

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mouloud MAMMERRI de Tizi-Ouzou

Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques

Département d'Ecologie et Environnement

Mémoire

De fin de cycle

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

Faunistique et évaluation de la qualité de l'eau par voie biologique, physicochimique et bactériologique de quelques sources de la Kabylie du Djurdjura

Réalisé par :

OULD HADDA Tinhinane & SADOUDI Zakia

Soutenu le 29/09/2022 devant les jurys

Présidente : Mme MALIL K.

Maitre assistante à l'UMMTO

Examinatrice : Mme SEKHI S.

Maitre de conférences B à l'UMMTO

Examineur : M. LAMINE S.

Docteur / Enseignant vacataire à l'UMMTO

Promotrice : Mme HAOUCHINE S.

Maitre assistante à l'UMMTO

Co-promoteur: M. HADDADI N.

Ingénieur au laboratoire SEAAL

Promotion : 2021/2022

Remerciements

On remercie Dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Nos sincères remerciements s'adressent à notre promotrice madame **HAOUCHINE S.**, Maitre assistante à la faculté des Sciences Biologiques et Agronomiques à l'UMMTO pour nous avoir encadrés ainsi que pour son aide et ses encouragements.

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

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

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

Nos profonds et sincères remerciements s'adressent à monsieur **CHAOUADI Mustapha.**, professeur à l'université YAHIA Fares de Médéa pour sa disponibilité et son aide durant toute la période de notre travail.

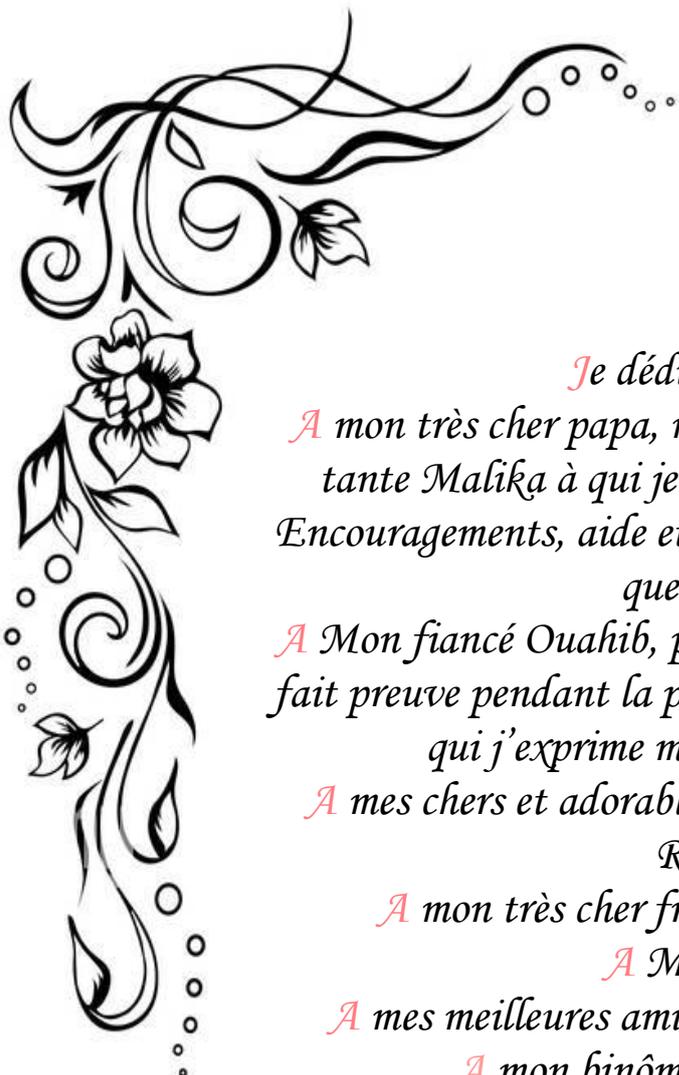
Nos remerciements s'adressent à M. **BAIKECHE L** et Mme **KECHMIR L**, doctorants à L'UMMTO pour leur disponibilité, leur aide ainsi que leurs encouragements durant notre travail.

Toute notre gratitude s'exprime aux membres de jury :

Madame **MALLIL k.**, Maitre Assistante à la faculté des sciences biologiques et de sciences agronomiques à l'UMMTO d'avoir accepté de présider le jury.

Madame **SEKHI S.**, maitre de conférences à l'université Mouloud Mammeri et à M. **LAMINE S.**, docteur / enseignant vacataire à l'UMMTO d'avoir accepté d'examiner ce travail.

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



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

A mon très cher papa, ma très chère maman et ma très chère tante Malika à qui je dois tout, je les remercie pour leurs Encouragements, aide et les sacrifices qu'ils ont fait pour moi que dieu les protèges

A Mon fiancé Ouahib, pour la patience et le soutien dont il a fait preuve pendant la période de la réalisation de ce travail à qui j'exprime mon affection et ma gratitude

A mes chers et adorables sœurs Ouzna, Thiziri leurs maris Rabah et Aomer

A mon très cher frère Aghilass et sa fiancée Lylia

A Mon cousin Achour

A mes meilleures amies Ouarda, Hafida, Rosa et Radia

A mon binôme Zakia et toute sa famille

Spécialement Chaouadi Mustapha

A tous ceux qui nous sont chers

A toute la promotion Ecologie animale 2021-2022

Dieu merci

Tinhinane





Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

*À mes très chers parents qui ont fait de moi ce que je suis
aujourd'hui que dieu les protèges*

À mes chères sœurs Nora, Kahina, Samia

À mes chers frères Rachid, Mohammed, Salah, Ferhat

Mes petits anges Ilham, Axel, Maylis, Farah

À mon très cher cousin Chaouadi Mustapha

À ma chère et meilleure amie Khadidja

À mon binôme Tinhinane et toute sa famille

Spécialement Mr Ould Hadda Boussad

À tous ceux qui nous sont chers

À toute la promotion Ecologie animale 2021-2022

Dieu merci

Zakia



Sommaire

Introduction

Chapitre I : Caractéristiques générales de la région d'étude

1. 1. Situation géographique de la région d'étude.....	3
1.2. Cadre géologique	4
1. 2. 1. La dorsale calcaire du Djurdjura	4
1. 2. 2. Le socle Kabyle	4
1. 2. 3. Les dépressions sédimentaires	4
1. 3. Climatologie.....	4
1. 4. Précipitations.....	5
1. 5. Températures	6
1. 5. 1. Températures de l'air	6
1. 5. 2. Températures de l'eau	7
1.6. Couvert végétal	8
1. 7. Perturbations anthropiques.....	9

Chapitre II : Sites et méthodes d'étude

2. 1. Description des stations d'étude	10
2. 1. 1. Station Thala Guilef 1 (Djemaa n Tarchi : TG1).....	12
2. 1. 2. Station Thala Guilef 2 (Thinzar: TG2)	12
2. 1. 3. Station Ouadhias 1 (Ath Oulhadj: AO).....	12
2. 1. 4. Station Ouadhias 2 (Ath Regane: AR).....	13
2. 1. 5. Station Ath Ouacif (Thiaansrine: A1).....	13
2. 1. 6. Station Ath Ouabane (Assif El Hammam : AH).....	13
2. 2. Etude de quelques paramètres environnementaux	14
2. 2. 1. La pente.....	14

2. 2. 2. Le débit	14
2. 2. 3. Ecoulement de l'eau et vitesse du courant	14
2. 2. 4. Substrat	15
2. 3. Matériels et méthodes d'étude biologique	16
2. 3. 1. Echantillonnage	16
2. 4. 2. Conservation et transfert des échantillons.....	16
2. 4. 3. Tri et détermination.....	17
2. 4. 4. Méthodes d'analyse de la structure des peuplements.....	17
2. 4. 4. 1. Indice de diversité et de structure	17
2. 4. 4. 2. La richesse taxonomique.....	18
2. 4. 4. 3. Abondance et abondance relative	18
2. 4. 4. 4. Occurrence des espèces.....	18
2. 4. 4. 5. Indice de diversité de Shannon-Weaver	19
2. 4. 4. 6. Equitabilité (PIELOU, 1969)	19
2. 4. 4. 7. Indice biologique global normalisé (IBGN)	20
2. 4. 4. 8. Indice BMWP'	20
2. 4. 5. Matériels et méthodes de l'étude physicochimique	21
2. 4. 5. 1. Analyse des paramètres physicochimiques.....	21
2. 4. 5. 2. Matériels utilisés	21
2. 4. 5. 3. Paramètres physico-chimiques.....	21
2. 4. 5. 4. Paramètres organoleptiques	21
2. 4. 5. 5. Paramètres de minéralisation	24
2. 4. 5. 6. Paramètres de pollution.....	24
2. 4. 5. 7. La matière organique	25
2. 4. 6. Matériels et méthode de l'étude bactériologique	26
2. 4. 6. 1. Recherche et dénombrement des bactéries	26
2. 4. 6. 2. Coliformes totaux et coliformes fécaux (<i>E. Coli</i>).....	26

2. 4. 6. 3. Streptocoque	27
--------------------------------	----

Chapitre III : Résultats et discussion

3.1. Analyse globale de la faune benthique	28
3.2. Abondance de la faune benthique	31
3.3. La richesse taxonomique.....	32
3.4. Diversité indice de Shannon _ Equitabilité	33
3.5. Répartition de la faune	34
3.6. Analyse quantitative et qualitative de la faune benthique.....	35
3.6.1. Les Ephemeropteres	35
3.6.2. Les Dipteres.....	36
3.6.3. Les Coleopteres	38
3.6.4. Les Plecopteres	39
3.6.5. Les Trichopteres	40
3.6.6. Les Heteropteres	41
3.6.7. Les Mollusques.....	42
3.6.8. Les Crustaces.....	43
3.6.9. Les Hydracariens	43
3.6.10. Les Oligochetes	43
3.7. Calcul de l'IBGN et BMWP'	44
3.7.1. Resultats de l'IBGN et de BMWP'	47
3.8. Resultats des analyses physico-chimiques	53
3.8.1. Parametres Physico-chimiques	54
3.8.1.1. Temperature, pH	54
3.1.1.2. La conductivite	54
3.8.1.3. L'oxygene dissous et UV	55
3.8.1.4. Turbidite	56

3.8.2. Paramètres relatifs à la pollution.....	56
3.8.3. Paramètres indésirables (Fer et Aluminium)	56
3.8.4. Paramètres de minéralisation globale	57
3.8.4.1. Les chlorures	58
3.8.4.2. HCO_3^-	58
3.8.5. Résidu sec.....	58
3.8.6. Les matières en suspension	59
3.8.7. La matière organique.....	59
3.9. Analyses des résultats bactériologiques	60
3.9.1. Coliformes totaux.....	61
3.9.2. <i>Escherichia coli</i>	61
3.9.3. Streptocoques.....	61

Discussion

Coclusion

Liste des figures

Figure 1. Situation géographique de la région d'étude	3
Figure 2. Précipitations moyennes mensuelles enregistrées à certaines localités de la région d'étude (période 1991_2014 données A.N.R.H Tizi-Ouzou)	6
Figure 3. Localisation des stations étudiées	11
Figure 4. Station TG1	12
Figure 5. Station TG2.....	12
Figure 6. Station AO	12
Figure 7. Station AR.....	13
Figure 8. Station A1	13
Figure 9. Station AH	13
Figure 10: Abondance de la faune globale dans les stations étudiées.....	32
Figure 11: Richesse taxonomique des stations étudiées.....	33
Figure 12: Evolution des indices de Shannon et d'équitabilité dans les stations étudiées.....	34
Figure 13: Répartition de la faune globale dans les stations d'étude.....	35
Figure 14: Répartition des Ephéméroptères dans les stations étudiées.....	36
Figure 15: Répartition des Diptères récoltés.....	37
Figure 16: Répartition des Diptères dans les stations étudiées.....	37
Figure 17: Répartition des Coléoptères récoltés.....	38
Figure 18: Répartition des Coléoptères dans les stations étudiées.....	39
Figure 19: Répartition des Plécoptères dans les stations étudiées.....	40
Figure 20: Répartition des Trichoptères dans les stations étudiées.....	41
Figure 21: Répartition des Héteroptères dans les stations étudiées.....	42
Figure 22: Répartition des mollusques dans les stations étudiées.....	43
Figure 23 : Classe de variété des valeurs d'IBGN selon la diversité taxonomique.....	44
Figure 24 : La qualité hydrobiologique des sources étudiées (Méthode IBGN).....	50
Figure 25 : La qualité hydrobiologique des sources étudiées (Méthode BMWP').....	51
Figure 26 : Analyse hydrobiologique des stations étudiées.....	52
Figure 27: Variations de la température et le pH dans les 6 stations étudiées.....	54
Figure 28: Variations de la conductivité enregistrées au niveau des stations étudiées.....	55
Figure 29: Les variations de l'oxygène dissous dans les 6 stations étudiées.....	56
Figure 30: Les variations des sulfates au niveau ses stations étudiées.....	57
Figure 31: Les variations de la dureté TH, TA et TAC dans les stations d'étude.....	58
Figure 32: Les variations des résidus sec dans les stations étudiées.....	60
Figure 33: Les teneurs en MO dans les stations d'étude.....	61

Liste des tableaux

Tableau 1. Températures moyennes mensuelles de l'air en ° C (maximale, minimale et moyenne) enregistrées à Tizi-Ouzou durant la période 2000/2018, (Source O.N.M de Tizi-Ouzou).....	7
Tableau 2. Températures ponctuelles de l'eau relevées dans les différentes stations.....	8
Tableau 3: Altitude et pentes à la station des sources étudiées	14
Tableau 4: Vitesse du courant et largeur du lit mineur dans les différentes stations	15
Tableau 5: Nature du substrat dans les stations étudiées	16
Tableau 6: Nombre de taxons par groupe zoologique.....	28
Tableau 7: : Répartition de la faune benthique dans les stations d'étude	29
Tableau 8 : Indice de diversité H' et d'équitabilité E	33
Tableau 9 : Grille d'appréciation globale de la qualité de l'eau (norme AFNOR T 90-350, 1990).....	45
Tableau 10 : Scores des familles des macro-invertébrés benthique « indice BMWP'»	45
Tableau 11 : Qualité de l'eau en fonction de BMWP'	46
Tableau 12 : Qualité hydrobiologique des stations étudiées (IBGN et BMWP')	47
Tableau 13 : Comparaison entre les résultats des deux indices étudiés.	48
Tableau 14 : Les résultats des analyses physico-chimiques des 6 stations étudiées.....	53
Tableau 15 : Résultats des analyses bactériologiques des 6 stations étudiées.	60

Liste des abréviations

A1: Ouacif (Thiaânsrine).

AH: Ath Ouabane.

AO: Ouadias 1 (Ath Oulhadj).

AR: Ouadias 2 (Ath Reggane).

TG1 : Tala guilef 1 (djemaa n tarchi).

TG2 : Tala guilef 2 (Thinzar).

AFNOR : Association française de normalisation AFNOR : Association française de normalisation

Ab r : Abondance relative

Ab : Abondance

ANRH : Agence National des Ressources Hydrauliques

E. Coli : *Escherichia coli*

Ib : Indice biologique

IBGN : Indice Biologique Global Normalisé

MES : Matières en suspension.

Mo : Matière organique.

NTU : Unité Néphélométrie de Turbidité

Oc r : Occurrence relative

Oc : Occurrence

ONM : Office National de Météorologie

pH : Potentiel d'hydrogène

RS : Résidus secs

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

Liste des abréviations

UFC : Unité Formant des Colonies

L'hydrosphère est le fondement de la vie et des équilibres écologiques. L'eau demeure le principal constituant des êtres vivants et l'élément indispensable à toute forme de vie. Sans eau, aucun organisme, qu'il soit végétal ou animal, simple ou complexe, petit ou gros, ne peut vivre. Depuis plusieurs années la problématique de l'eau se résume dans sa quantité en absence des ressources et sa qualité altérée par les différentes sources de pollution.

Les écosystèmes aquatiques abritent un ensemble d'organismes interdépendants qui dépendent également de leur milieu aquatique pour les éléments nutritifs qui s'y trouvent (l'azote et phosphore) et l'abri qu'il leur procure. Ils renferment habituellement une grande variété de forme de vie, qui varie d'un écosystème à un autre.

Les réseaux hydrographiques du monde entier ont été plus ou moins modifiés par les activités humaines (EVERARD & POWELL, 2002). Ces altérations se traduisent généralement par des modifications des caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques du milieu récepteur, et aussi par la perte de la biodiversité.

En Algérie, la pollution de l'eau connaît une évolution inquiétante notamment dans les cours d'eau qui subissent l'influence des contrastes climatiques accentués par les fortes perturbations d'origines anthropiques (rejet urbains, industriels, extraction de gravier, ...).

Les études faunistiques et écologiques sur les milieux aquatiques continentaux revêtent d'une importance primordiale dans la compréhension du fonctionnement et la gestion des systèmes naturels ainsi que dans l'évaluation de l'état de santé écologique des hydrosystèmes. En effet, les biocénoses aquatiques, qui sont soumises à des flots polluants, peuvent témoigner par leurs fluctuations, de la qualité physico-chimique des eaux qui les abritent et servir aussi d'indicateurs biologiques.

Parmi les communautés biologiques, les communautés de macro-invertébrés benthiques sont les plus utilisées pour évaluer l'état de santé global des écosystèmes aquatiques (HELLAWELL, 1986 ; BARBOUR *et al.*, 1999). Ce sont des organismes visibles à l'œil nu, tels que les insectes, les Mollusques, les Crustacés et les Vers, qui habitent le fond des cours d'eau et des lacs.

L'évolution au fil du temps des méthodes basées sur les invertébrés repose principalement sur les questions d'échantillonnage et de référentiel, tels que la méthode d'Indice Biologique Global de Normalité (IBGN) et l'indice Biological Monitoring Working Party (BMWP').

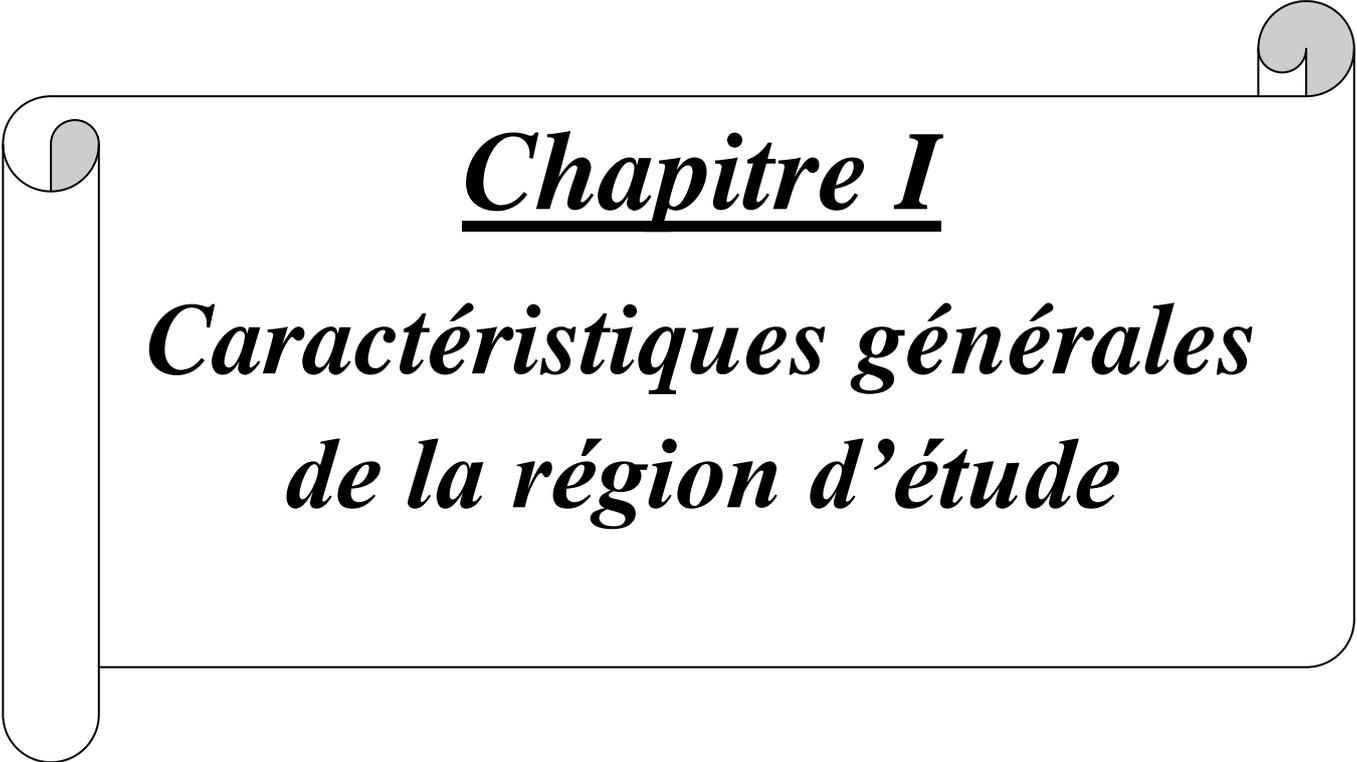
Avec le développement des programmes d'étude en hydrobiologie, plusieurs travaux ont été exposés par différents auteurs. Nous pouvons citer ceux de LOUNACI (1987), AIT MOULOUD (1988), ARAB (1989), LOUNACI-DAOUDI (1996), LOUNACI *et al.*, (2000 a), LOUNACI *et al.*, (2000 b), MEBARKI (2001), ARAB *et al.*, (2004), LOUNACI (2005), LOUNACI & VINÇON (2005), SEKHI (2010), HAOUCHINE (2011), LAMINE (2021) et SEKHI (2022).

Le présent travail s'inscrit dans le projet de recherches initié par le laboratoire de recherche « Ecosystème Aquatique Continentaux » de la faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomique de Tizi-Ouzou.

Il a pour objectif de connaître la qualité de quelques sources de notre région d'étude par trois méthodes : Biologique, Physico-chimique et Bactériologique.

L'ensemble de ce travail est réparti en trois chapitres :

- Le premier chapitre résume les caractéristiques générales de la région d'étude : géographie, géologie, climatologie, végétation et perturbations anthropiques ;
- Le second chapitre traite la description des sites d'étude, les méthodes et les techniques d'échantillonnage ;
- Le troisième qui représente la majeure partie de ce travail est consacré à l'analyse des résultats et leurs discussions.

A decorative scroll graphic with a black outline and grey shading on the top and bottom edges, framing the text.

Chapitre I

Caractéristiques générales de la région d'étude

1. 1. Situation géographique de la région d'étude

La Kabylie est située dans le centre nord de l'Algérie à une centaine de kilomètres à l'Est d'Alger, elle se distingue par son altitude par rapport aux régions avoisinantes et s'étend du nord au sud de la côte méditerranéenne jusqu'aux crêtes du Djurdjura. Elle est localisée entre les longitudes de 3° 35'E et 5° 05'E et les latitudes de 36° 22'N et 36° 55'N. (Figure 1)

La Kabylie du Djurdjura se trouve entre la plaine de la Mitidja et le massif du Djurdjura (Dahmani, 2004). Elle est délimitée :

- Au Nord, par la mer méditerranéenne (50 Km de littoral, Dellys, Azzefoun et Tizirt) ;
- A l'ouest, par la Wilaya de Boumerdes ;
- A l'est, par le massif forestier d'Akfadou ;
- Au Sud/Sud-est par la chaîne du Djurdjura, en arc de 60 km de longueur environ, culminant à 2308 m, au sommet de Lalla Khedidja.

Dans l'impossibilité d'étudier l'ensemble des cours d'eau d'une aussi vaste région (surface de l'ordre de 8500 km²), il nous a paru intéressant de retenir quelques sources : Thala Guilef (Djemaa n Tarchi : TG1 et Thinzar : TG2), Ouadhias (Ath Oulhadj : AO et Ath Regane : AR), Ath Ouabane (Assif El Hammam : AH) et Ath Ouacif (Thiaansrine : A1).

La figure 1 nous montre la situation géographique de notre région d'étude.

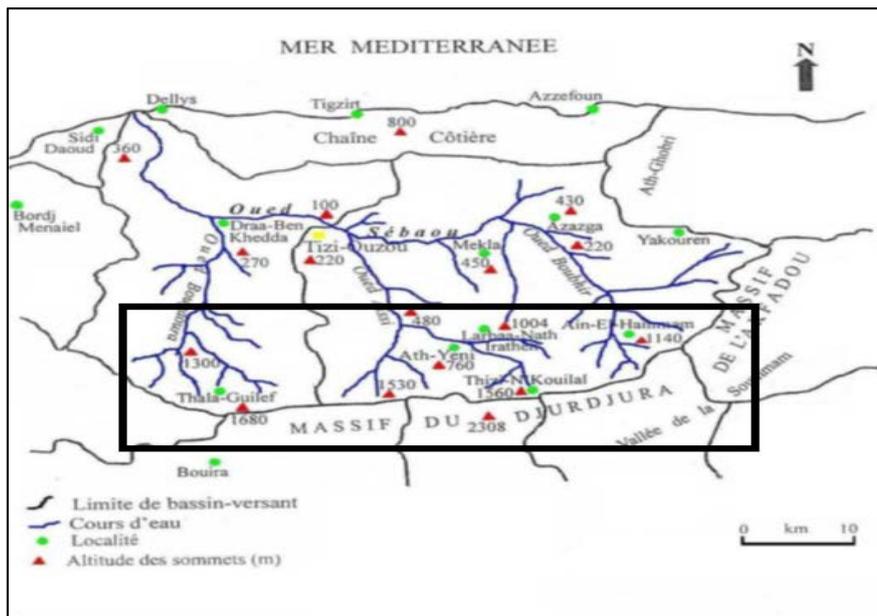


Figure 1 : Situation géographique de la région d'étude (LOUNACI, 2005)

1.2. Cadre géologique

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

1. 2. 1. La dorsale calcaire du Djurdjura

Cette dernière est dite « chaine calcaire Kabyle ». Elle est formée essentiellement de calcaire secondaire. A ce niveau, il existe un réseau hydrographique qui canalise un volume d'eau important donnant lieu à des sources permanentes qui alimentent les affluents de l'oued Sébaou.

1. 2. 2. Le socle kabyle

Il est de nature magmatique et métamorphique, il favorise la convergence des eaux de pluie vers les principaux affluents de l'oued Sébaou. (YAKOUB, 1996).

1. 2. 3. Les dépressions sédimentaires

Elles se composent d'un matériel hétérogène grossier (galets, graviers) et peut former des nappes alluviales à la suite des importants écoulements.

1. 3. Climatologie

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

En Algérie, le climat se distingue par une influence marine au Nord et par une tendance continentale subdésertique provenant du Sud.

La région d'étude situant au centre Nord de l'Algérie est soumise à l'influence du climat méditerranéen. Celui-ci est caractérisé par la sécheresse de la saison estivale et des hivers relativement humides et froids avec des précipitations torrentielles à grande irrégularité interannuelle (MEDDOUR, 2010).

1. 4. Précipitations

La pluviosité est un facteur très important qui est déterminé par sa durée de chute et son intensité. Elle est caractérisée par une répartition inégale d'un point à un autre et d'une saison à une autre.

SELTZER (1946), QUEZEL (1957) et CHAUMONT & PAQUIN (1971) admettent que la pluviométrie en Algérie est sous l'influence de facteurs géographiques : l'altitude, la latitude, la longitude et l'exposition. En effet, la pluviosité augmente avec l'altitude, mais elle est plus élevée sur le versant exposé aux vents humides. Elle augmente d'Ouest en Est, et diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne du littoral vers le Sud.

Le massif montagneux du Djurdjura, par sa position et son altitude, joue un rôle de barrière naturelle aux vents marins humides provenant du nord-ouest qui assure une forte pluviosité (ITCHIR & LACHEBI, 2015).

Le Djurdjura est l'une des régions les plus arrosées de l'Algérie. Selon CHAUMONT & PAQUIN (1971), la hauteur des précipitations annuelles peut dépasser les 2000 mm sur les pics les plus élevés. D'après TOUAZI & LABORDE (2004), le massif reçoit un total pluviométrique annuel de l'ordre de 1500 à 2000 mm en versant Nord. DERRIDJ (1990), ABDESSELAM (1995), MESSAOUDENE et *al.* (2004) et MEDDI et *al.* (2013), avancent, quant à eux, une tranche pluviométrique annuelle qui varie entre 1500 et 2000 mm.

Le manque de données est dû à l'absence d'un réseau météorologique dans la région d'étude nous a contraint à utiliser les données enregistrées par les stations les plus proches des sites d'étude à savoir Ath Ouabane, Thala Guilef et Ath Ouacif allant de 1991 à 2014.

Les données pluviométriques enregistrées dans les localités environnantes de la région d'étude (Ath Ouabane, Ouadhias et Thala Guilef) sont fournies par l'agence nationale des ressources hydrauliques (A.N.R.H) et par l'office national de la météorologie (O..N.M) de Tizi-Ouzou, sont portées dans l'annexe 1.

Selon la figure 2 l'observation des courbes montre que le régime pluviométrique présente approximativement le même malgré l'importance de leurs variations d'un mois à un autre.

Nous pouvons noter globalement, l'apparition de deux périodes distinctes :

- Période pluvieuse qui s'étend de novembre jusqu'à mai ;
- Période sèche qui s'étend de mai jusqu'à octobre.

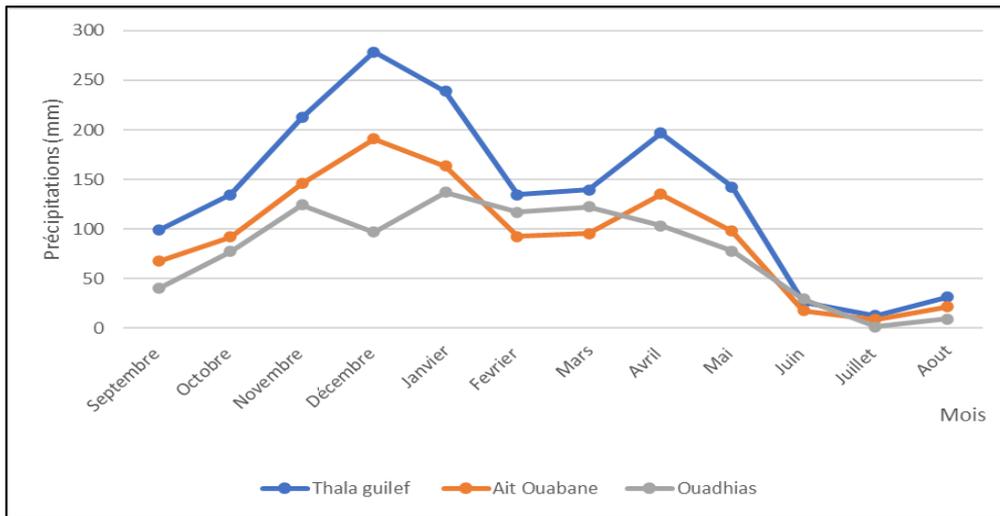


Figure 2. Précipitations moyennes mensuelles enregistrées à certaines localités de la région d'étude (période 1991_2014 données A.N.R.H Tizi-Ouzou).

1. 5. Températures

La température est le facteur le plus important qui contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques conditionnant de ce fait la répartition des espèces animales et végétales. Elle détermine l'état physique de l'eau. Elle détermine les grandes régions climatiques terrestres, régule la vitesse des réactions cellulaires et intervient sur l'évaporation des plans d'eau et la transpiration des êtres vivants, en conditionnant la répartition de la totalité des espèces dans la biosphère (RAMADE, 1984).

1. 5. 1. Températures 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 (DAJOZ, 1979).

Dans le tableau 1, nous avons reporté les valeurs moyennes mensuelles, minimales et maximales des températures de l'air enregistrées à Tizi-Ouzou durant la période allant de 2000-2018, (ONM de Tizi-Ouzou).

Tableau 1. Températures moyennes mensuelles de l'air en ° C (maximale, minimale et moyenne) enregistrées à Tizi-Ouzou durant la période 2000/2018.

Mois	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Juin.	Juil.	Aou.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
T° moyennes max	15.7	16.22	19.5	22.24	26.5	32	36.1	35.4	31.2	27.6	20.3	16.5
T° moyennes min	6.5	7	9	11.1	14.1	18	20.4	22	17.9	15.8	11.4	7.8
T° mensuelles	10.33	10.80	13.57	16.15	19.56	20.55	28.02	28.03	24.46	20.74	14.83	11.71
Δt	9.2	9.22	10.5	11.14	12.4	14	15.7	15.7	13.3	11.8	8.9	8.7

(Source O.N.M de Tizi-Ouzou)

La région de Tizi-Ouzou est caractérisée par un écart élevé entre les températures moyennes minimales du mois le plus froid et les températures moyennes maximales du mois le plus chaud.

La lecture du tableau montre que :

- Les mois de juillet et août sont considérés comme les mois les plus chauds de l'année. Leurs températures moyennes enregistrées sont respectivement de 28.02°C et 28.03°C avec des températures maximales de 36.1°C et 35.4°C.
- Les mois de décembre, janvier et février sont les plus froids avec des températures moyennes de 11.71°C, 10.33°C et 10.80°C avec des températures maximales de 16.5°C, 15.7°C et 16.22°C.

1. 5. 2. Température de l'eau

Selon ANGELIER (2000), la température de l'eau est considérée comme un facteur primordial dans les eaux courantes. Elle varie régulièrement d'amont en aval et elle intervient dans le développement et la composition faunistique d'un cours d'eau.

La mesure de la température de l'eau est très utile pour les études limnologiques car elle joue un rôle dans la solubilité des gaz, notamment l'Oxygène, la détermination du pH et la dissociation des sels (RODIER, 1996). De plus, elle joue un rôle primordial dans le déterminisme de la distribution longitudinale des zoocénose (LOUNACI, 2005).

En tableau 2, nous avons rapporté les températures ponctuelles de l'eau enregistrées au niveau des stations étudiées à l'aide d'un thermomètre. Les faibles températures ont été relevées dans les stations TG1, TG2, AO et AH qui sont caractérisées par des hautes altitudes.

Les stations AR et A1 nous avons enregistré des températures moyennement élevées (14 °C et 13 °C).

Tableau 2. Températures ponctuelles de l'eau relevées dans les différentes stations

Stations *	TG1	TG2	AO	AR	AH	A1
T°C Moyennes	11 °C	8 °C	11 °C	14 °C	9 °C	13 °C

* Pour la description des stations, se référer au chapitre II (2.1)

1.6. Couvert végétal

Le couvert végétal, plus particulièrement la ripisylve, joue un rôle non négligeable dans la structure et la dynamique des écosystèmes aquatiques. Globalement la couverture végétale de la zone d'étude est assez dense et elle varie en fonction de l'altitude.

La végétation joue un rôle régulateur dans le régime de l'écoulement en déterminant la rapidité du ruissellement superficiel, le taux d'évapotranspiration et de la capacité de rétention. Selon RACHMAN et *al.* (2003), la couverture végétale arrive à réduire plus de 50 % de l'énergie cinétique de la pluviométrie, et à atténuer 75 % de la puissance du ruissellement.

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

Globalement, la couverture végétale de la région d'étude est assez dense. Elle varie en fonction de l'altitude :

Au sommet, la végétation est constituée principalement par des pelouses écorchées xérophytes épineux ;

Entre 900 et 1500 m d'altitude, la végétation est formée essentiellement des chênes vert, chêne liège, chêne zen et de cèdres et autres arbres directement associés aux cèdres. Quant à la végétation aquatique, elle est représentée principalement par les mousses, les algues et les macrophytes.

1. 7. Perturbations anthropiques

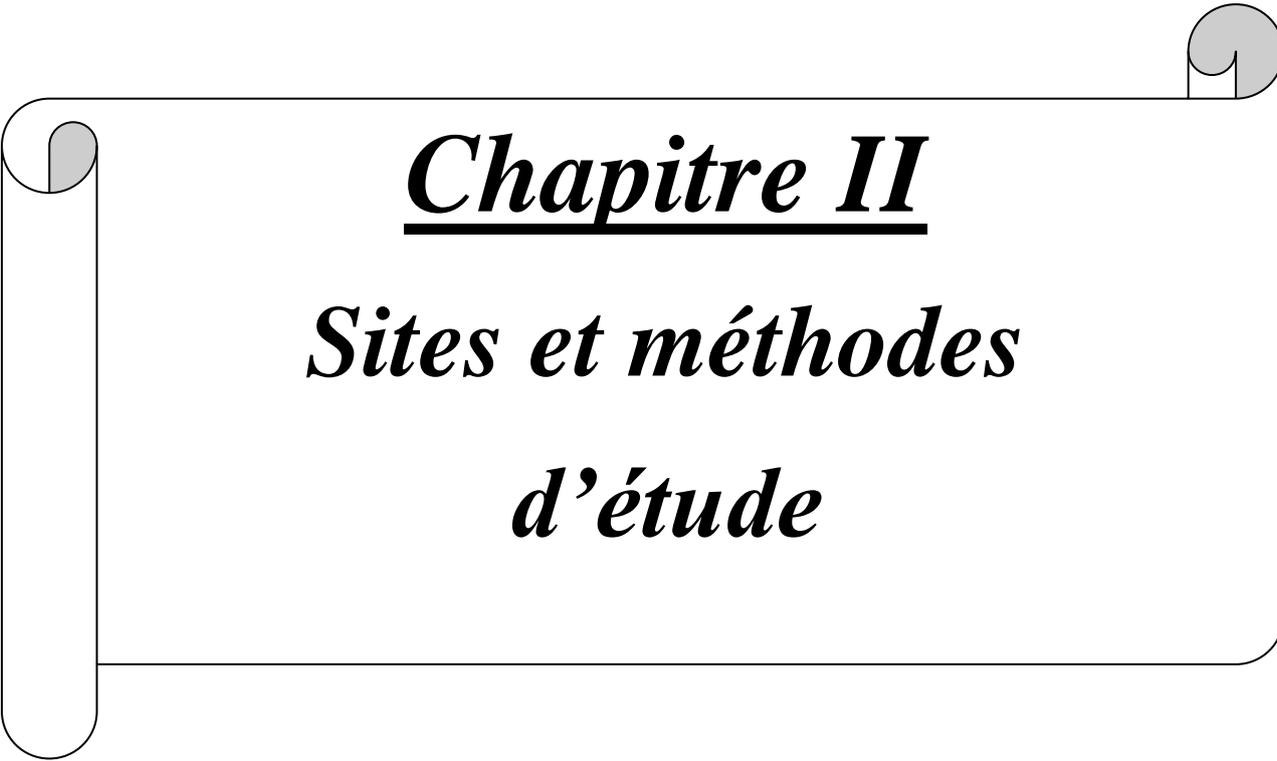
Sont qualifiés d'anthropiques tous les phénomènes d'origine chimiques, physiques ou biologiques qui peuvent être consécutifs de la présence ou de l'action de l'être humain.

Ces dégradations ont conduit à la fragmentation croissante des milieux, se traduisant par des modifications profondes et rapides des communautés d'organismes aquatiques avec une perte de diversité et / ou des déséquilibres démographiques (LOUNACI, 2005).

Les réseaux hydrographiques de la Kabylie ont subi une dégradation sévère liée à une croissance démographique accélérée et un développement industriel et agricole.

Dans la partie amont des cours d'eau, la pollution est essentiellement d'origine domestique. Son impact potentiel sur les cours d'eau devrait être relativement faible.

L'élevage, est la plus grande source de polluants de l'eau dans les cours d'eau supérieurs principalement à travers les déchets des animaux et leurs excréments. Ajouté à cela le lavage de véhicules qui demeure un acte fréquent dans les sources.

A decorative graphic of a scroll with a black outline and grey shading on the top and bottom edges, framing the text.

Chapitre II

Sites et méthodes d'étude

Ce chapitre constitue une description des stations étudiées et des sites d'échantillonnage avec une présentation générale du contexte environnemental et des méthodes d'étude employées.

Notre objectif principal est l'établissement des listes faunistiques d'invertébrés benthiques, et de chercher les relations entre les caractéristiques du milieu et sa faune par évaluation biologiques, physico-chimique et bactériologique des eaux de quelques sources de la Kabylie du Djurdjura.

Pour répondre aux objectifs fixés, nous avons réalisé un certain nombre de prélèvements d'invertébrés aquatiques dans les différents types d'habitats.

Parmi les stations prospectées, 6 stations ont été retenues dans le cadre de ce travail.

Certaines de ces stations ont fait l'objet d'étude représentent un écoulement permanent, d'autres subissent un assèchement plus ou moins long pendant les périodes sèches.

2. 1. Description des stations d'étude

Notre intérêt s'est porté sur les stations : Thala Guilef 1 (Station Djemaa n Tarchi : TG1), Thala Guilef 2 (Station Thinzar : TG2), Ouadhias 1 (Station Ath Oulhadj : AO), Ouadhias 2 (Station Ath Regane : AR), Ath Ouabane (Station Assif El Hammam : AH) et Ath Ouacif (Station Thiaansrine : A1).

Le choix de nos stations a été effectué en tenant compte de certains paramètres tels que l'altitude, la pente, la diversité des biotopes. Ce choix est conditionné par l'accessibilité et quiétude des secteurs prospectés.

Les stations retenues dans le cadre de ce travail sont indiquées par des carrés sur la figure 3.

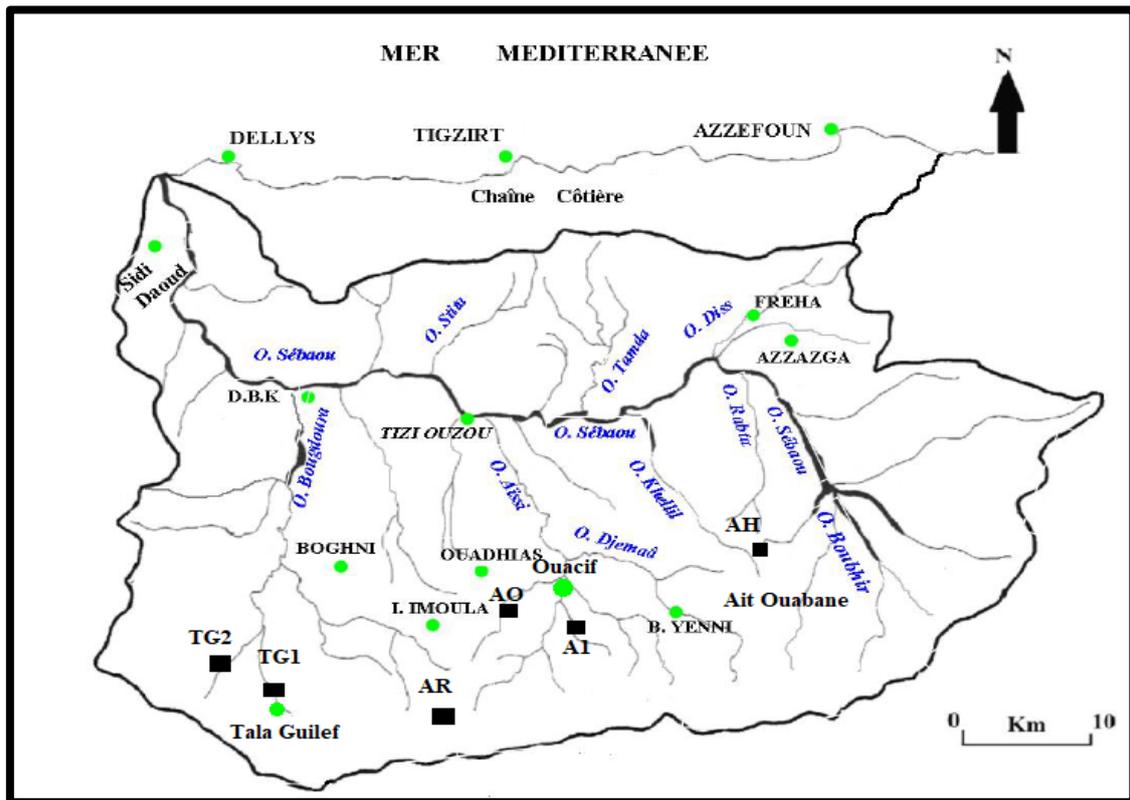


Figure 3 : Localisation des stations étudiées.

Pour chaque station étudiée, nous avons indiqué :

- l'altitude ;
- la pente à la station ;
- la largeur moyenne du cours d'eau (section mouillée) ;
- la profondeur moyenne de la lame d'eau ;
- la vitesse du courant selon la classification de Berg ;
- la nature du substrat ;
- la végétation ;
- les influences anthropiques lorsqu'il y en a.

2. 1. 1. Station Thala Guilef 1 (Djemaa n Tarchi : TG1)

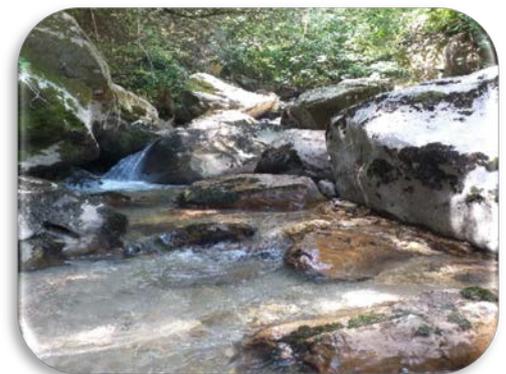
- Altitude : 1100 m ;
- Pente à la station : 5 % ;
- Profondeur : 10 à 15 cm ;
- Vitesse du courant : rapide à moyen ;
- Largeur du lit mineur : 1.5 à 2 m ;
- Substrats : blocs, gros galets, galets et graviers ;
- Végétation bordante : strate arbustive ;
- Végétation aquatique : algues et mousses ;

**Figure 4 : Station TG1****2. 1. 2. Station Thala Guilef 2 (Thinzar: TG2)**

- Altitude : 920 m
- Pente à la station : 15 %
- Profondeur : 10 à 15 cm ;
- Vitesse du courant : très rapide à rapide ;
- Largeur du lit mineur : 2 à 3 m
- Substrats : blocs, galets et graviers ;
- Végétation bordante : strate arborescente et arbu
- Végétation aquatique : algues ;

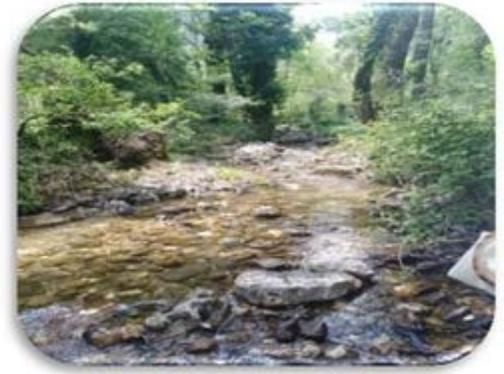
**Figure 5 : Station TG2****2. 1. 3. Station Ouadhias 1 (Ath Oulhadj: AO)**

- Altitude : 850 m ;
- Pente à la station : 10 % ;
- Profondeur : 20 à 30 cm ;
- Vitesse du courant : rapide à moyen ;
- Largeur du lit mineur : 2 m ;
- Substrats : rochers, galets et graviers ;
- Végétation bordante : strate arbustive fournie ;
- Végétation aquatique : algues ;
- Action anthropique : rejets urbains.

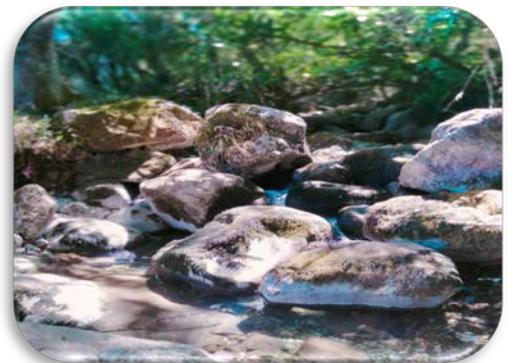
**Figure 6 : Station AO**

2. 1. 4. Station Ouadhias 2 (Ath Regane: AR)

- Altitude : 1040 m
- Pente à la station : 10 %
- Profondeur : 25 à 30 cm ;
- Vitesse du courant : moyenne à lente ;
- Largeur du lit mineur : 0.5 à 1 m ;
- Substrats : rochers et galets ;
- Végétation bordante : strate arbustive et épineux ;
- Végétation aquatique : algues

**Figure 7 : Station AR****2. 1. 5. Station Ath Ouacif (Thiaansrine: A1)**

- Altitude: 920 m;
- Pente à la station : 10 % ;
- Profondeur : 25 à 30 cm ;
- Vitesse du courant : moyenne ;
- Largeur du lit mineur : 3 à 4 m ;
- Substrats : rochers, gros galets, galets, graviers et sable
- Végétation bordante : strate arborescente et Arbustive fournie et épineux ;
- Végétation aquatique : mousses et algues ;
- Action anthropique : rejets urbains.

**Figure 8 : Station A1****2. 1. 6. Station Ath Ouabane (Assif El Hammam : AH)**

- Située à environ 5 km
- Altitude : 930 m ;
- Pente à la station : 2 % ;
- Profondeur : 20 à 25 cm ;
- Vitesse du courant : rapide à moyenne ;
- Largeur du lit mineur : 2 à 3 m ;
- Substrats : gros galet, galets, rochers, graviers ;
- Végétation bordante : strate arborescente et arbustive ;
- Végétation aquatique : quelques algues.

**Figure 9 : Station AH**

2. 2. Etude de quelques paramètres environnementaux

2. 2. 1. La pente

La pente est un paramètre écologique important qui dépend de l'altitude. Elle intervient dans le déterminisme de la vitesse du courant, de la granulométrie du substrat, ainsi que dans la distribution de la faune benthique.

Le tableau 03 illustre les pentes stationnelles des stations étudiées.

Les secteurs les plus pentues correspondent à ceux des stations TG2, AO et A1. Les pentes varient de 15 % à 10%.

Pour les autres stations (TG1, AR et AH) sont caractérisées par des faibles pentes qui varient entre 2 % à 5%.

Tableau 3 : Altitude et pentes à la station des sources étudiées.

Stations	TG1	TG2	AO	AR	AH	A1
Altitude (m)	1100m	920m	850m	1040m	930m	920m
Pente (%)	5%	15%	10%	4%	2%	10%

2. 2. 2. Le débit

Le débit est le volume d'eau en mouvement auquel peut être rattachée une quantité de matière transportée organique ou minérale, inerte ou vivante, endogène ou exogène (LAVANDIER, 1979), il dépend de l'altitude, de la distance à la source la plus en amont, de la nature des terrains traversés, des précipitations et de la présence de neige en amont.

2. 2. 3. Ecoulement de l'eau et vitesse du courant

Selon HYNES (1970), MINSHALL (1984), STAZNER, et *al.*, (1988) in LOUNACI (2005) la vitesse du courant est un facteur écologique essentiel qui conditionne les possibilités d'existence des organismes en fonction de leurs limites de tolérance, comportement, leurs distributions et de métabolisme des communautés.

L'écoulement est caractérisé par un profil de vitesse qui dépend du débit, des précipitations, de la pente, de la largeur du lit, des apports des affluents ainsi que de la taille du substrat et de la profondeur de la lame d'eau.

Les mesures de vitesse sont effectuées en surface du cours axial à l'aide d'un flotteur lâché en dérive sur une distance connue. Le temps mis par le flotteur à parcourir cette distance permet de calculer la vitesse.

Les relevés de la vitesse, qui ne représentent que des valeurs indicatrices, sont portés sur le tableau 4. Elles sont classées selon l'échelle de BERG :

- Vitesse très lente : inférieur à 0,1 m/s ;
- Vitesse lente : 0,1 à 0,25 m/s ;
- Vitesse moyenne : 0,25 à 0,50 m/s ;
- Vitesse rapide : 0,50 à 1 m/s ;
- Vitesse très rapide : supérieur à 1 m/s.

Tableau 4 : Vitesse du courant et largeur du lit mesurées dans les différentes stations

Stations	TG1	TG2	AO	AR	AH	A1
Largeur du lit (m).	1.5 à 2 m	2 à 3m	2m	0.5 à 1m	2 à 3m	3 à 4m
Vitesse du courant	R.M	TR.R	R.M	M.L	R.M	M

R.M : rapide à moyenne, TR. R : très rapide à rapide, M.L : moyenne à lente, M : moyenne.

2. 2. 4. Substrat

Les cours d'eau présentent naturellement une grande diversité structurelle qui se traduit par la présence d'une grande variété d'habitats : fonds sableux, dépôts de débris végétaux, zones rocailleuses, rochers...etc. De nombreux organismes d'eau courantes présentent une adaptation très spécifique et ne colonisent que les habitats dont les conditions leurs sont favorables. En effet, le substrat constitue le support vital des invertébrés benthiques auquel il est intimement associé pendant une partie de leur vie.

La plupart des macro-invertébrés sont spécifiques pour un type bien précis de micro-habitat. Ainsi, la diversité de la communauté reflète la diversité des substrats. Tous les

substrats les plus instables sont les moins colonisés. Les mousses et les végétaux sont des supports très favorables car ils servent également de nourriture et d'abris.

Le tableau (5) ci-dessous présente les différents substrats définis.

Tableau 5 : Nature du substrat dans les stations étudiées.

Stations	TG1	TG2	AO	AR	AH	A1
GG %	75	80	60	0	20	85
S/L %	0	0	0	60	40	20
VAq %	75	15	35	15	5	60

GG : Galets / graviers ; sable / limons ; M.O : matière organique ; VAq : végétation aquatique.

2. 3. Matériels et méthodes d'étude biologique

2. 3. 1. Echantillonnage

L'échantillonnage consiste à rassembler la plus grande diversité faunistique représentative des habitats à étudier pour obtenir un bilan aussi complet que possible des taxons présents dans les cours d'eau (HAOUCHINE, 2011).

La procédure consiste à placer le filet troubleau en position verticale contre le substrat tout en maintenant l'ouverture du filet dirigée vers le sens contraire du courant. Les surfaces prélevées sont de même ordre de grandeur (0,1 m²). A l'aide des mains le substrat est remué et les pierres soulevées de telle sorte que, sous l'effet du courant, la faune interstitielle sera récupérée dans le filet (LAMINE, 2021) (Annexe 4).

2. 4. 2. Conservation et transfert des échantillons

Les échantillons récoltés sont transférés dans des sachets en matière plastique, puis fixés à l'aide d'une solution de formol à 8% sur le lieu même du prélèvement. La date, le numéro et les caractéristiques de la station sont notés à chaque prélèvement.

2. 4. 3. Tri et détermination

Cette opération consiste à extraire la faune du substrat contenu dans l'échantillon. Elle se fait au laboratoire, où les échantillons sont rincés sur une série de tamis de mailles de taille décroissante (5 à 0,2 mm) afin d'éliminer au maximum le substrat fin restant et les éléments grossiers (graviers, plantes, feuilles...). Le contenu des tamis est ensuite versé dans une bassine puis transvasé dans des béchers.

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 d'une clé d'identification de TACHET *et al.* (1980) & TACHET *et al.* (2000).

2. 4. 4. Méthodes d'analyse de la structure des peuplements

2. 4. 4. 1. Indice de diversité et de structure

Ce sont des expressions mathématiques qui renseignent le mieux sur la structure du peuplement. Ils permettent d'avoir rapidement une évaluation de la diversité du peuplement.

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

La mesure de la richesse taxonomique, la diversité et l'équitabilité sont utiles pour la caractérisation d'un peuplement, la comparaison globale des peuplements différents ou de l'état d'un même peuplement étudié à des moments différents (BARBAULT, 1995).

La première étape consiste à évaluer la structure générale des peuplements à partir des deux variables qui sont la richesse spécifique et l'abondance (GRALL & HILY, 2003).

Ces paramètres permettent la description de la structure des peuplements.

2. 4. 4. 2. La richesse taxonomique

Cet indice correspond au nombre de taxons présents dans chaque prélèvement (BOULUNIER et *al.*, 1998 ; RAMADE, 2003). La richesse spécifique est considérée comme étant la première perception du milieu qui nous indique que plus il y'a des taxons distincts, plus la diversité est grande.

2. 4. 4. 3. Abondance et abondance relative

L'abondance (Ab) est un paramètre important pour la description d'un peuplement. Il présente le nombre d'individus de taxons (i) présents par unité de surface ou de volume (RAMADE, 2003).

L'abondance relative (Ab_r) d'une espèce (i), correspond à un rapport en pourcentage entre l'abondance de celle-ci sur l'abondance totale du prélèvement considéré (DAGET, 1976). Il est variable aussi bien dans l'espace que dans le temps. L'abondance relative est calculée par

la formule : $Pi = \frac{ni}{N}$

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

N = nombre total d'individus

2. 4. 4. 4. Occurrence des espèces

Appelé aussi de constance au sens de (DAJOZ, 1985), la fréquence d'occurrence est le rapport, exprimé en pourcentage %, entre le nombre de relevés pi 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 : $C (\%) = \frac{Pi}{P} * 100$

Pi = nombre de prélèvements où l'espèce (i) est présente

P = nombre total de prélèvements

Selon DAJOZ (1985), on distingue :

- Les espèces omniprésentes ($C = 100\%$)
- Les espèces constantes ($75\% < C < 100\%$)
- Les espèces régulières ($50\% < C < 75\%$)
- Les espèces accessoires ($25\% < C < 50\%$)

- Les espèces accidentelles ($C < 25 \%$)

2. 4. 4. 5. Indice de diversité de Shannon

De tous les indices, la formule de Shannon-Weaver est l'indice le plus utilisé. Il exprime au mieux la diversité des peuplements. Il présente l'avantage de ne pas être subordonné à aucune hypothèse préalable sur la distribution des espèces et des individus (BLONDEL, 1979 ; LEGENDRE & LEGENDRE, 1979 ; BARBAULT, 1981).

L'indice de Shannon-Weaver H' (Shannon & Weaver, 1963) convient bien à l'étude comparative des peuplements. Il est indépendant de la taille de l'échantillon et prend en compte à la fois la richesse spécifique et l'abondance relative de chaque espèce, permettant ainsi de caractériser l'équilibre du peuplement d'un écosystème.

Il a pour expression : $H' = - \sum_{i=1}^S P_i * \text{Log}_2(P_i)$

S : richesse spécifique

Pi : Abondance relative des espèces

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

Cette diversité s'exprime en « bits/individu » car elle représente la quantité moyenne d'information apportée par l'identification spécifique d'un individu, une fois la composition spécifique quantitative connue.

2. 4. 4. 6. Equitabilité (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 taxons largement dominant), plus il est stable et proche du climax et vis-versa, toute pollution est le signe d'un déséquilibre dû à une cause naturelle ou anthropique.

On peut calculer l'équitabilité à partir de la diversité maximale (H' max), laquelle correspond au cas où toutes les espèces seraient représentées par le même nombre d'individus.

Dans ce cas : $H' \max = \log_2(S)$

L'équitabilité est utilisée comme le rapport :

$$E = \frac{H'}{\log_2(S)}$$

H' = indice de Shannon

S = richesse spécifique

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

2. 4. 4. 7. Indice biologique global normalisé (IBGN)

L'indice biologique globale normalisé ou IBGN est une méthode française normalisée d'évaluation de la qualité biologique d'un cours d'eau. Elle permet d'attribuer une note des qualités biologiques du milieu, qui intègre à la fois l'influence de la qualité physico-chimiques de l'eau et l'influence des caractéristiques morphologiques et hydrauliques du cours d'eau. Cette méthode évalue l'aptitude globale d'un milieu à héberger des êtres vivants en prenant compte, à la fois la variété des macro-invertébrés benthiques, et la représentativité des habitats présents sur la station.

L'IBGN repose sur l'utilisation d'une liste de 138 taxons de macro-invertébrés benthique dont 38 indicateurs (annexe 2) ces derniers sont classés en fonction de leur sensibilité croissante à la pollution, une valeur fluctuante de 0 (très mauvaise qualité) à 20 (très bonne qualité) et attribuée en fonction de la présence d'un taxon indicateur et du nombre de taxons appartenant à la liste des 138 taxons.

2. 4. 4. 8. Indice BMWP'

Le BMWP' est une nouvelle approche originale. Ces modifications ont inclus l'addition de nouvelles familles (ALBA-TERCEDOR., 2000 in BOUCHELOUCHE et *al.*, 2013). L'indice permet d'évaluer la qualité générale d'un cours d'eau à partir d'un système de score de la famille de macro-invertébrés. Il ne prend pas en compte le nombre des individus récoltés ni la variabilité taxonomique.

Pour l'indice BMWP', les familles de macro-invertébrés sont classées en 10 groupes suivant un gradient de tolérance vis-à-vis de la contamination de l'eau (ARMITAGE et *al.*, 1983), ainsi on attribue à chaque famille un nombre de point qui est ≤ 10 suivant son degré de polluo-sensibilité (tableau 9). Cette ponctuation va nous permettre de comparer le degré de pollution dans les différentes stations d'échantillonnage.

2. 4. 5. Matériels et méthodes de l'étude physicochimique

2. 4. 5. 1. Analyse des paramètres physicochimiques

Ces paramètres sont des indicateurs de la qualité de l'eau.

L'analyse de ces derniers a été effectuée au niveau du laboratoire de la station de traitement des eaux du barrage de Taksebt (SEAAL).

2. 4. 5. 2. Matériels utilisés

❖ Appareillage

Turbidimètre HACH 2100N, spectrophotomètre DR 6000 HACH LANGE, pH mètre et électrode en verre VWR 710, balance analytique (0-260g), étuve réglable (0-300°C), étuves (22°C, 37°C et 44°C), étuves à basse température, rampes de filtrations à trois postes, autoclave, agitateur magnétique, barreau magnétique, oxymètre OX 4000 L, bain marie, conductimètre terminal 740 INOLAB (annexe 10 et 12).

❖ Verrerie et autres matériels

Pipettes graduées 1 ml, 2 ml, 5 ml et 10 ml, béchers, erlenmeyers, fioles jaugées, flacons, cellules, capsule en verre.

2. 4. 5. 3. Paramètres physico-chimiques

2. 4. 5. 4. Paramètres organoleptiques

• La Couleur

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances dissoutes, c'est-à-dire passant à travers un filtre de porosité égale à 0.45 μm .

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).

- **L'odeur**

L'odeur est un signe de pollution ou de la présence de la matière organique en décomposition.

Ces substances sont en générale en quantité si minime qu'elles ne peuvent être mises en évidence par les méthodes d'analyses ordinaires (RODIER, 2009).

- **Le goût**

Le goût de l'eau varie selon la propriété des rochers et des sols qu'elle traverse. Les eaux plus fortement minéralisées ont une saveur plus forte. A l'inverse, des eaux plus douces semblent plus fade. Le cas échéant, l'eau est traitée afin d'obtenir l'équilibre minérale adéquat.

- **La turbidité**

La turbidité est due à la présence des particules en suspension, notamment les colloïdales : argiles, limons, grains de silice, matière organique. L'appréciation de l'abondance de ces particules mesurent ses degrés de turbidité (RODIER, 2009). Pour la détermination de la turbidité voir (annexe 10).

Selon GAUJOUS (1995), la turbidité joue un rôle écologique complexe :

- Baisse de la lumière
- Pouvoir absorbant
- Abrasion et sédimentation.

- **La température**

La température est un facteur écologique important du milieu, elle influe sur la densité de l'eau et joue un rôle primordial dans le phénomène de stratification.

Une élévation de température peut perturber fortement le milieu (pollution thermique), mais peut aussi être un facteur d'accroissement de la productivité biologique

(GAUJOUS, 1995).

- **Le pH**

Le pH ou le potentiel d'hydrogène est une mesure qui nous donne la concentration des ions d'hydrogène dans l'eau. L'échelle de pH s'étant de 0 (très acide) à 14 (très alcalin), la valeur médiane est de 7 correspond à une solution neutre (Annexe 10).

Le pH constitue un facteur limitant pour les processus d'épuration (nitrification) (MESSAOUDI & SAADI, 2017).

- **La conductivité**

La conductivité est la mesure de la concentration en sels inorganiques dans l'eau par l'aptitude de celle-ci à conduire de l'électricité. Elle fluctue souvent de façon saisonnière. Lorsque l'eau se réchauffe, la conductivité augmente (annexe 10).

La conductivité est généralement mesurée en microsiemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

- **Les matières en suspension**

Les matières en suspension comprennent toutes les matières minérales ou organiques qui ne solubilisent pas dans l'eau. Elles incluent les argiles, le sable, les limons, les matières organiques et minérales de faible dimension, le plancton et autres micro-organismes de l'eau.

Ces matières affectent la transparence de l'eau et diminuent la pénétration de la lumière et par la suite, la photosynthèse. Elles peuvent également gêner la respiration de la faune aquatique (Annexe 10).

- **L'oxygène dissous**

L'oxygène dissous est un élément fondamental qui intervient dans la majorité des processus biologiques, il se dissout plus facilement dans l'eau plus froide que dans l'eau plus chaude. C'est un paramètre biologique important dans l'évaluation de la qualité de l'eau en raison de son influence sur les organismes vivant dans un plan d'eau.

Un niveau d'oxygène dissous trop élevé ou trop bas peut nuire à la vie aquatique et à la qualité de l'eau. Son unité de mesure est le mg/l (annexe 10).

2. 4. 5. 5. Paramètres de minéralisation

- **Dureté totale (TH)**

La dureté est un caractère naturel lié au lessivage des terrains traversés et correspond à la teneur en calcium et magnésium. (Rodier, 1996) (annexe 10).

Il y a trois grandes classes de dureté :

- TH < 15° F : eau douce.
- TH > 15° F : eau légèrement douce.
- TH > 50° F : eau très dure.

Les normes locales (journal algérien 2011) exigent une concentration maximale admissible de 200mg/l (annexe 6 et 7).

- **Le titre alcalimétrique (TA) et le titre alcalimétrique complet (TAC)**

Le Titre Alcalimétrique (TA) et le Titre Alcalimétrique Complet (TAC) traduisent l'alcalinité d'une eau. La connaissance de ces valeurs est essentielle pour l'étude de l'agressivité de l'eau, puisqu'elles dépendent de l'équilibre calco-carbonique (annexe 10)

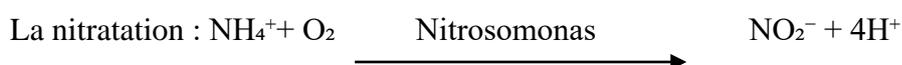
2. 4. 5. 6. Paramètres de pollution

- **L'ammonium**

L'ammonium (NH₄⁺) est la forme non dissociée communément appelée (NH₃). Ces deux formes traduisent un équilibre acido-basique :

En milieu basique, l'ammoniaque est en fait un gaz peu soluble dégagé facilement dans l'atmosphère.

En milieu oxydant, l'ammoniaque se transforme en nitrites puis en nitrates, ce qui induit une consommation d'oxygène (GAUJOUS, 1995) (annexe 10).



- **Les nitrites**

Les nitrites proviennent de la dégradation de la matière organique lors de la minéralisation, et elles ont plusieurs origines.

Elles sont limitées en distribution pour toxicité (0.1 mg/l NO₂) et sont considérées comme indice de pollution (GAUJOUS, 1995) (annexe 10).

- **Les nitrates**

Leurs origines proviennent de la minéralisation de la matière organique, d'engrais azotés des eaux usées (domestique) et station d'épuration, elle se fait par dosage chimique ou par électrode spécifique (GAUJOUS, 1995) (annexe 10).

- **Les phosphates**

Ils sont généralement responsables de l'accélération des phénomènes d'eutrophisation, ils peuvent avoir un effet bénéfique comme les sels nutritifs et ils ne sont pas toxique vis-à-vis des poissons.

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

2. 4. 5. 7. La matière organique

C'est une composante ubiquiste des milieux aquatiques naturelles. Elle est constituée d'un vaste ensemble de composés complexes et hétérogènes (annexe 10).

On distingue deux types d'origines de matières organiques :

- Matière organique d'origine autochtone générée dans le milieu aquatique par l'activité phytoplanctonique et microbienne.
- Matière organique d'origine allochtone provenant des lessivages des sols et de percolation des eaux dans les sols (RODIER, 2009).

L'aluminium et le fer, sont considérés comme des paramètres indésirables, dont la présence est tolérée en faible quantité.

2. 4. 6. Matériels et méthode de l'étude bactériologique

L'analyse bactériologique est aussi 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 aérobiques.

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 (annexe 11)

L'analyse bactériologique a été effectuée au niveau du laboratoire de la station de traitement des eaux du barrage de Taksebt (SEAAL).

2. 4. 6. 1. Recherche 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 *E. coli* et coliformes totaux, SLANETZ et BARTLEY pour les streptocoques).

Après incubation à 37 °C pendant 24 h, on dénombre les colonies des coliformes totaux et coliformes fécaux (*E. Coli*). Le dénombrement des streptocoques se fait après incubation à 37°C pendant 48 h.

Pour effectuer cette étape on a utilisé comme matériels : un bain marie, un bec bunsen, une hotte, des incubateurs, filtres stériles de porosité de 0.45 μm , des pinces, des rampes à filtration graduées et stérilisée à la flamme avant chaque analyse.

Généralement, les bactéries les plus recherchées pour l'étude bactériologique sont les coliformes totaux, les coliformes fécaux (*E. Coli*), les streptocoques, salmonelles, clostridium (en raison de la disponibilité des normes de qualité).

2. 4. 6. 2. Coliformes totaux et coliformes fécaux (*E. Coli*)

Les Coliformes appartiennent à la famille des *Enterobacteriaceae*. Le terme « Coliforme » correspond à des organismes en bâtonnets, non sporogène, Gram-négatifs, aéro-anaérobies facultatif (RODIER, 2005). DELLARAS (2007) rappelle que dans la famille des

entérobactéries, certaines bactéries forment le groupe ancien des coliformes, ayant les propriétés suivantes :

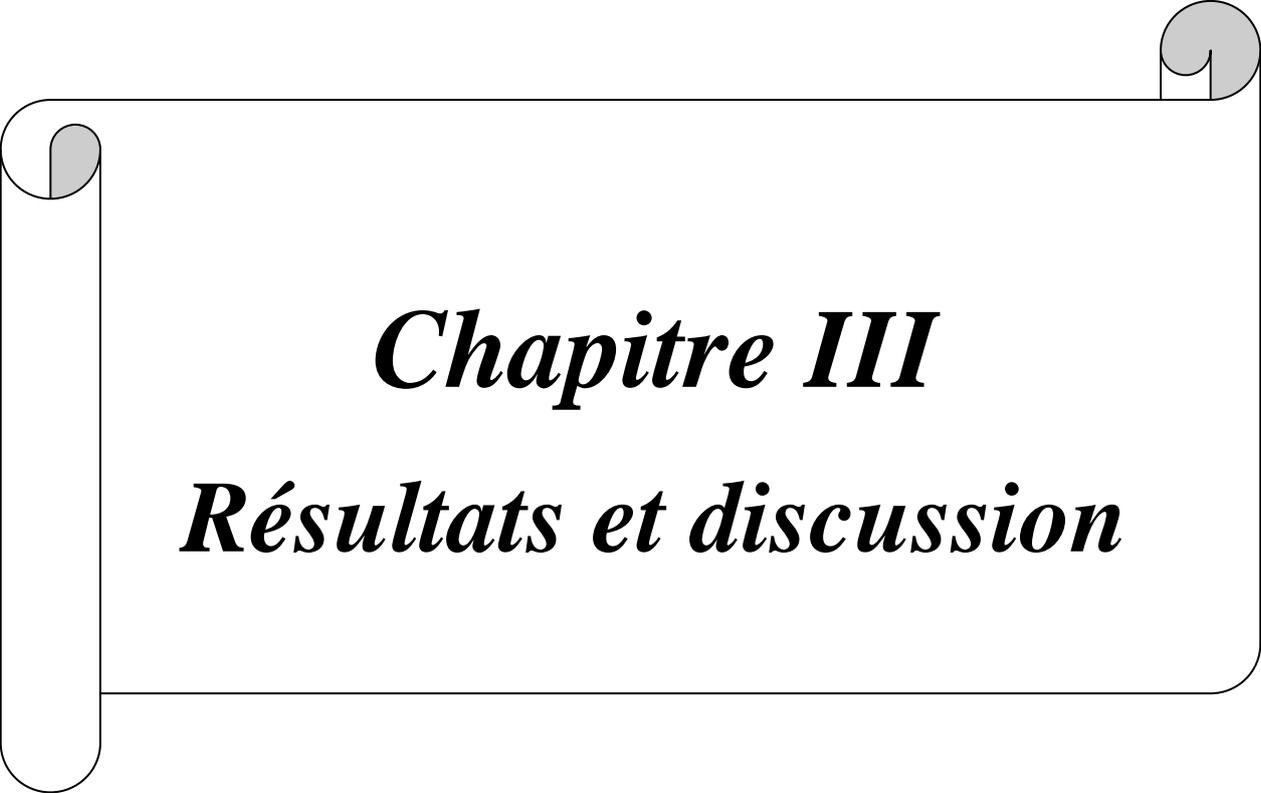
- Ils peuvent se développer en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface

Equivalents (Coliformes totaux) ;

- Ils appartiennent aux genres *Escherichia*, *Nitrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella* et *Salmonella* (Coliformes fécaux).

2. 4. 6. 3. Streptocoque

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



Chapitre III
Résultats et discussion

Ce chapitre constitue l'ensemble des résultats obtenus au niveau du laboratoire des Eaux Continentales à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou (résultats de la faune benthique), et ceux obtenus au niveau du laboratoire de la station de traitement des eaux du barrage de Taksebt SEAAL (physico-chimiques et Bactériologiques) et leur interprétation.

3.1. Analyse globale de la faune benthique

La présente étude faunistique sur la base de données du laboratoire « Écosystème Aquatique Continentaux » de la faculté de l'Université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou a permis de recenser un total de 9774 individus répartis en 10 groupes zoologiques et 40 familles. Les résultats pour chaque station sont présentés sous forme des tableaux (tableau 6 et 7).

L'ensemble de la faune des macro-invertébrés benthiques récoltée a été identifiée jusqu'au genre à l'exception des Vers et Diptères à la suite des difficultés de détermination qu'ils présentent pour nous.

Le groupe le mieux représenté est l'ordre des Diptères, il compte 10 familles viennent ensuite les Coléoptères (7 familles), les Plécoptères (5 familles), les Trichoptères et les Hétéroptères 4 familles chacun et enfin les groupes restants comptent seulement entre 1 et 3 familles.

Tableau 6 : Nombre de taxons par groupe zoologique

Groupes zoologiques	Nombre de taxons	
	Familles	Genres
Vers	2	2
Hydracariens	1	1
Crustacés	2	2
Mollusques	2	2
Ephéméroptères	3	7
Plécoptères	5	6
Trichoptères	4	4
Coléoptères	7	16
Hétéroptères	4	4
Diptères	10	10
Total	40	54

Tableau 7 : Répartition de la faune benthique dans les stations d'étude

Stations	TG1	TG2	AO	AR	AH	A1	Ab	Ab r	Oc	Oc r
Taxons										
Altitude (m)	1100 m	920 m	850 m	1040 m	920 m	930 m				
OLIGOCHETES										
Tubificidae		7			12	8	27	0.27%	3	50%
Sangsues					14	5	19	0.19%	2	33.33%
Total		7			26	13	46	0.47		
MOLLUSQUES										
Ancylidae										
<i>Ancylus</i>		369	125	230	45	18	787	8.04%	5	83.33%
Viviparidae										
<i>Viviparus</i>		3					3	0.03%	1	16.66%
Total		372	125	230	45	18	790	8.07%		
HYDRACARIENS										
<i>Hydracaina</i>	7	6	1570	40			1623	16.59%	4	66.66%
Total	7	6	1570	40			1623	16.59%		
CRUSTACES										
Gammaridae										
<i>Gammarus</i>		744	17			245	1006	10.28%	3	50%
Potamonidae										
<i>Potamon</i>	3					3	6	0.06%	2	33.33%
Total	3	744	17			248	1012	10.34%		
EPHEMEROPTERES										
Beatidae										
<i>Beatis</i>	321	270	885	537	54	35	2102	21.49%	6	100%
<i>Centroptilum</i>					22		22	0.22%	1	16.66%
<i>Alainites</i>	5		18				23	0.23%	2	33.33%
<i>Nigrobeatis</i>	13						13	0.13%	1	16.66%
<i>Acentrella</i>				3	15	11	29	0.29%	3	50%
Leptophlebiidae										
<i>Habrophlebia</i>			17	4			21	0.21%	2	33.33%
Heptageniidae										
<i>Choroterpes</i>			56				56	0.57%	1	16.66%
Total	339	270	976	544	91	46	2266	23.17%		
PLECOPTERE										
Nemouridae										
<i>Protonemura</i>	13		65	3	40	36	157	1.60%	5	83.33%
Leuctridae										
<i>Leuctra</i>					17	21	38	0.38%	2	33.33%
Capnidae										
<i>Capnia</i>			4		16		20	0.20%	2	33.33%
Perlodidae										
<i>Perlodes</i>	6		15	34	19		74	0.75%	4	66.66%
Perlidae										
<i>Perla</i>		19	7				26	0.26%	2	33.33%
<i>Marthamea</i>			3				3	0.03%	1	16.66%

Stations \ Taxons	TG1	TG2	AO	AR	AH	A1	Ab	Ab r	Occ	Occ r
Total	19	19	94	37	92	57	318	3.25%		
HETEROPTERE										
Velidae										
<i>Velia</i>	3			10			13	0.13%	2	33.33%
Gerridae										
<i>Gerris</i>		7		29			36	0.36%	2	33.33%
Naucoridae										
<i>Naucoris</i>				18			18	0.18%	1	16.66%
Mesovellidae										
<i>Mesovelia</i>				5			5	0.05%	1	16.66%
Total	3	7		62			72	0.73%		
COLEOPTERE										
Gyrinidae										
<i>Gyrinus</i>	8		3	52			63	0.64%	3	50%
<i>Aulonogyrus</i>	14						14	0.14%	1	16.66%
<i>Orectochilus</i>	6						6	0.06%	1	16.66%
Staphylinidae										
<i>Staphylinus</i>	9		3			5	17	0.17%	3	50%
Hydraenidae										
<i>Octhebius</i>	152		32	150	6	13	353	3.60%	5	83.33%
<i>Hydraena</i>	4		704	168	3	17	896	9.16%	5	83.33%
<i>Limnebius</i>			4	3			7	0.07%	2	33.33%
Helodidae										
<i>Hydrocyphon</i>				3		7	10	0.10%	2	33.33%
Elmidae										
<i>Limnius</i>	3					32	35	0.35%	2	33.33%
<i>Elmis</i>		10	10			9	29	0.29%	3	50%
<i>Stenelmis</i>						5	5	0.05%	1	16.66%
<i>Oulimnius</i>		3	3			16	22	0.22%	3	50%
<i>Olimnius</i>				3			3	0.03%	1	16.66%
<i>Dupophilus</i>			3				3	0.03%	1	16.66%
Chrysomelidae										
<i>Macrolea</i>	9	3	3	10			25	0.25%	4	66.66%
Helophoridae										
<i>Helophorus</i>	4			14		3	21	0.21%	3	50%
Dytixidae			3				3	0.03%	1	16.66%
<i>Laccophilus</i>				3			3	0.03%	1	16.66%
<i>Dytiscus</i>				3			3	0.03%	1	16.66%
Hygrobiidae										
<i>Hygrobia</i>			17	19			36	0.36%	2	33.33%
Total	209	16	785	428	9	107	1554	15.89%		
TRICHOPTERE										
Hydropsychidae										
<i>Hydropsyche</i>	3		55			18	76	0.76%	3	50%
Ryacophilidae										
<i>Rycophila</i>	3	9	67	7		7	93	0.95%	5	83.33%
Polycentropdidae										

Stations \ Taxons	TG1	TG2	AO	AR	AH	A1	Ab	Ab r	Oc	Oc r
<i>Polycentropus</i>		3					3	0.03%	1	16.66%
Glossosomatidae										
<i>Agapetus</i>						7	7	0.07%	1	16.66%
Total	6	12	122	7		32	179	1.83%		
Diptère										
Simuliidae	913	15	28	25	40	23	1044	10.67%	6	100%
Chironomidae	230	35	40	70	25	13	413	4.22%	6	100%
Psychodidae	20	7	10		11	17	65	0.66%	5	83.33%
Tipulidae	24			13		7	44	0.44%	3	50%
Ceratopogonidae		14		18		8	40	0.4%	3	50%
Empididae	60	13	18	20		5	116	1.18%	5	83.33%
Dixidae		22	25			9	56	0.57%	3	50%
Blephariceridae			32			42	74	0.75%	2	33.33%
Stratiomyidae	12	12	13			3	40	0.4%	4	66.66%
Limoniidae	10			17			27	0.27%	2	33.33%
Total	1269	118	166	163	76	127	1919	19.62%		
Totaux	1855	1571	3855	1511	339	648	9779	100 %		
Richesse taxonomique	26	20	32	29	15	30				

Ab : abondance des taxons **Ab r** : abondance relative par rapport à la faune (%)

Oc : occurrence **Oc r** : occurrence relative (%)

3.2. Abondance de la faune benthique

La station la mieux représentée est la AO avec 3855 individus, elle répond aux exigences pour l'installation d'une faune diversifiée, la nature du substrat, la vitesse du courant, la température et bien d'autres paramètres sont indispensables pour la survie de cette faune (Figure 10).

Pour les autres stations, nous avons distingué une fluctuation de la distribution de la faune et on remarque que la station AH la moins abondante car elle renferme le moins d'espèces. Ceci est dû aux conditions et aux facteurs défavorables pour l'installation et la survie de la faune.

Effectivement les sources étudiées diffèrent l'une de l'autre par rapport à la nature du substrat, la vitesse de l'écoulement, ... etc. Ce qui explique la distribution hétérogène de la faune benthique dans ces stations étudiées.

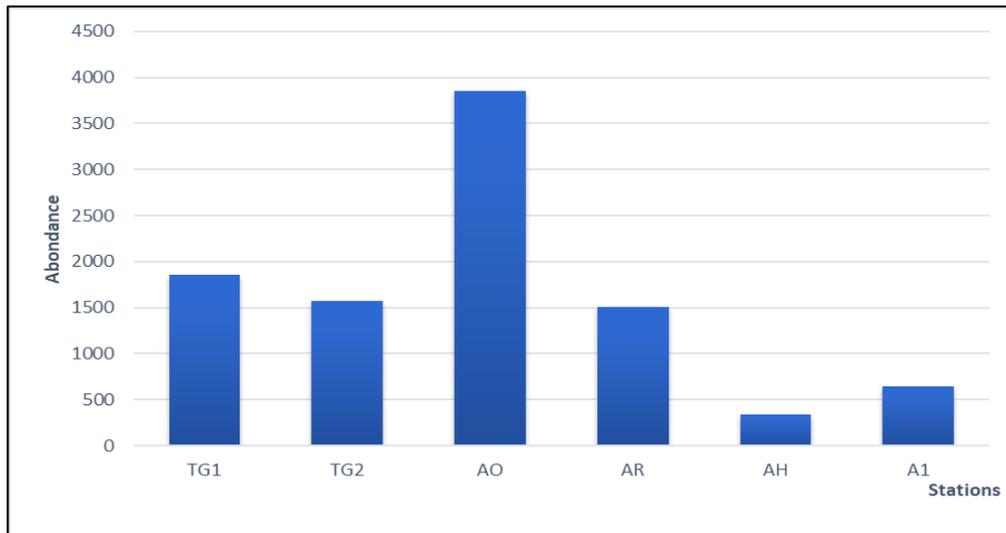


Figure 10 : Abondance de la faune globale dans les stations étudiées.

3.3. Richesse taxonomique

La richesse taxonomique représente le nombre de taxons présent dans un échantillon, elle reflète l'état de santé écologique du milieu.

Selon les résultats obtenus, on conclue que la richesse taxonomique au niveau des stations étudiées est variable selon les conditions de chaque milieu (Figure 11). Elle fluctue entre un minimum de 15 taxons à la station AH et un maximum de 32 taxons à la stations AO.

Les stations les plus diversifiées sont TG1 (26 taxons), AO (32 taxons), A1 (30 taxons) et AR (29 taxons). Les secteurs de ces stations présentent des habitats assez diversifiés, milieux hétérogènes à couvert végétal important et à vitesse du courant rapide à moyenne, facteurs favorables à l'installation d'une faune riche et diversifiée.

Quant aux stations TG2 (20 taxons) et AH (15 taxons) qui présentent une richesse taxonomique moyenne, sont des secteurs à perturbations intermédiaires caractérisés par un substrat riche en matière organique qui a affecté les espèces polluo-sensibles et a induit au développement d'une faune adaptée.

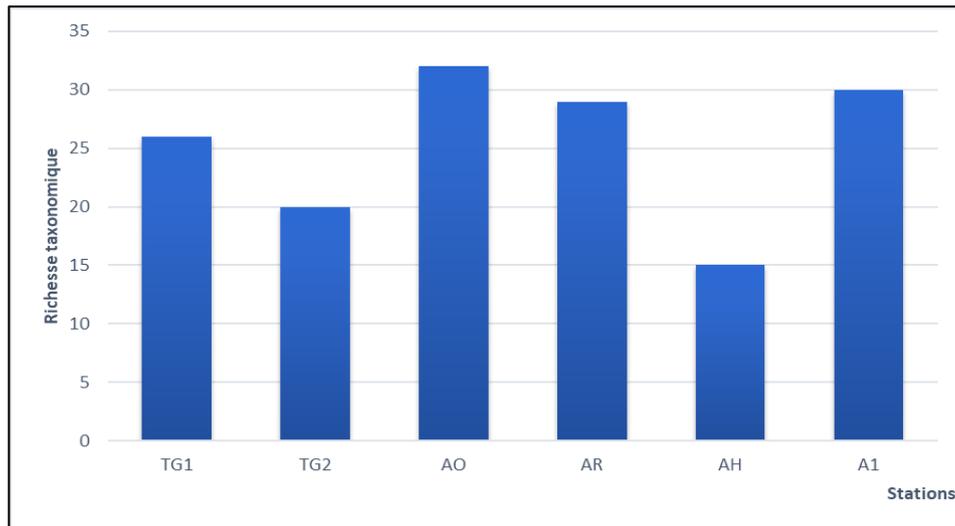


Figure 11 : Richesse taxonomique des stations étudiées.

3.4. Diversité Indice de Shannon _ Equitabilité

L'indice de diversité H' et d'équitabilité E sont élevés lorsque la richesse taxonomique est importante et la répartition des individus entre taxons est équilibrée. Un peuplement moins diversifié avec des taxons dominants se traduit par de faibles valeurs de ces indices.

Les valeurs de H' et E varient respectivement entre un maximum de $H' = 2.47$ et $E = 0.89$ et un minimum de $H' = 1.33$ et $E = 0.44$ notées à la station TG1 (figure 12 et tableau 8).

Les stations TG2, AO, AR, AH et A1 présentent les indices les plus élevés avec un H' compris entre 2.01 et 2.47, et E compris entre 0.60 et 0.89 (figure 12).

Ces stations sont caractérisées par l'hétérogénéité et la stabilité du milieu. Elles présentent un peuplement assez diversifié où plusieurs taxons sont bien représentés.

La station TG1 présente des indices moins élevés avec un H' de 1.33, et E de 0.44, traduisant ainsi une diversité moyenne avec une bonne représentativité de quelques taxons.

Tableau 8 : Indices de diversité H' et d'équitabilité E .

<i>Stations</i> <i>Indices</i>	<i>TG1</i>	<i>TG2</i>	<i>AO</i>	<i>AR</i>	<i>AH</i>	<i>A1</i>
<i>H'</i>	1.33	2.01	2.17	2.30	2.31	2.47
<i>E</i>	0.44	0.60	0.72	0.76	0.89	0.82

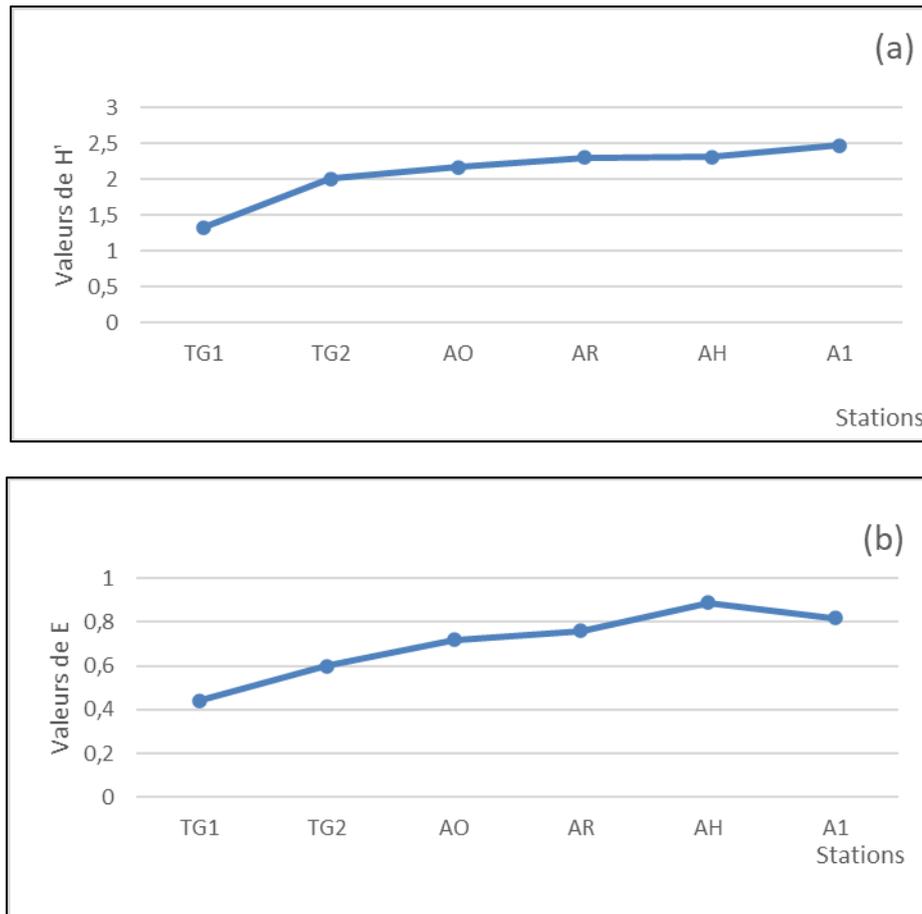


Figure 12 : Evolution des indices de Shannon (a) et d'équitabilité (b) dans les stations étudiées.

3.5. Répartition de la faune

L'effectif du peuplement benthique (Figure 13) montre que les Ephéméroptères et les Diptères sont nettement dominants. Ils représentent respectivement 23.17% (2266 individus), 19.62 % (1919 individus) de la faune totale.

Les Hydracariens, les Coléoptères, les Crustacés, les Mollusques, les Plécoptères occupent respectivement la 3^{ème}, 4^{ème}, 5^{ème}, 6^{ème}, 7^{ème} place par ordre d'abondance numérique. Ils représentent respectivement 16.59 % (1623 individus), 15.89% (1554 individus) 10.34% (1012 individus), 8.07% (790 individus), 3.25% (318 individus),

Les Trichoptères, les Hétéroptères et les Oligochètes sont faiblement représentés avec des pourcentages respectivement de 1.83% (179 individus), 0.73% (72 individus) et 0.47% (46 individus).

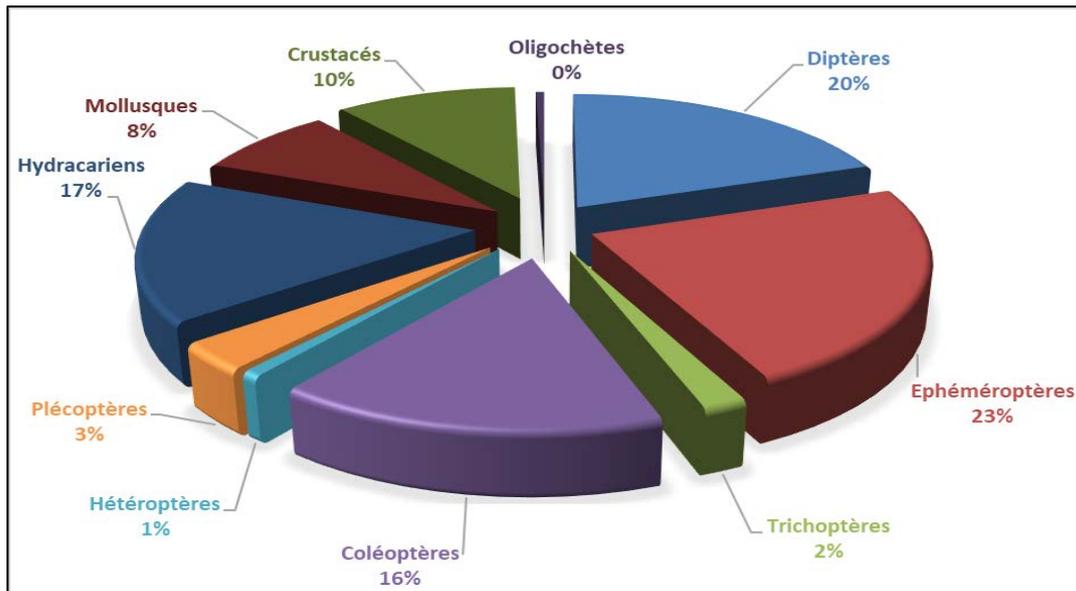


Figure 13 : Répartition de la faune globale dans les stations d'étude.

3.6. Analyse quantitative et qualitative de la faune benthique

3.6.1. Les Ephéméroptères

Les Ephéméroptères forment un groupe diversifié mais d'une importance numérique élevée.

Selon THOMAS (1981), les Ephéméroptères représentent le groupe d'invertébrés aquatiques le plus important quantitativement dans la plupart des cours d'eau et toutes les latitudes. Ils sont thermophiles et à large répartition. Leurs larves sont abondantes dans les eaux courantes. Ils occupent souvent le 1^{er} rang en biomasse des insectes aquatiques.

Les Ephéméroptères colonisent pour la plupart, les habitats les plus diversifiés à courant rapide à moyenne, température relativement élevée. Ils se caractérisent par leur grande valeur bio-indicative vis-à-vis des nuisances subies par les cours d'eau, du fait que ce groupe contient une forte proportion d'espèces ayant des exigences écologiques strictes (BEBBA et *al.*, 2015).

Les Ephéméroptères est l'ordre le mieux représenté dans notre échantillonnage avec 2266 individus et un pourcentage de 23.17% répartis en trois familles : Beatidae, Heptageniidae et Leptophlebiidae (figure 14).

Les Beatidae occupent la première place avec 2189 individus (96.60%) de la faune totale. C'est la famille la plus abondante des Ephéméroptères. Les Leptophlebiidae sont les plus rares : 21 individus (0.92%) représentés par un seul genre : Habrophlebia présente l'exemple typique des espèces remontant vers l'amont fuyant les milieux aval perturbés (AIT MOULOUD, 1988 ; LOUNACI-DAOUDI, 1996 et MEBARKI, 2001).

Les Heptageniidae sont représentés avec 56 individus (2.47%). Selon LOUNACI (2005), ce sont des organismes rhéophiles et polluo-sensibles qui remontent vers les zones d'altitude (les sources) fuyant les températures élevées et les perturbations anthropique ce qui explique la distribution des Ephemeroptères dans nos stations d'étude.

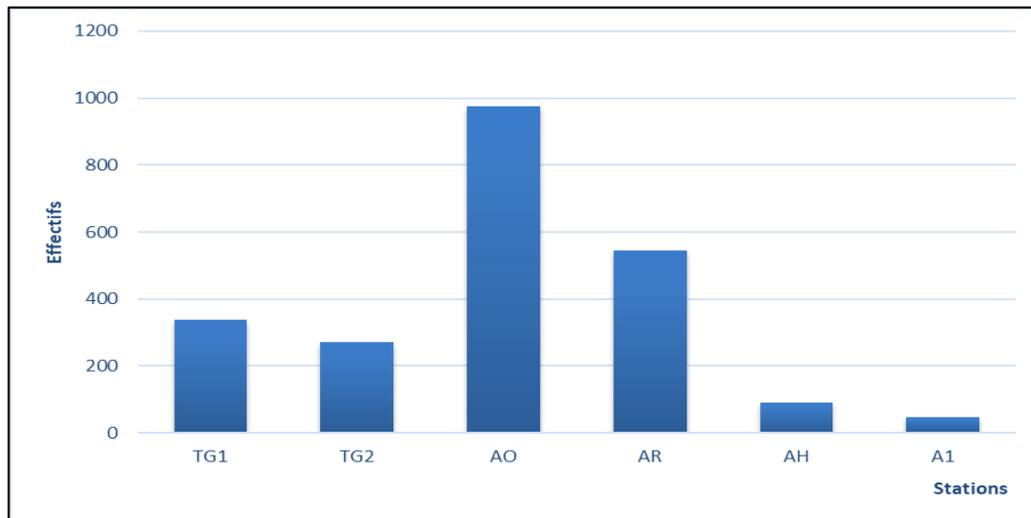


Figure 14 : Répartition des Ephemeroptères dans les stations étudiées.

3.6.2. Les Diptères

C'est le second groupe le plus abondant, numériquement, après celui des Ephemeroptères

Les Diptères sont un groupe d'invertébrés très homogène. Ils se caractérisent par leur diversité tant sur le plan écologique que biogéographique, ces organismes bénéficient non seulement d'une large distribution altitudinale mais aussi d'une grande capacité de colonisation des biotopes les plus divers : sources, rivières, lacs, littoral marin (LOUNACI-DAOUDI, 1996).

Au total, 1919 individus appartenant à 10 familles ont été recensés dans l'ensemble des stations étudiées. Ils représentent 19.62% de la faune totale, répartis de manière abondante et très hétérogène dans les stations (Figure 15).

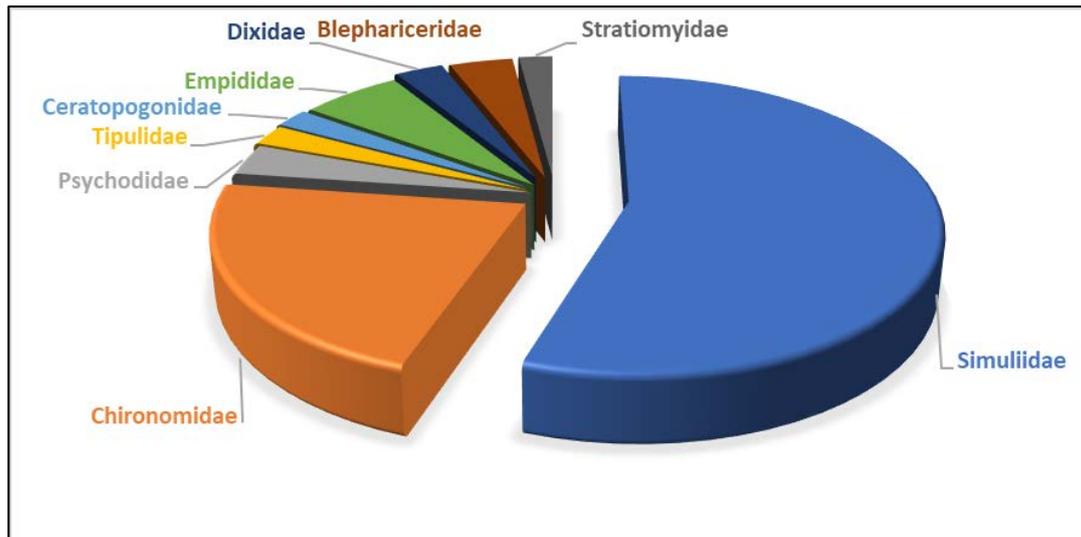


Figure 15 : Répartition des Diptères récoltés.

L'évolution stationnelle des Diptères montre que les Simuliidae (organismes rhéophiles) dominent nettement sur le plan numérique (54.40% soit 1044 individus). Ceci est dû aux températures de l'eau relativement élevées, vitesse du courant rapide et présence de matière organique, facteurs favorables à la prolifération des stades immatures.

Les Chironomidae occupent la seconde place des Diptères, ils constituent 21.52% (413 individus). Ils peuvent être relativement abondants dans les zones d'eaux calmes non polluée et atteindre des proportions considérables dans les milieux riches en matière organique (LOUNACI, 2005).

Les autres familles sont peu abondantes et se répartissent d'une façon inégale.

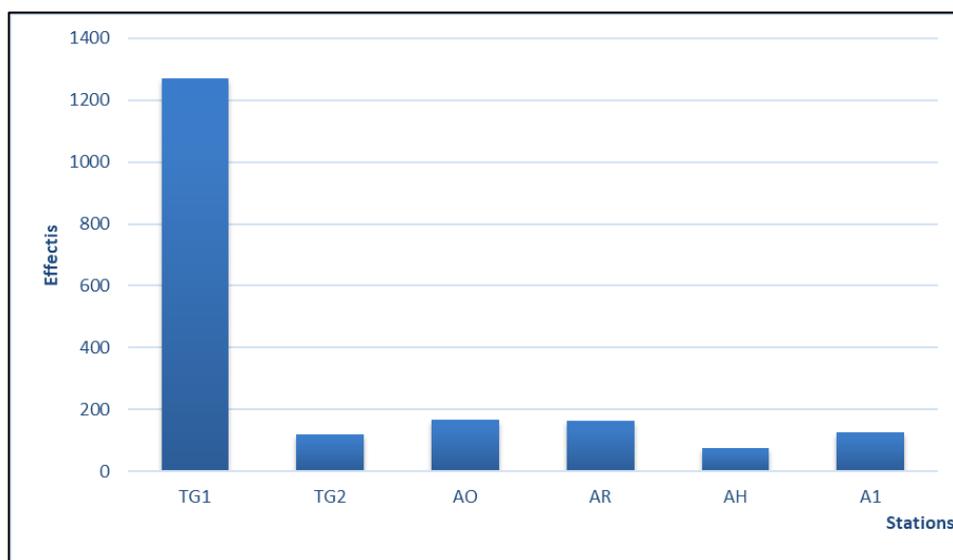


Figure 16 : Répartition des Diptères dans les stations étudiées.

3.6.3. Les Coléoptères

Les Coléoptères sont les seuls insectes holométaboles à se présenter à la fois sous la forme imaginale et larvaire dans les milieux aquatiques. Ils colonisent divers types d'habitats : sources, rivières à eau quasi stagnante et riche en végétation (TACHET *et al.*, 1980).

Dans le présent travail, l'ordre des Coléoptères est bien représenté, il constitue le groupe le plus diversifié avec un total de 16 genres appartenant à 7 familles. Quant à leur importance numérique elle est faible comparée aux Diptères et aux Epheméroptères. Elle représente 15.89% de la faune totale soit 1554 individus (figure 17).

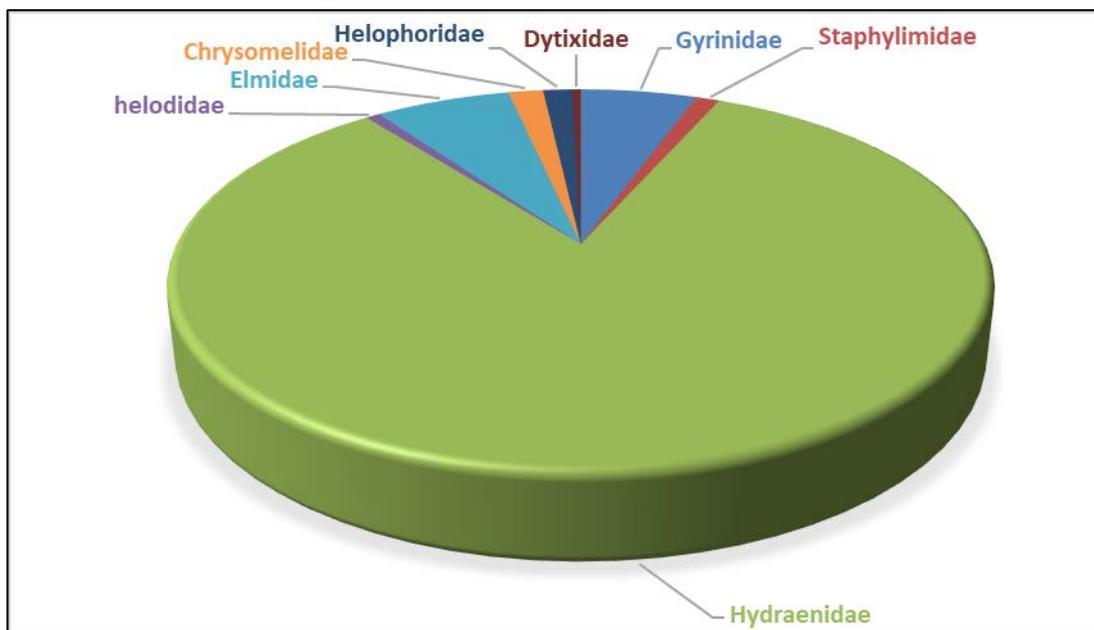


Figure 17 : Répartition des Coléoptères récoltés.

Les Coléoptères récoltés sont représentés par les Hydraenidae (80.82% 1256 individus) répartis en 3 genres puis les Elmidae (6.24% soit 97 individus) répartis en 6 genres. Les Gyrinidae (5.34% soit 83 individus) répartis en 3 genres, les autres familles sont représentées par 1 à 2 genres.

L'abondance la plus élevée est observée dans les stations AO (785 individus) et AR (428 individus). Cette importance numérique peut s'expliquer par le fait que les biotopes de ces stations offrent une grande variété de niches écologiques, hétérogénéité du substrat et de la végétation (figure 18).

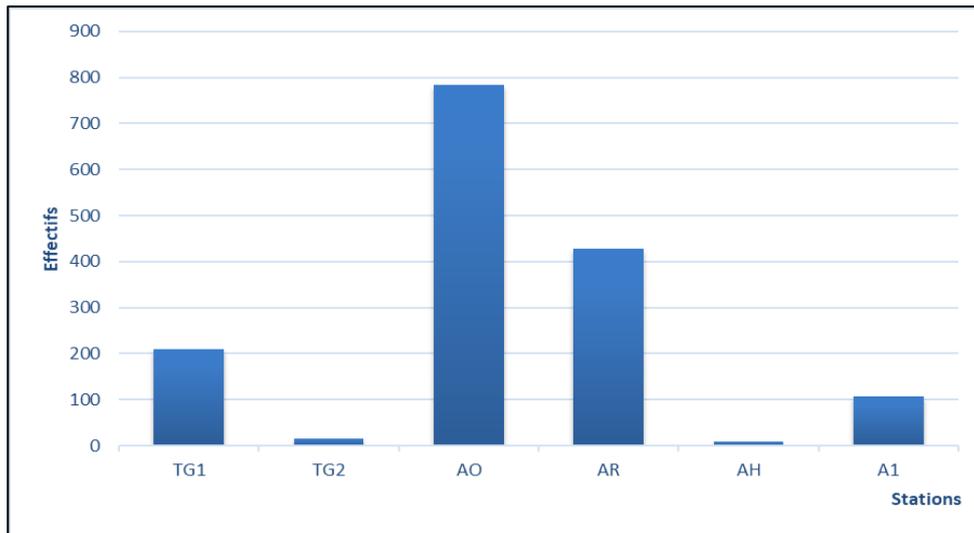


Figure 18 : Répartition des Coléoptères dans les stations étudiées.

3.6.4. Les Plécoptères

La présence des Plécoptères indique une absence de pollution, ils sont connus pour leur polluo-sensibilité aux milieux affectés par quelque perturbation (MEBARKI, 2001). Ils peuplent préférentiellement les milieux d'altitude caractérisés par un substrat à dominance de galets, un courant rapide et une température de l'eau relativement fraîche (YASRI, 2009).

Les Plécoptères sont de très bons indicateurs biologiques de l'état de santé des hydrosystèmes, très utilisés dans les méthodes d'analyse de la qualité des eaux courantes (TUFFERY & VERNEAUX, 1967 ; VERNEAUX *et al.*, 1976 ; VERNEAUX & COLL, 1982 ; ARMITAGE *et al.*, 1983 ; ALBA-TERCEDOR & SANCHEZ-ORTEGA, 1988 ; ALBATERCEDOR, 1995 ; HAWKES, 1979 ; ANGELIER, 2000 ; GENIN *et al.*, 2003).

Les Plécoptères inventoriés dans ce travail sont représentés en faible proportion. La prospection de 6 stations, nous a permis de recenser un total de 318 individus soit 3.25% de la faune totale. Ils sont répartis en 5 familles et 6 genres. La famille des Nemouridae est la mieux représentée avec 157 individus soit 49.37% des Plécoptères récoltés, les Perlodidae avec 74 individus soit 23.27 %. Les autres familles Leuctridae, Perlidae et les Capniidae sont faiblement représentées avec respectivement 38 individus, 29 individus et 20 individus. La présence des Plécoptères dans les hautes altitudes (les sources) affirme que ce groupe d'insectes préfère les cours d'eau froids de montagne avec une concentration élevée en oxygène (CONSIGLIO, 1963 in FERRITO, 1994) (Figure 19).

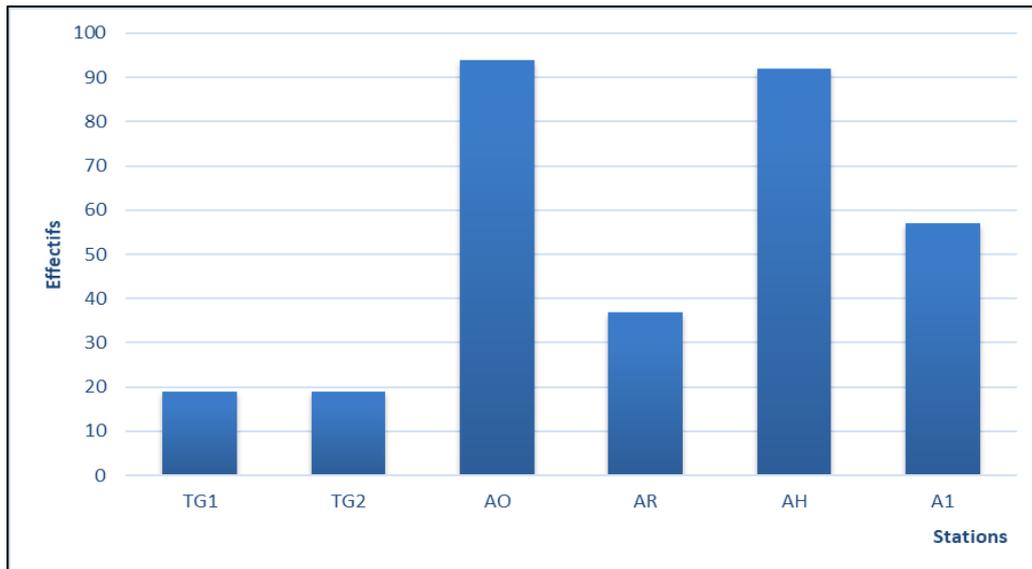


Figure 19 : Répartition des Plécoptères dans les stations étudiées.

3.6.5. Les Trichoptères

Selon GREZIA (2009), les Trichoptères sont considérés comme de bons indicateurs de la qualité des cours d'eau. D'une façon générale, les Trichoptères sont sensibles à la pollution. La famille des Hydropsychidae a cependant une tolérance à la pollution (MOISAN *et al.*, 2006). Ils forment un petit ordre d'insectes très évolué, plus de 1100 espèces sont actuellement connues (GIBON, 2001).

Dans ce travail, on a recensé 179 individus soit 1.80% de la faune totale, répartis-en 4 familles et 4 genres. Les familles des Rhyacophilidae et Hydropsychidae sont très abondantes et assez fréquentes comportent respectivement 93 individus soit 51.95% et 76 individus soit 42.45% des Trichoptères récoltés. Les autres familles sont rares et très faiblement représentées, les Glossosomatidae 7 individus (3.91%) et Polycentropdididae 3 individus (1.67%) (figure 20). La distribution des Trichoptères le long des stations étudiées est caractérisée par un courant moyen à rapide, substrat grossier et un couvert végétal assez dense. Dans les autres stations, peu d'individus sont observés.

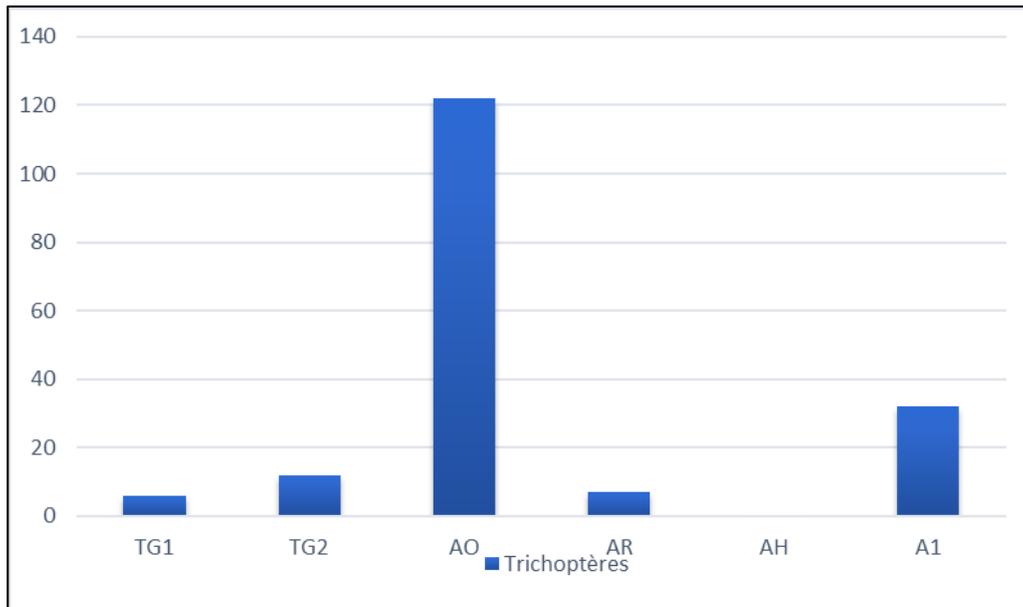


Figure 20 : Répartition des Trichoptères dans les stations étudiées.

3.6.6. Les Héétéoptères

Les Héétéoptères aquatiques sont avant tout des insectes d'eaux quasi stagnantes. En eaux courantes ils colonisent les zones lenticues ou les biotopes abrités du courant (DETHIER, 1985-1986).

Selon POISSON (1957), tout milieu aquatique peut héberger des espèces d'Héétéoptères. Les Héétéoptères se rencontrent le plus souvent aux altitudes élevées et colonisent divers milieux (MEBARKI, 2001). Dans les milieux à eaux fraiches et à courant rapide, les Héétéoptères sont peu abondants et peu fréquents.

Dans ce travail les héétéoptères sont représentés par 4 familles et 4 genres. La plupart des espèces de ce groupe sont observés dans la station AR (1040m d'altitude), 62 individus soit 86.11% de la faune récoltée. Un seul genre rencontré dans la station TG1 (*Velia*) 3 individus, à la station TG2 on a observé le genre (*Gerris*) 7 individus. Dans les autres stations étudiées, absence de ce groupe (figure 21). Ceci est dû aux facteurs qui leur sont défavorables (courant rapide et températures relativement élevées).

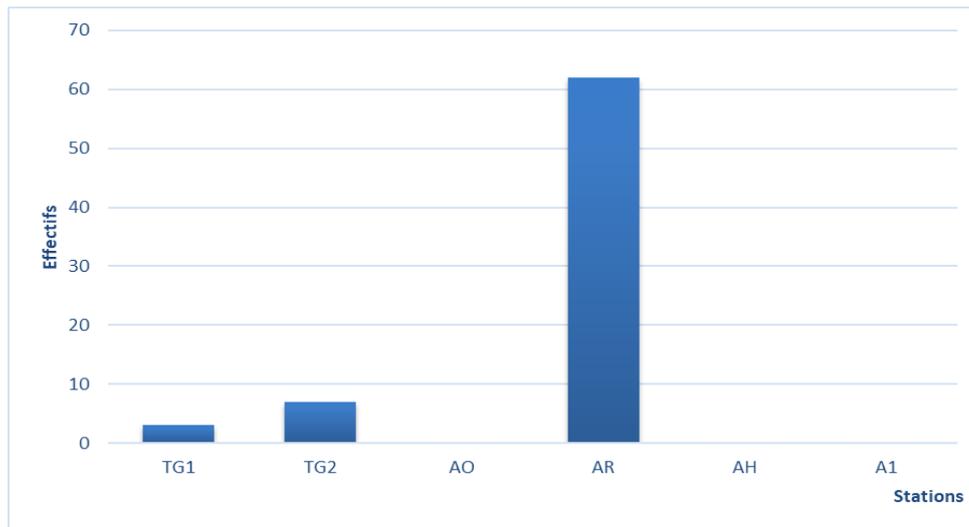


Figure 21 : Répartition des Héétéoptères dans les stations étudiées.

3.6.7. Les Mollusques

Les Mollusques sont rarement abondants en milieu aquatique continental car la teneur en calcium, la nature du substrat et la vitesse du courant sont les facteurs prépondérants sur le développement et la répartition des éléments de ce groupe dans les hydrosystèmes. Ces organismes présentent des degrés variables de susceptibilités aux changements des conditions du milieu (LEGENDRE *et al.*, 1984).

Dans les stations étudiées, nous avons récolté un total de 790 individus (8.07%), de la faune totale. Les mollusques ont été observés dans 5 stations avec 369 individus soit 46.70 % dans TG2, 125 individus soit 15.82% dans AO, 230 individus soit 29.11% dans AR, 45 individus soit 5.69% dans AH et 18 individus soit 2.27 % dans A1 (figure 22). Ces fluctuations sont influencées d'une façon directe par les facteurs qui conditionnent leurs répartitions tels que la nature du substrat, la teneur en calcium (résultats physico-chimiques dans le tableau 14) et enfin la vitesse du courant.

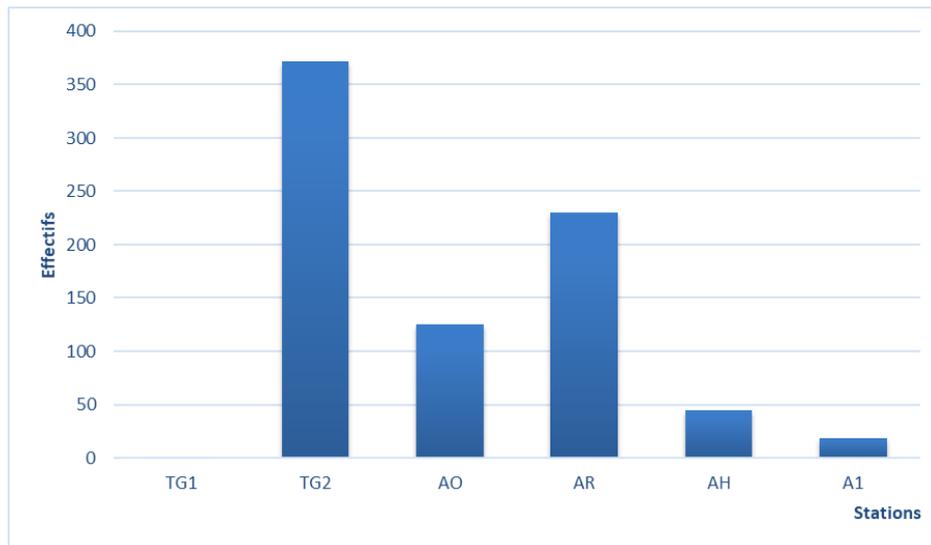


Figure 22 : Répartition des Mollusques dans les stations étudiées.

3.6.8. Les Crustacés

Les crustacés sont représentés par 1012 individus soit 10.23% de la faune totale répartis en 2 familles (Gammaridae et Potamonidae) à dominance des Gammaridae 787 individus soit 99.62% et la rareté des Potamonidae 3 individus soit 0.37%.

Dans les milieux étudiés, les Crustacés montrent une préférence pour les habitats d'altitude à eau fraîche et un substrat grossier (galets, graviers), le cas des stations TG2 et AR.

3.6.9. Les Hydracariens

Les hydracariens sont représentés par 1623 individus, soit 16.59 % de la faune totale. Ils appartiennent à un seul genre *Hydracaina*. Leur développement semble important dans les cours d'eau caractérisés par la richesse en matière organique, ce qui affirme leur abondance dans la station AO.

3.6.10. Les Oligochètes

Les Vers fréquentent tous les types de biotope, depuis les ruisseaux d'altitude jusqu'aux cours d'eau de plaine. Ils ont la particularité d'être de bons bioindicateurs de la qualité des sédiments (VIVIEN, 2011). Cet ordre comprend un grand nombre d'espèces, allant de sensibles à très résistantes.

Dans notre travail, les Tubificidae ont été observés que dans les stations : (TG2 : 7 individus, AH : 12 individus et A1 : 8 individus).

La rareté ou la quasi-absence des vers dans nos échantillons s'expliquent par le fait que cette étude a été effectuée uniquement dans les sources.

les sangues ont été observés dans les stations, AH (14 individus) et A1 (5 individus).

3.7. Calcul de l'IBGN et BMWP'

L'évaluation de la qualité du milieu avec les deux méthodes est fondée sur l'analyse des peuplements de macro-invertébrés benthiques (inféodés au substrat). L'unité taxonomique retenue est la famille.

L'IBGN est établi à partir d'un tableau d'analyse comportant en ligne les classes de variété taxonomique et en colonne les groupes faunistiques indicateurs, classés par ordre décroissant de sensibilité aux pollutions, on détermine donc :

- La variété taxonomique Σt : elle correspond au nombre total de taxons identifiés, quel que soit le nombre d'individus trouvé sur place.
- Le groupe indicateur (GI) : on prospectera les colonnes du tableau de haut en bas (de GI=1 à GI=9), en arrêtant l'examen à la première présence significative d'un taxon répertoire en ordonnée du tableau.

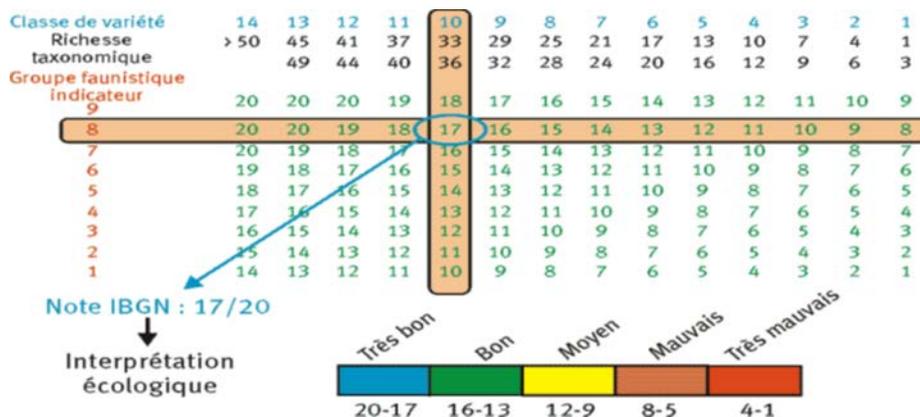


Figure 23 : Classe de variété des valeurs d'IBGN selon la diversité taxonomique

Les valeurs d'IBGN sont comprises entre 1 et 20 selon la diversité taxonomique de la station et de la présence ou l'absence de taxons indicateurs.

L'appréciation globale de la qualité hydrobiologique est estimée à partir de l'examen de la faune des macro-invertébrés benthique. Dans la norme AFNOR (GENIN et al., 2003), elle est définie selon 5 niveaux de couleur (tableau 9).

Tableau 9 : Grille d'appréciation globale de la qualité de l'eau (norme AFNOR T 90-350, 1990)

Valeur de l'IBGN	≥17	16-13	12-9	8-5	≤ 4
Classe de qualité	<i>1A</i>	<i>1B</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>HC</i>
Qualité hydrobiologique	<i>Excellente</i>	<i>Bonne</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Médiocre</i>	<i>Mauvaise</i>
Couleur correspondance	<i>Bleu</i>	<i>Vert</i>	<i>Jaune</i>	<i>Orange</i>	<i>Rouge</i>
Pollution	<i>Absente</i>	<i>Modérée</i>	<i>Nette</i>	<i>Importante</i>	<i>Excessive</i>

La définition des classes de qualité est la suivante :

- Classe 1A (couleur bleu) : indique une eau de qualité excellente (absence de pollution) ;
- Classe 1B (couleur verte) : indique une eau de qualité bonne (pollution modérée) ;
- Classe 2 (couleur jaune) : indique une eau de qualité moyenne (pollution nette) ;
- Classe 3 (couleur orange) : indique une eau de qualité médiocre (pollution importante) ;
- Hors classe (couleur rouge) : indique une mauvaise qualité (pollution excessive).

Pour l'indice BMWP', les familles des macro-invertébrés sont classées en 10 groupes suivant un gradient de tolérance vis-à-vis de la contamination de l'eau

(ARMITAGE et al., 1983), ainsi on attribue à chaque famille un nombre de points qui est ≤ 10 suivant son degré de polluo-sensibilité. Cette ponctualité va nous permettre de comparer le degré de pollution dans les différentes stations d'échantillonnage (Tableau 10).

Tableau 10 : Scores des familles des macro-invertébrés benthique « indice BMWP' »

Famille	Score
E :Siphonuridae, Heptageniidae, Leptophlebiidae, Potamanthidae, Ephemeridae P : Taeniopterygidae, Leuctridae, Capniidae, Chloroperlidae, Perlodidae T : Phryganeidae, Molannidae, Baraeidae, Odontoceridae, Georidae T : Lepidostomatidae, Brachycentridae, Sericotomatidae D : Athericidae, Belephariceridae H : Aphelocheiridae	10
O : Lestidae, Calopterygidae, Gomphidae, Cordulegasteridae, Aeshnidae O : Corduliidae, Libellulidae T : Psychomyiidae, Philopotamidae, Glossosomatidae C :Astacidae	8
E : Ephemerellidae, Prosopistomatidae P : Nemouridae T :Rhyacophilidae, Coenargiidae	7
M : Noteridae, Viviparidae, Ancylidae, Thiaridaem, Unionidae T : Hydroptilidae C : Gammaridae, Atyidae, Corophiidae O :Platyenemididae, Coenagriidae	
E : Oligoneuriidae, Polymitarcyidae	5

C: Dryopidae, Elmidae, Helophoridae, Hydradidae, Hydraenidae, Clambidae T: Hydropsychidae D: Tipulidae, Simuliidae TR: Plananariidae, Dugesidae, Dendrocoelidae	
E: Beatidae, Caenidae C: Haliplidae, Curculionidae, Chrysomelidae D: Tabanidae, Stratiomyidae, Empediadea, Dolichopodidae, Dixidae D: Ceratpogonidae, Anthomyidae, Limpnidae, Psychodidae, Sciomyzidae, Rhagionidae N : Sialidae HR : Pscicolidae A : Hydracaina	4
H : Moeveliidae, Veliidae, Hydrometridae, Gerridae, Nepidae, Neucoridae, Pleidae H : Notonectidae, Corixidae C : Helodidae, Hydrophilidae, Hygobiidae, Dyticidae, Gyrinidae M: Valvatidae, Hydrobiidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae M: Bithyniidae, Bythinellidae, Sphariidae HR: Glossiphoniidae, Hirudidae, Erpobdelide C : Assellidae, Ostracodae	3
D : Chironomidae, Culcidae, Thaumaleidae, Ephydriidae	2
O : Oligochaeta (Toutes Les Familles) D : Syrphidae	1

Après l'identification des macro-invertébrés benthiques jusqu'au niveau famille, on dresse la liste des groupes zoologiques existant dans la station, en cherchant la ponctuation attribuée aux différentes familles, nous allons pouvoir trouver la valeur de BMWP' et ceci en faisant la somme des points correspondant à chacune d'entre elles. Cette valeur va correspondre à une classe de qualité qu'on cherche (tableau 11).

Tableau 11 : Qualité de l'eau en fonction de BMWP'

Classe	Qualité de l'eau	Score	Signification	Couleur
I	Bonne	>150	Eau très propre (primitif) système non pollué et ou pas raisonnablement altéré	Bleu
II	Passable	61-100	Evidence des effets doux de pollution	Vert
III	Douteux	36-60	Eau polluée (système altéré)	Jaune
IV	Critique	16-35	Eau très polluée (système très altéré)	Orange
V	Très critique	<15	Eau fortement polluée (système fortement altéré)	Rouge

La définition des classes de qualité est la suivante :

- Classe I (couleur bleu) : qualité excellente (absence de pollution) ;
- Classe II (couleur vert) : qualité bonne (pollution modéré) ;
- Classe III (couleur jaune) : qualité moyenne (pollution nette) ;

-Classe IV (couleur orange) : qualité médiocre (pollution importante) ;

-Classe V (couleur rouge) : qualité mauvaise (pollution excessive).

3.7.1. Résultats de l'IBGN et de BMWP'

Le tableau 12 et la figure 26 résument les résultats d'analyse hydrobiologique : altitude, diversité taxonomique, groupe indicateur, valeur de l'IBGN et classe de qualité de l'eau. Les résultats des analyses sont obtenus en intégrant deux facteurs déterminants :

- La diversité faunistique traduisant la capacité d'accueil du milieu et les potentialités de la faune à occuper les habitats présents ;
- La nature du groupe indicateur le plus élevé, reflétant plus la qualité de l'eau.

Ainsi, l'appréciation de la qualité hydrobiologique est estimée à partir de l'examen des macro-invertébrés benthiques.

Selon la diversité taxonomique de la station et la présence ou l'absence de taxons indicateurs, on attribue pour chaque station une note de qualité hydrobiologique variante 1 et 20.

Tableau 12 : Qualité hydrobiologique des stations étudiées (IBGN et BMWP')

Stations	TG1	TG2	AO	AR	AH	A1
Alt (m)	1100 m	920m	850m	1040m	920m	930m
Nombre de taxons	26	20	32	29	15	30
Groupe indicateur	9	9	9	9	9	7
IBGN	16	14	17	17	13	15
Classe de qualité	1B	1B	1A	1A	1B	1B
Qualité de l'eau	Bonne	Bonne	Excellente	Excellente	Bonne	Bonne
Couleur						
Pollution	Modérée	Modérée	Absence	Absence	Modérée	Modérée
Classe de qualité	II	II	I	I	IV	I
Qualité de l'eau	Passable	Passable	Bonne	Bonne	Critique	Bonne
Score	93	73	135	115	17	115
Couleur						

Tableau 13 : Comparaison entre les résultats des deux indices étudiés.

<i>Stations</i>	<i>IBGN</i>	<i>BMWP'</i>
<i>TG1</i>	Diversité taxonomique : 26 Groupe indicateur : 9 Valeur d'IBGN : 16 Classe de qualité : 1B Qualité hydrobiologique : bonne Couleur : vert	Diversité taxonomique : 26 Score : 93 Classe de qualité : II Qualité de l'eau : Passable Couleur : vert Signification : évidence des effets doux de pollution
<i>TG2</i>	Diversité taxonomique : 20 Groupe indicateur : 9 Valeur d'IBGN : 14 Classe de qualité : 1B Qualité hydrobiologique : bonne Couleur : vert	Diversité taxonomique : 20 Score : 73 Classe de qualité : II Qualité de l'eau : passable Couleur : vert Signification : évidence des effets doux de pollution
<i>AO</i>	Diversité taxonomique : 32 Groupe indicateur : 9 Valeur d'IBGN : 17 Classe de qualité : 1A Qualité hydrobiologique : excellente Couleur : bleu	Diversité taxonomique : 32 Score : 135 Classe de qualité : I Qualité de l'eau : Bonne Couleur : bleu Signification : une eau très propre système non pollué et ou pas raisonnablement altéré
<i>AR</i>	Diversité taxonomique : 29 Groupe indicateur : 9 Valeur d'IBGN : 17 Classe de qualité : 1A Qualité hydrobiologique : excellente Couleur : bleu	Diversité taxonomique : 29 Score : 115 Classe de qualité : I Qualité de l'eau : Bonne Couleur : Bleu Signification : une eau très propre système non pollué et ou pas raisonnablement altéré
<i>AH</i>	Diversité taxonomique : 15 Groupe indicateur : 9 Valeur d'IBGN : 13 Classe de qualité : 1B Qualité hydrobiologique : bonne Couleur : vert	Diversité taxonomique : 15 Score : 17 Classe de qualité : IV Qualité de l'eau : critique Couleur : orange Signification : une eau très polluée système très altéré
<i>AI</i>	Diversité taxonomique : 30 Groupe indicateur : 7 Valeur d'IBGN : 15 Classe de qualité : 1B Qualité hydrobiologique : bonne Couleur : vert	Diversité taxonomique : 30 Score : 115 Classe de qualité : I Qualité de l'eau : Bonne Couleur : Bleu Signification : une eau très propre système non pollué et ou pas raisonnablement altéré

A la lecture du tableau 13, nous constatons que :

Les stations AO et AR présentent une excellente qualité hydrobiologique (valeur IBGN = 17, classe = 1A) ayant une importante variété faunistique (29 à 32 taxa) et un groupe indicateur élevé (GI= 9), indiquant la qualité de l'eau et du milieu sont excellentes : absence de pollution.

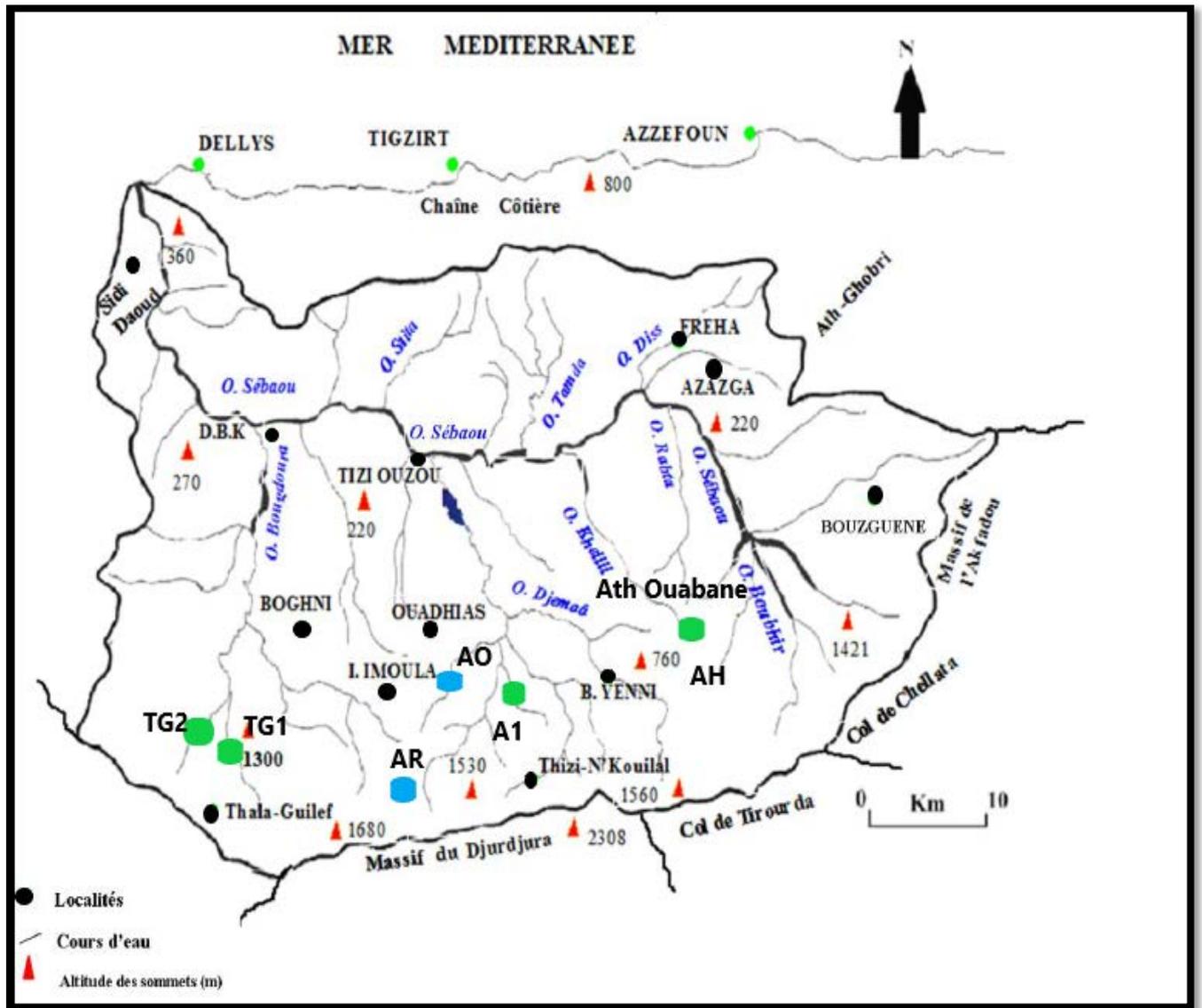
Les peuplements sont très diversifiés, avec des familles de différents ordres caractérisant l'ensemble des milieux et occupant de façon optimale les micro-habitats. Plusieurs familles appartenant à des groupes indicateurs élevés (GI = 9) considérés comme sensibles à la qualité du milieu ont été dénombrées, confirmant ainsi une excellente qualité hydrobiologique pour ces stations.

Pour les autres stations, on marque une qualité hydrobiologique bonne, une classe de qualité 1B (valeur d'IBGN = 16 pour les stations TG1 et A1 ; IBGN = 13 pour les stations TG2 et AH) avec une variété faunistique moyenne (entre 15 et 29).

Les résultats basés sur la méthode BMWP' montrent que : dans les stations AO, AR et A1 la qualité de l'eau est bonne (BMWP' oscille entre 115 et 135), classe de qualité I, avec une variété faunistique entre 29 et 30 confirmants que ces zones présentent un système propre non pollué. Par rapport aux stations TG1 et TG2 la qualité de l'eau est considérée comme une qualité passable BMWP' est respectivement de 93 et 73, classe de qualité II, avec une variété faunistique entre 20 et 26, ce qui explique que ces deux stations sont relativement touchées par une légère pollution

Quant à la station AH la qualité de l'eau est critique (BMWP'= 17), classe de qualité IV ceci signifie que cette eau est très polluée, un système altéré et une faible variété faunistique (15 taxons). Cette qualité est liée à la présence d'un peuplement déséquilibré composé principalement de taxons indiquant un milieu altéré cela est probablement liée à la période d'étude qui a été faite très tardivement par rapport aux autres stations (fin d'aout).

Cette période est caractérisée par de basses eaux. Les résultats obtenus se résument sur les figures 24 et 25.



Excellente

Bonne

Figure 24 : la qualité hydrobiologique des sources étudiées (Méthode IBGN).

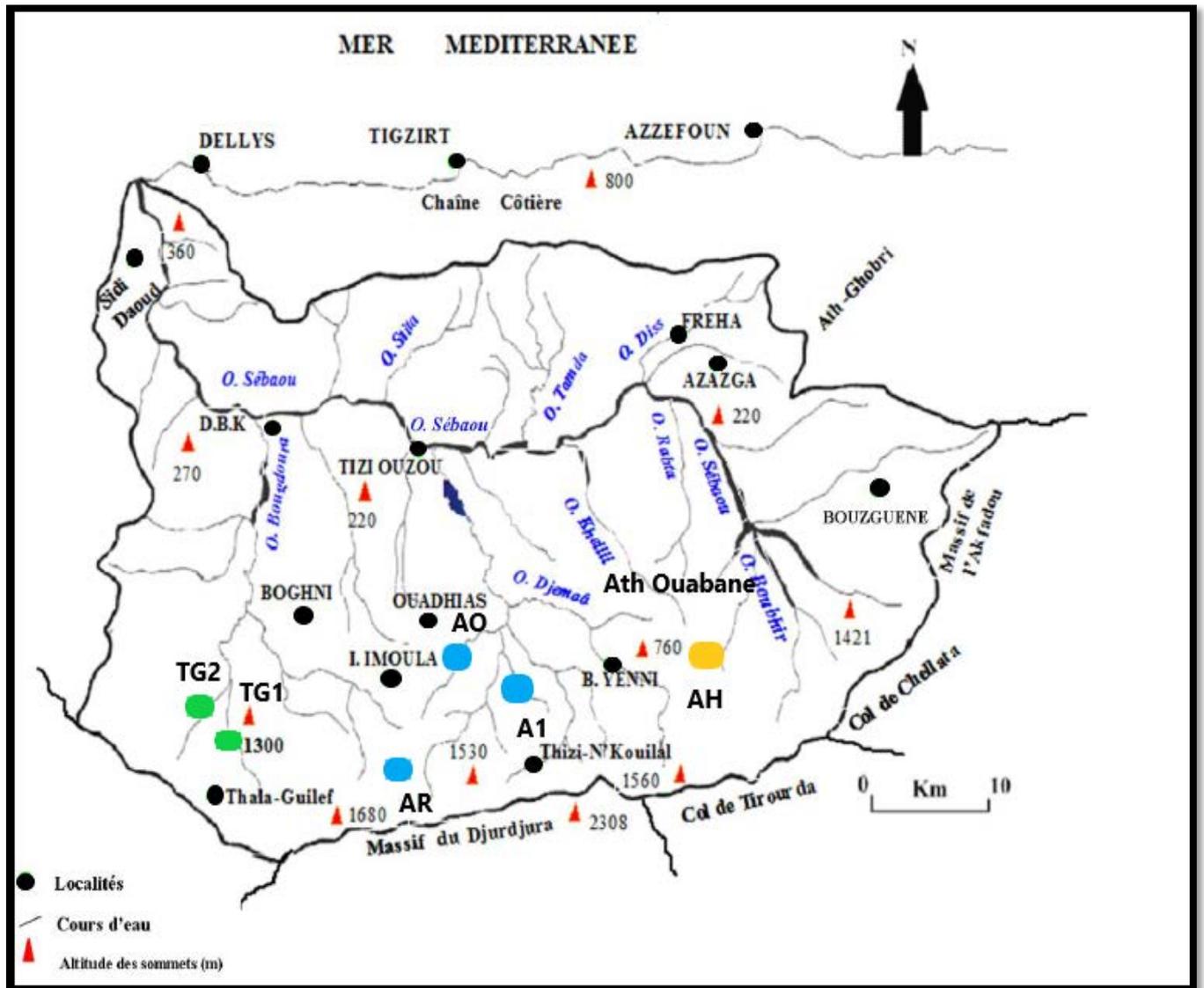


Figure 25 : la qualité hydrobiologique des sources étudiées (Méthode BMWP').

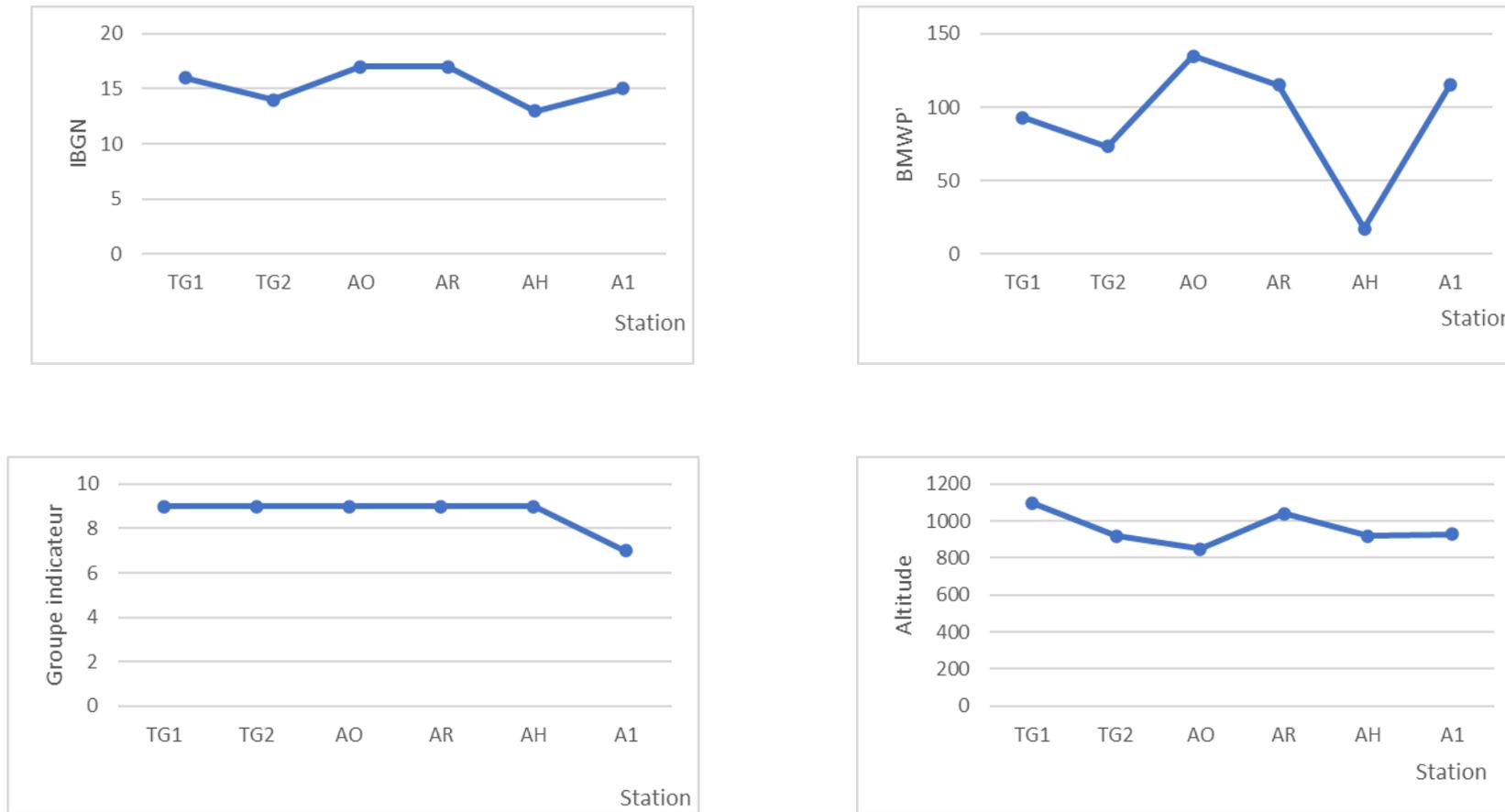


Figure 26 : Analyse hydrobiologique des stations étudiées.

3.8. Résultats des analyses physico-chimiques

Les résultats de l'analyse physico-chimiques de nos échantillons sont établis sur le tableau 14 notons que ces analyses ont été effectuées du 1 juin au 21 août 2022 au niveau du laboratoire de SEAAL de Tizi-Ouzou. Le tableau des critères des eaux superficielles et souterraines est porté sur l'annexe (6 et 7).

Les résultats des analyses physico-chimiques sont résumés sur le tableau 14. Pour la station TG2, nous avons effectués deux points de prélèvements destinés à l'analyse physico-chimiques et bactériologiques. D'après les citoyens elles sont probablement différentes sur leur composition physico-chimique.

Tableau 14 : Résultats des analyses physico-chimiques des 6 stations étudiées.

Stations	TG1	TG2	TG2'	AO	AR	AH	A1
Paramètres							
O ² (mg/l)	10.2	9.84	9.30	8.74	8.86	6.69	8.23
Conductivité (µs/cm)	447	1617	412	262	272	788	289
Température (°C)	16.9	17.3	17.8	18.4	18	12.3	13.1
Ph	8.14	8.04	8.31	8.01	7.80	6.99	8.07
Turbidité (NTU)	0.41	0.42	0.75	1	0.30	0.45	0.76
La couleur	3	5	7	3	0	2	4
NO ²⁻ (mg/l)	0	0	0.003	0.004	0	0	0
UV	0.015	0.001	0.012	0.014	0.007	0.004	0.007
NH ₄ ⁺ (mg/l)	0	0	0	0	0	0	0
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	0.04	0.09	0.07	0	0		
NO ₃ ⁻ (mg/l)	0.04	0.03	0.17	0.12	0.27		
Fe ²⁺ (mg/l)	0.03	0.04	0.04	0.04	0.06		
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	3	70	8	3	15		
AL ³⁺ (mg/l)	0.002	0.017	0.042	0.093	0.039		
TA (mg/l)	4	4	6	5	0	0	10
TAC (mg/l)	126	67	99	70	67	255	113
TH (mg/l)	186	106	62	90	82	366	158
Ca ²⁺ (mg/l)	64.8	60	56	25.6	24	112	52
Mg ²⁺ (mg/l)	5.83	13.61	15.074	6.31	5.34	254	106
Cl ⁻ (mg/l)	2.2	60.8	5.5	0.99	9.92	72.45	34.74
HCO ₃ ⁻ (mg/l)	153.72	81.74	120.75	85.4	81.74	311.1	137.86
CO ₃ ⁻ (mg/l)	2.4	2.4	3.6	3	0	0	6
RS (mg/l)	242	926	278	150	150	0	0
MES (mg/l)	1	1	0	0	0	0	0
MO (mg/l)	0.16	1.51	0.33	1.85	3.62	1.6	2.18

Concernant les paramètres manquant dans le tableau ci-dessous pour les deux stations AH et A1 est due à la panne de l'appareil spectrophotomètre au niveau du laboratoire de SEAAL.

3.8.1. Paramètres Physico-chimiques

Pour les stations (TG1, TG2, TG2', AO, AH et A1), la présence de la couleur est dû à la présence des particules en suspension dans les terrains traversés.

L'absence de couleur au niveau de la station AR indique que cette source est une eau saine et de bonne qualité.

- Pas d'odeur marquée dans les stations étudiées.

3.8.1.2. Température, pH

Lors de l'analyse des échantillons prélevés au niveau des stations d'étude, nous avons remarqué une variation des différents paramètres étudiés (conductivité, température, pH... Etc.).

D'après le tableau 14, on constate que les échantillons prélevés sont caractérisés par des températures inférieures à 20 °C.

Le pH d'une eau naturelle dépend de la nature des terrains traversés. Des eaux issues de régions calcaires qui auront un pH plutôt basique qui varie entre 6.99 et 8.31 (figure 27).

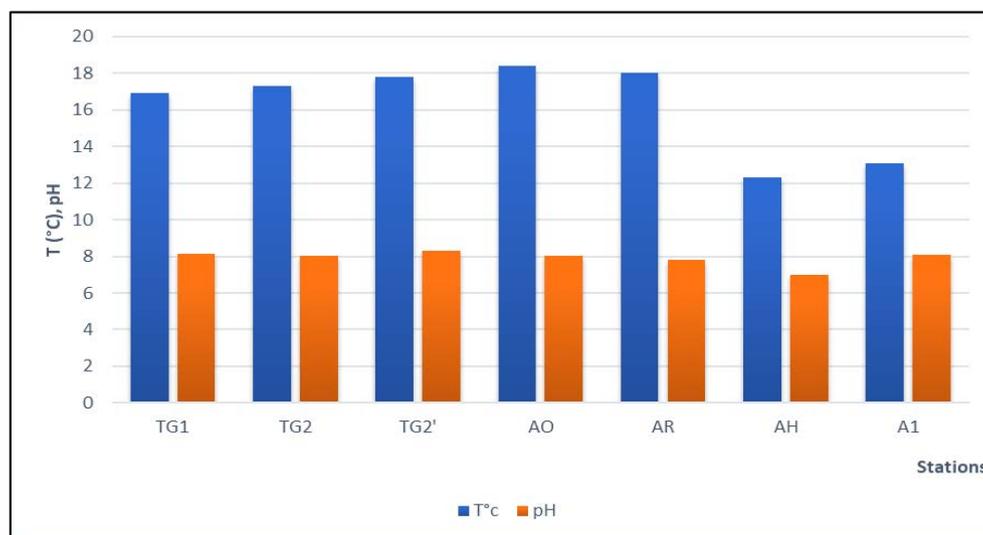


Figure 27 : Variations de la température et le pH dans les 6 stations étudiées.

3.1.2.2. La conductivité

Les valeurs de la conductivité enregistrées au niveau des stations étudiées oscillent entre 262 et 1617 $\mu\text{s}/\text{cm}$. TG1, TG2', AO, AR et A1 sont des eaux moyennement minéralisées.

Quant aux stations TG2 et AH s'avèrent hautement salinisées ceci est dû à la forte présence des sels minéraux et la nature des terrains traversés (figure 28)

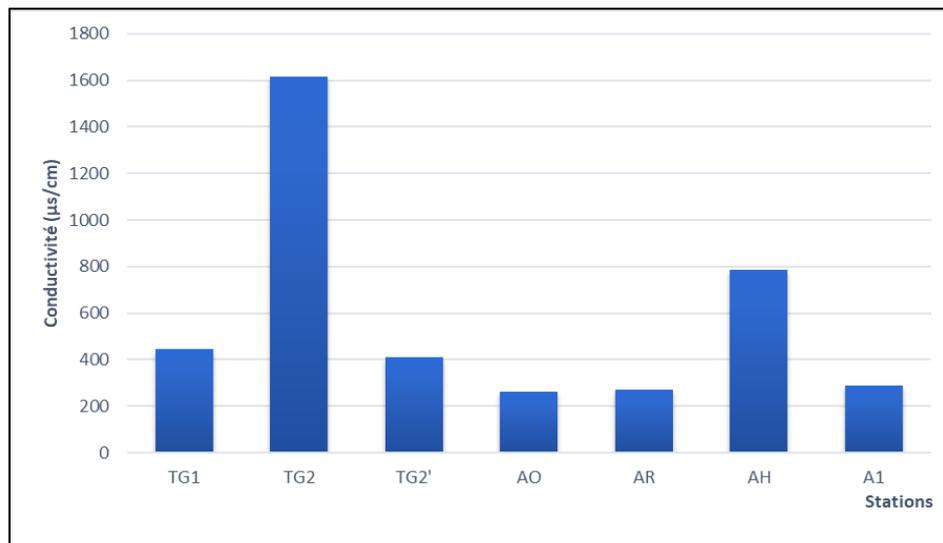


Figure 28 : Variations de la conductivité enregistrées au niveau des 6 stations étudiées.

3.8.1.1. L'oxygène dissous et UV

Selon le tableau 14 et l'annexe 6, les valeurs de l'oxygène dissous qui varient entre 6.69 et 10.2 montrent que ces stations sont bien oxygénées, ce paramètre favorise la croissance des micro-organismes qui dégradent la matière organique en consommant de l'oxygène. Il participe à la majorité des processus chimiques et biologiques en milieux aquatique. L'augmentation de l'oxygène dans l'eau peut entraîner une altération organoleptique (figure 29).

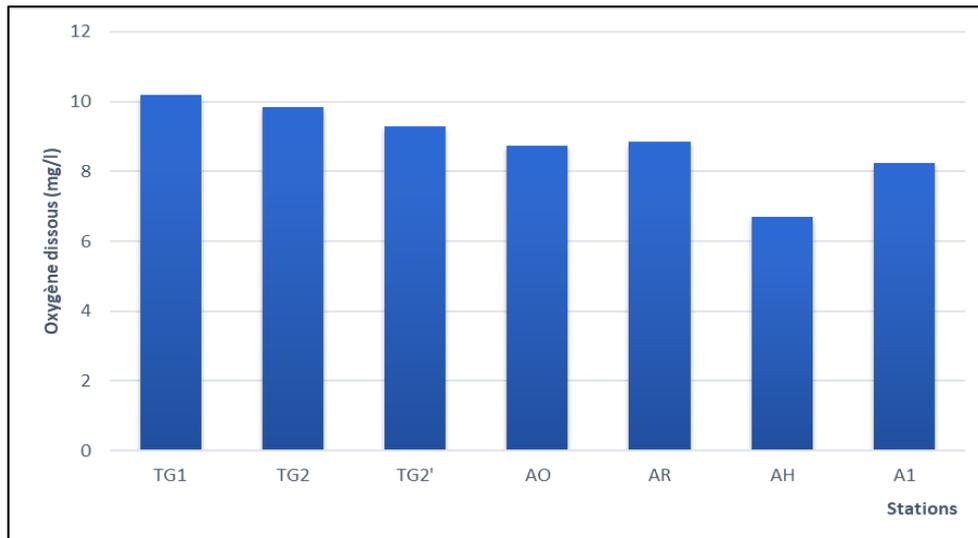


Figure 29 : Variations de l'oxygène dissous dans les 6 stations étudiées.

- L'UV est la capacité de l'eau à absorber les ultraviolets, ces faibles valeurs qui varient entre 0.001 et 0.015 peuvent être interprétées par l'élimination des matières qui absorbent l'UV.

3.8.1.1. Turbidité

La turbidité est due à la présence des matières en suspension dans l'eau, d'argiles de limons, ... etc. (RODIER, 1984).

Les sources étudiées sont des eaux claires. Selon le tableau 14 les valeurs de la turbidité pour les 6 stations (0.30 et 1 NTU) peuvent traduire la faible concentration de MES, ce qui favorise la pénétration de la lumière et de l'oxygène au niveau des eaux de ces stations et donc une possibilité de la vie aquatique.

3.8.2. Paramètres relatifs à la pollution

Les valeurs des différents paramètres étudiés varient d'une station à une autre.

L'absence de l'ammonium (NH_4^+) dans nos stations d'étude résulte du fait que la pollution est pratiquement nulle.

La présence des éléments (NO_3^- et NO_2^-) en faible teneur dans les stations étudiées affirme que le processus d'autoépuration a déjà joué son rôle (tableau 14).

Le PO_4^{3-} exerce une influence sur le développement des algues. Les résultats trouvés au niveau des stations étudiées montrent une présence de cet élément sous forme de traces de 0 à 0.09 ce qui explique l'absence du phénomène d'eutrophisation.

3.8.3. Paramètres indésirables (Fer et Aluminium)

Le Fer est un élément assez abondant dans les roches. Le Fer dissous précipite au milieu oxydant, sa présence dans l'eau peut favoriser la prolifération de certaines souches de bactéries qui précipitent le Fer (BELGHITI *et al*, 2013).

Les résultats obtenus au niveau de nos sources sont conformes aux normes prescrites (0.3 mg/l Fe^{2+} et 0.2 mg/l Al^{3+}), Leur présence est sous forme des traces explique l'absence de pollution, les milieux ne sont pas altérés.

La figure 30 montre que les valeurs des sulfates varient d'une station à une autre, on a enregistré le pic au niveau de la station TG2 (70 mg/l) cette valeur provient probablement de la présence de la matière fécale, le cas de la station AR mais en faible teneur (15mg/l)

Pour les autres stations, TG1, TG2' et AO la faible teneur en sulfates explique l'absence de cette altération fécale mais les valeurs obtenues restent inférieures à la concentration maximale admissible décrétée par le journal Algérien 400 mg/l (annexe 6).

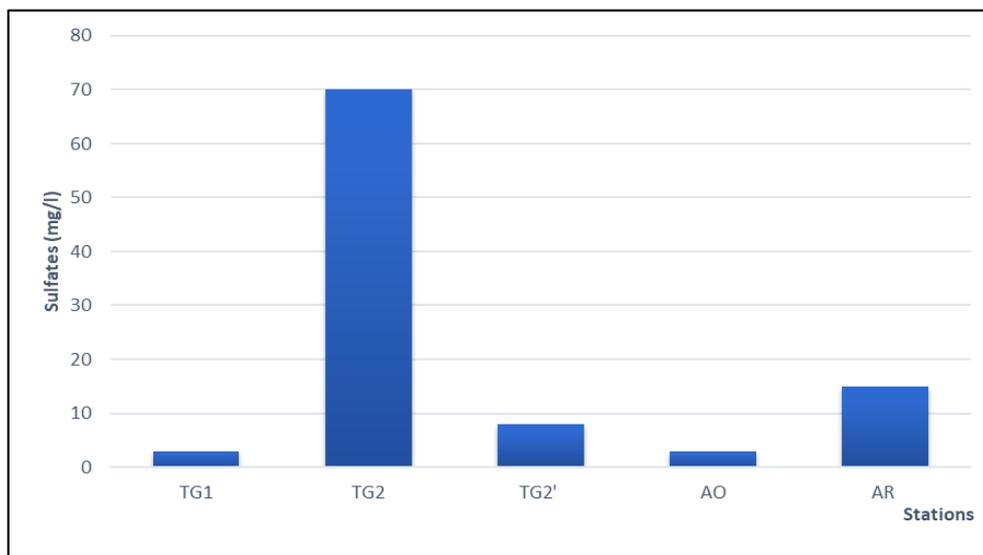


Figure 30 : Variations des sulfates au niveau des stations étudiées.

3.8.4. Paramètres de minéralisation globale

La dureté de l'eau est un indicateur du niveau de calcaire dans l'eau notamment le calcium et le magnésium. Elle dépend de la structure géologique des sols traversés (AMADOU *et al.*, 2014).

La figure 31 montre les variations du TH, TAC et TA dans les stations étudiées. Les variations du TH diffèrent d'une station à une autre, oscillent entre 70 et 366 mg/l, on marque la plus grande valeur dans la station AH par rapport à la forte teneur de cette source en calcium (112mg/l) et magnésium (254 mg/l), une eau légèrement douce et donc une bonne minéralisation (chemin traversé et la nature de la roche (calcique)).

Pour les autres stations les valeurs de la dureté (TH) oscillent entre 62 et 186 mg/l ce qui montre que cette eau est légèrement douce ainsi que les teneurs en calcium et magnésium sont respectivement comprises entre (24 et 64.8, 5.34 et 106). Ces résultats affirment la bonne minéralisation de ces sources par rapport au chemin traversé.

Concernant le TA et le TAC, la figure 31 montre des variations d'une station à une autre. D'après les analyses de l'eau effectuées au laboratoire de la SEAAL, nous avons $TH > TAC$, ceci donne une eau dure et carbonatée. La connaissance de ces valeurs est essentielle pour l'étude de l'agressivité de l'eau, puisqu'elles dépendent de l'équilibre calco-carbonique (annexe 7).

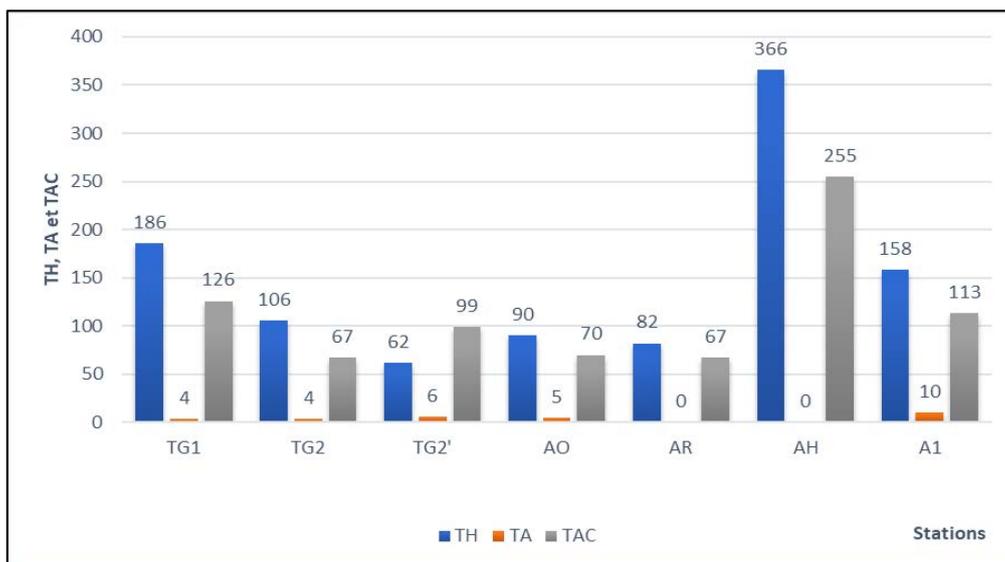


Figure 31 : Variations de la dureté TH, TA et TAC dans les stations d'étude.

3.8.4.1. Les chlorures

La concentration des chlorures dans l'eau dépend des terrains traversés. Les eaux trop riches en chlorures sont laxatives et corrosives (BELGHITI et *al.*, 2013)

Les teneurs en chlorure enregistrés dans les stations étudiées (tableau 14), oscillent entre 0.99 et 72.45 mg/l. Elles restent conformes aux normes du journal algérien 2011(400 mg/l), les résultats obtenus sont dus à la nature des terrains traversés mais ne montrent aucun effet néfaste mise à part le goût désagréable.

3.8.4.2. HCO₃⁻

Aux pH des eaux naturelles (entre 7 et 8) les carbonates sont sous formes de HCO₃⁻ principalement avec des traces acides carbonique et d'ions carbonates. Le dosage des carbonates totaux peut être réalisé très simplement par la détermination de l'alcalinité et plus précisément des titres TA et TAC, la concentration des ions des carbonates est proportionnelle au pH. Les résultats varient de 81.74 à 311.1 mg/l (tableau 14).

La plus grande valeur est enregistrée dans la station AH avec un pH de 6.99. cette augmentation peut être s'expliquer par la régularité du pH par les ions de bicarbonate (d'acide à basique).

3.8.5. Résidu sec

Selon Rodier (2009), la détermination du résidu de l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension non volatiles. Elle permet aussi d'évaluer la minéralisation d'une eau mais d'une façon différente.

La figure 32 montre que les concentrations en résidu sec au niveau des 6 stations étudiées varient de 0 à 926 mg/l. d'après les résultats obtenus au niveau des stations TG1, TG2', AO et AR, on conclue que ces sources ont une eau faiblement minéralisée.

L'eau des stations AH et A1 est très faiblement minéralisée (0 mg/l). concernant la station TG2 les fortes teneurs en résidus sec explique que c'est une eau moyennement minéralisée (926 mg/l), cependant nos sources sont au-dessous de la norme recommandée < 1500 mg/l.

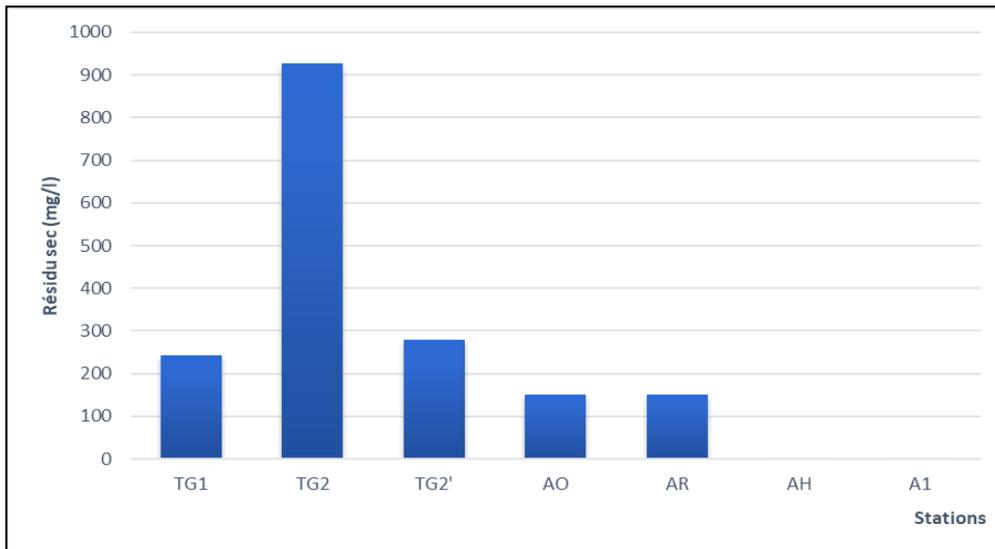


Figure 32 : Variations des résidus sec dans les stations étudiées.

3.8.6. Les matières en suspension

La teneur et la composition minérale et organique des matières en suspension dans les eaux sont très variables selon les cours d'eau (sable, particules organiques, plancton, ... Etc.) ; ils sont en fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, des travaux des rejets, ... etc. (RODIER, 2009).

Les valeurs de MES trouvées au niveau des sources étudiées est comprises entre 0 et 1 mg/l (tableau 14), ce qui explique une eau claire et propre (bonne pénétration de la lumière).

3.8.7. La matière organique

Les teneurs enregistrées en matières organiques dans l'eau pourraient surtout provenir d'une pollution naturelle (végétation en décomposition), et très peu une pollution d'origine exogène (rejets urbains et pratiques agricoles) (HARRAT, 2013).

Les résultats obtenus au niveau des stations d'étude varient de 0.16 mg/l à 3.62 mg/l (figure 33). Ces faibles valeurs expliquent la clarification de l'eau.

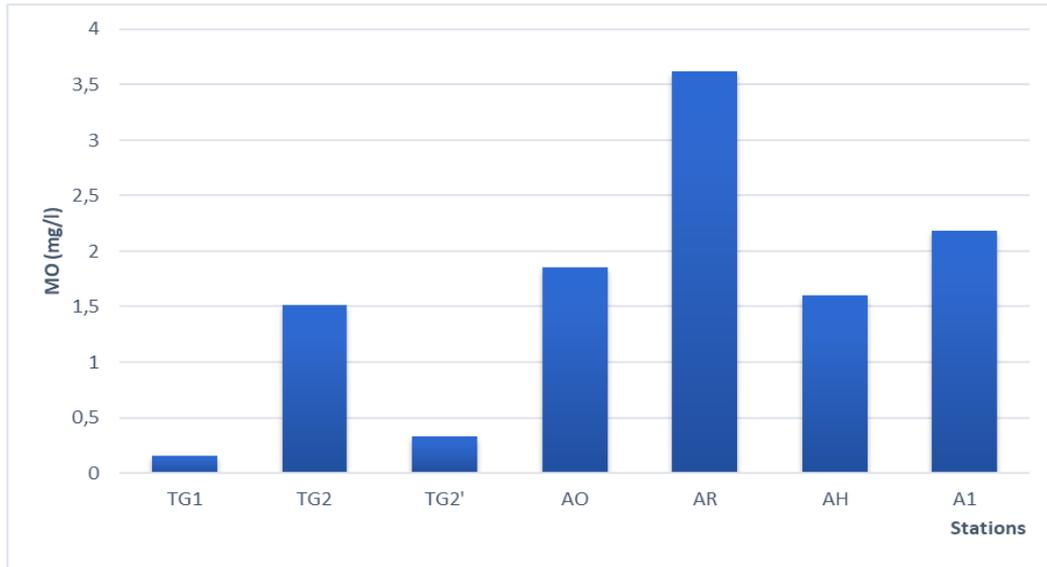


Figure 33 : Teneurs en MO dans les stations d'étude.

3.9. Analyses des résultats bactériologiques

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.

Les résultats des analyses bactériologiques utilisés pour évaluer la qualité des eaux sont portés sur le tableau 15.

Les normes de qualité bactériologique utilisés pour la classification des eaux sont portées sur l'annexe 8.

Tableau 15 : résultats des analyses bactériologiques des 6 stations étudiées

Stations	TG1	TG2	TG2'	AO	AR	AH	A1
Agents pathogènes							
E. Coli (UFC)	42	456	7	>300	>300	1300	>300
Coliformes totaux (UFC)	91	47	136	>300	>300	63	172
Streptocoques (UFC)	3	380	12	>300	>300	800	700

3.9.1. Coliformes totaux

L'analyse bactériologique au niveau des stations étudiées montre que le taux des coliformes totaux varie d'une station à une autre (tableau 15).

Au niveau des deux stations (TG1, TG2 et TG2'), le nombre de colonies est faible et sont respectivement de 91 UFC, 47 UFC et 136 UFC, car les conditions sont défavorables pour la prolifération de ces bactéries. On constate que la pollution à ce niveau est nulle.

Dans les stations (AH, A1), on constate une légère prolifération due aux changements des conditions du milieu due à l'apparition d'une pollution domestique contribuant à ce développement. Pour ces 4 stations les valeurs obtenues restent toujours dans la norme qui est de 2000 UFC (annexe 8).

Le plus grand taux de bactéries par rapport aux autres stations a été enregistré au niveau des stations de (AO, AR) : >300 UFC. Cette prolifération résulte probablement de l'apparition d'une pollution fécale récente à fort débit 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.

3.9.2. *Escherichia coli*

D'après les analyses effectuées, on a marqué une présence d'*E. Coli* au niveau de toutes les stations étudiées. TG1, TG2' montrent un développement très faible de ces colonies (42 et 7 UFC), avec un taux plus au moins élevé dans la station TG2 (456 UFC). Ces faibles présences d'*E. Coli* au niveau de ces stations s'exprime par l'absence des conditions qui favorisent le développement de cette dernière.

Dans les stations AO, AR, AH et A1 nous avons enregistré un taux très élevé (> 300 UFC) (tableau 15). Ce dénombrement indique que ces stations sont touchées par une contamination fécale et autres formes de pollution.

3.9.3. Streptocoques

Les résultats obtenus au niveau des stations TG1 et TG2' montrent une prolifération très faible voire nulle des bactéries streptocoques. Une présence relativement faible dans les stations TG2, AH et A1 avec un taux respectivement de 380, 800 et 700 UFC, explique l'absence des conditions favorables pour le développement de ce genre.

Dans les stations AO et AR, l'augmentation de taux de bactéries indique que ces deux stations renferment une charge importante de streptocoques. Ceci est dû à une contamination ancienne des eaux.

Discussion

Notre étude qui s'est basée sur trois méthodes pour l'évaluation de 6 sources de différentes altitudes par voie biologique, physico-chimique et bactériologique, nous a permis d'obtenir plusieurs résultats qui confirment la complémentarité entre ces 3 méthodes.

Dans les stations AO et AR, sont caractérisées par une qualité hydrobiologique excellente (IBGN = 17), la classe (1A) indiquant que le milieu est sain (pas de pollution) comparé aux résultats obtenus par **SI TAYEB (2021)** (IBGN= 14, classe de qualité = 1B), nous constatons une légère amélioration de l'eau dans la station AR, sans aucune différence significative au niveau de la station AO.

Les résultats obtenus par rapport à la méthode BMWP' sont presque identiques comparants aux résultats obtenus par **SI TAYEB (2021)**. La qualité de l'eau au niveau des deux stations (AO et AR) reste bonne quoiqu'une légère amélioration a été notée par rapport à la classe de qualité qui au lieu de 1B devenue 1A au niveau de la station AR ce qui implique une eau d'excellente qualité (très propre).

Dans la station A1, on a marqué une qualité hydrobiologique bonne (IBGN = 15) classe de qualité (1B) comparant aux résultats obtenus par **HAOUCHINE (2011)** (IBGN= 14, classe de qualité 1B qualité d'eau : bonne). On constate que la qualité hydrobiologique reste la même pas de changement important au niveau de cette station.

Pour les stations TG1, TG2 et AH, nous avons obtenu une qualité hydrobiologique bonne (IBGN TG1 = 16, IBGN TG2 = 14 et IBGN AH = 13) classe de qualité 1B pour toutes les stations, une variété taxonomique moyenne à relativement faible (29 à 15) donc une pollution modérée.

Les résultats obtenus par rapport à la méthode BMWP' dans les stations TG1, TG2 sont d'une qualité passable avec un score respectivement de 93 et 73, montrent une évidence des effets doux de pollution.

Concernant les résultats de la méthode BMWP' obtenus dans la station AH, on remarque une présence d'une pollution accentuée due aux activités anthropiques tels que les rejets urbains et l'élevage qui engendrent une augmentation de la matière organique ce qui mène à une qualité d'eau critique rappelons aussi la période d'échantillonnage de cette station qui s'est déroulée pendant l'été (fin aout) donc les polluants sont bien concentrés en l'absence de dilution.

Ces stations abritent des peuplements très diversifiés, la nature du substrat, la vitesse du courant, les températures basses, la végétation aquatique, des facteurs favorisant l'installation de la faune. Des familles de différents ordres appartenant à des groupes indicateurs élevés de 7 à 9 ont été dénombrés (Perlidae, Perlodidae, Capniidae, Leuctridae et Leptophlebidae), confirmant l'excellente qualité hydrobiologique.

Les résultats des analyses physico-chimiques obtenus confirment les résultats de l'étude biologique. Globalement, absence d'une pollution importante au niveau de nos stations d'étude dont la qualité hydrique varie d'excellente à bonne. La faune présente au niveau de ces sources est dominée par les espèces polluo-sensibles, qui vivent pratiquement que dans les eaux propres.

La distribution de la faune benthique dépend de la qualité physico-chimique et les caractéristiques du milieu.

Les différents paramètres physico-chimiques influencent d'une façon directe sur les espèces trouvées dans les stations étudiées : la bonne oxygénation de l'eau, pH basique, l'absence des paramètres de pollution (taux faibles), la clarté de l'eau avec une bonne minéralisation de ces sources ... etc. expliquent l'hétérogénéité des milieux par rapport aux peuplements aquatiques.

Les variations des teneurs en paramètres (Calcium, Magnésium, Chlorures...etc.) dans les stations étudiées dépendent exclusivement des terrains traversés et la roche mère donc une diversité des milieux aquatiques.

Nos stations étudiées présentent approximativement les mêmes paramètres mise à part TG2 qui diffèrent des autres stations par rapport à la salinité de l'eau (moyennement saline) ce qui a favorisé la colonisation de ce milieu par deux groupes faunistique (mollusques et crustacés qui préfèrent des milieux à moyenne teneur en calcium et sels minéraux) par rapport aux autres stations étudiées, et la nature du substrat (gros galets et graviers).

En revanche, les fortes teneurs en calcium trouvées dans la station AH s'expliquent par le chemin court traversé par rapport à la source (pas assez pour décharger cette eau en calcium du fait que la roche est d'origine calcaïque) et ceci empêche l'installation de la faune non adaptée, une diversité relativement faible (15 taxons) par rapport aux autres stations.

Les résultats bactériologiques obtenus indiquent que nos stations répondent aux normes recommandées, ceci est dû essentiellement à la situation géographique de nos sources (en altitude et loin des agglomérations) ce qui nous permet de dire que ces eaux sont d'une qualité bactériologique saine.

Par rapport aux stations AO et AR, nous avons obtenus des valeurs $>$ à 300 UFC pour les trois types de bactéries dénombrées ceci est dû aux conditions favorables pour la prolifération de ces souches de bactéries (rejets urbains, élevage : contamination fécale) mais d'après les résultats issues de l'étude de l'indice biologique (IBGN) et la méthode BMWP' nous confirmons que l'eau de ces sources est de très bonne qualité (respecte les normes recommandées) ce qui mène à penser qu'un taux de bactéries donné est indispensable et joue un rôle important dans le cycle de vie des écosystèmes aquatiques.

Conclusion

L'étude menée au cours de ce travail a pour but l'évaluation de la qualité par voie biologique, physico-chimique et bactériologique des eaux de sources de 6 stations étudiées de la Wilaya de Tizi-Ouzou.

la faune benthique récoltée dans ce travail, se compose de 9774 individus répartis en 10 groupes zoologiques (40 familles, 54 genres) récoltés dans les 6 stations échantillonnées entre 850m et 1100 m d'altitude.

L'analyse de la structure des peuplements des sources étudiées nous a permis de montrer qu'il y'a une hétérogénéité dans la diversité taxonomique au niveau des stations étudiées. La grande diversité des habitats ainsi que leurs conditions écologiques favorables ont permis le développement d'une communauté riche en espèces et assez équilibrée. Ceci montre que le peuplement benthique a pu garder une certaine originalité et n'a pas encore été notablement perturbé.

L'effectif du peuplement benthique a montré que les Ephéméroptères et les diptères sont nettement dominants. Ils représentent respectivement 23.17% soit 2266 individus et 19.62% soit 1919 individus de la faune totale. Ils sont abondants dans toutes les stations et totalisent près de 43% de la faune totale récoltée.

Les Hydracariens, les coléoptères, les Crustacés, les mollusques, les plécoptères occupent respectivement la 3^{ème}, 4^{ème}, 5^{ème}, 6^{ème}, 7^{ème} place par ordre d'abondance numérique. Ils représentent respectivement 16.59 % (1623 individus), 15.89% (1554 individus) 10.34% (1012 individus), 8.07% (790 individus), 3.25% (318 individus),

Les Trichoptères, les Hétéroptères et les Oligochètes sont faiblement représentés avec des pourcentages respectivement de 1.83% (179 individus), 0.73% (72 individus) et 0.47% (46 individus).

Les différents indicateurs utilisés, à savoir la richesse spécifique, indice de diversité (Shannon-Weaver), équitabilité ont permis l'étude descriptive de la structure du peuplement.

L'indice de Shannon-Weaver et l'indice d'équitabilité montrent une fluctuation de la diversité dans les stations étudiées, les valeurs varient respectivement entre 1.33 et 2.47 et 0.44 et 0.89.

L'utilisation des deux méthodes indicielles IBGN et BMWP' pour évaluer la qualité de l'eau fait ressortir un léger avantage de l'indice biologique global normalisé dont les résultats obtenus confirment ceux obtenus par les analyses physicochimiques et bactériologiques.

L'évaluation de l'étude hydrobiologique des sources échantillonnées, appréciés par les méthodes IBGN et BMWP' a montré une variation de la qualité de l'eau et du milieu d'excellente à bonne.

Nous pouvons dire que la différence entre les résultats peut être liée aux méthodes de chaque indice : à titre indicatif et démonstratif, le BMWP' se base uniquement sur la somme des scores des différents taxons trouvés sur un site donné donc un score total permettant de classer ce site d'échantillonnage dans l'une des 5 classe de qualité de l'eau (BENETTI et *al.*, 2012), alors que l'IBGN inclus la liste des familles et la richesse taxonomique pour chaque famille.

Si nous devons préciser l'indice le plus probant pour notre étude, nous dirions que c'est l'IBGN qui a donné des résultats plus ou moins significatifs. Inversement, le BMWP' a occulté tout résultat malgré sa facilité d'utilisation et de son faible coût.

Les différentes analyses physico-chimiques et bactériologiques ont été effectuées au niveau de laboratoire de la SEAAL comptent l'évaluation de certains éléments essentiels pour la définition de la valeur minéralogique de l'eau, la détermination des principaux paramètres de pollution ainsi que la recherche et le dénombrement de certains groupes de bactéries.

les résultats obtenus sur le plan physique ont montré que le pH de ces eaux est correct, leur degré de minéralisation est moyen et leur température est acceptable. Sur le plan chimique, ces eaux sont également dans les normes dans la mesure où elles sont moyennement douces, leurs teneurs en calcium et en chlorures sont normales et surtout leur teneur en nitrates qui sont connus pour leurs effets néfastes sur la santé, est très faible par rapport à la valeur maximale admissible. Du point de vue bactériologique, les analyses attestent la faible présence des bactéries (normes recommandés). Par conséquent nous pouvons conclure que cette eau est de bonne qualité.

Les trois études (hydrobiologique, physico-chimiques et bactériologiques) effectuées dans ce travail sont complémentaires.

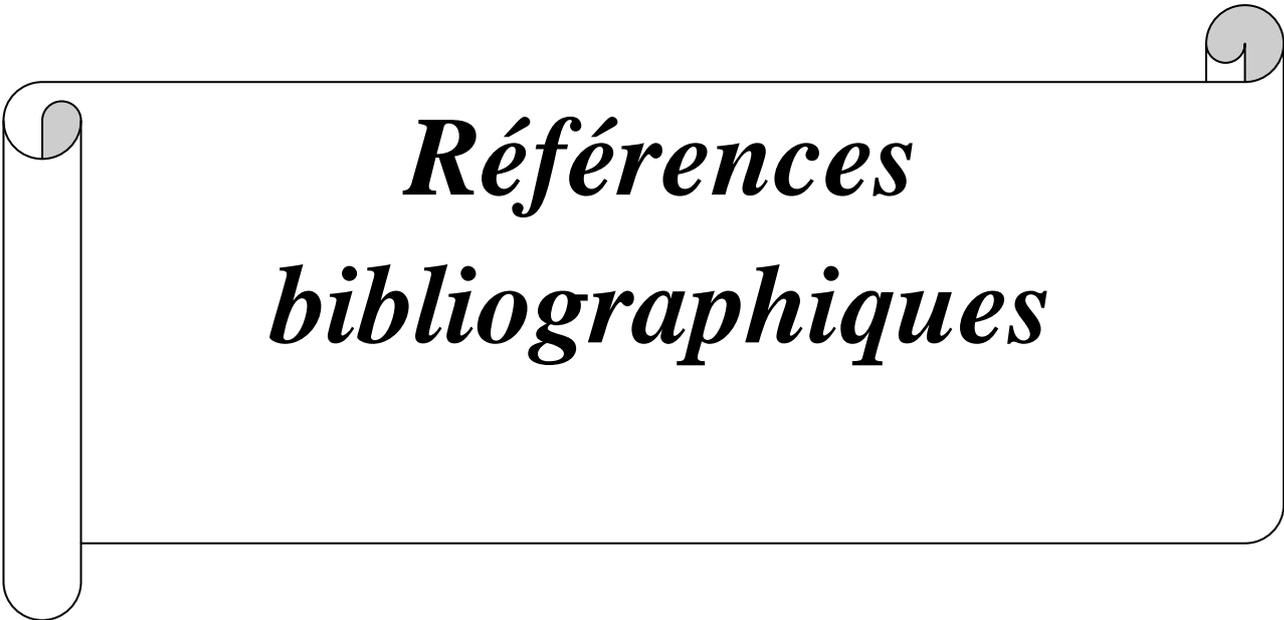
Pour sauver les milieux aquatiques, certaines mesures de protections devraient être prises :

- On suggère au pouvoir public de veiller à la préservation de ces sources contre toutes formes de pollution et mieux gérer et les protéger.

Conclusion

- Réglementer les prélèvements des eaux au niveau des réseaux hydrographiques et aussi le pompage afin que les habitats reprennent leur forme initiale.
- Il est important et indispensable de prospecter plusieurs réseaux hydrographiques à des périodes différentes afin de voir l'effet espace et temps sur la faune benthique mais aussi sur la qualité de l'eau.

Reste qu'à notre avis, la meilleure barrière protectrice pour la nature en générale, est la sensibilisation aux différents dangers qui guettent la planète et l'écosystème, et surtout une éducation écologique précoce.



***Références
bibliographiques***

A

ABDESSELAM, M. (1995). Structure et fonctionnement d'un karst de montagne sous climat Méditerranéen : exemple du Djurdjura occidental (Grande Kabylie, Algérie). Thèse Doctorat, Université. Franche Compté : 233 pp.

AIT MOULOUD, S. (1988). Essais de recherche sur la dérive des macro-invertébrés dans l'Oued Aissi : faunistique, écologie et biogéographie. Thèse de Magister, U.S.T.H.B., Alger, 118p.

ALBA-TERCEDOR, J. (2000). The BMWP'; Ecological status of surface waters: *monitoring and management strategies in rivers*. Vol 29, n°1. p285-290.

ALBA-TERCEDOR, J., PICAZO-MUNOZ, J., & ZAMORA-MUNOZ, C. (1995). Relationships between the distribution of mayfly nymphs and water quality in the Guadalquivir river basin (southern Spain). In Corkum LD; Ciborowski JJH, *Current Directions in Research on Ephemeroptera*. Canadian Scholars' Press. Inc. Toronto : 41-54.

ALBA-TERCEDOR, J., & SANCHEZ-ORTEGAE, A. (1988). Description and life cycle of *Leuctra iliberes* sp. n. from southern Spain (Plecoptera, Leuctridae). *Aquatic insect* vol.10,(1988), no 2, pp. 117-123.

AMADOU, H., LAOUALI, M.S., & MANZOLA, A.S. (2014). Application des méthodes d'analyses statistiques multivariées à l'étude de la minéralisation des eaux de la zone de Zinder (Sud-Est du Niger). *Laboratoire de chimie de l'eau, faculté des sciences et techniques, université Abdou Moumouni de Niamey, BP 10662 Niamey, Niger*.

ANGELIER, E. (2000). Ecologie des eaux courantes. Editions Techniques & Documentation, 199 p.

ARAB, A. (1989). Etude des peuplements d'invertébrés et de poissons appliquée à l'évaluation de la qualité des eaux et des ressources piscicoles des oueds Mouzaia et Chiffa. Thèse Magister, U.S.T.H.B. 145p.

ARMITAGE, P. D., MOSS, D., WRIGHT, J.F., & FURSE, M.T. (1983). The performance of a new biological water quality score system based on macro-invertebrates over a wide range of unpolluted running water sites. *Water Research*, 17: 333-347.

B

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

BARBAULT, R. (1995). Ecologie des peuplements. Structure et dynamique de la biodiversité. 2 ème édition- *Masson*, Paris, 200 p.

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

BEBBA, N., EL ALAMI, M., ARIGUE, S.F., & ARAB, A. (2015). Etude mésologique et Biotypologique du peuplement des Ephéméroptères de l'oued Abdi (Algérie). *J. Mater. Environ. Sci.* 6 (4) 1164-1177.

BELGHITI, M.L., CHAHLAOU, A., BENGOUMI D., & EL MOUSTAINE, R. (2013) : Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quadernaire dans la région de MEKNES (MAROC) *LARHYSS journal*, issn 1112-3680, n°14, juin 2013, pp. 21-36

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

BOUCHELOUCHE, D., DERRADJI, N., & ARAB, A. (2013). L'utilisation des méthodes biologiques pour l'estimation de la qualité de l'eau du réseau hydrographique d'oued El Harrach (wilayas de Blida et d'Alger). USTHB-FBS-4th International Congress of the

Populations & Animal Communities “*Dynamics & Biodiversity of the terrestrial & aquatic Ecosystems*”.

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

C

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 p.

CONSIGLIO, C. (1963). Plecoptteridelleisole del mediterraneo. *Mon. Zool. Ital.*, 70- 71 :147-158

D

DAGET, J., (1976). Les modèles mathématiques en écologie. *Masson éd.*, Paris, 172 pp.

DAJOZ, R. (1975). Précis d’écologie. Paris 1975 3 ème édition. 549 P : 23-75.

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

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

DERRIDJ, A. (1990). Etude des populations de *cedrusatlantica* M. en Algérie. Thèse Docteurs- sciences, Université Paul Sabatier, Toulouse : 288p.

DETHIER, M. (1985-1986). Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises. Insectes. Héteroptères aquatiques et ripicoles (genres et principales espèces). *Association française de limnologie* : 40p

DAHMANI, M. (2004). « Kabylie : Géographie », *Encyclopédie berbère*, 26 | 2004, 3986-3989.

E

EVARD, M., & POWELL, A. (2002). Rivers as living systems. Aquatic. Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, volume 12 : 329 – 337.

F

FAO. (2006). Livestock's long shadow, Rome; Food and agriculture organization of the United Nations.

FERRITO, V. (1994). Les macroinvertébrés benthiques de la rivière Simeto (Sicile) et de quelques-uns de ses affluents. *Annls. Limnol.*, 30 (1) : 33-56.

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

G

GADIN-GOYON, N. (2002). Qualité bactériologique de l'eau, et impact en élevage Bovin laitier (thèse) CLAUDE- BERNARD-LYON 1. 145 p.

GAUJOUS, D. (1995). La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire. 2ème Ed. *Lavoisier*. 220p : 39-60.

GENIN, B., CHAUVIN C. & MENARD F. (2003). – Cours d'eau et indices biologiques – Pollutions – Méthodes –IBGN. *Educagri* 2e Edition, 221 p.

GIBON, F.M. (2001). Biotypologie des hydrosystèmes tropicaux (exemples chez les Trichoptères africains et malgaches). Doc IRD, centre de Montpellier. 213p.

GRALL, J., & HILY, C. (2003). Traitement de données stationnelles (faune). Robert. FT 10 (1). Doc.

GRETIA. (2009). Etat des lieux des connaissances sur les invertébrés continentaux des Pays de la Loire ; bilan final. Rapport GRETIA pour le Conseil Régional des Pays de la Loire, *Gretia*, 202-207.

H

HAOUCHINE, S. (2011). Recherche sur la faunistique et l'écologie des macro-invertébrés des cours d'eau de Kabylie. Thèse de Magister. Université Mouloud Mammeri. Tizi-Ouzou. 116 p :67.

HAWKES, H.A. (1979). Invertebrates as indicators of river water quality. In James A. & Evison L. (Eds.), *Biological Indicators of Water Quality 2*. Chichester, Great Britain: Wiley, 1–45.

HARRAT, N. (2013) : Elimination de la matière organique naturelle dans une filière conventionnelle de potabilisation d'eaux de surface. Thèse présentée en vue de l'obtention Du diplôme de Doctorat en sciences Spécialité : HYDRAULIQUE. Université Mohamed Khider – Biskra.

HELLAWELL, J. M. (1986). *Biological Indicators of Freshwater Pollution and Environmental Management*, Londres, Elsevier.

HYNES, H.B.N. (1970). *The ecology of running waters*. Liverpool University Press, Liverpool. 555p.

I

ITCHIR, O., & LACHEBI, I. (2015). Etude hydro-biologique de l'oued Mechetras : faunistique et évaluation biologique de la qualité de l'eau. Mémoire master.

L

LAFONT, M. (1983). Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises (Annelides, Oligochètes).in : Bulletin Mensuel de la Société Linnéenne de Lyon 52^{ème} année, n°4 p. 108-135.

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 doctorat. Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou p.65.

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

LEGENDRE, L., & LEGENDRE, P. (1979). Ecologie numérique. Le traitement multiple des données écologiques. 2^{ème} Edition *Masson*, Paris : 206 p.

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.

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

LOUNACI, A., BROSSE, S., THOMAS, A., & LEK, S. (2000) (a). Abundance, diversity and community structure of macroinvertebrates in an algerian stream: theSebaouwadi. *AnnlsLimnol.*, 36 (2): 123-133 pp.

LOUNACI, A., BROSSE, S., AIT MOULOUD, S., LOUNACI-DAOUDI, D., & MEBARKI, M. (2000) (b).Current knowledge of benthic invertebrate diversity in an Algerian stream: a species check-list of the Sebaou River bassin (Tizi-Ouzou).Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse., 136: 43-55 pp.

LOUNACI, A. (2005). Recherche sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des

Macro-invertébrés des cours d'eau de Kabylie (Tizi-Ouzou, Algérie), Thèse doctorat d'état en Biologie, U.M.M.T.O: 209 p.

LOUNACI, A. & VINÇON, G. (2005). Les Plécoptères de la Kabylie du Djurdjura (Algérie) et biogéographie des espèces d'Afrique du Nord (Plecoptera), *Ephemera*, 6(2) : 109-124.

M

MEBARKI, M. (2001). Etude hydrobiologique de trois réseaux hydrographiques de Kabylie (Parc National du Djurdjura, oued Sébaou et oued Boghni) : faunistique, écologie et biogéographie des macro-invertébrés benthiques. Thèse de Magister.

MEDDI, M., TOUMI, S., MAHE, G., & BROU, Y.T. (2013). Cartographie de l'érosion dans le bassin versant de l'Oued Mina en Algérie par télédétection et SIG. *Hydrological Sciences Journal*. Vol. 58, issue 7.

MEDDOUR, R. (2010). Bioclimatologie, phytogéographie et phytosociologie en Algérie. Thèse doctorat d'état en sciences agronomiques, Foresterie, U.M.M.T.O : 461p.

MENESGUEN, A., AMINOT, A., BELIN, C., CHAPELLE, A., GUILLAUD, J. F., JOANNY, M., LEFEBVRE, A., MERCERON, M., PIRIOU, J.Y., & SOUCHU, P. (2001). L'eutrophisation des eaux marines et saumâtres en Europe, en particulier en France. N°22.

MESSAOUDI, C., & SADI, S. (2017). Impact des margine sur la qualité de quelques cours d'eau de la Kabylie (Tizi-Ouzou). Mémoire, UMMTO : 48.

MESSAOUDÈNE, M., LOUKAS, A., JANIN, G., TAFER, M., DILEM, A., & GONÇALEZ, J. (2004). Propriétés physiques du bois d'éclaircie des cèdres (*Cedrus atlantica*), contenant du bois de compression, provenant de l'Atlas du Djurdjura (Algérie). *Annals of Forest Science*, **61** : 589-595.

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

Références bibliographiques

MOISAN, J., GAGNON, E., PELLETIER, L., & PIEDBOEUF, N. (2006). Guide D'identification des principaux macro-invertébrés benthiques d'eau douce du Québec. Surveillance volontaire des cours d'eau peu profonds. Direction de suivi de l'état de l'environnement, ministère de développement durable, de l'environnement et des parcs, ISBN, 82p.

P

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

POISSON, R. (1957). Héteroptères aquatiques. In P. Le chevalier (Ed.), *Faune de France*, C.N.R.S.(Paris), 61 :264p.

Q

QUEZEL, P. (1957). Le peuplement végétal des hautes montagnes d'Afrique du Nord. Encyclopédie de Biogéographie et Ecologie. Edition Chevalier, Paris : 463 p.

R

RACHMAN, A., ANDERSON, S.H., GANTZER, C.J. & THOMSON, A.L. (2003). Influence of Longterm cropping systems on soil physical properties related to soil erodibility. *Soil Science Society of America Journal*, **67** (2): 637-644.

RAMADE, F. (1984). Elément d'écologie : Ecologie fondamentale. Edit Mac *GRAWHILL*. Paris. 197 p.

RAMADE, F. (2003). *Eléments d'écologie*. Ecologie fondamentale. 3 ème édition : Dunod, Paris. P. 190.

RODIER, J. (1984). *Analyse de l'eau*. Collection DUNOD, 7^e édition. LAVOISIER (Editeur), Paris, France, 1153p.

RODIER, J. (1996). L'analyse de l'eau : eaux naturels résiduaire, eau de mer. 8^{ème} édition. Dunod. 1383p.

RODIER, J. (2005). L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer : chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. 8^{ème} Edition. Dunod. Paris. 1381 p.

RODIER, J. (2009). L'analyse de l'eau. 9^{ème} édition. Paris 2009. 1526p : 33-50.434.

S

SEKHI, S. (2010). Recherche sur la faunistique et l'écologie des macro-invertébrés ces cours d'eau Tiout, Hadjadj et Moghrar (Wilaya de Naâma). Mémoire de Magister, USTHB, 117p.

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. Fascicule hors-série : 1-219.

SHANNON, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. Bell system thechnical journal, vol. 27 n 4 p 623- 666.

SINGELTON, P. (1994). Bacteriologiesabreges.2^{ème} edition. Paris 1994.247p: 223-225.

SI TAYEB, O. (2021). Faunistique et évaluation hydrobiologique de la qualité de l'eau de l'oued Ouadhias par les méthodes : IBGN et BMWP'. P 70.

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

T

TACHET, H., BOURNAUD, M., & RICHOUX, P. (1980). Introduction à l'étude des Macro-invertébrés des eaux douces (Systématique élémentaire et aperçu écologique). *Association française de limnologie* : 150p.

TACHET, H., BOURNAUD, M., RICHOUX, P., & USSEGLIO-POLATERA, P. (2000). Invertébrés des eaux douces : *Systématique, Ecologie, Biologie*. Ed CNRS- Paris. 588p.

TACHET, H., BOURNAUD, M., RICHOUX, P., & USSEGLIO-POLATERA, P. (2010). Invertébrés des eaux douces : Systématique, Biologie, Ecologie.

THOMAS, A. (1998). A provisionnel checklist of the Mayflies of North Africa (Ephemeroptera). Bulletin. Société. HISTOIRE NATURELLE DE Toulouse. 134 p : 13-20

TOUAZI, M., & LABORDE, J.P. (2004). Modélisation pluie-débit à l'échelle annuelle en Algérie du Nord. *Revue des Sciences de l'Eau*, **17** (4) : 503-516.

TUFFERY, G., & VERNEAUX, J. (1967). Méthode de détermination de la qualité biologique des eaux courantes. Exploitation codifiée des inventaires de la faune de fond. Trav. Sect. Tech. P et Pisc., *Centre national d'étude technique et de recherche technologique pour l'agriculture, les forêts et l'équipement rural*, Paris: 23 p.

V

VERNEAUX, J., FAESSEL, B., & MALESIEU, M. (1976). Note préliminaire à la proposition de nouvelles méthodes de détermination de la qualité des eaux courantes. *Trav. Lab. Hydrobiol.*, Univ. Besançon et CTGREF, ronéo : 14p.

VERNEAUX, J., & COLL, B. (1982). Une nouvelle méthode pratique d'évaluation de la qualité des eaux courantes. Un indice biologique de qualité générale (IBG). *Ann. Sci. Univ. Franche-Comté, Besaçon*, **4** (3) : 11-22.

Références bibliographiques

VIVIEN, R. (2011). Application de l'indice oligochètes de bio-indication des sédiments (IOBS) aux bassins versants de l'aire et de la drize, service de l'écologie de l'eau, département de l'intérieur et de la mobilité, Genève, Suisse.

VIVIEN, R., & LAFONT, M. (2015). Note faunistique sur les oligochètes aquatiques de la région genevoise et de Suisse. *Revue Suisse de zoologie* 122(2) : 207-212.

Y

YAKOUB, B. (1985). Contribution à l'étude hydrogéologique de la Kabylie occidentale (Algérie). Thèse Doctorat. 3^{eme} cycle, Université. Pierre et Marie Curie, Paris VI : 215p.

YAKOUB, B. (1996). Le problème de l'eau en grand Kabylie. Le bassin verseau de Sébaou et la wilaya de Tizi-Ouzou. Edition Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou : 210p.

YASRI, N. (2009). Diversité, écologie et biogéographie des macro-invertébrés de quelques affluents du Mazafran. Mémoire de Magister, USTHB, 96p.

Z

ZWICK, P. (1980). Plecoptera. *Handbuch der Zoologie*, Berlin, 4 (2) 2/7 : 1-111.

Annexe 1. Précipitations moyennes mensuelles (en mm) de la région de Tizi-Ouzou (1991-2014).

Mois	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	mars	Avr.	Mai.	Juin	Juil.	Aout	Tot
Thala guilef	98.6	134.5	212.7	278.7	239	134.6	139.4	196.8	142.5	25.6	12.7	31.4	1646.5
Ait ouabane	67.5	92.1	145.7	190.9	163.7	92.2	95.5	134.8	97.6	17.5	8.7	21.5	1127.7
Ouadhias	40.13	77.39	124.3	97	137.1	116.9	122.1	103.4	77.5	29	1.5	9.3	935.62

(Source : ANRH de Tizi-Ouzou)

Annexe 2 : dispositif utilisé pour l'étude biologique



Filet troubleau



Matériels utilisés pour le lavage des échantillons



Matériels utilisés pour l'analyse et l'identification

Annexes

Annexe 3 : Valeur de l'IBGN selon la nature et la variété taxonomique du macrofaune.

Classe de variété		14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Taxons	Σt GI	>50	49	44	40	36	32	28	24	20	16	12	9	6	3
		45	41	37	33	29	25	21	17	13	10	7	4	1	
Chloroperlidae Perlidae Perlodidae Taeniopterygidae	9	20	20	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9
Capniidae Brachycentridae Odontoceridae Philopotamidae	8	20	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8
Leuctridae Glossosomatidae Beraeidae Goeridae Leptophlebiae	7	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7
Nemouridae Lepidostomatidae Sericostomatidae Epheméridae	6	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6
Hydroptilidae Heptageniidae Potamitarcidae potamanthidae	5	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
Leptoceridae Polycentropodidae Psychomyidae Rhyacophilidae	4	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4
Limnephilidae Hydropsychidae Ephemerilidae Aphelocheiridae	3	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
Baetidae Caenidae Elmidae Gammaridae Mollusques	2	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2
Chironomidae Asellidae Achètes Oligochètes	1	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

(norme NFT 90-350 mars 2004).

- Taxons représentés par au moins 10 individus - Les autres par au moins 3 individus.
- Σt : La somme des taxons / F : Famille / O : Ordre / GI : Groupe indicateur

Annexe 4 : Répertoire faunistique liste des 152 taxons utilisés actuellement

Insectes	Hétéroptères	Rhagionidae	Mollusques
Plécoptère	Aphelocheiridae	Scetophagidae	Bivalves
Capniidae	Corixidae	Sciomyzidae	Corbiculidae
Chloroperlidae	Gerridae	Simuliidae	Dreissenidae
Leuctridae	Hebridae	Stratiomyidae	Margaritiferidae
Nemouridae	Hydrometridae	Syrphidae	Sphaeriidae
Perlidae	Naucoridae	Tabanidae	Unionidae
Perlodidae	Nepidae	Thaumaleidae	Gasteropodes
Taeniopterygidae	Notonectidae	Tipulidae	Ancylidae
Trichoptère	Mesoveliidae	Odonates	Acroloxidae
Beraeidae	Pleidae	Aeschnidae	Bithynidae
Brachycentridae	Veliidae	Celaopterygidae	Feririssidae
Calamoceratidae	Coléoptères	Coenagrionidae	Hydrobiidae
Ecnomidae	Curculionidae	Cordulegasteridae	Lymnaeidae
Glossosomatidae	Chrysomelidae	Corduliidae	Neritidae
Goeridae	Dryopidae	Gomphidae	Physidae
Helicopsychidae	Dytiscidae	Lestidae	Planorbidae
Hydroptilidae	Elmidae	Libellulidae	Valvatidae
Lepidostomatidae	Gyrinidae	Platycnemidae	Viviparidae
Leptoceridae	Haliplidae	Mégaloptère	Vers
Limnophilidae	Helodidae	sialidae	Plathelminphes
Molannidae	Helophoridae	Planipennes	Triclades
Odontoceridae	Hydraenidae	Neurorthidae	Dendrocoelidae
Philopotamidae	Hydrochidae	Osmylidae	Dugesidae
Phryganeidae	Hydrophilidae	cysyridae	planariidae
Psychomyidae	Hydrosaphidae	Himénoptères	Annelides
Rhyacophilidae	Hygrobiidae	agriotypidae	Achétes
Sericostomatidae	Noteridae	Lépidoptère	Branchiobdellidae
Uenoidae	Psephenidae	Crambidae	Erpobdellidae
Éphéméroptères	Spercheidae	Crustacés	Glossiphoniidae
Amelitidae	Disptères	Branchiopodes	Hirudidae
Baetidae	Anthomydae	Amphipodes	piscicolidae
Caenidae	Athericedae	Corophiidae	Oligochètes
Ephemerellidae	Blephareceridae	Crangonyctidae	NEMATHELMINTHES
Ephemeridae	Ceratopogonidae	Gammaridae	HYDRACARIENS
Heptageniidae	Chaoboridae	Néphargidae	HYDROZOAIRE
Isonychiidae	Chironomidae	Talitridae	SPONGIAIRES
Leptophlebiidae	Culicidae	Isopodes	BRYOZOAIRE
Neophemeridae	Cylindrotomidae	Asellidae	NEMERTIENS
Oligoneuriidae	Dixidae	Décapodes	
Polymitarcidae	Dolichopodidae	Astacidae	
Potamanthidae	Empedidae	Atyidae	
Prosopistomatidae	Ephyridae	Cambaridae	
Siphonuridae	Limoniidae	Grapsidae	
	Psychodidae	Potamonidae	
	Ptychopterid		

Annexe 5 : Présentation de la station de traitement des eaux de Taksebt (SEAAL)

❖ Présentation et objectif du barrage de Taksebt

Le barrage de **TAKSEBT** est réalisé dans la région de l'Oued Aissi, affluent du Sébaou dans la wilaya de Tizi-Ouzou, à environ 7 km au sud-est de la ville de Tizi-Ouzou et 100 km à l'est de la ville d'Alger (figure 34). Il a été inauguré le 2002, pour alimenter en eau potable des wilayas de Tizi–Ouzou, Boumerdes et Alger.

- Parmi ses objectifs, l'augmentation de la qualité, la quantité et la fiabilité de l'approvisionnement en eau potable des villes d'Alger et de Tizi-Ouzou, ainsi que le couloir Taksebt – Alger,
- Contribuer à une gestion durable de la ressource en eau des régions d'Alger et de la Kabylie.



Localisation du barrage de TEKSEBT

❖ Conduite de traitement

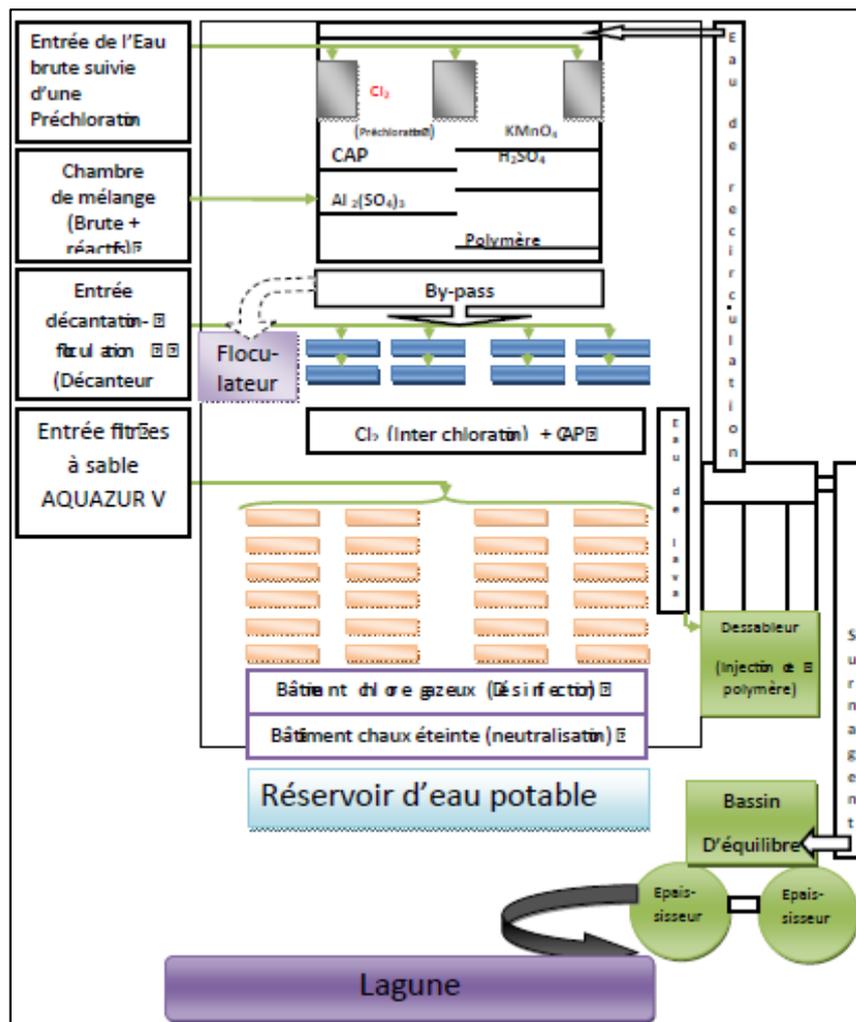


Schéma Général de la Station de Traitement "TAKSEBT"

La production nominale de la station de traitement de Taksebt est de 605 000 m³/j (7 000 l/s) basée sur un approvisionnement en eau brute de 616 000 m³/j. cet approvisionnement se fait à partir du barrage après son passage à travers un système de dégrillage pour éliminer les objets volumineux puis pompé par 6 pompes dont deux servent de secours en cas de panne, et acheminé vers la station de traitement.

❖ Identification des ouvrages de traitement

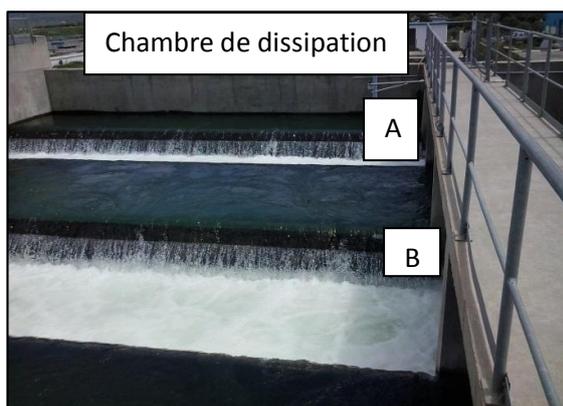
- ◆ Chambre de Dissipation
- ◆ Chambre de Mélange
- ◆ Canal de Répartition vers les Décanteurs
- ◆ Canaux de By-pass des Décanteurs
- ◆ Filières de Décanteurs 1/2
- ◆ Filières de Filtrés 1/2

- ◆ Bâtiment d'Exploitation des Filtres
- ◆ Production d'Eau de Lavage
- Production d'Air de Lavage et d'Air Comprimé
- Cuves de Contact
- ◆ Réservoirs d'Eau Traitée, incluant la Production d'Eau de Service
- ◆ Chambre Sulfate d'alumine
- ◆ Chambre Permanganate de potassium
- ◆ Bâtiment Acide sulfurique
- ◆ Bâtiment Chaux
- ◆ Bâtiment Chlore
- ◆ Bâtiment CAP
- ◆ Polymère Ligne Eau
- ◆ Dessablage et Reprise des Eaux de Lavage
- ◆ Bassin d'Equilibre
- ◆ Polymère Ligne Boues
- ◆ Epaisseurs
- ❖ **Etapes de traitement de l'eau**

Ouvrage d'entrée : Dissipation, mélange et répartition

L'arrivée d'eau brute à la station de traitement se fait dans la chambre de dissipation qui est un ouvrage de tranquillisation et préchloration. Le mélange hydraulique des réactifs avec addition de sulfate d'aluminium se fait dans la chambre de mélange.

l'injection de permanganate, d'acide sulfurique et du charbon actif, les points d'injection sont dans la chambre de dissipation (figure 36). Ces réactifs sont dosés en fonction des besoins déterminés par le débit et la qualité de l'eau brute.



Ouvrage d'entrée

A : point d'injection du chlore pour la préchloration

B : déversoir d'arrivée d'eau

C : point d'injection du sulfate d'alumine

Ensuite, l'ouvrage de répartition permet de diriger le débit soit :

- Vers les décanteurs, via les déversoirs de répartition, au niveau desquels du polymère est ajouté.
- Vers les flocculateurs et les filtres directement, via les canaux de by-pass des décanteurs.

❖ **Décantation**

Ce sont des décanteurs lamellaires à lit de boue appelés Pulsa-tube (figure 37). Injection possible de chlore après les clarificateurs (inter-chloration) pour le contrôle biologique.



Les deux filières de décanteurs.

Filtres

Filtration sur filtres à sable gravitaires pour éliminer les matières en suspension (figure 38). L'eau et l'air sous pression nécessaires au lavage sont produits dans le bâtiment d'exploitation des filtres.



Les deux filières de filtre à sable.

Désinfection et stockage d'eau traitée

La désinfection finale de l'eau traitée est faite dans des cuves de contact, après injection de chlore (figure 39).



Cuve de contact pour la post-chloration

Les réservoirs d'eau traitée permettent de stocker l'eau avant distribution au réseau.

Un point d'injection de la chaux est prévu pour contrôler le pouvoir corrosif de l'eau dans le cas nécessaire.

Le réseau d'eau de service de la station est alimenté depuis le réservoir d'eau traitée.

Annexes

Annexe 5 : les résultats des analyses physico-chimiques et bactériologiques pour les 6 stations étudiées

Stations \ Paramètres	TG1	TG2	TG2'	AO	AR	AH	A1
O ² (mg/l)	10.2	9.84	9.30	8.74	8.86	6.69	8.23
Conductivité (µs/cm)	447	1617	412	262	272	788	289
Température (°C)	16.9	17.3	17.8	18.4	18	12.3	13.1
pH	8.14	8.04	8.31	8.01	7.80	6.99	8.07
Turbidité (NTU)	0.41	0.42	0.75	1	0.30	0.45	0.76
La couleur	3	5	7	3	0	2	4
NO ²⁻ (mg/l)	0	0	0.003	0.004	0	0	0
NH ₄ ⁺ (mg/l)	0	0	0	0	0	0	0
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	0.04	0.09	0.07	0	0		
NO ₃ ⁻ (mg/l)	0.04	0.03	0.17	0.12	0.27		
Fe ²⁺ (mg/l)	0.03	0.04	0.04	0.04	0.06		
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	3	70	8	3	15		
AL ³⁺ (mg/l)	0.002	0.017	0.042	0.093	0.039		
TA (mg/l)	4	4	6	5	0	0	10
TAC (mg/l)	126	67	99	70	67	255	113
TH (mg/l)	186	106	62	90	82	366	158
Ca ²⁺ (mg/l)	64.8	60	56	25.6	24	112	52
Mg ²⁺ (mg/l)	5.83	13.61	15.074	6.31	5.34	254	106
Cl ⁻ (mg/l)	2.2	60.8	5.5	0.99	9.92	72.45	34.74
HCO ₃ ⁻ (mg/l)	153.72	81.74	120.75	85.4	81.74	311.1	137.86
CO ₃ ⁻ (mg/l)	2.4	2.4	3.6	3	0	0	6
RS (mg/l)	242	926	278	150	150	0	0
MES (mg/l)	1	1	0	0	0	0	0
MO (mg/l)	0.16	1.51	0.33	1.85	3.62	1.6	2.18
Coliformes totaux (UFC)	91	47	136	>300	>300	63	172
E. Coli	42	456	7	>300	>300	1300	>300
Streptocoques	3	380	12	>300	>300	800	700

Annexes

Annexe 6 : objectifs de qualité des eaux superficielles et souterraines destinés à l'alimentation en eau potable des populations

Groupe de paramètres	Paramètres	Unités	Valeur maximale	
			Eaux superficielles	Eaux souterraines
Paramètres organoleptiques	Couleur	Mg/l Echelle Pt	200	20
	Odeur (taux dilution à 25 °)	–	20	3
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	Chlorures	mg/l Ci	600	500
	Concentration en ions hydrogène (pH)	Unité pH	>6.5 et <9	>6.5 et <9
	Conductivité	µs/cm à 20°C	2800	2800
	Demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	mg/O ₂	7	<3
	Demande chimique en oxygène (DCO)	mg/l O ₂	30	–
	Matières en suspension	mg/l	25	25
	Sulfates	mg/l SO ₄	400	400
	Taux de saturation en oxygène dissous	% O ₂	30	>70
	Température	°C	25	25
paramètres chimiques	Ammonium	mg/l	4	0.5
	Fer dissous	mg/l	1	0.3
	Nitrate NO ₂ ⁻	mg/l	50	50
	Aluminium Al ³⁺	mg/l	1	0.2

Source (journal officiel de la République Algérienne, 2001).

Annexe 7 : Paramètres de minéralisation globale

Groupe de Paramètres	Paramètres	Unités	Valeur
Minéralisation globale	Calcium	mg/l	200
	Chlorures (Cl)	mg/l	500
	Dureté	mg/l	200
	Sodium	mg/l	200
	Potassium (K ⁺)	mg/l	12
	Alcalinité	mg/l	500
	Résidu sec	mg/l	1500
	Magnésium	mg/l	200

Source (Journal officiel de la République Algérienne, 2011).

Annexe 8 : Grille de classification des eaux superficielles utilisées par l'agence nationale des ressources hydrauliques (ANRH)

Qualité Agents pathogène	Bonne	Moyenne	Polluée	Excessivement polluée
Coliformes totaux	0 à 50	50 à 500	500 à 5000	>5000
E. Coli	0 à 20	20 à 2000	2000 à 20000	>20000
Streptocoques	0 à 20	20 à 2000	2000 à 20000	>20000

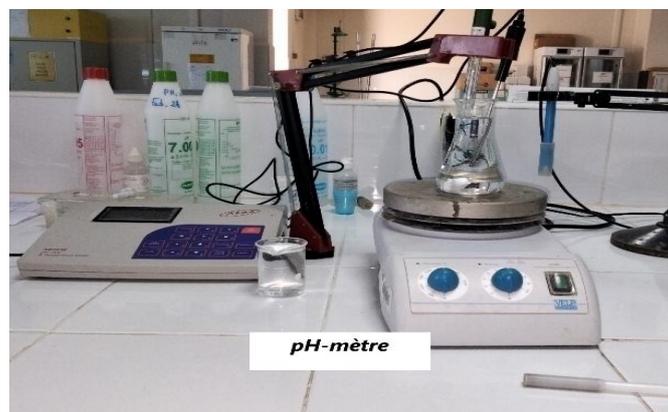
Annexe 10 : Dispositif utilisé pour l'étude physico-chimique

Détermination du pH

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 distillé ;
- Prendre environ 100 ml de l'échantillon à analyser dans un bécher ;
- Régler l'agitateur avec une faible vitesse d'agitation ;
- Tremper l'électrode dans le bécher ;
- Laisser stabiliser un moment puis noter la valeur du ph donnée.



pH-mètre

Détermination de la turbidité

La détermination de la turbidité se fait selon les étapes suivantes :

- Homogénéiser doucement l'échantillon avant mesure ;
- La cellule de mesure doit être propre et essuyée ;
- Avant chaque utilisation, elle doit être rincée avec l'échantillon à analyser avant mesure ;
- Remplir la cellule, la sécher ;
- Insérer la cellule dans le puit de mesure ;
- Attendre l'affichage automatique d'une valeur ;
- Les résultats sont exprimés en NTU.



Turbidimètre

Détermination de la conductivité

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

- Prendre un échantillon conservé dans de bonne condition ;
- Mettre l'électrode dans le bêcher, puis appuyer sur « Read » ;
- La valeur de la conductivité s'affiche sur l'écran de l'appareil.

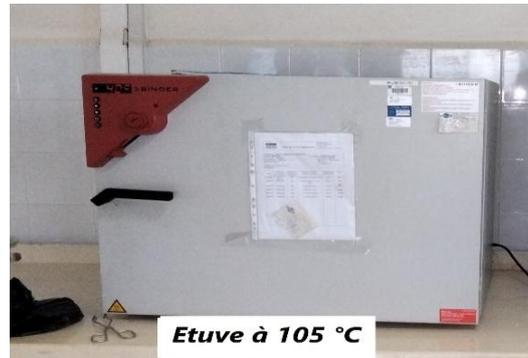


Conductimètre

Détermination de la matière en suspension

Le mode opératoire par filtration sur filtre suit la norme ISO 11923 :

- La première étape consiste à faire passer l'eau à analyser à un filtre afin de retenir toutes les particules de taille supérieure à $0.45\mu\text{m}$;
- Le filtre sera séché dans une étuve à $105\text{ }^\circ\text{C}$ pendant 4 h ;
- Le filtre doit être pesé avant et après la filtration.



Etuve

La différence de poids permet de connaître le poids sec totale de la matière en suspension dans le volume filtré correspondant.

Les concentrations sont calculés selon la formule suivante : $\text{MES} = \frac{\text{Ps} - \text{P0}}{\text{V}}$

MES : concentration de la matière en suspension ;

P0 : poids du filtre avant filtration ;

Ps : poids du filtre après filtration ;

V : le volume filtré.



Balance de précision

Détermination de l'oxygène dissous

Selon la norme ISO 5814, le mode opératoire est comme suit :

- Placer l'électrode dans l'échantillon ;
- Agiter correctement l'échantillon ou remuer l'électrode dans l'échantillon ;
- 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)



Oxymètre

Détermination de l'ammonium

Selon la norme ISO 7150, le mode opératoire est le suivant :

- Prendre 40 ml d'eau à analyser ;
- Ajouter 4 ml du réactif I (réactif coloré) ;
- Ajouter 4 ml du réactif II (dichloroisocyanurate de sodium)
- Ajuster à 50 ml avec l'eau distillée et attendre 1 h ;
- L'apparition de la coloration verdâtre foncée indique la présence de NH_4^+ ;
- Mesurer avec le spectrophotomètre



Réaction de l'Ammonium

Détermination des nitrites

Selon la norme ISO 6777, le mode opératoire est le suivant :

- Introduire dans une fiole jaugée de 50 ml un volume de 40 ml de l'eau à analyser ;
- Ajouter 1 ml du réactif coloré ;
- Ajuster à 50 ml avec de l'eau distillée ;
- Homogénéiser et laisser la solution 2 min ;
- Mesurer avec un spectrophotomètre à la

longueur d'onde correspondant à l'absorbance maximale.

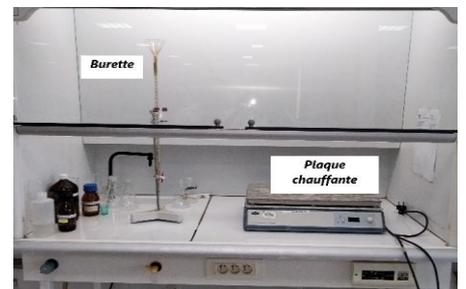


Spectrophotomètre

Dosage de la matière organique

Le test consiste à mesurer en milieu acide la quantité d'oxygène utilisée pour la réduction du permanganate de potassium par les matières oxydables contenues dans une eau.

- Prendre 50ml de l'échantillon ; acidifier l'échantillon avec 20ml d'acide sulfurique pour avoir une meilleure réaction de permanganate de potassium ;
- Ajouter 20ml de permanganate de potassium et maintenir à l'ébullition pendant 10 min : au cours de cette phase,



Appareil utilisé pour déterminer MO

le permanganate de potassium sera consommé par les matières oxydables existantes dans l'échantillon ;

- 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.

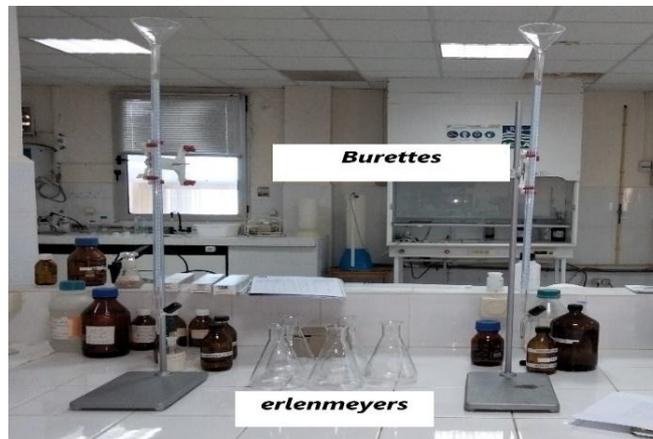
Expression des résultats

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

$$IP \text{ mg/l} = [(V_{\text{échantillon}} - V_{\text{BL}}) / V_{\text{retour}}] * M_{O_2}$$

Titration volumétrique

C'est une technique d'analyse quantitative qui permet de déterminer la quantité d'une substance nécessaire pour effectuer complètement une réaction chimique donnée. Le titrage consiste à verser à partir d'une burette un volume précis d'une solution dont la concentration est connue dans une solution contenant la substance à doser, de concentration inconnue. La substance contenue dans le titrant réagit de façon continue avec la substance à analyser. Le point atteint quand on a ajouté suffisamment de titrant pour que la totalité de la substance à analyser réagisse est appelé **point d'équivalence**. On identifie souvent ce point à l'aide du changement de couleur d'un produit chimique appelé indicateur. Cette méthode nous permet d'analyser :



Matériels utilisés pour la titrimétrie

- **Titre hydrotimétrique (TH)** : titré avec la Solution d'E.D.T. A à 0.01 mol/l.

Quelques paramètres de la minéralisation globale (Ca^{2+} , Mg^{2+}).



Résultats de la réaction du Ca^{2+} , Mg^{2+}

- **Titre alcalimétrique et le titre alcalimétrique complet (TA, TAC) :** titrer avec le H_2SO_4 à 0.02N.
- **Les chlorures :** Titrer avec $Ag NO_3$ à 0,01 N jusqu'à coloration brun rougeâtre,
- **L'indice de permanganate IMn :** titrage avec le permanganate de potassium à 2mmol/l.



Résultats de réaction de la MO

Annexe 11 : Mode opératoire pour la filtration par membrane

Préparation du milieu de culture

Utiliser un bain marie à une température de $100^{\circ}C$ pour faire fondre le flacon contenant la gélose stérile, une fois fondue, maintenir le milieu a $45^{\circ}C$ jusqu'à l'utilisation.

Ensemencement

- Stériliser la rampe de filtration à l'aide d'un Bec Bunsen et laisser refroidir ;
- Prélever le filtre stérile de son emballage à l'aide d'une pince stérilisée (flambée) ;
- Placer le filtre face quadrillée dessus, au centre de la membrane poreuse de la rampe ;
- Fermer l'entonnoir et verser 100 ml de l'échantillon à analyser ;
- Allumer la pompe sous vide et attendre que la totalité de l'échantillon soit filtré ;
- Retirer le filtre avec la pince stérile et le placer dans la boîte de Pétri contenant le milieu et s'assurer de ne pas piéger les bulles d'air ;
- Incuber la boîte de Pétri a la température idéale ;

Annexe 12 : dispositif utilisé pour l'étude bactériologique



Rampe à filtration



Incubateurs à 37°C et à 44°C



Flacons de prélèvement et dilution



Bain marie thermostaté



Réfrigérateur pour conservation des géloses et échantillons



Géloses nutritives utilisées pour des coliformes fécaux et totaux

Résumé

Ce travail consiste à évaluer la qualité des eaux de sources des régions de Thala Guilef, Ouadhias, Ath Ouacif et Ath Ouabane (Wilaya de Tizi-Ouzou) selon 3 méthodes d'évaluation différentes : biologique, physico-chimique et bactériologique.

Ce modeste travail a été mené sur 6 stations s'échelonnant entre 850m et 1100 m d'altitude. L'inventaire faunistique a permis de recenser un total de 9774 individus appartenant à 10 groupes zoologiques.

L'étude de la qualité hydrobiologique des stations étudiées appréciée par les méthodes IBGN et BMWP' a montré une variation de la qualité hydrique variant d'excellente à bonne.

Les résultats de l'étude physico-chimique montrent l'absence de toute forme de pollution au niveau des 6 sources étudiées.

Quant aux résultats bactériologiques obtenus sont de bonne qualité et cela montre que les sources étudiées sont pures.

Mots clés : cours d'eau, étude hydrobiologique, étude physico-chimique, étude bactériologique,

Abstract

This work consists of evaluating the quality of spring water in the regions of Thala Guilef, Ouadhias, Ath Ouacif and Ath Ouabane (Wilaya of Tizi-Ouzou) using 3 different evaluation methods: biological, physico-chemical, and bacteriological.

This modest work was carried out on 6 stations ranging from 850m to 1100m above sea level.

The faunal inventory made it possible to identify a total of 9774 individuals belonging to 10 zoological groups.

The study of the hydrobiological quality of the studied stations appreciated by the IBGN and BMWP' methods showed a variation of the water quality varying from excellent to good.

The results of the physico-chemical study show the absence of any form of pollution at the level of the 6 sources studied.

As for the bacteriological results obtained, they are of good quality; and this shows that the sources studied are pure.

Keywords : river, hydrobiological study, physico-chemical study, bacteriological study.