



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



Memoire

De fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master en Sciences de la Nature et de la Vie

Spécialité : Ecologie Animale

Thème

Contribution à l'étude de la qualité de l'eau de quelques cours d'eau de montagne (col de Tirourda) par les voies biologiques (IBGN), physico-chimiques et bactériologiques.


Réalisé par :

DELLAL Fatima

Soutenu publiquement le : 26/09/2023 Devant les membres de jury d'examen composés de :

Présidente	: Mme SAADOUNE N.	Professeure à UMMTO
Promotrice	: Mme HAOUCHINE S.	Maitre-assistante "A" à UMMTO
Co- promoteur:	Mr. HADDADI N.	Ingénieur au laboratoire SEAAL
Examinatrice	: Mme SEKHI S.	Maitre de conférence "B" à UMMTO

2022/2023



Je remercie d'abord le Dieu le tout puissant de m'avoir donné la santé et volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Je tiens à remercier ma promotrice Mme HAOUCHINE S. maitre-assistant à la faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques à l'UMMTO de m'avoir encadrée et encouragée ainsi qu'à ses précieux conseils tout au long de ce travail.

Mes vifs et sincères remerciements vont à Mme CHIKHI A. chef de service qualité au laboratoire de contrôle de qualité des eaux du barrage de Taksebt (SEAAL) pour son accueil, sa gentillesse, ses conseils, et surtout pour ces encouragements durant ces mois de stage pratiques.

Je ne pourrai remercier jamais assez mon Co-promoteur Mr HADDADI N. ingénieur au laboratoire SEAAL pour sa gentillesse, son aide, ses précieux conseils, sa disponibilité et surtout pour sa patience durant tout au long de ce stage.

Un grand merci à toute l'équipe du laboratoire SEAAL pour leur accueil et leur gentillesse, c'était une deuxième famille pour moi.

Ma profonde gratitude s'exprime en premier lieu à Mr LOUNACI A. de m'avoir accepté dans son laboratoire et avoir mis tout le matériel nécessaire à ma disposition, et en second lieu aux membres de jury pour avoir accepté de juger ce présent travail :

Mme SAADOUNE N. professeure à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou d'avoir accepté de présider le jury de cette soutenance.

Mme SEKHI S. maitre de conférences classe B à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou d'avoir consacré son précieux temps afin d'examiner ce modeste travail.

Je tiens à remercier aussi Mr BAIKECHE L. doctorant à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou pour sa disponibilité et ces encouragements durant cette période de travail.

En fin, je tiens à remercier toute personne attribuée de loin ou de près à la réalisation de ce modeste travail.

Dédicace

Ce travail est dédié à ceux qui me sont chers, à ceux qui m'ont donné la vie et sacrifié toute leur vie qui a fait de moi ce que je suis aujourd'hui.

Combien sont grands les sacrifices qu'ils m'ont consenti, leurs soutiens et leurs prières. Quels sont leur prix ?

A mon très cher père Ahmed ;

L'épaule solide, l'œil attentif. Qui a su se montrer patient, attentif et encourageant. Ta chaleur paternelle a été et sera toujours pour moi un grand réconfort.

A celle qui m'a donnée la vie, ma très chère mère Salha ;

La source de tendresse, de patience et de générosité. Mes mots me manquent pour exprimer ce que je ressens.

Que Dieu vous protège et vous donne longue vie.

A mon bien aimé et mon sang, mon très cher frère Hocine ;

Tu es un frère et mon deuxième père. Tu as toujours été à mes côtés, que Dieu te garde et te donne longue vie.

A tous ce qui ont contribué de loin ou de près pour la réalisation de ce travail.



Fatima.

SOMMAIRE

Introduction	1
--------------------	---

Chapitre I : Caractéristiques générales de la région d'étude

1. Situation géographique de la région d'étude	3
2. Géologie	4
• Chaîne calcaire du Djurdjura	4
• Le socle Kabyle.....	4
• Les dépressions sédimentaires	4
3. Climatologie	6
3.2 Précipitations	6
3.3 Températures.....	7
❖ Températures de l'air	8
4. Couvert végétal	9
5. Perturbations anthropiques.....	10

Chapitre II: Sites et méthodes d'étude

1. Démarche générale.....	11
2. Description des stations d'étude.....	11
2.1 Assif Tirourda (TR).....	12
2.2 Assif N'Ait-Atsou (AA).....	13
2.3 Assif Ililthen (AI).....	13
3. Caractéristiques physiques des stations étudiées	14
3.2 La pente	14
3.2 Le débit	14
3.3 Ecoulement de l'eau et la vitesse du courant.....	14
3.4 Le substrat	15
4. Méthodes d'étude.....	16
4.1 Matériels et méthodes de l'étude faunistique.....	16
• Techniques d'échantillonnages.....	16
• Les techniques de prélèvements	17
❖ Les milieux lotiques	17
❖ Les milieux lentiques	17
• Conservation des échantillons	17

•	Tri et identification de la faune	17
4.1.1	Méthodes d'analyse de la faune benthique	18
•	Indices écologiques de composition et de structure des peuplements	18
-	Diversité brute ou richesse taxonomique	18
-	Abondance relative des espèces.....	18
-	Occurrence relative des espèces	19
-	Indice biologique global normalisé (IBGN).....	20
4.2	Matériels et méthodes de l'étude physico-chimiques.....	21
➤	Echantillonnage de l'eau.....	21
4.2.1	Analyses des paramètres physico-chimiques	21
➤	Matériel utilisé.....	21
❖	Appareillage	21
❖	Verrerie et autres matériels.....	22
4.2.1.1	Les paramètres organoleptiques.....	22
•	La couleur	22
•	L'odeur.....	22
•	La saveur	22
4.2.1.2	Les paramètres physico-chimiques	23
•	Oxygène dissous (O ₂)	23
•	La conductivité électrique (CE)	23
•	Température (T)	23
•	Potentiel hydrogène (pH).....	24
•	La turbidité (transparence).....	24
•	Les matières en suspensions (MES)	24
•	Les résidus secs (RS).....	25
4.2.1.3	Les paramètres de minéralisation	25
•	La dureté totale (TH).....	25
•	Titre Alcalimétrique (TA) et Titre Alcalimétrique Complet (TAC)	25
•	Les chlorures (Cl ⁻).....	25
4.2.1.4	Les paramètres de pollution	26
•	Ammonium (NH ₄ ⁺)	26
•	Les nitrates (NO ₃ ⁻)	26
•	Les nitrites (NO ₂ ⁻)	26

• Les phosphates (PO ₄ ³⁻).....	26
• La matière organique (MO)	27
4.2.1.5 Les paramètres indésirables	27
• Le fer (Fe).....	27
• Aluminium (Al)	27
4.3 Analyses des paramètres bactériologiques	28
4.3.1 Recherche et dénombrement des bactéries	28
➤ Les coliformes totaux	28
➤ Les coliformes fécaux	28
➤ Les streptocoques fécaux.....	29

Chapitre III : Résultats et discussion

I. Résultats des analyses de l'étude biologique.....	29
1. Analyse globale de la faune benthique.....	29
1.1 L'abondance stationnelle	32
1.2 La richesse taxonomique.....	33
1.3 Abondance et occurrence des taxons.....	34
2. Analyse quantitative et qualitative de la faune benthique	36
2.1 Les Ephéméroptères.....	36
2.2 Les Diptères	37
2.3 Les Coléoptères	38
2.4 Les Trichoptères.....	40
2.5 Les Plécoptères	41
2.6 Les Hétéroptères.....	42
2.7 Autres groupes zoologique	43
➤ Mollusques	43
➤ Les Hydracariens	43
➤ Les Oligochètes	44
➤ Les Planipennes et les Hirudinés	45
➤ Les Crustacés.....	45
2. Evaluation de la qualité hydrobiologique des cours d'eau	46
II. Résultats des analyses par la voie physico-chimique.....	48
1. Résultats des paramètres physico-chimiques	49
➤ Turbidité et couleur	49

➤	Température et oxygène dissous	50
➤	pH	50
➤	Conductivité électrique	51
2.	Résultats des paramètres de minéralisation	52
➤	La dureté totale (TH)	52
➤	Titre alcalimétrique (TA) et titre alcalimétrique complet (TAC)	53
➤	Les chlorures	53
3.	Résultats des paramètres de pollution	54
➤	Les composés azotés	54
➤	Les ortho-phosphates (PO_4^{3-})	55
➤	Les sulfates (SO_4^{2-})	56
➤	La matière organique	56
➤	Les matières en suspension (MES)	57
➤	Les résidus secs (RS)	58
4.	Les résultats des paramètres indésirables	58
➤	Le Fer (Fe^{2+}) et l'Aluminium (Al^{3+})	58
III.	Résultats des analyses bactériologiques	59
➤	Les coliformes totaux	60
➤	L'Escherichia coli	60
➤	Les streptocoques	60

Discussion générale

Conclusion

Résumé

Liste des figures

Figure 1: situation géographique de la région d'étude (LOUNACI, 2005).	3
Figure 2: Les grandes unités morpho-structurales de la Grande Kabylie (FLANDRIN, 1952) 5	5
Figure 3: Précipitations moyennes mensuelles enregistrées à certaines localités de la Kabylie du Djurdjura (Période 1991-2014 ; données de l'ANRH par LAMINE (2021) ; OULD HADDA & SADOUDI (2021)	7
Figure 4: Températures moyennes mensuelles de l'air en (°C) à Tizi-Ouzou pour la période allant de 2012 à 2020 (ONM) (données de MOUKRANI & MOKRAOUI, 2021).....	8
Figure 5: Localisation des stations étudiées.....	11
Figure 6: Exemple de calcul de l'IBGN.	20
Figure 7: Abondance relative des groupes faunistiques dans les cours d'eau étudiés	32
Figure 8: Abondance de la faune globale dans les stations étudiées.....	33
Figure 9: La richesse taxonomique dans les stations étudiées.....	34
Figure 10: Abondances relatives (%) des taxons récoltés.	35
Figure 11: Occurrences relatives (%) des taxons récoltés.	35
Figure 12: Abondance des Ephéméroptères récoltés dans les stations d'étude.	37
Figure 13: Abondance des Diptères récoltés dans les stations d'études.....	38
Figure 14: Abondance des Coléoptères récoltés dans les stations d'étude.	39
Figure 15: Abondance des Trichoptères récoltés dans les stations d'étude.	40
Figure 16: Abondance des Plécoptères récoltés dans les stations d'étude.....	41
Figure 17: Abondance des Hétéroptères récoltés dans les stations d'étude.....	42
Figure 18: Abondances des Mollusques récoltés dans les stations d'études.	43
Figure 19: Répartition des Hydracariens dans les stations étudiées.....	44
Figure 20: Abondance des Oligochètes récoltés dans les stations d'étude.	44
Figure 21: Répartition des Planipennes et les Hirudinés dans les stations d'étude.	45
Figure 22: Répartition des Crustacés dans les stations étudiées.	45
Figure 23: La qualité hydrobiologique des stations d'étude.	47
Figure 24: variations de la turbidité et de la couleur dans les stations d'étude.....	49
Figure 25: Les variations de températures et de l'oxygène dissous dans les stations d'études	50
Figure 26: Les variations du pH dans les stations d'études.....	51
Figure 27: Les variations de la conductivité dans les stations d'étude.	51
Figure 28: Les variations de la dureté totale (TH) dans les stations d'étude.	52
Figure 29: Les variations de Ca^{2+} et Mg^{2+} dans les stations d'étude.....	52
Figure 30: Les variations de TA et TAC dans les stations d'étude.	53
Figure 31: Les variations des chlorures dans les stations d'étude.	53
Figure 32: Les variations de l'Ammonium (NH_4^+) dans les stations d'étude.....	54
Figure 33: Les variations des Nitrites et des Nitrates (NO_2^- et NO_3^-) dans les stations d'étude.....	55
Figure 34: Les variations des Ortho-phosphates (PO_4^{3-}) dans les stations d'étude.....	55
Figure 35: Les variations des Sulfates (SO_4^{2-}) dans les stations d'étude.	56
Figure 36: Les variations de la matière organique ($KMnO_4$) dans les stations d'étude.	57
Figure 37: Les variations des MES dans les stations d'étude.	57
Figure 38: les variations des résidus secs dans les stations d'étude.	58
Figure 39: Les variations du Fe_2^+ et Al^{3+} dans les stations d'étude.....	59

Liste des tableaux

Tableau 1: Altitudes et pentes des stations étudiées.	14
Tableau 2: Vitesse du courant et largeur du lit mesurées dans les différentes stations.	15
Tableau 3: Nature du substrat dans les stations étudiées.....	16
Tableau 4: Les différentes classes de qualité de l'eau selon l'IBGN.....	21
Tableau 5: Nombre de familles par groupes zoologiques dans les stations d'étude.	29
Tableau 6: Répartition de la faune benthique dans les stations d'étude.	30
Tableau 7 : Appréciation globale de la qualité de l'eau des stations d'étude.....	47
Tableau 8: Résultats des analyses physico-chimiques des quatre stations étudiées.	48
Tableau 9: Résultats des analyses bactériologiques des quatre stations d'étude.	59

Liste des abréviations

AA : Assif Ait Atsou ;

AI : Assif Ililthen ;

TR1 : Tirourda 1 ;

TR2 : Tirourda 2 ;

AFNOR : Association Française de Normalisation ;

AB : Abondance ;

Ab r : Abondance Relative ;

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques ;

E.Coli : Escherichia Coli ;

IBGN : Indice Biologique Global de Normalisation ;

JORA : Journal Officiel de la République Algérienne ;

MES : Matières En Suspension ;

MO : Matière Organique ;

NTU : Unité Néphélométrie de Turbidité ;

Oc : Occurrence ;

Oc r : Occurrence relative ;

ONM : Office National de Météorologie ;

pH : Potentiel d'Hydrogène ;

RS : Résidus Secs ;

SEAAL : Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger ;

UFC : Unité Formant des Colonies.



Introduction

L'eau est la première source naturelle autour de laquelle se maintient et se développe la vie. Elle représente 70% de la surface de notre planète, sans cette matière noble la vie n'existera jamais.

Les cours d'eau sont parmi les écosystèmes les plus complexes et dynamiques (DYNESIUS & NILSSON, 1994). Ils jouent un rôle essentiel dans la conservation de la biodiversité, dans le fonctionnement des organismes et dans le cycle de matière organique.

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

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

L'étude de la macrofaune benthique des cours d'eau du Nord de l'Algérie a été entreprise ces dernières décennies afin de dresser un inventaire aussi exhaustif que possible et d'avoir des connaissances sur la systématique, l'écologie (facteurs de répartition des espèces, distribution spatial ...) ainsi que la biogéographie (LAMINE, 2021).

En Kabylie, plusieurs travaux ont été réalisés sur les cours d'eau qui font l'objet de suivi sur les macro-invertébrés benthiques par différents auteurs, citant : LOUNACI (1987) et AIT-MOULOUD (1988) sur la faune des cours d'eau de l'Oued Aissi ; LOUNACI-DAOUDI (1996) sur les insectes aquatiques du réseau hydrographique du Sébaou ; LOUNACI et *al* (2000a) sur la faune benthique du bassin de l'Oued Aissi ; LOUNACI et *al* (2000b) sur l'abondance, la richesse spécifique et la structure des communautés de macro-invertébrés benthiques de l'Oued Aissi ; MEBARKI (2001) sur la faune benthique de trois réseaux hydrographiques de Kabylie ; LOUNACI & VINÇON (2005) sur les Plécoptères de Kabylie ; LOUNACI (2005) sur la faune benthique des cours d'eau de Kabylie du Djurdjura ; HAOUCHINE (2011) sur la faunistique et l'écologie des macro-invertébrés des cours d'eau de la Kabylie et LAMINE (2021) sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des Ephéméroptères, Plécoptères, Trichoptères et Coléoptères Hydraenidae et Elmidae des cours d'eau de la Kabylie du Djurdjura. SEKHI (2022), recherche sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des Trichoptères des cours d'eau de Kabylie (Tizi-Ouzou, Algérie).

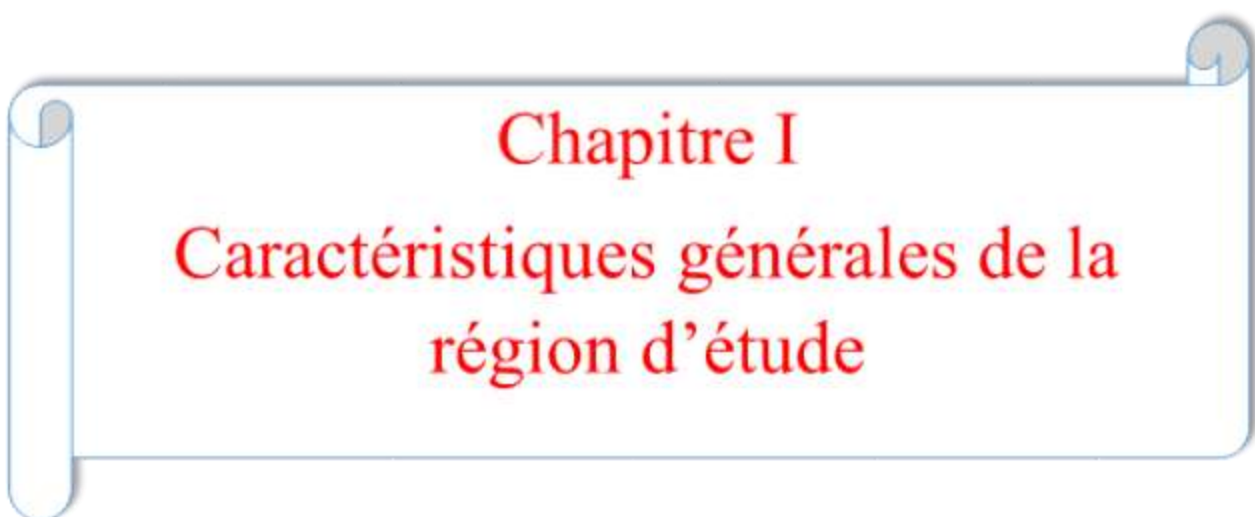
Ce présent travail est un apport de plus pour l'étude des cours d'eau de la Kabylie et précisément la région occidentale à savoir le haut d'Ain El Hammam. Il se veut une contribution à l'étude de la qualité de quelques cours d'eau de cette région par trois méthodes : biologique, physico-chimique et bactériologique.

Les macro-invertébrés benthiques (analyses biologiques) récoltés sont traités et analysés au niveau du laboratoire « Ecosystèmes Aquatiques Continentaux » de la faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. Tandis que, les analyses physico-chimiques et bactériologiques des différents paramètres de

l'eau sont réalisées au sein du laboratoire du contrôle de la qualité de l'eau de Taksebt (SEAAL).

Cette étude est structurée comme suit :

- Chapitre I : porte sur les caractéristiques générales de la région d'étude (géographie, climatologie, perturbations...).
- Chapitre II : concerne la partie expérimentale, qui traite la description des stations étudiées, l'échantillonnage, les démarches suivies afin d'analyser la qualité des différents échantillons prélevés et les différentes méthodes utilisées (physico-chimiques, bactériologiques et biologiques).
- Chapitre III : représente la majeure partie de ce travail, est consacrée à l'interprétation et à la discussion des différents résultats obtenus.



Chapitre I
Caractéristiques générales de la
région d'étude

2. Géologie

La géologie d'une région joue un double rôle. Elle influe non seulement sur le régime hydrique par sa capacité d'emménagement, mais aussi sur l'érosion et le transport des solides. La Kabylie a fait l'objet de différentes études : stratigraphiques, géologiques, tectoniques, orogénèses.... (FLANDRIN, 1952 ; THIEBAULT, 1952 ; RAYMOND, 1976 ; GELARD, 1979 ; YAKOUB, 1996). Le Djurdjura fait partie des chaînes Telliennes en bordure du littoral méditerranéen.

Elle est constituée par un ensemble sédimentaire allant du Paléozoïque supérieur au Cénozoïque. Elle correspond à la couverture plissée et fracturée du socle cristallophyllien de grande Kabylie (ABDESSLAM, 1995).

Selon YAKOUB (1985), trois formations géologiques importantes permettant l'écoulement et l'alimentation des Oueds, peuvent être distinguées et cela selon une coupe géologique Nord-Est du bassin versant de la vallée de Sébaou (figure 2).

- **Chaîne calcaire du Djurdjura**

Le massif du Djurdjura forme l'élément principal d'une grande unité structurale, appelée « la chaîne calcaire » (DURAND-DELGA, 1969). Elle est composée essentiellement de calcaire et de grès.

La lithologie de cette chaîne est d'un intérêt hydrogéologique important car elle est à l'origine de nombreux écoulements superficiels et saisonniers et favorise l'existence du phénomène de karstification donnant lieu souvent à des sources en altitude et le développement d'importants gouffres.

- **Le socle Kabyle**

Constitué par diverses formations cristallophylliennes (schistes, gneiss, granites...). Il favorise par sa topographie la convergence des eaux de pluies vers les principaux affluents de l'Oued Sébaou (YAKOUB, 1996).

- **Les dépressions sédimentaires**

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

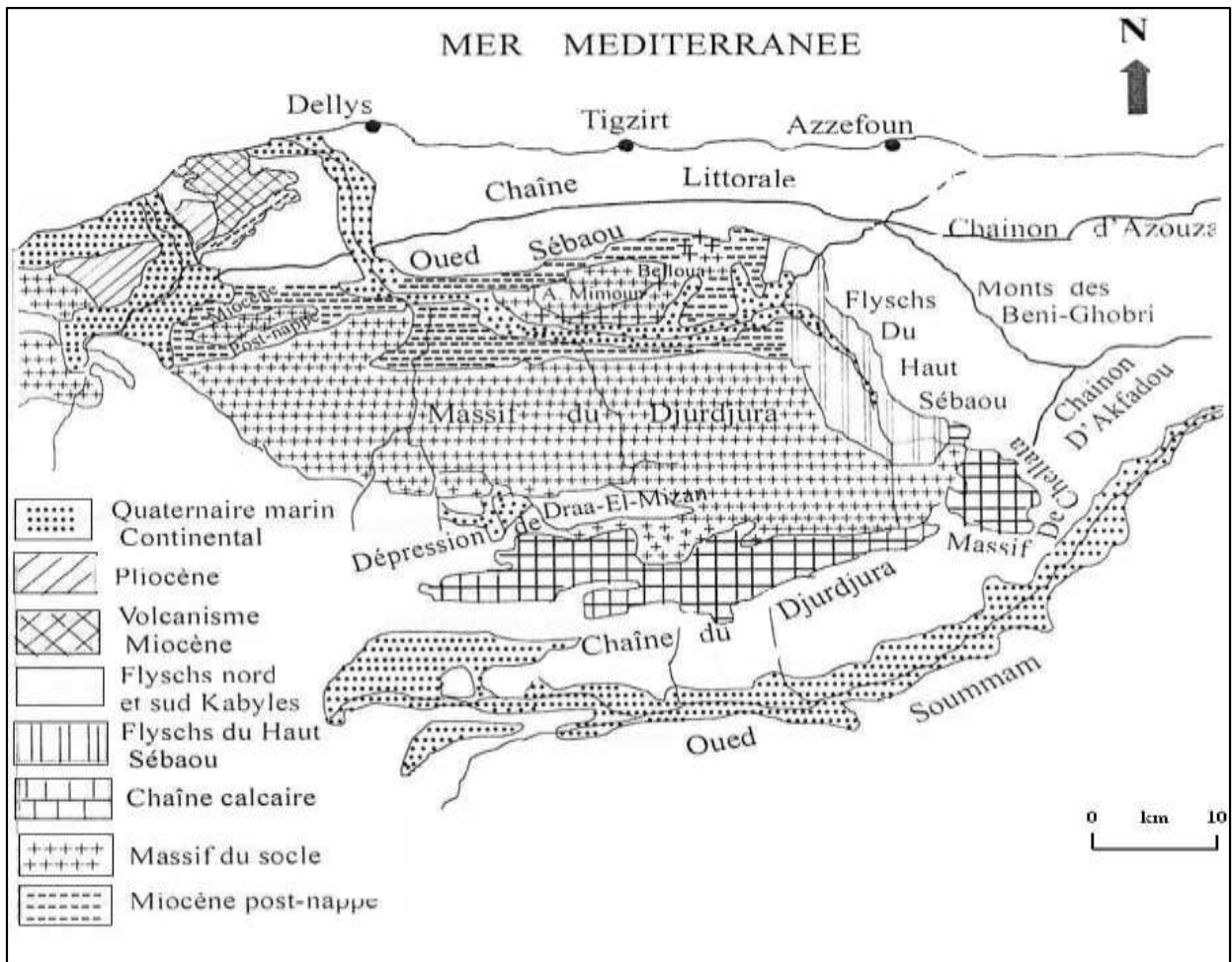


Figure 2: Les grandes unités morpho-structurales de la Grande Kabylie (FLANDRIN, 1952)

3. Climatologie

Le climat est l'ensemble des phénomènes météorologiques qui caractérisent la condition moyenne de l'atmosphère en chaque lieu de la terre

Le climat de la Kabylie est un climat qui peut être qualifié d'une variante de type méditerranéen. Il se caractérise à l'échelle annuelle par une opposition thermique et pluviométrique : un été sec et chaud, un hiver froid et pluvieux. (YAKOUB, 1996).

3.2 Précipitations

Le terme général de pluviométrie désigne la quantité totale de précipitations (pluie, grêle, neige) reçue par unité de surface et unité de temps.

La pluviométrie constitue un facteur écologique d'importance fondamentale, non seulement pour le fonctionnement des écosystèmes terrestres, mais aussi pour certains écosystèmes limniques (RAMADE, 2009).

Les précipitations sont extrêmement variables en région méditerranéenne et leurs moyennes se situent entre 100 mm et plus de 2000 mm/an (QUEZEL & MEDAIL, 2003).

En Algérie, pour déterminer les zones de précipitations, divers facteurs en contribuent, en particulier l'orientation des chaînes de montagnes et la direction des vents dominants porteurs d'humidité (DELANNOY & LECOMPTE, 1980 ; LABORDE, 2003 in MEDDOUR, 2010).

En plus de l'orientation des versants, la pluviosité en Algérie varie sous l'influence de plusieurs paramètres géographiques, à savoir : l'altitude, latitude, longitude et distance à la mer (SELTZER, 1937,1946, 1950 ; QUEZEL, 1957 ; CHAUMONT & PAQUIN, 1971 ; MEDDI *et al.*, 2007). En effet, la pluviosité augmente d'Ouest en Est et elle diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne du littoral vers le Sud.

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) ; ABDESSLAM (1995) ; MESSAOUDENE *et al.* (2004) et MEDDI & TOUMI (2013), avancent, quant à eux, une tranche pluviométrique annuelle qui varie entre 1500 et 2000 mm.

Le manque de données nous a contraint à utiliser les données pluviométriques de l'ARNH (LAMINE 2021 ; OULD HADDA & SADOUDI, 2021) pour les stations : Ait-Ouaban, Larbâa-Nath-Irathen, et Ath-Yeni pour la période 1994-2014 (Annexe 1 et figure 3).

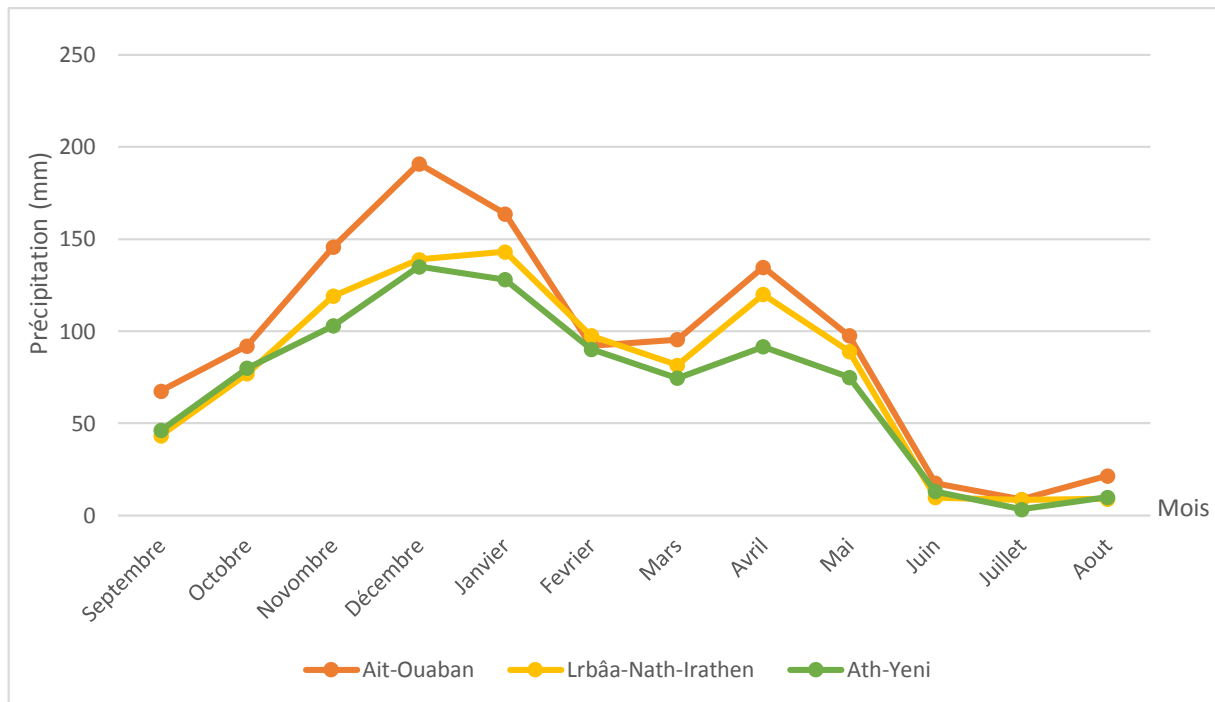


Figure 3: Précipitations moyennes mensuelles enregistrées à certaines localités de la Kabylie du Djurdjura (Période 1991-2014 ; données de l'ANRH par LAMINE (2021) ; OULD HADDA & SADOUDI (2021))

Les observations des courbes des précipitations mensuelles de la figure 3 montrent que le régime pluviométrique présente grossièrement la même allure malgré l'importance de leur variation d'un mois à l'autre. Les mois les plus pluvieux se concentrent entre Novembre et Mai, (plus de 80 % du total pluviométrique) avec deux pics :

- Le premier pic est observé en Décembre et en Janvier avec respectivement 154.97 et 144.93 mm ;
- Le second pic est observé au mois d'Avril avec 115.47 mm.

Ces précipitations diminuent ensuite progressivement pour atteindre les valeurs de l'ordre de 6.83 mm en Juillet et 13.47 mm en Aout pour reprendre en Septembre.

3.3 Températures

La température représente un facteur limitant de toute première importance car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métabolique et conditionne de ce fait la répartition des totalités des espèces des communautés des êtres vivants dans la biosphère (RAMADE, 2009).

PHILIPPO et *al.* (1981), admettent que la température permet de différencier entre les eaux qui circulent en profondeur et celles qui circulent près de la surface. Ce paramètre est en fonction de l'altitude, de la distance par rapport à la mer et varie également en fonction des saisons.

❖ Températures de l'air

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

En annexe 2 et sur la figure 4, nous avons rapporté les températures mensuelles de l'air (moyennes maximales et minimales) enregistrées à Tizi-Ouzou pendant la période 2012-2020 (données de MOKRANI & MOKRAOUI (2021)).

Les températures moyennes annuelles de l'air sont variables d'une année à l'autre. Dans la wilaya de Tizi-Ouzou, la température moyenne interannuelle est de 18.78°C.

Après une lecture de la figure 4, nous constatons que :

- Les températures moyennes maximales sont notées aux mois de Juillet et Août avec 36.08°C et 35.11°C respectivement.
- Les températures moyennes minimales sont notées aux mois de Décembre, Janvier et Février avec respectivement : 8.2°C, 6.73°C et 6.73°C.

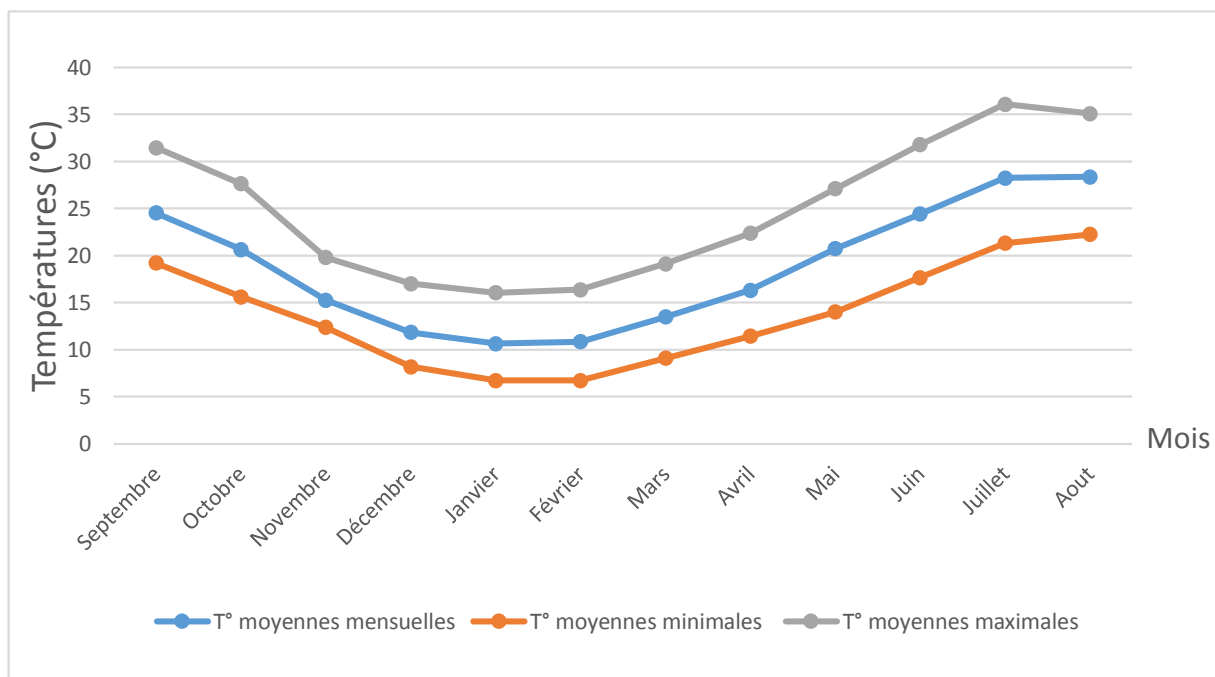


Figure 4: Températures moyennes mensuelles de l'air en (°C) à Tizi-Ouzou pour la période allant de 2012 à 2020 (ONM) (données de MOUKRANI & MOKRAOUI, 2021).

4. Couvert végétal

Le couvert végétal est un facteur écologique très important qui influe sur les écoulements superficiels. La résistance à l'écoulement est d'autant plus grande que le couvert végétal est plus dense.

En Kabylie du Djurdjura, l'hétérogénéité et l'action anthropique ont imprimé au paysage végétal un caractère très morcelé, lequel se présente sous forme de mosaïque assez complexes.

Près des cours d'eau, 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 un rôle important dans la répartition de la faune benthique.

Les différentes études réalisées sur la cartographie de la végétation permettent de distinguer les principales formations végétales étagées depuis la mer jusqu'à 2000 m d'altitude (LOUNACI, 2005).

L'étude de la répartition des associations végétales du réseau hydrographique considéré permet de distinguer :

- En altitude supérieur à 1100 m : les sommets sont dénudés ou couvert à quelques endroits par des pelouses écorchées à xérophytes épineux et rampants : ronces (*Rubus* sp.) et genets (*Genista* sp.). on note aussi la présence de quelques pieds de cèdre épars (*Cedrus atlantica*).
- En aval, aux altitudes inférieures à 1100 m, la végétation est constituée essentiellement de chêne vert (*Quercus rotundifolia*), de frêne (*fraxinus* sp.) et de quelques pieds d'érables (*Acer* sp.). ce sont des feuillus qui empêchent le réchauffement excessif des eaux en été.
- Entre 600 et 800 m d'altitude, on rencontre l'olivier (*Olea europea*) sur les terrasses alluviales anciennes et des cultures maraichères sur les basses terrasses d'alluvions récentes.
- Entre 300 et 500 m d'altitude, la strate arborée y domine, elle est composée essentiellement de l'olivier (*Olea europea*).
- En plaine, les formations végétales sont représentées principalement par des vergers (oranges, pommiers, poiriers, figuiers...), qui participent à la dégradation des formations végétales naturelles dans la vallée de Sébaou.

Le long des cours d'eau, sur les berges on rencontre :

- ❖ Aux altitudes supérieures à 500 m : une végétation bordante est représentée essentiellement par l'aulne (*Alnus glutinosa*), le mersier (*Cerasus avium*), le figuier (*Ficus carica*), le pistachier (*Pistacia lentiscus*), le mucocolier (*Celtis australis*), le dyss (*Ampelodesma mauritanica*) et de nombreuses lianes.

❖ Aux altitudes inférieures à 500 m : la végétation est constituée par le peuplier blanc (*Populus alba*), le peuplier noir (*Populus nigra*), le laurier rose (*Nerium oleander*), l'aulne (*Alnus glutinosa*), le tamaris (*Tamarix* sp), le roseau (*Arundo donax*), l'eucalyptus et par endroit des épineux (genêts, ronces...).

Quant à la végétation aquatique, elle est représentée principalement par les mousses dans les parties supérieures des cours d'eau.

5. Perturbations anthropiques

Une perturbation est un événement qui cause des dommages temporaires ou durables à un milieu donné.

La pollution est une modification défavorable du milieu naturel qui apparaît en totalité ou en partie comme un sous-produit de l'action humaine, au travers d'effets directs ou indirects altérant les critères de la constitution physico-chimique du milieu naturel et de l'abondance des espèces vivantes.

Il est évident que les phénomènes naturels peuvent polluer, mais on réserve habituellement ce terme aux dégradations dues à l'homme.

La pollution atteint aujourd'hui une bonne partie de nos réseaux hydrographiques, ainsi que de nombreux lacs. Cela résulte avant tout de la multiplication et de la croissance des établissements industriels le long des rivières, ainsi que l'extension extrêmement rapide des zones urbaines qui déversent nécessairement leurs eaux usées, épurées ou non, dans le réseau fluvial (cas du Sébaou). Mais cela résulte aussi du développement industriel de l'agriculture qui utilise de plus en plus d'engrais chimiques, d'herbicides, d'insecticides etc...

La pollution des eaux continentales pose de problèmes graves ; d'une part, en raison de l'influence de nos ressources en eau, et d'autre part, en raison de la dégradation des conditions de vie dans ce milieu naturel fondamental.

En Kabylie du Djurdjura, les zones montagneuses prédominent sur les plaines, où se concentrent les populations humaines et leurs activités agricoles et industrielles. En conséquence, de nombreuses grandes villes sont situées auprès des parties inférieures des cours d'eau qui reçoivent les effluents urbains, industriels et ceux provenant de l'agriculture intensive (LOUNACI, 2005).

Le cours d'eau le plus atteint est sans doute l'Oued Sébaou. Dans sa partie amont, la pollution est essentiellement d'origine domestique et agricole, cumulée au pompage de l'eau.

Concernant nos stations d'étude, la pollution est représentée essentiellement par l'élevage, la baignade et l'accumulation de quelques déchets ménagers.



Chapitre II

Sites et méthodes d'étude

2.1 Assif Tirourda (TR)

Petit torrent de montagne, il prend naissance au col de Tirourda où il collecte les écoulements de nombreux petits ruisseaux alimentés par les eaux de fonte de neige et de nombreuses sources. Doté d'une forte pente (16%), il cascade en orientation Sud-Nord sur un parcours d'environ 5 km entre 1700 et 900 m d'altitude, avant de se jeter dans Assif Iferhounene. Deux stations sont retenues sur ce cours d'eau : TR 1 et TR 2.

➤ **Station TR 1** : Station située à 0.5 km en aval du col de Tirourda sur un torrent à grand débit.

- ✓ Altitude : 1120 m ;
- ✓ Pente : 14.8 %
- ✓ Profondeur : 15 à 20 cm ;
- ✓ Vitesse du courant : très rapide à rapide ;
- ✓ Température de l'eau : 10°C ;
- ✓ Largeur du lit mineur : 1 à 1.5 m ;
- ✓ Substrat : dalles, galets, gravier, sable ;
- ✓ Végétation bordante : strate arborescente et arbustive ;
- ✓ Végétation aquatique : quelques mousses sur les dalles.



Station TR1

➤ **Station TR 2** : Cette station est située à environ 1.5 km en amont du village de Tirourda. Elle est localisée sur un ruisseau de faibles dimensions, au milieu d'un environnement rocailleux.

- ✓ Altitude : 1045 m ;
- ✓ Pente à la station : 13.6 % ;
- ✓ Profondeur : 15 à 20 cm ;
- ✓ Vitesse du courant : moyenne ;
- ✓ Température de l'eau : 12°C
- ✓ Largeur du lit mineur : 0.5 à 1 m ;
- ✓ Substrat : galets, graviers et limons ;
- ✓ Végétation bordante: strate arborescente, strate arbustive et épineux ;
- ✓ Végétation aquatique : mousses et algues.



Station TR2

2.2 Assif N'Ait-Atsou (AA)

Il est le type même de cours de haute montagne. Il prend naissance au pied du col dit "Azerou N'Thor" à partir des sources et de petits ruisseaux alimentés par les eaux de pluies et de fonte de neiges. Il coule en orientation Sud-Nord entre 1400 et 900 m sur une distance de 6 km. Il borde le village d'Ath-Atsou avant de rejoindre Assif d'Iferhounene. Cette station est située à 500 m en amont du village Ait-Atsou.

- ✓ Altitude : 1080 m ;
- ✓ Pente : 20 % ;
- ✓ Profondeur : 5 à 10 cm ;
- ✓ Vitesse du courant : très rapide à rapide ;
- ✓ Température de l'eau : 14°C ;
- ✓ Largeur du lit mineur : 1 à 1.5 m ;
- ✓ substrat : dalles, rochers, galets et sable ;
- ✓ Végétation bordante : strate arborescente et arbustive fournie, épineux ;
- ✓ Végétation aquatique : quelques mousses sur les dalles.



Station Ait Atsou

2.3 Assif Ililthen (AI)

Cours d'eau de montagne de dimension réduite, prend naissance à 1500 m d'altitude à partir de sources et des ruisselets alimentés par les eaux de pluies et de fonte de neige du col de Tirourda. Il coule en orientation Sud-Nord sur une distance d'environ de 7 km entre 1300 et 500 m d'altitude avant de se jeter dans l'Assif Halil (affluent et de l'oued Boubhir). Elle est située à 3 Km en amont du chef-lieu de la commune d'Ililthen

- ✓ Altitude : 1010 m ;
- ✓ Pente : 16 % ;
- ✓ Profondeur : 15 à 20 cm ;
- ✓ Vitesse du courant : très rapide à rapide ;
- ✓ Température de l'eau : 16°C ;
- ✓ Largeur du lit mineur : 1.5 à 2 m ;
- ✓ Substrat : rochers, galets, graviers ;
- ✓ Végétation bordante : strate arborescente, strate arbustive fournie et épineux ;
- ✓ Végétation aquatique : algues.



Station Assif Illilthen

3. Caractéristiques physiques des stations étudiées

BERTHELEMY (1966) ; LAVANDIER (1979) et ANGELIER (1980) *in* LOUNACI (2005) admettent qu'il est possible de caractériser les milieux d'eau courante par leurs facteurs physiques (altitudes, pente, largeur du lit, vitesse du courant, substrat et température) qui évoluent régulièrement de l'amont vers l'aval et les facteurs chimiques de l'eau.

3.2 La pente

La pente est un facteur écologique important qui dépend de l'altitude. Elle intervient dans la détermination de la vitesse du courant et de la taille des éléments du substrat, ainsi que dans la répartition de la faune benthique.

Le profil longitudinal est décrit à l'aide de trois paramètres : l'altitude, la distance à la source et la pente. La lecture du tableau 1 montre que ces stations sont toutes pentues avec des valeurs importantes qui varient entre 13.6 et 20 %. Elles correspondent aux ruisseaux d'altitudes dont l'altitude dépasse les 1000 m.

Tableau 1: Altitudes et pentes des stations étudiées.

Stations	TR 1	TR 2	AA	AI
Altitudes (m)	1120	1045	1080	1010
Pentes (%)	14.8	13.6	20	16

3.2 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 (MEBARKI, 2001).

En 1995, ABDESSLEM signale que les débits les plus importants de l'année, en Kabylie, proviennent de la fonte du manteau neigeux au printemps.

LOUNACI (2005), signale que les cours d'eau de montagne d'altitude supérieur à 1000 m présentent un régime hydrologique pluvio-nival de Décembre à mi-Avril à début juin. Dans les zones de piémont et de plaines, le régime hydrologique est plutôt pluvial.

3.3 Ecoulement de l'eau et la vitesse du courant

HYNES (1970) ; MINSHALL (1984) ; STAZNER & *al.* (1988) *in* LOUNACI (2005), affirment que la vitesse du courant est une composante du milieu bien connue par son action sélective sur les peuplements benthiques. Son importance comme facteur de répartition n'est plus à démontrer.

Selon GENIN et *al.* (2003) *in* YASRI-CHEBOUBI (2018), l'écoulement dépend essentiellement du débit et de la pente. A une échelle plus fine, elle dépend localement des apports des affluents de la taille des substrats, ainsi que de la largeur du lit et de la profondeur de la lame d'eau.

Dans notre travail, 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 vitesses relevées dans les quatre stations étudiées sont enregistrées dans le tableau 3. Elles sont classées selon l'échelle de BERG (1948) *in* DECAMPS (1971) :

- Vitesse très lente : ≤ 10 cm/s
- Vitesse lente : 10 à 5 cm/s
- Vitesses moyenne : 25 à 50 cm/s
- Vitesse rapide : 50 à 100 cm/s
- Vitesse très rapide : ≥ 100 cm/s

Le tableau 2 fait ressortir que la vitesse du courant est considérable aux niveaux de toutes les stations. Les prélèvements ont été effectués après une série de précipitations ce qui a donné une vitesse allant de moyenne à très rapide. Ce sont les caractéristiques des cours d'eau de montagne.

Tableau 2: Vitesse du courant et largeur du lit mesurées dans les différentes stations.

stations	TR 1	TR 2	AA	AI
Largeur du lit (m)	1 à 1.5	0.5 à 1	1 à 1.5	1.5 à 2
Vitesse du courant	TR à R	M	TR à R	TR à R

TR : très rapide / R : rapide / M : moyenne.

3.4 Le substrat

Les cours d'eau présentent naturellement une grande diversité structurale, par sa composition, le substrat façonne une grande partie de l'habitat des espèces aquatiques : fonds sableux, dépôts de débris végétaux, zones roailleuses, 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 (SEKHI, 2010).

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 3 ci-dessous présente les différents substrats définis.

La distribution des stations en fonction de l'altitude et la nature du substrat, montre une hétérogénéité au sein de ces étages altitudinaux. Le substrat est à dominance de galet et de gravier.

Tableau 3: Nature du substrat dans les stations étudiées.

Stations	TR 1	TR 2	AA	AI
Paramètres				
GG (%)	95	80	80	80
SL (%)	0	20	20	20
MO (%)	5	0	0	0
Vaq (%)	0	0	1	2

GG : galets et gravier / SL : sable et Limon / MO : Matière Organique / Vaq : Végétation aquatique.

4. Méthodes d'étude

Dans le cadre de notre étude, l'unité de base que nous avons choisie est la station. Elle correspond, selon LOUNACI-DAOUDI (1996), à une portion de cours d'eau d'une longueur de moyenne de 50 m qui regroupe en son sein tout un ensemble d'habitats particuliers.

4.1 Matériels et méthodes de l'étude faunistique

- **Techniques d'échantillonnages**

Selon ILLIES & BOTOSANEANU (1963) *in* LOUNACI-DAOUDI (1996), les habitats ne se suivent pas régulièrement le long des cours d'eau. Ils sont répartis en mosaïques, soit en prenant place l'un à côté de l'autre, soit en se succédant avec répétition.

Pour permettre une estimation convenable des effectifs, dans toute étude quantitative, l'échantillonnage doit refléter les diverses conditions de milieu et être basé sur des relevés suffisamment nombreux.

Selon HAOUCHINE (2011), l'échantillonnage consiste à rassembler la plus grande diversité faunistique représentative des habitats à étudier pour obtenir un bilan plus complet possible des taxons présents dans les cours d'eau. (Annexe 3)

Pour une station, l'échantillonnage de la faune benthique est constitué de 8 prélèvements. L'ensemble de ces prélèvements doit donner une vision de la diversité des habitats de cette station.

- **Les techniques de prélèvements**

Pour l'échantillonnage des macro-invertébrés benthiques en faciès lotique, un filet surber, vide de maille de 275 μm a été utilisé. Tandis que pour les faciès lentiques, le filet le plus approprié est le filet troubleau.

- ❖ **Les milieux lotiques**

Les prélèvements de la faune benthique sont effectués dans des zones peu profondes (< à 40 cm) et sur des surfaces de 0.1 m² à l'aide du filet surber possédant un cadre carré sur des substrats de : galets, graviers, sables, limons, argiles et de vase.

La procédure consiste à placer le filet en position verticale contre le substrat tout en maintenant l'ouverture du filet dirigée vers le sens contraire du courant. A l'aide des mains ou des bottes, 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.

- ❖ **Les milieux lentiques**

Dans ce type de milieu aquatique, les prélèvements ont été réalisés au moyen d'un filet troubleau à ouverture circulaire de 30 cm de diamètre.

L'échantillonnage est réalisé dans des fonds sablonneux-limoneux et fonds vaseux en faisant exécuter un certain nombre de mouvements de « va-et-vient » sur une distance de 1 m environ.

- **Conservation des échantillons**

Les échantillons issus du prélèvement benthique sont conservés dans des sachets en plastiques puis fixés avec du formol à 8% sur le terrain. La date, le numéro et les caractéristiques de chaque station sont notés à chaque prélèvement. Chaque échantillon conservé est ramené au laboratoire pour le tri, détermination et analyse.

- **Tri et identification de la faune**

Au laboratoire, les échantillons sont lavés abondamment à l'eau et débarrassés de la vase, débris végétaux et graviers sur une série de tamis de mailles de taille décroissante (5 à 0.2 mm).

Le contenu des tamis est ensuite versé dans une bassine puis transvasé dans des béciers de 250 cc. Le tri et l'identification sont effectués sous une loupe binoculaire. Les organismes sont transvasés dans des piluliers contenant de l'alcool à 75 %. (Annexe 4)

La détermination se fait à l'aide des clés de TACHET et *al.* (1980) et TACHET et *al.* (2000). Le matériel biologique identifié est conservé dans des piluliers en verre remplis d'alcool à 70% puis étiqueté (la date du prélèvement, le nom de la station et le taxon identifié).

4.1.1 Méthodes d'analyse de la faune benthique

• Indices écologiques de composition et de structure des peuplements

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 que sont la richesse spécifique et l'abondance (GRALL & HILY, 2003). Ces paramètres permettent la description de la structure des peuplements.

- Diversité brute ou richesse taxonomique

Cet indice correspond au nombre de taxons présents dans chaque prélèvement (BOULUNGER et al., 1998 ; RAMADE, 2003). Elle augmente généralement avec une amélioration de la qualité de l'eau et de la diversité de l'habitat (PLAKFIN et al., 1989).

- ✓ $RT < 8$: mauvaises conditions écologiques ;
- ✓ $8 < RT < 15$: conditions écologiques moyennes ;
- ✓ $RT > 15$: bonnes conditions de l'habitat.

- Abondance relative des espèces

C'est un paramètre important pour la description d'un peuplement. Il représente le nombre d'individus du taxon (i) présent par unité de surface ou de volume (RAMADE, 2003). Il est variable aussi bien dans l'espace que dans le temps. L'abondance relative d'une espèce est fonction de la façon de partager des ressources naturelles dans son biotope. Sa formule est :

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

$$\left\{ \begin{array}{l} n_i = \text{nombre d'individus de l'espèce } i ; \\ N = \text{nombre total d'individus} \end{array} \right.$$

Ces abondances relatives sont réparties en cinq classes :

- ✓ A [0 % ; 20 % [: espèces rares ;
- ✓ A [20 % ; 40 % [: espèces rare est dispersées ;
- ✓ A [40 % ; 60 % [: espèces peu abondantes ;
- ✓ A [60 % ; 80 % [: espèces abondantes ;
- ✓ A \geq 80 % : espèces très abondantes.

- Occurrence relative des espèces

C'est, selon DAJOZ (1985), le rapport exprimé en pourcentage entre le nombre de relevés (P_i) où l'on trouve l'espèce (i) et le nombre de relevés réalisés (P) dans une même station.

Elle est calculée par la formule suivante :

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

$\left\{ \begin{array}{l} P_i : \text{nombre de prélèvement où l'espèce (i) est présente ;} \\ P : \text{nombre total de prélèvement.} \end{array} \right.$

En fonction de la valeur de C(%), les espèces sont qualifiées de la manière suivante :

- ✓ C < 5 % : espèces rares ;
- ✓ C [5 % ; 25 % [: espèces accessoires ;
- ✓ C [25 % ; 50 % [: espèces fréquentes ;
- ✓ C [50 % ; 75 % [: espèces très fréquentes ;
- ✓ C [75 % ; 100 % [: espèces constantes ;
- ✓ C \geq 100 % : espèces omniprésentes.

- Indice biologique global normalisé (IBGN)

L'Indice Biologique Global Normalisé (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, 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 5). 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. On détermine donc :

- La variété taxonomique Σt : correspond au nombre total de taxons identifiés, quel que soit le nombre d'individus trouvé par taxon ;
- Le groupe indicateur (GI) : le groupe « polluo-sensible », c'est-à-dire le taxon indicateur ayant une présence significative sur la station (au moins 3 ou 10 individus selon les taxons) et possédant l'indice le plus élevé possible. La détermination du GI s'effectue en prospectant le tableau de gauche à droite (GI 9 à GI 1) et en arrêtant l'examen à la première présence significative ($n > 3$ individus ou $n > 10$ individus) d'un taxon du répertoire du tableau.

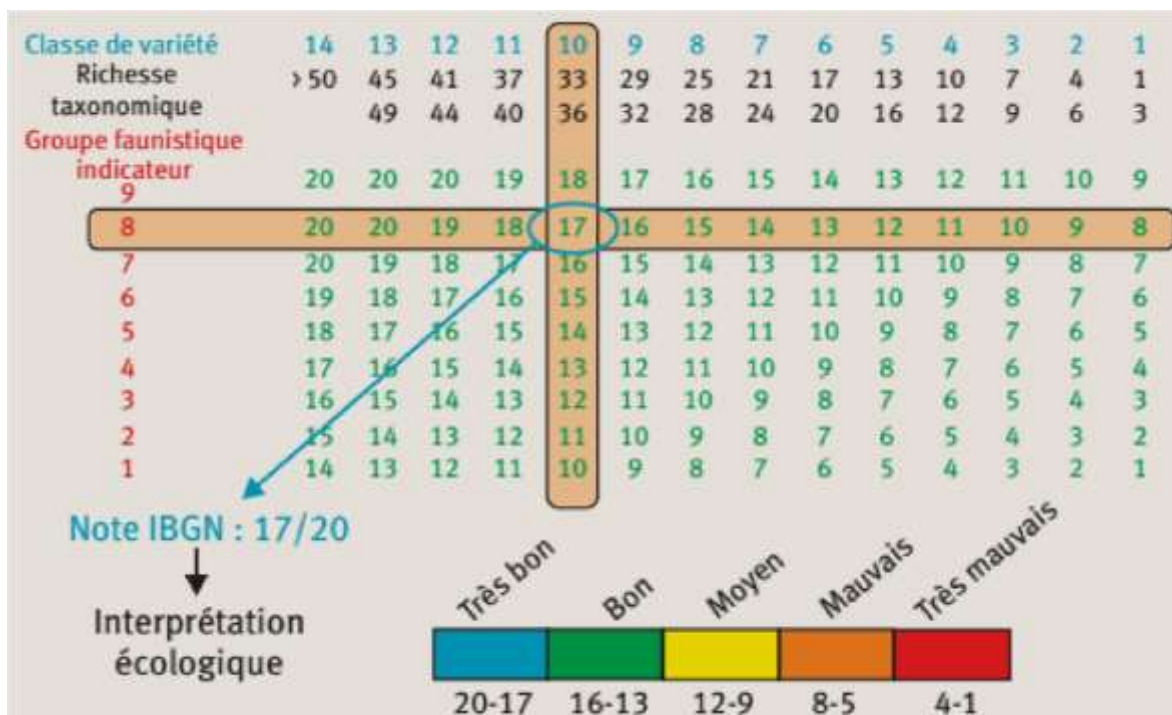


Figure 6: Exemple de calcul de l'IBGN.

La figure 6 présente un exemple de calcul de l'IBGN, de même que l'échelle de qualité environnementale.

Tableau 4: Les différentes classes de qualité de l'eau selon l'IBGN.

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

La définition des classes de qualité est la suivante :

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

4.2 Matériels et méthodes de l'étude physico-chimiques

➤ Echantillonnage de l'eau

Le matériel de prélèvement doit faire l'objet d'une attention particulière. Dans chaque station, un prélèvement de l'eau a été effectué dans des flacons en polyéthylène neufs rincés plusieurs fois avec l'eau à analyser. Les flacons sont remplis jusqu'à ras bord pour éviter toute oxydation et dégazage puis étiquetés avec l'origine de l'eau et la date du prélèvement. Les échantillons prélevés doivent impérativement être conservés au froid (dans des glacières) et à l'abri de la lumière. Il est préférable d'effectuer le dosage des éléments chimiques le plutôt possible afin d'éviter toute modification des paramètres de l'eau.

4.2.1 Analyses des paramètres physico-chimiques

L'analyse des paramètres physico-chimiques a été effectuée au niveau du laboratoire de contrôle de la qualité des eaux de Taksebt (SEAAL).

➤ Matériel utilisé

❖ Appareillage

Oxymètre OX 4000 L, conductimètre terminal 740 INOLAB, pH mètre et électrode en verre VWR 710, agitateur magnétique, barreau magnétique, turbidimètre HACH 2100N,

spectrophotomètre DR 6000 HACH LANGE, balance analytique (0-260g), étuve globale (0-300°C), étuves (22°C, 37°C et 44°C), rampes de filtrations, autoclave. (Annexe 6).

❖ Verrerie et autres matériels

Pipettes graduées de : 1ml, 2ml, 5ml et 10ml, 20ml, béchers, erlenmeyers, fioles jaugées, flacons, cellules et capsules en verres.

4.2.1.1 Les paramètres organoleptiques

• La couleur

La couleur de l'eau est due à la présence de matières organiques colorées (substances humiques), de métaux ou de rejets industriels (industries papetière et textile...). Elle résulte essentiellement de particules colloïdales en suspensions, peu ou pas décantables (GRAINDORGE, 2015).

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

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

• L'odeur

L'odeur a pour origine principale, selon GRAINDORGE (2015), la présence de substances organiques volatiles ou de certains gaz :

- D'origine biologiques, les odeurs révèlent la présence de micro-organismes qui peuvent donc signifier une augmentation de la concentration en germes pathogènes ;
- La pollution issue des activités humaines (effluents industriels ou agricoles). Elles sont considérées dans ce cas comme précurseurs de pollution, éventuellement toxiques, des captages ou des réseaux.

• La saveur

Représente les sensations perçues à la suite de la stimulation des papilles gustatives par certaines substances solubles (GRAINDORGE, 2015).

Selon RODIER (1984), le goût désagréable dans l'eau est dû à la présence du fer, manganèse, chlore actif et le phénol, elle se développe avec l'augmentation de la température.

4.2.1.2 Les paramètres physico-chimiques

- **Oxygène dissous (O₂)**

L'eau contient toujours de l'oxygène dissous dont la concentration varie avec la température et la pression partielle dans l'atmosphère. Du fait de l'équilibre entre l'oxygène de l'air et de l'eau, plus les eaux sont superficielles et plus elles sont chargées en oxygène.

Dans les milieux à faible taux de renouvellement (lacs, retenues de barrage...), la teneur en oxygène dissous tend à diminuer avec la profondeur, et des phénomènes anaérobies peuvent apparaître.

Dans le cas des eaux souterraines, la concentration en oxygène dissous des nappes libres, qui sont à la pression atmosphérique, est proche de la teneur rencontrée dans les eaux superficielles avec lesquelles elles sont en contact.

Dans certains réseaux de distribution, le niveau de l'oxygène dissous peut décroître du fait de mécanismes de corrosion ou de besoins en oxygène des micro-organismes (GRAINDORGE, 2015).

- **La conductivité électrique (CE)**

La conductivité désigne la capacité de l'eau à conduire un courant électrique et elle est déterminée par la teneur en substances dissoutes, la charge ionique, la capacité d'ionisation, la mobilité de la température de l'eau. Par conséquent, elle renseigne sur le degré de minéralisation d'une eau (DERWICH et *al.* 2010).

Certaines activités industrielles et agricoles rejettent également des sels et provoquent donc un accroissement de la conductivité (GRAINDORGE, 2015).

La mesure de la conductivité est effectuée par un conductimètre. L'unité utilisée pour exprimer la conductivité est le micro-Siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Appréciation
Conductivité < 100	Minéralisation très faible
100 < conductivité < 200	Minéralisation faible
200 < conductivité < 333	Minéralisation moyenne
333 < conductivité < 666	Minéralisation moyenne accentuée
666 < conductivité < 1000	Minéralisation importante
Conductivité > 1000	Minéralisation élevée

- **Température (T)**

L'eau de boisson doit être fraîche ; sa température varie entre 9 et 12°C.

Une température élevée des eaux dans le réseau de distribution peut être due à un développement planctonique important dans les conduites ou d'une sursaturation en gaz dissout, susceptible de rendre les eaux blanchâtres (RODIER, 1996).

• Potentiel hydrogène (pH)

Le pH correspond, pour une solution diluée, à la concentration d'ions hydrogène. Il mesure l'acidité ou la basicité (alcalinité) d'une eau. Il dépend de l'origine et de la nature du terrain.

Des eaux issues de massifs cristallins auront un pH plutôt acide. À l'inverse, des eaux provenant des régions calcaires auront un pH plutôt basique. Certaines eaux superficielles (lacs, rivières, plans d'eau) ont parfois un pH s'élevant brutalement en été résultant d'une forte production végétale. Généralement, il se situe dans la plupart des eaux brutes entre 6.5 et 8.5 (GRAINDORGE, 2015).

Le pH interfère avec d'autres paramètres de qualité dans de complexes réactions chimiques : dureté, alcalinité, etc.

L'échelle du pH s'étend de 0 à 14 :

- pH = 7 → eau neutre
- pH > 7 → eau basique
- pH < 7 → eau acide

• La turbidité (transparence)

La turbidité de l'eau a pour origine la présence de matières en suspensions (argile, limons, particules organiques colloïdales, plancton, organismes microscopiques) qui donnent un aspect trouble à l'eau (GRANDORGE, 2015). Elle est mesurée électriquement par un turbidimètre exprimé par NTU (Nephelometric Turbidity Unit).

Une classification de l'eau en fonction de la turbidité est donnée comme suit :

- ✓ NTU < 5 → eau claire
- ✓ 5 < NTU < 30 → eau légèrement trouble
- ✓ NTU > 50 → eau trouble

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

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

• Les matières en suspensions (MES)

Les matières en suspensions (MES) dans l'eau, généralement visibles à l'œil nu (dimensions supérieures à 10 μm) se composent d'argiles, de limons, de sables, de boues diverses, de particules colloïdales organiques, de plancton, de micro-organismes, etc. Les MES n'incluent pas les matières dissoutes.

La teneur et la composition des matières en suspensions sont très variables selon l'origine de l'eau. Elles sont fonction de la nature des trains traversés, de la pluviométrie, des travaux,

des rejets... La concentration peut varier de plusieurs grammes par litre (rivières en crue, par exemple) à moins d'1 mg/l dans certaines nappes souterraines (GRAINDORGE, 2015).

- **Les résidus secs (RS)**

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

Suivant le domaine d'origine de l'eau, cette teneur peut varier de moins de 100 mg/l (eaux provenant de massifs cristallins) à plus de 1000 mg/l (BERNE & JEAN, 1991).

Selon GRAINDORGE (2015), les eaux en contact avec du granit, des sables siliceux, des sols bien lavés ou d'autres matières relativement insolubles ne présentent que de faibles concentrations en résidus secs (< 30 mg/l). Dans les roches sédimentaires, les teneurs s'échelonnent entre 200 et 1100 mg/l.

4.2.1.3 Les paramètres de minéralisation

- **La dureté totale (TH)**

La dureté, ou Titre hydrométrique (TH), d'une eau correspond essentiellement à la présence de sels et de magnésium. Elle est directement liée à la nature géologique des terrains (GRAINDORGE, 2015). La dureté s'exprime généralement en degrés français (°F).

$$1^{\circ}\text{F} = 4\text{mg/l} ; \text{Ca} = 2.43\text{mg/l} ; \text{Mg} = 10 \text{ mg/lCaCO}_3$$

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.

- **Titre Alcalimétrique (TA) et Titre Alcalimétrique Complet (TAC)**

Le titre alcalimétrique (TA) et le titre alcalimétrique complet (TAC) traduisent l'alcalinité de l'eau. La connaissance de ces valeurs est essentielle pour l'étude de l'agressivité d'une eau puisqu'elles dépendent de l'équilibre calco-carbonique.

Le TA et le TAC mesurent respectivement les concentrations en OH^- et CO_3^{2-} et l'ensemble des anions HCO_3^- , CO_3^- , OH^- ...

- **Les chlorures (Cl⁻)**

Les chlorures sont très répandus dans la nature, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl), de potassium (KCl) et de calcium (CaCl₂), les ions chlorures (Cl⁻), dont la plus grande partie se trouve dans les océans.

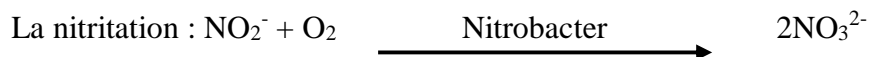
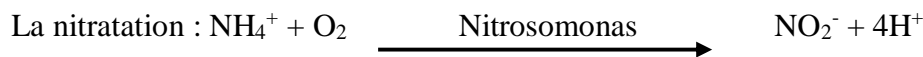
Une présence excessive des chlorures dans l'eau d'alimentation, le rend corrosive pour les réseaux de distribution et nocive pour les plantes. Une forte fluctuation des chlorures dans le temps peut être considérée comme indice de pollution (RODIER, 1996).

4.2.1.4 Les paramètres de pollution

- **Ammonium (NH₄⁺)**

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

En milieu basique, l'ammonium se transforme en nitrite puis en nitrates, ce qui induit une consommation d'oxygène (GAUJOUS, 1995).



- **Les nitrates (NO₃⁻)**

Les nitrates constituent la forme azotée la plus dominante dans les cours d'eau et dans les nappes d'eau souterraine. Ils proviennent généralement de la décomposition de la matière organique par oxydation bactérienne des nitrites et constituent ainsi l'ultime produit de la nitrification. En milieu naturel, sa concentration dépasse rarement 0.45 mg/l. Des valeurs supérieures indiquent des rejets d'eaux usées dans les milieux aquatiques superficielles et souterraines, et surtout une utilisation excessive de fertilisants utilisés en agriculture (CHAPMAN *et al.* 1996 *in* DERWICH *et al.*, 2010).

- **Les nitrites (NO₂⁻)**

Les nitrites peuvent être rencontrés dans l'eau mais à des faibles doses. Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniac (la nitrification n'étant pas conduite à son terme), soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiante.

- **Les phosphates (PO₄³⁻)**

Les phosphates 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 toxiques vis-à-vis des poissons.

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

- **La matière organique (MO)**

Les matières organiques susceptibles d'être rencontrées dans les eaux sont constituées par des produits de décomposition d'origine animale ou végétale, élaborés sous l'influence des microorganismes.

L'inconvénient des matières organiques est de favoriser l'apparition de mauvais goûts qui pourra être augmentés par la chloration.

Selon la classification de RODIER, (1996) :

- ✓ Une eau est très pure pour des valeurs inférieurs à 1 mg/l ;
- ✓ Une eau est dite potable pour des valeurs comprises entre 1 et 2 mg/l ;
- ✓ Une eau est suspecte pour des valeurs comprises entre 2 et 4 mg/l ;
- ✓ Une eau est mauvaise pour des valeurs supérieures à 4 mg/l.

4.2.1.5 Les paramètres indésirables

- **Le fer (Fe)**

Dans les eaux souterraines, (en particulier dans les nappes captives, dans les nappes alluviales peu aérées, etc.), de fortes teneurs en fer peuvent-être observées quand les conditions de solubilisations sont réunies. En effet, le fer se trouve en solution dans les eaux privées d'oxygène (GRAINDORGE, 2015).

La présence du fer dans l'eau peut avoir plusieurs origines :

- Lessivage des terrains avec dissolution des roches et des minerais contenus dans le sous-sol ;
- Rejets industriels (pollutions minières, métallurgiques) ;
- Corrosion des canalisations métalliques (en fonte ou en acier) ou existence de dépôts antérieurs ;
- Utilisation de sels de fer comme agents de coagulation dans la production d'eau potable.

- **Aluminium (Al)**

La présence de l'aluminium est due au traitement de l'eau par des sels d'aluminium comme agent de coagulation pour éliminer la couleur et la turbidité. Il ne représente aucun inconvénient pour l'organisme humain à des concentrations inférieures à 0.2 mg/l.

4.3 Analyses des paramètres bactériologiques

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 ensuite plongés dans l'eau sans toucher le fond et les rives. Ils sont remplis à 5/6 de leur volume pour maintenir les bactéries aérobies en survie. Ils sont étiquetés (station et date du prélèvement), puis transportés dans des glacières à 4°C pour empêcher la multiplication des germes.

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

4.3.1 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 µm) qui va être ensuite placé sur des milieux de cultures différents :

- CC à gars : gélose pour E. Coli et coliformes totaux ;
- SLANETZ et BARTLEY pour les streptocoques.

Le dénombrement des colonies des coliformes totaux et coliformes fécaux (E. Coli) se fait après incubation à 37°C pendant 24h. Tandis qu'aux streptocoques, le dénombrement se fait après incubation à 37°C pendant 48h.

Le matériel utilisé pour cette technique : un bain marie, un bec bunsen, une hotte, des incubateurs, filtres stériles de 0.45 µm, une pince, des rampes à filtration graduées et stérilisées à la flamme avant chaque analyse. (Annexe 7)

Les bactéries les plus recherchées pour l'étude bactériologiques sont : les coliformes fécaux (E. Coli), les coliformes totaux, les streptocoques, salmonelles et les clostridium.

➤ Les coliformes totaux

Le terme coliforme correspond à des organismes en bâtonnets, non sporogènes, gram négatifs, facultativement anaérobies. Appartenant à la famille des Enterobacteriaceae. Ils sont capables de croître en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface qui possède des activités inhibitrices de croissance similaires, et capable de fermenter le lactose et le mannitol avec production d'acide et d'aldéhyde en 24 et 48h à des températures de 35 à 37°C (RODIER, 2005).

➤ Les coliformes fécaux

Le terme de coliformes fécaux ou coliformes thermo-tolérants correspond à des bactéries d'origine fécale qu'on retrouve dans le tube digestif des humains et des animaux à 44°C.

Ceux qui produisent de l'indole dans l'eau peptonée contenant du tryptophane à 44°C, sont souvent désignés sous le nom d'Escherichia Coli d'origine exclusivement fécale, bien que le

groupe comporte plusieurs souches différentes (*Citrobacter freundii*, *Enterobacter aerogenes*, *Klebsiella pneumoniae*...) (BONNEFOY *et al.*, 2002 *in* TAIBOUNI *et al.*, 2021).

➤ **Les streptocoques fécaux**

Les streptocoques fécaux sont des témoins de contaminations fécales sensible, spécifiques et assez résistants (GAUJOUS, 1995). Il s'agit de cocci à Gram positif, de forme sphérique ou ovoïde, se présentant en chainettes plus ou moins longues, non sporulées, aéro-anaérobies facultatifs.

Ce sont des bactéries pathogènes opportunistes causant des septicémies, infections urinaires (BONNEFOY *et al.*, 2002 TAIBOUNI *et al.*, 2021).



Chapitre III
Résultats et discussion

Ce chapitre constitue l'ensemble des résultats obtenus au niveau des deux laboratoires à savoir : « Laboratoire des Ecosystèmes Aquatiques Continentaux » à l'université MOULOUD MAMMARI de Tizi-Ouzou pour la partie biologique (résultats de la faune benthique) et le laboratoire de contrôle de la qualité des eaux du barrage de Taksebt SEAAL (résultats physico-chimiques et bactériologiques) ainsi qu'à leur interprétation.

I. Résultats des analyses de l'étude biologique

1. Analyse globale de la faune benthique

L'étude du benthos permet d'apprécier la composition, la structure ainsi que la distribution dans l'espace et dans le temps des macro-invertébrés en place (CEREGHINO, 1992). Les résultats de chaque station sont présentés dans les tableaux 5 et 6.

Tableau 5: Nombre de familles par groupes zoologiques dans les stations d'étude.

Groupes zoologiques	Familles
Oligochètes	3
Mollusques	3
Crustacés	1
Ephéméroptères	3
Plécoptères	5
Trichoptères	6
Diptères	11
Hétéroptères	5
Coléoptères	7
Hydracariens	1
Hirudinés	1
Planipennes	1
Total	48

La présente étude faunistique a permis de recenser un total de 4448 individus répartis en 12 groupes zoologiques et 48 familles.

Les groupes les plus présentés dans les stations étudiées sont les Diptères avec 11 familles, suivit par les Coléoptères avec 7 familles, viennent ensuite les Trichoptères avec 6 familles, les Plécoptères et les Hétéroptères 5 familles pour chacun. Les Oligochètes, les Mollusque et les Ephéméroptères sont représentés par 3 familles. Les Crustacés, les Hydracariens, les Hirudinés et les Planipennes par 1 famille (Tableau 6).

Tableau 6: Répartition de la faune benthique dans les stations d'étude.

Taxons \ Stations	TR1	TR2	AI	AA	Ab	Ab R (%)	Oc	Oc R (%)
Altitudes (m)	1120	1045	1080	1010				
OLIGOCHETES								
Lumbricidae	12	05	15	08	40	0.90	4	100
Tubificidae	34	06	21	06	67	1.51	4	100
Naididae		19			19	0.47	1	25
Total	46	30	36	14	126	2.88		
MOLLUSQUE								
Ancylidae		40	281	64	385	8.66	3	75
Physidae	07				7	0.16	1	25
Viviparidae				04	4	0.09	1	25
Total	7	40	281	68	396	8.91		
CRUSTACES								
Potamonidae	04	04			8	0.18	2	50
Total	4	4			8	0.18		
EPHEMEROPTERES								
Beatidae	620	206	237	170	1233	27.72	4	100
Leptophlebiidae	25		25	15	65	1.46	3	75
Heptageniidae	21				21	0.47	1	25
Total	666	206	262	185	1319	29.65		
PLECOPTERES								
Nemouridae	20	31			51	1.15	2	50
Perlodidae	09	08	38	18	73	1.64	4	100
Leuctridae	17	11		21	49	1.11	3	75
Perlidae	59				59	1.33	1	25
Capniidae	25				25	0.56	1	25
Total	130	50	38	39	257	5.79		
TRICHOPTERES								
Rhyacophilidae	35	11	19	08	73	1.64	4	100
Phylopotamidae	27	08		10	45	1.01	3	75
Hydropsychidae	30	17			47	1.06	2	50
Psychomyiidae	06				6	0.13	1	25
Polycentropodidae	08				8	0.18	1	25
Hydroptilidae			07		7	0.16	1	25
Total	106	36	26	18	186	4.18		
DIPTERES								
Tipulidae	04	23	13		40	0.90	3	75
Chironomidae	25	22	44	24	115	2.59	4	100
Tabanidae	06	06	12	08	32	0.72	4	100
Psychodidae		12	50	08	70	1.57	3	75

Taxons \ Stations	TR1	TR2	AI	AA	Ab	Ab r (%)	Occ	Occ r (%)
Dixidae	04	14	21	19	58	1.30	4	100
Simuliidae	36	310	208	221	775	17.42	4	100
Stratiomyidae		13	32	16	61	1.37	3	75
Blephariceridae	09		37	27	73	1.64	3	75
Limoniidae	08		42	30	80	1.80	3	75
Empididae				05	5	0.11	1	25
Ceratopogonidae				05	5	0.11	1	25
Total	92	400	459	363	1314	29.53		
HETEROPTERES								
Veliidae			09		9	0.20	1	25
Mesoveliidae			29	06	35	0.79	2	50
Gerridae	03		23	11	37	0.83	3	75
Nepiidae			27	04	31	0.70	2	50
Corixidae	04				04	0.09	1	25
Total	7		88	21	116	2.52		
COLEOPTERES								
Helodidae	53	29			82	1.84	2	50
Elmidae	21	09	10		40	0.90	3	75
Dryopidae	07	09			16	0.36	2	50
Dytiscidae		04	08		12	0.27	2	50
Hydraenidae	10		07		17	0.38	2	50
Hydrophilidae	227		05		232	5.22	2	50
Helophoridae			04		4	0.09	1	25
Total	318	51	34		403	9.06		
HYDRACARIENS								
Total	10	8	24	210	252	5.67	4	100
HIRUDINES								
Erpobdellidae	12	07	17		36	0.81	3	75
Total	12	7	17		36	0.81		
PLANIPENNES								
Neurorthidae	35				35	0.79	1	25
Total	35				35	0.79		
Totaux	1429	832	1265	918	4448	100%		
(Occ) Richesse taxonomique	34	26	28	24				

Ab : Abondance des taxons / **Ab r** : Abondance relative

Occ : Occurrence / **Occ r** : Occurrence relative

Selon la figure 7, l'effectif du peuplement benthique montre que les Ephemeropteres et les Dipteres sont largement dominants. Ils representent respectivement 29.65 % (soit 1319 individus) et 29.53 % (soit 1314 individus) de la faune totale. Ils totalisent pres de 60 % de la faune recoltée.

Les Coléopteres, les Mollusques, les Pléopteres, les Hydracariens, les Trichopteres, les Oligochetes et les Héteropteres occupent respectivement 3^{eme}, 4^{eme}, 5^{eme}, 6^{eme}, 7^{eme}, 8^{eme} et 9^{eme} place par ordre d'abondance numerique. Ils comptent respectivement 9.06 % (soit 403 individus), 8.91 % (396 individus), 5.79 % (257 individus), 5.67 % (252 individus), 4.18 % (186 individus), 2.88 % (126 individus) et 2.52 % (116 individus).

Les Hirudinés, les Planipennes et les Crustacés sont faiblement representés. Ils ne constituent que 0.81 % (36 individus), 0.79 % (35 individus) et 0.18 % (8 individus) respectivement.

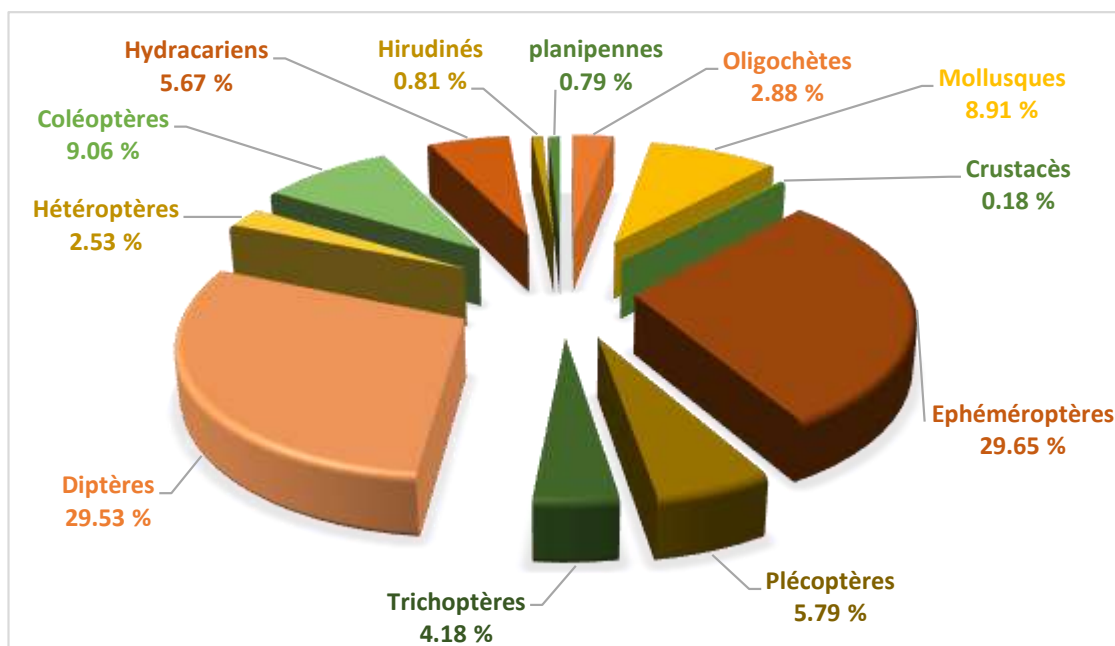


Figure 7: Abondance relative des groupes faunistiques dans les cours d'eau étudiés

1.1 L'abondance stationnelle

La totalité des macro-invertébrés benthiques recoltée dans l'ensemble des stations étudiés est de 4448 individus. L'abondance stationnelle des taxons varie d'une station à une autre avec un minimum de 832 individus pour la station TR2 et un maximum de 1429 individus pour la station TR1.

La lecture de la figure 8 montre que la station la mieux représentée est la TR1 avec 1429 individus suivit par la station AI avec 1265 individus. Ce sont des stations qui répondent aux exigences de la faune pour son installation par la nature du substrat, la vitesse de l'écoulement... etc.

Pour les deux autres stations (AA et TR2), nous avons distingués une fluctuation de la distribution de la faune et nous remarquons que la TR2 est la moins abondante (832 individus) représentée essentiellement par les Simuliidae avec 310 individus soit 37.26 % de la faune stationnelle.

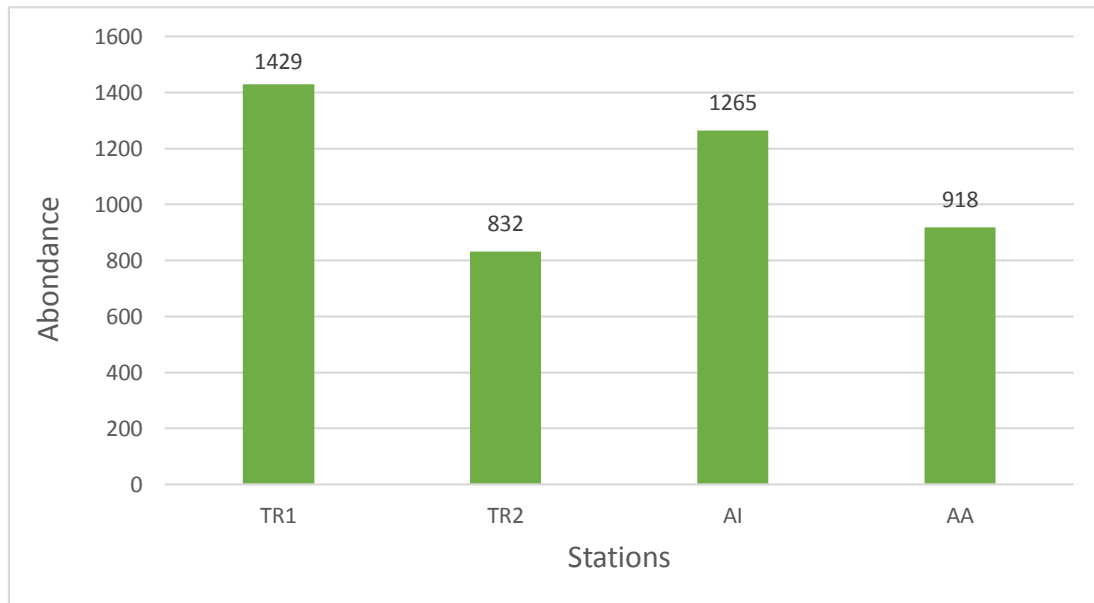


Figure 8: Abondance de la faune globale dans les stations étudiées.

1.2 La richesse taxonomique

Après une lecture de la figure 9 concernant la richesse taxonomique stationnelle, nous concluons que cette dernière est variable d'une station à une autre et cela revient aux conditions de chaque milieu. Elle varie entre un minimum de 24 taxons et un maximum de 34 taxons dans les stations TR1 et AA respectivement.

Les stations les plus diversifiées sont TR1 et AI avec un nombre de taxons de 34 et 28 respectivement. Les secteurs de ces stations présentent des habitats assez diversifiés : un substrat hétérogène à dominance de galet et gravier, un couvert végétal important et à une vitesse du courant très rapide à rapide. Ce sont des facteurs favorables à l'installation d'une faune riche et diversifiés.

Quant aux stations TR2 (26 taxons) et AA (24 taxons) qui présentent une richesse taxonomique moyenne, sont des secteurs à perturbations intermédiaires caractérisés par un substrat hétérogène et une très faible profondeur de la lame d'eau (5 à 10 cm pour AA).

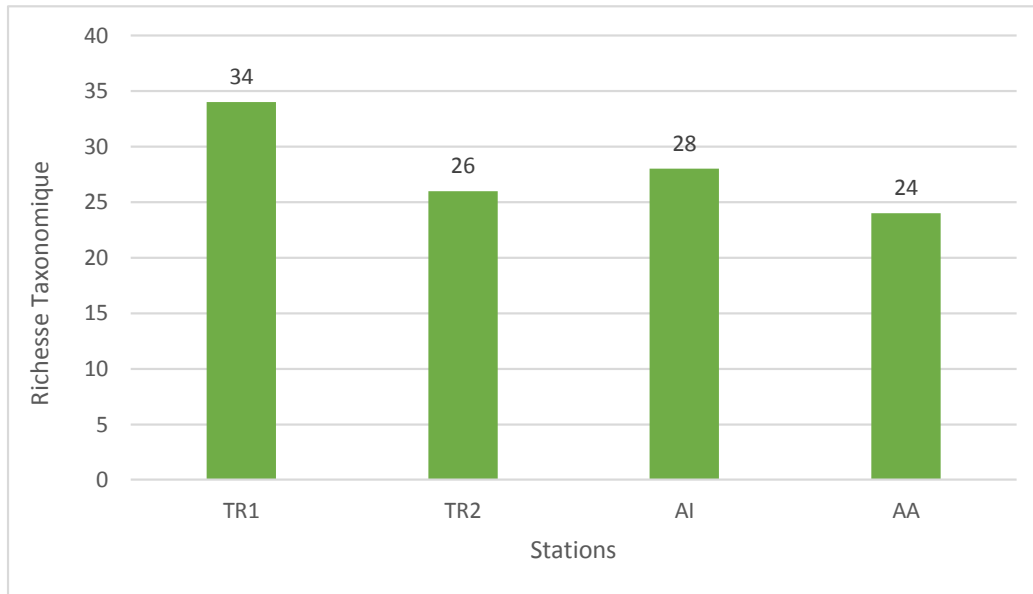


Figure 9: La richesse taxonomique dans les stations étudiées..

1.3 Abondance et occurrence des taxons

Les figures 10 et 11 visualisent graphiquement l'abondance et l'occurrence relatives des taxons récoltés dans les quatre stations. Ils peuvent être classés en 3 groupes :

- Taxons omniprésents : ce sont des populations très abondants, très fréquents et à large valence écologique. Ils sont eurythermes, eurytopes et ils colonisent tous les habitats ou presque, on retrouve : les Beatidae, Simuliidae, Chironomidae, Perlodidae, Rhyacophilidae, Tubificidae, Dixidae, Lumbricidae et Tabanidae avec Oc R = 100 %. Nous avons aussi les Ancyliidae, Limoniidae, Blephariceridae, Psychodidae, Leptophlebiidae, Stratiomyidae, Leuctridae, Phylopotamidae, Tipulidae, Elmidae, Gerridae et Erpobdeliidae avec Oc R = 75 %.

- Taxons constants : ce sont des populations plus ou moins denses et moins fréquents avec une occurrence relative qui varie entre 25 % et 50 %, ce groupe de taxons est représenté par : Hydrophilidae, Helodidae, Mesoveliidae, Nepiidae, Hydraenidae, Dytiscidae, Dryopidae, Potamonidae et Hydropsychidae.

- Taxons rares ou rares et dispersés : ce sont des éléments très peu abondants et très peu fréquents, très localisés et repérés dans des biotopes spécialisés tels que les ruisseaux de sources et/ou rhéophile de montagnes. On retrouve : Perlidae, Neurortidae, Capniidae, Naididae, Heptageniidae, Veliidae, Polycentropodidae, Hydroptilidae, Psychomyiidae, Empididae, Ceratopogonidae, Drypidae, Viviparidae, Helopharidae, Physidae et Corixidae avec Oc R = 25 %.

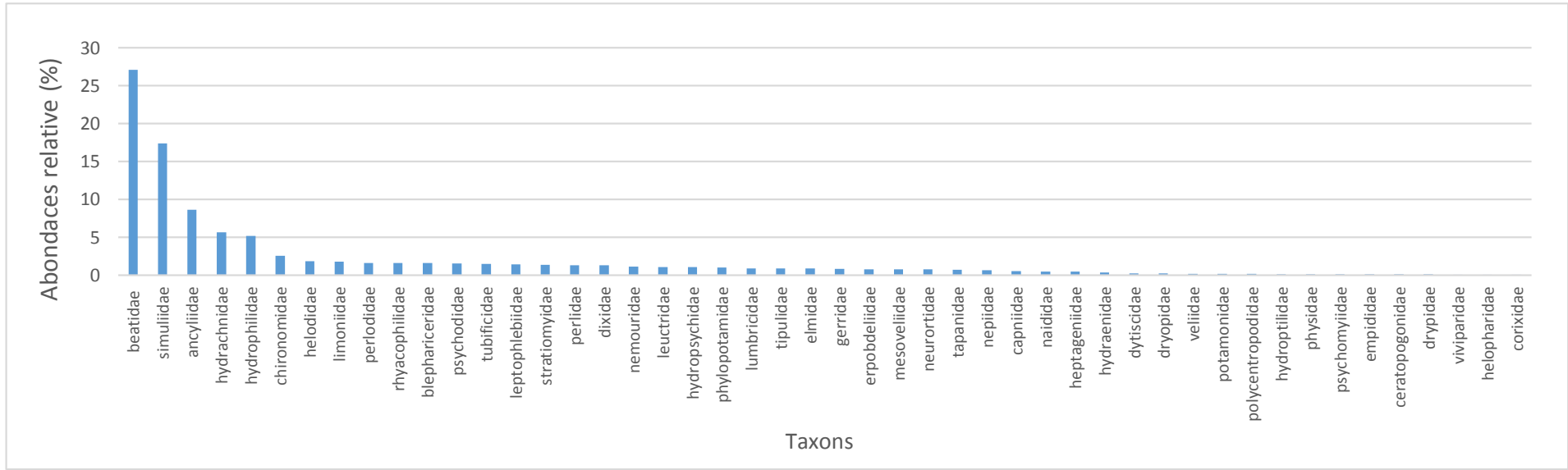


Figure 11: Occurrences relatives (%) des taxons récoltés.

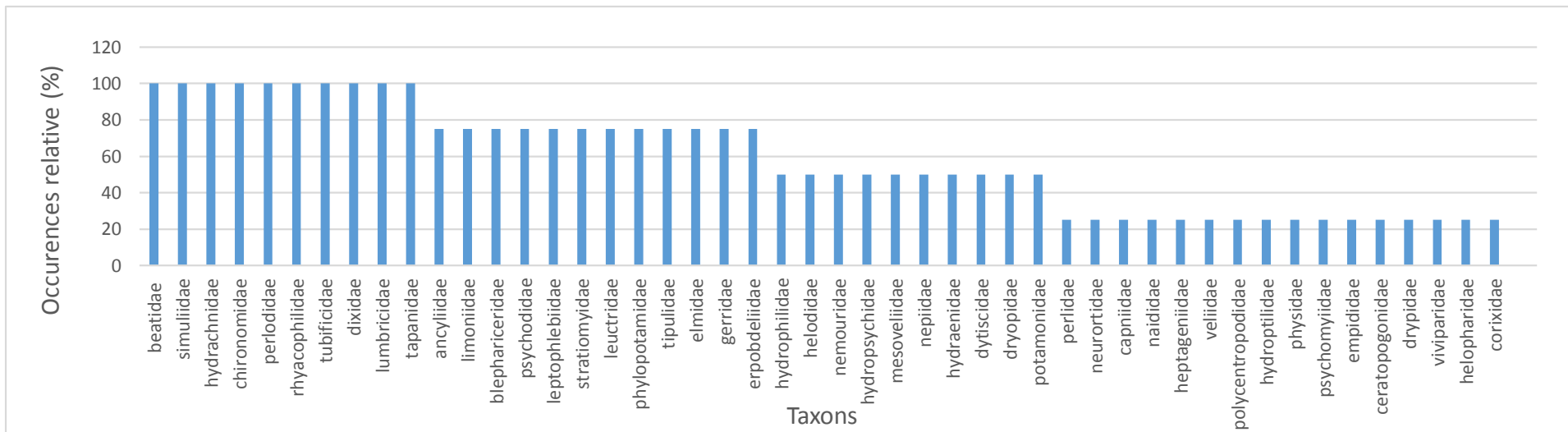


Figure 10: Abondances relatives (%) des taxons récoltés.

2. Analyse quantitative et qualitative de la faune benthique

2.1 Les Ephéméroptères

Selon THOMAS (1981), les éphéméroptères représentent le groupe d'invertébrés aquatiques le plus important quantitativement dans la plupart des cours d'eau et à toutes les altitudes.

Les éphéméroptères sont des insectes hétérométaboles, constituant l'ordre le plus primitif parmi les insectes ailés connus. On les rencontre depuis les sources, les ruisselets jusqu'aux grandes rivières et fleuves ainsi que dans les mares, les étangs et les lacs, la plus grande richesse se rencontre dans les milieux d'eau courante (ELOUARD et *al*, 2001).

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, 2015).

Dans notre échantillonnage, les Ephéméroptères est l'ordre le mieux représenté avec 1319 individus soit 29.65 % de la faune totale réparties en trois familles : Beatidae, Leptophlebiidae et Heptageniidae.

Les Beatidae est la famille la plus abondante des Ephéméroptères. Elle occupe la première place avec 1233 individus soit 27.72 % de la faune totale et 93.48 % des Ephémères. Leur présence a été noté dans toutes les stations d'étude ce qui nous emmène à conclure que les Beatidae ont une large valence écologique et colonisent tous les milieux étudiés (eurytopes).

La seconde place est occupée par les Leptophlebiidae, avec 65 individus soit 1.46 % de la faune totale et 4.93 % des Ephémères.

La troisième place est occupée par les Heptageniidae, avec 21 individus, 0.47 % de la faune totale et 1.59 % des Ephémères. Ils sont peu abondants récoltés uniquement dans la station TR1 à 1120 m d'altitude. Selon LOUNACI (2005), ce sont des organismes rhéophiles et polluo-sensibles qui remontent vers les zones d'altitudes (zones de sources), fuyant les températures élevées et les perturbations anthropiques des milieux aval.

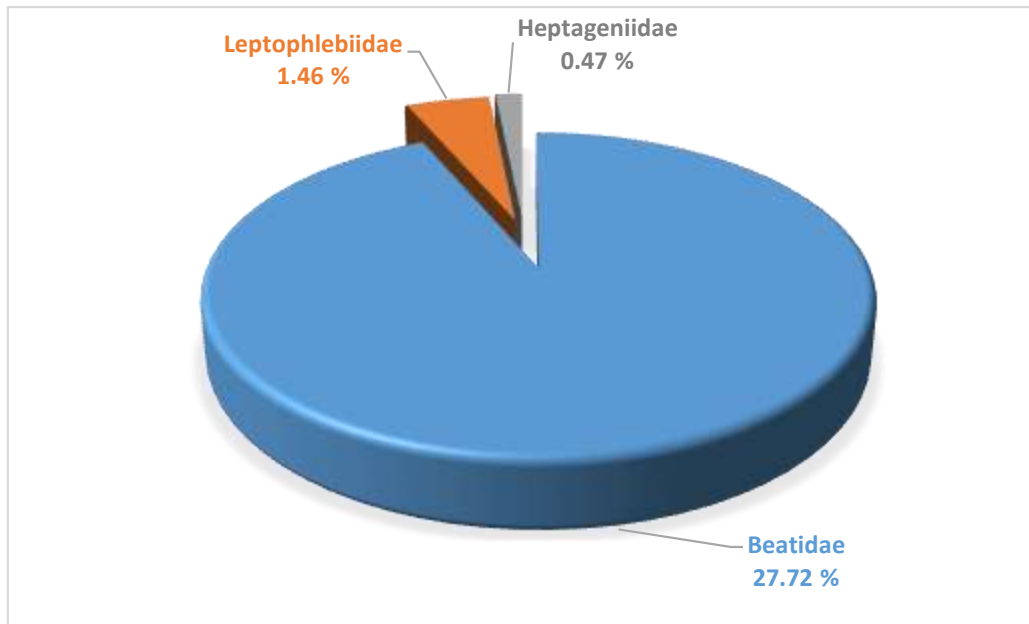


Figure 12: Abondance des Ephéméroptères récoltés dans les stations d'étude.

2.2 Les Diptères

L'ordre des Diptères représente le groupe le plus abondant après celui des Ephéméroptères.

Les larves des Diptères constituent, en nombre et en diversité, un pourcentage important de la faune récoltée dans les eaux douces (THOMAS, 1969). Ils se caractérisent par leur grande diversité tant sur le plan écologique que biogéographique (TACHET *et al.*, 2010).

Les éléments de ce groupe d'insectes possèdent non seulement une large distribution altitudinale, mais aussi une grande capacité de coloniser divers biotopes pollués ou non pollués (MOUBAYED, 1986).

Au total, 1314 individus appartenant à 11 familles (Simuliidae, Chironomidae, Psychodidae, Stratiomyidae, Blephariceridae, Limoniidae, Dixidae, Tipulidae, Tabanidae, Empididae et Ceratopogonidae) ont été recensés dans l'ensemble des stations étudiées. Ils représentent 29.53 % de la faune totale. Ils sont répartis d'une manière hétérogène dans les stations.

Les deux familles les mieux représentées sont les Simuliidae et les Chironomidae, elles constituent ensemble 20.01 % des Diptères (figure 13).

La famille des Simuliidae (organismes rhéophiles) est largement dominante, elle constitue 17.42 % (775 individus) de la faune totale et 59 % des Diptères. Leur présence a été notée dans toutes les stations prospectées mais leur abondance est en rapport selon LOUNACI-DAOUDI (1996) avec les températures élevées, la vitesse du courant assez élevée et la présence de matière organique, facteurs favorables au développement des stades immatures.

La famille des Chironomidae occupent la seconde place des Diptères sur le plan numérique. Ils constituent 2.59 % (115 individus) de la faune totale et 8.75 % des Diptères.

Selon AIT-MOULOUD (1988), la famille des Chironomidae se caractérise par sa grande diversité écologique. Ils ont la capacité de coloniser des milieux divers. Ils peuvent être relativement abondants dans les zones d'eau calmes non polluées et atteindre des proportions considérables dans les milieux très riches en matière organique.

Les Diptères autres que les Simuliidae et les Chironomidae à taxonomie difficile, constituent un ensemble très mal connu parmi les invertébrés aquatiques (LOUNACI, 2005).

Les Limoniidae (80 individus), Blephariceridae (73 individus), Psychodidae (70 individus), Stratiomyidae (61 individus), Dixidae (58 individus), Tipulidae (40 individus), et Tapanidae (32 individus) semblent avoir une large valence écologique, ils ont été notés dans presque toutes les stations prospectées.

Quant aux Empididae et Ceratopogonidae (5 individus pour chacun), ils sont à la fois très peu abondants et très peu fréquents. Ils ont été notés qu'occasionnellement dans une station (AA).

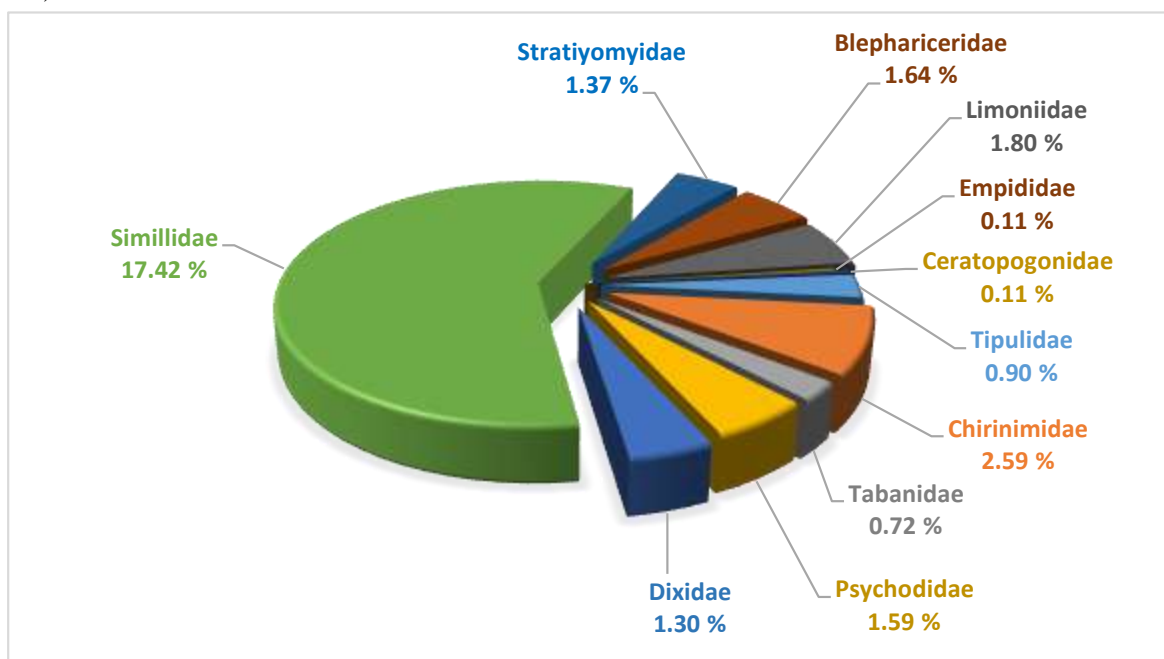


Figure 13: Abondance des Diptères récoltés dans les stations d'études.

2.3 Les Coléoptères

Les Coléoptères sont les seules insectes holométaboles à se présenter à la fois sous la forme imaginaire 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).

D'après ANGUS (1973) ; LOUNACI (1987) et MEBARKI (2001), la végétation immergée, le substrat à granulométrie fine, la température de l'eau et les potentialités trophiques sont les facteurs de répartition les plus influents sur les éléments de ce groupe d'insectes. Leurs adaptations comportementales et morphologiques au milieu aquatique sont exceptionnellement

diverses. Les plus petits Coléoptères sont de moins de 1 mm, les plus grands d'environ 5 cm de long.

Plusieurs travaux ont été réalisés sur l'écologie et la répartition des Coléoptères (BERTHLEMEY, 1966 ; BIGOT & MARAZANOF, 1966 ; MOUBAYED, 1986). Ces auteurs ont mis en avant que les facteurs : nature du fond, vitesse du courant, profondeur, végétation et température de l'eau agissent en milieu lotique en favorisant la prolifération des espèces rhéophiles appartenant essentiellement, chez les Coléoptères.

Dans le présent travail, les Coléoptères représentent le troisième ordre le plus diversifié après celui des Ephéméroptères et les Diptères avec 7 familles. Il compte 403 individus, soit 9.06 % de la faune totale collectée.

La famille des Hydrophilidae est la plus abondante avec 232 individus soit 5.22 % de la faune totale et 57.57 % des Coléoptères. Suit par la famille des Helodidae avec 82 individus soit 1.84 % de la faune totale et 20.35 % des Coléoptères, viennent ensuite les Elmidae avec 40 individus soit 0.90 % de la faune totale et 9.93 % des Coléoptères.

Les Hydraenidae avec 17 individus (soit 0.38 % de la faune totale et 4.22 % des Coléoptères), les Dryopidae avec 16 individus (soit 0.25 % de la faune totale et 2.73 % des Coléoptères) les Dytiscidae avec 12 individus (soit 0.27 % de la faune totale et 2.98 % des Coléoptères), sont faiblement représentées.

Quant aux Helophoridae sont les moins représentées des Coléoptères, on les retrouve uniquement dans une station. Ils comptent 4 individus (soit 0.09 % de la faune totale et 1 % des Coléoptères).

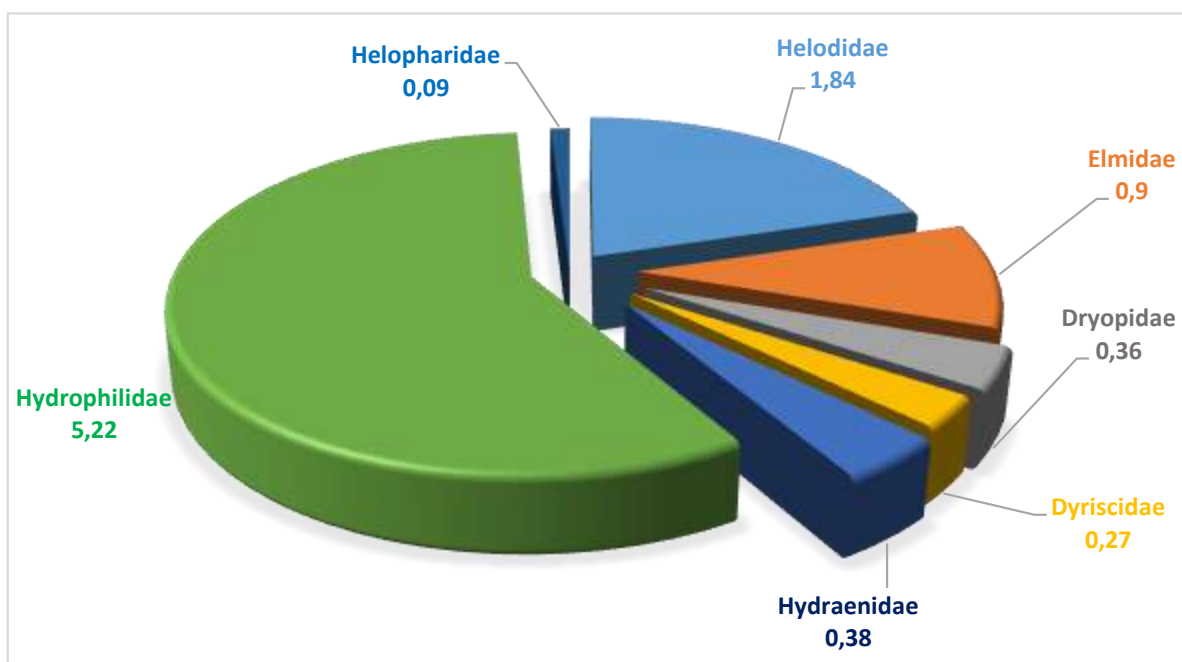


Figure 14: Abondance des Coléoptères récoltés dans les stations d'étude.

2.4 Les Trichoptères

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 notre étude, nous avons recensé 186 individus soit 4.18 % de la faune totale, réparties en 6 familles.

La famille des Rhyacophilidae est la plus abondante et assez fréquente avec 73 individus soit 1.64 % de la faune totale et 39.24 % des Trichoptères récoltés. Les Hydropsychidae et Phylopotamidae sont peu abondants et peu fréquents avec, respectivement, 47 individus soit 1.06 % de la faune totale et 25.27 % des Trichoptères, et 45 individus soit 1.01 % de la faune totale et 24.19 % des Trichoptères récoltés.

Les Polycentropodidae, les Hydroptilidae et les Psychomyiidae sont les trois familles les très peu abondants et très peu fréquents, on les retrouve dans une seule station uniquement. Ils comptent respectivement : 8 individus (0.18 % de la faune totale et 4.03 % des Trichoptères), 7 individus (soit 0.16 % de la faune totale et 3.76 % des Trichoptères) et 6 individus (soit 0.13 % de la faune totale et 3.23 % des Trichoptères). La distribution des Trichoptères le long des stations étudiées est caractérisée par un courant rapide, substrats grossiers et un couvert végétal assez dense. Dans les autres stations peu d'individus sont observés.

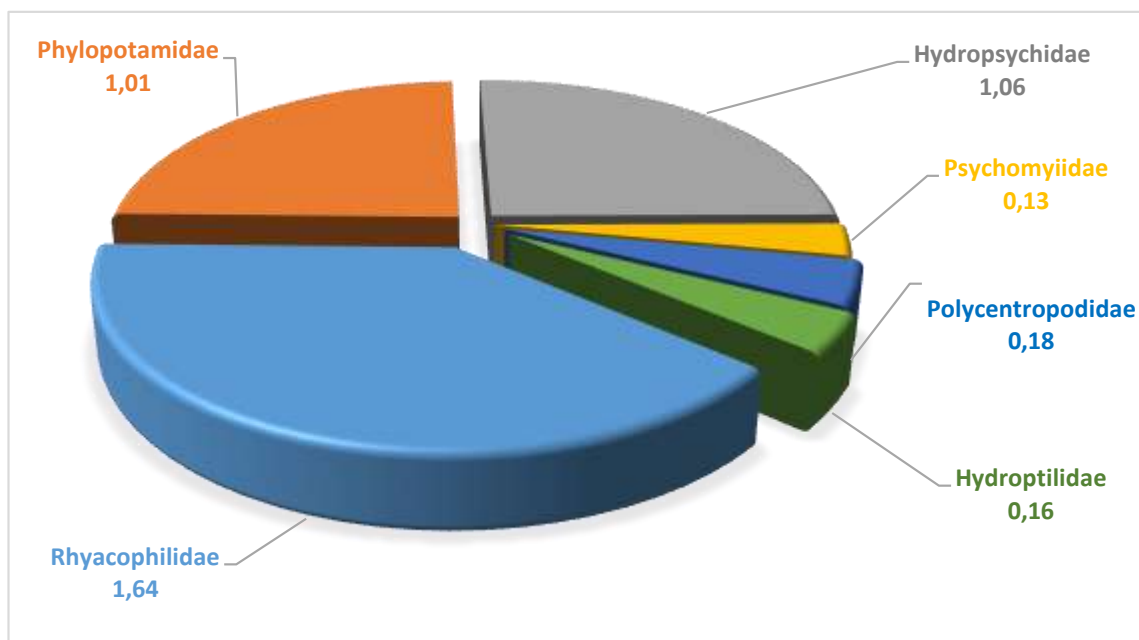


Figure 15: Abondance des Trichoptères récoltés dans les stations d'étude.

2.5 Les Plécoptères

La présence des Plécoptères indique une absence de pollution, ils sont connus pour leur polluo-sensibilité aux milieux affectés par quelque perturbation. Les études hydro-biologiques récentes (LOUNACI, 2005 ; LOUNACI et VINÇON, 2005) ont mis en évidence la faible diversification du peuplement des Plécoptères dans des hydro-systèmes d'Algérie. En effet, la plus part des familles et des genres sont faibles en espèces.

Les Plécoptères selon YASRI (2009), 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.

Les Plécoptères récoltés comptent 257 individus soit 5.78 % de la faune totale. Ils sont répartis en 5 familles. La famille des Perlodidae est la mieux représentée avec 73 individus (soit 1.64 % de la faune totale et 28.40 % des Plécoptères). Viennent ensuite les Perlidae (59 individus soit 22.96 % des Plécoptères), Nemouridae (51 individus soit 19.84 %) et les Leuctridae (49 individus soit 19.06 %). Tandis que la famille des Capniidae est faiblement représentée avec 25 individus soit 9.73 %. La présence des Plécoptères dans 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).

D'après LOUNACI (2000), ce sont les cours d'eau d'altitude (1000 m) à température maximale peu élevée (< 18°C) et de moyenne montagne (Alt 500 m, T max ≤ 16°C) bordés de végétation dense, qui semble constituer les habitats privilégiés des Plécoptères.

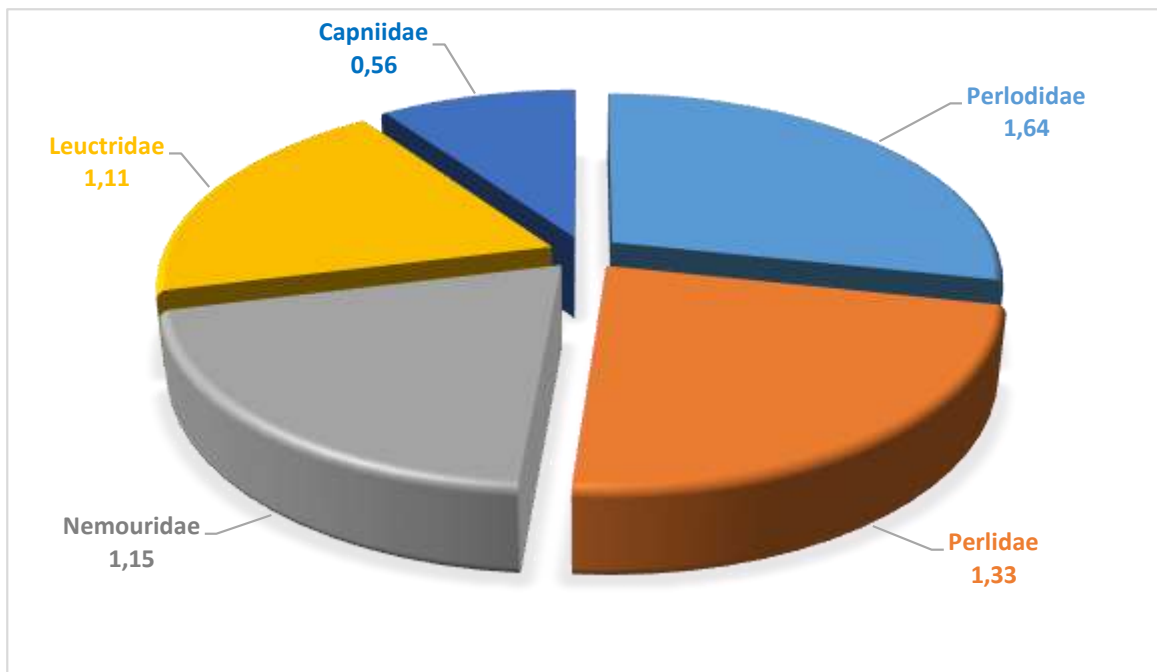


Figure 16: Abondance des Plécoptères récoltés dans les stations d'étude.

2.6 Les Héteroïptères

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

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

Dans le présent travail, les Héteroïptères sont représentés par 5 familles avec 116 individus soit 2.52 % de la faune totale.

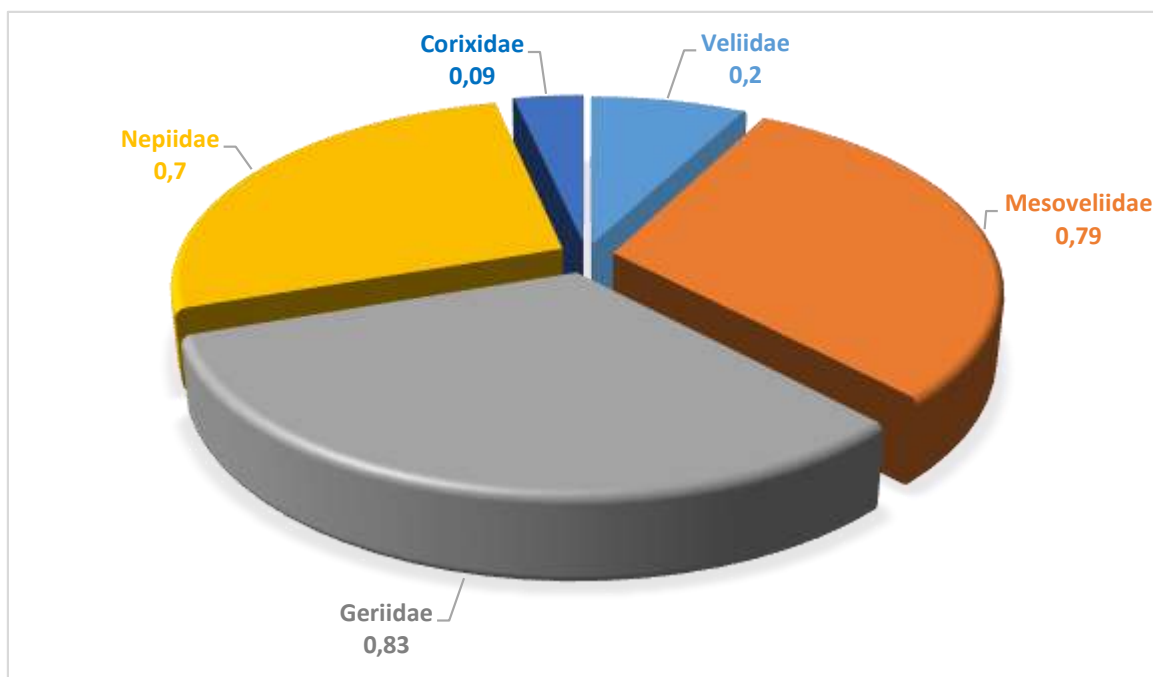


Figure 17: Abondance des Héteroïptères récoletés dans les stations d'étude.

2.7 Autres groupes zoologique

➤ Mollusques

Les Mollusques ne sont jamais abondants en milieux aquatiques continentaux. La teneur en calcium, la nature du substrat, la nature de la végétation et de la litière, la vitesse du courant sont les facteurs prépondérants sur la prolifération et la répartition des Mollusques dans les eaux continentales.

Dans nos stations, 396 individus soit 8.91 % de la faune totale appartenant à trois familles ont été récoltés (Ancylidae, Physidae et Viviparidae).

La famille la plus dominante est celle des Ancylidae. Elle représente 8.66 % de la faune totale et 90.40 % des Mollusques avec 385 individus. Quant aux deux autres familles, Physidae et Viviparidae, ont une très faible importance numérique. Ils comptent 7 individus (soit 0.16 % de la faune totale et 1.80 % des Mollusques) et 4 individus (soit 0.09 % de la faune totale et 1.02 % des Mollusques).

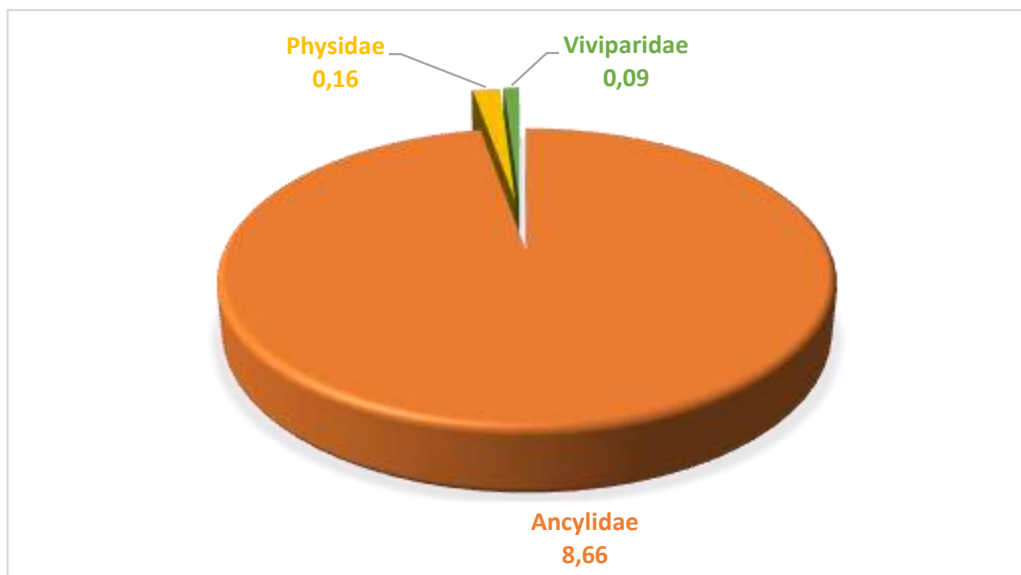


Figure 18: Abondances des Mollusques récoltés dans les stations d'études.

➤ Les Hydracariens

Les Hydracariens sont peu abondants dans nos prélèvements, ils représentent 5.67 % de la faune totale avec 252 individus. Leur présence est plus importante dans la station AA que dans d'autres stations, ce qui indique que leur développement est important dans les cours d'eau caractérisés par un substrat à dominance de galet, un écoulement rapide à modéré et des températures de l'eau assez élevées.

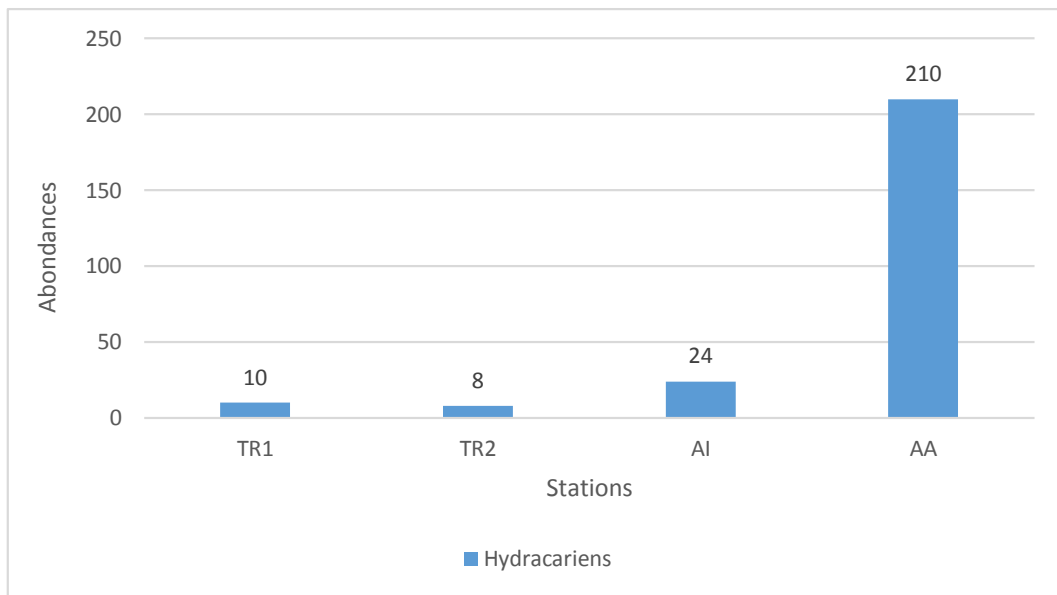


Figure 19: Répartition des Hydracariens dans les stations étudiées.

➤ Les Oligochètes

D'après VIVIEN & LAFONT (2015), les Oligochètes sont abondants dans les sédiments fins, sableux des cours d'eau. Ce groupe comprend des espèces résistantes aux pollutions et il est couramment utilisé comme bio-indicateur de la qualité des sédiments fins sableux des cours d'eau.

Dans le présent travail, nous avons dénombrés 126 individus (soit 2.88 % de la faune totale) répartis en trois familles : Lumbricidae, Tubificidae et Naididae.

La famille la plus abondante est celle des Tubificidae avec 67 individus soit 1.51 de la faune totale et 53.17 % des Oligochètes. Elle est présentée dans toutes les stations. Les moins abondants sont les Lumbricidae avec 40 individus, soit 0.90 % de la faune totale et 31.75 % des Oligochètes. Quant aux Naididae, sont très peu abondants avec 19 individus soit 0.47 % de la faune totale et 15.1 % des Oligochètes, ils ont été marqué que dans une seule station.

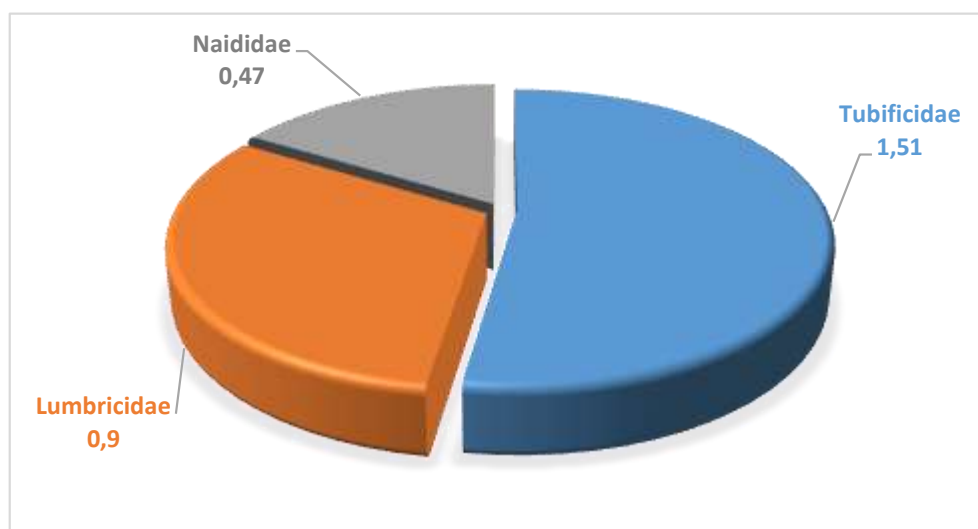


Figure 20: Abondance des Oligochètes récoltés dans les stations d'étude.

➤ Les Planipennes et les Hirudinés

Les Planipennes sont représentés que par une seule famille (Neurortidae) et présente dans une seule station TR1, avec 35 individus soit 0.79 % de la faune totale.

Quant aux Hirudinés (famille des Erpobdellidae), ne représentent que 0.81 % de la faune totale avec 36 individus (figure 21).

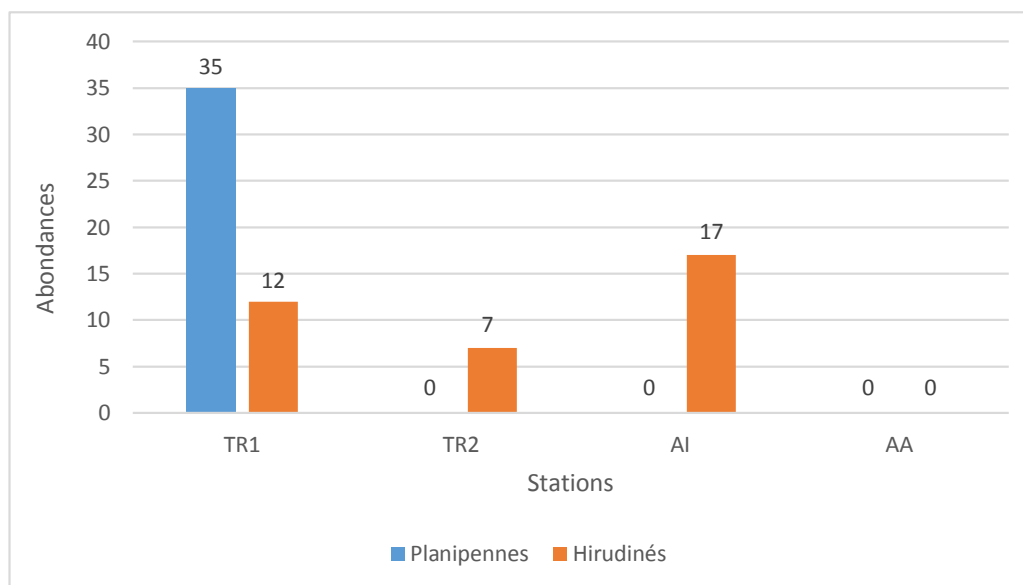


Figure 21: Répartition des Planipennes et les Hirudinés dans les stations d'étude.

➤ Les Crustacés

Le groupe des Crustacés est le moins abondant de tous les groupes taxonomiques échantillonné dans nos stations d'étude. Il contient une seule famille (Potamonidae) avec 8 individus soit 0.18 % de la faune totale.

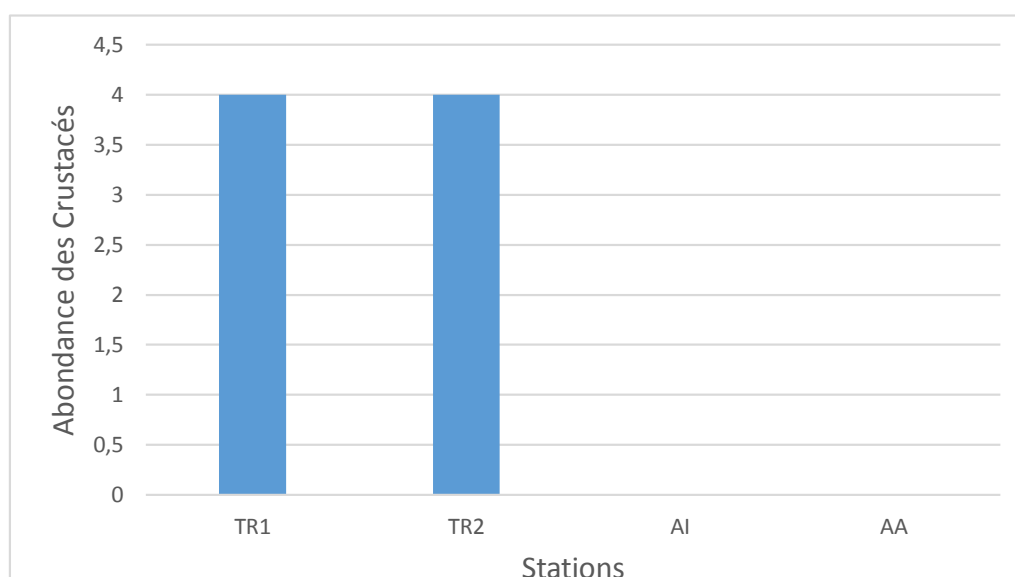


Figure 22: Répartition des Crustacés dans les stations étudiées.

2. Evaluation de la qualité hydrobiologique des cours d'eau

L'évaluation de la qualité hydrobiologique d'un cours d'eau s'attache à analyser la présence d'organismes aquatiques. En effet, ces derniers intègrent les variations de la qualité de l'eau et ceci sur des périodes plus ou moins longues. Ils se révèlent comme d'excellents bio-indicateurs.

Ainsi, divers indices biologiques ont été créés. Ils permettent de connaître l'impact de la pollution sur le milieu vivant et de diagnostiquer une pollution de l'eau d'origine chimique, organique ou une dégradation globale de l'habitat.

Les organismes utilisés sont appelés indicateurs biologiques ou bio-indicateurs. BLANDIN (1986) *in* GENIN et *al.* (2003), définit l'indicateur biologique comme une population ou un ensemble de populations, qui par ces caractéristiques qualitatives ou quantitatives témoignent de l'état d'un système écologique et qui par des variables de ses caractéristiques, permet de détecter d'éventuelles modifications du milieu.

Dans le cadre de ce travail, nous avons retenu l'IBGN comme méthode d'évaluation de la qualité des cours d'eau étudiés. Il permet d'évaluer la qualité hydrobiologique d'un site aquatique, par l'intermédiaire de la composition des peuplements d'invertébrés benthiques vivants sur divers habitats.

L'IBGN est sensible aux variations de la composition physico-chimique de l'eau et plus particulièrement aux fluctuations de la pollution organique et chimique, mais aussi de la nature des substrats (travaux en rivière ou recalibrage) et des évènements climatiques (orages).

Les résultats obtenus par cette étude sont portés sur le tableau 7 et la figure 23.

La station TR1 qui est située à 1120 m d'altitude, présente une excellente qualité hydrobiologique avec une valeur d'IBGN ≥ 17 et une classe de qualité 1A, alliant une importante variété faunistique (34 taxons). Un groupe indicateur élevé (GI = 9) ce qui indique l'excellente qualité de l'eau et du milieu c'est-à-dire : absence de pollution.

Les stations TR2, AI et AA (1045 m, 1080 m et 1010 m d'altitudes respectivement), présentent une bonne qualité hydrobiologique avec une valeur d'IBGN entre 15 et 16 et une classe de qualité 1B, alliant une variété faunistique importante (26, 28 et 24 respectivement). Un groupe indicateur élevé (GI = 9) ce qui indique la bonne qualité de l'eau et du milieu c'est-à-dire : une pollution modérée.

Les peuplements sont très diversifiés, avec des familles de différents ordres caractérisant les milieux lotiques et occupants ainsi de façon optimale l'ensemble des micro-habitats. La majorité des familles appartenant à des groupes indicateurs élevés considérés comme sensibles à la qualité du milieu ont été dénombrées, confirmant ainsi une bonne et même excellente qualité hydrobiologique pour ces stations. Les taxons récoltés sont représentés par les Plécoptères, Trichoptères, Coléoptères...

Tableau 7 : Appréciation globale de la qualité de l'eau des stations d'étude.

Stations	TR1	TR2	AI	AA
Altitudes (m)	1120	1045	1080	1010
Diversité	34	26	28	24
Groupe indicateur	9	9	9	9
Valeur d'IBGN	18	16	16	15
Classe de qualité	1A	1B	1B	1B
Qualité hydrobiologique	Excellente	Bonne	Bonne	Bonne
Couleur correspondante	Bleu	Vert	Vert	Vert
Pollution	Absente	Modérée	Modérée	Modérée

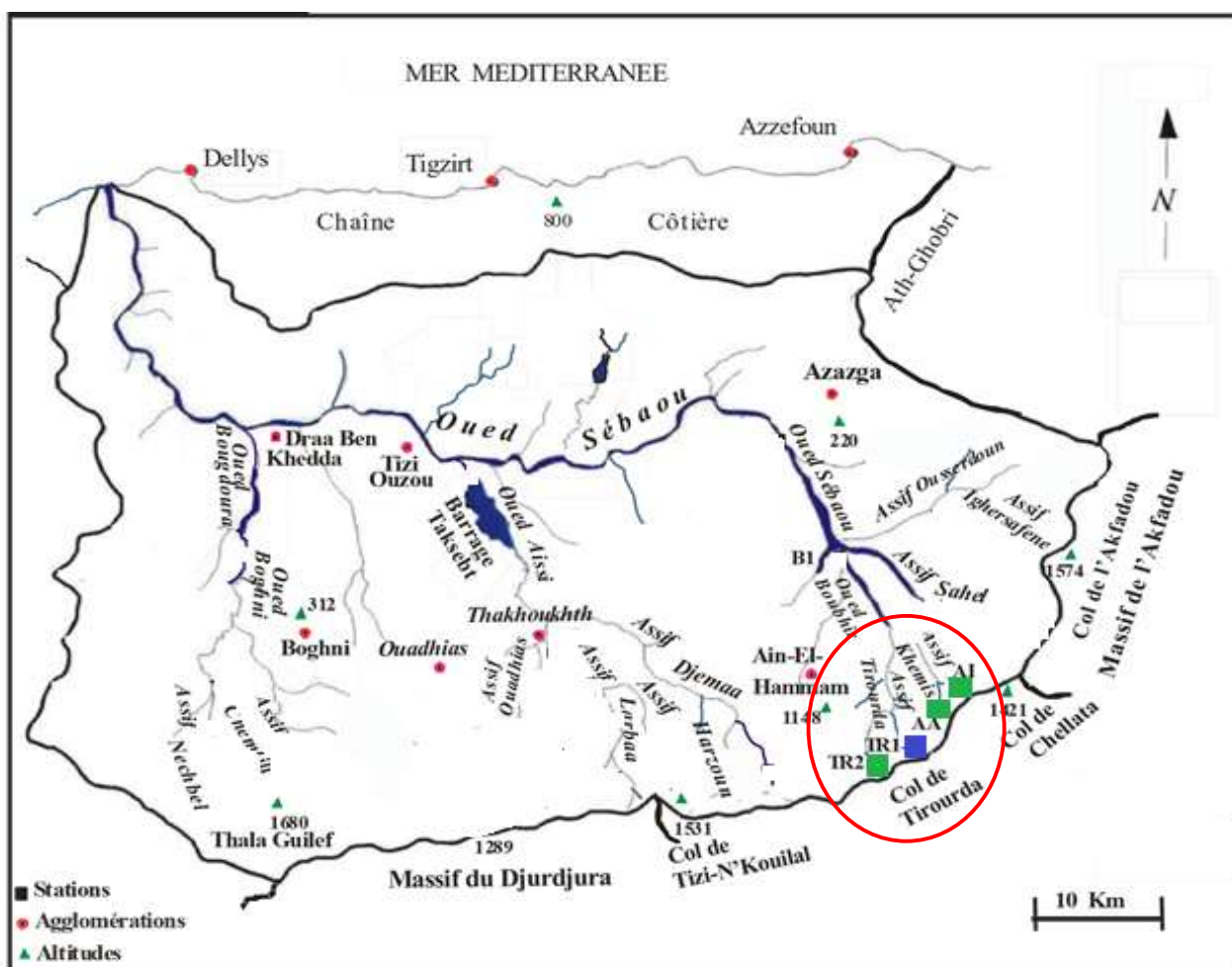


Figure 23: La qualité hydrobiologique des stations d'étude.

II. Résultats des analyses par la voie physico-chimique

Selon NEWBOLD et *al.* (1995), les caractéristiques physiques et chimiques des cours d'eau, notamment la concentration en nutriments, influent sur la productivité et la structure des communautés aquatiques et en particulier sur celle des macro-invertébrés benthiques.

Les résultats des analyses physico-chimiques des eaux des stations étudiées sont analysés et comparés aux normes recommandées par le JORA (Journal Officiel de la République Algérienne) afin d'évaluer la qualité de ces stations (annexe 8).

Tableau 8: Résultats des analyses physico-chimiques des quatre stations étudiées.

Désignation	TR1	TR2	AI	AA
O ₂ (mg/l)	7.14	6.94	6.32	7.10
Conductivité (µS/cm)	333.5	135.2	378	400
T (°C)	19.6	20.1	21.3	19.8
Ph	8.46	8.03	8.23	8.34
Turbidité (NTU)	0.50	2.97	0.22	0.26
Couleur (mg/l Platine)	10	22	4	6
UV	0.022	0.027	0.011	0.010
NH ⁴⁺ (mg/l)	0.03	0.00	0.00	0.00
NO ₃ ⁻ (mg/l)	0.62	1.06	0.54	0.36
NO ₂ ⁻ (mg/l)	0.000	0.001	0.000	0.000
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	0.23	0.17	0.28	0.11
Fe ²⁺ (mg/l)	0.04	0.19	0.05	0.05
Mn (mg/l)	0.00	0.027	0.006	0.00
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	9	6	5	4
AL ³⁺ (mg/l)	0.048	0.085	0.033	0.026
MES (mg/l)	2	14	0	10
RS (mg/l)	196	98	218	224
TA (°F)	9.5	0	5	8
TAC (°F)	65.75	21.5	63.5	74
TH (°F)	15.07	5.76	17.47	19.2
Ca ²⁺ (mg/l)	55.19	16.35	54.78	51.51
Mg ²⁺ (mg/l)	7.24	6.59	15.81	24.37
Cl ⁻ (mg/l)	5.91	6.25	9.03	7.64
KMnO ₄ (mg/l)	0.62	0.77	1.16	0
HCO ₃ ⁻	461.77	262.3	774.7	902.8
CO ₃ ⁻	57	0	30	48
E. Coli (UFC)	39	85	32	12
Coliformes Totaux (UFC)	10 100	34 800	14 600	24 100
Streptocoques (UFC)	74	192	63	40

1. Résultats des paramètres physico-chimiques

➤ Turbidité et couleur

Les résultats donnés par la figure 24, nous laisse conclure que la clarté d'une eau dépend de sa turbidité. Plus l'eau est turbide moins est claire, et plus l'eau est moins turbide plus est claire.

Dans la station AI, avec une turbidité de 0.22 NTU la couleur est de 4 mg/l Platine. Tandis que dans la station TR2, la turbidité qui est à 2.97 NTU nous a donné une couleur de 22 mg/l Platine. Cela la signifie que la station AI est plus la claire de toutes les stations (c'est la moins chargée en particules colloïdales en suspensions, ce qui va permettre la survie des espèces aquatiques (aérobies) par le passage de la lumière et de l'oxygène vers les profondeurs.) contrairement à TR2 qui est plus turbide et cela revient à la présence de la matière organique.

Les deux autres stations (TR1 et AA), les particules colloïdales en suspensions sont de l'ordre de 10 et 6 mg/l Platine respectivement.

La valeur indicative de la couleur donnée par le Journal Officiel de la République Algérienne (JORA) concernant la qualité de l'eau de consommation humaine est de l'ordre de 15 mg/l Platine. Ce qui signifie que nos stations (TR1, AI, AA) sont dans l'intervalle des normes contrairement à la station TR2 qui est au-dessus de cet intervalle.

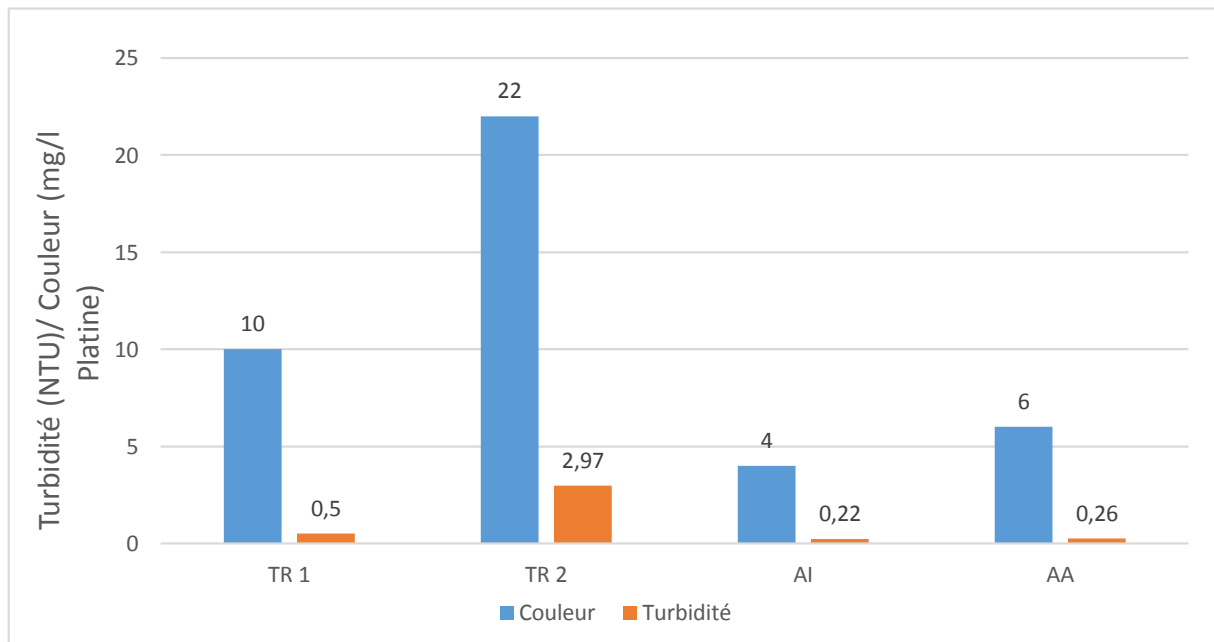


Figure 24: variations de la turbidité et de la couleur dans les stations d'étude.

➤ Température et oxygène dissous

La solubilité de l'oxygène dans l'eau diminue lorsque la température augmente, ce qui induit une diminution de la concentration en oxygène à saturation. Ce qui a été confirmé, d'ailleurs, par la figure 25. Dans les stations (TR1 et AA) où nous avons enregistré une température allant de 5 à 6 °C, la concentration de l'O₂ était de 7.14 et 7.1 mg/l respectivement. Contrairement aux deux autres stations (TR2 et AI), où la température a augmentée (9 et 12 °C), la concentration en O₂ était de l'ordre de 6.94 et 6.32 °C. Cela peut-être expliquer par la présence des organismes vivants qui utilisent l'oxygène pour leur respiration durant le jour, ajoutant à cela les végétaux, les algues ainsi qu'aux bactéries utilisant les rayons solaires et le gaz carbonique (CO₂) afin de fabriquer leur nourriture (C'est le processus de la photosynthèse qui libère de l'oxygène dans l'eau).

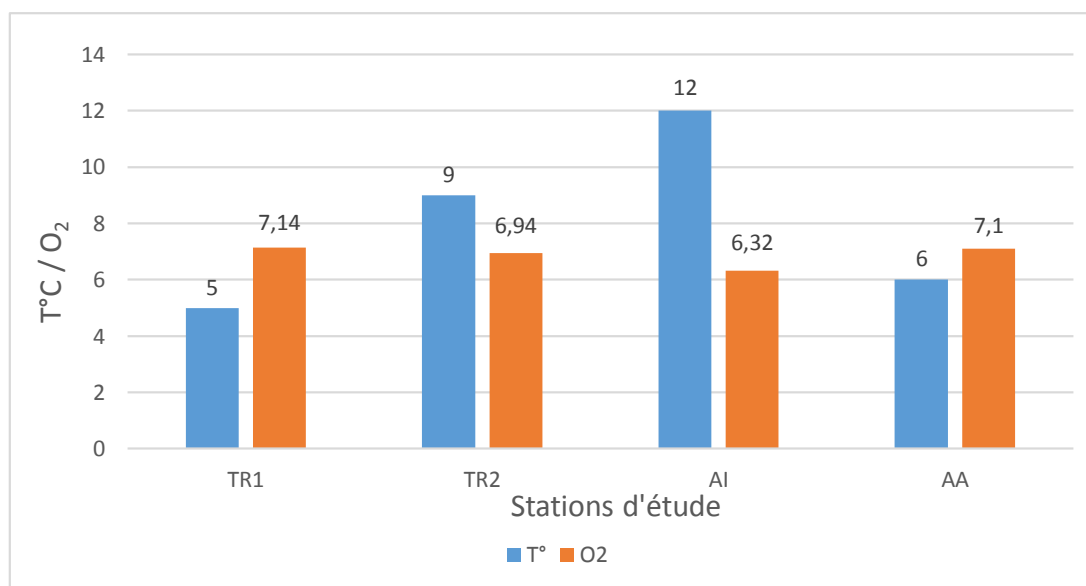


Figure 25: Les variations de températures et de l'oxygène dissous dans les stations d'études.

➤ pH

Le pH diminue en présence des teneurs élevées en matière organique et augmente en période d'été, lorsque l'évapotranspiration est importante (MEYBECK *et al.*, 1996 *in* DERWICH *al.*, 2010).

Les valeurs du pH des eaux de nos stations ne montrent pas de variations notables (figure 26), avec un minimum de 8.03 à TR2 et un maximum de 8.46 à la TR1. Cette basicité de l'eau revient à la nature du terrain traversé et de la roche mère (roche calcaire). Ces valeurs obtenues sont dans l'intervalle des valeurs limites données par le Journal Officiel de la République Algérienne concernant la qualité de l'eau de consommation humaine ($6.5 \leq \text{pH} \leq 9$).

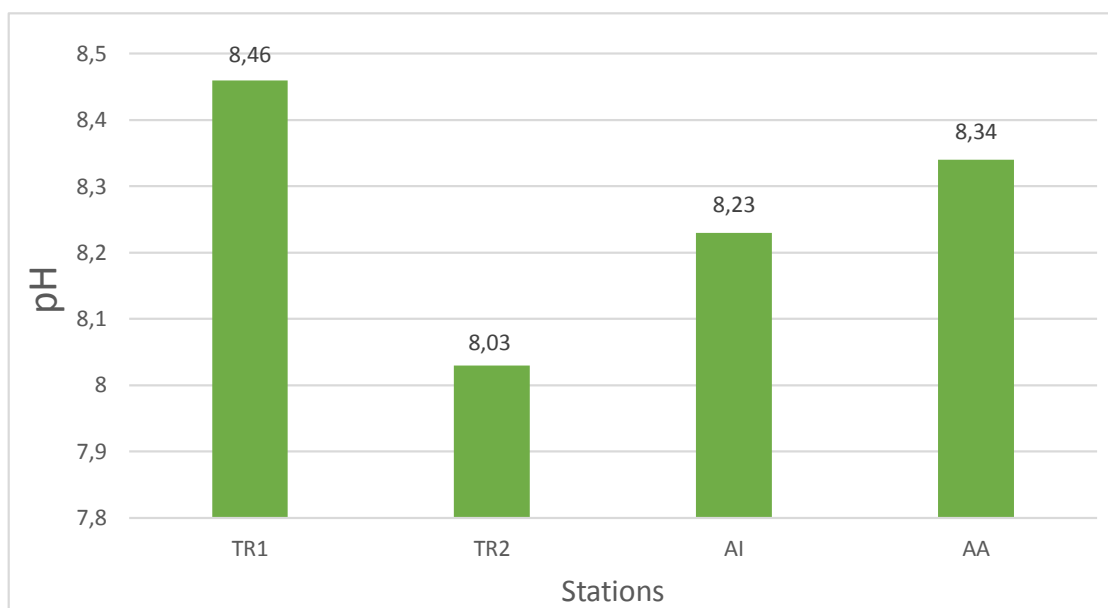


Figure 26: Les variations du pH dans les stations d'études.

➤ Conductivité électrique

Les eaux de ces stations sont moyennement minéralisées avec des valeurs situant entre 333.5 et 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (TR1, AI et AA), ceci est due à la présence des substances dissoutes (ions) dans l'eau sauf la station TR2 qui est faiblement minéralisée (135.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$) due à la faible présence de particules chargées.

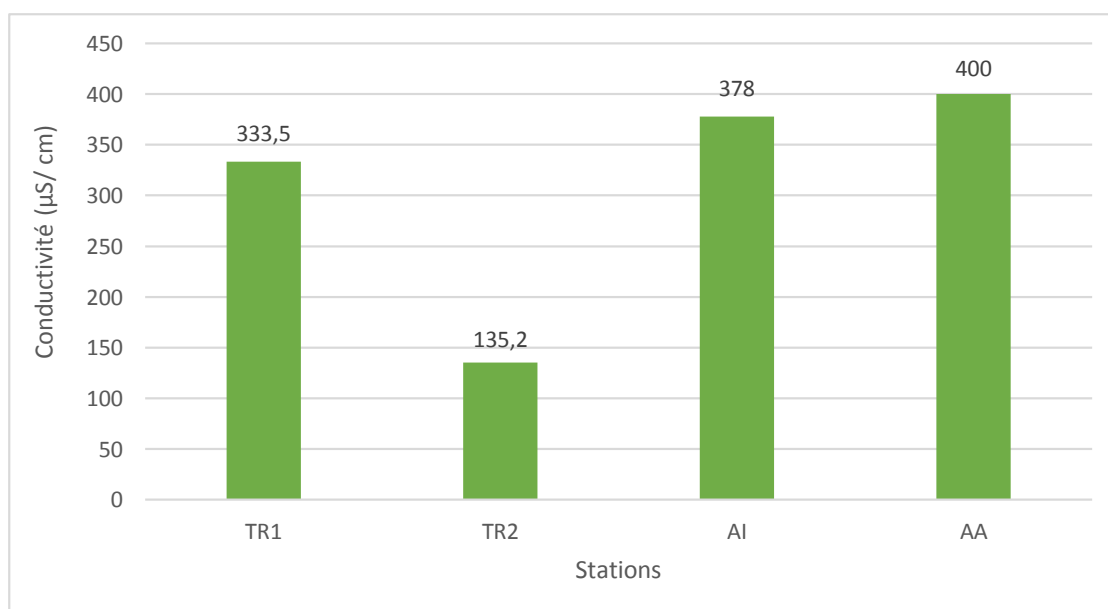


Figure 27: Les variations de la conductivité dans les stations d'étude.

2. Résultats des paramètres de minéralisation

➤ La dureté totale (TH)

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

Les figures 28 et 29 représentent les variations de TH, et $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ respectivement dans les stations d'étude. Les variations du TH varient d'une station à une autre, oscillent entre 5.72 et 19.2 °F et dépend de ces deux derniers. La plus grande valeur du TH a été relevée dans la station AA (19.2 °F) et cela revient à la forte teneur de cette source en Ca^{2+} (51.51 mg/l) et Mg^{2+} (24.37mg/l). Cela signifie que l'eau de cette source est douce.

Tandis que, la valeur minimale de TH qu'a été enregistrée est celle de la station TR2 (5.76 °F) ainsi qu'aux teneurs de calcium et magnésium qui sont faibles, elles comptent 16.35 et 6.59 mg/l. Cette source est considérée comme légèrement douce.

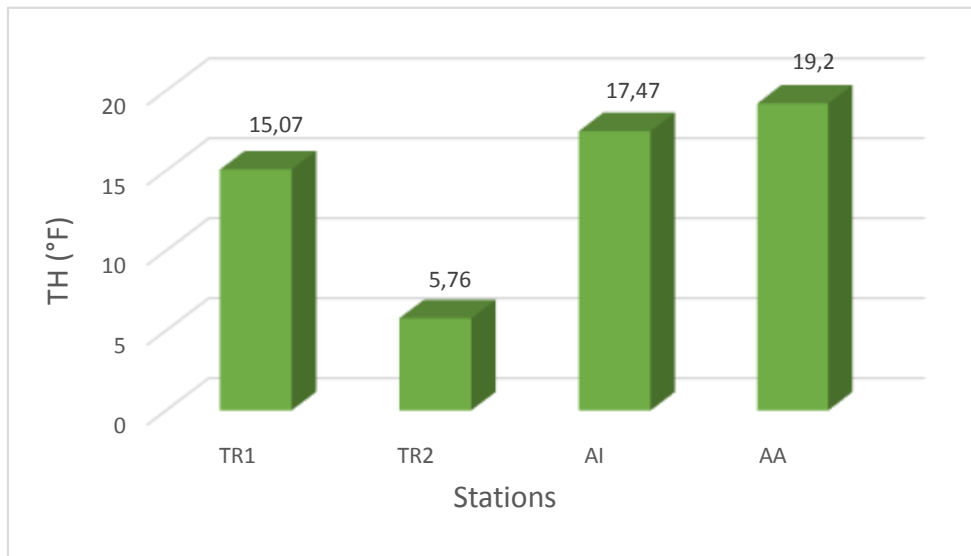


Figure 28: Les variations de la dureté totale (TH) dans les stations d'étude.

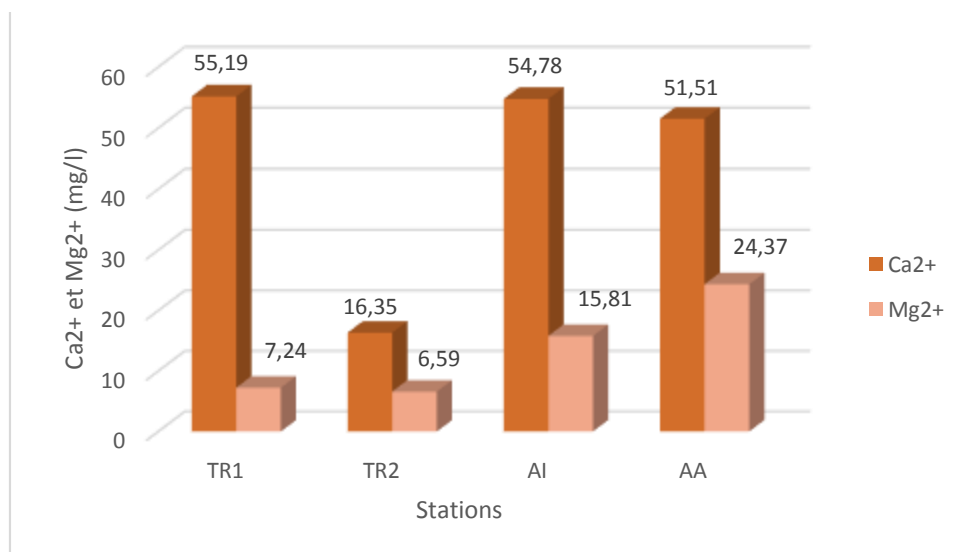


Figure 29: Les variations de Ca^{2+} et Mg^{2+} dans les stations d'étude.

➤ Titre alcalimétrique (TA) et titre alcalimétrique complet (TAC)

Le TAC dans les échantillons d'eau analysés est essentiellement dû à la présence des ions de bicarbonate (HCO_3^-).

D'après la figure 30, nous remarquons que la station AA a le TAC le plus élevé (74 °F), ce qui prouve une dissolution des roches carbonatées. Concernant le TA, il varie d'une station à une autre (0 à 9.5 °F).

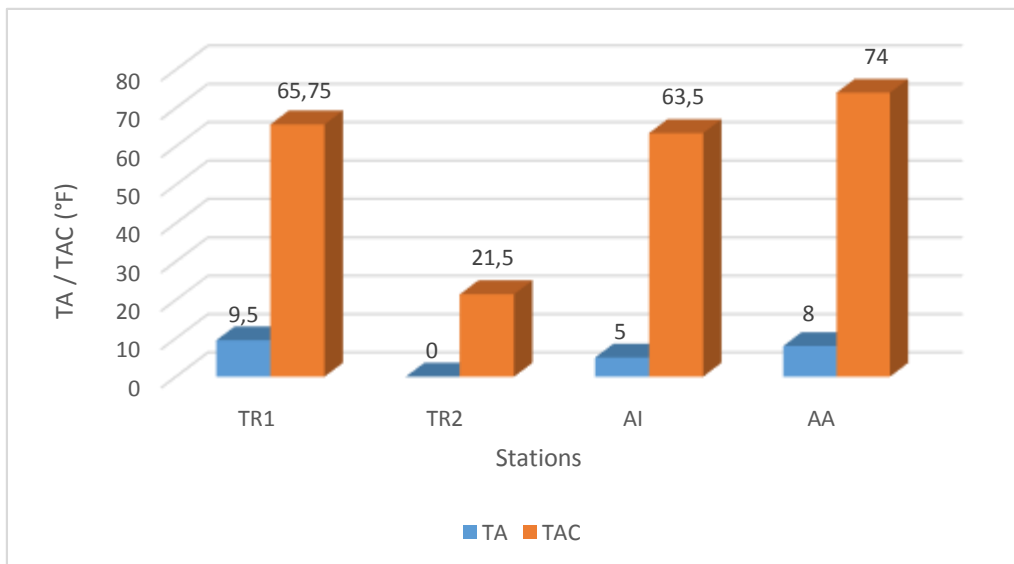


Figure 30: Les variations de TA et TAC dans les stations d'étude.

➤ 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).

D'après la figure 31, les teneurs en chlorures enregistrées dans les stations d'étude oscillent entre 5.91 et 9.03 mg/l, ce sont des valeurs qui répondent aux normes des caractéristiques de la qualité des eaux de sources données par le JORA (200 à 500 mg/l).

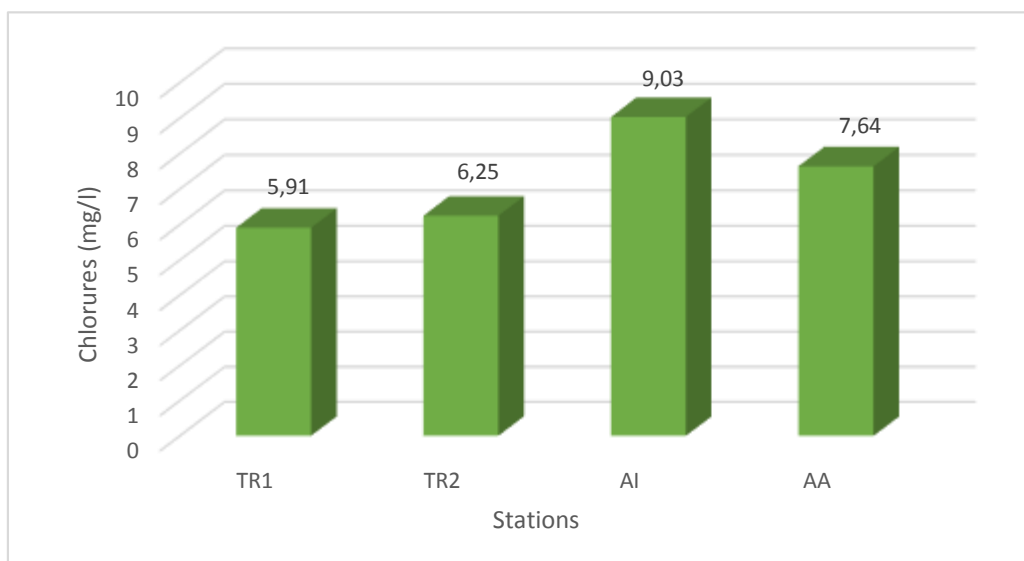


Figure 31: Les variations des chlorures dans les stations d'étude.

3. Résultats des paramètres de pollution

➤ Les composés azotés

L'azote est l'un des éléments chimiques les plus abondants sur terre. Il se présente sous deux formes : l'azote organique (protéines, acides aminés,...) et l'azote minérale (azote moléculaire, ammonium, nitrites, nitrates,...). Les formes d'azote que nous avons étudiées sont : Ammonium (NH_4^+), Nitrites (NO_2^-) et Nitrates (NO_3^-).

Les résultats donnés par les figures 32 et 33 concernant respectivement NH_4^+ , NO_2^- et NO_3^- varient d'une station à une autre.

L'absence de NH_4^+ dans les stations étudiées indique l'absence de pollution par ces différentes origines (agricole, urbaine et domestique).

La figure 33 des teneurs en nitrites et nitrates, montre une légère variation des teneurs en nitrates qui oscillent entre 0.36 et 1.06 mg/l mais qui restent toujours inférieurs à la valeur admissible par les normes Algérienne concernant l'eau de consommation humaine qui est à 50 mg/l. Quant aux teneurs en nitrites, sont nulles dans toutes les stations. Cela indique l'absence des rejets d'eaux usées dans ces milieux et surtout l'absence des fertilisants utilisés en agriculture.

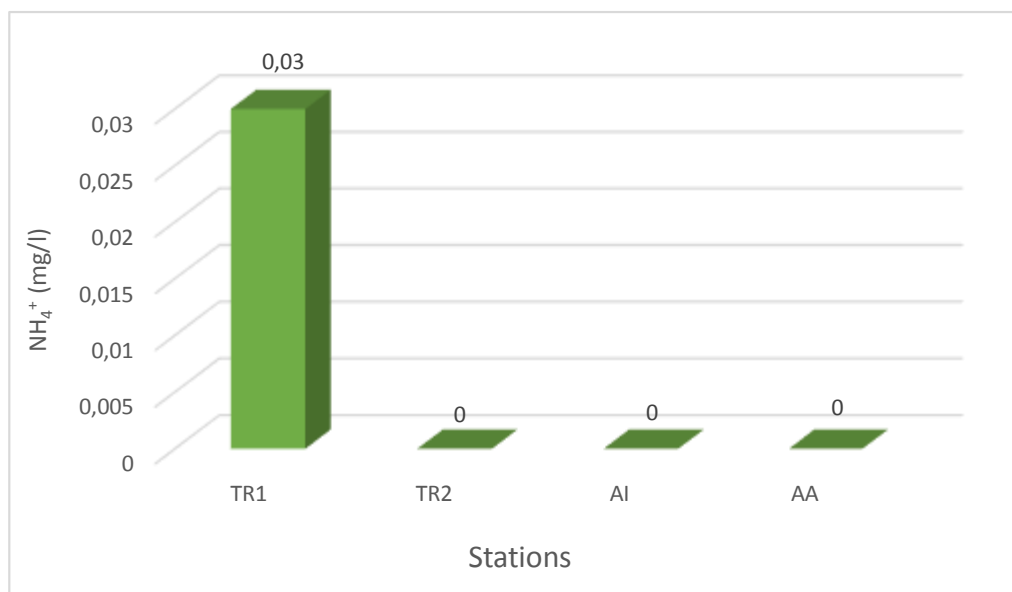


Figure 32: Les variations de l'Ammonium (NH_4^+) dans les stations d'étude.

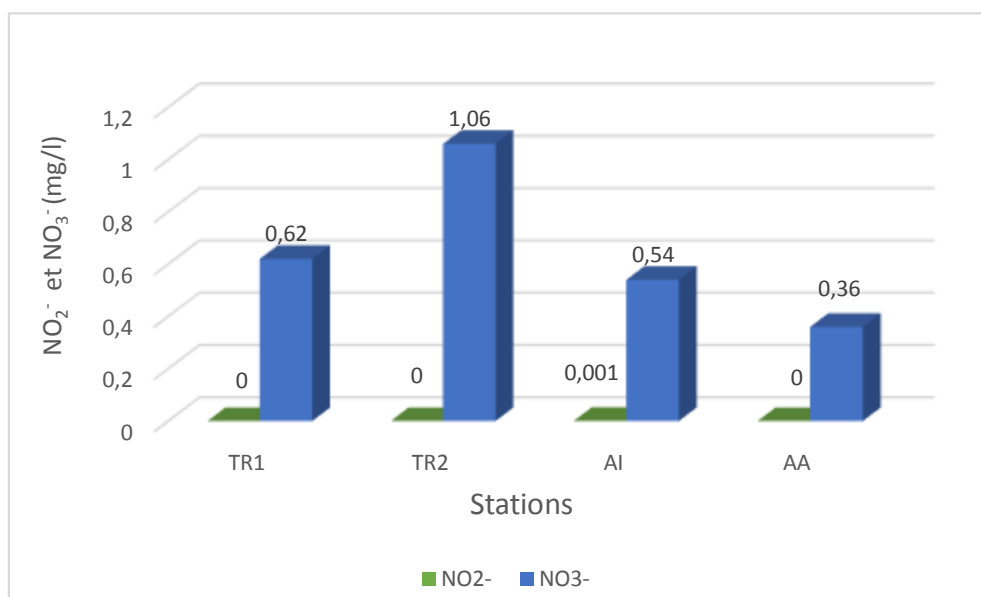


Figure 33: Les variations des Nitrites et des Nitrates (NO₂⁻ et NO₃⁻) dans les stations d'étude.

➤ Les ortho-phosphates (PO₄³⁻)

Les concentrations en Ortho-phosphates enregistrées au niveau des stations étudiées (figure 34) sont comprises entre 0.11 et 0.28 mg/l. Ce sont des valeurs inférieures à la limite admissible des Ortho-phosphates fixées par la loi Algérienne (soit 5 mg/l) concernant l'eau potable. Ce qui explique l'absence de la pollution d'origine agricole.

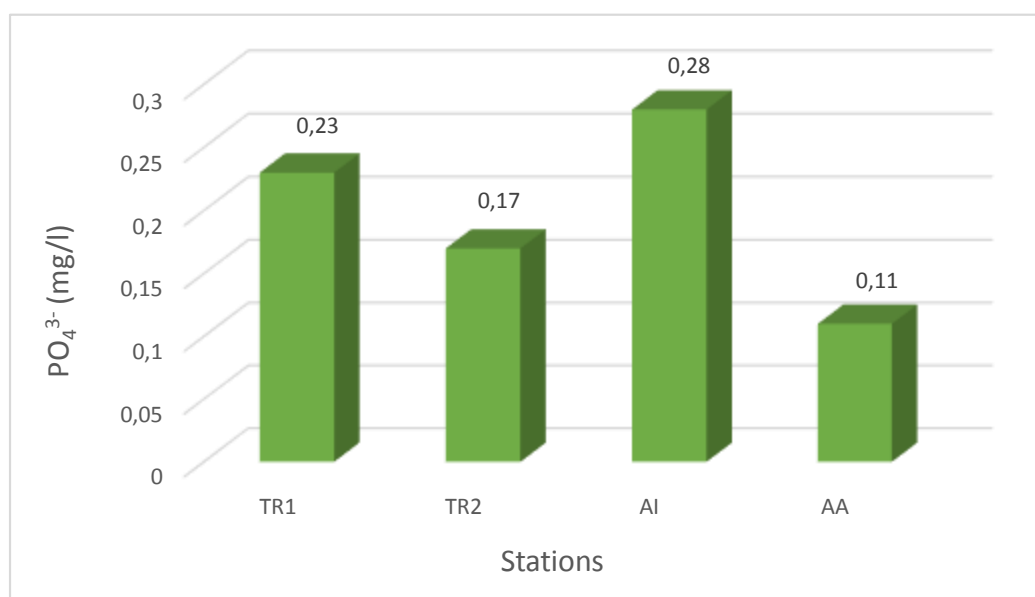


Figure 34: Les variations des Ortho-phosphates (PO₄³⁻) dans les stations d'étude.

➤ Les sulfates (SO_4^{2-})

Les résultats donnés par la figure 35 concernant les teneurs en SO_4^{2-} dans nos échantillons, montrent une variation allant de 4 à 9 mg/l notons ainsi que ces valeurs restent de loin inférieures à la valeur indicative donnée par le JORA (400 mg/l). Ce qui explique l'absence de pollution agricole (absence de pesticides et fongicides à base de sulfate ou de d'acide sulfurique ainsi qu'aux engrais au sulfate d'ammonium).

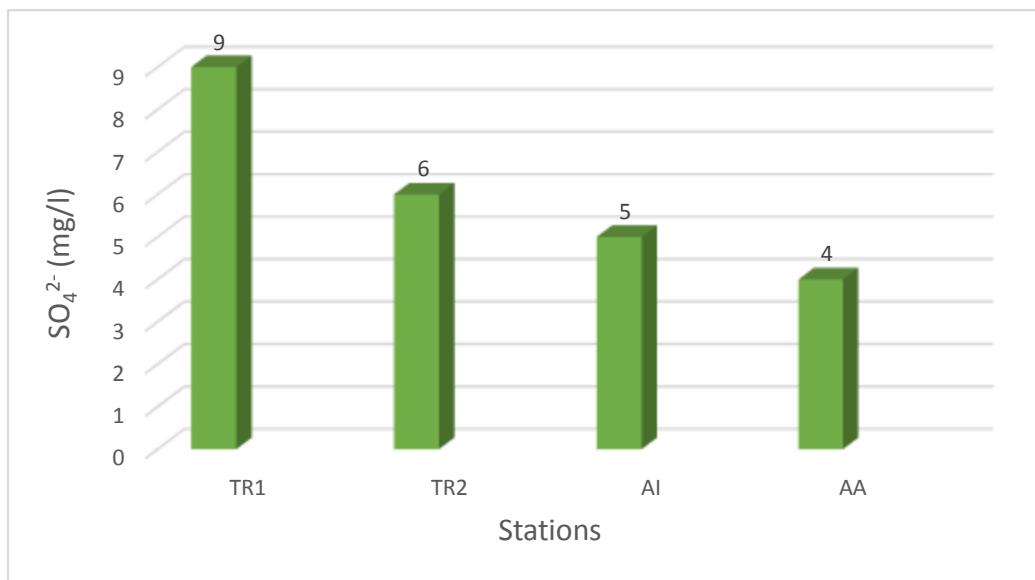


Figure 35: Les variations des Sulfates (SO_4^{2-}) dans les stations d'étude.

➤ La matière organique

Les teneurs enregistrées en matière organique 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).

La norme Algérienne concernant les caractéristiques de la qualité des eaux de source, fixe l'oxydabilité au permanganate de potassium à une valeur maximale de 3 mg/l en oxygène. L'eau des sources analysées se situe largement au-dessous de cette valeur, elle varie entre 0 et 1.16 mg/l. Ceci explique la bonne qualité des sources.

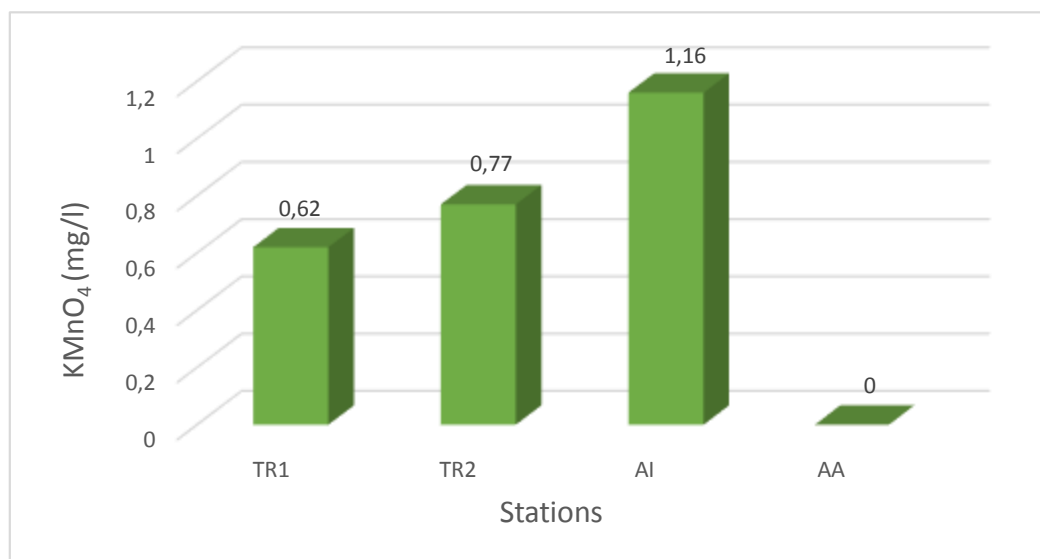


Figure 36: Les variations de la matière organique (KMnO₄) dans les stations d'étude.

➤ Les matières en suspension (MES)

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

Dans le présent travail, les valeurs des MES, d'après la figure 37, varient entre 0 et 14 mg/l ce qui explique que ces stations sont d'une excellente qualité d'eau.

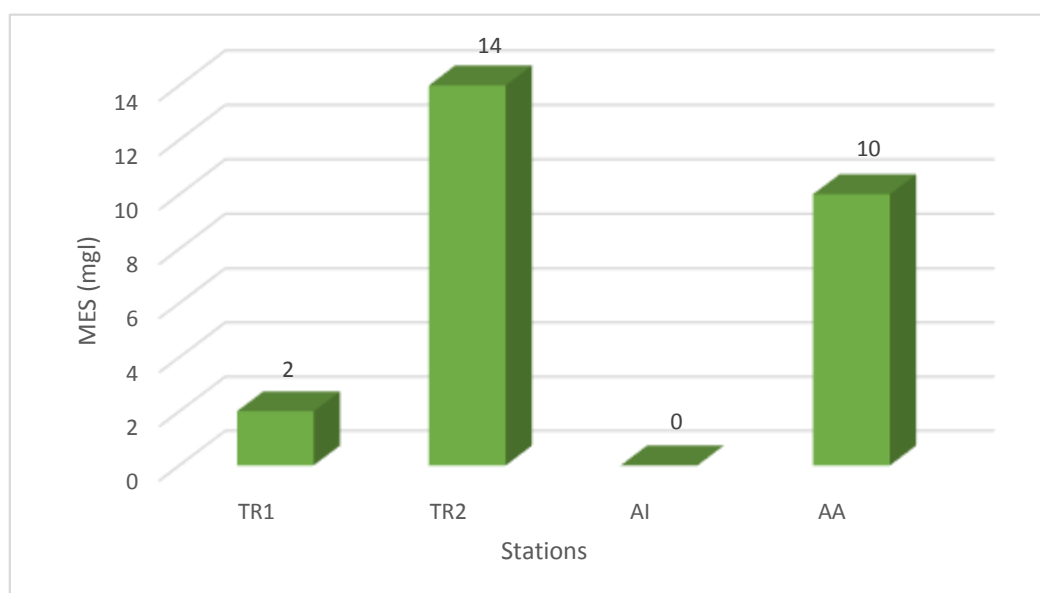


Figure 37: Les variations des MES dans les stations d'étude.

➤ Les résidus secs (RS)

La détermination du résidu dans l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspensions non volatiles. Elle permet aussi d'évaluer la minéralisation d'une eau mais d'une façon différente (RODIER, 2009).

La lecture de la figure 38 montre que les variations des résidus secs au niveau des 4 stations d'études se situent entre 98 et 224 mg/l, ceci est relié à la nature géologique de la roche de ces stations (roche sédimentaire).

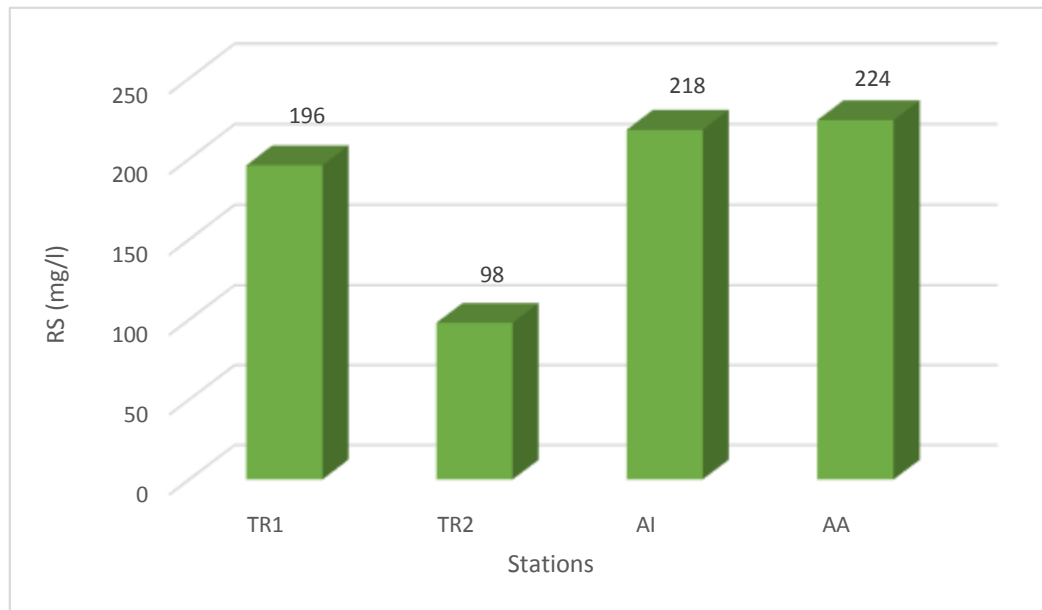


Figure 38: les variations des résidus secs dans les stations d'étude.

4. Les résultats des paramètres indésirables

➤ Le Fer (Fe^{2+}) et l'Aluminium (Al^{3+})

La figure 39 représente les variations du fer et de l'aluminium au niveau des 4 stations étudiées. Ces valeurs allant de 0.04 à 0.19 mg/l de Fe^{2+} et de 0.026 à 0.085 mg/l de Al^{3+} sont inférieures aux valeurs indicatives données le JORA concernant les paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine (2014) (0.3 mg/l de Fe^{2+} et 0.2 mg/l de Al^{3+}) ceci explique l'absence de pollution provenant des rejets industriels (pollution minière et métallurgique).

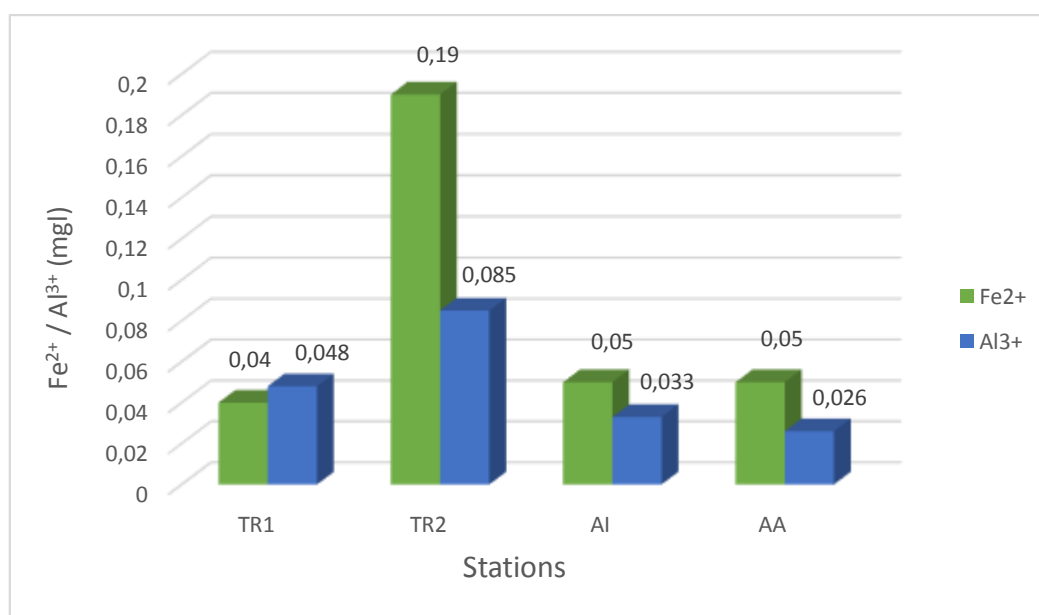


Figure 39: Les variations du Fe₂⁺ et Al₃⁺ dans les stations d'étude.

III. Résultats des analyses bactériologiques

Cette étude est portée sur le dénombrement des coliformes totaux, coliformes fécaux (E.Coli) et les streptocoques. Ce dénombrement a pour objectif d'apprécier quantitativement la charge microbienne dans les stations étudiées.

Les normes de qualités bactériologiques utilisées par l'ARNH pour la classification des eaux sont portées sur l'annexe 9.

Les résultats des analyses bactériologiques utilisés pour évaluer la qualité des eaux sont portés sur le tableau ci-dessous

Tableau 9: Résultats des analyses bactériologiques des quatre stations d'étude.

Stations	TR1	TR2	AI	AA
Paramètres				
E. Coli (UFC/100 ml)	39	85	32	12
Coliformes totaux (UFC/100 ml)	10 100	34 800	14 600	24 100
Streptocoques (UFC/100 ml)	74	192	63	40

➤ Les coliformes totaux

Les coliformes totaux sont un groupe de bactéries que l'on retrouve fréquemment dans l'environnement (sol ou végétation), ainsi que dans les intestins des mammifères, dont les êtres humains. Les coliformes totaux n'entraînent en général aucune maladie, mais leur présence indique qu'une source peut être contaminée par des micro-organismes plus nuisibles. Les coliformes totaux et l'E.Coli servent d'indicateurs pour mesurer le degré de pollution et la qualité de l'eau.

Dans le présent travail, l'analyse bactériologique au niveau des stations étudiées montre que le taux des coliformes totaux varie d'une station à une autre, avec un minimum de 10.100 UFC/100 ml (TR1) et un maximum de 34.800 UFC/100 ml (TR2). Pour les quatre stations, les valeurs obtenues sont toutes au-dessus des normes données par l'ANRH concernant les eaux superficielles (> 5000 UFC/100 ml) ceci montre que toutes ces stations sont excessivement polluées. 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.

➤ L'Escherichia coli

La présence d'E. Coli a été noté dans toutes les stations. Le plus faible développement de ces colonies a été noté au niveau de la station AA avec 12 UFC/100 ml. Dans les stations TR1, TR2 et AI nous avons noté des colonies de l'ordre de 39, 85 et 32 UFC/100 ml respectivement. Ces faibles présences d'E. Coli peuvent s'exprimer par l'absence des conditions qui favorisent le développement de cette dernière.

Selon la classification des eaux superficielles de l'ANRH, ces stations sont d'une bonne à moyenne qualité d'eau (de 0 à 20 et de 20 à 2000 UFC/100ml).

➤ Les streptocoques

Les résultats obtenus au niveau de nos stations d'étude, montrent une faible présence des bactéries streptocoques avec 74 (TR1), 192 (TR2), 63 (AI) et 40 (AA) UFC/100 ml. Ceci explique l'absence des conditions favorables pour le développement de cette bactérie. Selon la classification des eaux superficielles de l'ANRH, ces sources sont d'une qualité d'eau moyenne (de 20 à 2000 UFC/100 ml).

Discussion générale

Le réseau hydrographique du col Tirourda a fait l'objet d'une étude faunistique des macro-invertébrés benthiques ainsi qu'à l'évaluation de la qualité de l'eau des quatre cours d'eau par les voies biologique, physico-chimique et bactériologique. Cette étude nous a permis d'obtenir plusieurs résultats qui confirment la complémentarité entre ces 3 méthodes.

Les résultats de l'étude biologique nous ont conduits à démontrer que nous pouvons diviser ces 4 stations en deux secteurs, à savoir :

➤ Dans le premier secteur, celui de la station TR1 avec 1120 m d'altitude, on observe une excellente qualité hydro-biologique avec une classe de qualité de 1A. Ceci a favorisé la forte variété faunistique liée à une diversification du milieu : nombre important de micro-habitats pour la faune. Une valeur d'IBGN = 18 donne un groupe indicateur élevé (GI = 9). La présence de taxons sensibles aux pollutions indiquant une qualité de l'eau tout à fait correcte (exempte de pollution).

➤ Le second secteur est celui des trois autres stations (TR2 = 1045 m, AI = 1080 m et AA = 1010 m d'altitude). Ils se caractérisent par une bonne qualité hydro-biologique avec une classe de qualité de 1B, une valeur d'IBGN qui varie entre 15 et 16 donnant un groupe indicateur élevé (GI = 9). A ce niveau, c'est le nombre d'unité taxonomique qui fait la différence.

Le secteur de ces stations a pu préserver un état naturel, ce qui est favorable au maintien d'une faune riche et diversifiée essentiellement polluo-sensible pour la plupart. Le peuplement est très diversifié, avec des familles de différents ordres, caractérisant les milieux lotiques et occupant ainsi de façon optimale l'ensemble des macro-habitats. Les insectes Plécoptères, taxons polluo-sensibles, présentent une grande diversité intrinsèque puisque 5 familles appartenant à cet ordre ont été identifiés.

Plusieurs familles appartenant à des groupes indicateurs élevés et donc considérées sensibles à la qualité du milieu ont été dénombrées, confirmant ainsi une excellente qualité hydro-biologique pour ces stations.

Les résultats des analyses physico-chimiques confirment les résultats de l'étude biologiques. D'ailleurs, si l'on compare ces résultats à ceux obtenus par HAOUCHINE (2011), (faune riche et diversifiée et surtout la présence des taxons polluo-sensibles, classe de qualité : 1A et 1B, GI = 9), nous allons constater que la qualité hydro-biologique durant ces 13 années n'a pas changée. Ce qui signifie que ces sources ont un bon processus d'autoépuration d'eau qui se fait par la dégradation de la matière organique en présence des bactéries aérobies. Cela démontre que ces sources sont bien oxygénées et arrivent à sauvegarder leur état naturel.

Rajoutant à cela, les basses températures de l'eau ainsi qu'à sa basicité (pH basique), l'absence de paramètres de pollutions (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- et PO_4^{3-} sont sous forme de traces à nuls), la clarté de l'eau avec une bonne minéralisation de ces sources...etc, expliquent l'hétérogénéité des milieux par rapport au peuplement aquatiques.

L'indice de pollution organique (IPO) passe 0 à 1.16 mg/l de la station AA à la station AI. La pollution la plus forte a été enregistrée au niveau de la station AI avec 1.16 mg/l.

Discussion

Quant aux résultats de l'étude bactériologique, elle indique que les stations étudiées renferment une charge en E. Coli et les streptocoques en particulier les coliformes totaux surtout au niveau de la station TR2 due à une contamination fécale causé par l'élevage.

Ces bactéries consomment l'oxygène en dégradant la matière organique afin d'assurer leur développement. Mais d'après les résultats de l'IBGN, nous confirmons que ces sources sont de très bonne qualité, ce qui mène à penser qu'un taux de bactéries donnés est indispensable et joue un rôle important dans le cycle de vie des écosystèmes aquatiques.

Pour finir, les résultats bactériologiques confirment les résultats précédents (les résultats physico-chimiques et biologiques).



Conclusion

Conclusion

Cette étude avait pour but d'évaluer la qualité de l'eau de quelques sources en amont de la Kabylie, à savoir : le col de Tirourda (assif Tirourda avec deux stations, assif N'Ath Atsou et assif Iilthen) par les trois voies : biologique, physico-chimique et bactériologique.

Ces quatre stations qui s'échelonnent entre 1010 et 1120 m d'altitude nous ont permis de récolter un taux de 4448 individus de macro-invertébrés benthiques répartis en 12 groupes zoologiques et 48 familles.

Le groupe le mieux représenté est l'ordre des Diptères avec 11 familles, suivit par les Coléoptères avec 8 familles, viennent ensuite les Trichoptères avec 6 familles, les Plécoptères et les Hétéroptères 5 familles pour chacun. Les Oligochètes, les Mollusques et les Ephéméroptères sont représentés par 3 familles. Les Crustacés, les Hydracariens, les Hirudinés et les Planipennes par 1 famille.

L'effectif du peuplement benthique montre que les Ephéméroptères et les Diptères sont largement dominants. Ils représentent respectivement 29.65 % (soit 1319 individus) et 29.53 % (soit 1314 individus) de la faune totale. Ils totalisent près de 60 % de la faune récoltée.

Les Coléoptères, les Mollusques, les Plécoptères, les Hydracariens, les Trichoptères, les Oligochètes et les Hétéroptères occupent respectivement 3^{ème}, 4^{ème}, 5^{ème}, 6^{ème}, 7^{ème}, 8^{ème} et 9^{ème} place par ordre d'abondance numérique. Ils comptent respectivement 9.06 % (soit 403 individus), 8.91 % (396 individus), 5.79 % (257 individus), 5.67 % (252 individus), 4.18 % (186 individus), 2.88 % (126 individus) et 2.52 % (116 individus).

Les Hirudinés, les Planipennes et les Crustacés sont faiblement représentés. Ils ne constituent que 0.81 % (36 individus), 0.79 % (35 individus) et 0.18 % (8 individus) respectivement.

L'analyse de la structure du peuplement des cours d'eau étudiés a permis de montrer que ces zones sont très diversifiées. La plus 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'évaluation de qualité hydrobiologique des sources échantillonnées, appréciées par la méthode d'IBGN a montré une légère variation de la qualité de l'eau et du milieu d'excellente à bonne.

Concernant les différentes analyses physico-chimiques et bactériologiques, elles ont été réalisées au niveau du laboratoire SEAAL de Taksebt. Le bilan de ces derniers indique une variabilité des paramètres mesurés :

Conclusion

- Les paramètres organoleptiques : l'eau de ces stations présente une couleur claire sauf pour la station TR2 qui est légèrement colorée.
- Les paramètres physico-chimiques : selon les normes du JORA, les résultats obtenus montrent une bonne qualité de l'eau de toutes les stations (très bonne oxygénées, absence de turbidité et de résidus secs, un pH basique...).
- Les paramètres de pollution : toutes les stations ont des teneurs au-dessous de la norme donnée par le JORA.
- Les paramètres de minéralisation globale : la présence de ces paramètres dans toutes les stations est sous forme de traces.
- Les paramètres indésirables : les teneurs en aluminium et en fer dans les stations d'études sont hétérogènes.

Les concentrations des paramètres étudiés sont toutes conformes aux normes de potabilité établies par le JORA. L'eau du col des stations Tirourda ne présente aucune pollution chimique.

Quant aux analyses bactériologiques, elles indiquent une contamination récente par les matières fécales vu le nombre de colonies bactériennes de coliformes totaux et de streptocoques relevés dans les différentes stations en particulier la station TR2.

Ces trois études biologiques, physico-chimiques et bactériologiques effectuées dans ce travail sont complémentaires et affirment toutes la bonne voir l'excellente qualité de ces sources.

En perspective, pour sauver les milieux aquatiques en général, et les sources en particulier, il serait intéressant à l'avenir de prospecter d'une façon approfondie plus de réseaux hydrographiques et engager des suivis annuels, avec un plus grand nombre de stations et renforcer des études afin d'établir l'influence des facteurs du milieu sur la distribution de la faune puisque cette dernière constitue les organismes les plus couramment utilisés pour la bio-surveillance et l'évaluation de l'état de santé globale de ces milieux aquatiques.



**Références
bibliographiques**

Références bibliographiques

A

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

AFNOR, 2004-NF T90-350 Qualité de l'eau Détermination de l'indice global normalisé (IBGN), éd, afnor.40p.

AIT MOULOUD, S. 1988. Essais de recherches sur la dérive des macro-invertébrés dans l'Oued Aissi : faunistique, écologie et biogéographie. Thèse de magister. Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene. Institut des Sciences de la Nature, d'Alger, Algérie, 118 pp.

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.

ANGUS R.B., 1973. Pleistocène Helophorus (Coleoptera, Hydrophilidae) from Borislav and Starunia in the western Ukraine, with a reinterpratation of Lomnick's species, description of a new Siberain species, and comparaison with British weichselian faunas. Phil. Trans. Roy.Soc., London, Biol. Sc., 265 (869): 299-326.

ANGUS R.B., 1973. Pleistocene Helophorus (Coleoptera,Hydrophilidae) from Borislavand Starunia in the western Ukraine, with a reinterpretation of Lomnick's species, description of a new Siberian species, and comparison with British Weichsel Ian faunas. Phil. Trans. Roy. Soc., London, Biol. Sc., 265:299-326.

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

B

BARBAULT R., 1995. Ecologie des peuplements. Structure et dynamique de la biodiversité. 2ème édition- Masson, Paris – Milan – Barcelone. P. 15-19.

BERTHELÉMY C 1966. Recherches écologiques et biogéographiques sur les Plécoptères et Coléoptères d'eau courante (Hydraena et Elminthidae) des Pyrénées. Anns Limnol., 2(2) : 227-458.

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

BELGHITI, M.L., CHAHLAOUI, 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.

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

Références bibliographiques

BIGOT L. & MARAZANOF F., 1966. Notes sur l'écologie des Coléoptères aquatiques des Marismas du Guadaquivir et prélier inventaire des Coléoptères et Lépidoptères du CotoDonana (Andalucia). *Annls. Limnol.*, 2 (3) : 491-502.

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

C

CERRIGHINO R., 1992. Influence des variations artificielles du débit sur la faune.

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

D

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

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

DAJOZ R., 1985. Précis d'écologie. Ecologie fondamentale et appliquée. 5ème édition.

DELGA M. 1969. Mise au point sur la structure du Nord-Est de la Berbérie. Publications-Agence du Service Géologique d'Algérie. Nouvelle Série. *Bulletin n° 39* : 131 pp. Gauthier Villard. Paris : 505p.

DELANNOY H. & LECOMPTE M., 1980. Utilisation de l'analyse factorielle des correspondances pour l'étude des précipitations quotidiennes : un exemple au Maroc. *Méditerranée*, 4, 29-36.

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.

DERRIDJ A. 1990. Etude des populations de *Cedrus atlantica* M. en Algérie. Thèse Docteur es- sciences, Université Paul Sabatier, Toulouse : 288p.

DERWICH E., BENAABIDATE L., ZIAN A., SADKI O., BELGHITY D. 2010. CARACTERISATION PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX DE LA NAPPE ALLUVIALE DU HAUT SEBOU EN AVAL DE SA CONFLUENCE AVEC OUED FES. *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, n° 08, 101-112 pp.

DURAND-DELGA M. 1969. Mise au point sur la structure du Nord-Est de la Berbérie. Publications-Agence du Service Géologique d'Algérie. Nouvelle Série. *Bulletin n° 39* : 131 pp.

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

Références bibliographiques

E

ELOUARD J.-M., SARTORI M., GATTOLLIAT J.-L. & OLIARINONY R., 2001. BIODIVERSITE ET BIOTYPOLOGIE DES EAUX CONTINENTALES DE MADAGASCAR. Institut de Recherche pour le Développement. 77-100 pp.

EMBERGER L., 1955. Une classification biogéographique des climats. Rev. Trv. Lab. Bot. Montpellier, 7, 3-43.

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

F

FERRITO V. 1994. Les macroinvertébrés benthiques de la rivière Simeto (Sicile) et de quelques-uns de ses affluents. Annales de Limnologie-International Journal of Limnology, 30 (1) : 33-56.

FLANDRIN J., 1952. La chaîne du Djurdjura : monographies régionales. XIX congrès géologiques internationales, Algérie 1ère série. 19 : p 49.

G

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

GELARD J.P. 1979. Géologie du Nord-Est de la Grande Kabylie : un segment de zones internes de l'orogène littoral maghrébin. Thèse Doctorat ès Sciences, Université de Dijon : 335 pp.

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

GIBON F.M., 2001. Biotypologie des Hydro systèmes tropicaux (exemples chez es Trichoptères africains et malgaches). Doc. IRD, centre de Montpellier. 231 p.

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

GRAINDORGE J, 2015. Guide des analyses de la qualité de l'eau, Territorial Édition, Coll. « Dossiers d'experts », 264 p.

H

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

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.

Références bibliographiques

J

JÄCH, A. M., BALKE, M., 2008. Global diversity of water beetles (Coleoptera) in freshwater. Freshwater animal diversity assessment. *Hydrobiologia* 595: 419 – 442.

L

LAVANDIER P., 1979. Ecologie d'un torrent pyrénéen de haute montagne : l'Estaragne. Thèse de Doctorat Sciences, Université de Paul Sabatier, Toulouse : 532 p.

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 Kbylie du Djurdjura. Thèse doctorat. Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou p.65.

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., 133 p.

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

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

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

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

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 macroinvertébrés benthiques. Thèse de Magister. Université Mouloud Mammeri. Tizi-Ouzou, 178 pp.

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.

Références bibliographiques

MEDDI M., MEDDI H., MAHR N., & HUMBERT J., 2007. Quantification des précipitations : application au Nord-Ouest de l'Algérie, la méthode pluvia. *Geographia Technica*, 1, 44-62.

MEDDOUR R. 2010. Bioclimatologie, phytogéographie et phytosociologie en Algérie. Exemple des groupements forestiers et pré-forestiers de la Kabylie Djurdjurienne. Thèse d'État en Sciences Agronomiques. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou (Algérie), 397 pp.

MEDDI M. & TOUMI S. 2013. Study of the interannual rainfall variability in northern Algeria. *Revue Scientifique et Technique, LJEE*, 23 : 40-56.

MOUBAYED Z. 1986. La rivière Massane (Pyrénées-Orientales). Inventaire faunistique et recherches écologiques. Réserve Naturelle, Massane (Travaux N° 21) : 41 pp.

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

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.

MOKRANI W., MOKRAOUI T., 2021. Evaluation de la qualité de l'eau de l'assif Sahel et de l'oued Boubhir (s.s) par les voies : Biologiques (IBGN), Physico-chimique et Bactériologique. Mémoire. Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou, 70 p.

O

OULD HADDA T. & SADOUDI Z., 2021. Evaluation de la qualité de l'eau par voie biologique, physicochimique et bactériologique de quelques sources de la Kabylie (Tizi Ouzou). Mémoire. Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou, 68 p.

P

PHILIPPO P., POMMERY J., THOMAS P., (1981). Evolution d'une eau de surface au cours des traitements de potabilisation ; comportements des espèces métalliques au contact des matières humiques. *Journal français d'hydrologie*.

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

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

Q

Références bibliographiques

QUEZEL P. 1957. Peuplement végétal des hautes montagnes de l'Afrique du Nord. Ed. Lechevalier. 459 pp.

QUEZEL P., MEDAIL F., 2003. Ecologie et biogéographie du bassin méditerranéen, Elsevier (Collection Environnement), Paris, (2003). In : *Ecologia mediterranea*, tome 29 n°1, 2003. p. 118.

R

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

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

RAMAD F. 2009. Elément d'écologie. Ecologie fondamentale. 4ème édition. Dunod. Paris. 704 pp.

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

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

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

S

SELTZER P., 1937. La carte pluviométrique de l'Algérie (moyenne 1914-1934). *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 28 (3), 172-184.

SELTZER P., 1946. Le climat de l'Algérie. Trav. Inst. Meteor. Phys. Du Globe, Univ. Alger Fascicule hors-série : 219p.

SELTZER P., 1950. La météorologie algérienne. Documents algériens, série culturelle, n° 48, 15 juillet 1950, 4p + 4p de cartes et graphiques.

SEKHI S., 2010. Recherches sur la faunistique et l'écologie des macro-invertébrés des cours d'eau Tiout, Hadjadj et Moghrar(Wilaya de Naâma). Mémoire de Magister, U.S.T.H.B :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.

T

TACHET H., BOURMAUD M. & RICHOUX PH., 1980. Introduction à l'étude des macro-invertébrés des eaux douces. Edit CNRS, Paris : 150P.

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

Références bibliographiques

TAIBOUNI M., LAOUAMREIA Y., MEZIANE K., 2022. Contrôle de la qualité physico-chimique de l'eau du barrage Sidi M'hamed Ben Taiba. Mémoire. Université DE DJILALI BOUNAAMA KHEMIS MILIANA, 74p.

THIEBAULT, J. 1952. Socle métamorphique en Grande Kabylie. Monographie régionale ; XIX congrès géologiques international, Algérie. 1 ère série (4) : 43p.

THOMAS, A., 1969. L'importance des Diptères dans l'environnement de quelques cours d'eau des Pyrénées. *Annal Limnol* 5(1).61-76.

THOMAS A.G.B. ,1981. Travaux sur la taxonomie, la biologie et l'écologie des insectes torrenticoles du Sud-Ouest de la France (Éphéméroptères et Diptères : Dixidae, Cecidomiidae, Rhagionidae et Athericidae), avec quelques exemples de perturbations par l'homme. Thèse Doctorat, Univ.Paul Sabatier, Toulouse : 330 p.

THOMAS A.G.B. 1996. Ephéméroptères du Sud-Ouest de la France. V.- premier inventaire des espèces recensées depuis 1870 (Insecta, Ephemeroptera). *Annales de Limnologie*, 32 (1) : 19-26.

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.

V

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 hydrogéographique de la Kabylie occidentale (Algérie). Thèse Magister. Univ Pierre et Marie Curie, Paris VI : 215p.

YAKOUB B. 1996. Le problème de l'eau en Grande Kabylie. Le bassin versant du Sébaou. Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou : 189 pp.

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

YASRI N. 2009. Diversité, écologie et biogéographie des macroinvertébrés de quelques affluents du Mazafran. Mémoire de Magister, Université Houari Boumedién Bab Ezzouar. 96 pp.

YASRI-CHEBOUBI N. 2018. Recherches sur la Faunistique, l'Ecologie et la Zoogeographie des Plecoptères d'Algérie. Thèse Doctorat ès Sciences, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou : 148 pp

Annexes

Annexe 1 : Précipitations moyennes mensuelles et totaux pluviométriques (en mm) à quelques localités de Djurdjura.

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Total
Stations													
Ait Ouabane (1000 m)	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
Ath Yeni (750 m)	46,2	80	103	135	128	90,2	74,5	91,6	75	13	3,3	9,9	850
Larbâa N' Ath Irathen (950 m)	43,4	77	119	139	143,1	97,5	81,6	120	89	9,7	8,5	9	937

Annexe 2 : Tableaux des températures en °C enregistrées à Tizi Ouzou (2012-2020).

Année														
2012	JAN	FEV	MARS	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	TOT	Moy.
T° moy/mensu (°C)	9.9	8.5	13.3	15.3	19.9	26.4	27.8	30.3	24.4	20.8	16.3	11.9	222.8	18.6
T° moy/mensu min	5.6	2.7	9.0	11.0	14.0	20.0	21.6	23.4	18.7	15.8	12.5	8.2	162.5	13.5
T° moy/mensu Max	16.3	11.9	19.7	21.1	20.07	34.2	35.7	30.1	32.3	28.1	21.8	17.4	295.6	24.6

Année														
2013	JAN	FEV	MARS	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	TOT	Moy.
T° moy/mensu (°C)	10.8	9.4	14.3	15.8	17.5	22.0	26.7	26.9	24.1	23.1	13.6	11.2	215.4	18.0
T° moy/mensu min	6.9	5.2	10.4	11.3	12.8	15.5	20.3	20.3	19.1	18.1	17.9	7.4	156.2	13.8
T° moy/mensu Max	15.7	14.6	19.4	21.8	23.0	28.9	34.5	35.1	31.1	30.6	10.7	16.9	282.3	23.5

Annexes

Année														
2014	JAN	FEV	MARS	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	TOT	Moy.
T ° moy/mensu (°C)	12.3	12.8	12.3	17.5	19.2	23.7	27.0	28.0	26.2	21.6	17.3	10.9	228.8	19.1
T° moy/mensu min	8.6	8.6	8.2	11.3	13.2	17.4	20.0	21.5	21.0	16.0	13.5	7.7	167.0	13.9
T° moy/mensu Max	17.6	18.8	17.5	24.3	26.5	30.7	34.7	35.9	33.7	29.0	22.7	15.4	306.8	25.6

Année														
2015	JAN	FEV	MARS	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	TOT	Moy.
T ° moy/mensu (°C)	9.9	9.8	13.1	17.3	21.4	24.7	29.7	28.8	24.4	20.2	14.9	12.2	226.4	18.9
T° moy/mensu min	6.0	6.5	8.4	11.7	15.2	17.9	22.2	32.2	19.7	16.0	10.8	7.2	164.8	13.7
T° moy/mensu Max	15.6	13.9	19.3	24.4	28.7	32.0	38.4	35.8	30.5	26.2	21.0	19.3	305.1	25.4

Année														
2016	JAN	FEV	MARS	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	TOT	Moy.
T ° moy/mensu (°C)	12.8	12.6	12.5	16.1	19.0	24.3	27.9	27.1	24.3	22.5	15.7	12.6	227.4	19.0
T° moy/mensu min	8.6	8.5	7.8	11.2	13.6	17.1	20.7	20.4	18.0	16.9	11.4	9.3	163.5	13.6
T° moy/mensu Max	18.4	18.0	17.6	22.1	25.0	32.0	35.7	34.6	31.7	29.6	21.3	17.6	303.6	25.3

Annexes

Année														
2017	JAN	FEV	MARS	AVR	MAI	JUI	JUIL	APU	SEP	OCT	NOV	DEC	TOT	Moy
T ° moy/mensu (°C)	8.9	12.7	14.5	16.4	21.8	26.4	29.4	29.7	23.9	19.5	13.7	10.4	227.3	18.9
T° moy/mensu min	5.2	8.6	8.8	10.5	15.2	19.8	22.3	25.1	18.1	13.5	9.8	7.5	164.4	13.7
T° moy/mensu Max	13.7	18.2	21.2	23	29.6	34.6	37.5	37.4	30.0	26.7	19.4	14.3	305.6	25.5

Année														
2018	JAN	FEV	MARS	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	TOT	Moy.
T ° moy/mensu (°C)	11.2	9.9	13.6	16.5	17.8	22.8	27.8	27.4	25.3	19.1	14.9	11.9	218.2	18.2
T° moy/mensu min	7.1	6.4	10.2	11.8	13.5	16.8	21.5	20.8	20.3	15.3	11.4	7.7	162.8	13.6
T° moy/mensu Max	17.0	14.6	17.9	22.5	27.7	29.7	35.5	35.1	32.0	24.9	20.2	17.3	294.4	24.5

Année														
2019	JAN	FEV	MARS	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	TOT	Moy.
T ° moy/mensu (°C)	9.2	10.7	13.5	15.3	18.8	25.1	29.1	28.5	24.6	20.5	14.3	13.4	223.0	18.6
T° moy/mensu min	5.8	6.2	8.6	11.8	13.5	16.8	21.5	23.0	19.5	15.7	11.3	9.7	163.4	13.6
T° moy/mensu Max	14.0	16.9	19.8	22.5	27.7	32.4	35.5	35.5	31.5	27.4	18.5	18.4	300.1	25.0

Annexes

Année														
2020	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	TOT	Moy.
T° moy/mensu (°C)	10.8	13.2	14.3	16.6	31.4	24.4	28.8	28.8	23.6	18.5	16.7	12.2	239.3	19.9
T° moy/mensu min	6.8	7.9	10.4	12.5	15.1	17.7	21.7	22.6	18.4	13.2	12.7	9.0	168.0	14.0
T° moy/mensu Max	16.2	20.6	19.8	22.0	28.7	31.7	37.3	36.5	30.5	36.3	22.7	16.5	308.8	25.7

Températures moyennes mensuelles de l'air en °C (maximales, minimales et moyennes) enregistrées à Tizi Ouzou (période 2012-2020)

Mois T (°C)	JAN	FEV	MARS	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOUT	SEP	OCT	NOV	DEC
T° moyennes mensuelles	10.64	10.84	13.48	16.31	20.75	24.42	28.24	28.38	24.53	20.64	15.26	11.85
T° moyennes minimales	6.73	6.73	9.08	11.45	14.01	17.66	21.31	22.25	19.2	15.61	12.36	8.2
T° moyennes maximales	16.05	16.8	19.13	22.63	27.1	31.8	36.08	35.11	31.47	27.64	19.81	17.01

Annexe 3 : liste des 152 taxons utilisés actuellement.

Insectes	Hétéroptères	Rhagionidae	Mollusques
Plécoptère	Aphelocheiridae	Scetophagidae	Bivalves
Capniidae	Corixidae	Sciomyzidae	Corbiculidae
Chloroperlidae	Gerridae	Simulidae	Dreissenidae
Leuctridae	Hebridae	Stratiomyidae	Margaritiferidae
Nemouridae	Hydrometridae	Syrphidae	Sphaeriidae
Perlidae	Naucoridae	Tabanidae	Unionididae
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	Libelludae	Valvatidae
Lepidostomatidae	Gyrinidae	Platycnemidae	Viviparidae
Leptoceridae	Haliplidae	Mégaloptère	Vers
Limnphilidae	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
Leptophlebiae	Culicidae	Isopodes	BRYOZOAIRE
Neoephemeridae	Cylindrotomidae	Asellidae	NEMERTIENS
Oligoneuriidae	Dixidae	Décapodes	
Polymitarcidae	Dolichopodidae	Astacidae	
Potamanthidae	Empedidae	Atyidae	
Prosopistomatidae	Ephydriidae	Cambaridae	
Siphonuridae	Limoniidae	Grapsidae	
	Psychodidae	Potamonidae	
	Ptychopterid		

Annexes

Annexe 4 : dispositif utilisé pour l'étude biologique



1 : bassine ; **2** : bêcher ; **3** : boîte pétrie ; **4** : pince ; **5** : échantillons ; **6** : tamis de différentes mailles ; **7** : pissette ; **8** : piluliers contenant de l'alcool.

A : loupe binoculaire ; **B** : l'observation à l'aide d'une loupe.

Annexes

Annexe 5 : valeur d'IBGN selon la nature et la variété taxonomique de la macrofaune (norme NFT 90-350 mars 2004).

Classe de variété		14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Taxons	Σt	>50	49	44	40	36	32	28	24	20	16	12	9	6	3
	GI		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 Beraidae Goeridae Leptophlebiidae	7	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7
Nemouridae Lepdostomatidae Sericostomatidae Ephemeridae	6	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6
Hydroptilidae Heptageniidae Polymitarcidae 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 Ephemerellidae* 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

* Taxons représentés par au moins 10 individus – les autres par au moins 3 individus

Annexe 6 : dispositifs utilisés pour l'étude physico-chimique

❖ Détermination de l'oxygène dissous (O₂)

Selon la norme ISO 5814, le mode opératoire est le suivant :

- Etalonner d'abord l'appareil avec la solution tampon ;
- Prendre un échantillon dans un bêcher ;
- Placer l'électrode dans l'échantillon ;
- Le résultat de mesure s'affiche lorsque la valeur de mesure est stabilisée ;
- Les résultats sont donnés en mg/l.



Figure : Oxymètre

❖ Détermination de la conductivité

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

- Etalonner d'abord l'appareil avec la solution tampon ;
- Prendre un échantillon dans un bêcher ;
- Mettre l'électrode dans le bêcher puis appuyer sur « Read » ;
- Effectuer la lecture après la stabilisation de la valeur mesurée.



Figure : Conductimètre

❖ Détermination du pH

Selon la norme internationale ISO 10523, le mode opératoire est le suit :

- Vérifier le pH mètre avec une solution tampon ;
- Prendre un échantillon à analyser dans un bêcher ;
- Tremper l'électrode dans le bêcher ;
- Régler l'agitateur avec une faible vitesse d'agitation puis appuyer sur « Read » ;
- Laisser stabiliser puis noter la valeur affichée.



Figure : pH mètre

❖ Détermination de la turbidité

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

- Prendre une cuve de 25 ml et la remplir avec l'échantillon à analyser ;
- Homogénéiser doucement pour éviter les bulles d'air ;
- Bien essuyer la cuve à l'aide d'un papier absorbant ;
- Insérer la cellule dans l'appareil ;
- Noter la valeur affichée ;
- Les valeurs sont exprimées en NTU.



Figure : Turbidimètre

❖ Détermination des matières en suspensions

Selon la norme internationale ISO 11923, le mode opératoire est le suivant :

- Mettre les filtres sur la rampe d'aspiration puis verser 100 ml d'eau distillée et faire actionner la pompe pour aspirer l'eau ;
- Mettre les filtres dans une étuve à 105°C pendant 60 min afin de les sécher ;



Figure : Rampes + filtres

Annexes

- Mettre ces filtres dans un dessiccateur pour qu'ils refroidissent ;
- Les peser ;
- Remettre ces filtres dans les rampes à filtration et faire passer 100 ml d'eau à analyser ;
- Rendre ces membranes à l'étuve à 105°C pendant 4h ;
- Enlever les et laisser refroidir au dessiccateur ;
- Les peser une autre fois.
- Calculer la teneur en MES par l'expression suivante :

$$\text{MES (mg/l)} = (\text{Ps} - \text{P}_0) \times 1000/\text{V}$$

Avec :

V : volume d'échantillon versé (100 ml)

Ps : poids du filtre après filtration

P₀ : poids du filtre avant filtration

❖ Détermination des résidus secs

La détermination des RS se fait selon les étapes suivantes :

- Prendre une capsule en verre lavée, rincée à l'eau distillée et la peser ;
- Prendre 50 ml de l'eau à analyser, déverser dans la capsule ;
- Porter la capsule dans une étuve à 105°C pendant 4h ;
- Laisser refroidir pendant environ 15 min au dessiccateur ;
- Poser sur la balance analytique et noter la valeur affichée.
- Calculer la teneur en RS par l'expression suivante :

$$\text{RS (mg/l)} = \text{Pcs} - \text{Pc}_0 \times 1000/\text{V}$$

Avec :

Pcs : poids de la capsule avec résidus secs ;

Pc₀ : poids de la capsule vide ;

V : le volume de l'échantillon versé (50 ml).

❖ Détermination de la matière organique (KMnO₄)

Cette méthode consiste à mesurer en milieu acide la quantité d'oxygène utilisé pour la réduction du permanganate de potassium par les matières oxydables contenues dans une eau. Le mode opératoire est le suivant :

- Prendre 100 ml de l'échantillon ;
- Acidifier avec 20 ml de l'acide sulfurique et maintenir à ébullition pendant 10min pour avoir une meilleure réaction de permanganate de potassium ;
- Ajouter 20 ml de KMnO₄ et maintenir à ébullition pendant 10min : le permanganate de potassium sera consommé par les matières oxydables existantes dans l'échantillon ;



Figure : Etuve



Figure : Dessiccateur



Figure : Dosage du KMnO₄ (avant)

Annexes

- Après 10 min d'ébullition, ajouter 20ml d'oxalate de sodium pour décolorer la solution ;
- Titrer la solution avec la solution de permanganate de potassium jusqu'à l'apparition d'une coloration rose pâle, puis noter le volume de la solution consommé.
- Calculer l'indice de KMnO_4 avec l'équation suivante :

$$I_{\text{KMnO}_4} = (V_2 - V_1) / V_{\text{retour}} \times 16$$



Figure : Dosage du KMnO_4 (après)

Avec :

V_2 : le volume en ml de la solution de permanganate consommé dans le dosage de la prise d'essai ;

V_1 : le volume en ml de la solution de permanganate consommé dans le dosage du blanc ;

V_{retour} : le volume en ml de la solution de permanganate consommé lors de la vérification de la solution titrant ;

16 : le facteur correctif utilisé pour exprimer le résultat en mg/l d'oxygène.

❖ Détermination de la couleur et UV

- Remplir la cellule d'analyse de la couleur avec l'eau distillée ;
- Placer la cellule dans son compartiment à l'intérieur du spectrophotomètre ;
- Appuyer sur « Programme enregistré », « Sélectionner par numéro », « 120 », « OK » puis « Mesurer » ;
- Verser une quantité de l'échantillon dans la cellule ;
- Bien essuyer la cellule avec un papier absorbant pour assurer une bonne lecture ;
- Refaire les mêmes étapes puis mesurer et mentionner la valeur affichée sur l'écran.

La mesure l'UV se fait de la même manière que la couleur avec une cuve carrée.



Figure : Cellule pour la couleur



Figure : Cellule pour l'UV



Figure : Spectrophotomètre

Annexes

❖ Détermination de l'ammonium (NH_4^+)

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

- Prendre une fiole jaugée de 50 ml ;
- Verser 40 ml de l'échantillon ainsi qu'à l'eau distillée pour le blanc ;
- Ajouter 4 ml du réactif coloré NH_4^+ ;
- Ajouter 4 ml du réactif dichloroisocyanurate de sodium ;
- Ajuster jusqu'au trait de jauge avec l'eau distillée ;
- Homogénéiser et laisser pendant 1h ;
- L'apparition de la couleur verdâtre indique la présence de l'ammonium ;
- Faire la lecture avec spectrophotomètre en commençant par le blanc.



❖ Détermination des nitrites (NO_2^-)

Selon la norme internationale ISO 6677, le mode opératoire est le suivant :

- Verser 40 ml de l'eau à analyser ;
- Ajouter 1 ml du réactif coloré NO_2^- ;
- Homogénéiser et laisser pendant 20min ;
- Faire la lecture avec spectrophotomètre en commençant par le blanc (eau distillée).



❖ Détermination nitrates (NO_3^-)

En utilisant la méthode LCK 339, le mode opératoire est le suivant :

- Prendre les cellules à code barre ;
- Ajouter 1 ml de chaque échantillon ;
- Prendre 0.2 ml du réactif A ;
- Agiter et attendre 15 min pour faire la lecture ;
- L'apparition de la couleur rouge indique la présence des nitrates.



❖ Détermination des sulfates

Selon la norme internationale ISO 22743, le mode opératoire est le suivant :

- Dans une cellule, verser 10 ml de l'échantillon ;
- Ajouter le réactif sulfer 4 ;
- Faire la lecture avec spectrophotomètre après un temps de contact de 5 min.



Annexes

❖ Détermination des ortho-phosphates (PO_4^{3-})

Selon la norme internationale ISO 6878, le mode opératoire est le suivant :

- Verser dans des fioles jaugées, 40 ml de chaque échantillon ;
- Acidifier avec 1 ml d'acide ascorbique ;
- Ajouter 2 ml d'Heptamolybdate NH_4^+ ;
- Ajuster jusqu'au trait de jauge avec l'eau distillée ;
- Laisser pendant 30 min puis faire la lecture ;
- L'apparition de la couleur bleu indique la présence des PO_4^{3-} .



❖ Détermination du fer (Fe)

Selon la norme internationale ISO 6332, le mode opératoire est le suivant :

- Prendre 50 ml de l'échantillon dans un erlenmeyer ;
- Acidifier avec 1 ml d'HCl puis ajouter 5 ml de peroxydisulfate ;
- Mélanger et mettre sous la plaque chauffante pendant 40 min après avoir allumé la hotte chimique ;
- Après 40 min les enlever et laisser refroidir ;
- Ajouter 1 ml chlorhydrate + 2 ml de la solution tampon-acétate + 2 ml phénophtaléine ;
- Laisser pendant 15 min à l'obscurité puis faire une lecture avec spectrophotomètre ;
- La couleur rouge indique la présence du Fer.



❖ Détermination de l'aluminium (Al)

Pour la méthode LCK 301, le mode opératoire est le suivant :

- Prendre les cellules à code barre ;
- Verser 2 ml du réactif A ;
- Ajouter 3 ml de l'eau à analyser ;
- Prendre une pincée du réactif B ;
- Agiter et laisser pendant 25 min ;
- Bien essuyer la cellule puis mesurer avec spectrophotomètre.



❖ Le titre hydrométrique (TH)

➤ Détermination de la dureté totale

- Introduire 50 ml de l'eau à analyser dans un erlenmeyer ;
- Ajouter 2 ml de la solution tampon (pH = 10) ;
- Ajouter 3 gouttes de l'indicateur Mordant noir (la solution se colore en violet) ;
- Titrer goutte à goutte avec la solution EDTA tout en agitant constamment jusqu'au virage bleu (la couleur ne doit pas changer par addition d'une goutte supplémentaire de la solution EDTA).



Annexes

La concentration du TH est déterminée selon la formule suivante :

$$\text{TH} = V2 \times 2 \times Fc \times F$$

Avec:

V2 : volume EDTA après dosage ;

Fc : facteur de correction de l'EDTA (= 0.96) ;

F : facteur de dilution.

➤ Détermination de dureté calcique (Ca^{2+})

- Mesurer à l'aide d'une éprouvette 50 ml de l'échantillon, les verser dans un erlenmeyer ;
- Ajouter 2 ml de la solution NaOH ;
- Ajouter une pincée de l'indicateur coloré murexyde (apparition de la couleur rose) ;
- Titrer avec l'EDTA jusqu'à l'apparition de la couleur violette.

Pour calculer la concentration du Ca^{2+} , on utilise la formule suivante :

$$C1 \times V1 \times A / V0 \times Fc \times 1000 \times F$$

➤ Détermination de la dureté magnésienne (Mg^{2+})

La concentration globale en magnésium est la différence entre la dureté totale et la dureté calcique.

$$\text{TH totale} = \text{TH Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$$

La concentration totale en ions magnésienne, exprimée en mg/l est donnée par la formule :

$$[\text{Mg}^{2+}] = [C1 (V2 - V1) A'] / V0] \times Fc \times 1000 \times F$$

Avec :

Fc = 0.96 ;

C1 : concentration en EDTA (= 0.01 mol/l) ;

A' : masse molaire du magnésium (= 24.31 g/mol)



Figure : Dosage du Ca^{2+} et Mg^{2+}

➤ Détermination des Chlorures (Cl⁻)

- Prendre au moyenne d'une fiole 100 ml de l'échantillon placé sur un fond blanc ;
- Ajouter 1 ml d'indicateur de chromate de potassium ;
- Titrer la solution par addition de goutte à goutte de solution de nitrates d'argent (K₂CrO₄) jusqu'à ce que la solution prenne une couleur brun rougeâtre ;
- Noter le volume de K₂CrO₄ versé.

La concentration des chlorures dans l'eau est déterminée selon la formule suivante :

$$[\text{Cl}^-] = (\text{Vs} - \text{Vb}) \times \text{C} \times \text{F} \times \text{Fc} / \text{Va}$$

Avec :

Vs : volume en ml de la solution de nitrates d'argent utilisé pour le dosage de l'échantillon ;

Vb : volume en ml de la solution de nitrate d'argent utilisé pour le dosage du blanc ;

Va : volume en ml de l'échantillon pour essai ;

C : concentration réelle exprimée en mol/l de la solution de nitrate d'argent du coefficient correcteur (≈ 0.01 g/mol) ;

F : masse molaire des chlorures $\times 1000$ (= 35453 mg/mol) ;

Fc : facteur de correction (= 0.98).



Figure : Dosage des chlorures (Cl⁻)

Annexe 7 : dispositif utilisé pour l'étude bactériologique

➤ Dénombrement des coliformes totaux et coliformes fécaux (E.Coli)

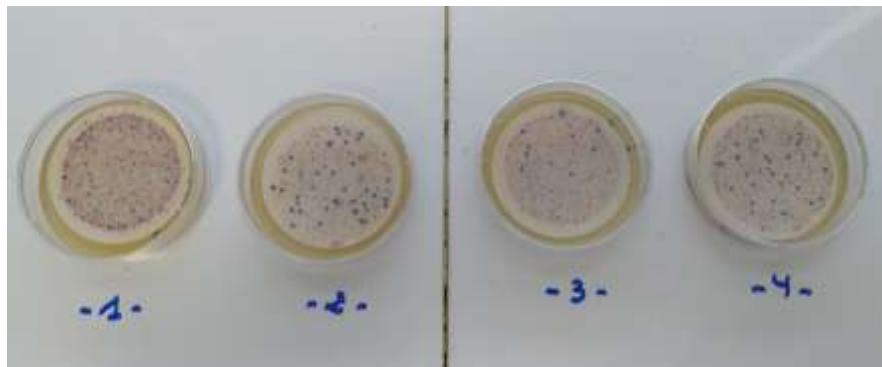
Matériel et réactif utilisé :

- ✓ Gélose CCA ;
- ✓ Etuve ;
- ✓ Boîtes de pétrie, pince et filtres de 0.45 µm
- ✓ Rampe de filtration.

Mode opératoire :

- ✓ Stériliser les mains ;
- ✓ Stériliser la pince et les rampes à l'aide d'un bec bunsen ;
- ✓ Codifier les boîtes de pétries en mentionnant la date et le nom de l'échantillon ;
- ✓ Placer les filtres sur la membrane poreuse et insérer l'entonnoir ;
- ✓ Verser stérilement 100 ml de l'échantillon après agitation ;
- ✓ Actionner la pompe pour absorber l'eau à travers la membrane ;
- ✓ Récupérer le filtre et le transférer dans une boîte de pétrie sur une gélose préalablement préparée (CCA) en évitant les bulles d'air ;
- ✓ Incuber à 37°C pendant 24h.

L'apparition des colonies bleues indique la présence d'E.Coli, et la présence des coliformes totaux est destinée par l'apparition des colonies d'une couleur rouge.



➤ Dénombrement des streptocoques

Matériel et réactif utilisé :

- ✓ Gélose (Slanetz et Bartley) ;
- ✓ Etuve ;
- ✓ Boîtes de pétrie, pince et filtres de 0.45 µm.

Mode opératoire :

- ✓ Le mode opératoire est identique à celui des coliformes ;
- ✓ Les boîtes sont incubées dans l'étuve à 37°C pendant 48 h ;
- ✓ Considérer comme streptocoque toutes colonies présentant une coloration.

Annexes

1 : filtres de 45 μm ; **2** : pompe ; **3** : bec bunsen ; **4** : pince ; **5** : rampes ; **6** : gèle désinfectant ;
7 : bocaux stérilisés ; **8** : réactif pour streptocoques ; **9** : boîtes de pétrie ; **10** : gélose CCA
(pour les coliformes totaux)



Etuve à 37°C

Réfrigérateur

**Annexe 8 : JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N°13 du 7
Jumada El Oula 1435 / 9 mars 2014**

Paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine

Tableau 1 : paramètres avec valeurs limites

GROUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS INDICATIVES
Paramètres chimiques	Aluminium	Mg/l	0.2
	Ammonium	Mg/l	0.5
	Nitrates	Mg/l	50
	Nitrites	Mg/l	0.2
Paramètres microbiologiques	Escherichia Coli	n/100 ml	0
	Entérocoques	n/100 ml	0
	Bactéries sulfitoréductrices y compris les spores	n/20 ml	0

Tableau 2 : paramètres avec valeurs indicatives

GROUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS INDICATIVES
Paramètres Organoleptiques	Couleur	Mg/l Platine	15
	Turbidité	NTU	5
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	Alcalinité	Mg/l CaCO ₃	65 pour les eaux dessalées ou déminéralisées (valeur minimale)
	Calcium	Mg/l	200
	Chlorures	Mg/l	500
	Concentration en ions hydrogène	Unité pH	≥ 6.5 et ≤ 9
	Conductivité à 20°C	µs/cm	2800
	Dureté (TH)	Mg/l en CaCO ₃	500
	Fer total	Mg/l	0.3
	Manganèse	µg/l	50
Phosphore	Mg/l	5	

Annexes

	Sulfates	Mg/l	400
	Température	°C	25

**JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N°13 du 27 Rabie El
Aouel 1427 / 26 avril 2006**

CARACTERISTIQUES DE QUALITE DES EAUX DE SOURCES

CARACT2RISTIQUES	UNITE	CONCENTRATIONS
Caractéristiques physico-chimiques liées à la structure naturelle de l'eau		
Chlorures	Mg/l (Cl)	200 à 500
Oxydabilité au permanganate de potassium	Mg/l en oxygène	Au maximum 3

Annexes

Annexe 9 : grille de classification des eaux superficielles utilisées par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH)

Qualité Agents pathogènes	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

Résumé

Ce travail contribue à l'étude de la qualité de l'eau de quelques cours d'eau de montagne (col de Tirourda) par les voies biologiques (IBGN), physico-chimiques et bactériologiques.

Ce travail a été mené au niveau de quatre stations échantillonnées entre 1010 et 1120 m d'altitude. L'inventaire faunistique a permis de recenser un total de 4448 individus appartenant à 12 groupes zoologiques et 48 familles.

L'effectif du peuplement benthique montre que les Ephemeroptères et les Diptères sont les groupes les plus dominants. Ils représentent respectivement 29.65 % de la faune totale (soit 1319 individus) et 29.53 % de la faune totale (soit 1314 individus). Ils totalisent près de 60 % de la faune récoltée. Les autres groupes zoologiques ne représentent qu'une faible fraction de la faune récoltée.

L'étude de la qualité hydrobiologique de ces stations appréciée par la méthode d'IBGN a montré une variation légère 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 de ces quatre sources étudiées.

Quant aux résultats bactériologiques obtenus montrent qu'une contamination fécale récente.

Mots clés : cours d'eau, Kabylie, étude biologique, macro-invertébrés benthiques, étude physico-chimique, étude bactériologique.

Abstract

This work contributes to the study of the water quality of some mountain streams (Tirourda pass) by biological (IBGN), physico-chemical and bacteriological methods.

The number of benthic populations shows that Ephemeroptera and Diptera are the most dominant groups. They represent respectively 29.65% of the total fauna (i.e. 1319 individuals) and 29.53% of the total fauna (i.e. 1314 individuals). They account for almost 60% of the wildlife harvested. Other zoological groups represent only a small fraction of the fauna collected.

The study of the hydrobiological quality of these stations assessed by the IBGN method showed a slight variation in water quality ranging from excellent to good.

The results of the physicochemical study show the absence of any form of pollution at the level of these four sources studied.

As for the bacteriological results obtained, show that recent fecal contamination.

Key words: rivers, Kabylia, biological study, benthic macro-invertebrates, physico-chemical study, bacteriological study.