comprises entre 17 à 52 et sont supérieures à la norme OMS en raison de la présence des particules colloïdales qui sont dues à décomposition de la matière organique.

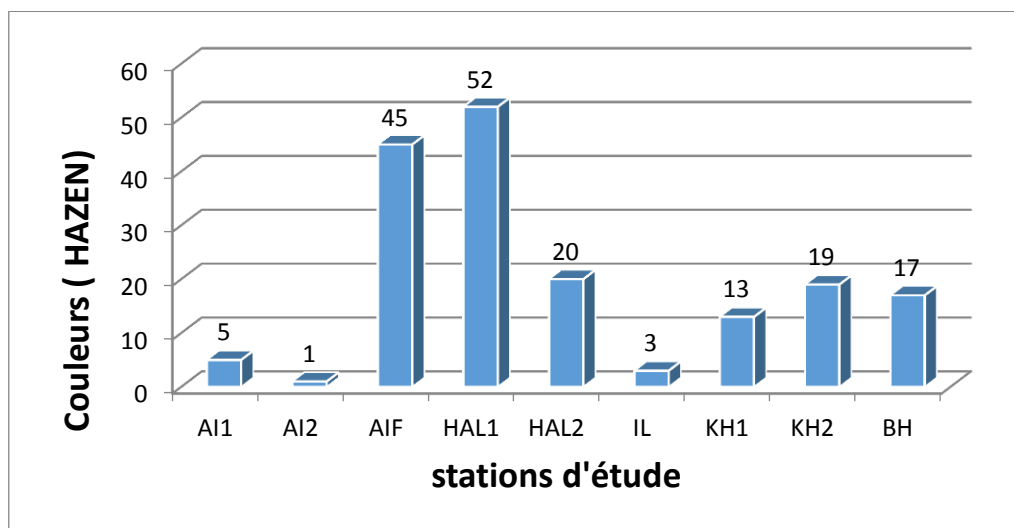


Figure 17 : Résultats de la couleur des eaux des stations d'étude.

4.2. Paramètres physico-chimiques

4.2.1. La turbidité

La valeur de turbidité de la station AI2 est de 0,4 ce qui est due à l'absence des particules en suspension, ce qui favorise la pénétration de la lumière et l'oxygène au niveau des eaux de cette station.

Les mesures de turbidité effectuées dans les stations AI1, HAL1, IL, KH1, BH varient de 1,3 à 2,1. Par conséquent, la charge de MES et des colloïdes dans l'eau des stations est importante.

Dans les stations Aif, HAL1, KH2, la turbidité est plus élevée par rapport aux autres stations, ce qui est due à la présence de matière organique en décomposition et aux activités anthropiques (figure18).

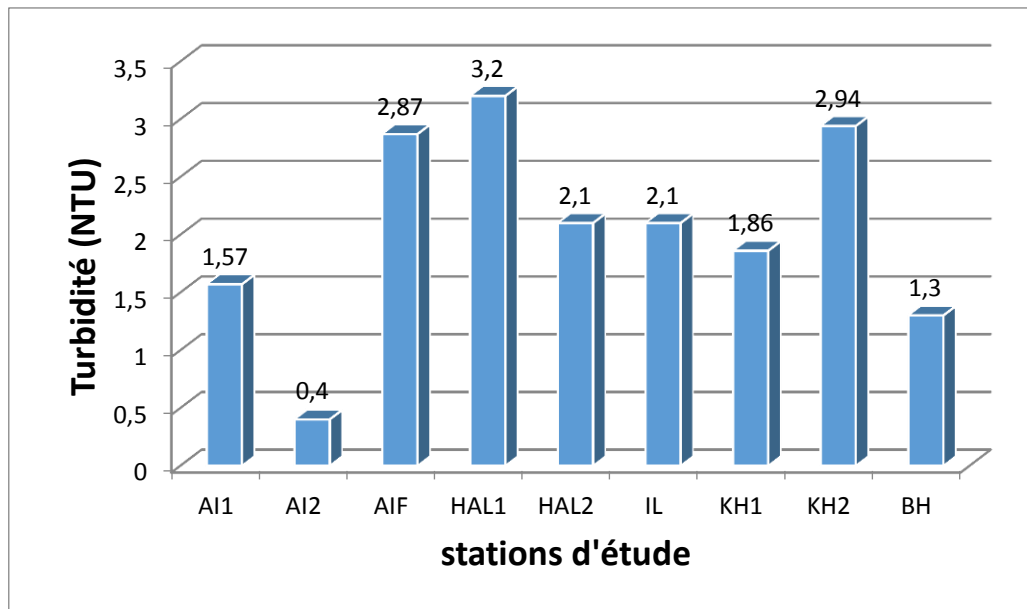


Figure 18 : Résultats d'analyse de la turbidité des eaux des stations étude.

4.2.2. Le pH

Les valeurs de pH de l'eau présentent une variation entre un minimum de 7,45 dans la station AI2 et un maximum de 8,34 dans la station KH1 (figure19). Cette légère variation est influencée par la structure géologique du bassin versant qu'elle traverse ainsi que l'augmentation de la température et les teneurs élevées de la matière organique.

Dans le cas de nos stations, il reste toujours dans intervalle qui permet la vie aquatique.

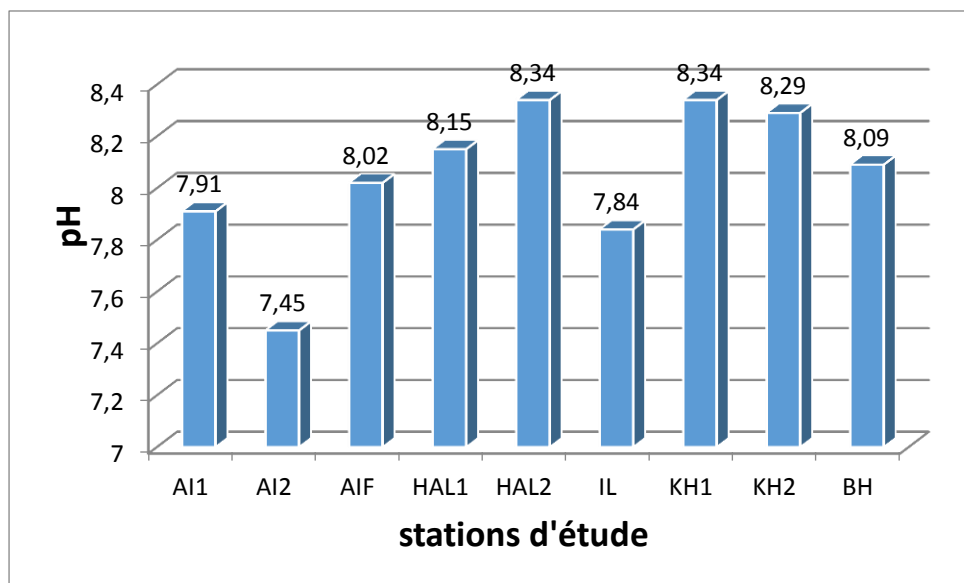


Figure 19 : Résultats d'analyse du potentiel hydrogène (pH) des eaux des stations d'étude.

4-2-3 La conductivité électrique

La conductivité permet d'apprécier la quantité des sels minéraux dissous dans l'eau. Dans ce présent travail, la conductivité de toutes les stations a été mesurée à une température < 20 (norme de l'OMS), on peut classer les valeurs obtenues en 2 intervalles (figure 20) :

* $200 \mu\text{S}/\text{cm} < \text{cond} < 333 \mu\text{S}/\text{cm}$: indique une minéralisation moyenne de l'eau qu'on remarque dans la station AI1,

* $333 \mu\text{S}/\text{cm} < \text{cond} < 666 \mu\text{S}/\text{cm}$ indique une minéralisation moyenne accentuée de l'eau qu'on remarque dans les stations AIf, HAL1, BH

* $700 \mu\text{S}/\text{cm} < \text{cond} < 1200 \mu\text{S}/\text{cm}$: montre une forte minéralisation de l'eau représentée dans les stations IL, AI2, HAL2, KH1, KH2.

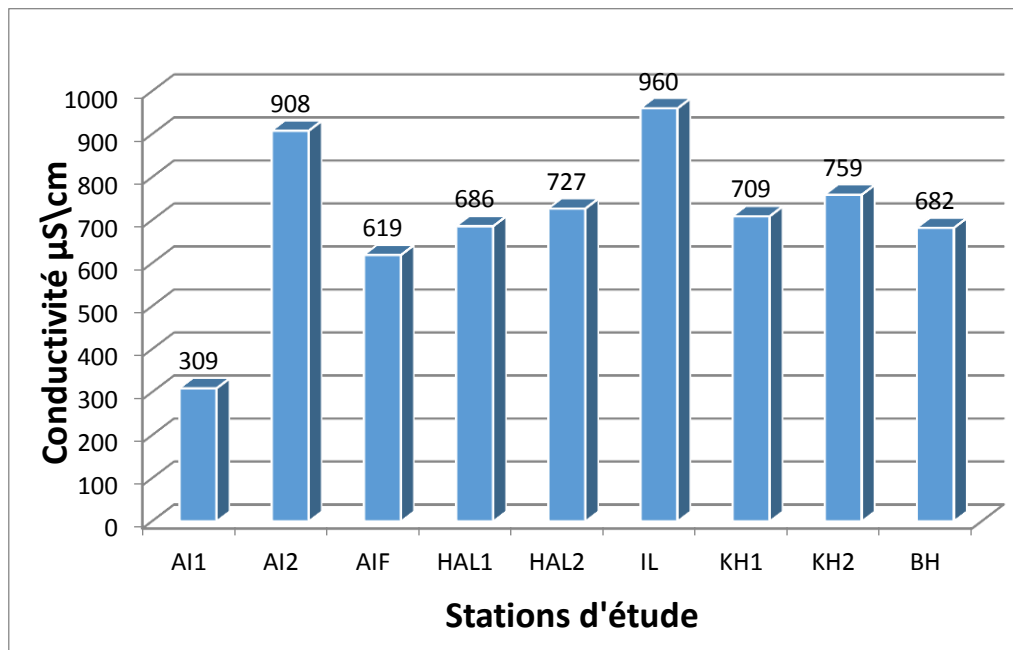


Figure 20 : Les concentrations de la conductivité électrique des stations d'étude.

4.2.4. L'O₂ dissous

Les mesures de l'oxygène dissous dans l'ensemble des prélèvements (AI1, IL, AI2, HAL1, HAL2, KH1, KH2) varient entre 7,24 à 8,07 ce qui montrent que ces stations sont bien oxygénées et favorise ainsi la croissance des micro-organismes responsables de la dégradation de la matière organique, cela témoigne de l'effet d'auto-épuration des cours d'eau.

Par contre les stations AIF et BH, l'O₂ est respectivement de 6,62 et 6,74 ce qui signifie la décomposition de la matière organique par des bactéries ainsi qu'une densité émissive de la végétation aquatique peut réduire l'oxygène disponible.

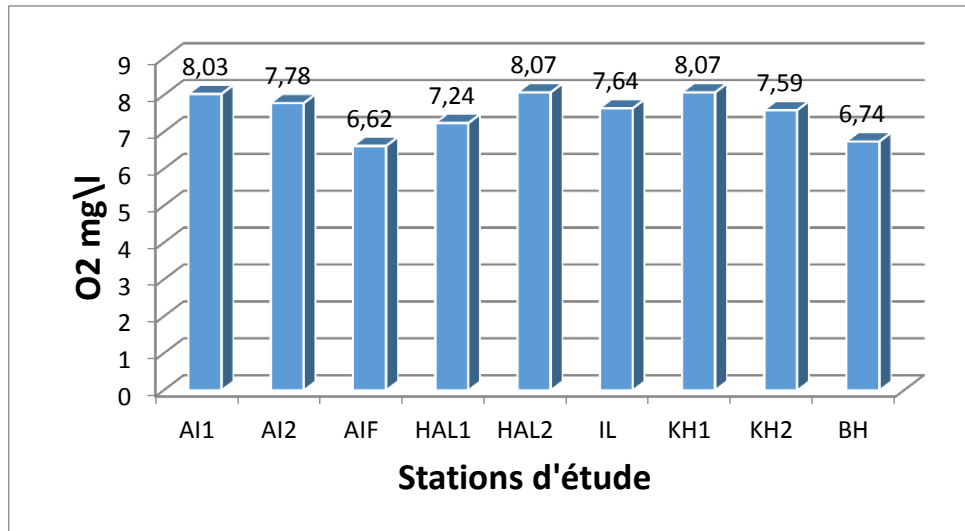


Figure 21 : Les concentrations d'O2 dissous dans les stations d'étude.

4.2.5. Le résidu sec

C'est un indicateur qui permet de déterminer le taux de minéraux (substances dissoutes non volatile) recueillis dans l'eau après l'évaporation.

La figure 22 montre que les concentrations en résidus secs au niveau des 9 stations étudiées varient de 8 à 618 mg/l. Ce qui traduit la faible minéralisation de l'eau.

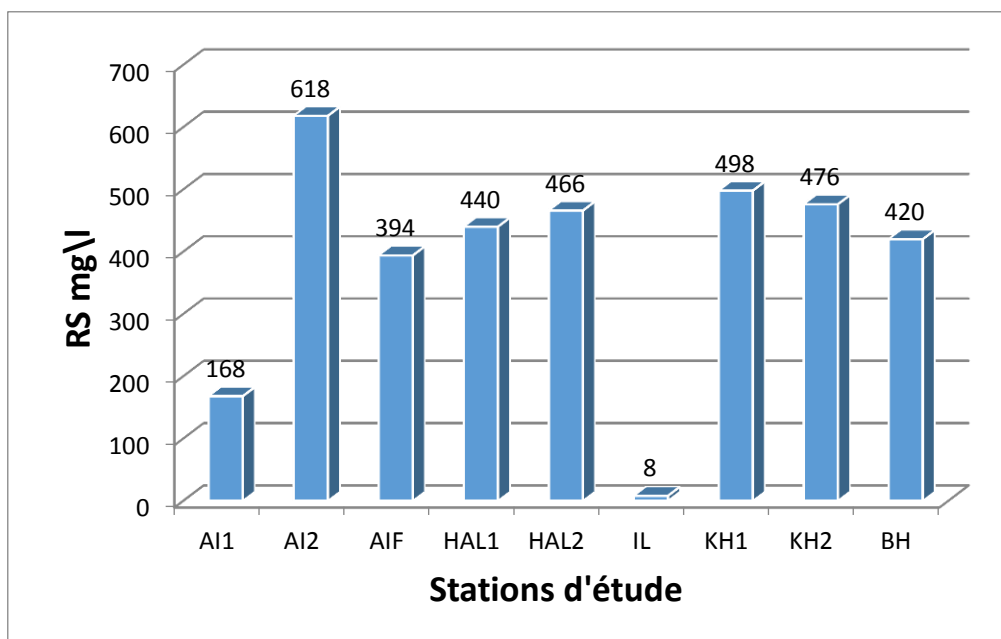


Figure 22 : Les concentrations des résidus secs dans les stations d'étude.

4.2.6. Les Matières en suspensions

Les concentrations de MES dans les stations AI1, AIf, HAL1, HAL2, KH1, KH2, BH varient entre 6 à 10 mg/l, ce qui est dû à l'écoulement rapide de l'eau qui permet de soulever et de transporter des particules du fond (figure 23).

Par contre dans les deux stations AI2 et IL, la concentration de MES est plus faible car la réduction du débit induit un écoulement relativement moins intense, ce qui limite la mise en suspension de particules.

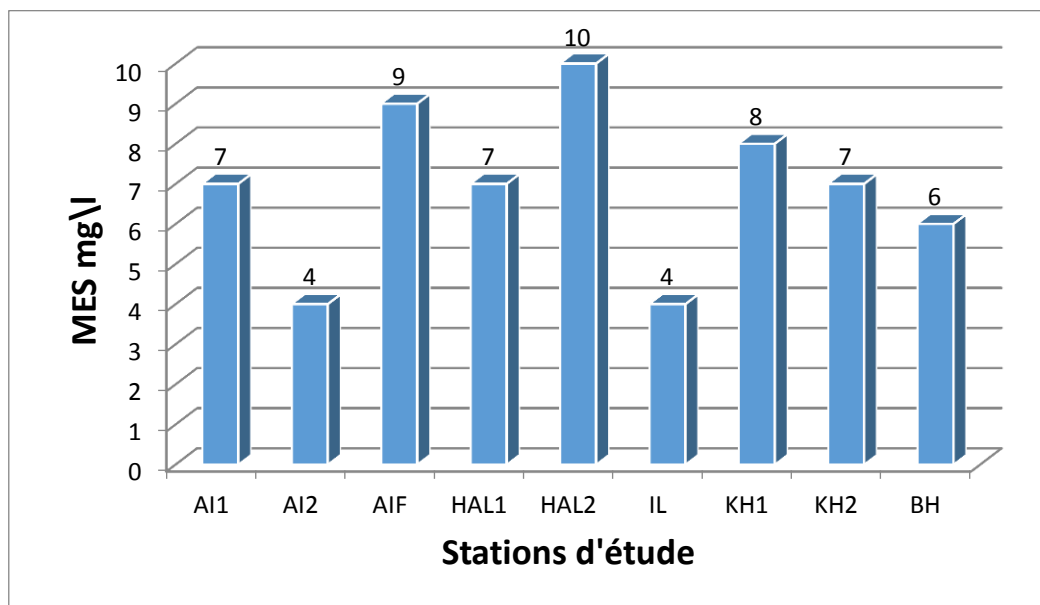


Figure 23 : Les concentrations de matière en suspensions dans les stations d'étude.

4.3. Paramètres de pollution

4.3.1. L'Ammonium, les nitrites et nitrates

Les valeurs des différents paramètres de pollution étudiées varient d'une station à l'autre. La présence de ces éléments (NH_4^+ , NO_2^- et NO_3^-) dans les cours d'eau, affirme le bon déroulement du processus d'autoépuration : oxydation de l'ammonium en nitrites, puis de nitrites en nitrates.

Dans le cours supérieur (AI1, AI2 et IL), on constate l'absence de l'ammonium et les nitrates quant à elles, sont présentes sous forme de traces ce qui indique une eau de bonne qualité (figures 24, 25 et 26).

En revanche, plus on descend (moyenne montagne, piémont et basse altitude), les perturbations anthropiques sont plus importantes engendrant des teneurs plus ou moins élevées de nitrites et de nitrates témoignant de la dégradation continue des déchets riches en azote (cas des stations AIf, HAL1, HAL2, KH1, KH2, et BH).

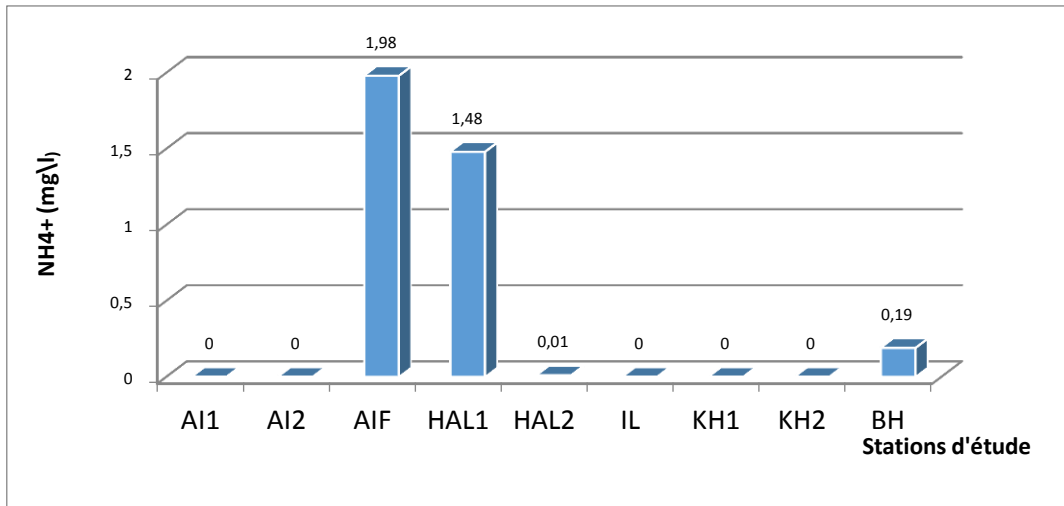


Figure 24 : Les concentrations en ammonium dans les stations d'étude.

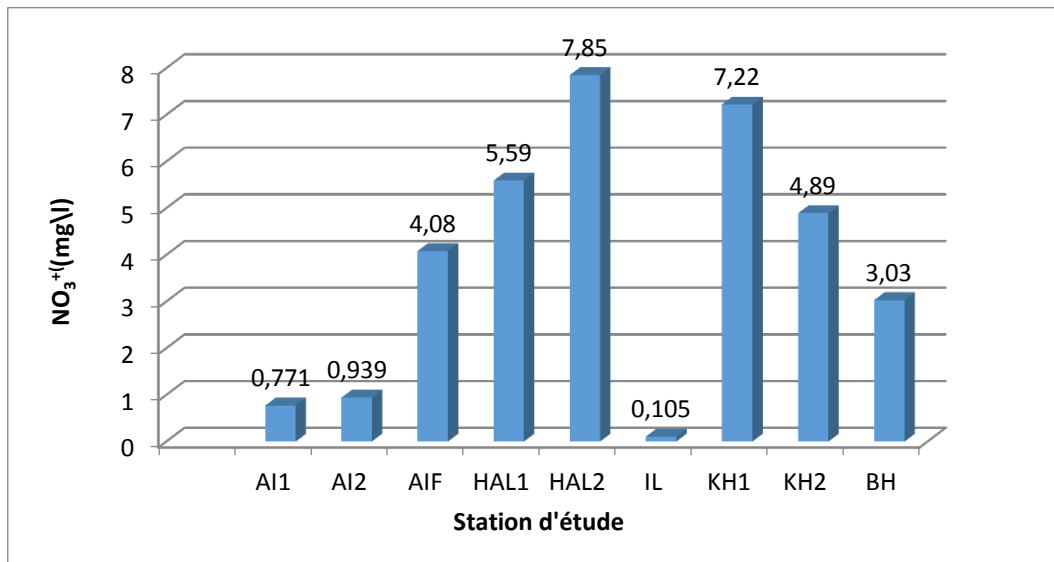


Figure 25 : Les concentrations en nitrates dans les stations d'étude.

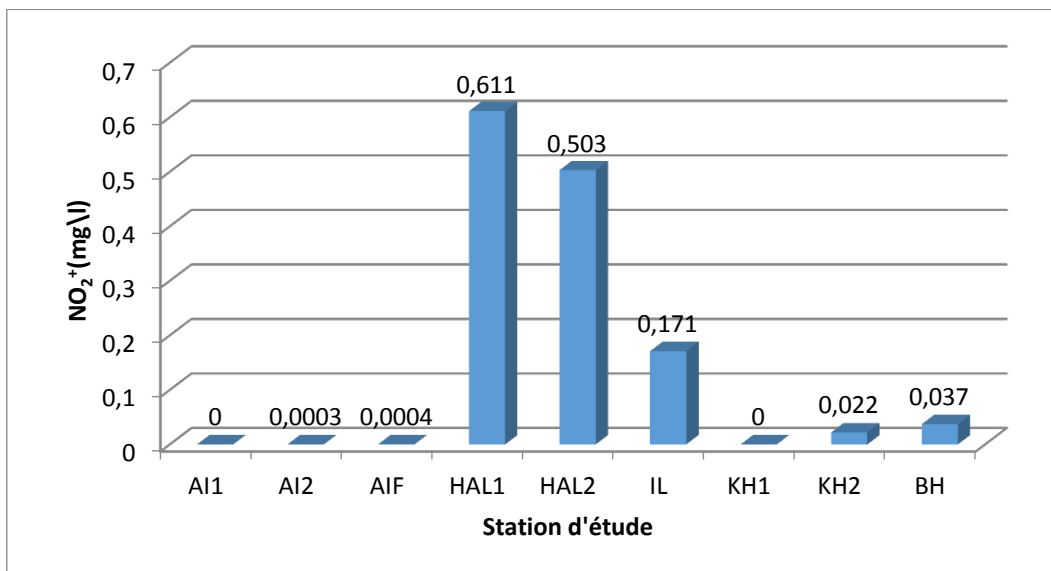


Figure 26 : Les concentrations en nitrites dans les stations d'étude.

4.3.2. Les ortho-phosphates

Au niveau des stations AIf, HAL1, HAL2, on remarque que les valeurs d'ortho-phosphates sont élevées, elles sont comprises entre 0.32mg/l et 1.52mg/l dues en partie au réseau d'assainissement et l'agriculture (utilisation des engrais riches en ortho-phosphates).

La station KH2 enregistre seulement des traces d'ortho-phosphates (0.02mg/l) et les stations AI1, IL, AI2, KH et BH en sont dépourvues. Ce qui traduit l'absence totale du phénomène d'eutrophisation (figure 27).

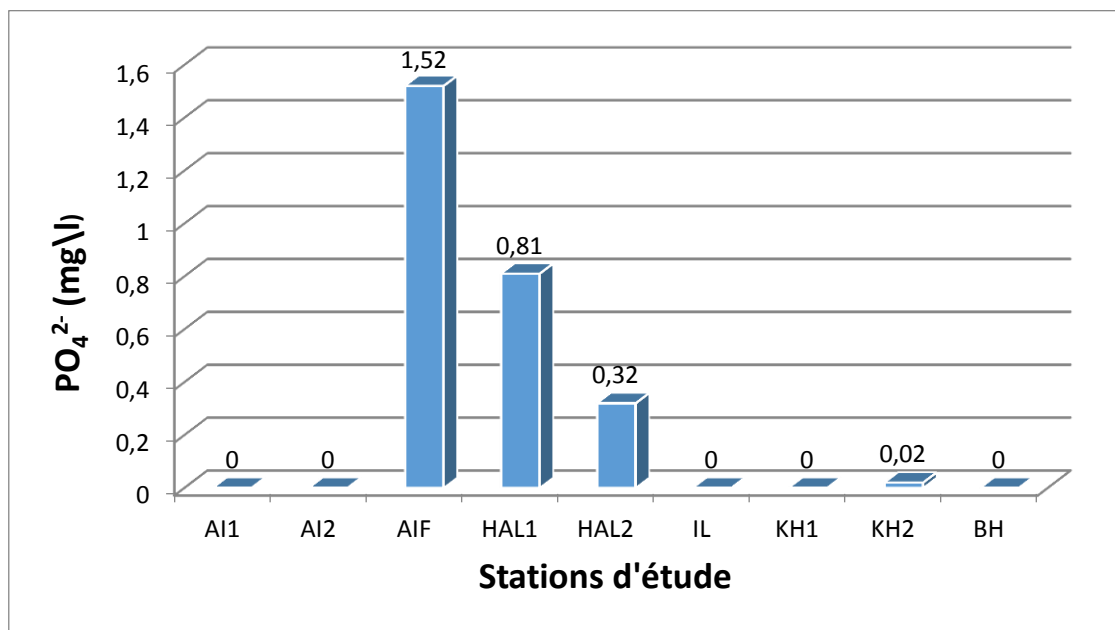


Figure 27 : Les concentrations des ortho-phosphates dans les stations d'étude.

4.3.3. Les Sulfates

D'après les résultats des échantillons analysés (figure 28), les valeurs enregistrées restent inférieures à la valeur guide (400mg/l) de la norme OMS relative à la qualité des eaux destinées à la consommation.

Selon RAMADE (1998), ces résultats seraient dus à la géologie des terrains traversés qui présentent un faible taux de gypse ainsi qu'aux temps réduits de contact eau-roche.

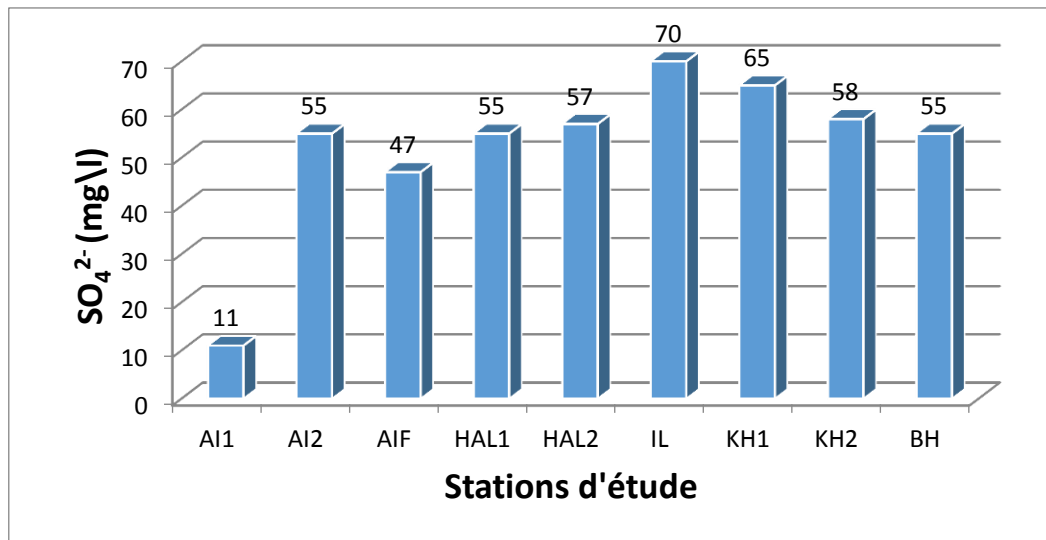


Figure 28 : Les concentrations des sulfates dans les stations d'étude.

4.3.4. La matière organique

Elle se trouve naturellement dans les cours d'eau résultant de la décomposition des organismes vivants ainsi que des déchets produits par des activités humaines. La décomposition de grandes quantités de matière organique de l'eau peut entraîner la libération de substances toxiques qui sont préjudiciables.

La figure 29 met en évidence les charges organiques élevées au niveau des stations de piémont AIF et HAL1 avec des valeurs respectives de 3,79 et 3,13 mg/l. Ce qui est dû à l'importance du réseau d'assainissement rejeté dans ces stations ainsi qu'aux décharges ménagères déposées sur les rives.

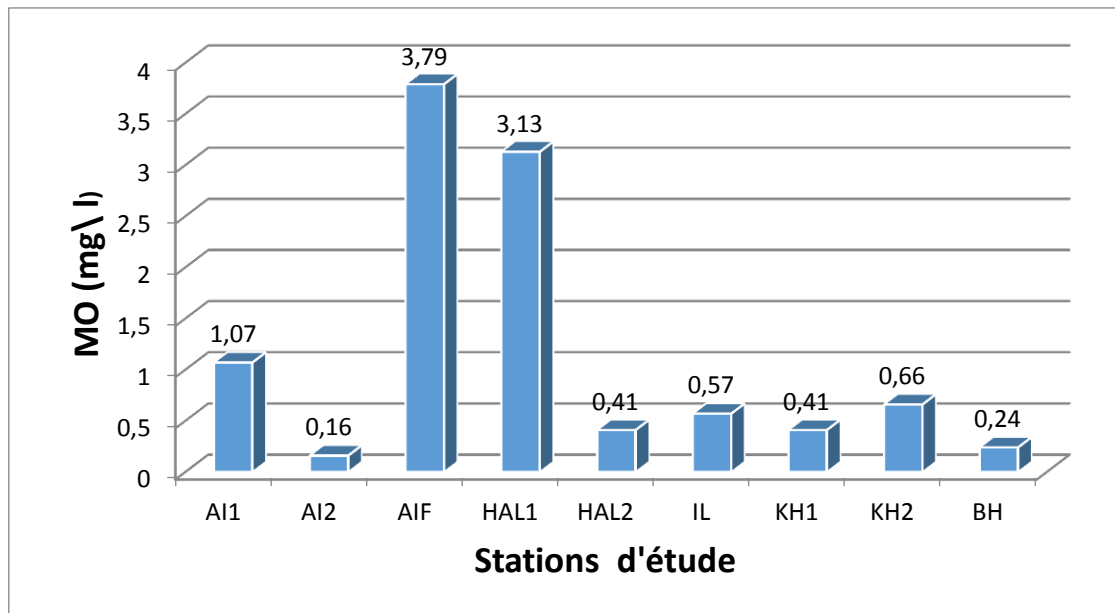


Figure 29 : Les concentrations de la matière organique dans les stations d'étude.

4.4. Paramètres des substances indésirables

4.4.1. L'Aluminium

Dans nos prélèvements, les valeurs d' Al^{3+} sont $< 0,028$ mg/l (figure 30) cela indique que l'eau est de bonne qualité.

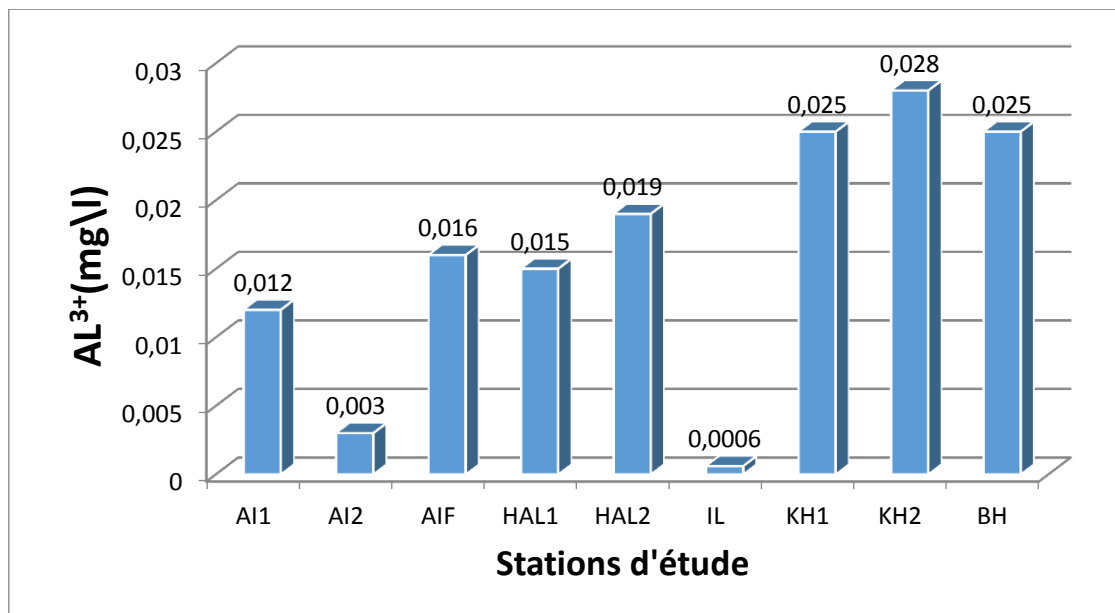


Figure 30 : Les concentrations de l'aluminium dans les stations d'étude.

4.4.2. Le Fer

La teneur en fer dans toutes les stations sont conformes aux normes prescrites (0,3 mg/l) d'après la norme établie par l'OMS, leur présence est sous forme de traces explique l'absence de pollution, les milieux ne sont pas altérés.

La seule station qui montre une concentration élevée en fer est AI1 avec 0,72 mg/l, ce qui est due à la présence de fer dans les structures géologiques du milieu.

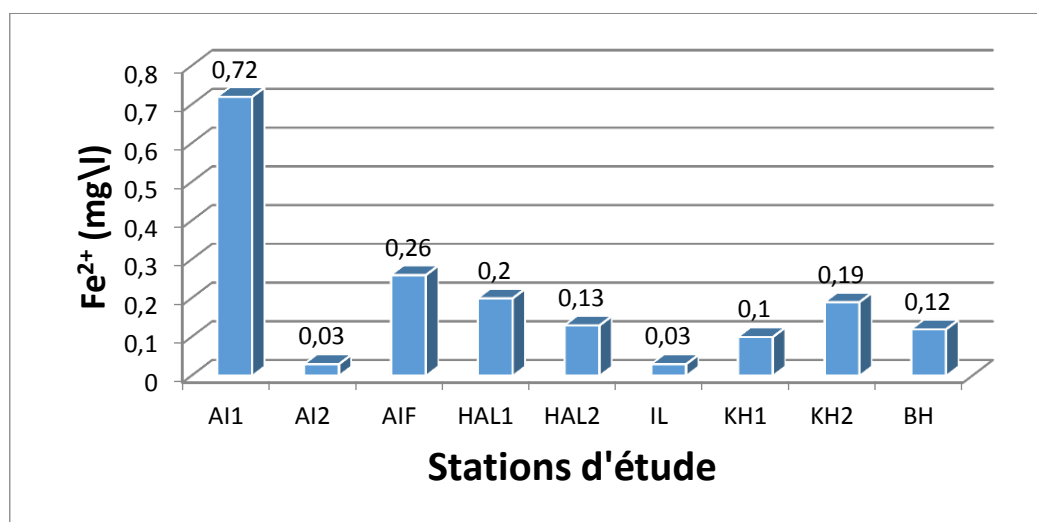


Figure 31 : Les concentrations de Fer dans les stations d'étude.

5. Analyse bactériologique de la qualité de l'eau

Cette étude est portée sur le dénombrement des coliformes totaux, coliformes fécaux, et les streptocoques. Ce dénombrement a pour objectif d'apprécier quantitativement la charge microbienne dans les stations étudiées pour la détermination de la qualité générale des eaux. L'analyse microbiologique est indispensable et complémentaire de l'analyse physico-chimique.

Les analyses des bactéries ont été effectuées au laboratoire de SEAAL après 48h de prélèvement.

Sur les 9 échantillons d'eau des stations étudiées, 2 ont subi une dilution avec de l'eau distillée. Les résultats sont consignés dans le tableau 10.

Tableau 10 : Résultat d'analyse bactériologique d'eau des stations étudiées.

STATION Agents pathogènes	AI1	IL	AI2	AIf	HAL1	HAL2	KH1	KH2	BH
Escherichia – coli (UFC/100ml)	3	29	97	11700	38000	2520	2520	720	10900
Coliformes totaux (UFC/100ml)	70	292	464	70800	42800	17280	12600	7200	52800
Streptocoques fécaux (UFC/100ml)	36	32	101	3600	38800	1440	4320	368	4200

5.1. Escherichia coli

Au niveau de la station AI1, le nombre de colonies est de 3 UFC/100ml, il est moins élevé par rapport aux autres stations, mais ce qui indique toujours une présence d'une contamination d'origine fécale.

Dans les stations IL, AI2 et KH2 un taux plus ou moins élevé de ces colonies (29, 97, 720, UFC/100ML) est noté. Ce qui est dû à la présence de matière organique favorisant la prolifération modeste des Escherichia coli.

Les résultats obtenus au niveau des stations AIf, HAL2, KH1, BH montrent un taux élevé d'E. coli compris entre 2520 et 11700 UFC/ML. En effet, les différentes stations ont été impactées par diverses formes de pollution.

Le maximum d'E. coli avec 38000 UFC/100ml est enregistré au niveau de la station HAL1. Ceci peut être expliqué par la présence des facteurs qui favorisent leur croissance et qui ont comme origine : les rejets domestique sur les rives, les réseaux d'assainissement favorisant la contamination fécale.

5.2. Coliformes totaux

Au niveau des stations AI1, IL et AI2, le nombre de colonies est plus élevé et sont respectivement de 70 UFC, 292 UFC et 464 UFC, car les conditions sont favorables pour la prolifération de ces bactéries. On constate que la pollution de l'eau à ce niveau est moyenne.

Dans les stations AIf, HAL1, HAL2, KH1, KH2 et BH, le plus grand taux de bactéries a été enregistré au niveau de ces stations : >5000UFC. Cette prolifération résulte probablement de

l'apparition d'une pollution fécale et un taux élevé de matière organique, conditions favorables au développement de ces bactéries qui engendrent une diminution d'oxygène au cours du processus de développement de ces bactéries en consommant la matière organique.

5.3. Streptocoques

Une augmentation de taux des colonies des streptocoques est notée dans les cours moyen et inférieur du réseau hydrographique étudiés (AIf, HAL1, KH1, KH2) ces taux sont >2000 UFC/ml. Ces résultats, confirment l'intensité de l'activité humaine diverse témoignant d'une contamination ancienne des eaux.

6. Structure mésologique

De nombreux auteurs tels que LAVENDIER, (1979); LOUNACI *et al.* (2000), ont signalé que la distribution spatiale de macros invertébrées benthiques est en fonction des facteurs environnementaux qui varient d'une station à une autre.

L'objectif de cette étude est de déterminer l'organisation spatiale et la structure des communautés des Coléoptères récoltées en fonction des caractéristiques environnementales.

Pour se faire, nous avons associé différentes méthodes quantitatives d'analyse de données : ACP, CAH, et AFC.

Dans le cadre de ce travail, 10 descripteurs environnementaux sont pris en compte pour caractériser chacune des 9 stations étudiées (tableau 11).

Tableau 11 : Caractéristiques environnementales des 9 stations étudiées.

Alt: Altitude (m) ; **Pent**: Pente (%) ; **Larg**: Largeur moyenne du cours d'eau (m) ; **Prof**: Profondeur moyenne de la lame d'eau(cm), **Vit** : vitesse du courant(cm/s) ; **Temp**: Température (°C); **GG**: Galets graviers(%), **SL**: Sable limons (%) ; **MO**: Matière organique (%). **R** : Recouvrement.

Stations Paramètres	Alt	Pent	Larg	Prof	Vit	Temp	GG/G	S/L	MO	R
AI1	1300	25	0,8	10	33,33	8	85	15	0	95
IL	900	14	0,5	15	30	9	50	35	15	70
AI2	800	15	2	20	26,66	10	80	20	0	90
AIf	520	10	3	20	50	13	55	20	25	80
HAL1	490	7	5	25	95,48	16	55	30	15	40
KH1	410	6	3	20	45	17	45	40	15	50
HAL2	380	3	6	25	27,72	20	50	40	10	60
KH2	220	2	7	30	74,29	22	30	50	20	20
BH	200	1	9	40	55,27	25	30	50	20	0

L'analyse des corrélations entre les différents paramètres environnementaux a montré que certaines variables sont inter corrélées (tableau 12) et particulièrement :

- Altitude, pente, galets-graviers et recouvrement variables linéaires liées par une relation de plus en plus croissante ;
- Largeur, profondeur moyenne de la lame d'eau, température de l'eau, sable limons, vitesse et matière organique variables liées par une relation décroissante.

Quant au paramètre sable \limon, son niveau de liaison est assez faible avec les autres paramètres.

Tableau 12 : Matrice de corrélation entre variables environnementales (N =9, P<0,05).

	Alt	Pt	Lar g	Pro	Vit	T	GG/G	S/L	M.O	R
Alt.	1									
Pte	0,97	1								
Larg	-0,85	-0,80	1							
Pro	-0,86	-0,82	0,95	1						
Vit	-0,49	-0,43	0,50	0,46	1					
T	-0,91	-0,86	0,96	0,92	0,44	1				
GG/G	0,77	0,83	-0,50	-0,51	-0,34	-0,64	1			
S/L	-0,56	-0,68	0,34	0,32	0,05	0,51	-0,82	1		
M.O	-0,70	-0,68	0,48	0,52	0,51	0,54	-0,81	0,33	1	
R	0,81	0,79	-0,88	-0,89	-0,61	-0,90	0,66	-0,48	-0,60	1

L'étude des facteurs environnementaux mesurés au cours de la période d'étude a été approchée par l'utilisation de l'analyse en composantes principales (ACP). Ce dernier fait apparaître dans l'espace deux facteurs significatifs F1 (axe 1) et F2 (axe 2).

Ces deux axes concentrent une information totale de 98,90 %, soit (F1 : 70,78 % et F2 : 28,12%).

Le cercle de corrélation (Figure 32) obtenu par l'ACP, montre que les variables se répartissent selon un gradient longitudinal et assimilable à un gradient amont-aval :

- Les variables recouvrement, altitude, pente et substrat grossier sont corrélées avec l'axe 1 en position positive, en voient leur décroître de l'amont vers l'aval décroissante de l'amont vers l'aval.
- Les variables matière organique, température, largeur, profondeur, Vitesse du courant sont corrélées avec l'axe 1 en position négative. Ces dernières voient leurs valeurs croître de l'amont vers l'aval.
- La variable substrat (S/L) est liée à l'axe 2 en position négative.

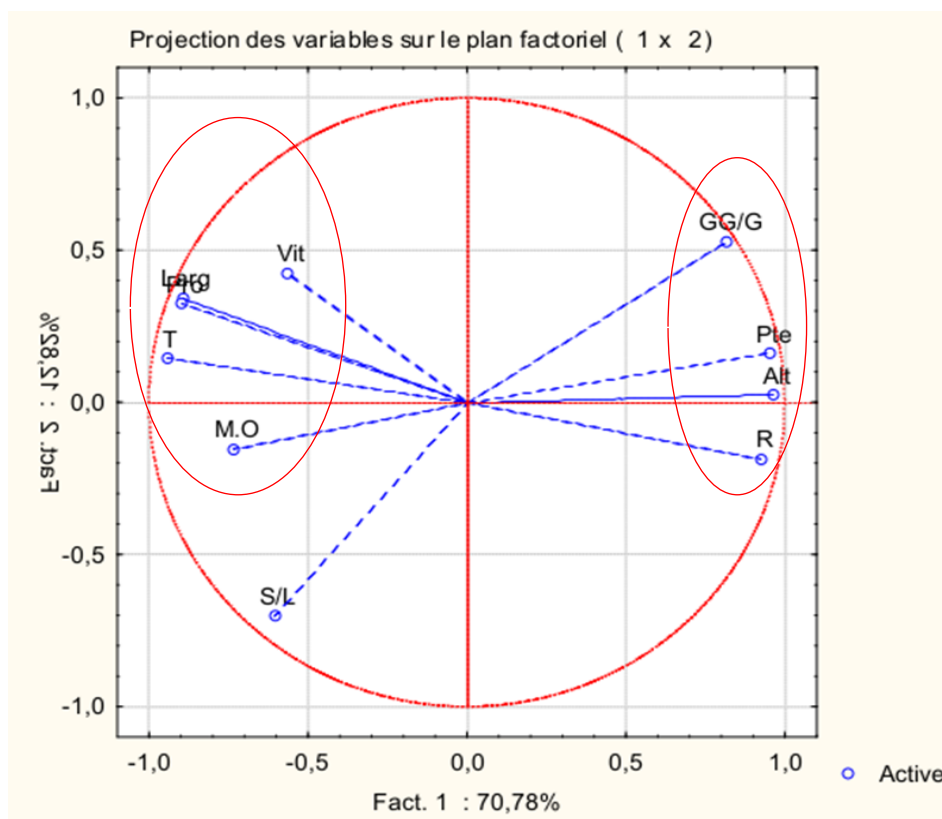


Figure 32 : ACP représentant la distribution des paramètres environnementaux
Dans les stations d'étude

La classification ascendante hiérarchique (CAH) de l'ensemble des stations, met en évidence 4 groupes de stations (figure 33).

- **Groupe 01** : représenté par la station la plus alticole AI1 (alt.1300m) caractérisée essentiellement par une pente très élevée (25%).
- **Groupe 02** : représenté par deux stations IL ruisseau de source a 900m d'altitude et AI2 torrent de montagne a 800m d'altitude liées par une pente relativement élevée (mais moins que le premier groupe), un recouvrement compris entre 70% et 50%.
- **Groupe 03** : recèle les stations de moyenne montagne et limite supérieur du piémont dont l'altitude est comprise entre 380m et 520m, le substrat est hétérogène avec la présence de matière organique : secteur des stations AIF, HAL1, HAL2 et KH1.
- **Groupe 04** : est constitué des deux stations de basse altitude KH2 et BH (220m et 200m) caractérisées essentiellement par un substrat fin, riche en matière organique, une température de l'eau élevée et un recouvrement absent ou réduit.

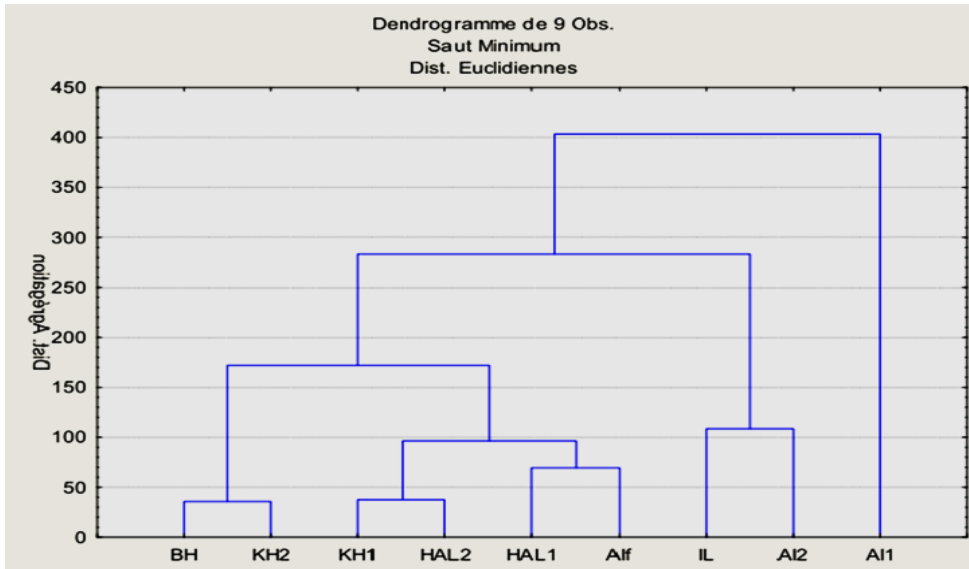


Figure 33 : Dendrogramme de la distribution des stations sur la base des variables environnementales.

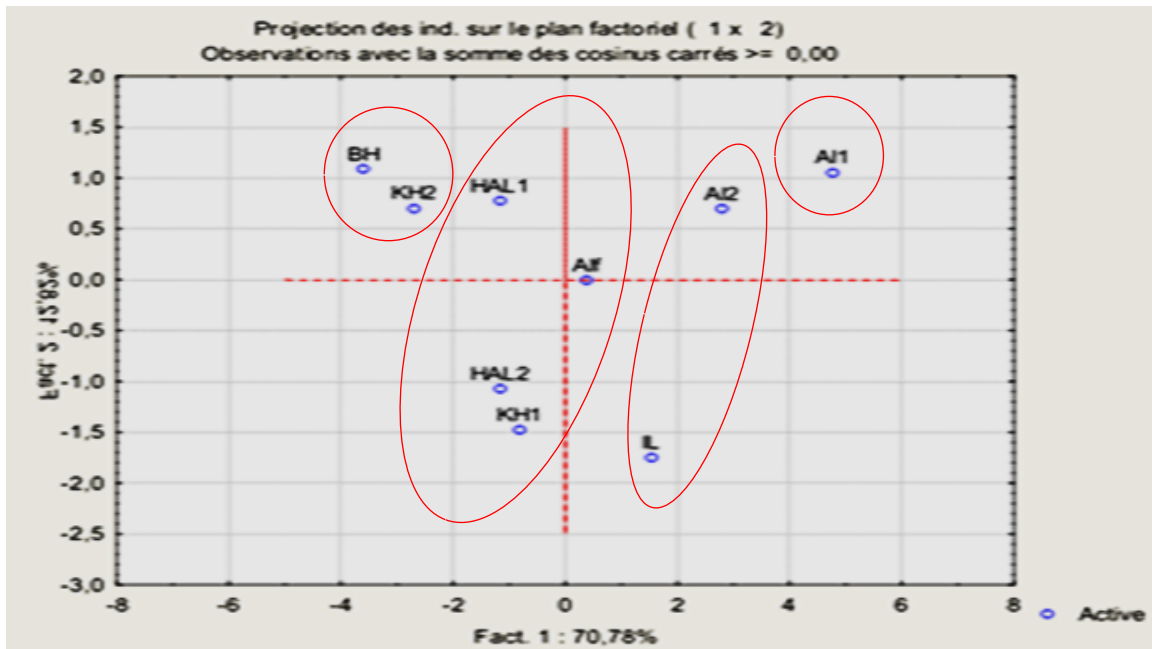


Figure 34 : Répartition des stations dans le plan factoriel F1-F2.

La distribution spatiale des espèces est précisée grâce à une analyse factorielle des correspondances (AFC) réalisée sur la matrice des paramètres environnementaux, physicochimiques, bactériologiques x 14 genre. La recherche de noyaux d'affinité est rendue possible grâce à la classification ascendante hiérarchique utilisée à partir des coordonnées des variables et des observations suivant les axes de l'AFC.

Les deux premiers axes de l'AFC (figure 35) cumulent 53,14 % de l'information contenue dans la matrice des données (F1 : 31,57 %, F2 : 21,57 %).

L'axe 1 représente principalement le gradient longitudinal, montrant des valeurs positives pour les genres de haute altitude et des valeurs négatives pour des genres et de moyenne montagne, piémont et basse altitude. Cette analyse factorielle a permis de distinguer 3 principaux groupes.

Le groupement 1 : en position positive sur axe F1 correspond aux genres inféodés au secteur amont (AI1, IL et AI2) ces taxons sont crénophyle, rhéophyle et sténotherme d'eau froide et représentent bien la zone de source à température de l'eau basse et bien oxygénée, recouvrement important et à forte pente. Ces taxons alticoles stricts semblent être polluo-sensible : *Hydrochus*, *Gyrinus* et *Lymnibius*.

Le groupement 2 : en position négative sur l'axe F1 s'oppose au peuplement alticole strict. Il est représenté principalement par des taxons (*Nebrioporus*, *Laccophilus*, *Dytiscus*) de basse altitude dont la distribution est essentiellement liée au milieu à courant modéré, coulant sur des fond meuble (sable, limon, matières organiques) et riche en végétation aquatique (macrophytes, algues).

Ces taxons sont thermophiles, potamonphiles et polluo-résistants.

Le groupement 3 : individualise l'axe 2 en position positive, il est représenté de moyenne montagne (HAL1, alt.490m et AIF, alt.520m). Ce secteur est le plus affecté par les différentes perturbations anthropiques (décharges sauvages sur les rives, déversement des différents réseaux d'assainissement, pompage de l'eau). En effet les paramètres de pollution (NH_4 , NO_2 , NO_3 , PO_3^-) et bactériologiques (E.coli) présentent des valeurs élevées témoignant de la dégradation de la qualité de l'eau et du milieu et un processus d'auto-épuration plus ou moins dépassé. L'hétérogénéité du substrat dont ce secteur « contre balance » la dégradation de la qualité des supports aqueux est permet néanmoins l'installation de taxons rhithrophiles et polluo-résistants *Hydrobius*, *Cyphon*.

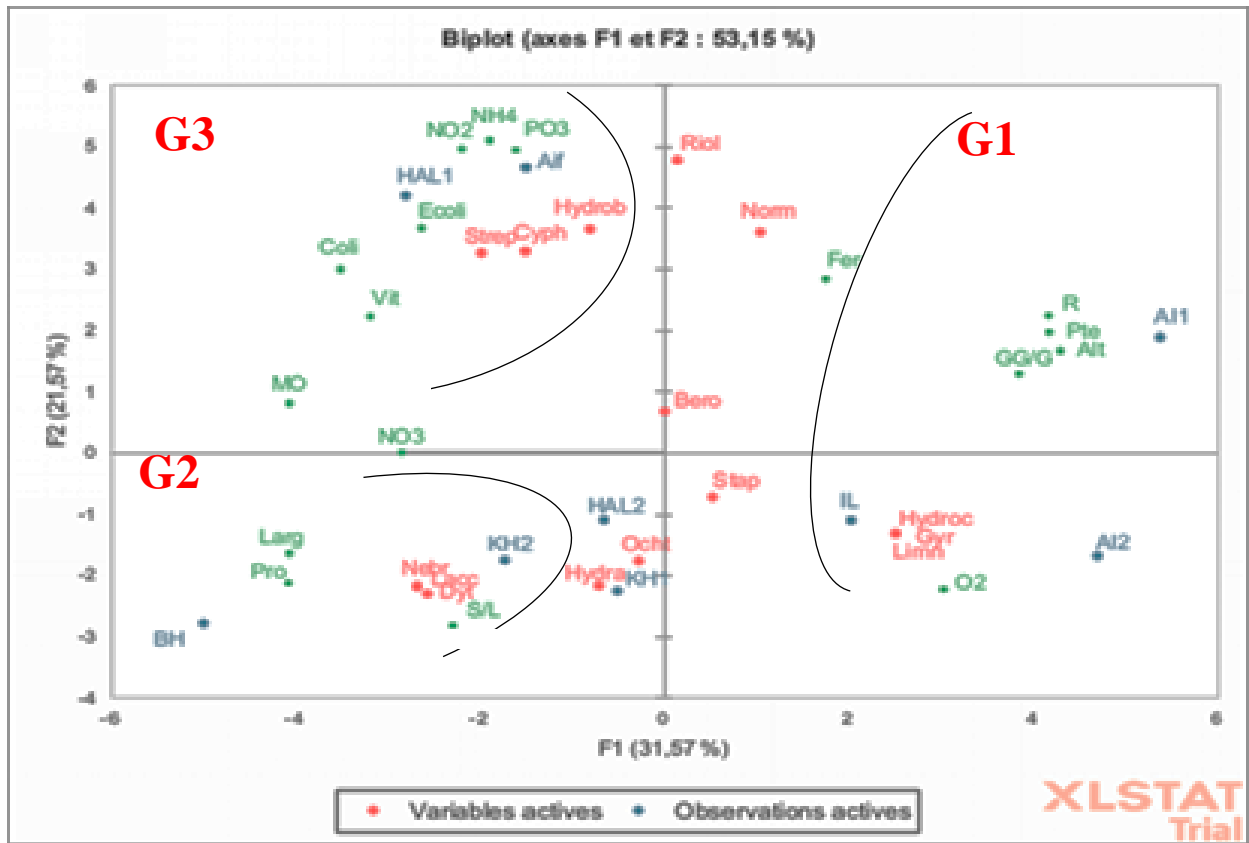


Figure 35 : Distribution et noyaux d'affinité des taxons et des variables environnementales dans le plan factorielle F1-F2.

Conclusion

Ce travail a pour but de contribuer à la connaissance des Coléoptères du réseau hydrographique de l'assif Hallil, de l'assif El Khemis et de l'oued Boubhir (s.s). Elle a permis d'une part, de dresser la liste des Coléoptères présents et d'autre part, de faire le lien entre leur distribution et les différents paramètres environnementaux, physicochimiques et bactériologiques.

La campagne de prélèvement effectuée le 6 Mai 2023, nous a permis la récolte dans les 9 stations échantillonnées entre 1300 et 200m, 127 individus de Coléoptères appartenant à 8 familles et 14 genres.

Sur le plan qualitatif, les familles les plus diversifiées sont les Dytiscidae et les Hydraenidae avec 3 genres pour chacune, viennent ensuite les Elmidae et les Hydrophilidae avec 2 genres et enfin, les Gyrinidae, les Helodidae, les Staphylinidae et les Hydrochidae sont monogériques.

Sur le plan quantitatif, la famille des Dyticidae est dominante avec 40 individus, ce qui représente 31,49 du total des Coléoptères. Les Hydraenidae occupent la deuxième place avec 33 individus viennent ensuite les Elmidae avec 21 individus, se place en 4^{ème} position la famille des Staphylinidae avec 15 individus, suivis par les Hydrophilidae avec 12 individus. Les autres familles (Gyrinidae, Helodidae, Hydrochidae) sont faiblement représentées avec seulement 3 individus chacune.

La richesse générique en Coléoptères est maximale aux niveaux des deux stations AIf (800m d'alt) et HAL2 (alt. 490m) avec 5 genres recensés dans chaque station. Elle est minimale dans la station KH2 (alt. 220m) avec un seul genre.

Les indices de diversité H' et d'équitabilité E présentent des fluctuations dans les stations étudiées. Les stations les plus alticoles AI1, IL, AI2 présentent les valeurs de H' qui varient de 1 à 2,32 une E comprise entre 0,5 et 1. Les stations AIf, HAL1, KH1 et HAL2 présentent une légère diminution dont les valeurs de H' fluctuent entre 2,26 et 1,27 et une équitabilité entre 0,79 et 1. Les stations KH2 et BH de basse altitude, présentent respectivement les valeurs de 0 et 1,28 de H' ainsi que 0 et 0,64 pour l'équitabilité.

L'analyse de la distribution longitudinale des Coléoptères récoltés, met en évidence 4 groupes :

Le premier groupe : est composé de 2 genres (*Hydraena*, *Staphylinus*) qui présentent une large distribution longitudinale depuis les stations d'altitude jusqu'aux zones de piémont. Ils sont eurythermes et eurytopes, ils colonisent tous les types d'habitats et sont à large valence écologique.

Le deuxième groupe: Groupe 2 : appartiennent à ce groupe 3 genres (*Riolus*, *Berosus*, *Normandia*) qui sont alticoles pouvant descendre jusqu'à 400m.

Le troisième groupe: est constitué de taxons localisés dans des biotopes spécialisés : il peut être divisé en trois sous-groupes distincts :

- *Limnebius, Gyrrinus, Hydrochus* sont des éléments qui ne descendent pas au-dessous de 800 m d'altitude. Ils semblent inféodés au secteur montagnard, exempt de toute perturbation d'origine anthropique. Leur distribution semble liée au substrat grossier, une pente élevée, un recouvrement important et une température de l'eau assez basse. Ces genres, sont rhéophiles, sténothermes d'eau froide et polluo-sensibles et peuvent être considérés comme indicateurs d'une eau de bonne qualité.
- *Ochthebius, Cyphon, Hydrobius* sont inféodés au secteur de moyenne montagne qui subissent l'influence de diverses perturbations anthropiques (pompage excessive de l'eau, réseaux d'assainissement, les décharges ménagères). Les paramètres de pollutions et bactériologiques marquent des valeurs élevées ce qui témoigne de la dégradation de la qualité de l'eau et du milieu.
- *Nebrioporus, Laccophilus* sont recensés uniquement en aval dans la station BH à 200m d'altitude. Ces genres semblent thermophiles, potamophiles et polluo-résistants. Leur distribution est liée à la présence d'un substrat fin riche en matière organique, ainsi que les paramètres de pollution et bactériologique qui sont élevés.

Le quatrième groupe: est constitué de l'unique genre *Dytiscus* qui présente une répartition longitudinale fragmentée. Il est noté à la station IL (alt.900m) et à la station la plus basse BH (alt. 200m).

La distribution spatiale des espèces est précisée grâce à une analyse factorielle des correspondances (AFC) réalisée sur la matrice des paramètres environnementaux, physico-chimiques et bactériologiques x 14 genres. Cette analyse factorielle a mis en évidence 3 principaux groupes.

Le groupe 1 : corrélé positivement avec l'axe 1, comprend les genres *Hydrochus, Gyrrinus* et *Lymnibius* qui sont crénophyles, rhéophyles, sténothermes d'eau froide et polluo-sensibles.

Le groupe 2 : en position négative sur l'axe F1 s'oppose au peuplement alticole strict. Il est représenté principalement par des taxons (*Nebrioporus, Laccophilus, Dytiscus*) qui sont thermophiles, potamophiles et polluo-résistants

Le groupe 3 : individualise l'axe 2 en position positive. Il est représenté par les stations de moyenne montagne. Ce secteur est le plus affecté par les différentes perturbations anthropiques. En effet, les paramètres de pollution (NH₄, NO₂, NO₃, PO₃⁻) et bactériologiques (E.coli) présentent des valeurs élevées ce qui indique une dégradation de la qualité de l'eau et du milieu.

L'AFC réalisé vient confirmer la distribution spatiale de ces genres en fonction des paramètres mésologiques, physico-chimiques et bactériologiques.

Les données de cette étude a permis de tire des informations sur la distribution des Coléoptères, et il semblerait effectivement que les Coléoptères sont de bons indicateurs de la qualité de l'eau.

À L'avenir, il serait intéressant de prospecter de nouveaux sites pour enrichir le présent inventaire :

- Étaler les prélèvements dans l'espace et dans le temps ;
- Pousser la détermination des Coléoptères au rang espèce ;
- Enfin, élaborer des indices biologiques d'évaluation de la qualité de l'eau basés spécialement sur les Coléoptères aquatiques.

Références

Bibliographiques

A

ANGELIER E. 2000. Ecologie des eaux courantes. Editions Techniques & Documentation : 199 pp

B

BALKE M., RIBERA I. & VOGLER A.P. (2004). MTDNA phylogeny and biogeography of Copelatinae, a highly diverse group of tropical diving beetles (Dytiscidae). *Molecular phylogenetics and evolution*, 32(3), 866-880

BARBAULT R. 1981. Ecologie des populations et des peuplements. Des théories aux faits. Masson éd, paris : 208 pp

BEDEL L. 1895. Catalogue raisonné des Coléoptères du Nord de l'Afrique (Maroc, Algérie, Tunisie et Tripolitaine) avec notes sur la faune des Iles Canaries et de Madère. Première partie. Société Entomologique de France (édition), Paris : 420 pp.

BENBOW M.E., BURKY A.J, &WAY C.M. 2003. Life cycle of a torrenticolous Hawaiian chironomid(*Telmatogentontorrenticola*): stream flow and microhabitat effects). *Annales de Limnologie / International Journal of Limno-logy*, 39: 103-114

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

BERTHELEMY C. 1966. Recherches écologiques et biogéographiques sur les Plécoptères et (Coléoptères). Extrait du Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse, 99 (1-2) : 244-285.

BERTHELEMY C. 1979. Elmidae de la région Paléarctique occidentale : systématique et répartition. (Coleoptera : Dryopidae). *Annales de Limnologie*, 15 (1) : 1-102 pp

BERTRAND H. 1972. Larves et nymphes des Coléoptères aquatiques du globe. F. Paillart, Imp. Paris

BIGNON M. 2008 Inventaire des Longicornes (Coleoptera Cerambycidae) du département de l'Allier (France). *Revue Scientifique du Bourbonnais*, 1999-2000, p. 25-52

BILTON D.T., Mc ABENDROTH L. BEDFORD A. & RAMSAY P.M. 2006. How wide to cast the net. Cross- taxon congruence of species richness, community similarity and indicator taxa in ponds. 51: 578-590 pp.

BLONDEL J. 1979. Biogéographie et écologie. Masson ed. Paris : 173 pp

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

BOUAZIZ L. et MAHMOUDIA K., 2021. Etude faunistique des macroinvertébrés benthiques et état de santé écologique de l'assif Sahel et de l'oued Boubhir (s.s).

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

BOULUNIE T. & NICHOLAS J.D. 1998. Estimating species richness: the importance of heterogeneity in species detectability. The ecological society of America:1018. Ecology 73 (3)

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

C

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

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

D

DAJOZ R. 1979. Précis d'écologie. Paris. G.V: 549

DAJOZ R. 1985. Précis d'écologie. Ecologie fondamentale et appliquées. 5ème édition Gauthier Villard. Paris:505p

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

DEBABZA, 2005. Mémoire de Magister en Microbiologie appliquée: Analyse microbiologique des eaux des plages de la ville d'Annaba Evaluation de la résistance aux antibiotiques des microorganismes pathogènes, Université des sciences de Badji-Mokhtar, Annaba (Algérie), 2005

DELARRAS, C. (2007). Microbiologie pratique pour le laboratoire. Edition Lavoisier Paris

DOUCET R 1997. Climat et les sols agricoles. Edition Berger 2007.443 p : 18

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

DURAND-DELGA M., 1969. Mise au point sur la structure du Nord-Est de la Berbérie. Publ. Serv. Géol. Algérie, n°39, 89-131

E

EVANS P. 2010. Biology of coleoptera of the families Colydiidae and Bothrideridae.- Proc.ent.Soc.Washington, XVII: 1-16 p.

F

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

FORGE P. 1981. Les Coléoptères. Clé de détermination. 487 pp

FRANCISCOLO M.E. 1979. Fauna d'Italia. Vol. 14 : Coleoptera Haliplidae, Hygrobiidae, Gyrinidae, Dytiscidae. Edizioni Calderini, Bologna, 804 pp

G

GAETAN C. 1990. Guide des Coléoptères d'Europe. Edition Delachaud et Niestlé 1990 : 479 pp

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

GAID, 1988: «Traitement des eaux potables: travaux dirigés et travaux pratiques», U.S.T.H.B.

GAUJOUT D. 1995. La pollution des milieux aquatiques. Aide-mémoire, 2^{ème} édition TEC et DOC. Paris. 520p

GENIN B., CHAUVIN C. & MENARD F. 2003. Cours d'eau et indices biologique. Pollution –méthodes-IBGN.2ème édition educ agri : 215 pp.GUYOT G. 1999. Climatologie de l'Environnement. 2e Edition, Dunod. Paris, 525p.

GUIGNOT F. 1931-1933. Les Hydrocanthares de la France continentale avec notes sur les espèces de la Corse et de l' Afrique du Nord française: Hygrobiidae, Haliplidae, Dytiscidae et Gyrinidae. Miscellanea Entomologica (Ed.), Toulouse : 558 pp

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

H

HANSEN M. 1987. The Hydrophilidae (Coleoptera) of Fennoscandia and Denmark, Fauna Entomologica Scandinavia, 253 p

HAOUCHINE S. 2011. Recherche sur la faunistique et l'écologie des macroinvertébrés des cours d'eau de Kabylie. Thèse de Magister en Science Biologique. Faculté des Science Biologiques et des Sciences Agronomiques. U.M.M.T.O., 103p.

HELD U., 2010. - Pièges de corrélation : les coefficients de corrélation de Pearson et spearman. BiostatiquesHoorten-Zentrum, Univ. Spital. Zurich. Forum. Med Suisse

HOLMEN M. 1987. The aquatic Adephaga (Coleoptera) of Fennoscandia and Denmark, I.Gyrinidae Fauna Entomologica Scandinavia. 20. E.J. Brill, Leiden, 168 p. HydraenaKugelan, 1794 from North Africa (Coleoptera: Hydraenidae). Elytron, 5: 181-213.

I

IMMS, R., 1957-Coléoptères Cerambycidae, Fédération Française des sociétés deSciences naturelles Paris 173p

J

Freshwater animal diversity assessment, Hydrobiologia. 595: 419-442.

JÄCH & BALKE M. 2008. Global diversity of water beetles (Coleoptera) in freshwater.

JACH M.A., 1984 New and little know paleartic of the genus Octhebius (subgen.hymenodes) (Coleoptera, Hydraenidae).Aquatic insects.

K

KADDOURI H. 1986. Révision des Hydraena du Maroc, d'Algérie et de Tunisie (Coléoptera, Hydraenidae). Thèse de Doctorat. 3^{ème} cycle, Université. Paul Sabatier: 155.

L

LAMINE S. 2021. Recherche sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des Ephemeroptères, Plécoptères, Trichoptères et Coléoptères Hydraenidae et Elmidae des cours d'eau de la Kabylie du Djurdjura. Thèse de doctorat de l'U.M.M.T.O

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

LEFEVRE, 1993 : «Les zones humides : espace en voie de disparition. In Actes du colloques sur les zones humides du littoral aquitain », Le Teich, septembre 1985, DRAE d'aquitaine

LEGENDRE L. & LEGENDRE P. 1979. Ecologie numérique. I. Le traitement multiple des données écologiques: II. La structure des données écologiques. Masson ed. Masson ed. Paris: 197 pp et 247 pp

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

LÖBL I. & SMETANA A. 2004. Catalogue of Palearctic Coleoptera. Volume 2. Hydrophiloidea –Histeroidea – Staphylinoidea. Apollo Books, Stenstrup, Danemark, 942 pp

LOUNACI A. 2005. Recherche sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des macroinvertébrés des cours d'eau de la Kabylie (Tizi-Ouzou, Algérie). Thèse doctorat d'état en biologie, U.M.M.T.O.

LOUNACI A., BROSS S., AIT MOULOUD S., LOUNACI- DAOUDI D., MEBARKI N. & THOMAS A.G.B 2000b. Current Knowledge of Algerian stream invertebrate diversity a species Checklist of the Sébaou River basin (Tizi-Ouzou). Bull. Soc. Hist. Nat., Toulouse, 136, 43 – 55

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

M

MEBARKI M. 2017. Bio-écologie et biogéographie des macro-invertébrés benthiques de quelques cours d'eau du Nord de l'Algérie et distribution spatiale des peuplements. Thèse de Doctorat. Université des Sciences et de la technologie Houari Boumediene, Alger : 231 pp

MEDDOUR, R. (2010). Bioclimatologie, phytogéographie et phytosociologie en Algérie

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.

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

MOISAN J.& PELLETIER L., 2008. Guide de surveillance biologique basée sur les macros invertébrés benthiques d'eau douce du Québec- Cours d'eau peu profonds à substrat grossier. Direction de suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'environnement et des Parcs, ISBN : 978-2-550-53591-1, 86 p

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

N

NILSON A.N. & HOLMEN M. 1995. The aquatic Adephaga 5 Coleoptera) of Fennoscandia and Denmark. II. Dytiscidae. Fauna Ent. Scand. 32. E.J. Brill, Leiden, 192 p

P

PIELOU E. C. 1969. An introduction to mathematical ecology. Wiley-Interscience, New York: 286 pp

R

RAMADE F. 2003. Elément d'écologie: Ecologie fondamentale. 3^{ème} édition. Dunod. Paris: 190 pp

RAMADE F., 2009. Eléments d'écologie. Ecologie fondamentale. 4^{ème} édition. Paris 200

REJSEK J., 2002. Analyse des eaux, aspect règlementaire et technique. Edition centre régionale de documentation pédagogique CRDP, d'aquitaine, France 330p. 9.289p : 112

RICHARD A. 1993. Biological control of purple loosestrife. *bioscience*.vol43, No 10 (Nov., 1993).pp.680-686.

RICHOUX P. 1982. Introduction à la systématique des organismes des eaux continentales françaises. II-Coléoptères aquatiques (genres: adultes et larves). *Bull. Soc. Lin.*, 4, 106-303

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

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

RODIER J., 2009. L'analyse de l'eau. 9^{ème} édition. Paris 2009.

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

ROSIN C., MORLOT M., LLUKASZKA R., TREPAGNE P., HARTEMAM P., 1990 : Impact des ultrasons dans le dosage de l'aluminium en absorption atomique chemistry. New York. Marcel Dekker 217-226.

S

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

SELTZER P. 1946. Le climat de l'Algérie. Travaux de l'Institut Météorologique et Physique du Globe, Université d'Alger. Typo. Litho, Alger : 219 pp

SINGELTON P., 1994. Bacteriologie abreges. 2^{ème} édition. Paris 1994. 247p : 223-225

T

TACHET H., BOURNAUD M. & RICHOUX P. 2006. Introduction à l'étude des macroinvertébrés des eaux douces (Systématique élémentaire et aperçu écologique) : 315pp

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., RICHOUX P., BOURNAUD M. & USSEGLIO-POLATERA P. 2002. Invertébrés d'Eau Douce (2nd corrected impression). CNRS éditions, Paris

TACHET H., RICHOUX P., BOURNAUD M. et USSEGLIO-POLATERA P. 2010. Invertébrés d'eau douce. Systématique, biologie, écologie. CNRS EDITIONS, Paris, 606p.

TATEC.M. & HEINY J.S. 1995. The ordination of benthic invertebrate communities in the South Platte River Basin in relation to environmental factors. Freshwt. Biol.,33 : 439-454.

TOWNSEND C.R. & HILDREW, A.G. 1994. Longitudinal pattern in detritivores of acid streams: a consideration of alternative hypotheses. Verh. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol.,22 : 1953-1959.

Y

YAKOUB B. 1996. Le problème de l'eau en grand Kabylie. Le bassin versant de Sébaou et la wilaya de Tizi-Ouzou. Edition Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou

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

YAKOUB, B. (1985). Contribution à l'étude hydrogéologique de la Kabylie occidentale (Algérie). Thèse Doctorat. 3^{ème} cycle, Université. Pierre et Marie Curie, Paris VI : 215p
J., 2010. L'analyse de l'eau. Edition DUNOD, 9^{ème} édition, paris, 159p

Annexes

Annexe 1 : Précipitations moyennes mensuelles et totaux pluviométriques (en mm) certaines localités de la région d'étude (période 1994-2014).

Source : ANRH Tizi-Ouzou.

Stations	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Total
Azazga (430m)	48,7	82	141	181	178	105	101	136	65,3	9,2	3,1	7	1057
Tizi-Ouzou (220m)	40,5	67	132	150	154	89,3	76,1	92	57,7	8,8	3,8	6	877
Boubhir (220m)	47	75	118,2	155	145	83	92,7	121	65,3	9,1	5,2	10,7	928

Annexe2 : Tableaux des températures en °C enregistrées à Tizi-Ouzou (de 2012-2020). Source : O.N.M de Tizi Ouzou

2012	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEP	OCT	NOV	DEC	Tot	Moy
T° Moy/men su en °C	9,9	8,5	13,3	15,3	19,9	26,4	27,8	30,3	24,4	20,8	16,3	11,9	222,8	18,6
T° Moy/men su mini	5,6	2,7	9,0	11,0	14,0	20,0	21,6	23,4	18,7	15,8	12,5	8,2	162,5	13,5
T° Moy/men su MAX	16,3	11,9	19,7	21,1	20,07	34,2	35,7	30,1	32,3	28,1	21,8	17,4	295,6	24,6

2013	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEP	OCT	NOV	DEC	Tot	Moy
T° Moy/mensu en °C	10.8	9.4	14.3	15.8	17.5	22.0	26.7	26.9	24.1	23.1	13.6	11.2	215.4	18.0
T° Moy/mensu mini	6.9	5.2	10.4	11.3	12.8	15.5	20.3	20.3	19.1	18.1	17.9	7.4	156.2	13.8
T° Moy/mensu MAX	15.7	14.6	19.4	21.8	23.0	28.9	34.5	35.1	31.1	30.6	10.7	16.9	282.3	23.5

2014	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEP	OCT	NOV	DEC	Tot	Moy
T° Moy/mensu en °C	12.3	12.8	12.3	17.5	19.2	23.7	27.0	28.0	26.2	21.6	17.3	10.9	228.8	19.1
T° Moy/mensu mini	8.6	8.6	8.2	11.3	13.2	17.4	20.0	21.5	21.0	16.0	13.5	7.7	1670.	13.9
T° Moy/mensu MAX	17.6	18.8	17.5	24.3	26.5	30.7	34.7	35.9	33.7	29.0	22.7	15.4	306.8	25.6

2015	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEP	OCT	NOV	DEC	Tot	Moy
T° Moy/mensu en °C	9.9	9.8	13.1	17.3	21.4	24.7	29.7	28.8	24.4	20.2	14.9	12.2	226.4	18.9
T° Moy/mensu mini	6.0	6.5	8.4	11.7	15.2	17.9	22.2	23.2	19.7	16.0	10.8	7.2	164.8	13.7
T° Moy/mensu MAX	15.6	13.9	19.3	24.4	28.7	32.0	38.4	35.8	30.5	26.2	21.0	19.3	305.1	25.4

2016	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEP	OCT	NOV	DEC	Tot	Moy
T° Moy/mensu en °C	12.8	12.6	12.5	16.1	19.0	24.3	27.9	27.1	24.3	22.5	15.7	12.6	227.4	19.0
T° Moy/mensu mini	8.6	8.5	7.8	11.2	13.6	17.1	20.7	20.4	18.0	16.9	11.4	9.3	163.5	13.6
T° Moy/mensu MAX	18.4	18.0	17.6	22.1	25.0	32.0	35.7	34.6	31.7	29.6	21.3	17.6	303.6	25.3

2017	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEP	OCT	NOV	DEC	Tot	Moy
T° Moy/mensu en °C	8.9	12.7	14.5	16.4	21.8	26.4	29.4	29.7	23.9	19.5	13.7	10.4	227.3	18.9
T° Moy/mensu mini	5.2	8.6	8.8	10.5	15.2	19.8	22.3	25.1	18.1	13.5	9.8	7.5	164.4	13.7
T° Moy/mensu MAX	13.7	18.2	21.2	23	29.6	34.6	37.5	37.4	30.0	26.7	19.4	14.3	305.6	25.5

2018	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEP	OCT	NOV	DEC	Tot	Moy
T° Moy/mensu en °C	11.2	9.9	13.6	16.5	17.8	22.8	27.8	27.4	25.3	19.1	14.9	11.9	218.2	18.2
T° Moy/mensu mini	7.1	6.4	10.	11.8	13.5 2	16.8	21.5	20.8	20.3	15.3	11.4	7.7	162.8	13.6
T° Moy/mensu MAX	17.0	14.6	17.9	22.5	27.7	29.7	35.5	35.1	32.0	24.9	20.2	17.3	294.4	24.5

2019	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEP	OCT	NOV	DEC	Tot	Moy
T°Moy/mensu en °C	9.2	10.7	13.5	15.3	18.8	25.1	29.1	28.5	24.6	20.5	14.3	13.4	223.0	18.6
T°Moy/mensu mini	5.8	6.2	8.6	11.8	13.5	16.8	21.5	23.0	19.5	15.7	11.3	9.7	163.4	13.6
T°Moy/mensu MAX	14.0	16.9	19.8	22.5	27.7	32.4	35.5	35.5	31.5	27.4	18.5	18.4	300.1	25.0

2020	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEP	OCT	NOV	DEC	Tot	Moy
T°Moy/mensu en °C	10.8	13.2	14.3	16.6	31.4	24.4	28.8	28.8	23.6	18.5	16.7	12.2	239.3	19.9
T°Moy/mensu mini	6.8	7.9	10.4	12.5	15.1	17.7	21.7	22.6	18.4	13.2	12.7	9.0	168.0	14.0
T°Moy/mensu MAX	16.2	20.6	19.8	22.0	28.7	31.7	37.3	36.5	30.5	36.3	22.7	16.5	308.8	25.7

Annexe 3 : Températures moyennes mensuelles de l'air en °C (Maximales, Minimales, Moyennes) enregistrées à Tizi Ouzou (Période 2012-2020) source : O.N.M de Tizi Ouzou

Mois	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEP	OCT	NOV	DEC
T° Moyennes mensuelles	10,64	10,84	13,48	16,31	20,75	24,42	28,24	28,38	24,53	20,64	15,26	11,85
T° Moyennes minimales	6,73	6,73	9,08	11,45	14,01	17,66	21,31	22,25	19,2	15,61	12,36	8,2
T° Moyennes maximales	16,05	16,38	19,13	22,63	27,1	31,8	36,08	35,11	31,47	27,64	19,81	17,01

Annexe 4

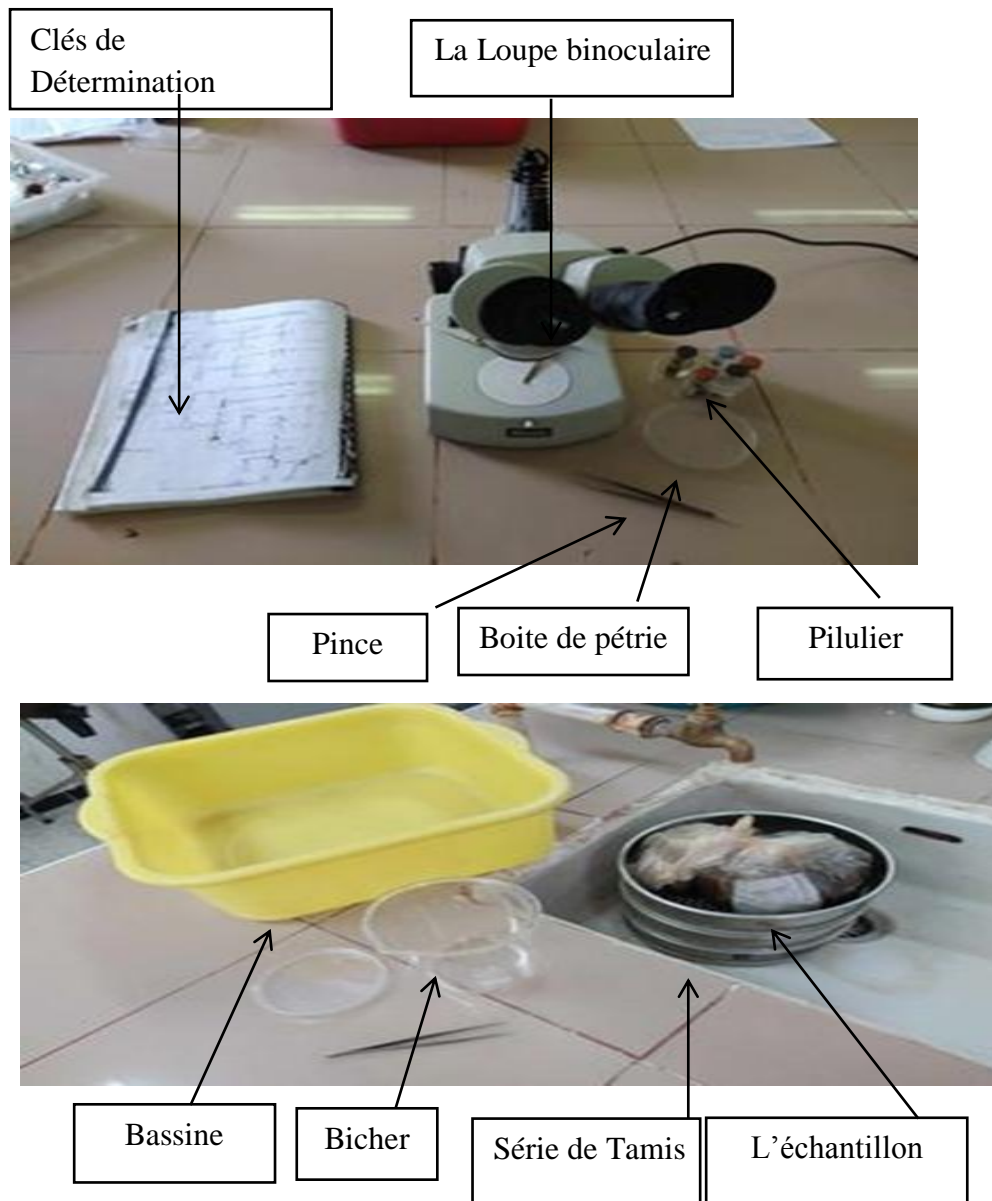


Photo1 et 2 : matériels de la détermination faunistique

Annexe 5 :



Annexe 6 :



Photo 1 : Conductimètre



Photo 2 : Oxymètre



Photo 3 : Turbidimètre



Photo 4 : Spectrophotomètre



Photo 5 : Balance analytique



Photo 6 : Rampe de filtration



Photo 7 : Rampe de filtration et pompe à



Photo 8 : Incubateur (étuve)

Photo de 1 à 8 : Matériels de laboratoire physique-chimique et microbiologique.

Annexe 7 : Résultats des paramètres physique-chimiques des stations d'étude.

Désignation	AI1	IL	AI2	AIf	HAL1	HAL2	KH1	KH2	BH
O ₂	8.03	7.64	7.78	6.62	7.24	8.07	8.07	7.59	6.74
Conductivité	309	960	908	619	686	727	709	759	682
T°	18.7	18.7	18.5	17.8	17.5	16.9	16	16.2	17.3
Ph	7.91	7.84	7.45	8.02	8.15	8.34	8.34	8.29	8.09
Turbidité	1.57	0.34	0.40	2.87	3.20	2.10	1.86	2.94	1.30
Couleur	5	3	1	45	52	20	13	19	17
UV	0.022	0.007	0.004	0.098	0.085	0.043	0.030	0.044	0.045
NH ⁴⁺	0	0	0	1.98	1.48	0.01	0	0	0.19
NO ₃ ⁻	0.771	0.105	0.939	4.08	5.59	7.85	7.22	4.89	3.03
NO ₂ ⁻	0.0003	0	0.0004	0.611	0.503	0.171	0.022	0.037	0.074
PO ₄ ²⁻	0	0	0	1.52	0.81	0.32	0	0.02	0
Fe	0.72	0.03	0.03	0.26	0.20	0.13	0.10	0.19	0.12
Mn	0.151	0	0	0	0.017	0.046	0.023	0.016	0.010
SO ₄ ²⁻	11	70	55	47	55	57	65	58	55
AL ³⁺	0.012	0.006	0.003	0.016	0.015	0.019	0.025	0.028	0.025
TA	0	0	0	0	0	1.7	1.6	1.4	0
TAC	8.6	38.6	34.4	17.8	19	19.3	18.2	19.7	17.9
TH	6.7	12.5	16.1	13.8	16	15.8	16.9	17.7	14.6
Ca ²⁺	5.1	6.55	11.2	9.3	7.9	10.8	8	8.8	10.9
Mg ²⁺	1.6	5.95	4.9	4.5	8.1	5.1	8.9	8.9	3.7
Cl ⁻	1.7	2.2	5	3.8	4.2	6.6	4.5	7	7.2
KMno ₃ ⁻	2.1	1.5	1	5.4	4.6	1.3	1.3	1.6	1.1
HCO ₃ ⁻	104.92	470.92	419.68	217.16	231.8	235.46	222.04	240.34	218.38
CO ₃ ⁻	0	0	0	0	0	20.4	19.2	16.8	0
RS	168	8	618	394	440	466	498	476	420
MES	7	4	4	9	7	10	8	7	6
MO	1.07	0.57	0.16	3.79	3.13	0.41	0.41	0.66	0.24

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 :

- Vérifier le pH mètre avec une solution tampon.
- Rincer l'électrode avec l'eau distillée.
- Prendre l'échantillon à analyser dans un bêcher.
- Régler l'agitateur avec une faible vitesse d'agitation.
- Tremper l'électrode dans le bêcher.
- Laisser stabiliser un moment, puis noter la valeur du pH donnée par le pH mètre

✓ Détermination de la turbidité

La détermination de la turbidité se fait comme suit :

- Homogénéiser l'échantillon avant mesure.
- La cellule de mesure doit être essuyée.
- Insérer la cellule dans le puits de mesure.
- Attendre l'affichage automatique d'une valeur.

✓ Détermination de la conductivité

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

- Prendre un échantillon conservé dans de bonnes conditions (température ambiante).
- Mettre l'électrode dans le bêcher, puis appuyer sur la touche « Read ».
- La valeur de la conductivité s'affiche sur l'écran de l'appareil en ($\mu\text{S}/\text{cm}$) ou bien (mS/cm).

✓ Détermination de l'oxygène dissous

Le mode opératoire selon la norme ISO 5814 est comme suit :

- Placer l'électrode dans l'échantillon.
- Agiter correctement l'échantillon ou remuer l'électrode dans l'échantillon afin de retirer toutes bulles d'air de la membrane.
- Le résultat de mesure s'affiche lorsque la valeur de mesure est stabilisée.
- Les résultats sont donnés en concentration (mg/l) ou en taux de saturation (pourcentage d'oxygène dissous).

✓ Détermination de l'ammonium : NH_4^+

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

- Prendre 40 ml de chaque échantillon à analyser et 40 ml de l'eau distillée
*Ajouter 4 ml du premier réactif coloré [NH_4^+]
- Ajouter 4 ml du deuxième réactif (Dichloro-isocyanurate de sodium)
- Ajuster au trait de jauge avec de l'eau distillée
- Fermer la fiole et laisser 1 heure

- L'apparition de la coloration verdâtre foncée indique la présence de NH_4^+
- Mesurer avec un spectrophotomètre et les résultats sont indiqués en mg/l

✓ **Détermination des nitrites : NO_2^-**

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

- Prendre 40 ml de chaque échantillon
- Ajouter 1 ml du réactif coloré
- Ajuster au trait de jauge avec de l'eau distillée
- Homogénéiser et laisser la solution 20 minutes
- Mesurer avec un spectrophotomètre
- Les résultats sont indiqués en mg/l

✓ **Détermination des nitrates : NO_3^-**

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

- Verser 15 ml de l'échantillon dans la cellule
- Ajouter le premier réactif
- Agiter et laisser reposer 3 min
- Enlever 5 ml de cette solution et en rajouter au 10 ml qui reste le deuxième réactif
- Laisser le temps de contacte 13min
- Mesurer avec un spectrophotomètre en remplissant des cuves de 10 mm d'échantillon
- Les résultats sont indiqués en mg/l

✓ **Détermination des ortho-phosphates : PO_4^{3-}**

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

- Prendre 40 ml de chaque échantillon et de l'eau distillée dans des fioles de 50 ml
- Ajouter 1 ml du réactif Acide ascorbique
- Ajouter 2 ml d'Heptamolybdate d'ammonium
- Ajuster au trait de jauge avec de l'eau distillée et Laisser 30 minutes
- L'apparition de la couleur bleue indique la présence des PO_4^{3-}
- Mesurer avec un spectrophotomètre

✓ **Détermination du Fer : Fe**

Le mode opératoire est le suivant :

- Prendre 50 ml de chaque échantillon
 - Ajouter 1ml d'acide chlorhydrique
 - Ajouter 5ml de peroxyde de sulfate
 - Chauffer pendant 40min
 - Après le refroidissement, ajouter 1ml chlorhydrate, 2ml solution tampon et 2ml de phénolftaline
 - Laisser 15 minutes dans l'obscurité

- L'apparition de la couleur orange indique la présence du Fe ;
 - Mesurer avec un spectrophotomètre.
 - Les résultats sont indiqués en mg/l
- ✓ **Détermination des sulfates SO_4^{2-}**
- Prendre 15 ml de l'échantillon dans une cellule ;
 - Ajouter le réactif (surfer) et laisser 5 minutes ;
 - Lire la mesure sur le spectrophotomètre
 - Les résultats sont indiqués en mg/l
- ✓ **Dosage de la matière organique**
- Prendre 100ml de l'échantillon ; acidifier l'échantillon avec 20ml d'acide sulfurique
 - Ajouter 20ml de permanganate de potassium et maintenir à l'ébullition pendant 10 min dans
 - Après 10 min de l'ébullition, ajouter 20ml d'oxalate de sodium (solution titrée) pour décolorer la solution ;
 - Titrer une autre fois 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.

Expression des résultats :

L'indice de permanganate de potassium exprimé en mg/l peut alors être calculé comme suit:

- $\text{IP mg/l} = [(V \text{ échantillon} - V \text{ BL}) / V \text{ retour}] * M \text{ O}_2$
- **V Echantillon** = volume en ml de la solution de potassium utilisé pour le titrage de l'échantillon
- **VBL** = volume en ml de la solution de potassium utilisée pour l'essai à blanc
- **VRetour** = volume en ml de la solution de potassium titrée utilisée pour le dosage de retour
- **M O₂** = masse molaire de l'oxygène.

Annexe 9 : Chimiques Méthodes d'analyses des bactéries

- Commencer par allumer le bec benzène
- Stériliser les mains, 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 le filtre (membrane de nitrocellulose de porosité 0,45 μm) face quadrillée dessus, au centre de la membrane poreuse de la rampe
- Fermer l'entonnoir et Verser 100ml d'échantillon dans la rampe de filtration
- Allumer la pompe de vidange, puis ouvrir le robinet sur la rampe pour laisser passer tout l'échantillon à travers le filtre, puis fermer le robinet et éteindre la pompe.
- Retirez le filtre à l'aide d'une pince stérile et placez-le dans une boîte de Pétri
- La gélose utilisée est CCA gare.
- Placer la boîte dans une étuve d'incubation à 37°C pendant 24 heures
- **Lecture** : les colonies bleues sont des E. coli et 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 Slantz et Bartley
- Les boites sont incubées dans l'étuve à 37°C pendant 48 heures
- La lecture se fait après 48 heures, en considérant toutes colonies rouge marron comme résultat de présence des streptocoques.

Résumé

L'objectif de cette étude est d'une part, de dresser une liste faunistique des Coléoptères des réseaux hydrographiques d'assif Hallil, assif El-Khemis et de l'oued Boubhir (s.s), et d'autre part, de préciser la distribution spatiale des Coléoptères en fonction des facteurs environnementaux ainsi que de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau.

Neuf stations lotiques ont été prospectées entre 200 m et 1300 m d'altitude. Les prélèvements benthiques ont été réalisés à l'aide du filet Surber (0.25 m²) et complétés par la chasse d'adultes à l'aide d'un filet fauchoir.

Le présent travail a permis de recenser 127 individus de Coléoptères appartenant à 8 familles et 14 genres.

Sur le plan qualitatif, les famille Dytiscidae et Hydraenidae sont les plus diversifiées (3 genres chacune), suivies par les Elmidae et Hydrophilidae (2 genres chacune). Les autres familles sont monogénériques.

Les genres Limnebius, Gyrimus et Hydrochus semblent inféodés au secteur montagnard et peuvent être considérés comme indicateurs d'une eau de bonne qualité. *Ochthebius, Cyphon, Hydrobiu, Nebrioporus et Laccophilus* s'adaptent aux diverses perturbations anthropiques.

Les stations d'altitude ne présentent aucune pollution chimique par rapport aux normes environnementales, contrairement aux stations de moyenne et de basse altitude.

Les stations étudiées présentent une forme de contamination bactériologique qui est moins importante dans les trois stations alticoles (AI1, AI2, IL) et élevée dans les stations de moyenne et de basse altitude.

Mots clés : Coléoptères, faunistique, physico-chimie, bactériologie.

Abstract

The aim of this study was to determine the faunal diversity of beetles in the watercourses of the hydrographic network of the Assif Hallil (Assif Illilthen and Assif Iferhounene), Assif El Khemis, and Oued Boubhir (s.s), and their distribution based on mesological, physicochemical, and bacteriological parameters.

Nine stations ranging from 200 m to 1300 m in altitude were monitored, and faunal inventories were conducted in May 2023.

Quantitative samplings resulted in a total of 127 individuals distributed across 8 families and 14 genera.

Station-specific abundance varies, with a minimum of 3 individuals at station KH2 and a maximum of 40 individuals at station BH. Taxonomic richness is highest at stations AI2 (800m) and HAL1 (490m) and lowest at station KH2 (220m).

In terms of qualitative diversity, the Dytiscidae and Hydraenidae families were the most diversified, each having 3 genera, followed by the Elmidae and Hydrophilidae families with 2 genera each. The other families were monogeneric.

The bacteriological analysis revealed that the studied stations contained a significant load of total coliforms, E. Coli, and streptococcus, especially starting from station AI1 due to recent contamination by fecal matter.

Keywords: Beetle, faunal diversity, physicochemical, bacteriological.

