



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des sciences exactes et sciences de la nature et de la vie
Département des sciences de la nature et de la vie

MÉMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : Microbiologie appliquée

Réf. :

Présenté et soutenu par :
Nada Hadjer DJEMALI
Yasmine Souha RAHAL

Le : mercredi 10 juillet 2019

Thème

Les macroinvertébrés benthiques de quelques ruisseaux du parc National d'El Kala : structure , diversité et qualité biologique de l'eau .

Jury :

Mme. Nabila YASRI	MCB	Université de Biskra	Rapporteur
Mme. Cherifa GUALLATI	MAA	Université de Biskra	Président
M. Abdlhamid MOUSSI	MCA	Université de Biskra	Examineur

Année universitaire : 2018 - 2019

Remerciement

En préambule à ce mémoire nous remerciant ALLAH qui nous aide et nous donne la patience et le courage durant ces longues années d'étude .

Nous tenons d'abord à remercier très chaleureusement M^{me} : YASRI Nabila ; qui nous a permis de bénéficier de son encadrement .

« Les conseils qu'elle nous a prodigué, la patience, la confiance qu'elle nous a témoignés ont été déterminants dans la réalisation de notre travail de recherche . »

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail Et de l'enrichir par leurs propositions .

A nos parents qui par leurs prières et leurs encouragements, on a pu surmonter tous les obstacles .

Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail .

Dédicace

Nous dédions ce modeste travail aux êtres les plus chers :

Nos chers parents ;

Les frères et les sœurs ;

Ma fille Malek Sidra ;

Nos grands- pères et grands-mères .

Remerciement	
Dédicace	
Sommaire	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Introduction.....	01

Partie I : Synthèse Bibliographique

Chapitre 1 : Généralité sur les macroinvertébrés benthiques .

1.1. Définition des macroinvertébrés benthique	03
1.2. Morphologie	03
1.3.Importance des macroinvertébrés benthiques.....	04
1.3.1. Détermination de la qualité de l'eau par les macroinvertébrés (Bioindicateurs)....	04
1.3.2 Macroinvertébrés et transformation de la matière organique.....	05
1.4. Avantages des macroinvertébrés dans les cours d'eau	05
1.5.Présentation de quelques groupes des macroinvertébrés benthique	06
1.5.1. Ephemeropteres	06
1.5.2 . Dipteres	06
1.5.3 . Plécoptères.....	07

Chapitre 2 : Présentation de la zone d'étude

2.1.Situation et cadre géographique de la région d'étude	08
2.1.1.Relief.....	09
2.2.Réseau hydrographique	09

2.3.Climat général	09
2.3.1. Température.....	10
2.3.2. Précipitation.....	10
2.3.3. Diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls.....	11
2.4.Végétation.....	12

Partie II : Partie expérimentale

Chapitre 3 : Matériel et méthodes

3.1.Descriptions d'ensemble du réseau hydrographique et emplacement des stations.....	13
3.2.Méthodologie.....	14
3.2.1. Description des stations étudiés.....	14
3.2.1.1. Station 1 : Echaaba El 'Waara.....	15
3.2.1.2. Station 2 : Haddada.....	15
3.2.1.3. Station3 : Dar Essalam 1	15
3.2.1.4. Station4 : Dar Essalam 2.....	16
3.2.1.5. Station 5 : Dar Essalam 3.....	16
3.2.2. Paramètres environnementaux	17
3.2.2.1. Débits	17
3.2.2.2. Vitesse du courant.....	17
3.2.2.3. Profondeur et section mouillée	17
3.2.2.4. Substrat.....	18
3.3.Méthode d'échantillonnage de la faune benthique.....	18
3.3.1.Technique de prélèvement.....	19
3.3.2. Conservation des échantillons.....	20
3.3.3. Tri et détermination.....	20

3.4. Analyse faunistique	20
3.4.1. Liste faunistique.....	20
3.4.2. Indices de diversités.....	20
3.4.2.1. Abondance relative.....	21
3.4.2.2. Occurrence des espèces.....	21
3.4.2.3. Richesse Spécifique	21
3.4.3. Indice Biologique Globale Normalisé (IBGN).....	22
3.4.3.1. Historique de l'IBGN.....	22
3.4.3.2. Principe d'IBGN.....	23
3.4.3.3. Calcul de l'IBGN.....	23
3.4.3.4. Expression d'IBGN.....	24
3.4.4. Indice de Schannon et Weaver.....	25

Chapitre 4 : Résultats et discussions

4.1. Analyse globale de la faune benthique.....	27
4.1.1. Liste faunistique.....	27
4.1.2. Diversité du peuplement.....	27
4.1.2.1. Abondance relative et occurrence des groupes zoologiques recensés.....	29
4.1.2.2. Richesse taxonomique.....	41
4.1.2.3. Indice de Schannon et Weaver.....	43
4.2. Résultats du calcul de l'IBGN.....	44
Conclusion.....	48

Références bibliographiques

Annexes

Résumés

Listes des tableaux

Tableau 1 : Variations mensuelles de la température de la Région d'El Kala (2003-2012)...	10
Tableau 2 : Variation mensuelle de la précipitation de la région d'El Kala (2003-2012).....	10
Tableau 3 : Profondeurs et largeurs moyennes des stations étudiées.....	18
Tableau 4 : Nature du substrat des stations étudiées.....	18
Tableau 5 : Valeur de l'IBGN selon la nature et variété taxonomique de la macrofaune (AFNORT 90-350 , 1992).....	24
Tableau 6 : Expression de la qualité biologique des cours d'eau (GENIN et al, 2003).....	25
Tableau 7 : Macrofaune globale recensée dans les stations d'étude.....	28
Tableau 8 : Richesse taxonomique des peuplements recensée dans les stations étudiées.....	41
Tableau 9 : Résultats de l'indice de Shannon – Weaver et l'équitabilité.....	43
Tableau 10 : Résultats de l'indice Biologique Global Normalisé au niveau des stations échantillonnées.....	45

Liste des figures

Figure 1 : La morphologie de larve de Plécoptères (MOISAN ,2010).....	4
Figure 2 : Représente larve de l'ordre des Ephéméroptères (photo originale).....	6
Figure 3 : Représente larve de l'ordre des Diptères (photo originale).....	7
Figure 4 : Représente larve d'ordre des Plécoptères (photo originale).....	7
Figure 5 : Carte de situation géographique de l'air du parc national d'El Kala.....	8
Figure 6 : Diagramme ombrothermique d'El Kala.....	12
Figure 7 : Emplacement des stations étudiées (INCT 2012, modifiée).....	14
Figure 8 : Station Echaaba El Waara (photo originale).....	15
Figure 9 : Station Haddada (photo originale).....	15
Figure 10 : Station Dar Essalam 1 (photo originale).....	16
Figure 11 : Station Dar Essalam 2 (photo originale).....	16
Figure 12 : Station Dar Essalam3 (Photo originale).....	16
Figure 13 : Echantillonneur de type « Surber ».....	19
Figure 14 : Filet de type troubleau.....	20
Figure 15 : Abondances relatives et occurrences relatives des groupes zoologiques recensés dans la présente étude.....	29
Figure 16 : Abondances et occurrences des Diptères recensés dans la présente étude.....	30
Figure 17 : Distribution des Diptères dans les stations prospectées. (A) en fonction de la richesse taxonomique, (B) en fonction des abondances numériques.....	31
Figure 18 : Abondances et occurrences des Plécoptères recensés dans la présente étude.....	32
Figure 19 : Distribution des Plécoptères dans les stations prospectées. (A) en fonction de la richesse taxonomique, (B) en fonction des abondances numériques.....	33

Figure 20 : Abondances et occurrences des Ephéméroptères recensés dans la présente étude.....	34
Figure 21 : Distribution des Ephéméroptères dans les stations prospectées. (A) en fonction de la richesse taxonomique, (B) en fonction des abondances numériques.....	35
Figure 22 : Abondances et occurrences des Trichoptères recensés dans la présente étude.....	36
Figure 23 : Distribution des Trichoptères dans les stations prospectées. (A) en fonction de la richesse taxonomique, (B) en fonction des abondances numériques.....	37
Figure 24 : Abondances et occurrences des Coléoptères recensés dans la présente étude.....	38
Figure 25 : Distribution des Coléoptères dans les stations prospectées. (A) en fonction de la richesse taxonomique, (B) en fonction des abondances numériques.....	39
Figure 26 : Abondances et occurrences des Planipennes recensés dans la présente étude.....	40
Figure 27 : Distribution des Planipennes dans les stations prospectées. (A) en fonction de la richesse taxonomique, (B) en fonction des abondances numériques.....	40
Figure 28 : Evaluation de la richesse taxonomique en fonction des stations.....	41
Figure 29 : Qualité hydrobiologique des cours d'eau étudiés (IBGN).....	46

Liste des abréviations

AFNOR : Association Française de Normalisation .

AR : Abondance Relative .

DIREN : Direction Régionale de l'Environnement .

DS 1 : Dar Salam 1 .

DS 2 : Dar Salam 2 .

DS3 : Dar Salam 3 .

ECW : Echaaba El Waara .

HAD : Haddada .

IBGN : Indice Biologique Globale Normalisé .

OC : Occurrence Relative .

PNEK : Parc National El Kala .

Introduction

L'eau est une ressource naturelle indispensable à la vie dans tout écosystème. Le maintien de sa qualité est une préoccupation majeure pour une société qui doit subvenir à des besoins en eau de plus en plus importants, et ce, tant du point de vue quantitatif que qualitatif .

Les cours d'eau sont parmi les écosystèmes les plus complexes et dynamiques. Ils jouent des rôles essentiels 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 humaines. La plupart des cours d'eau ont souffert des effets anthropiques : régression d'espèces, diminution des stocks de poissons, épuisement des eaux souterraines, dégradation de la qualité de l'eau, crues de plus en plus fréquentes et intenses (DYNESIUS & NILSSON, 1994 ; EVERARD & POWELL, 2002) .

Les influences humaines sur les biocénoses aquatiques sont très diverses. En effet, les modifications de la morphologie des cours d'eau, leurs usages et leurs propriétés physicochimiques auront des conséquences sur la quantité et la qualité de l'eau. La dégradation des habitats et leur fragmentation peuvent causer des graves problèmes sur les populations aquatiques .

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

L'évaluation de la qualité biologique des eaux courantes peut être effectuée par plusieurs méthodes d'approche (biochimiques, toxicologiques, biocénotiques, ...). Notre étude s'est intéressée à la méthode biocénotique et plus exactement celle fondée sur l'ensemble des macro-invertébrés benthiques connus comme bio-indicateur (ANGELIER, 2000) .

Les macroinvertébrés benthiques forment une partie importante des écosystèmes d'eau courant. Ils servent de nourriture à nombre de poissons, d'amphibiens et d'oiseaux. C'est un groupe très diversifié, et les organismes qui le composent possèdent des sensibilités variables

à différents stress telles la pollution ou la modification de l'habitat. Les macroinvertébrés sont les organismes les plus souvent utilisés pour évaluer l'état de santé des écosystèmes d'eau courant (MOISAN, 2010) .

L'objectif de notre travail, est obtenir et restituer des informations qualitatives et quantitatives sur la macrofaune benthique pour l'évaluation de qualité hydrobiologique des eaux de quelques ruisseaux du parc national d'El Kala (Nord-est algérien) en utilisant la méthodologie de l'indice de Shannon-Weaver et l'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN).

L'ensemble de ce travail est composé de quatre chapitres

- Le premier est un rappel général sur les macroinvertébrés benthiques .
- Le deuxième résume les caractéristiques générales de milieu d'études (situation géographique, hydrologie, climatologie, végétation) .
- Le troisième chapitre traite la description des sites d'études, des techniques, d'échantillonnage, des paramètres environnementaux et des différents indices calculés .
- Le dernier chapitre est le plus important, représente l'application des indices de structures du peuplements , l'indice de Shannon-Weaver et l'indice Biologique Global Normalisé (IBGN) et traite les résultats obtenus l'analyse faunistique et la qualité des eaux du réseau hydrographique prospecté .

Synthèse Bibliographique

**Généralité sur les
macroinvertébrés
benthiques**

1- Définition des macroinvertébrés benthiques

Sont des organismes animaux qui n'ont pas de squelette d'os ou de cartilage, visibles à l'œil nu tels que les insectes, les mollusques, les crustacés et les vers qui habitent le fond des cours d'eau et des lacs ou des mousses et algues qui le tapissent (Tachet et al. 2006) .

Ils sont à l'origine de nombreux indices biotiques pour la plupart basés sur l'abondance ou la richesse d'un certain nombre de groupes taxonomiques indicateurs (Rosenber & Resh, 1993; Metcalfe-Smith, 1996). Les macroinvertébrés constituent un groupe taxonomique très hétérogène regroupant plusieurs phylums. Cette grande diversité de formes confère à ce groupe une grande diversité de réponses potentielles aux perturbations, ce qui fait de ce groupe de bons candidats pour la bioévaluation (Rosenberg & Resh, 1993) .

2- Morphologie

Les macroinvertébrés benthiques sont principalement constitués d'insectes aquatiques. Ils sont présents dans l'eau sous différentes formes en fonction de leur cycle biologiques : larve, nymphe, adulte (ANONYME ,2014) .

En général Leur morphologie divisé en trois parties : la tête, le thorax, l'abdomen. (Figure 01) .

- ❖ **La tête** : issue de la fusion de six métamères (articles), cette division est perdu et Apparaît comme une sorte de capsule plus ou moins ovoïde. la tête est une véritable tour de contrôle avec les antennes, les yeux et les nombreux poils sensitifs situés sur les pièces de la bouche ou ailleurs (VINCENT, 2010) .
- ❖ **Le thorax** : constitué de trois segments , chacun de ces segments portant une paire de pattes .le premier segment a partir de la tête est appelé le prothorax, le segments intermédiaire le mésothorax et le segment relié a l'abdomen le métathorax . Les ailes, quant elles sont présentes son obligatoirement portes par le mésothorax et le métathorax (VINCENT, 2010) .
- ❖ **L'abdomen** : composé d'au plus articles 11 articles, en général la partie plus volumineuse du corps des insectes. Il contient la masse principale des viscères ,du sang, des organes respiratoires et reproductifs.les segments qui a disparu sur la tête et qui est souvent cachée par les ailes sur le thorax se voit très bien sur l'abdomen (VINCENT, 2010) (Figure 01) .

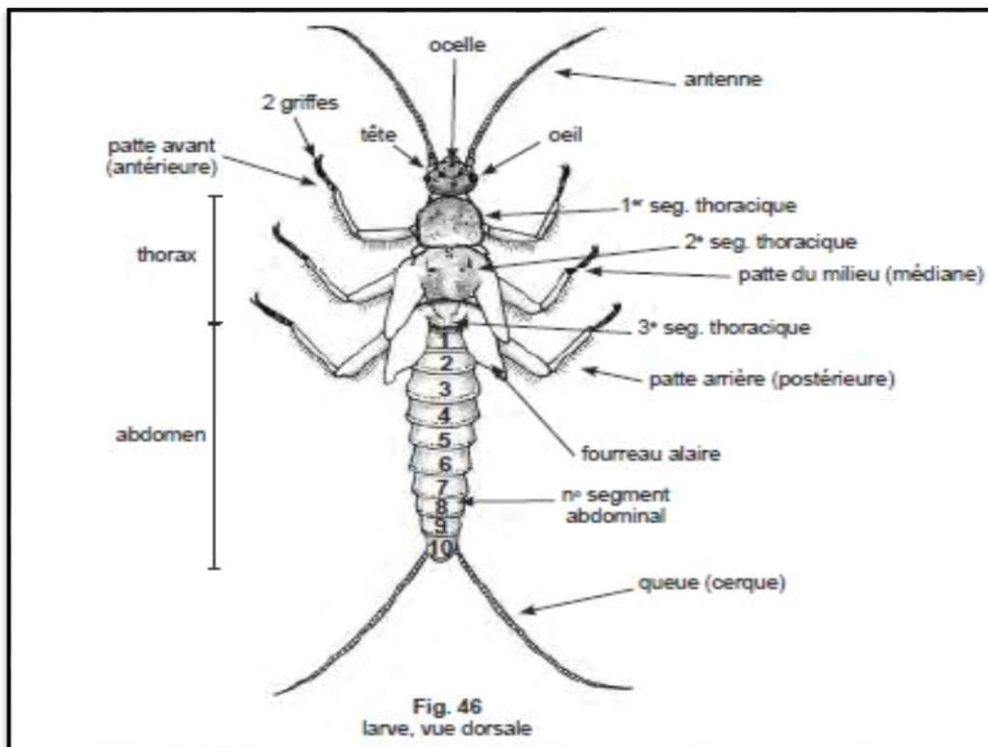


Figure 1 : La morphologie de larve de Plécoptères (MOISAN ,2010) .

3- Importance des macroinvertébrés benthiques

Les macroinvertébrés benthiques forment une partie importante des écosystèmes d'eau douce. Ils servent de nourriture à nombre de poissons, d'amphibiens et d'oiseaux. C'est un groupe très diversifié, et les organismes le composant possèdent des sensibilités variables à différents stress telles la pollution ou la modification de l'habitat. Les macroinvertébrés sont les organismes les plus souvent utilisés pour évaluer l'état de santé des écosystèmes d'eau douce (Moisan, 2010) .

3.1- Détermination de la qualité de l'eau par les macroinvertébrés (Bioindicateurs)

Les macro invertébrés benthiques sont de bons indicateurs de l'état de santé des écosystèmes aquatiques. Du fait de leur sédentarité, il ne peuvent pas échapper aux polluant de plus ils sont très diverses et possèdent des sensibilités variables à la pollution et de ce fait, ils nous indiquent les effets d'une source de pollution, qu'elle soit ponctuelle ou continue . Leur étude permet donc de compléter les programmes de surveillance la qualité physico-chimiques de l'eau. Des échelles de tolérance des macro invertébrés benthiques ont été établies selon leur sensibilité à la pollution aquatique. Un lac ou une rivière présentera donc

des problèmes de qualité de l'eau si l'on retrouve uniquement des macroinvertébrés benthiques tolérants .

Généralement les organismes les plus tolérants sont les Oligochètes, les Diptères(chironomes), les Mollusques bivalves et les Amphipodes. Ces organismes possèdent la capacité de bio accumuler les contaminants et d'en survivre. Les organismes les plus sensibles sont généralement les Plécoptères, les Ephémères et Trichoptères. Toutefois dans chaque grand groupe on retrouve des taxons tolérants ou intolérants, il faut alors effectuer une taxonomie à la famille pour être plus précis .

3.2- Macroinvertébrés et transformation de la matière organique

Dans les écosystèmes les végétaux constituent les producteurs primaires. Une part importante des feuilles des arbres tombe ou est entraînée par le vent dans les eaux stagnantes ou courantes. Les macroinvertébrés déchetiseurs sont connus pour être capables d'augmenter le taux de dégradation de la litière (Anderson & Sedell, 1979 ; Webster & Benfield, 1986 ; Graça, 2011). Par leur activité de consommation, ils transforment la matière organique particulaire grossière (MOPG) en matière organique particulaire fine (MOPF), utilisable par d'autres groupes d'invertébrés (les collecteurs). Les macroinvertébrés jouent ainsi un rôle fondamental dans la transformation organique et la distribution du carbone au sein des différents maillons du réseau trophique (Webster & Benfield, 1986 ; Suberkropp, 1998 ; Gessner et al. 1999). Dans ce dernier cas, pour comprendre le rôle que joueraient les macroinvertébrés benthiques dans les processus écosystémiques tel la transformation de la matière organique dans les cours d'eau, il est nécessaire de les assigner à des groupes fonctionnels trophiques (Cummins, 1973 ; Cummins & Klug, 1979) .

4- Les avantages de l'utilisation des macroinvertébrés benthiques

Les communautés de macro invertébrés benthiques sont les plus utilisées pour évaluer l'état de santé global des écosystèmes aquatiques (HELLAWELL, 1986; BARBOUR et al. 1999; WFD, 2003) in (MOISAN, 2008) .

Selon TOUZINE (2008) et ROSENBERG (1993) in MENETREY (2015) ; les macroinvertébrés possèdent nombreuse d'avantages parmi ces avantages :

- Ubiquistes.
- Rôle-clé dans la chaîne alimentaire .

- Stade larvaire suffisamment long .
- Mobilité restreinte .
- Faciles a échantillonner (abondance élevée) .
- Grande diversité de forme taxonomique, fonctionnelle et des cycles de vie .
- Tolérance variable aux différents types de polluants et à la dégradation du lieu .
- Exigences écologiques connues .
- Clés de détermination disponibles .

5- Présentation de quelques groupes des macroinvertébrés benthique

5.1- Les Ephéméroptères

Les larves d'Ephéméroptères sont très abondantes dans les eaux courantes. Elles occupent souvent les principaux biotopes des torrents, ruisseaux et rivières et elles constituent le premier rang des insectes aquatiques (THOMAS, 1981) .



Figure 2 : Représente larve de l'ordre des Ephéméroptères (photo originale).

5.2 - Les Diptères

Les Diptères constituent avec les Coléoptères le groupe des ordres d'insectes les plus variés en espèces et abondants dans le monde. Les formes aquatiques sont par contre moins nombreuses que les formes terrestres mais bien souvent ils sont d'un intérêt économique et médical. Ce groupe, à métamorphose complète, est le plus important des insectes aquatiques aussi bien en milieu lentique que lotique. Selon les espèces, les stades larvaires (3 à 4 mues) aquatiques durent plusieurs semaines à près de 2 ans. La plupart des espèces ont une

génération par an, certains en ont deux. La plupart des larves ont une respiration cutanée ou branchiale (JOHANNSEN, 1977 ; DEJOUX et al, 1983) .



Figure 3: Représente larve de l'ordre des Diptères (photo originale) .

5.3 - Les Plécoptères

Les larves des Plécoptères sont très proches morphologiquement de celles des Ephéméroptères. Elles s'en distinguent essentiellement par la présence de 2 griffes aux tarsi (une seule chez les Ephéméroptères). Ce caractère peut être complété par deux autres. Il y a toujours 2 cerques articulés (généralement 3 chez les Ephéméroptères sauf le genre *Epeorus*). Lorsque il y a des branchies, celles-ci sont soit sous le cou, soit coxales, soit anales, mais jamais abdominales comme chez les Ephéméroptères (ILLIES, et al 1955 ; HYNES et al, 1977; CONSIGLIO, 1980) .



Figure 4 : Représente larve d'ordre des Plécoptères (photo originale).

Présentation de la région d'étude

1- Situation et cadre géographique de la région d'étude

La présente étude a pour cadre le Parc National d'El Kala (PNEK), qui constitue un patrimoine naturel important par la richesse biologique de ses habitats .

D'une superficie de 80.000 ha, il est composé d'une mosaïque particulière d'écosystèmes, caractérisée par des zones humides dont l'ensemble constitue un complexe considéré comme unique dans le bassin méditerranéen .

Le Parc National d'EL Kala est situé à l'extrême Nord-est algérien, il est intégralement inclus dans la Wilaya d'EL Taraf correspondant presque au tiers de la superficie globale de son territoire (Fig 5) .

Il est limité :

- Au Nord, par la mer Méditerranée .
- Au Sud, par les contreforts des monts de la Medjerda .
- A l'Est, par la frontière Algéro-tunisienne .
- A l'Ouest, par l'extrémité de la plaine alluviale d'Annaba .

Ses coordonnées géographiques sont : 36°52 Nord et 8°27 longitudes au niveau de la ville d'El Kala .

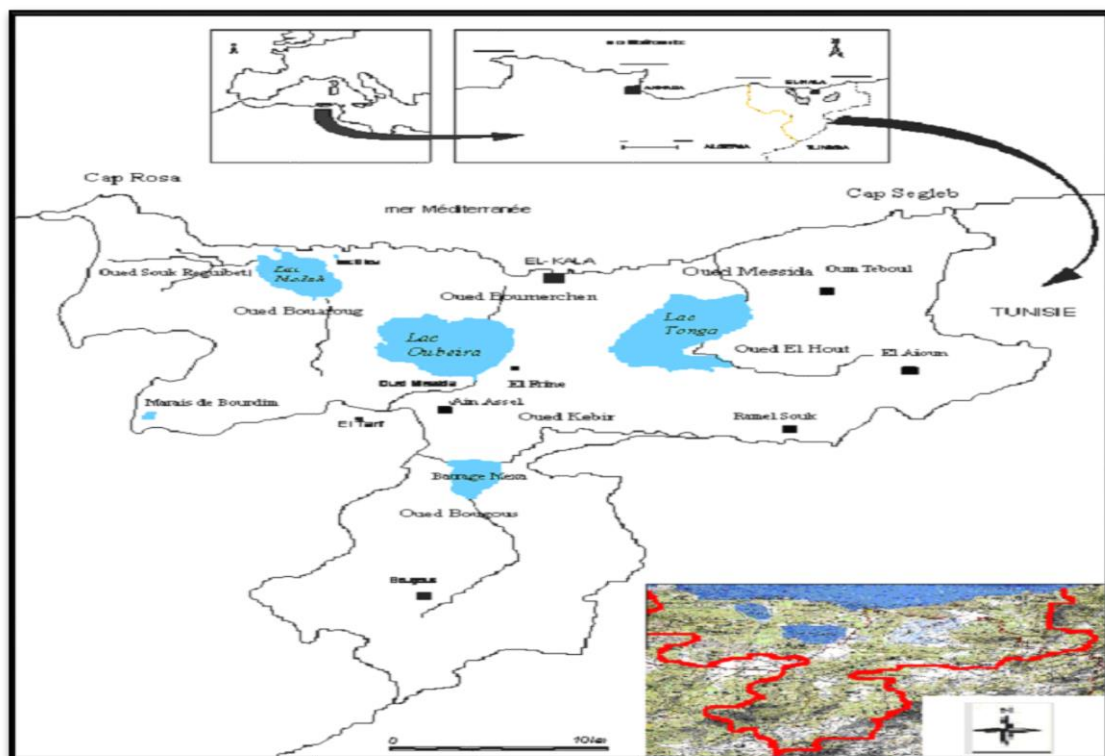


Figure 5 : Carte de situation géographique de l'air du parc national d'El Kala .

1.1 -Relief

Le relief du Parc National d'El Kala se compose d'une juxtaposition de dépressions dont certaines sont occupées par des formations lacustres ou palustres et des hautes collines de forme variées. Ainsi, on distingue du littoral vers le sud, des formations collinaires basses (dunaires ou non) de 30 à 310 m de haut (Djebel Koursi) avec une moyenne de 100 m de haut, ces collines se prolongent sur 15 km vers le sud et s'interrompent au niveau de la vallée de l'oued Kébir, de grandes dépressions inter collinaires hébergent dans cet ensemble les principaux lacs Tonga, Oubeira et Mellah. Au Sud le relief passe en moins de 40 km de 0 à 1200 m d'altitude (Djebel Ghorra) .

2- Réseau hydrographique

La configuration du terrain de la région d'El-Kala détermine trois systèmes d'organisation hydrographiques:

- la partie Sud-est est drainée par trois Oueds : l'Oued Bougous, Ballouta et El Kebir. Ce dernier constitue le collecteur principal (Apports de 245 Hm³ /an); il alimente les nappes alluviales et dunaires et lors des crues, on assiste à la mise en eau des dépressions interdunaires .
- La partie orientale est caractérisée par plusieurs oueds en général à faible débit, ils s'écoulent en majorité dans la plaine d'Oum Teboul .
- La partie ouest est également parcourue par de nombreux oueds (El-Aroug, Mellah, Reguibet, Boumerchen, Dai El-Graa...), qui se déversent pour la plupart dans les lacs Mellah et Oubeira .

3 – Climat général

Le climat est l'un des facteurs écologiques dont dépend étroitement l'équilibre et le maintien en vie des êtres vivants. C'est un ensemble de facteurs climatiques ayant une influence directe sur le développement et la répartition des êtres vivants .

La région d'El Kala est caractérisée par un climat méditerranéen marqué par une sécheresse estivale et une saison humide hivernale (EMBERGER , 1971) .

Les principaux éléments climatiques que sont la température et la pluviosité sont les deux paramètres les plus influents sur le milieu en général .

3.1 – Température

D'après DAJOZ (2006) , la température est un facteur important dans l'établissement du bilan hydrique . Elle contrôle l'ensemble des activités en conditionnant la répartition des espèces animales et végétales .

- La lecture du Tab (1) montre que , les mois Juin, Juillet , Aout et Septembre peuvent être considérés comme les mois les plus chauds . leurs températures moyennes enregistrés sont respectivement de 23,16C° , 26,35C° , 26,78C° et 24,38C°.
- Les mois Janvier , Février , Mars et Décembre sont les mois les plus froids . leurs températures moyennes sont respectivement enregistrées sont respectivement de 12,41C° ,11,9C° , 14,03C° et 13,57 C°.

Tableau 1 : Variations mensuelles de la température de la Région d'El Kala (2003-2012) .

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T(c°)	12.41	11.9	14.03	16.72	19.55	23.16	26.35	26.78	24.38	21.41	16.92	13.57

3.2- Précipitations

Les précipitations représentent la source principale de l'eau. Elles sont caractérisées par leur volume, leur intensité et leur fréquence qui varient selon les lieux, les jours, les mois et aussi les années (GUYOT, 1999) .

D'après les valeurs de la pluviométrie moyenne mensuelle au cours de la périodes (2003-2012) indiqué ci-dessus (Tab 2) . On remarque un minimum de précipitation durant le mois le plus chaud (Juillet) avec une pluviométrie de (1,01mm) , par contre le mois le plus pluvieux c'est le mois de Décembre de (112,34mm) .

Tableau 2 : Variation mensuelle de la précipitation de la région d'El Kala (2003-2012) .

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
P(mm)	85.89	92.94	55.58	59.89	25.53	6.13	1.01	3.56	54.96	49.75	96.49	112.34

3.3- Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS & GAUSSEN

Le diagramme ombrothermique est un mode de représentation classique du climat d'une région (DAJOZ, 2000). Il met en évidence les régimes thermiques et pluviométriques d'un site donné (FAURIE et al., 2003).

BAGNOULS & GAUSSEN (1953) définissent le mois sec comme celui où le total mensuel des précipitations exprimé en millimètre est égal ou inférieur au double de la température moyenne mensuelle exprimé en degré Celsius ($P \leq 2T$). Cette relation permet d'établir un diagramme pluviométrique sur lequel les précipitations sont portées à une échelle double des températures.

- La période sèche de la région d'El Kala s'étale sur une durée de 5 mois (Fig 6) elle débute en Mai et se termine en Septembre. avec une précipitation mensuelle ne dépasse pas 112,34 mm, une température maximale de 26,78 C° enregistré en mois de Août. la période humide quant à elle, règne durant les autres mois de l'année et présente une température minimale de 11,9C° au mois de Février.

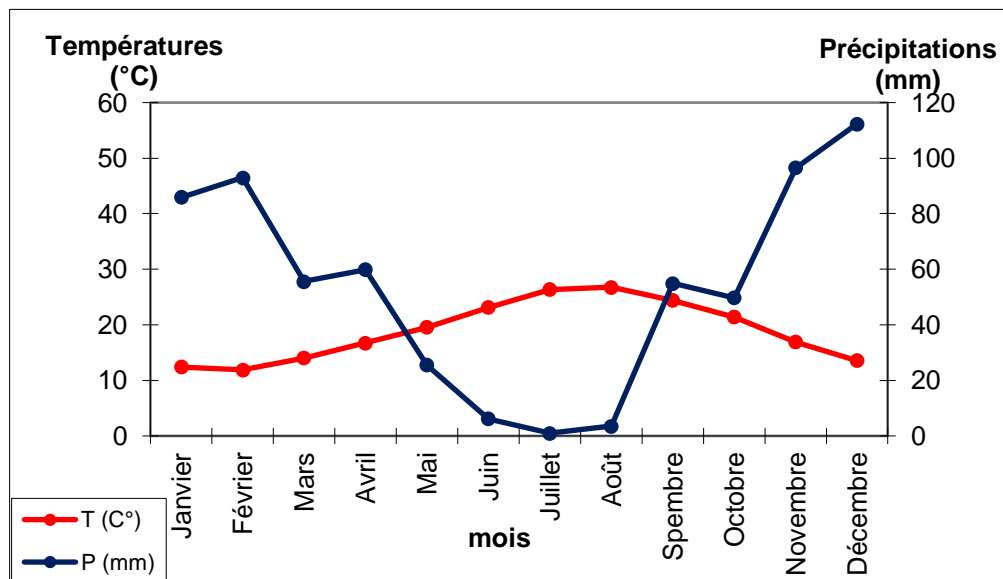


Figure 6 : Diagramme ombrothermique d'El Kala (2003-2012).

4 – Végétation

Le parc national d'El Kala possède une richesse floristique naturelle exceptionnelle et diversifiée. Les formations végétales sont principalement à base de chêne liège (*Quercus*

suber), chêne zéen (*Quercus canariensis*), aulne (*Alnus glutinosa*), peuplier (*Populus alba*), orme (*Ulmus campestris*) et pin d'Alep (*Pinus halepensis*). Les maquis sont répandus et mélangés à des peuplements artificiels représentés par le pin maritime (*Pinus maritima*), l'acacia (*Acacia sp.*) et l'eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) (A.P.N.A., 2006) .

La végétation du parc constitue ainsi un véritable carrefour biogéographique avec, d'une part, des essences méditerranéennes dominantes (chêne liège : *Quercus suber*, chêne kermès : *Quercus coccifera*, oléastre : *Olea europea var. sylvestris* , bruyère arborescente : *Erica arborea*, myrte : *Myrtus communis*, arbousier : *Arbutus unedo...*), des espèces à affinité européenne (aulne : *Alnus glutinosa* , saule : *Salix sp.*, houx : *Ilex aquifolium...*) et cosmopolites et tropicales (leprieur : *Masilea diffusa*, urticulaire : *Utricularia exoleta*, Gongylus : *Dryopteris gongyloides*, Najas : *Najas pectinata*. (A.P.N.A., 2006) .

Partie expérimentale

Matériel et méthodes

Ce chapitre inclus une description des cours d'eau étudiés, une image général du contenu environnementale et des méthodes de récoltes utilisées .

1- Descriptions d'ensemble du réseau hydrographique et emplacement des stations

Notre but est l'établissement de listes faunistiques d'invertébrés benthiques et de chercher les relations entre les caractéristiques du milieu et sa faune. Notre démarche a été d'échantillonner les habitats des cours d'eau sur la base d'un protocole établi après une étude bibliographique .

Les cours d'eau du parc national d'El Kala drainent les écoulements en provenance du Djebel Haddada (oued El Eurg) et du Djebel El Ghorra (oued Bougous). Sur l'ensemble de ce réseau, notre intérêt s'est porté oued El Eurg (Figure 7) .

Oued El Eurg, prend naissance à partir des sources localisées dans le Djebel Haddada à environ 500 m d'altitude. Il coule en orientation est-ouest/sud-nord sur une distance d'environ 10 km, collectant les écoulements en provenance des ruisseaux et ruisselets de sources avant de se jeter dans la mer Méditerranéenne. Sa pente moyenne est de l'ordre de 4% et la largeur de son lit mineur peut atteindre par endroit plus 8 m (YASRI-CHEBOUBI, 2018) .

Cinq stations sont retenues sur ce parcours : ECW (Echaaba El Waara), HAD (Haddada), DS1 (Dar Essalem 1), DS2 (Dar Essalem 2) et DS3 (Dar Essalem 3) . Ces stations sont localisées sur des ruisseaux de source dans le Djebel Haddada, à environ 8 km en amont du village Oum Teboul .

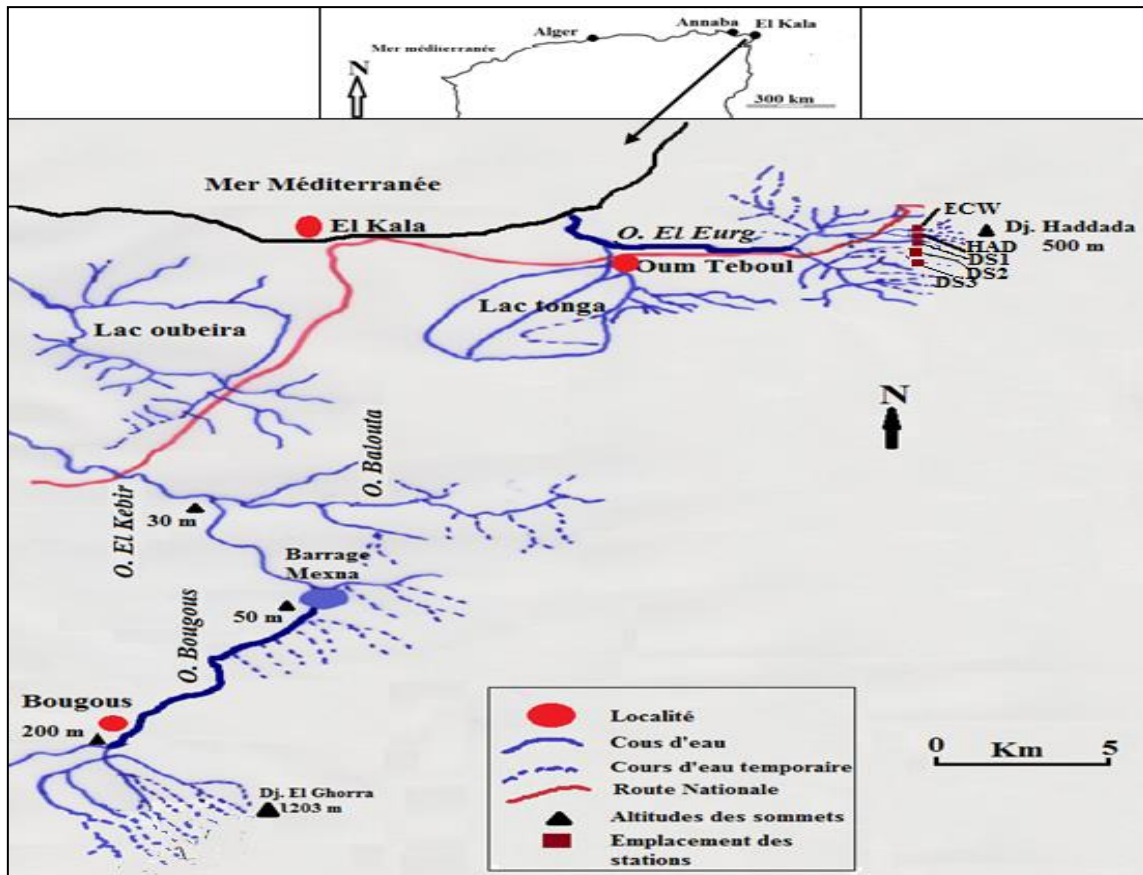


Figure 7 : Emplacement des stations étudiées (INCT 2012, modifiée) .

2- Méthodologie

2-1- Description des stations étudiés

Les stations sont indiquées par des points sur la (Fig 7). Elles portent la dénomination du cours d'eau sur lequel elles se trouvent. Pour chaque station étudiée, nous indiquons :

- ✓ L'altitude .
- ✓ Distance à la source .
- ✓ La largeur du lit mineur .
- ✓ La profondeur de la lame d'eau .
- ✓ La vitesse du courant selon la classification de Berg .
- ✓ La nature du substrat .
- ✓ La végétation aquatique .
- ✓ La durée de l'assèchement .
- ✓ La pente à la station .
- ✓ Les influences anthropiques lorsqu'il y'en a .

2.1.1- station : Echaaba El 'Waara

- Altitude: 180 m .
- Distance à la source : 0,7 m .
- Pente à la station : 46% .
- Largeur du lit mineur : 0,5 à 1 m .
- Profondeur : 10 a 15 cm .
- Vitesse du courant : moyenne a rapide .
- Substrat : roches, blocs, galets et cailloux
- Végétation riveraine : strates arborescente et arbustive fournies, épineux .
- Végétation aquatique : absente .



Figure 8 : Station Echaaba El Waara (photo originale) .

2.1.2- Station : Haddada

- Altitude : 180 m .
- Distance à la source : 0,5 m .
- Pente à la station : 44 % .
- Largeur du lit mineur : 0,5 m à 1m .
- Profondeur : 10 a 15 cm .
- Vitesse du courant : moyenne à rapide .
- Substrat : roches, blocs, galets et cailloux .
- Végétation riveraine : strates arborescente et arbustive fournies, épineux
- Végétation aquatique : absente .

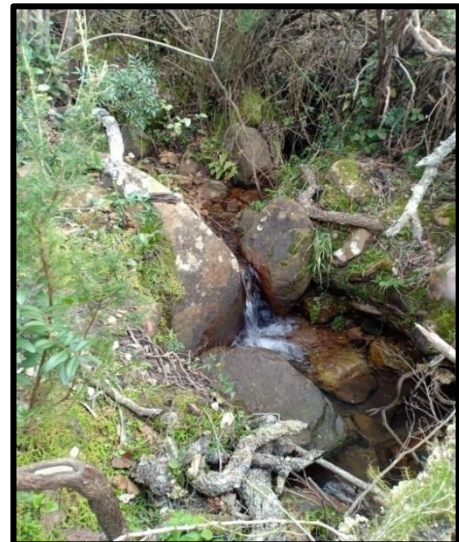


Figure 9 : Station Haddada (photo originale) .

2.1.3 - Station 3 : Dar Essalam 1

- Altitude : 190 m .
- Distance à la source : 0,5 m .
- Pente à la station : 46 % .
- Largeur du lit mineur : 1m .

- Profondeur : 15 cm .
- Vitesse du courant : Moyenne a rapide .
- Substrat : Blocs, galets, graviers, sable et limons
- Végétation riveraine : Strates arborescente et arbustive fournies, épineux .
- Végétation aquatique : Absente .

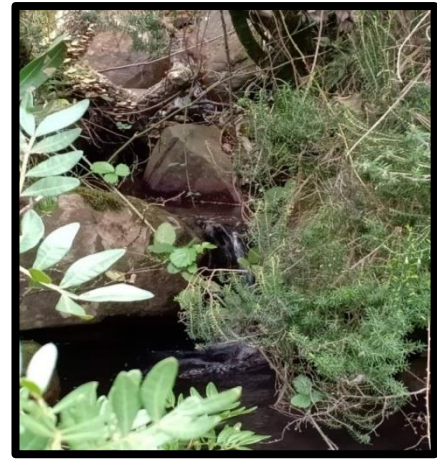


Figure10 :Station Dar Essalam 1 (photo originale)

2.2.4 - Station : Dar Essalam 2

- Altitude : 190 m .
- Distance à la source : 0,5 m .
- Pente à la station : 46 % .
- Largeur du lit mineur : 1m .
- Profondeur : 20 cm .
- Vitesse du courant : moyenne à rapide .
- Substrat : blocs, galets, gravit , sables et limons.
- Végétation riveraine : strates arborescente et arbustive fournies, épineux .
- Végétation aquatique : absente .



Figure 11: Station Dar Essalam 2 (photo originale) .

2.2.5 - Station 5 : Dar Essalam 3

- Altitude : 190 m .
- Distance à la source : 0,5 m .
- Pente à la station : 46 % .
- Largeur du lit mineur : 1 a 3 m .
- Profondeur moyenne : 15 a 20 cm .
- Vitesse du courant : moyenne à rapide .
- Substrat : blocs, galets , gravit , sables et limons.
- Végétation riveraine : strates arborescente et

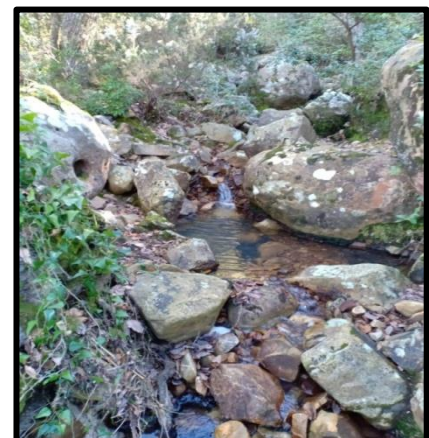


Figure12 : Station Dar Essalam3 (Photo originale) .

arbustive fournies, épineux .

- Végétation aquatique : absente .

2.2 - Paramètres environnementaux

2.2.1 - Débits

Les débits sont déterminés par les apports atmosphériques. Ils dépendent de l'altitude, de la distance à la source la plus en amont, de la nature des terrains traversés et des précipitations. Ainsi, à toute variation de débit, correspond une variation simultanée et dans le même sens, de la vitesse des écoulements, de la largeur du cours d'eau et de la hauteur de la lame d'eau .

En Algérie, les écosystèmes lotiques sont caractérisés par des cycles annuels très irréguliers associés aux changements climatiques saisonniers .

Les cours d'eau sont très affectés, parce qu'ils sont principalement contrôlés par la périodicité et l'intensité des précipitations. Les précipitations sont concentrées entre Novembre et Février, correspondant généralement aux forts débits. A partir de mi-printemps, les débits diminuent progressivement pour n'atteindre que quelques litres par seconde à l'étiage .

2.2.2 - Vitesse du courant

La vitesse du courant est une composante importante du milieu bien connue pour son action sélective sur les peuplements benthiques (HYNES, 1970 ; MINSHALL, 1984). Dans notre travail, la vitesse du courant est quantifiée par sa valeur moyenne au niveau de chaque station. Dans les cours d'eau échantillonnés, les vitesses du courant présentent des valeurs moyennes à rapides pour la plus part des stations .

2.2.3 - Profondeur et section mouillée

La profondeur de la lame d'eau et la section mouillée fournissent une idée de la taille du cours d'eau à une station donnée. Les profondeurs moyennes des stations étudiées varient de 15 à 20 cm . Ceci est dû, en grande partie, au choix des stations dans des zones peu profondes pour que le fond soit facilement accessible à l'aide d'un filet Surber .

La largeur moyenne du lit mineur des stations étudiées varie entre 1 et 3 m (Tab 3) .

Tableau 3: Profondeurs et largeurs moyennes des stations étudiées .

Stations	ECW	HAD	DS1	DS2	DS3
Profondeurs (cm)	10-15	10-15	15-20	20	15-20
Largeurs (m)	0,5 - 1	0,5 - 1	1	1	1-3

2.2.4 – Substrat

Les cours d'eau présentent naturellement une grande diversité structurale qui se traduit par la présence d'une grande variété d'habitats : fonds sableux, dépôts de débris végétaux, zones rocailleuses, rochers...etc. De nombreux organismes d'eaux courantes présentent une adaptation très spécifique et ne colonisent que les habitats dont les conditions leurs sont favorables. Les cours d'eau richement structurés sont donc colonisés par une communauté lotique très diversifiée et riche en espèces .

Le substrat constitue le support vital des invertébrés benthiques auquel il est intimement associé pendant une partie de leur vie .

Tableau 4: Nature du substrat des stations étudiées .

Stations/ Substrats	GG%	Sab%	MO %
ECW	90	10	0
HAD	70	30	0
DS1	60	40	0
DS2	60	40	0
DS3	60	40	0

GG : gros galet , Sab : sable et Limon , MO : matière organique

3- Méthode d'échantillonnage de la faune benthique

Selon ILLIES & BOTOSANEANU (1963), les habitats ne se suivent pas régulièrement le long d'un cours d'eau, ils sont répartis en mosaïque soit prenant place l'un à côté de l'autre, soit se succédant avec répétition. Chaque habitat est défini comme la combinaison d'un type de substrat et d'une gamme de vitesse de courant (BEISEL et al., 1998) .

L'échantillonnage consiste à rassembler la plus grande diversité faunistique représentative du milieu à étudier pour obtenir un bilan plus complet possible des taxons

présents dans les cours d'eau. Pour cela l'échantillonnage doit être réalisé sur tous les habitats qui composent le lit d'un cours d'eau .

Afin d'obtenir une vision globale la plus complète possible de la macrofaune benthique présente sur la station, on effectue huit prélèvements par station, en recherchant la représentativité maximum, par l'échantillonnage de tous les types de microhabitats présents (principe des méthodes biologiques d'évaluation de la qualité de l'eau) .

3.1- Technique de prélèvement

Le matériel biologique provient de prélèvements benthiques. Ils ont été effectués à l'aide d'un filet Surber pour les faciès lotique et d'un filet troubleau pour les faciès lentique .

✓ Milieu lotique

Les prélèvements de la faune sont réalisés dans des zones peu profondes inférieures à 40 cm. Pour chaque récolte, l'opérateur a été le même, de façon à maintenir des conditions de prélèvements aussi voisines que possibles d'une série à l'autre .

L'échantillonneur Surber possède un cadre carré avec une base de surface de 0,09 m² (30 cm x 30 cm). Il est placé sur le fond du lit, l'ouverture du filet face au courant. Le substrat se trouvant dans la surface d'échantillonnage est lavé, récupérant ainsi les larves, les nymphes. Les formes solidement fixées sont détachées à l'aide d'une pince .

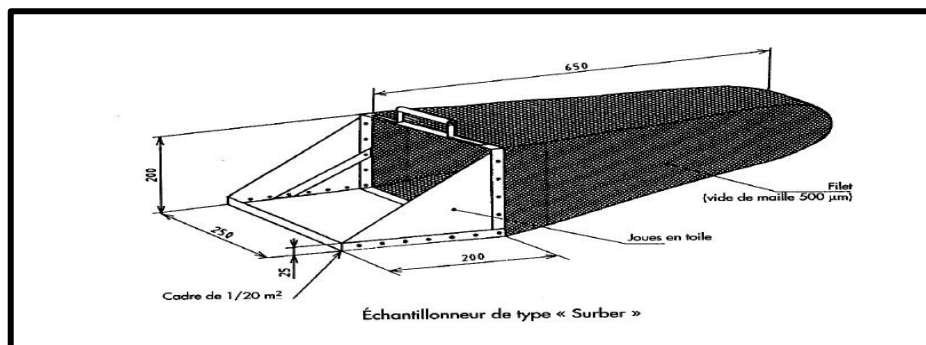


Figure 13 : Echantillonneur de type « surber » .

✓ Milieu lentique

Dans les zones d'eau calme où se déposent les sédiments fins, les prélèvements ont été réalisés à l'aide d'un filet troubleau à ouverture circulaire de 30 cm de diamètre. L'échantillonnage est réalisé par dragage au filet des fonds en faisant des allers-retours sur une distance d'un mètre environ. La surface précise de prélèvement ne peut alors être précise .



Figure 14 : Filet de type troubleau .

3.2 - Conservation des échantillons

Les échantillons récoltés sont recueillis dans des pots en plastique puis fixés dans du formol à 5 % sur le lieu de prélèvement. La date, le numéro et les caractéristiques de la station sont notés à chaque prélèvement .

3.3 - Tri et détermination

Au laboratoire, les échantillons sont lavés et débarrassés des particules indésirables dans un tamis de 300 μm de diamètre des mailles. Le contenu du tamis est ensuite versé dans un bac contenant de l'eau .

Un pré tri et une détermination jusqu'à l'ordre ou à la famille, sont effectués sous la loupe binoculaire par fractions successives dans des boîtes de pétri à fond quadrillé. Pour ce travail de base, nous nous sommes référés aux clés de détermination de TACHET et al., 1980 ; RICHOUX, 1982 et LAFONT, 1983 .

4 – Analyse faunistique

4.1- Liste faunistique

Après l'identification des macroinvertébrés présents dans une station, une liste faunistique est établie, répertoriant l'ensemble des taxons trouvés par groupes faunistique, et indiquant le nombre total de taxons de la station considérée (GENIN et al., 2003) .

4.2 - Indices de diversités

Un certain nombre d'indices a été utilisé pour la caractérisation d'un peuplement, comparaison globale des peuplements différents ou de l'état d'un même peuplement étudiés à des moments différents (BARBAULT, 1995).

Il s'agit des indices et de l'abondance relative, ils permettent aussi de comparer entre deux peuplements et de voir comment ceux-ci évoluent dans l'espace et dans le temps (DAJOZ, 1985).

4.2.1 - Abondance relative

L'abondance relative d'une espèce est fonction de la façon de partager des ressources naturelles dans son biotope, ses valeurs sont données par la formule suivante :

$$Ar (\%) = 100 * ni / N$$

ni : Nombre d'individus de l'espèce i .

N : Nombre total d'individus .

4.2.2 - Occurrence des espèces

Appelée aussi indice de constance au sens de DAJOZ (1985), la fréquence d'occurrence est le rapport, exprimé en pourcentage, entre le nombre de relevés (Pi) où l'on trouve l'espèce (i) et le nombre total de relevés réalisés (P) dans une même station. Elle est calculée par la formule suivante :

$$Oc (\%) = 100 * Pi / P$$

Pi : nombre de prélèvements où l'espèce i est présente .

P : nombre total de prélèvements .

En fonction de la valeur de OC (%), nous qualifions les espèces de la manière suivante :

- C = 100% Espèce omniprésente .
- C] 100 – 75] Espèce constante .
- C] 75 – 50] Espèce fréquente .
- C] 25 – 5] Espèce accessoire .
- C < 5 % Espèce rare .

4.2.3 - Richesse Spécifique

Richesse spécifique S est présenté par le nombre total d'espèces recensées (ou nombre moyen par unité de surface (ROCHET, 2013) .

4-3 - Indice Biologique Globale Normalisé (IBGN)

L'IBGN est basé sur l'analyse de la composition de la macrofaune benthique ($>500\mu\text{m}$) du site concerné par l'étude, selon un mode d'échantillonnage standardisé (QUENEA, 2015) .

4.3.1 - Historique de l'IBGN

L'IBGN est la méthode française normalisée d'évaluation de la qualité biologique des cours d'eau (NF T90-350-AFNOR*, 1992, révisée en 2004). Elle Permet d'attribuer un note de qualité biologique du milieu, qui intègre a la fois l'influence de la qualité physico-chimique de l'eau et l'influence des caractéristique morphologiques et hydrauliques de cours d'eau .

Cette méthode évalue l'aptitude globale d'un milieu a héberger des êtres vivants en prenant en compte, a la fois la variété des macro-invertébré benthique ,et la représentativité des habitats présents sur la station. C'est l'indice le plus utilisé en France .

Son application est limitée a des cours d'eau accessibles a pieds .cet indice fourni une note variant de 0 à 20, correspondant a cinq classes de qualité . une note inférieure ou égale a 4 correspondant a une qualité très mauvaise . une note comprise entre 5 et 8 correspond a une qualité mauvaise . une note comprise entre 9 et 12 correspond a un qualité moyenne . une note comprise entre 13 et 16 correspond a un qualité bonne .une note supérieure ou égale a 17 correspond a une qualité très bonne (ARCHAIBAUT et DUMONT , 2014).(voire le tableau 5 et 6) .

Depuis sa publication par l'AFNOR en octobre 1985, la norme expérimentale I.B.G. a fait l'objet de nombreuses applications, principalement par les Services de l'Eau et des Milieux Aquatiques des DIREN (ex SRAE) .

Actuellement homologuée (AFNOR, décembre 1992), l'IBGN constitue aujourd'hui la forme officialisée de l'I.B.G. Il en reprend l'essentiel de la méthodologie avec certains changements concernant :

- ✓ la modification de l'ordre des supports dans le protocole d'échantillonnage .
- ✓ l'ajustement du tableau de détermination de l'indice (déplacement de certains taxons indicateurs, modification des classes de variété, ...) .
- ✓ Un répertoire de 138 taxons au lieu des 135 taxons précédemment utilisés. (Norme AFNOR NF-T 90-350 ,2000) .

4.3.2 - Principe d'IBGN

D'après la norme NFT-90-350, parue en Décembre 1992, la mise en œuvre de l'IBGN se fait en 3 temps :

- Prélèvement de la macro faune benthique (à l'aide d'un filet de vide de maille de 500 microns de diamètre) par site de prélèvement selon un protocole d'échantillonnage tenant compte des différents types d'habitats, définis par la nature du support et la vitesse d'écoulement des eaux .
- Tri et identification des familles d'invertébrés prélevées .
- Détermination de l'IBGN par site de prélèvement .

Note de 0 à 20 obtenue à partir de deux composantes déduites de la liste des invertébrés collectés .

- Le groupe faunistique indicateur qui représente le groupe repère d'organisme selon sa sensibilité globale à la pollution .

- La variété taxonomique qui est le nombre de familles différentes d'invertébrés rencontrés. Il donne une indication sur la diversité du peuplement et la richesse en habitats de la rivière .

4.3.3 - Calcul de l'IBGN

Le calcul de l'indice se fait en trois étape :

- ❖ La détermination de la classe de variété taxonomique qui sur la base des cinquante – deux taxon potentiellement présents ,est égale au nombre de taxons récoltés même s'il ne sont représentés que par un seul individu , quatorze classe de variétés sont définies .
- ❖ Le groupe faunistique indicateur, en ne prenant en compte que les taxons indicateurs représente dans les échantillons par au moins trois individus ou dix selon les taxons .
- ❖ Le calcul de l'indice on lui -même est obtenu par une formule (ARCHAIBAULT et DUMONT, 2014) .

$$\text{IBGN} = \text{N}^{\circ} \text{ du groupe faunistique indicateur} + (\text{N}^{\circ} \text{ de classe de variété} - 1) \text{ avec } \text{IBGN} \leq 20$$

Tableau 5: Valeur de l'IBGN selon la nature et variété taxonomique de la macrofaune (AFNOR T 90-350, 1992) .

Classe de variété			14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Taxons	GI	Σt	>50	49-45	44-41	40-37	36-33	32-29	28-25	24-21	20-17	16-13	12-10	09-07	06-04	03-01
Chloroperlidae Perlidae Perlodidae Taeniopterygidae	9		20	20	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9
Capniidae Brachycentridae Odontoceridae Philopotamidae	8		20	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8
Leuctridae Glossosomatidae Beraeidae Goeridae Leptophlebiidae	7		20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7
Nemouridae Lepidostomatidae 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* Achète 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 (GI : groupe faunistique indicateur ; Σt : nombre total de taxons identifiés) .

4.3.4 - Expression d'IBGN

Dans la norme AFNOR la qualité hydrobiologique est définie selon cinq niveaux de couleur , permettant une représentation cartographique. La correspondance avec les classes de qualité (grilles de 1990) se fait comme suit :

Tableau 6: Expression de la qualité biologique des coures d'eau(GENIN et *al* , 2003) .

Valeur de l'IBGN	≥ 17	13-16	9-12	5-8	≤4
Classe de qualité	1A	1B	2	3	HC
Couleur correspondante	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Qualité d'eau	Excellente	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise

La définition des classes de qualité est suivant :

1A : qualité excellente , absence de pollution .

1B : qualité bonne , pollution modérée .

2 : qualité moyenne , pollution nette .

3 : qualité médiocre , pollution important .

HC (Hors Classe) : qualité mauvaise , pollution excessive .

4.4 - Indice de Schannon et Weaver

L'indice de Schannon présente un grand intérêt écologique de fournir une 'indication globale de l'importance relative' des différents taxons. Il est indépendant de la taille de l'échantillon. Il intègre la richesse taxonomique et l'abondance relative des différents taxons .

Il a pour expression :

$$H' = - \sum p_i \times \log_2 P_i$$

Ou :

Pi : abondance ou pourcentage d'importance de l'espèce : $P_i = N_i / N$

ni = nombre d'individus d'une espèce dans l'échantillon .

N = nombre total d'individus .

Cet indice a pour unité le 'Bit', sa valeur dépend du nombre d'espèces présentes, de leurs proportions relatives et de la base logarithmique. H' est d'autant plus petit (proche de 0) que le nombre d'espèces est faible ou quelques espèces dominant ; il est d'autant plus grand que le nombre d'espèces est élevé et réparti équitablement. Autrement dit, la diversité est minimale quant H' tend vers zéro (0), et est maximale quant H' tend vers ∞ .

L'indice de Shannon est souvent accompagné par l'indice de l'équitabilité ou régularité qui permet de mesurer la répartition des individus au sein de l'espèce .

On peut calculer l'équitabilité à partir de l'équirépartition ou diversité maximale (H'_{\max}), laquelle correspond au cas où toutes les espèces seraient représentées par le même nombre d'individu. Dans ce cas :

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

Parallèlement à l'indice de Schannon-Weaver et afin de pouvoir comparer les densités de deux peuplements ayant de richesses spécifiques différentes (RAMADE, 2003), nous utilisons l'équitabilité comme le rapport :

$$E = H' / H'_{\max}$$

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

Résultats et discussion

Jusqu'à présent, beaucoup d'études sur les macroinvertébrés du Nord Afrique ont été consacrées à la taxonomie ou la biogéographie, et les aspects écologiques et la qualité de l'eau, on cite parmi eux les plus récents : LOUNICI et al., 2000 (a) ; LOUNICI et al., 2000(b) ; ARAB, 2004 ; LOUNICI, 2005 ; LOUNICI et VINÇON, 2005 ; AFFANT et HAFFIANE, 2005 ; KADDOUR et SELLAM, 2006 ; MOUBAYEAD et al., 2007 ; ZERGUNE et al., 2009 ; YASRI, 2009 ; SEKHI, 2010 ; LOUNICI, 2011 ; HAOUCHINE, 2011 ; BOUCHALOUCHE et al., 2013 ; ALOUANE et LAMINE, 2013 ; YASRI et al., 2013 (a) ; YASRI et al., 2013 (b) et BEBBA, 2015 ; HAMED, 2015 ; SELLAOUI 2015 .

1-Analyse globale de la faune benthique

1.1 - liste faunistique

A la suite de prélèvements réalisées au sein des cinq stations échantillonnées, la faune benthique récoltée au niveau des ruisseaux a été déterminée jusqu'au niveau de la famille en fonction de l'objectif de l'étude .

1.2 - Diversité du peuplement

Le benthos est constitué d'invertébrés vivant sur le fond des cours d'eau ils se répartissent de façon hétérogène en fonction de la nature du substrat. Certains sont fixés, d'autres rampants ou encore fouisseurs. L'étude du benthos peut permettre d'apprécier la composition, la structure, mais aussi la distribution dans l'espace et dans le temps des macroinvertébrés .

La présente étude faunistique a permis de récolter au total de 2428 individus répartis en 19 taxons et 6 groupes taxonomiques (Tab 7). Ces 6 groupes taxonomiques appartiennent à leur tour à 4 grands groupes taxonomiques : les Oligochètes, les Mollusques, les Crustacés et les Insectes. La classe des Insectes est de loin la plus diversifiée, elle représente à elle seule un total 100% de la faune totale recensée .

De point de vue richesse taxonomique, le groupe le mieux représenté est l'ordre des Éphéméroptères, il compte 8 familles. Viennent en suite les Plécoptères (avec 4 familles), les Diptères (3 familles), les Coléoptères (2 familles), et en fin les Planipennes et les Trichoptères (1 famille) .

L'effectif du peuplement benthique (Figure 15) montre que les Diptères sont nettement abondants. Ils représentent 72.91 % (soit 1772 individus) de la faune totale .

Les Plécoptères , les Ephéméroptères occupent respectivement la 2^o et 3^o place par ordre d'abondance numérique. Ils comptent 314 individus (12,91 %) et 278 individus (11.41%) .

les Trichoptères ,les Coléoptères et les Planipennes sont faiblement représentés. Ils ne constituent respectivement que 1.64 % (40 individus), 0,81 % (20 individus), 0.16% (4 individus) de l'abondance numérique totale .

Tableau 7 : Macrofaune globale recensée dans les stations d'étude .

Groupes taxonomiques	Familles Stations	ECW	HAD	DS1	DS2	DS3	Ni	Ar1%	Ar%	Or%
Plécoptères	Nemouridae	52	8	116	40	24	240	76.43	9.88	100
	Taeniopterygidae	6	8	8	0	0	22	7	0.90	60
	Leuctridae	16	4	0	20	4	44	14.01	1.81	80
	Capniidae	0	0	4	0	4	8	2.54	0.32	40
Total		74	20	128	60	32	314		12.91	100
Ephéméroptères	Ephemerellidea	0	20	0	0	0	20	7.19	0.82	20
	Leptophlebiidae	4	0	0	0	0	4	1.43	0.16	20
	Baetidae	0	0	12	36	12	60	21.58	2.47	60
	Heptagenidae	8	4	0	0	12	24	8.63	0.98	60
	Caenidae	0	0	4	0	0	4	1.43	0.16	40
	Ameletidae	0	0	0	8	44	52	18.70	2.14	40
	Ephemeridae	18	4	84	0	0	106	48.84	4.36	60
	Oligoneuridae	0	8	0	0	0	8	2.87	0.32	20
Total		30	36	100	44	68	278		11.41	100
Diptères	Simuliidae	216	144	1052	260	80	1752	98.87	72.1	100
	Blepharceridae	4	12	0	0	0	16	0.90	0.65	40
	Syrphidae	4	0	0	0	0	4	0.22	0.16	20
Total		224	156	1052	260	80	1772		72.91	100
Planipennes	Osmylidae	4	0	0	0	0	4	100	0.16	20
Total		4	0	0	0	0	4		0.16	40
Trichoptères	Hydropsychidae	12	0	28	0	0	40	100	1.64	40
Total		12	0	28	0	0	40		1.64	60

Coléoptères	Hydrophilidae	8	0	8	0	0	16	80	0.65	40
	Gyrinidae	4	0	0	0	0	4	20	0.16	20
Total		12	0	8	0	0	20		0.81	60
	Totaux	256	212	1316	364	180	2428		100	
	S	13	9	9	5	7				

Ni : Nombre d'individus, Ar1% : Pourcentage par au groupe, Ar% : Pourcentage par rapport a la faune totale. Or : Occurrence, S : La richesse .

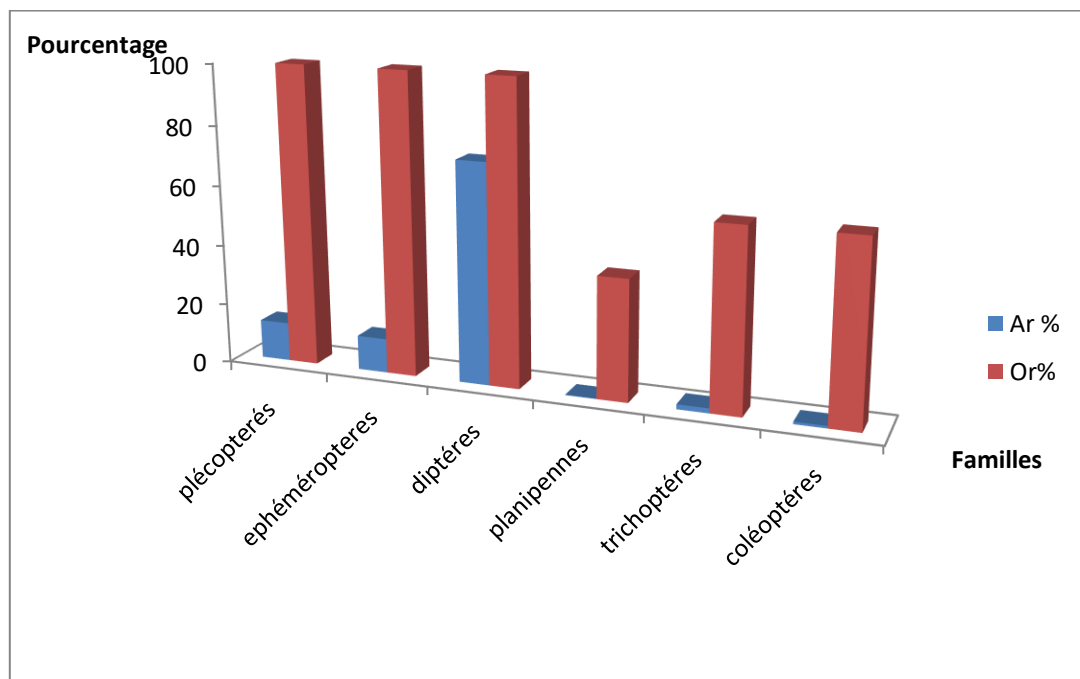


Figure 15: Abondances relatives et occurrences relatives des groupes zoologiques recensés dans la présente étude .

1.2.1-Abondance relative et occurrence des groupes zoologiques recensés

✓ Classe des Diptères

Les Diptères représente le groupe le mieux représenté dans nos récoltes. Les prospections réalisées dans les cours d'eau du réseau hydrographique du parc national d'El Kala nous ont permis de recenser un total de 1772 individus appartenant 3 familles, soit 72.91% de la faune totale recensée .

La famille la plus abondante est Simuliidae,. Elle compte 1752 individus (soit 72,1%) du total des captures (Figure16). Les autres familles : Blepharceridae et les Syrphidae ont dans nos récoltes, une faible abondance numérique. Elles comptent respectivement : 16 individus (0,90%) et 4 individus (soit 0,22%) de la macrofaune totale recensée .

Quand à l'occurrence relative, la famille des Simuliidae est très occurrente voir constant (Oc = 100%), ils ont été récoltés dans toutes les stations prospectées, à l'exception des familles des Blepharceridae et des Syrphidae qui présentent une moyenne occurrence ne dépassant pas les 40% .

Les Diptères sont répartis de l'équateur aux régions polaires et bénéficient d'une grande capacité de coloniser les biotopes les plus variés : sources, rivières, lacs, marais, littoral, marin, etc. (HAOUCHINE, 2011) .

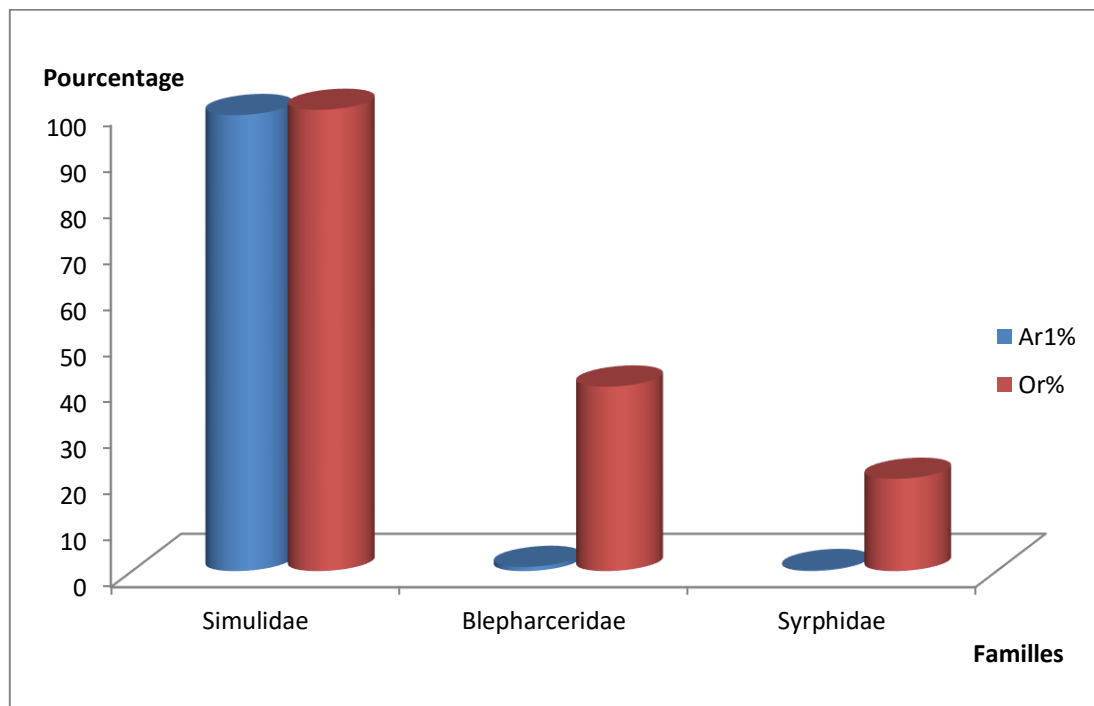


Figure 16: Abondances et occurrences des Diptères recensés dans la présente étude.

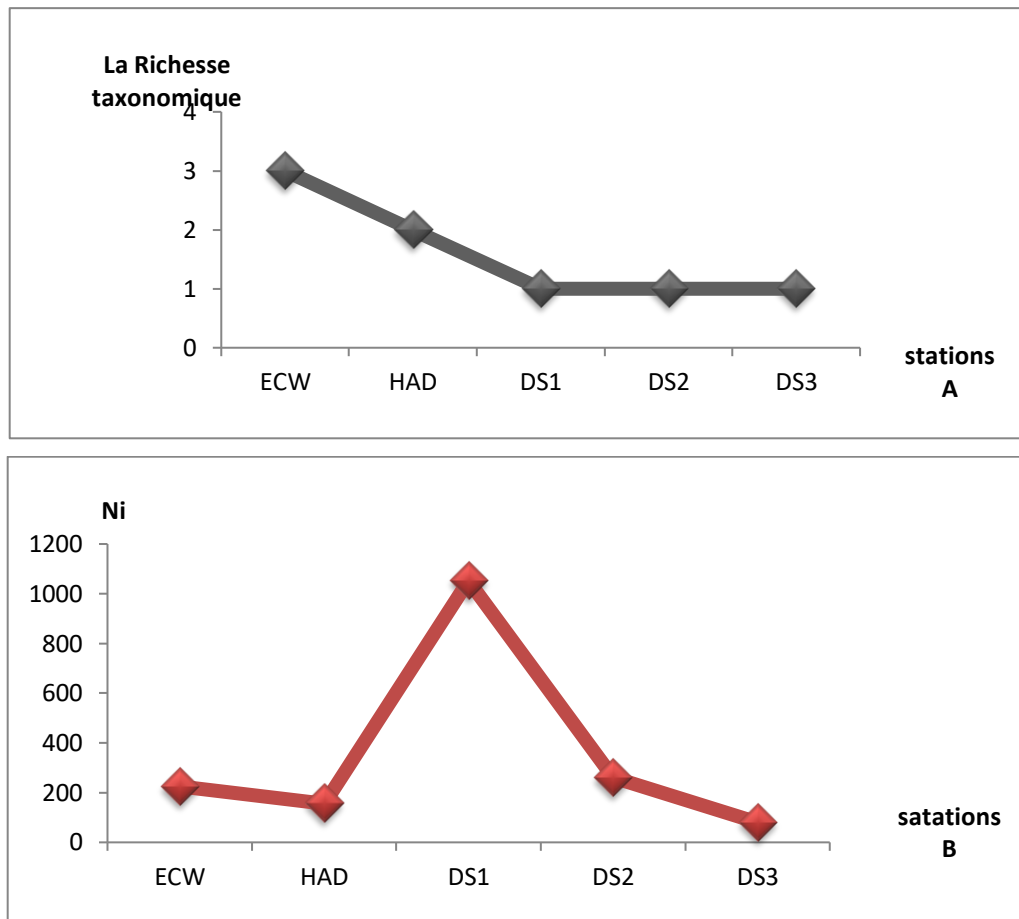


Figure 17 : Distribution des Diptères dans les stations prospectées. (A) en fonction de la richesse taxonomique, (B) en fonction des abondances numériques .

✓ Classe des Plécoptères

Les Plécoptères des cours d’eaux étudiés sont fréquents et abondants . De point de vue richesse , nous avons recensées 4 familles (Fig18) il occupent le deuxième rang après les Ephéméroptères (8 familles) .

Nous avons récolté un total de 314 individus , soit 12.91% de la faune totale , répartis en 4 familles d’inégale abondance .Ils sont représentés principalement par les Nemouridae : 240 individus soit 76.43% de ce peuplement , les Leuctridae : 44 individus soit 14.01 % de ce peuplement . Les autres familles ont un faible importance numérique : Taeniopterygidae 22 individus , Capniidae 8 individus (Tab 7) .

En effet les effectifs les plus élevés sont enregistrés au niveau de la station DS1 avec 2 familles et 128 individus , suivit de la station ECW avec 3 familles et 74 individus , suivie des stations DS2 , DS3 et HAD avec 2 familles et 60 individus , 3 familles et 32 individus , 3 familles et 20 individus respectivement .

La présence des Plécoptères indique une absence de pollution dans ces stations .Sachant que les Plécoptères est un groupe qui occupe le premier rang de polluosensibilité .

Les Plécoptères sont des espèces polluo-sensibles et ne se développent pas dans les milieux affectés par une quelconque perturbation. Ce sont de très bons indicateurs biologiques de l'état de santé des hydrosystèmes, très utilisés dans les méthodes d'analyse de la qualité des eaux courantes (TUFFERY & VERNEAUX, 1967 ; VERNEAUX et al ; 1976 ; VERNEAUX & COLL, 1982 ; ARMITAGE et al ; 1983 ; ALBA-TERCEDOR & SANCHEZ-ORTEGA, 1988 ; ALBA-TERCEDOR, 1996 ; HAWKES, 1997 ; ANGELIER, 2000 ; GENIN et al, 2003) .

Ainsi, ils peuplent préférentiellement les milieux d'altitude caractérisés par un substrat à dominance de galets, un courant rapide et une température de l'eau relativement fraîche (YASRI, 2009) .

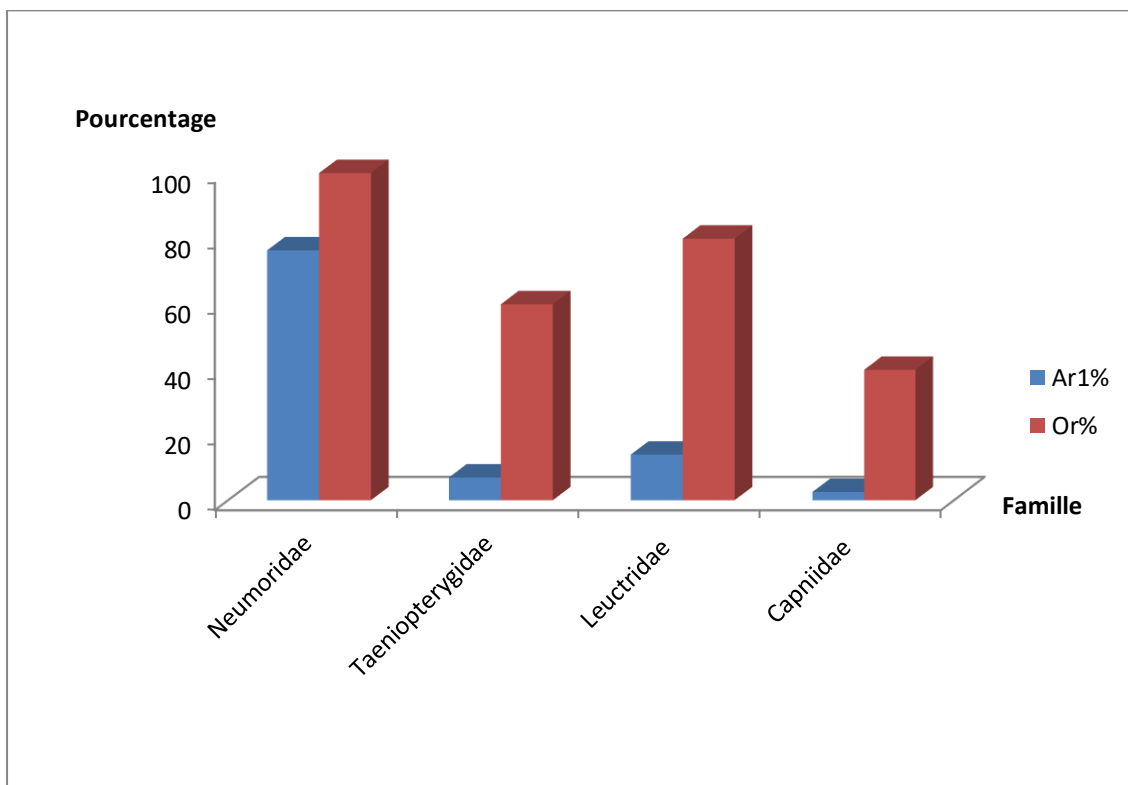


Figure 18 : Abondances et occurrences des plécoptères recensés dans la présente étude .

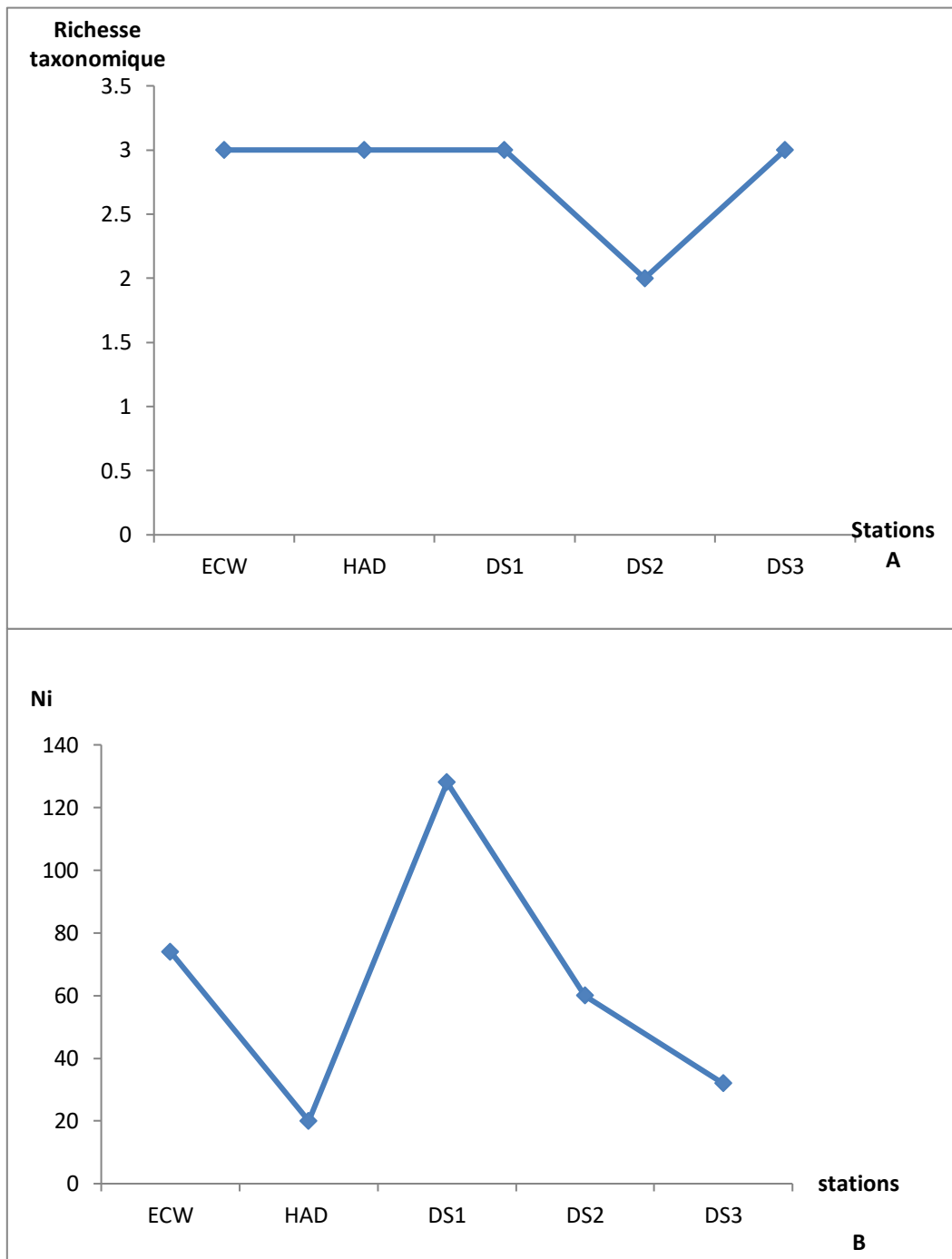


Figure 19 : Distribution des Plécoptères dans les stations prospectées. (A) en fonction de la richesse taxonomique, (B) en fonction des abondances numériques .

➤ Classe des Éphéméroptères

Les prospections réalisés ont permis de recenser 278 individus d'Éphéméroptères répartis en 8 familles .Ils représentent 11.41 % de la faune totale .

Les familles les plus abondantes sont les Éphéméridae, Baetidae et les Ameletidae . Elles comptent respectivement 106 individus (soit 48.84 %) , 60 individus (soit 21,58 %) et 52 individus (soit 18.70) du total des captures (Figure 20). Les Heptageniidae occupent la quatrième place des Ephéméroptères sur le plan d'abondance numérique. Ils constituent 8.63 % (24 individus) de ce peuplement. Les autres familles : Ephemerellidae , Oligoneuridae , Caenidae et Leptophlebiidae ont dans nos récoltes, une faible abondance numérique. Elles comptent respectivement : 20 individus (7 ,19%) , 8 individus (soit 2.87%), 4 individus (soit 1.43%) et 4 individus (soit 1.43%) de la macrofaune totale recensée .

Les effectifs les plus élevés sont enregistrés dans les stations de DS1 et DS3 caractérisées par un substrat grossier , un écoulement de l'eau moyen a rapide .

Selon BEBA et al. (2015), les larves des Ephéméroptères sont très abondantes et occupent les divers biotopes des eaux courantes (torrents, ruisseaux et rivières). Diverses études ont aussi montré que ce groupe est un matériel biologique important dans les études écologiques, notamment dans l'estimation de la qualité biologique des eaux, (ALBA-TERCEDOR, 1988 ; ALBA-TERCEDOR, 1996 ; MASSELOT et al, 1996 ; HAWKES, 1997 ; ANGELIER, 2000 ; GENIN et al., 2003) .

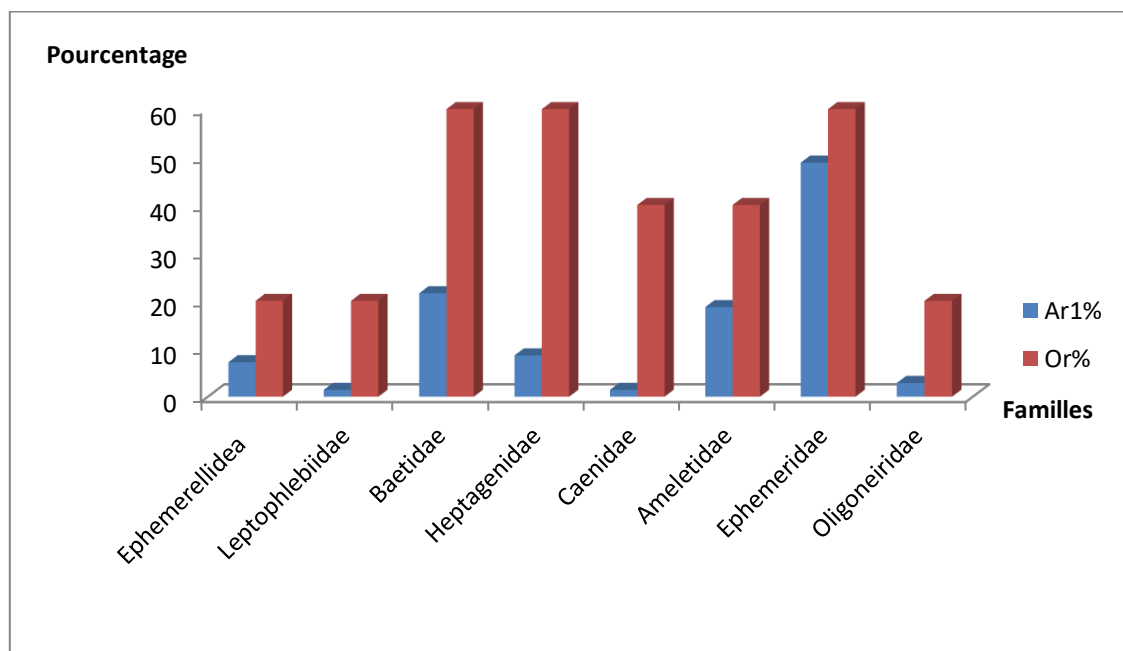


Figure 20: Abondances et occurrences des Ephéméroptères recensés dans la présente étude.

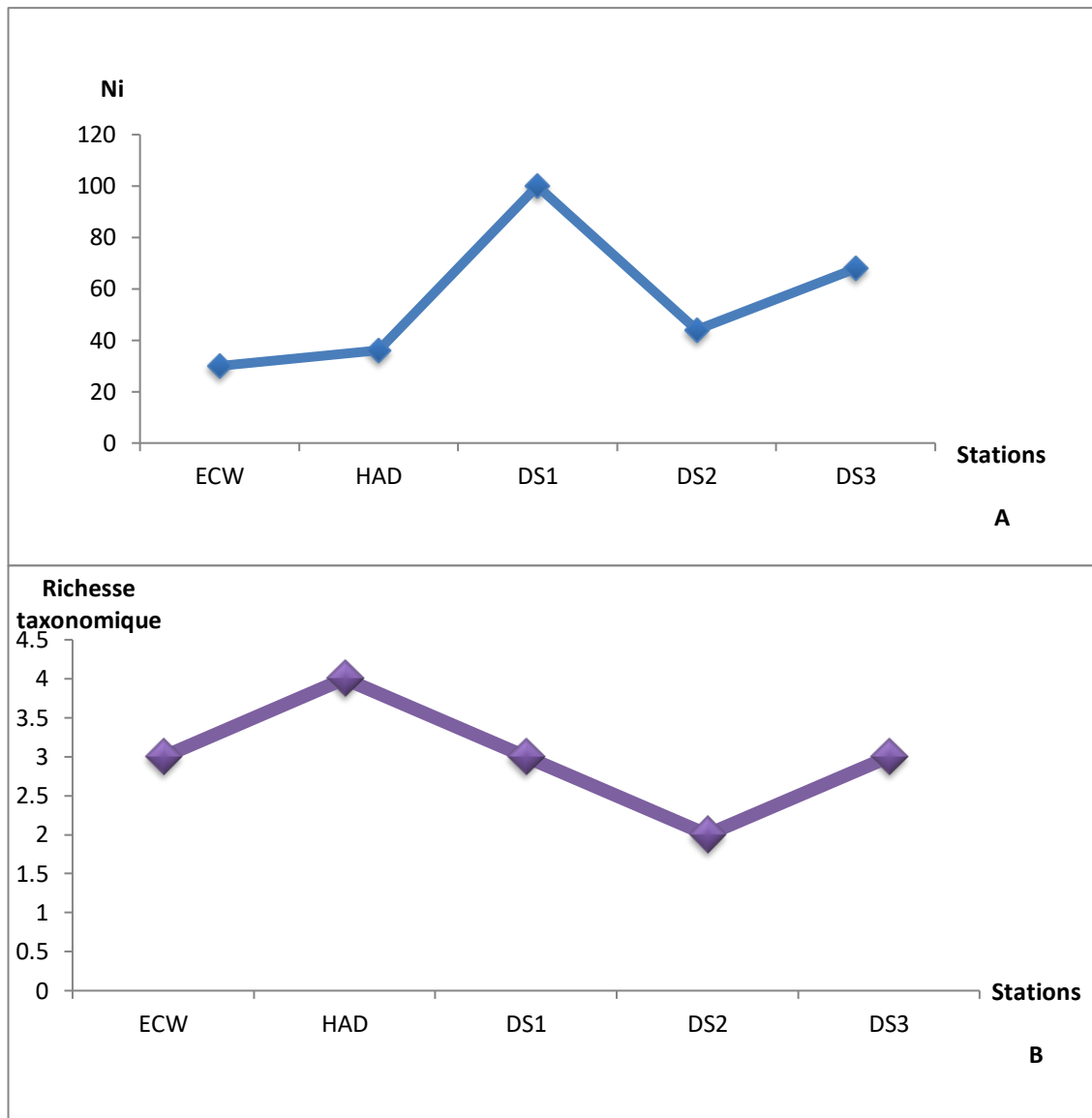


Figure 21 : Distribution des Ephéméroptères dans les stations prospectées. (A) en fonction de la richesse taxonomique, (B) en fonction des abondances numériques .

➤ Classe des Trichoptères

Les Trichoptères des cours d'eau étudiés sont relativement peu fréquents et peu abondants par rapport aux Ephéméroptères et aux Diptères .

Nous avons récoltés un total de 40 individus, soit 1.64 % de la faune totale, repartis en une seule famille représenté par les Hydropsychidae . Elle a une très faible importance numérique .

Dans nos récoltes, les Trichoptères sont rares, ils sont à la fois très peu abondants et très peu occurrents. Nous les avons récoltés uniquement dans deux stations : ECW et DS1 avec 12 et 28 individus respectivement .

Selon GRETIA (2009) les Trichoptères sont considérés comme de bons indicateurs de la qualité des cours d'eau .

Contrairement aux Plécoptères et Ephémères qui sont inféodés principalement aux eaux courantes, de nombreuses espèces de Trichoptères habitent les eaux stagnantes. Ils Présentent à différents niveaux de l'édifice trophique et occupant de ce fait un grand nombre de niches écologiques. Ils jouent un rôle essentiel dans la dynamique des écosystèmes (FAESSEL et al., 1985). De nombreux travaux (GIUDICELLI et al ., 1986 ; ECHAUBARD & NEVEU, 1975 ; VERNEAUX, 1973) ont montré qu'en général, la régression des densités des Trichoptères, suite aux actions anthropiques, peu apparaître sur une assez longue durée pour la plupart des familles à l'exception des Hydropsychidae. En effet, les éléments de cette famille, pollueurésistants, sont très aptes à recoloniser un substrat en grande partie déserté par les espèces fragiles .

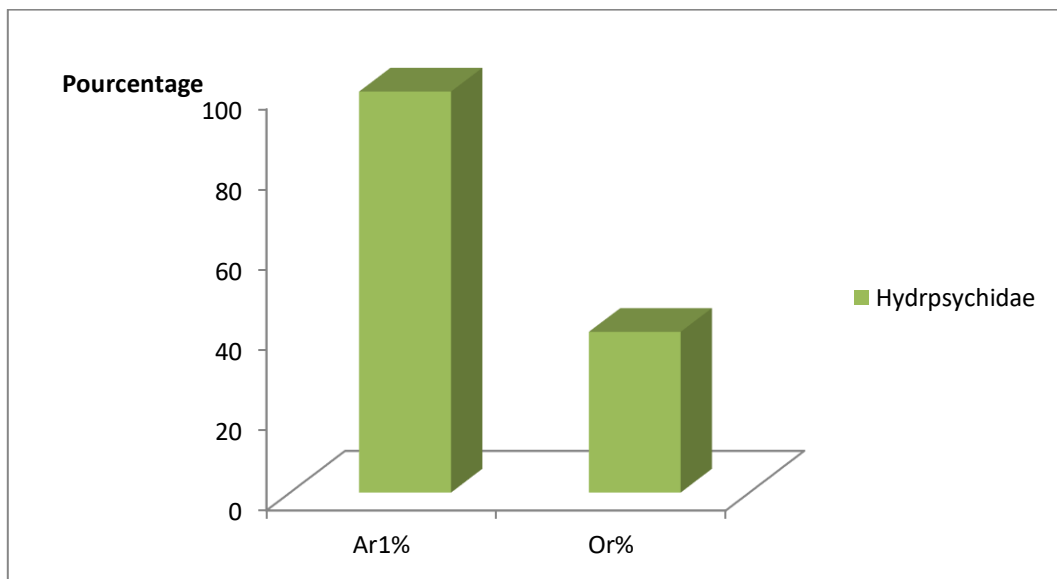


Figure 22: Abondances et occurrences des Trichoptères recensés dans la présente étude .

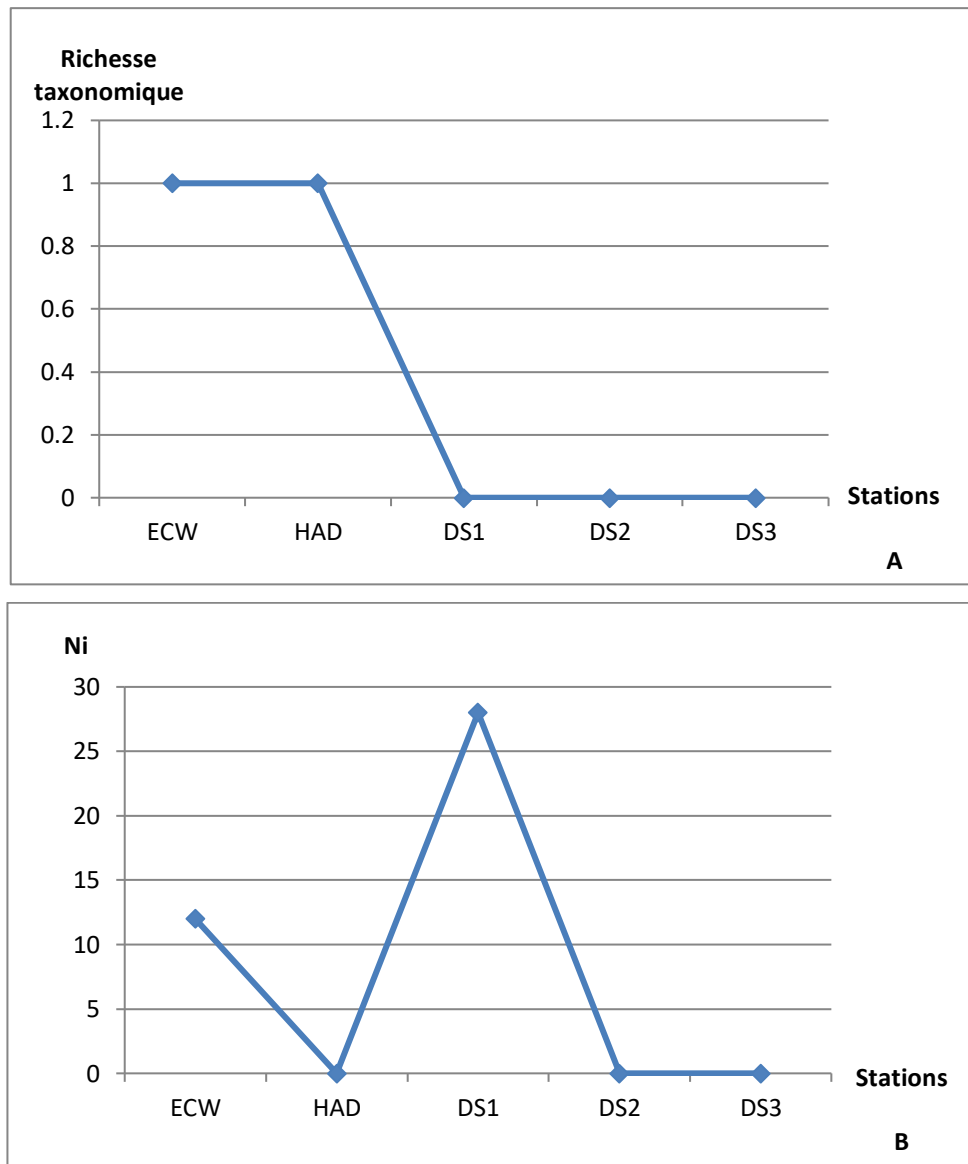


Figure 23: Distribution des Trichoptères dans les stations prospectées. (a) en fonction de la richesse taxonomique, (b) en fonction des abondances numériques .

➤ Classe des Coléoptères

Les Coléoptères sont les seul Insectes holométaboles à se présenter à la fois sous la forme imaginaire et larvaire dans les milieux aquatique. Ils colonisent divers habitats : sources, ruisseaux de sources, torrents, rivières à eau modérément courante et rivières à eau quasi-stagnante et riche en végétation (TACHET et al ; 1980) .

Dans les cours d'eau étudiés, l'importance numérique des Coléoptères est relativement faible comparé aux Epheméroptères, aux Diptères .

Dans le présent travail , l'importance numérique est relativement faible ,seulement 20 individus, soit 0,81 % de la faune totale (Tab 7). Répartis en deux familles : Hydrophilidae 16 individus (soit 80%) et Gyrinidae 4 individus (soit 20%) .

Plusieurs travaux ont été réalisés sur l'écologie et la répartition des Coléoptères (BERTHELEMY, 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 les stations étudiées , ce groupe d'insecte colonise les stations ECW et DS1.doté d'une vitesse de courant rapide et de dominance de galets .

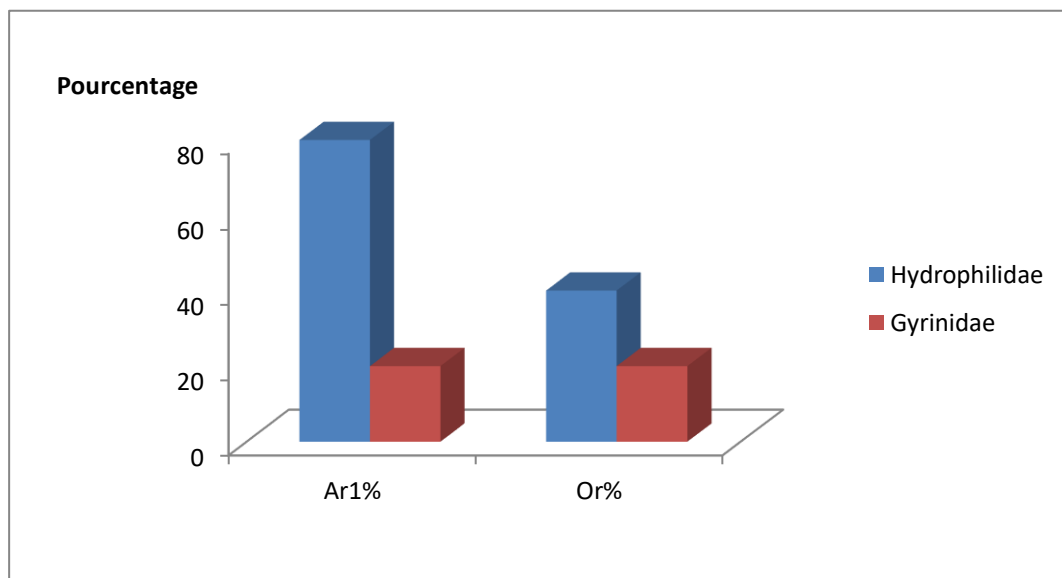


Figure 24 : Abondances et occurrences des Coléoptères recensés dans la présente étude.

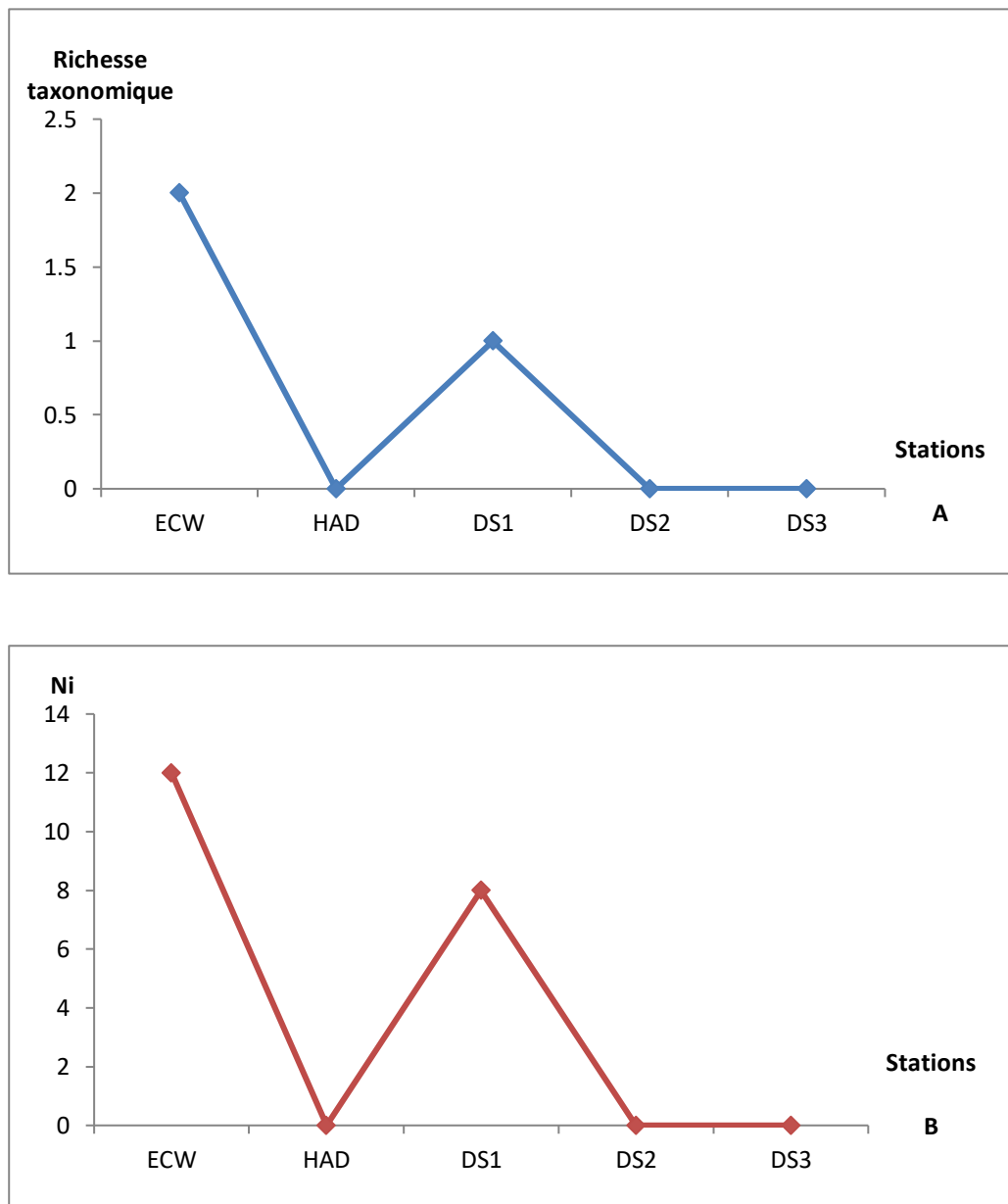


Figure 25: Distribution des Coléoptères dans les stations prospectées. (A) en fonction de la richesse taxonomique, (B) en fonction des abondances numériques.

➤ Classe des Planipennes

Les Planipennes sont faiblement recensés 4 individus seulement (soit 0.16 % de la faune totale récolté) . Exister d'une seule famille Osmylidae avec une abondance très faible .

En effet les planipennes étaient recensés uniquement au niveau de la station ECW , qui est la station unique du réseau hydrographique présentant de conditions favorables au développement de ce groupe d'insecte .

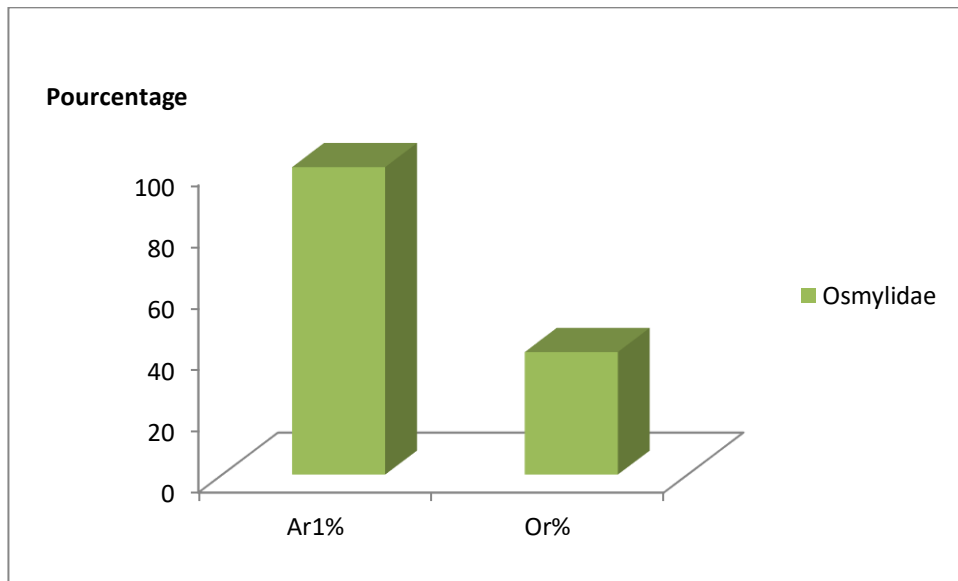


Figure 26: Abondances et occurrences des planipennes recensés dans la présente étude .

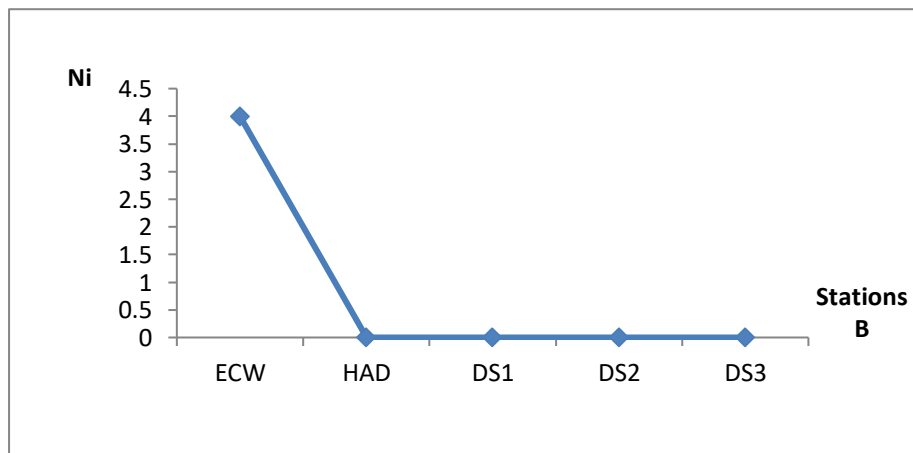
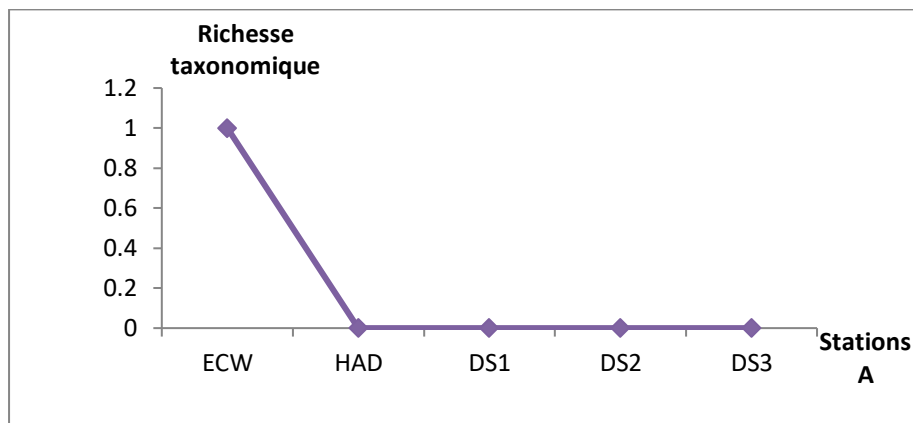


Figure 27: Distribution des planipennes dans les stations prospectées. (A) en fonction de la richesse taxonomique, (B) en fonction des abondances numériques .

1.2.2- La richesse taxonomique

Le tableau 8 et la figure 28 présente l'évolution de la richesse taxonomique des peuplements en fonction des stations .

Tableau 8 : Richesse taxonomique des peuplements recensée dans les stations étudiées.

stations groupe	ECW	HAD	DS1	DS2	DS3
Plécoptères	3	3	3	2	3
Ephéméroptères	3	4	3	2	3
Diptères	3	2	1	1	1
Planipennes	1				
Trichoptères	1		1		
Coléoptères	2		1		
Total	13	9	9	5	7



Figure 28: Evaluation de la richesse taxonomique en fonction des stations .

De nombreux travaux ont montré que la distribution spatiale des macroinvertébrés benthiques est régie par un complexe de facteurs environnementaux qui varient d'une station à une autre. Certains d'entre eux, comme la nature du substrat, la vitesse du courant, la hauteur de l'eau sont habituellement considérés comme facteurs écologiques susceptibles d'influencer directement la répartition de la faune benthique (LAVANDIER, 1979 ; ANGELIER, 2000).

Le but de cette étude est de déterminer l'organisation spatiale et la structure des communautés d'invertébrés benthiques des cours d'eau étudiés en fonction des caractéristiques environnementales.

Le peuplement le plus diversifié s'observe dans la station ECW, avec 13 familles. Viennent par la suite les stations HAD, DS1 et DS3 qui hébergent entre 7 et 9 familles. Les stations de ces secteurs constituent, en effet, des milieux très favorables à l'installation d'une faune riche et diversifiée grâce à un substrat hétérogène (à dominance de galets et de graviers), une végétation environnante relativement abondante, une température de l'eau peu élevée et une vitesse de courant rapide et modérée.

La station DS2 possède la richesse la plus faible avec seulement 5 familles. Ceci est à mettre en relation avec le faible débit observé au niveau de cette station.

Il est à noter que toutes les stations échantillonnées hébergent des représentants de Plécoptères qui sont considérés comme des éléments polluo-sensibles témoignant déjà d'une bonne qualité d'eau.

La richesse taxonomique globale au niveau des stations étudiées est de 19 taxons. Cette richesse est faible comparant à d'autres cours d'eau d'Algérie :

- Cours d'eau de la Kabylie de Djurdjura avec un nombre de 78 taxons (HAOUCHINE, 2011).
- L'oued de Mazafran qui héberge 49 taxons (YASRI, 2009).
- Bassin de la Tafna qui héberge une richesse taxonomique très élevée de l'ordre de 98 taxons (REZOUGUI, 2012).
- L'oued Abdi qui présente une richesse moyenne de l'ordre de 32 taxons (HAMED, 2015).
- L'oued de Mazafran avec un ordre de 45 taxons (BEN SEHEL, 2016).

Cette faible richesse pourrait s'expliquer en premier lieu, par la situation géographique des ruisseaux échantillonnés qui implique une grande différence au niveau du climat des différentes régions .

En seconde positions, nous notons la différence du type et nombre de cours d'eau prospectés, dans notre étude nous avons échantillonné uniquement des ruisseaux de basse montagne, alors que dans les autres études plusieurs types de cours d'eau ont été prospectés, situés à des altitudes très variés .

Aussi un autre point à ne pas négliger est l'effort d'échantillonnage qui est nettement élevé au niveau du réseau de la Tafna (7 séries de prélèvements) et celle de la Kabylie (4 séries de prélèvement) et qui est très réduit dans notre réseau (1 série de prélèvement) .

1.2.3 - Indice de Schannon et Weaver

Les résultats de l'indice de Schannon ainsi que l'équitabilité sont mentionnés dans le tableau suivant :

Tableau 9 : Résultats de l'indice de Shannon-Weaver et l'équitabilité .

	RT	ni	H	E
ECW	13	356	2,08	0,56
HAD	9	212	1,73	0,54
DS1	9	1316	1,09	0,34
DS2	5	364	1,33	0,57
DS3	7	180	2,12	0,75

Dans les ruisseaux échantillonnés, la diversité ainsi que l'équitabilité sont moyennes voir faible. La diversité varie entre un minimum de 1,09 et un maximum de 2,12, alors que l'équitabilité varie entre un minimum de 0,34 et un maximum de 0,75 Ceci est du en grande partie aux faibles débits remarquables aux niveaux des stations. Ajouté à cela la position des ruisseaux qui se trouvent à de très courte distance à la source qui favorisent l'installation d'une faune très caractéristiques .

Les stations DS1 et DS2 présentent les plus faibles valeurs de la diversité, avec respectivement 1,09 et 1,33. De même le peuplement n'est pas réparti équitablement vue les faibles valeurs de l'équitabilité avec 0,34 et 0,57 respectivement. Nous notons une nette dominance de la famille des Simuliidae .

Dans les stations HAD et ECW la diversité est moyenne (1,73 et 2,08) et l'équitabilité aussi est moyenne (0,54 et 0,56), malgré que la richesse spécifique au niveau de ces stations est la plus élevée (9 et 13). Le peuplement de ces stations ne présente pas une régularité dans sa distribution, en effet nous rencontrons des taxons qui dominent (Simuliidae) alors que d'autres sont plutôt rares .

Quant à la station DS3 qui présente une moyenne richesse taxonomique (7), elle possède la diversité la plus élevée (2,12). L'équitabilité au niveau de cette station est élevée (0,75), ceci ce traduit par une bonne distribution et une bonne répartition des différents taxons. Dans ce cas il n'y a pas une nette dominance .

Les diversités et les équitabilités signalées dans nos ruisseaux demeurent faibles par rapport à celles signalées dans d'autres réseaux hydrographiques, notons par exemple

- Au niveau de la Kabylie de Djurdjura, où HAOUCHINE (2011) avait noté des diversités élevées variant entre 2,18 et 4,59, aussi des équitabilités plus élevées variant entre un minimum de 0,40 et un maximum de 0,78 .
- Au niveau du réseau hydrographique de la Tafna, où REZOUGUI (2012) avait noté des diversités plus élevées que celle signalés dans nos ruisseaux, variant entre 1,06 et 3,10, aussi des équitabilités plus élevées variant entre un minimum de 0,29 et un maximum de 0,96 .

Ces différences sont dues à la situation géographique des différentes régions et des différents cours d'eau, ajouté à cela l'effort d'échantillonnage qui est nettement élevé au niveau du réseau de la Tafna (7 séries de prélèvements) et celle de la Kabylie (4 séries de prélèvement) et qui est très réduit dans notre réseau (1 série de prélèvement) .

Pour conclure, un peuplement riche n'est pas forcément diversifié. Une richesse taxonomique élevée ne reflète pas une diversité élevée. Un peuplement riche qui présente une régularité dans sa répartition peut être considéré comme diversifié .

2 - Résultats du calcul de l'IBGN

Le tableau 10 ainsi que la figure 29 résume les résultats des analyses hydrobiologiques (diversité taxonomique totale (DT), groupe indicateur repéré (GI), valeur de l'IBGN (V

IBGN), classe de qualité (CQ) et qualité de l'eau) pour la campagne d'échantillonnages de Mars 2019 .

Les résultats des analyses (valeur de l'IBGN et classe de qualité correspondante) sont obtenus en intégrant deux facteurs déterminants, à savoir :

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

Tableau10: Valeurs de l'Indice Biologique Global Normalisé au niveau des stations échantillonnées (Année 2019) .

St	Alt	DT	GI	V IBGN	CQ	Couleur	Qualité de l'eau
ECW	180	13	9	14	1B		BONNE
HAD	180	9	9	14	1B		BONNE
DS1	190	9	9	14	1B		BONNE
DS2	190	5	7	12	2		MOYENNE
DS3	190	7	8	13	1B		BONNE

St : Stations, Alt : Altitudes , B: Bonne , M :Moyenne .

✓ Stations ECW , HAD ,DS1, DS3

On obtient une bonne qualité hydrobiologiques pour ces stations, avec un nombre de taxa qui varie entre 7 et 13 et un groupe indicateur qui varie entre 9 et 8, indiquant une qualité d'eau et de milieu très correcte : absence de pollution. Tous les groupes faunistiques sont bien représentés au niveau de ces stations avec principalement les Plécoptères, taxons les plus sensibles .

Les Insectes Plécoptères, taxons polluosensibles, présentent une grande diversité intrinsèque puisque 4 familles appartenant à cet ordre ont été identifiées. Aussi, Plusieurs familles appartenant à des groupes indicateurs élevés comme les Trichoptères et les Ephéméroptères qui sont considérés comme sensibles à la qualité du milieu, ont été dénombrés, confirmant donc une bonne qualité hydrobiologique pour ces stations .

✓ Station DS2

La qualité hydrobiologique pour cette station est moyenne avec une variété taxonomique réduite (5) et un groupe indicateur de 7. Nous signalons que la dégradation de la qualité de l'eau au niveau de cette station, par rapport aux autres stations, n'est pas due à des perturbations anthropiques particulières, mais simplement au manque de débit lors de la période du prélèvement. Ceci est confirmé par la présence des Plécoptères, où nous avons enregistrés leur présence mais avec une faible proportion .

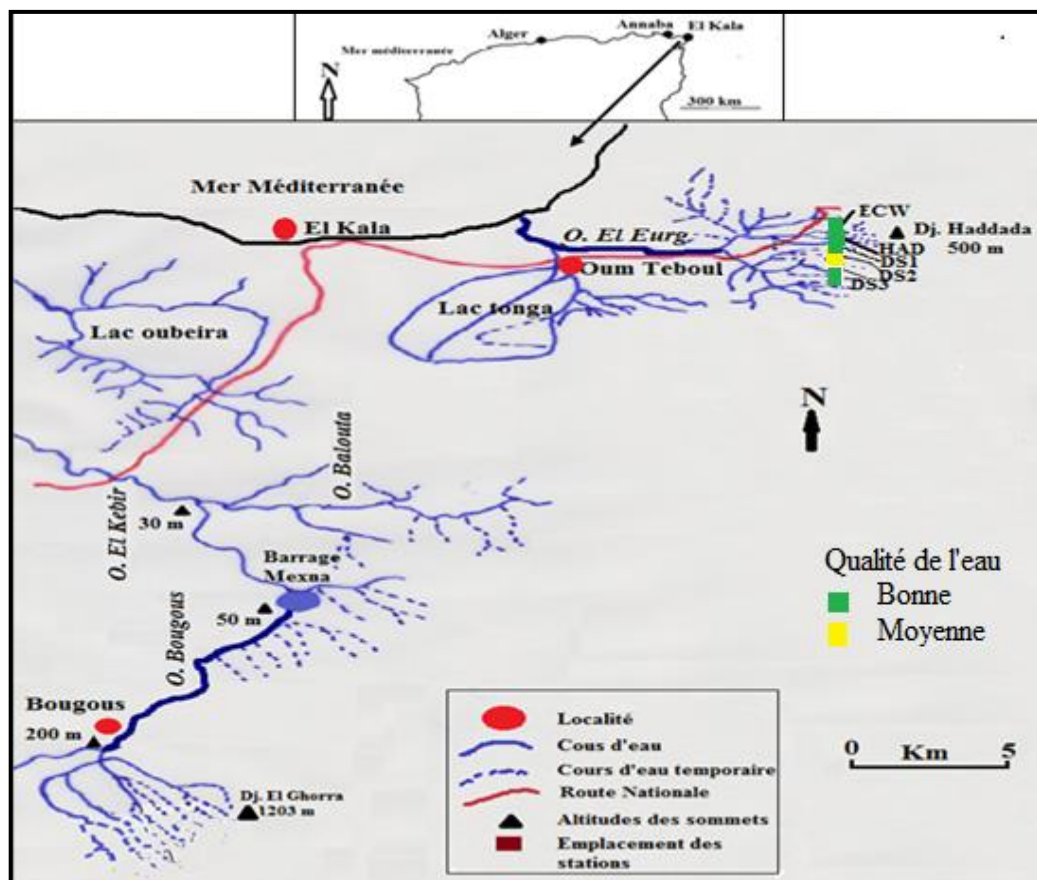


Figure 29 : Qualité hydrobiologique des cours d'eau étudiés (IBGN) .

conclusion

Le réseau hydrologique du PNEK comme tous les cours d'eau méditerranéens, se caractérise par un écoulement faible en été et en automne et par un écoulement important en hiver et au printemps. L'étude de l'abondance des macro invertébrés benthiques des cours d'eau étudiés a mis en évidence la qualité des milieux des stations prospectées. En effet, nous avons obtenu au cours des prélèvements, un certain nombre de résultats.

Les macro invertébrés benthiques recensés dans cette étude se composent de 2428 individus répartis en 6 groupes taxonomiques et 19 familles, ils sont récoltés dans 5 stations échelonnées entre 180 m et 190 m d'altitude.

Les Diptères sont largement dominants sur le plan numérique, ils sont dominés par les Simuliidae. Les Plécoptères occupent la seconde place et sont représentés essentiellement par les Nemouridae. Les Ephemeroptères occupent la troisième place. Les autres groupes zoologiques (Trichoptères, Planipennes et les Coléoptères) ne constituent qu'une très faible proportion de la faune totale récoltée.

La richesse taxonomique des ruisseaux couplée aux différents indices étudiés (indices de diversité, indice Schannon,...), qui dépend des conditions écologiques de chaque station, est d'autant plus élevée que le biotope est hétérogène et moins influencé par les activités humaines.

La richesse taxonomique des stations prospectées montre que les stations (ECW, HAD, DS1 et DS3) possèdent la richesse spécifique la plus élevée. Quand à la richesse la plus faible, elle est notée au niveau de la station DS2.

L'indice de Schannon montre une diversité moyenne à faible. La diversité la plus élevée est notée dans la station DS3 malgré sa richesse taxonomique moyenne. Viennent ensuite se joindre à ce groupe les stations HAD et ECW. Enfin les stations DS1 et DS2, présentent la diversité la plus faible.

L'étude de la qualité hydrobiologique des ruisseaux échantillonnées par la méthode de l'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN) a montré une variation de la qualité de l'eau et du milieu. Les valeurs de l'Indice ont classé les eaux des ruisseaux étudiés dans la catégorie des eaux de qualité qui varie de bonne à moyenne dans toutes les stations.

Ce travail n'est en fait qu'une ébauche permettant d'obtenir des informations sur la qualité des eaux en utilisant les voies biologiques. Toute fois la période d'échantillonnage n'est pas suffisante pour prétendre a une étude dynamique complète. Il serait intéressant a l'avenir de prospecter d'une façon approfondie les différents réseaux hydrographiques et engager des suivis mensuels avec un plus grand nombre de stations afin d'établir l'influence des facteurs du milieu sur la distribution de la faune .

- A.P.N.A., 2006 .Atlas des parcs nationaux algériens . Direction Générale des Forêts, Parc national de Théniet El Had. Imprimerie Ed-Diwan, 98 p.
- Angelier E., 2000 . Ecologie des eaux courantes.
- Armitage P. D., Moss D., Wright J. F., Furse M. T. 1983 . The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. *Water research*, 17(3), 333-347.
- Bagnouls F., Gaussen H. 1957 .Les climats biologiques et leur classification. In *Annales de géographie* (Vol. 66, No. 355, pp. 193-220). Armand Colin.
- Barbault R., Hindar K., Sepkoski J. J., Slatkin M., Michalakis Y., Schaal, B., Loreau M. 1995 . Generation, Maintenance and loss of biodiversity.
- Barbour M.T ., Gerritsen J ., Snyder B.D ., Stribling G.B 1999 . Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers : periphyton, benthic macroinvertebrates and fish . second edition . Environmental Protection Agency, Office of Water . Washington , D.C . EPA 841 - B – 99-002. U.S.
- Bebba N., El Alami M ., Arigue S.F ., Arab A . 2015. Etude mésologique et Biotypologique du peuplement des Ephéméroptères de l’oued Abdi .Algérie. CODEN: JMESC�, *J. Mater. Environ. Sci.* 6 (4) :1164-1177.
- Beisel, J. N., Usseglio-Polatera, P., Thomas, S., & Moreteau, J. C. (1998). Stream community structure in relation to spatial variation: the influence of mesohabitat characteristics. *Hydrobiologia*, 389(1-3), 73-88.
- Belouahem-Abed D . 2012 . Etude écologique des peuplements forestiers des zones humides dans les régions de SKIKDA, ANNABA et EL TARF (Nord-Est algérien) . these de doctorat . université Badji Mokhtar . Annaba . 320 p.
- Bentouili Med Yassine. 2007. Inventaire et Qualité des Eaux des Sources du Parc National d’El Kala (N.Est algérien). Mémoire de Magister, Faculté des sciences de la Terre. Univesité Badji Mokhtar de Annaba . Algérie .134p .
- Dajoz R. 1996. Précis d’écologie. 6ème Edition. Dunod. Paris. 551 p
- Dajoz R .2006 . Précis d’écologie. 8^{ème} Ed : Dunod ,Paris, p.520 .

- Dajoz, R. 1985 . Répartition géographique et abondance des espèces du genre *Triplax* Herbst (Coléoptères, Erotylidae). *L'Entomologiste*, 41(3), 133-145.
- Dynesius M., Nilsson C. 1994 . Fragmentation et régulation du débit des systèmes fluviaux dans le tiers nord du monde. *Science* , 266 5186 , 753-762.
- Everard M., Powell A. 2002 . Les rivières en tant que systèmes vivants. Conservation aquatique: écosystèmes marins et d'eau douce , 12 (4), 329-337.
- Genin B., Chauvin C., Ménard F. 2003 . Cours d'eau et indices biologiques: pollution, méthodes, IBGN. 2^{ème} Ed . Educagri . 220 p.
- Hafiane M. L. 2005. Conception d'un capteur de pression intelligent .Doctoral dissertation, Université de Batna 2.
- Haouchine S . 2011. Recherche sur la faunistique et l'écologie des macroinvertébrés des cours d'eau de Kabylie , Mémoire de Magister , Faculté des sciences biologiques et sciences agronomiques ,Université Mouloud Mammeri de Tizi ousou , Algérie , 157 p.
- Hynes H.B.N., Coleman M.J. 1968. A simple method of assessing the annual production of stream benthos. *Limnology, and Oceanography*- 13 569-573
- Hynes, H. B. N., & Hynes, H. B. N. 1970 . The ecology of running waters (Vol. 555). Liverpool: Liverpool University Press.
- Illies J., Botosaneanu L. 1963 . Problèmes et méthodes de classification et de zonage écologique des eaux courantes, surtout du point de vue faunistique ,SIL Communications, 1953-1996, 12:1, 1-57
- Illies J. 1955. Mouches à pierre ou plécoptères le monde animal de l'Allemagne et les parties adjacentes de la mer. Ed Fisher Verlag p. 150
- Kadid Y. 1989 . Contribution à l'étude de la végétation aquatique du lac Tonga, Parc national d'El-Kala. Mémoire d'ingénieur ; INA El Harrach . Alger.125 p.
- Lounaci A., Brosse S., Thomas A., Lek S. 2000 . Abundance, diversity and community structure of macroinvertebrates in an Algerian stream: the Sébaou wadi. In *Annales De Limnologie-International Journal of Limnology* Vol. 36, No. 2, pp. 123-133 . EDP Sciences.

- Lounaci, A. 2005. Recherche sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des macroinvertébrés des cours d'eau de Kabylie .Tizi-Ouzou, Algérie . Doctoral dissertation, Thèse de doctorat d'état en biologie. Université Mouloud Mammeri de Tizi-ouzou. Algérie .
- Lounaci A., Haouchine S. 2011 . Les macroinvertébrés benthiques des cours d'eau de Kabylie: faunistique, écologie et répartition géographique. In Actes du congrès (pp. 92-93).
- Moisan J. & Pelletier L. 2008 . Guide de surveillance biologique basée sur les macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec – Cours d'eau peu profonds à substrat grossier. Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec. Canada. 86 p.
- Moisan J. 2010. Guide d'identification des principaux macro invertébrés benthiques d'eau douce du Québec, surveillance volontaire des cours d'eau peu profonds. Direction du suivi de l'état de l'environnement, Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs. 86 p.
- Ouelmouhoub S .2005. gestion multi-usage et conservation du patrimoine forestier : cas des subéraies du parc national d'El Kala (Algerie) . Mémoire de Master , Institut agronomique méditerranéen de Montpellier . France . 130p .
- Ramade F. 1993 .Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. Ediscience international.
- Ramade F . 2003. Éléments d'écologie .écologie fondamentale . 3^{ème} Ed : Dunod, Paris. P.190
- Resh VH ., Rosenberg DM . 1993 . Bio surveillance de l'eau douce et macro invertébrés benthiques (N ° 504.4 FRE). New York, NY, États-Unis : Chapman & Hall, pp.10 -27
- Rezougui A. 2012 . Contribution à l'analyse des tendances d'évolution de peuplement de macro invertébrés benthiques dans un contexte de réchauffement climatique : Cas du sous bassin de la Tafna. Mémoire de magister. FSNVSTU. Université de Tlemcen. 100 p.
- Rosenberg D.M ., Resh V.H. 1993. Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Chapman & Hall, London, 488 p .
- Sekhi S. 2010 . Recherches sur la faunistique et l'écologie des macro-invertébrés des cours d'eau Tiout, Hadjadj et Moghrar .wilaya de Naâma . Doctoral dissertation.

Sellaoui A ., Cherrared M . 2015 . Etude de l'influence du mode de représentation de la pluviométrie sur les débits d'écoulement d'un cours d'eau. Cas du bassin versant de Bougous . Revue LJEE.

Tachet H., Bournaud M., Richoux P. 1980 . Introduction à l'étude des macroinvertébrés des eaux douces . 4^{me}Ed Association française de limnologie. Paris . 151 p.

Tenkiano N.2017. Macro invertébrés benthiques et hyphomycètes aquatiques: diversité et implication dans le fonctionnement écosystémique des cours d'eau de Guinée. Thèse de doctorat. Université de Toulouse. 249 p.

Thomas A.G.B. 1981 . Travaux sur la taxonomie, la biologie et l'écologie d'insectes torrenticoles du sud-ouest de la France (Éphéméroptères et Diptères), avec quelques exemples de perturbations par l'homme. Thèse Doctorat .Université Paul Sabatier, Toulouse. 330 p.

Tuffery G ., Vermaux J. 1967. Méthode de détermination de la qualité biologique des eaux courantes. Exploitation codifiée des inventaires de la faune de fond. Trav. Sect. Techn. P; et P., C.E.R.A.F.E.R. Paris 23 p.

Verneaux J., Faessel B.1976. Note préliminaire à la proposition de nouvelles méthodes de détermination de la qualité des eaux courantes. CEMAGREF, Paris, 20 p.

Yasri N. 2009 . Diversité, écologie et biogéographie des macroinvertébrés de quelques affluents du Mazafran . Thèse de doctorat

Yasri-Cheboubi N., Vinçon G., Lounaci A. 2016 . The Nemouridae from Algeria Insecta: Plecoptera . Zoosystema .38(3), 295-309.

Yasri-Cheboubi N. 2018 . Recherches sur la faunistique, l'ecologie et la zoogeographie des plécoptères d'Algérie . these de doctorat . université Mouloud Mammeri .Tizi ousou. 148 p.

Annexe I**Tableau I** : données climatique de la région d'El Kala (2003 – 2012) .

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T(C°)	12,41	11,9	14,03	16,72	19,55	23,16	26,35	26,78	24,38	21,41	16,92	13,57
P(mm)	85,89	92,94	55,58	59,89	25,53	6,13	1,01	3,56	54,96	49,75	96,49	112,34

T : température moyenne (C°) .

P : précipitation moyenne (mm) .

Annexe II

1- Matériels utilisés

cette étude nécessite deux niveaux de travail :

1.1-Sur terrain et au niveau de laboratoire

le matériel utilisé pour le travail sur terrain comporte :

- boîtes de plastiques pour les échantillons .
- agent de conservation (formol) .
- étiquettes en papier imperméable .
- fiches de terrain .
- appareil photo .
- les gants .
- les bottes .
- sachets en plastique .

1.2- Le matériels pour laboratoire

- bacs de tri .
- loupe binoculaire .
- Boîte de Pétri .
- Produit chimique (éthanol) .
- Pincés entomologiques .
- Flacons pour conserver les macro invertébrés identifiés .
- Etiquettes.
- Guide d'identification .

Annexe III

Calculs de l'indice de shannon- weaver

➤ **Station 1** : Echaaba El Waara

	ni	pi	Log2pi	Pilog2pi
<i>Neumoridae</i>	52	0,146	-2,83	-0,41
<i>Taeniopterygidae</i>	6	0,016	-5,96	-0,09
<i>Leuctridae</i>	16	0,044	-4,50	-0,19
<i>Capniidae</i>	0	0	0	0
<i>Ephemerella</i>	0	0	0	0
<i>Leptophlebiidae</i>	4	0,011	-6,50	-0,07
<i>Baetidae</i>	0	0	0	0
<i>Heptagenidae</i>	8	0,022	-5,50	-0,12
<i>Caenidae</i>	0	0	0	0
<i>Ameletidae</i>	0	0	0	0
<i>Ephemeridae</i>	18	0,050	-4,32	-0,21
<i>Oligoneuridae</i>	0	0	0	0
<i>Simulidae</i>	216	0,606	-0,72	-0,43
<i>Blepharceridae</i>	4	0,011	-6,50	-0,07
<i>Syrphidae</i>	4	0,011	-6,50	-0,07
<i>Osmylidae</i>	4	0,011	-6,50	-0,07
<i>Hydropsychidae</i>	12	0,033	-4,92	-0,16
<i>Hydrophilidae</i>	8	0,022	-5,50	-0,12
<i>Gyrinidae</i>	4	0,011	-6,50	-0,07
TOTAL	356			2,08

➤ **Station2** : Haddada

	ni	pi	Log2pi	Pilog2pi
<i>Neumoridae</i>	8	0,037	-4,75	-0,17
<i>Taeniopterygidae</i>	8	0,037	-4,75	-0,17
<i>Leucridae</i>	4	0,018	-5,79	-0,10
<i>Capniidae</i>	0	0	0	0
<i>Ephemerella</i>	20	0,094	-3,41	-0,32
<i>Leptophlebiidae</i>	0	0	0	0
<i>Baetidae</i>	0	0	0	0
<i>Heptagenidae</i>	4	0,018	-5,79	-0,10
<i>Caenidae</i>	0	0	0	0
<i>Ameletidae</i>	0	0	0	0
<i>Ephemeridae</i>	4	0,018	-5,79	-0,10
<i>Oligoneuridae</i>	8	0,037	-4,75	-0,17
<i>Simulidae</i>	144	0,679	-0,55	-0,37
<i>Blepharceridae</i>	12	0,056	-4,15	-0,23
<i>Syrphidae</i>	0	0	0	0
<i>Osmylidae</i>	0	0	0	0
<i>Hydropsychidae</i>	0	0	0	0
<i>Hydrophilidae</i>	0	0	0	0
<i>Gyrinidae</i>	0	0	0	0
TOTAL	212			1,73

➤ **Station 3 : Dar Essalam 1**

	ni	pi	Log2pi	Pilog2pi
<i>Neumoridae</i>	116	0,088	-3,50	-0,30
<i>Taeniopterygidae</i>	8	0,006	-7,38	-0,04
<i>Leuctridae</i>	0	0	0	0
<i>Capniidae</i>	4	0,003	-8,38	-0,02
<i>Ephemerella</i>	0	0	0	0
<i>Leptophlebiidae</i>	0	0	0	0
<i>Baetidae</i>	12	0,009	-6,79	-0,06
<i>Heptagenidae</i>	0	0	0	0
<i>Caenidae</i>	4	0,003	- 8,38	-0,02
<i>Ameletidae</i>	0	0	0	0
<i>Ephemeridae</i>	84	0,063	-3,98	-0,25
<i>Oligoneuridae</i>	0	0	0	0
<i>Simulidae</i>	1052	0,799	-0,32	-0,25
<i>Blepharceridae</i>	0	0	0	0
<i>Syrphidae</i>	0	0	0	0
<i>Osmylidae</i>	0	0	0	0
<i>Hydropsychidae</i>	28	0,021	-5,57	-0,11
<i>Hydrophilidae</i>	8	0,006	-7,38	-0,04
<i>Gyrinidae</i>	0	0	0	0
TOTAL	1316			1,09

➤ **Station 4 : Dar Essalam 2**

	ni	pi	Log2pi	Pilog2pi
<i>Neumoridae</i>	40	0,109	-3,19	-0,34
<i>Taeniopterygidae</i>	0	0	0	0
<i>Leuctridae</i>	20	0,054	-4,21	-0,22
<i>Capniidae</i>	0	0	0	0
<i>Ephemerella</i>	0	0	0	0
<i>Leptophlebiidae</i>	0	0	0	0
<i>Baetidae</i>	36	0,098	-3,35	-0,32
<i>Heptagenidae</i>	0	0	0	0
<i>Caenidae</i>	0	0	0	0
<i>Ameletidae</i>	8	0,021	-5,57	-0,11
<i>Ephemeridae</i>	0	0	0	0
<i>Oligoneuridae</i>	0	0	0	0
<i>Simulidae</i>	260	0,714	-0,48	-0,34
<i>Blepharceridae</i>	0	0	0	0
<i>Syrphidae</i>	0	0	0	0
<i>Osmylidae</i>	0	0	0	0
<i>Hydropsychidae</i>	0	0	0	0
<i>Hydrophilidae</i>	0	0	0	0
<i>Gyrinidae</i>	0	0	0	0
TOTAL	364			1,33

➤ **Station 5 : Dar Essalam 3**

	ni	pi	Log2pi	Pilog2pi
<i>Neumoridae</i>	24	0,133	-2,91	-0,38
<i>Taeniopterygidae</i>	0	0	0	0
<i>Leuctridae</i>	4	0,022	-5,50	-0,12
<i>Capniidae</i>	4	0,022	-5,50	-0,12
<i>Ephemerellidae</i>	0	0	0	0
<i>Leptophlebiidae</i>	0	0	0	0
<i>Baetidae</i>	12	0,066	-3,92	-0,25
<i>Heptageniidae</i>	12	0,066	-3,92	-0,25
<i>Caenidae</i>	0	0	0	0
<i>Ameletidae</i>	44	0,244	-2,03	-0,49
<i>Ephemeridae</i>	0	0	0	0
<i>Oligoneuriidae</i>	0	0	0	0
<i>Simuliidae</i>	80	0,444	-1,17	-0,51
<i>Blephariceridae</i>	0	0	0	0
<i>Syrphidae</i>	0	0	0	0
<i>Osmylidae</i>	0	0	0	0
<i>Hydropsychidae</i>	0	0	0	0
<i>Hydrophilidae</i>	0	0	0	0
<i>Gyrinidae</i>	0	0	0	0
TOTAL	180			2,12

ملخص

تم إجراء مراقبة بيولوجية لجودة المياه في جداول الحديقة الوطنية القالة باستخدام اللافقاريات القاعية في مارس 2019. وتم استكشاف هذه المحطات الخمسة بين 180 م و 190 م .

تتكون الحيوانات التي تم تحديدها في هذا العمل من 2428 فردا ينتمون إلى 19 عائلة و 6 مجموعات حيوانية (ذبابة مايو, شعريات الأجنحة, متغايرات الأجنحة, غمدية الأجنحة, ذوات الجناحين, اليعسوب, الرخويات, العث و الديدان) ويمثلها أساسا يرقات الحشرات بما في ذلك ذوات الجناحين هي المهيمنة بوضوح .

أظهرت المؤشرات المختلفة المستخدمة مثل مؤشر الثراء والتنوع الخاص بشانون أن التدفقات التي تم مسحها لها تنوع منخفض إلى متوسط.

أما بالنسبة لتقييم النوعية المائية للأنهار باستخدام طريقة IBGN فقد أظهرت تباينًا طفيفًا في نوعية المياه والبيئة المتوسطة إلى الجيدة التي ترجع أساسًا إلى العوامل البيئية.

كلمات البحث : الحيوانات القاعية ، هيكل ، نوعية المياه ,IBGN ,حديقة وطنية القالة

Résumé

Un suivi de la structure du peuplement de macroinvertébrés benthiques et de la qualité biologique des eaux des ruisseaux de PNEK a été réalisé en Mars 2019. pour cela cinq stations ont été prospectées, situées à environ 200 m d'altitude .

La faune recensée dans ce travail se compose de 2428 individus appartenant a 19 familles et 6 groupes taxonomiques (Pléoptères , Ephéméroptères , Diptères , Planipennes ,Coléoptères et Trichoptères) . Elle est représentée essentiellement par des larves d'insectes dont les Diptères sont nettement dominants .

Les différents indicateurs utilisés comme, la richesse spécifiques et l'indice de diversité de Schannon ont montré que les ruisseaux prospectés possèdent une diversité faible à moyenne .

Quant à l'évaluation de la qualité hydrobiologique des cours d'eau par la méthode IBGN a montré une légère variation de la qualité de l'eau et du milieu de moyenne à bonne qui est principalement du aux facteurs du milieu.

Mots clés : faune benthique, structure, qualité de l'eau, ruisseau et PNEK, .

Abstract

A monitoring of the structure of the benthic macroinvertebrate stand and the biological quality of the waters of the PNEK streams was carried out in March 2019 . for this five stations were prospected, located at about 200 m altitude .

The fauna identified in this work consists of 2428 individuals belonging to 19 families and 6 taxonomic groups (Plecoptera, Ephemeroptera, Diptera, Planipennes, Coleoptera and Trichoptera) . It is essentially represented by insect larvae whose Diptera are clearly dominant .

The different indicators used as, Schannon's specific richness and diversity index showed that the streams surveyed have low to medium diversity .

As regards the evaluation of the hydrobiological quality of rivers by the method IBGN showed a slight variation in water quality and medium to good environment that is mainly due to environmental factors .

Key words: benthic fauna, structure, water quality, stream and PNEK, .

