REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Yahia Fares de Médéa

Faculté des sciences

Département des sciences de la nature et de la vie

Mémoire de Master

Spécialité: Ecologie

Thème

Diversité des populations des macro-invertébrés benthiques dulcicoles dans trois stations du parc national de chréa (Oued el mardja, Oued el hamdania et Oued chiffa) ; Aspects faunistiques

Présenté par :

BOUMAZA Malika & RABHI Karima

Soutenu le : 17 /09/2020

Devant le jure examen composé de :

M me CHAOUATI K.	MAA	U.Y.F.M	Présidente
Mr. BELHADJ H.	MCB	U.Y.F.M	Examinateur
Mr. MAATALLAH R.	MCB	U.Y.F.M	Promoteur
Mr. EL FARROUDJI R.	Chef de secteur EL Hamdania PNC		Invité d'honneur

Anne d'université : 2019/ 2020

Remercîment

Tout d abord, nous tenons à remercier Dieu, De nous avoir donné la santé, la volonté et la patience pour mener à terme notre formation de licence et pouvoir réaliser ce travail de recherche. Nous tenons à exprimer nos profonds remerciements à notre encadreur Mr MAATALLAH qui nous a fourni le sujet de ce mémoire et nous a guidés de ses précieux conseils et suggestions, et la confiance qu'il nous a témoignés tout au long de ce travail.

Nous tenons à remercier également toute l'équipe pédagogique de l'université de YAHIA FARES et les intervenants professionnels responsables de notre formation, pour avoir assuré la partie théorique de celle-ci.

Messieurs RIDHA et touts l'équipe du parc national de chréa direction el hamdania , pour l'accorde des entretiens et leurs réponses à nos questions sur la région d'étude et, ainsi que leur expérience personnelle. Ils ont été d'un grand soutien dans l'élaboration de ce mémoire.

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 .

Nos parents, pour leur soutien constant et leurs encouragements.

Dédicace

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère.

A l'homme, mon précieux offre du dieu, qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect : mon cher père mhammed.

A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non âmes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse: mon adorable mère kaltoum.

A mes chère sœurs et frères qui n'ont pas cessée de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études. Que Dieu les protège et leurs offre la chance et le bonheur.

A tous les cousins, les voisins et les amis que j'ai connu jusqu'à maintenant,

Merci pour leurs amours et leurs encouragements.

Sans oublier mon binôme karima pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet

Malika

Dédicace

Je dédie ce modeste travail aux êtres les plus chers :

Nos chers parents ;

Les frères et les sœurs ;

A celui qui m'a indiqué la bonne voie en me rappelant que la volonté fait toujours les grands hommes, mon Père Ahmed.

A celle qui a attendu avec patience les fruits de sa bonne éducation, ma Mère Gheribi Nacera merci pour m'avoir toujours supporté dans mes décisions. Merci pour tout votre amour et votre confiance,

Merci pour tous vos sacrifices pour que vos enfants grandissent et prospèrent .Merci de trimer sans relâche, malgré les péripéties de la vie au bien être de vos enfants.

Karima

Sommaire

Remercîment

Dédicace

Sommaire

Liste des tableaux

Liste des figures

Résumé

Introduction 1

Partie I : Synthèse Bibliographique

Chapitre 1 : les milieux aquatiques d'eau douces..... 3

1. Généralité..... 3
2. Fonctionnement des écosystèmes aquatiques 3
3. Importance écologique dans la conservation de la biodiversité 4
4. Le statut de la biodiversité d'eau douce : 6

Chapitre 2 :Les communautes des macroinvertibres bentiques 7

1. Définition des macro- invertébrés..... 7
2. Taxonomie 7
3. Biodiversité..... 9
   - 3.1. Insectes aquatiques..... 9
   - 3.2. Vers aquatiques 14
   - 3.3. Crustacés 15
   - 3.4. Mollusques 16
4. Biologie et cycle de vie..... 16
5. Diversité des biotopes occupés par les macro-invertébrés 18
6. Les macro-invertébrés benthiques en tant qu'indicateurs de la qualité de l'eau 21
7. Contribution et Importance des invertébrés dans le réseau trophique 23

8. Principaux facteurs d'influence sur les macro-invertébrés 27

Partie II : Site d'étude, matériels et méthodes

Chapitre 3 :Discription de la zone d'etude 27

1. Localisation géographique 27

2. Cadre général du site : 35

3. Climatologie générale 35

3.1 Paramètres climatiques 35

3.1.1. Températures 36

3.1.2. Précipitations 39

3.2. Synthèse bioclimatique 40

3.2.1. Diagramme ombrothermique 41

3.2.2. Climagramme d'Emberger 42

Chapitre 4 :Etudes des macro-invertébrés 44

1. Objectifs méthodologiques 44

2. Échantillonnage des macro-invertébrés benthiques 45

2.1. Généralités et démarche expérimentale 45

2.2. Conditions d'application : 45

2.3. Description générale des stations et Évaluation de l'habitat 48

Station 1 oued el merdja 49

Station 2 : Oued el hamdania 50

Station 3 : oued Chiffa 51

3. Validité de la méthode d'échantillonnage 54

4. Traitement de l'échantillon au laboratoire 58

4.1. Liste de matériel – laboratoire : 58

4.2. Préparation de l'échantillon 58

4.3. Tri et récolte à l' œil nu 58

5. Traitements des données pour l'évaluation de l'intégrité biologique 62

1.1. Liste faunistique 62

1.2. Indices de diversités 62

1.2. Indices de Schannon et Weaver 63

1.2. Indices d' occurrence(constante)..... 64

1.3. Indice de similitude de jaccard..... 65

1.4. Indice Biologique Globale Normalisé (IBGN) 63

Chapitre 5 : Risultats et Discussions..... 70

Conclusion 101

Références bibliographiques

Annexes

Liste des tableaux

Chapitre 2:

Tableau 1: Echelle de tolérance des grands groupes taxonomique. 22

Chapitre 3 :

Tableau 2 : Superficies en hectares et en pourcentages des différentes communes comprises dans le parc national de Chréa..... 28
Tableau 3: Températures mensuelles maximales (M), minimales (m) et (M) Moyennes Du PNC (2004-2016). 36
Tableau 4: Températures moyennes annuelles du PNC (2004-2016). 38
Tableau 5: Les précipitations mensuelles du PNC (1985-2016). 39

Chapitre 4 :

Tableau 6: Calendrier de prélèvement..... 53
Tableau 7: la fiche technique de terrain..... 53

Chapitre 5 :

Tableau 8: Expression de la qualité biologique des coures d'eau (GENIN et *al* , 2003) .. 69
Tableau 9: Liste faunistique 71
Tableau 10: Les variations spatiales de la richesse Spécifique des macro-invertébrés..... 84
Tableau 12: Les variations spatiales de l'indice de la diversité 90
Tableau 13: Valeurs de l'Indice Biologique Global Normalisé au niveau des stations S1, S2 et S3 (Année 2020)..... 93

Tableaux des annexes

Annexe I :

Tableau I :La Fiche technique de la sortie 1
Tableau II : La fiche technique de la sortie 2
Tableau III :La Fiche technique de la sortie 3
Annexe II
Tableau IV :Station (S1) : oued el mardja
Tableau V : Station (S2) :Oued el hamdania
Tableau VI :Station (S3): Oued chiffa

AnnexeIII

Tableau VII: Fréquence d'occurrence des différentes familles de macro-invertébrés échantillonnées dans les retenues de Station S1 : Oued el mardja

Liste des tableaux

Tableau VIII: Fréquence d'occurrence des différentes familles de macro-invertébrés échantillonnées dans les retenues de station S2:Oued el hamdania

Tableau IX: Fréquence d'occurrence des différentes familles de macro-invertébrés échantillonnées dans les retenues de Station S3 : Oued chiffa

Tableau X :Classes d'occurance

AnnexeIV

Tableau XI : Indice de similitude de Jaccard ou Sorensen entre S1 et S2

Tableau XII : Indice de similitude de Jaccard ou Sorensen entre S1 et S3

Tableau XIII : Indice de similitude de Jaccard ou Sorensen entre S1 et S3

AnnexeV:

Tableau XIV : calcule l'indice de Shannon

AnnexeVI

Tableau XV: Détermination de la classe de variété taxinomique

Tableau XVI: Détermination du groupe faunistique indicateur

Liste des figures

Chapitre 1 :

Figure 1: Les fonctionnements des écosystèmes aquatiques 4

Chapitre 2 :

Figure 2: Vue d'ensemble des *Ephéméroptères* (Moisan, 2010) 10
Figure 3: Larve, Nymphe et adulte d'espèce de Chironomidés 11
Figure 4: Vue d'ensemble des *Plécoptères* (Moisan 2010) 12
Figure 5: Vue d'ensemble des *Trichoptères* (Source : Moisan, 2010) 13
Figure 6: Vue d'ensemble des *odonates* (Source : Moisan, 2010) 14
Figure 7: les oligochètes (Sources : Mary 2017). 14
Figure 8: les achètes (sources :Mary 2017) 15
Figure 9: Les crustacés (sources : Mary 2017) 15
Figure 10: Vue d'ensemble des mollusques 16
Figure 11: Cycle bentho-pélagique et holobenthique des espèces macro6benthiques (Bachelet 1987) 17
Figure 12: localisation des communautés des petits habitants des eaux douces 20
Figure 13: Une pyramide écologique au sein d'une rivière selon les ordres de régime alimentaire (d'après Vanden Bossche et al., 2009, modifié) 24

Chapitre 3 :

Figure 14: Carte de situation géographique du Parc national de Chréa (Wilaya de Blida). 27
Figure 15: Carte Hydrogéologique du parc national de Chréa 30
Figure 16: Carte Hydrographique du Parc national de Chréa. 31
Figure 17: carte de végétation du parc nationale de chréa (PNC, 2013) 33
Figure 18 : les faunes de parc national de chréa. 37
Figure 19 :Températures mensuelles maximales (M), minimales (m) et (M) Moyennes de PNC (2004-2016). 37
Figure 20: Photo de l'autoroute chiffa berrouhia par habib kaki2 35
Figure 21: Températures moyennes annuelles du PNC (2004-2016) 38
Figure 22: Les précipitations mensuelles du PNC (1985-2016) 39
Figure 23: Variations interannuelles des précipitations du PNC pour la période 1985-2016 40
Figure 24: Diagramme ombrothermique de GAUSSEN de la zone d'étude PNC. (2004-2016). 41

Figure 25: Situation bioclimatique de la région de PNC-dans le climagramme d'EMBERGER, 1955 43

Chapitre 4 :

Figure 26: Localisation des stations d'études secteur el hamdania par google Earth 48
Figure 27: Echantillonneur de type « surber ». 55
Figure 28: Image réelle de l'utilisation de surber dans le milieu lentique. 55
Figure 29: Un milieu lentique 56
Figure 30: Filet de type troubleau 56
Figure 31: Insecte adulte « Gerridae » 57
Figure 32: Conservation des spicimens 57
Figure 33: Les différentes étapes de partier realiser au laboratoire 59
Figure 34: Les guides utilisé dans l'identification des macro-invertébré 60
Figure 35: Photos prise de l'identification sous la loup binoculaire 61

Chapitre 5 :

Figure 36: La répartition globale des macro-invertébrés des 3 stations en pourcentage(%) 72
Figure 37: L'importance relative de trois classe d' Arthropodes 73
Figure 38: Répartition de l'ensemble des taxons Insectes / non insectes des 3 stations 73
Figure 39: L'importancerelatives des abandances des ordres de la classe insectes 74
Figure 40:Répartition des insectes dans les différentes stations de l'oued el mardja(S1), oued el hamdania(S2) et oued chiffa(S3) 74
Figure 41: Répartition des Diptères dans les différentes stations de l'oued el mardja(S1), oued el hamdania(S2) et oued chiffa(S3) 75
Figure 42: Répartition des Ephéméroptères dans les différentes stations de l'oued el mardja(S1), oued el hamdania(S2) et oued chiffa(S3) 76
Figure 43: Répartition des odonates dans les différentes stations de l'oued el mardja(S1), oued el hamdania (S2) et oued chiffa(S3) 76
Figure 44: Répartition des Trichoptères dans les différentes stations de l'oued el mardja(S1), oued el hamdania(S2) et oued chiffa(S3) 77
Figure 45: Répartition des coléoptères dans les différentes stations de l'oued el mardja(S1), oued el hamdania(S2) et oued chiffa(S3) 78
Figure 46: Répartition des Hétéroptères dans les différentes stations de l'oued el mardja(S1), oued el hamdania(S2) et oued chiffa(S3) 78

Liste des figures

Figure 47: Répartition des Plécoptères dans les différentes stations de l'oued el mardja(S1), oued el hamdania(S2) et oued chiffa(S3) 79
Figure 48: Répartition des Lépidoptères dans les différentes stations de l'oued el mardja(S1), oued el hamdania(S2) et oued chiffa(S3) 79
Figure 49:Importace des abandaces des non insectes 80
Figure 50:Répartition de l'ensemble des non insectes dans les différentes stations de l'oued el mardja(S1), oued el hamdania(S2) et oued chiffa(S3) 80
Figure 51: Répartition des crustacés dans les différentes stations de l'oued el mardja(S1), oued el hamdania(S2) et oued chiffa(S3) 81
Figure 52: Répartition des Mollusques dans les différentes stations de l'oued el mardja(S1), oued el hamdania(S2) et oued chiffa(S3) 81
Figure 53: Répartition des Olégochètes dans les différentes stations de l'oued el mardja(S1), oued el hamdania(S2) et oued chiffa(S3) 82
Figure 54: Répartition des Arachnides dans les différentes stations de l'oued el mardja(S1), oued el hamdania(S2) et oued chiffa(S3) 82
Figure 55: Répartition des Planaires dans les différentes stations de l'oued el mardja(S1), oued el hamdania(S2) et oued chiffa(S3) 83
Figure 56 Répartition des Némathelminthes dans les différentes stations de l'oued el mardja(S1), oued el hamdania(S2) et oued chiffa(S3) 83
Figure 57: Les variations spatiales de la richesse Spécifique des macro-invertébrés. 84
Figure 58: Abondance relative des groupes faunistiques dans la station S1(oued el mardja) 86
Figure 59: Abondance relative des groupes faunistiques dans la station S2(oued el hamdania) 86
Figure 60: Abondance relative des groupes faunistiques dans la station S3(oued chiffa) .. 87
Figure 61: La répartition des classe d'occurrence dans les trois stations (S1,S2et S3)..... 88
Figure 62: Évolution spatiale des indices de diversité et d'équitabilité des macro-invertébrés des stations S1, S2et S3 90
Figure 63: Les pourcentages de l'indice de similitude de jaccard entre les stations 90
Figure 64: Qualité des cours d'eau étudiés (IBGN) 95

Abstract

This work focuses on the structure and diversity of benthic macro-invertebrates in the national park of chreà.

Benthic macro-invertebrates were sampled according to the Standard Global Biological Index (IBGN) protocol at three (03) stations (v.el mardja , v.el hamdania ,v.chiffa). The structure of benthic communities has been studied using Shannon and Piélou indices.

The results show that the macro-invertebrates harvested (1345 individuals) belong to 41 families and 14 orders. This macro fauna consists insects, worms and mollusks.

The families of *Diptera* and *Ephéméroptera* are the most frequent and the most abundant. The values of the Shannon and Piélou indices obtained were low. The distribution of macro-invertebrates was strongly influenced by altitude and depth. The preponderance of the three families of polluo-resistant macro-invertebrates (chironomidae,…) reveals indicates the poor water quality of the water. Similarly, the indices of diversity and equitability indicate that the macro-invertebrate community of our stations is very unbalanced. These results lay the foundation for any biomonitoring action of the ecological water quality of those valleys.

Keywords :

IBGN , Pollution, macroinvertebrates, biodiversity, PNC

Résumer :

Ce travail se concentre sur la structure et la diversité des macro-invertébrés benthiques dans le parc national de chreà.

Les macro-invertébrés benthiques ont été échantillonnés selon le protocole d'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN) à trois (03) stations (v.el mardja, v.el hamdania, v.chiffa). La structure des communautés benthiques a été étudiée à l'aide des indices de Shannon et Piélou.

Les résultats montrent que les macro-invertébrés récoltés (1345 individus) appartiennent à 41 familles et 14 ordres. Cette macrofaune est constituée d'insectes, de vers et de mollusques.

Les familles de Diptères et d'Ephéméroptères sont les plus fréquentes et les plus abondantes. Les valeurs des indices de Shannon et Piélou obtenues étaient faibles. La distribution des macro-invertébrés étaient fortement influencés par l'altitude et la profondeur. La prépondérance des trois familles des macro-invertébrés résistants aux polluants (chironomidae,...) indique mauvaise qualité de l'eau. De même, les indices de diversité et d'équité indiquent que la communauté de macro-invertébrés de nos stations est très déséquilibrée. Ces résultats jettent les bases de toute action de bio surveillance de la qualité écologique de l'eau de cette vallée.

Mots clés :

IBGN , Pollution, macro-invertébrés, biodiversité, PNC

ملخص:

يركز هذا العمل على بنية وتنوع اللافقاريات القاعية في متنزه الشيريعة الوطني.

تم أخذ عينات من اللافقاريات القاعية وفقًا لبروتوكول المؤشر البيولوجي العالمي القياسي (م ب ع ق)

في ثلاث (03) محطات (واد المرجة ، واد الحمدانية ، واد الشفة). تمت دراسة بنية المجتمعات القاعية باستخدام مؤشرات شانون وبييلو.

أظهرت النتائج أن اللافقاريات الكبيرة المحصودة (1345 فردًا) تنتمي إلى 41 عائلة و 14 رتبة. تتكون هذه الحيوانات الكبيرة من الحشرات والديدان والرخويات.

عائلات الذباب وثلاثية الارجل هي الأكثر تكرارا والأكثر وفرة في جميع المحطات. كانت قيم مؤشري شانون وبييلو التي تم الحصول عليها منخفضة. توزيع اللافقاريات الكبيرة تأثر بشدة بالارتفاع والعمق.

غلبة العائلات الثلاث من اللافقاريات الكبيرة المقاومة للتلوث يكشف (chironomidae...) سوء نوعية المياه وبالمثل ، تشير مؤشرات التنوع والإنصاف أن مجتمع اللافقاريات الكبيرة في محطاتنا غير متوازن للغاية. تضع هذه النتائج الأساس لأي إجراء رصد حيوي لنوعية المياه البيئية لتلك الوديان.

الكلمات المفتاحية :

التلوث. م ب ع م . اللافقاريات القاعية .متنزه شريعة الوطني. التنوع الحيوي

Introduction

Introduction

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 populations 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).

En Algérie et dans sa partie Nord plus particulièrement, 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 des eaux et le suivi des impacts des activités anthropiques sur les cours d'eau font généralement appel à la mesure de paramètres physico-chimiques et éco toxicologiques de l'eau et du sédiment. Cette approche a montré leur utilité mais aussi a ses limites (Beyene et al., 2009).

Les méthodes biologiques, comme les indices basés sur la macrofaune invertébrée, constitue selon Foto Menbohan (2013) la seule voie valable pour l'appréciation générale de la qualité des systèmes et donc des effets réels de la pollution, la notion d'intégrité ou santé des écosystèmes nécessite de prendre en compte simultanément les paramètres chimiques, physiques et biologiques (Colas et al., 2014).

Les macro-invertébrés benthiques étant le groupe d'organismes le plus souvent utilisé en bio surveillance des cours d'eau à et faisant partie des tests éco toxicologiques les plus couramment utilisés.

Les macro-invertébrés benthiques sont considérés comme de très bons indicateurs biologiques En effet, ils sont relativement sédentaires, abondants et relativement faciles à collecter. Leurs communautés sont capables de présenter un gradient caractéristique de réponses selon l'intensité et la nature du stress. De plus, leur durée de vie est suffisamment longue et elles sont taxonomiquement très hétérogènes et diversifiées.

En outre, leur sensibilité est variable et différenciée face aux différents types de polluants (Moisan et al., 2008) et leurs réactions sont généralement rapides pour fournir un enregistrement intégré de la qualité environnementale.

D'où la nécessité d'étudier les macro-invertébrés benthiques afin de les utiliser comme outil d'évaluation de la qualité des eaux.

L'objectif de ce travail était donc d'étudier la diversité taxonomique et la structure de la macrofaune benthique du réseau hydrographique du bassin versant de oued chiffa et d'évaluer la qualité écologique de ses eaux en utilisant différentes méthodes d'évaluation de l'état de santé des écosystemes aquatiques et en s'appuyant sur les macroinvertebres comme modèle biologique d'étude.

Le manuscrit que nous proposons s'organise de la façon suivante :

• Le chapitre1 expose des généralités sur les milieux aquatiques d'eau douce

• Le chapitre 2 décrit quelques informations les communautés des macro-invertébrés benthiques.

•Le chapitre 3 aborde la plan d'étude et stations de référence
• Le chapitre 4 décrit les méthodologies d'étude des macro-invertébrés et les matériels utilisées dans cette étude.

• Le chapitre 5 permet de discuter l'ensemble des résultats obtenus.

Enfin, une conclusion esquissée à partir des résultats et des analyses ponctue ce mémoire.

Partie I :

Synthèse Bibliographique

Chapitre 1 :
Les milieux aquatiques d'eau douce

Chapitre 1 : Les milieux aquatique d'eau douce

1. Généralité

Le milieu aquatique comprend des cours d'eau douce (rivières, lacs et ruisseaux) fournissant l'habitat au poisson, aux communautés benthiques et à d'autres espèces aquatiques. Il est établi comme une composante valorisée de l'environnement (CVE) vu son importance dans le soutien des organismes aquatiques d'eau douce, que ressource halieutique, et source alimentaire pour d'autres organismes (oiseaux ou mammifères), et parce qu'il fournit des possibilités récréatives, et vu l'importance de tous ces aspects pour le public, les intervenants et les communautés autochtones.

Le milieu aquatique est protégé par la *Loi sur les pêches* et d'autres lois et lignes directrices fédérales et provinciales qui visent à protéger ou réglementer l'utilisation du milieu aquatique et des espèces qu'il nourrit (Stantec, 2012a).

Les écosystèmes d'eau douce occupent moins de 1 % de la planète, et pourtant ils font partie des écosystèmes les plus variés et les plus menacés au monde (Strayer et Dudgeon 2010).lorsqu'ils peuvent toutefois être dégradés par les pollutions ou par les aménagements (barrages, digues, chenal de navigation, extraction de sables et graviers…), conduisant à l'altération voire la perte des fonctionnalités et services cités précédemment (ONEMA, 2012).

2. Fonctionnement des écosystèmes aquatiques

Un écosystème aquatique est un ensemble d'organismes interdépendants qui dépendent également de leur milieu aquatique pour les éléments nutritifs qui s'y trouvent (p. ex., l'azote et le phosphore) et l'abri qu'il leur procure.

On distingue trois grands groupes d'acteurs dans ces écosystèmes qui participent à la chaîne alimentaire (ONEMA, 2012):

Les plantes aquatiques et les algues, à partir de la photosynthèse (énergie du soleil) et des sels minéraux, sont des producteurs de matières primaires végétales : feuilles, tiges, fleurs...

Les consommateurs qui se nourrissent de ces matières végétales sont essentiellement les animaux aquatiques, comprenant des espèces extrêmement variées, allant des micro-organismes aux poissons. Ils se nourrissent de plantes (consommateurs primaires) ou d'autres animaux (consommateurs secondaires).

Ces transferts s'effectuent au sein de la chaîne alimentaire : les organismes herbivores, mangés par les organismes carnivores (ou consommateurs secondaires), peuvent être mangés à leur tour par des consommateurs tertiaires, etc.

Les décomposeurs, comme les bactéries et les champignons, dégradent ces matières organiques. Ils les transforment en sels minéraux servant à nouveau aux végétaux. Ainsi le cycle est bouclé.

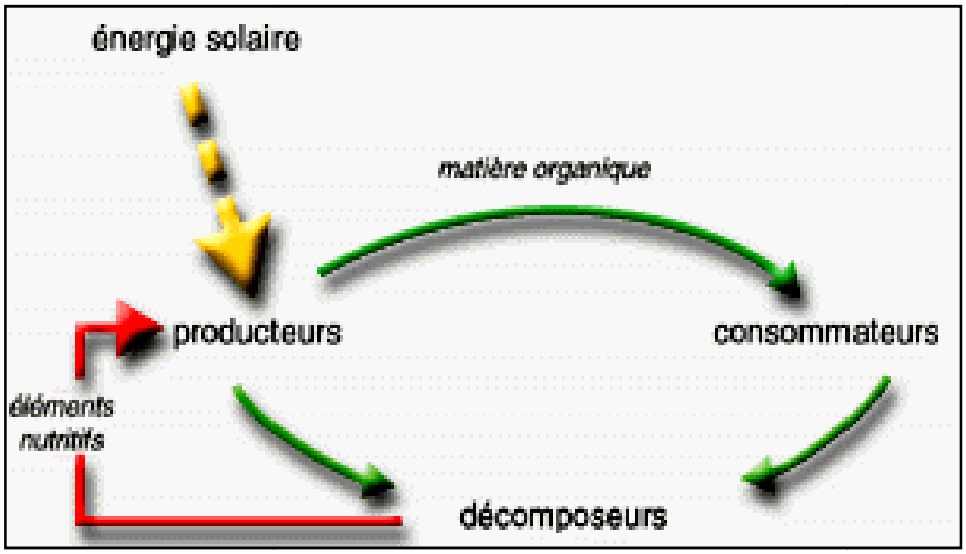


Figure 1: Les fonctionnements des écosystèmes aquatiques

(over-blog, 2011)

3. Importance écologique dans la conservation de la biodiversité

❖ Les écosystèmes aquatiques renferment habituellement une grande variété de formes de vie, notamment les bactéries, les champignons et les protozoaires, les organismes vivant dans le fond des cours d'eau (larves d'insectes, escargots, vers, etc.), les plantes et les animaux microscopiques vivant en suspension dans l'eau et connus sous le nom de plancton les grosses plantes (quenouilles, joncs, parnassies, roseaux, etc.), ainsi que les poissons, les amphibiens, les reptiles et les oiseaux. Les virus font aussi partie intégrante de l'écologie microbienne des eaux naturelles : on a récemment démontré qu'ils jouent un rôle important dans les cycles des éléments nutritifs et de l'énergie.

La composition de ces ensembles d'organismes varie d'un écosystème à l'autre car les conditions d'habitat particulières à chacun d'eux tendent à influer sur la distribution des espèces. Ainsi les eaux de nombreux cours d'eau, contrairement à celles des lacs, sont

riches en oxygène et leur écoulement est rapide. Les espèces adaptées à ces conditions particulières sont rares ou même inexistantes dans les eaux calmes des lacs et des étangs.

- La variabilité génétique des populations naturelles est la condition première de leur survie à long terme, puisque d'elle dépend leur capacité d'adaptation à des conditions changeantes. (Barbault, 1993)

- Si la variabilité génétique est, pour toute espèce, une assurance pour parer à l'imprévu, on peut dire que la diversité des espèces, et donc celle des écosystèmes, devrait être considérée dans les mêmes termes par l'homme, pour ses propres besoins connus ou à venir (Barbault , 1993).

De fait, à l'heure ou l'on parle beaucoup de changements climatiques ou planétaires, à l'heure où l'utilisation des sols et des milieux est profondément affectée par les besoins des hommes, on ne peut douter que changent les conditions de l'environnement dans les décennies à venir. Pour remédier à ces changements ou les contrôler, pour mieux gérer à notre convenance et d'une façon durable les systèmes biologiques dont nous dépendons, il faudra pouvoir disposer de toute la diversité des compétences écologiques qui existent dans la nature : gènes, complexes de gènes ; espèces, complexes d'espèces ; écosystèmes et paysages. Oui, la diversité biologique est bien un patrimoine précieux qu'il nous faut apprendre à conserver et à gérer(Barbault , 1993).

- La diversité des écosystèmes et des paysages assure et régule les grands cycles biogéochimiques (eau, carbone, azote, phosphore...) essentiels au fonctionnement de la planète et à ses équilibres climatiques (Barbault , 1993).

Cependant, il faut reconnaître que nos connaissances sur ce dernier point sont largement insuffisantes : la signification précise de la biodiversité pour le fonctionnement des écosystèmes et de la biosphère est encore largement inconnue, au-delà de la fonction particulière de certaines espèces dans des processus majeurs comme la production primaire, la nitrification, la fixation d'azote, etc. (Schulze et Mooney, 1993)

4. Le statut de la biodiversité d'eau douce :

Depuis des centaines d'années, les êtres humains drainent, remblaient et transforment les zones humides intérieures, à un point tel que la perte de ces écosystèmes au XXe siècle a été estimée à 69–75 % (Davidson 2014). Il existe peu d'informations sur les zones humides inondées de manière éphémère ou par intermittence, comme dans le cas des prairies inondables et des zones arides et semi-arides à faible dépression (Davidson 2014). Il n'existe pas non plus d'évaluation mondiale de l'état de santé des zones humides existant encore (Davidson 2014), même s'il est probable qu'un grand nombre d'entre elles soient aujourd'hui fortement dégradées. Étant donné qu'un dixième de toutes les espèces animales vivent en eau douce (Poff *et al.* 2012), , cette perte considérable d'habitat est une préoccupation importante pour l'atteinte des objectifs visant à mettre un terme à l'extinction courante des espèces. Plus de 29 % des 25 007 espèces d'eau douce évaluées dans la Liste rouge des espèces menacées de l'UICNTM (« Liste rouge de l'UICN ») (www.iucnredlist.org) sont menacées d'extinction au niveau mondial (UICN 2013).

L'une des plus grandes menaces pesant sur les espèces d'eau douce est donc la perte ou la dégradation des habitats (Collen *et al.* 2014 ; Garcia-Moreno *et al.* 2014), et le bassin méditerranéen n'échappe pas à la règle. La situation de la Méditerranée à l'égard des écosystèmes d'eau douce est particulièrement préoccupante en raison de la grande diversité des espèces endémiques soumises à une pression grandissante due au captage excessif de l'eau, à la propagation des espèces envahissantes et à la pollution.

Les précédentes évaluations ont indiqué que plus de la moitié des poissons d'eau douce endémiques de la région, plus d'un tiers de tous les crabes et écrevisses, et près d'un tiers des amphibiens sont menacés (Cuttelod *et al.* 2008). Un cinquième de toutes les libellules méditerranéennes (Riservato *et al.* 2009 ; Samraoui *et al.* 2010) sont aussi menacées et la situation des mollusques d'eau douce méditerranéens est peu encourageante avec près de la moitié de toutes les espèces menacées en Europe (Cuttelod *et al.* 2011). Par conséquent, la protection des habitats par l'intermédiaire d'actions de conservation à l'échelle des sites, tels que les aires protégées, peut représenter un outil puissant pour contribuer à empêcher la perte d'espèces (Darwall et al. 2015).

Chapitre 2 :

Les communautés des Macro-invertébrés benthiques

Chapitre 2 : Les Communautés des macro-invertébrés benthiques

1. Définition et étymologie des macro- invertébrés

Les macro-invertébrés benthiques d'eau douce ou macro-invertébrés dulcicoles font partie du benthos, c'est à dire qu'ils vivent au fond des ruisseaux, des lacs, et des marais. Leur habitat est fait de matière submergée comme de la litière, des branches, des débris de bois et des algues. (Cummins, 1975)

Les macro invertébrés aquatiques sont des organismes qui vivent dans l'eau, qui sont visibles à l'oeil nu sans jutilisation d'un microscope (macro) et qui n'ont pas de squelette interne (invertébrés) (Carmen et *al.,* 20 15). Ils regroupent des insectes (larves, nymphes ou adultes), des crustacés, des mollusques, des vers et autres invertébrés, fixés sur un substrat ou non, dont une partie au moins du cycle de vie est aquatique (Usseglio-Polatera et *a!., 2009).*

Les principaux ordres appartenant à cette catégorie d'organismes sont les suivants:

Ephéméroptères, Plécoptères, Trichoptères, Diptères, Coléoptères, Mégaloptères, Hémiptères, Odonates et Lépidoptères (Gagnon et Pedneau, 2006).

2. Taxonomie

Au niveau des eaux continentales, les macroinvertébrés benthiques représentent l'un des groupes faunistiques ayant une grande diversité et une répartition géographique assez diversifiée (Neveu, 2001) .Et sont regroupés en différents groupes taxonomiques (embranchement, classe, ordre, famille, genre) en fonction de leurs caractéristiques phénotypiques (apparence), génétiques ou de leur sensibilité à certains facteurs de l'environnement (pollution, température, etc.). En fonction du stade de l'individu (œuf, larve, nymphe, insecte adulte), les individus peuvent être aquatiques ou aérien en raison de l'évolution de leur régime alimentaire ou de la nature spécifique du substrat de reproduction. (www.cheran.fr *)*

On peut présenter quelques notions de classification (**taxonomie**) des animaux utiles pour la compréhension. Voici donc les principaux niveaux de classification (Moisan 2010):

Règne• (animal)

Embranchement, ou phylum• (arthropodes, mollusques, annélides…)

Classe• (insectes, crustacés, arachnides…)

Sous-classe•

Ordre• (éphéméroptères, coléoptères, trichoptères…)

Sous-ordre•

Super-famille• (Hydrophiloidea)

Famille• (Ephemerellidae, Elmidae, Goeridae…)

Sous-famille•

Genre• (*Sialis*)

Espèce•

Sous-espèce•

Les niveaux d'identification supérieurs à la super-famille seront en français et les autres niveaux, en latin.

La classification utilisée provient de D. G. Smith (2001) pour les non-insectes et de Merritt R. W. et Cummins K. W. (1996) pour les insectes.

3. Biodiversité

3.1. Insectes aquatiques

Selon Tachet et al. (2000), les insectes sont essentiellement terrestre au stade adulte et se développe au stade larvaire en eau douce pour la plupart. Certains ordres sont toutefois entièrement aquatiques. On distingue un groupe à métamorphoses graduelles (Hémimétaboles) constitué d'Hémiptères, Odonates, Plécoptères et Ephéméroptères dont les fourreaux alaires se développent progressivement à chaque mue et un groupe à métamorphose complète (Holométaboles) composé de Diptères, Trichoptères, Mégaloptères, Coléoptères et Lépidoptères (Pyralidés).

Le corps d'un insecte comprend fondamentalement :

- **Une tête** portant une paire d'antennes, les yeux (oeil composé et ocelles chez les larves et adultes d'hétérométaboles et chez les hémimétaboles).

-**Un thorax** constitué de trois segments portant chacun fondamentalement une paire de pattes articulées et chez l'adulte généralement deux ailes.

-**Un abdomen** de 11 segments ne portant pas d'appendice articulé (excepté une paire de prolongement tels que les cerques.

Parmi les 27 ordres d'insectes connus**, 12** possèdent des représentants ayant au moins une phase de leur développement adaptée à la vie aquatique (Elouard, 1981).

Ordre des Ephéméroptères

Les Ephéméroptères sont presque totalement aquatiques. D'après Demoulin (1981), la longévité de l'adulte terrestre est très courte (de quelques minutes à quelques heures et exceptionnellement une semaine). Les oeufs sont déposés dans l'eau ou sur des objets submergés et l'éclosion a lieu quelques semaines plus tard. Le nombre de mues est toutefois considérable (20 à 40).

Quelques espèces vivent à l'état nymphal pendant plus de deux ans. Les larves des Ephéméroptères sont hétérométaboles et se distinguent essentiellement par leurs 3 cerques (Figure 2), plus rarement 2 et leurs branchies présentes sur l'abdomen et non sur le thorax.

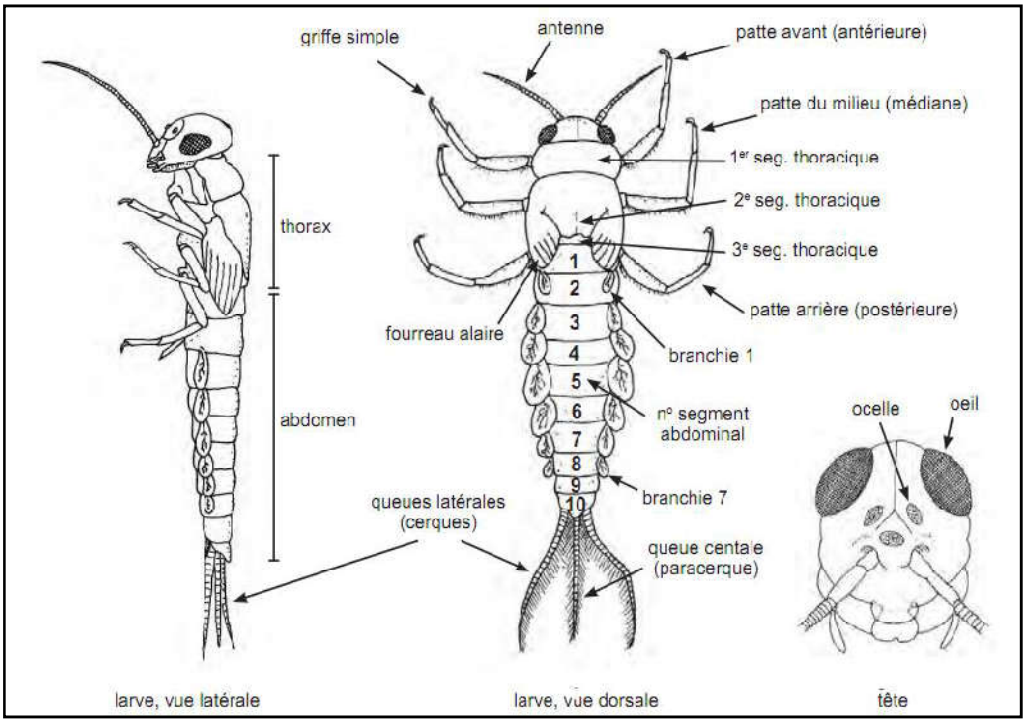


Figure 2: Vue d'ensemble des *Ephéméroptères* (Moisan, 2010)

Ordres des Diptères

Johannsen (1977) rapporte que les Diptères constituent avec les Coléoptères le groupe des ordres d'insectes les plus variés en espèces et abondants dans le monde. La plupart des diptères sont terrestres. Seules quelques familles sont adaptées à la vie aquatique aux stades larvaire et nymphal. (Moisan 2010). En fonction des espèces, les stades larvaires (3 à 4 mues) aquatiques durent plusieurs semaines à près de 2 ans. La plupart des espèces ont une période de ponte par an, certains en ont deux. La plupart des larves ont une respiration cutanée ou branchiale (Johannsen 1977).

Parmi les diptères aquatiques, par exemple, les Chironomidés aquatiques sont un groupe d'un grand intérêt pour l'hydrologie (Vergon et Bourgeois, 1993).se peuvent trouver sous trois stades différents (Figure 3) :

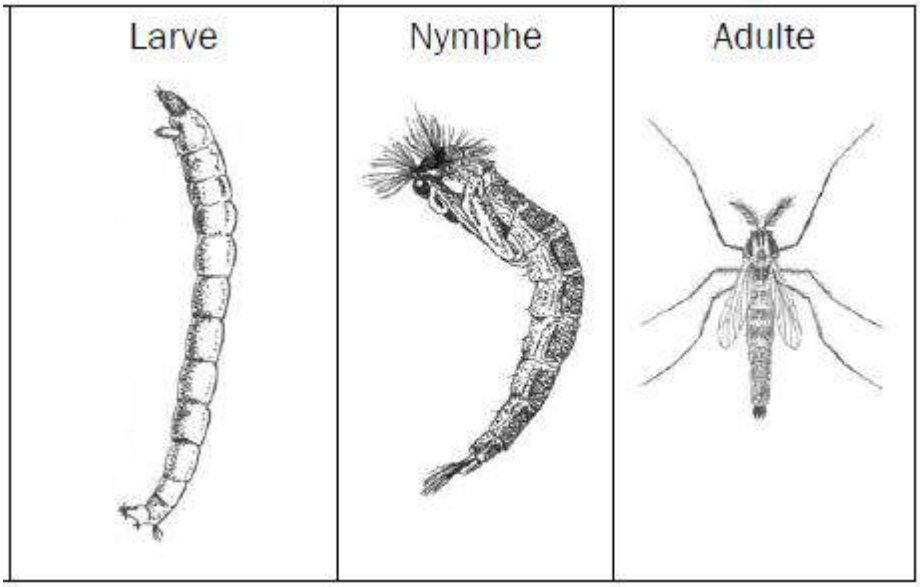


Figure 3: Larve, Nymphe et adulte d'espèce de Chironomidés

(Déjoux et al., 1981).

Ordre des Plécoptères

Les plécoptères appartiennent à un ordre d'insectes dont les larves sont exclusivement aquatiques et principalement associées aux eaux fraîches et propres (Figure 4). Les plécoptères ont deux queues (cerques), alors que les éphéméroptères en ont trois et rarement deux. Les antennes sont multisegmentées et beaucoup plus longues que la tête (Moisan 2010).

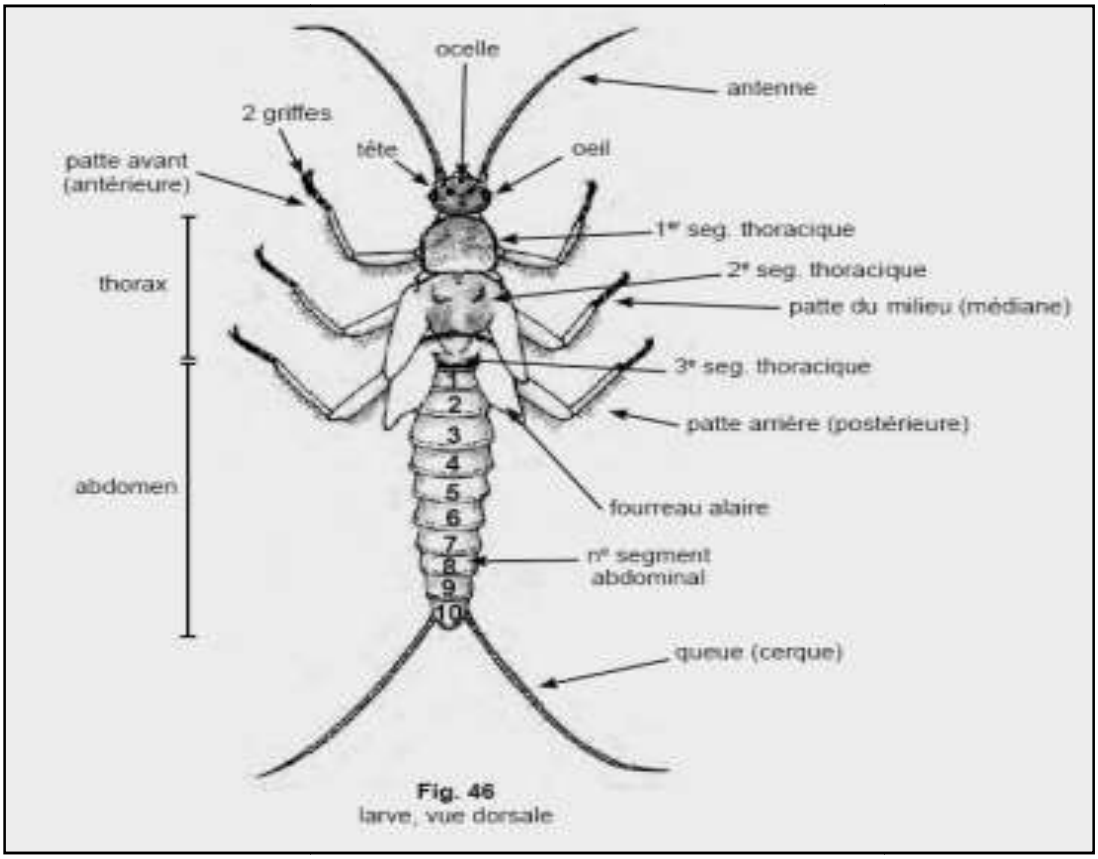


Figure 4: Vue d'ensemble des *Plécoptères* (Moisan 2010)

Ordres Trichoptères

Les Trichoptères sont des Insectes Holométaboles à larves et nymphes aquatiques et adultes aériens. Les cohortes d'adultes de Trichoptères émergent pendant les périodes les plus chaudes de l'année. Les œufs fécondés sont déposés sur des substrats immergés et se développent de 1 à 3 semaines. Les larves de la plupart des espèces construisent des fourreaux (Figure 5) avec des particules du substrat en sable, graviers ou feuilles (Rousseau, 1921). De façon générale, les trichoptères sont sensibles à la pollution. La famille des Hydropsychidae a cependant une tolérance moyenne à la pollution (Moisan 2010).

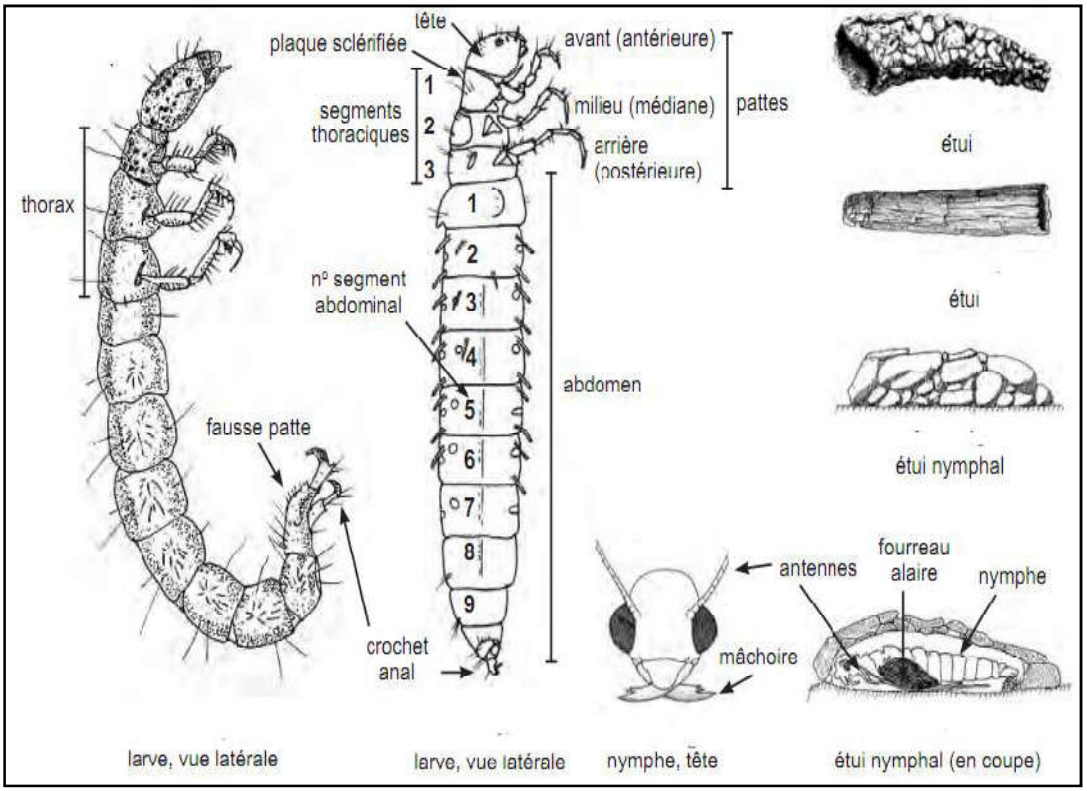


Figure 5: Vue d'ensemble des *Trichoptères* (Source : Moisan, 2010)

Ordre des odonates

Les odonates (libellules et demoiselles) appartiennent à un ordre d'insectes dont les larves sont exclusivement aquatiques (Moisan 2010).

Leur principale caractéristique est indéniablement la lèvre inférieure (labium), qui est transformée en masque rétractable servant à capturer les proies. Elles possèdent également de gros yeux(Figure 6). Elles préfèrent les eaux calmes et sont souvent associées à la végétation. Le bout de l'abdomen permet de différencier les deux sous-ordres. Leur tolérance à la pollution est moyenne. (Moisan 2010)

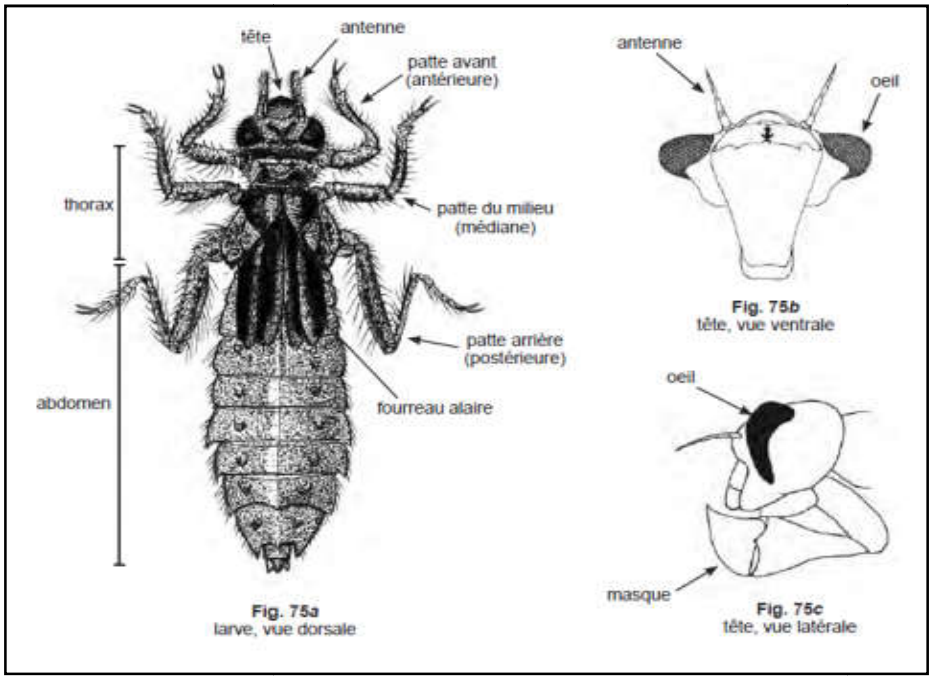


Figure 6: Vue d'ensemble des *odonates* (Source : Moisan, 2010)

3.2. Vers aquatiques

Ordres des annélides

Les Annélides, ou vers segmentés, sont représentés par plusieurs sous-classes dont les Achètes et les Oligochètes (Mary 2017).

Les oligochètes

Les Oligochètes sont des vers ciliés hermaphrodites(Figure 7). Ils vivent sur ou dans les substrats de tous les milieux aquatiques (eaux courantes et eaux stagnantes, y compris les lacs et ruisseaux oligotrophes). Ils se nourrissent en ingérant de la boue d'où ils extraient des algues, des diatomées, des bactéries ou des débris organiques (Mary 2017).



Figure 7: les oligochètes (Sources : Mary 2017).

Les achète

Les Achètes, ou sangsues, se caractérisent par un corps dépourvu de soie(Figure 8), et sur leur face ventrale, par une ventouse antérieure où s'ouvre la bouche et une ventouse postérieure. (Mary 2017)



Figure 8: les achètes (sources : Mary , 2017)

3.3. Crustacés

Les crustacés vivant en eau douce possèdent un minimum de cinq paires de pattes articulées (exception faite des ostracodes) (Figure 9) ainsi que deux paires d'antennes (Moisan 2010)



Figure 9: Les crustacés (Mary, 2017)

3.4. Mollusques

Les Mollusques d'eau douce sont conchylifères, c'est-à-dire qu'ils portent une coquille calcaire (Mary 2017). Les différentes familles peuvent être déterminées uniquement avec la forme de la coquille (Ellis, 1978) (figur10).

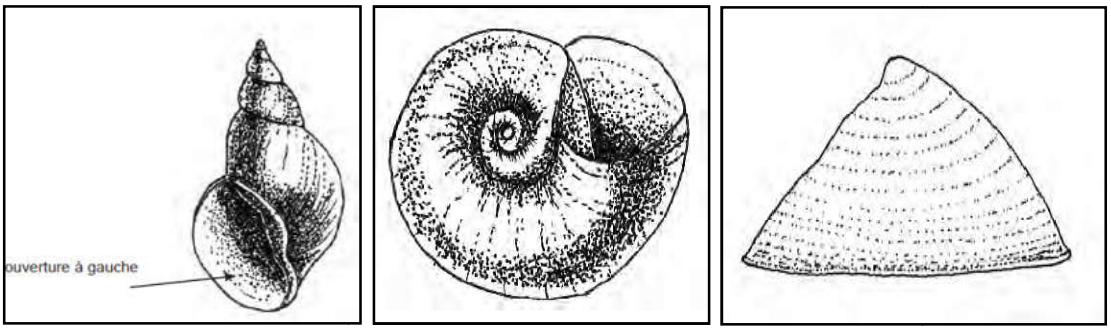


Figure 10: Vue d'ensemble des mollusques

(*Physidae ,Planorbidae, Ancylidae*)

4. Biologie et cycle de vie

Soixante-dix pour cent(70%) des espèces macro-benthiques présentent un cycle de vie bentho-pélagique, composé d'une phase larvaire planctonique, d'une phase dite de recrutement des larves pendant laquelle elles se sédentarisent et subissent une métamorphose, puis d'une phase adulte benthique variant de plusieurs mois à plusieurs années au cours de laquelle croissance et maturation des benthontes assurent la pérennité des espèces (Figure 11). (Bachelet 1987)

La phase larvaire réduit la compétition avec les adultes (espace, ressource) et assure aux espèces macrobenthiques des capacités de dispersion et de colonisation de nouveaux habitats. Cependant, cette phase est caractérisée par une mortalité larvaire importante. (Bachelet 1987)

Dans le cas des espèces à cycle holo-benthique (Figure 11), la phase larvaire n'existe pas. Les individus réalisent l'intégralité de leur cycle dans ou sur le sédiment et le développement direct des individus assure une faible mortalité mais limite les brassages génétiques. (Bachelet 1987)

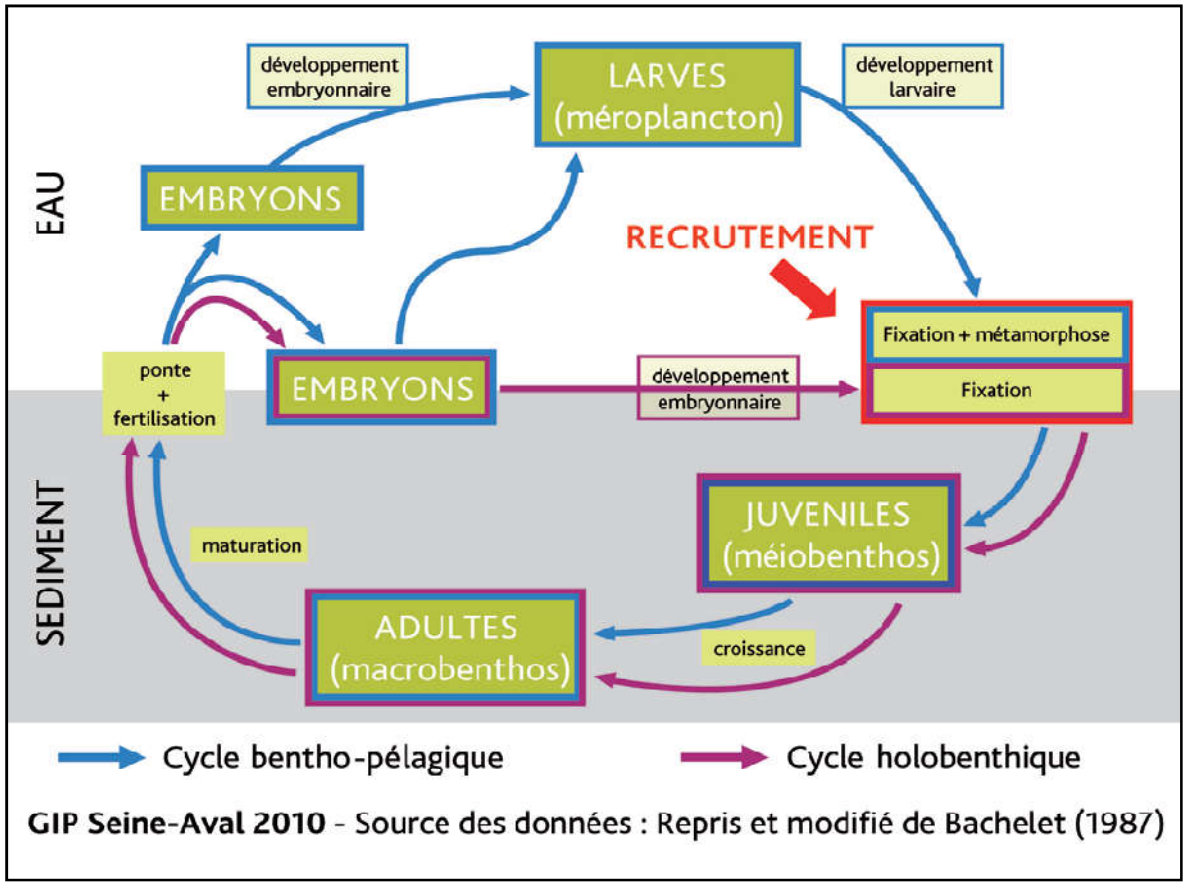


Figure 11: Cycle bentho-pélagique et holobenthique des espèces macro6benthiques (Bachelet 1987).

5. Diversité des biotopes occupés par les macro-invertébrés

Tout écosystème aquatique sain abrite de multiples organismes animaux dont l'habitat varie selon que l'eau est courante (ruisseau, rivière, fleuve) ou calme (mare, étang, lac).

La répartition des macro-invertébrés dépend de plusieurs paramètres physico chimiques (profondeur, débit, topographie, nature du substrat, teneur en MO, O_2 dissous ....)

Parmi ces paramètres ; la topographie a une grande influence sur la micro distribution: il y a d'abord la zone littorale peu profonde, une zone sublittoral un peu plus profonde et la zone profonde, qui correspond au fond du lac (Mouthon, 1993). La zone littorale est la plus diversifiée et formée de macroinvertébrés épibenthiques (gastéropodes, larves d'éphémères et de trichoptères…).

La zone sublittorale est une zone de changements : de la température, de l'oxygène, de la répartition des algues, c'est donc une zone où la densité de macroinvertébrés se réduit.

Enfin la zone profonde est peu diversifiée et regroupe surtout des larves de chironomes et des oligochètes de petite taille. Certains organismes effectuent des migrations entre la zone profonde et la zone littorale, la zone profonde étant utilisée comme refuge pour l'hibernation et la zone littorale pour la reproduction.

On note que la zonation, dans le sédiment, des organismes fouisseurs dépend de leur propre comportement. En effet, l'activité des larves de chironomes et des oligochètes peut aller jusqu'à 50 cm de profondeur (en période d'hivernage) alors qu'elle est à 10 cm de profondeur en période d'alimentation.

Dans une rivière, la répartition des macro-invertébrés dépend surtout de la vitesse du courant, de la granulométrie du substrat, de la quantité de lumière incidente, de la transparence des eaux et de l'enrichissement en nutriments (Moisan et Pelletier, 2008).

Donc, La disponibilité et la diversité des biotopes sont un facteur majeur qui détermine la présence de ces organismes dans une rivière et peut contribuer à la variation de la composition de la communauté (Dallas, 2007).

Les différents biotopes aquatiques comprennent les éléments d'habitats suivants : végétation macrophytique, pierres, gravier, sable et boue :

Les biotopes fournis par la végétation qui comprend la végétation marginale et aquatique et toute la végétation qui peut fournir un habitat aux macro-invertébrés (Thirion, 2007). Les macro-invertébrés associés à ce biotope comprennent des familles telles que les *Nepidae, les Belostomatidae, les Coenagrionidae, les Dytiscidae, les Lymnaeidae et les Planorbidae.*

Le biotope des pierres comprend toutes les surfaces dures, dans et hors du courant. Les taxa associés à ce biotope et à d'autres semblables comprennent entre autres *les Simuliidae. Les Aeshnidae, les Chlorocyphidae, les Elmidae, les Potamonautidae et les Hirudinea* (Thirion, 2007). Autre travaux de Vanden Bossche J.P.et all en 2009, montre que les invertébrés selon leurs modes de vie et d'alimentation peuvent être occupent différents habitats présents dans le fond de la rivière. On ne trouvera donc pas les mêmes sous les pierres, sur les pierres, dans les graviers, dans la vase (voie la figure 12).

Le biotope Gravier, Sable et Boue comprend une combinaison de petits grains de gravier, de sable et de boue (Thirion, 2007). Les macroinvertébrés associés à ce biotope comprennent, entre autres. *Les Oligochaeta, les Corbiculidae, les Tipulidae et les Chironomidae* (Thirion, 2007).

En ce qui concerne particulièrement la boue (le benthos), Tachet et al. (2000), distinguent**:**

-**Les macro-invertébrés épibenthiques**, qui vivent à l'interface entre J'eau et le sédiment, tels que les larves *d'Insectes, les Isopodes et les Mollusques.*

-Les macro-invertébrés suprabenthiques, qui vivent au contact du sédiment mais qui peuvent aussi devenir pélagiques en se déplaçant dans l'eau (exemple d'organismes: larves de *Diptères et Crustacés, Amphipodes*) .

- **Les macro-invertébrés endobenthiques**, qui sont des organismes fouisseurs tels que tes *Oligochètes, les Nématodes et les larves de Chironomes.*

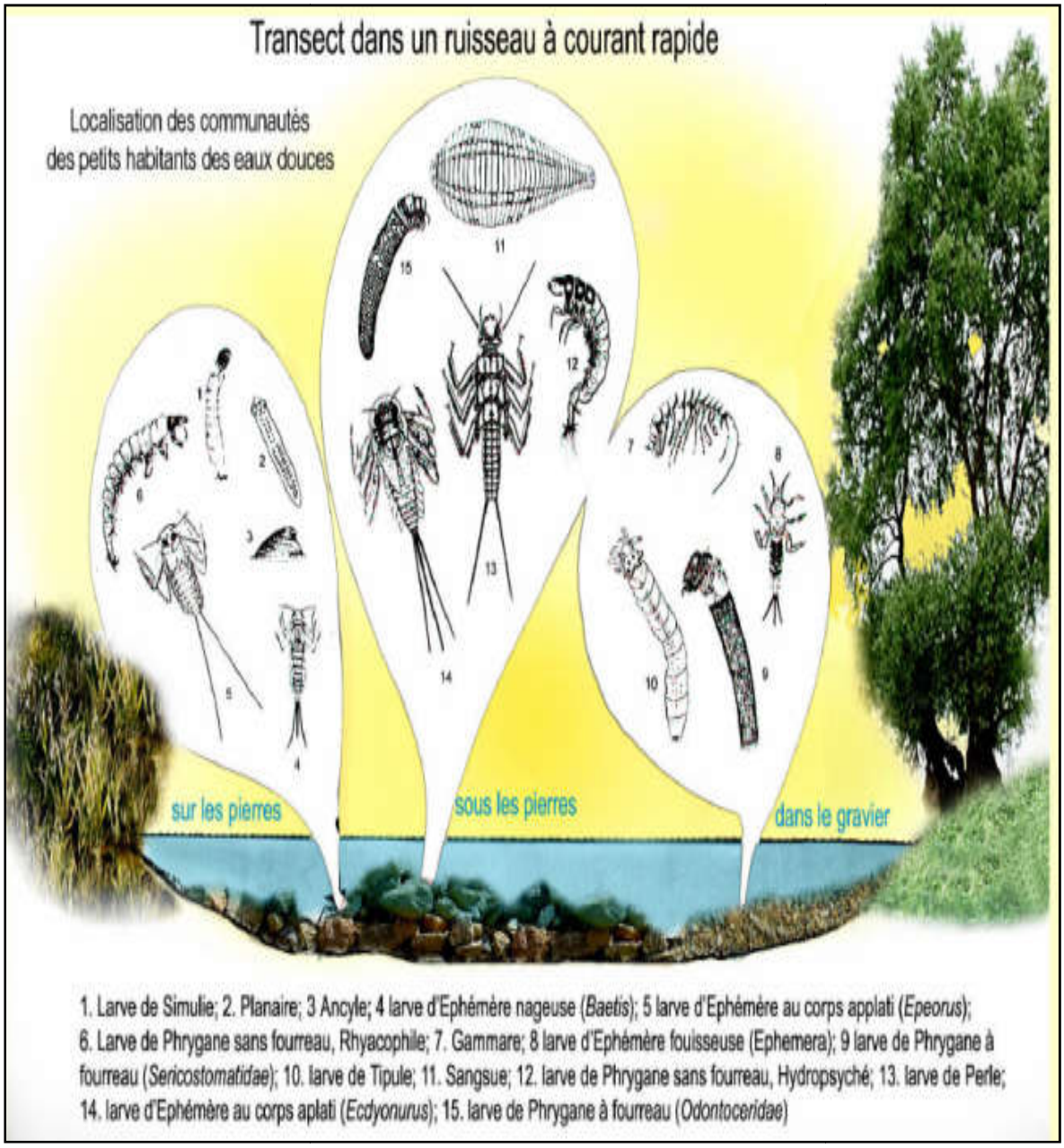


Figure 12: localisation des communautés des petits habitants des eaux douces

(Vanden Bossche J.P.et all, 2009)

6. Les macro-invertébrés benthiques en tant qu'indicateurs de la qualité de l'eau

Bélanger (2009) définit la bioindication comme l'évaluation de la qualité des milieux à l'aide de bioindicateurs c'est-à-dire d'organismes vivants connus pour leurs capacités à refléter l'état des écosystèmes et à identifier les problèmes et les risques encourus par ceux-ci. Neveu (2001) estiment qu'un bon indicateur biologique devrait :

- Etre déterminable facilement grâce à sa taille et aux connaissances faunistiques.
- Etre échantillonnable facilement, si possible quantitativement, à un coût limité.
- Avoir une répartition géographique large pour être généralisable
- Avoir une autoécologie connue, c'est-à-dire le niveau individuel de sensibilité et/ou de tolérance des espèces.
- Etre un bio-accumulateur des toxiques pour des analyses.
- Etre facile à élever pour des tests.
- Etre peu variable sur le plan génétique.

Pour ces mêmes auteurs, les macro-invertébrés benthiques semblent remplir ces critères. Ces organismes sont considérés comme d'excellents indicateurs de la qualité des écosystèmes aquatiques en raison de leur sédentarité, de leur cycle de vie varié, de leur grande diversité et de leur tolérance variable à la pollution et à la dégradation de l'habitat (Moisan et Pelletier, 2008). Ils permettent également d'évaluer l'état de santé global des écosystèmes aquatiques (Barbour et al., 1999).

Ce sont, dans la plupart des cas, des organismes abondants, faciles à collecter. Ils intègrent les effets cumulatifs et synergiques à court terme (allant jusqu'à quelques années) des multiples perturbations physiques (modifications de l'habitat), biologiques et chimiques dans les cours d'eau (Moisan et Pelletier, 2008). Ils sont abondants dans la plupart des rivières et faciles à récolter. De plus, leur prélèvement a peu d'effets nuisibles sur le biote résident (Barbour et al., 1999).

Concernent les échelles de tolérance des macro- invertébrés benthiques (voire tableau 1) 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 macro-invertébrés benthiques tolérants. (Moisan, 2010)

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. (Moisan, 2010)

Ils intègrent les effets cumulatifs et synergiques à court terme (allant jusqu'à quelques années) des multiples perturbations physiques (modifications de l'habitat), biologiques et chimiques dans les cours d'eau. Ils sont abondants dans la plupart des rivières et faciles à récolter. De plus, leur prélèvement a peu d'effets nuisibles sur le biote résident (Barbour *et al.*, 1999).

Tableau 1: Echelle de tolérance des grands groupes taxonomique : (Moisan 2010).

Groupes taxonomiques	**Échelle de tolérance**
Éphéméroptères	Sensible
Trichoptères	Sensible
Plécoptères	Sensible
Crustacés (amphipodes, isopodes)	Moyen
Mollusques (gastéropodes, bivalves)	Moyen
Odonates (anisoptères, zygoptères)	Moyen
Coléoptères	Moyen
Hémiptères	Moyen
Coléoptères	Moyen
Lépidoptères	Moyen
Hydracariens	Moyen
Mégaloptères	Moyen
Diptères (sauf chironomides)	Moyen
Crustacés (lsopodes, Amphipodes, Ostracodes, Cladocères, Copépodes)	Tolérant
Mollusques (Gastéropodes sans opercule)	Tolérant
Diptères (chironomides)	Tolérant
Annélides (oligochètes, sangsues)	Tolérant

7. Contribution et Importance des invertébrés dans le réseau trophique

Les macro-invertébrés benthiques constituent un important maillon de la chaîne alimentaire des milieux aquatiques, puisqu'ils constituent une source de nourriture primaire pour plusieurs espèces de poissons, d'amphibiens et d'oiseaux (Moisan et Pelletier,2008).Certains macro invertébrés (Insectes par exemple) permettent de décomposer les feuilles des arbres tombées dans l'eau en éléments plus fins facilitant ainsi l'action de dégradation des microorganismes (Tachet et *al.,* 2000).

Donc, les macro-invertébrés jouent ainsi un rôle fondamental dans la transformation organique et la distribution du carbone au sein des différents maillons du réseau trophique (Webster et Benfield, 1986 ; Suberkropp, 1998 ; Gessner et al. 1999). Dans ce dernier cas, pour comprendre le rôle que joueraient les macro-invertébrés benthiques dans les processus éco systémiques 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 et Klug, 1979).

Les macro- invertébrés ont un régime alimentaire très varié : bactéries, détritus, algues, micro-benthos et macro-benthos. On peut considérer que l'écosystème rivière s'organise en une pyramide à cinq niveaux (Vanden Bossche et al., 2009)(voir la figure 13):

Niveau 0 : celui des détritivores: bactéries et champignons (= décomposeurs) participent à la libération de nutriments à partir des organismes morts (feuilles, animaux) et larves de certains insectes;

Niveau 1 : celui des végétaux aquatiques (plantes à fleurs, algues diatomées,...) qui se développent à partir des nutriments libérés: ce sont des producteurs primaires.

Niveau 2 : celui des consommateurs de premier ordre:
-animaux filtreurs tels que des larves de *simulie* (3), d '*Hydropsyche* (4);
-animaux brouteurs de végétaux vivants (Ancyle (1), larves d'*éphémères* plates Epeorus (2) qui vivent à la surface des pierres), larve d'*éphémère* fouisseuse (5), larve de *trichoptère* à fourreau (6), *gammare* (7), larve de *tipule* (8): détritivores qui découpent en petits fragments les végétaux morts dont ils se nourrissent.

Niveau 3 : celui des consommateurs de second ordre qui, eux, sont carnivores: - *Planaire* (9), -*Trichoptère Rhyacophila* (10), -*Perle* (11),-*sangsue* (12).

Niveau 4 : au sommet de la pyramide, par exemple la *truite Fario* (14), qui se nourrit de consommateurs de premier et second ordre.

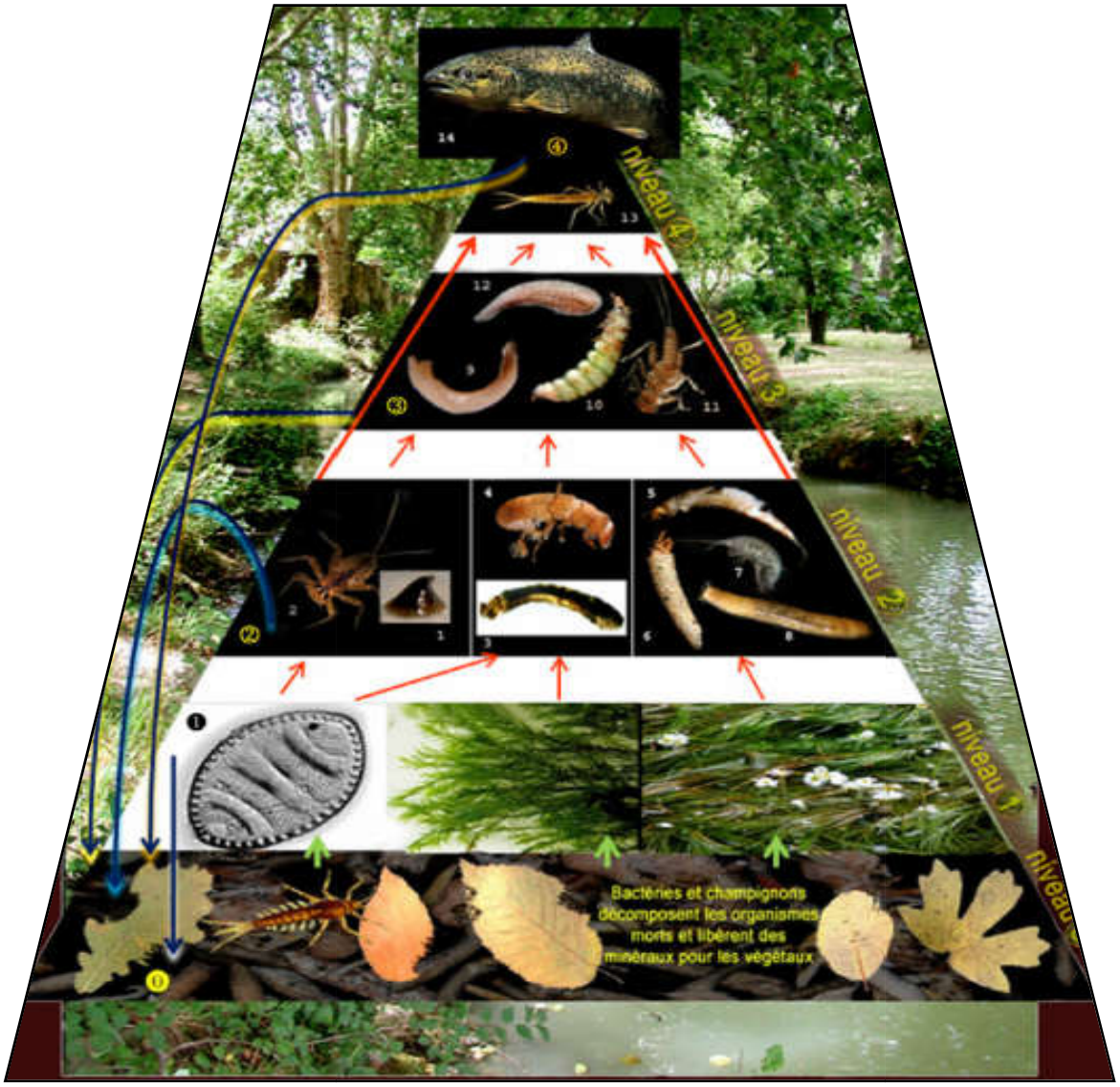


Figure 14: Une pyramide écologique au sein d'une rivière selon les ordres de régime alimentaire (d'après Vanden Bossche et al., 2009, modifié)

8. Principaux facteurs d'influence sur les macro-invertébrés

Les macro- invertébrées benthiques sont fortement affectés par la modification de leur habitat, la présence de matière organique, ainsi que la qualité et la diversité du fond des cours d'eau (Worl Wildife Fund.2007, Boissonneault. 2005). Par exemple, certains substrats tels que le sable et la vase, peu accueillants pour nombre d'espèces seront pourtant l'habitat de prédilection des chironomes et des vers (Worl Wildife Fund .2007).

La diversité des macro-invertébrés dépend de la fonctionnalité écologique des bandes riveraines et de la morphologie des cours d'eau, ceux-ci doivent s'écouler librement, présenter des débits réguliers et disposer de berges naturelles. De ce fait, la diversité spécifique sera plus faible dans les cours d'eau anthropisés (Worl Wildife Fund,2007).

Ensuite, comme ils vivent à la surface des rochers et au fond de l'eau, les macroinvertébrés benthiques sont grandement exposés aux hydrocarbures sédimentés (Sullivan et Jacque 2003). Néanmoins, le niveau de sensibilité des différentes espèces est variable. En effet, plusieurs études ont démontré que les crustacés, particulièrement les amphipodes et les copépodes, sont très sensibles aux hydrocarbures, tandis que les polychètes et les nématodes sont beaucoup plus résistants (Amiard et Amiard-Triquet 2008). De ce fait, la composition de certaines communautés macro-benthiques est influencée par la pollution des hydrocarbures.

Par ailleurs, la présence de polluants organiques toxiques a des impacts notables sur plusieurs macro-invertébrés benthiques. Ils sont également sensibles à la teneur en oxygène des eaux (Worl Wildife Fund, 2007, Boissonneault. 2005). De ce fait, la surabondance de nutriments peut nuire à leur survie puisqu'elle engendre l'eutrophisation des milieux aquatiques ce qui provoque la création de zones anoxiques.

Partie II :

Site d’étude, matériels et méthodes

Chapitre 3 :

La description de la zone d’étude

3. Localisation géographique

Situé à 5O km au sud-ouest d'Alger, le Parc National de Chréa s'étend en écharpe sur 26 585 ha le long des parties centrales de la chaîne de l'Atlas Tellien, comprises entre les latitudes Nord 36°19' / 36°30', et les longitudes Est 2°38' / 3°02(Figure14).

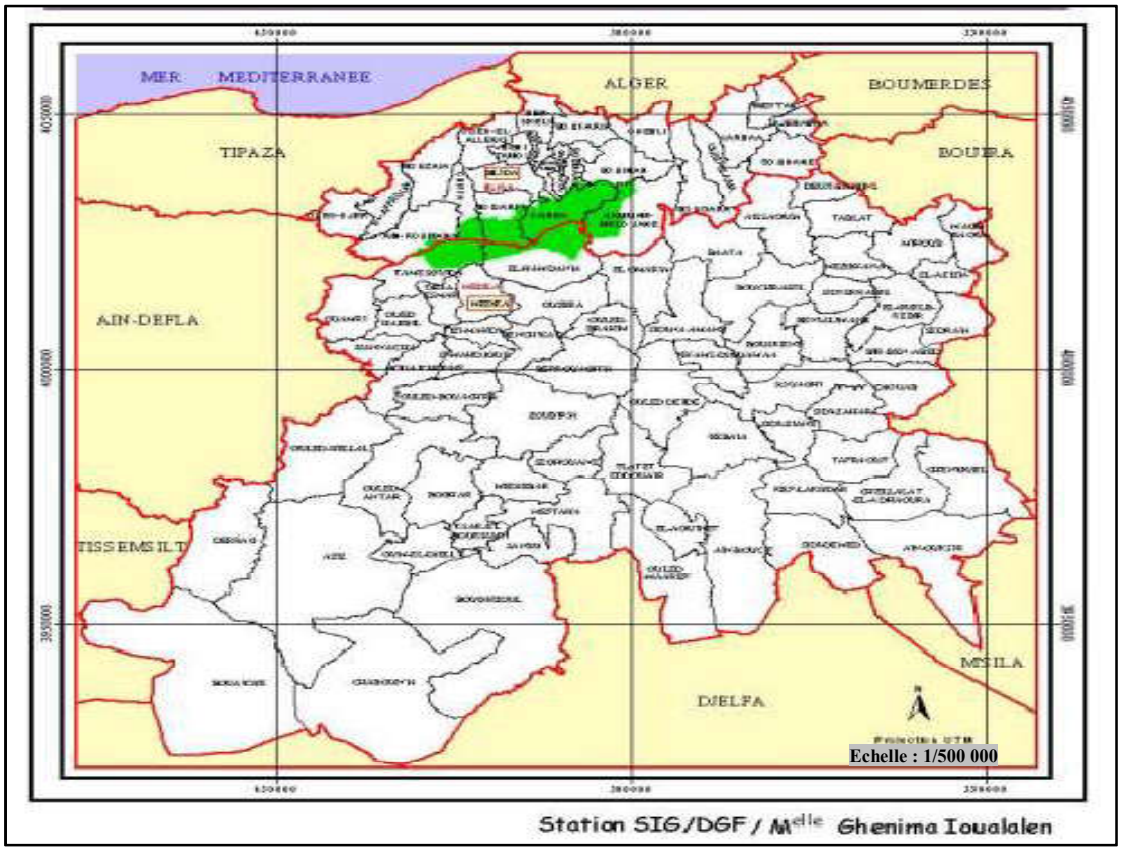


Figure 15: Carte de situation géographique du Parc national de Chréa (Wilaya de Blida).

Administrativement, le parc de Chréa chevauche plusieurs wilayas à savoir : Blida avec 17857 ha (67.1 % de la surface totale), Médéa avec 8650 ha (32, 6 %) et Ain Défla avec 80 ha (0.3 %).

Tableau 2 : Superficies en hectares et en pourcentages des différentes communes comprises dans le parc national de Chréa *(*Revue Agrobiologia 2015; N°7, 05-14)

Communes	Superficie	%	% Wilaya
Ain romana	336 ha	*1,26%*	*67,1%* (BLIDA)
Chiffa	1225 ha	*4,61%*	
Bouarfa	3343 ha	*12,57%*	
Blida	84ha	*0,32%*	
Chréa	7602ha	*28,59%*	
Ouled yaich	56ha	*0,21%*	
Soumâa	273ha	*1,03%*	
Bouinan	174ha	*174ha*	
Hammam Melouane	4764ha	*17,92%*	
Totalde la wilaya	**17857ha**	*67,1*	
Tamezguida	4100 ha	*15,42%*	*32,6%*(MEDEA)
El Hamdania	4550ha	*17,2%*	
Totalde la wilaya	**8650ha**	***32,62%***	
26507 ha	100%		100%

2. Cadre général du site :

2.1. Historique et création

C'est en 1912, sous l'impulsion de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord que fût projetée l'idée de création du Parc National de Chréa.

Le 03 Septembre 1925, le Parc National de Chréa est constitué par arrêté gouvernemental pris en application de l'arrêté général du 17 Février 1921 fixant le statut type des Parcs Nationaux en Algérie. Il renfermait alors l'ensemble de la forêt de Cèdre, couvrant prés de 1351 ha.

En application du décret n° 83 - 458 du 23.07. 83, portant statut-type des Parcs Nationaux en Algérie, le Parc national de Chréa est de nouveau crée par décret n° 83-461 du 23.07.83. Il porte sur une superficie de 26.507 ha dégagée d'après une étude réalisée par le Bureau National des Etudes Forestières.

Le but de sa création est la conservation de la nature et des sites remarquables et de ses ressources naturelles contre toute atteinte et dégradation.

En plus du rôle vital qu'il joue pour le secteur de l'Algérois en tant que réservoir d'eau pour les grandes villes du centre, il offre un intérêt pour la conservation des écosystèmes rare et menacés de l'Atlas du nord.

2.2. Milieu physique et biologique

- **Milieu physique**

1. Le patrimoine géologique

1.1. Les ensembles morphologiques

Le Parc National de Chréa appartient au massif de Blida, représentant la zone externe de la chaîne alpine en Algérie. Il se situe au sud des massifs anciens Kabyles, et des massifs du Chenoua et de Bouzahréah, dont il est séparé par le synclinal plio-quaternaire de la Mitidja. Ce massif a subi de violents mouvements orographiques, datant de la partie de l'ère tertiaire. C'est ce qui explique son aspect très mouvementé au niveau de sa partie centrale. Il se compose essentiellement de schistes sur ses versants Nord.

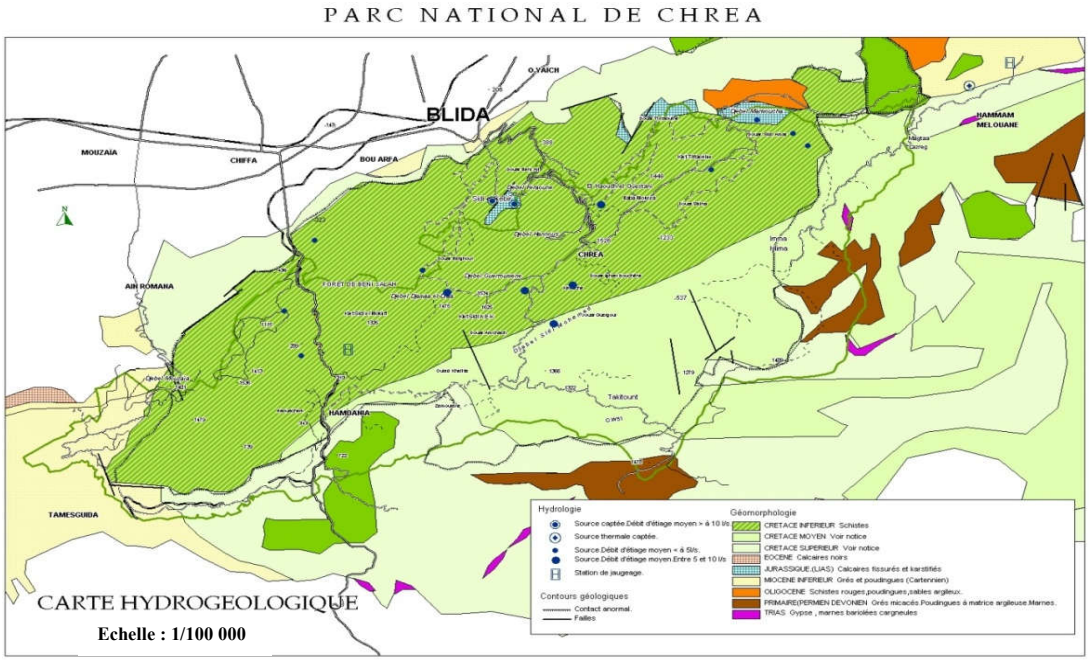


Figure 16: Carte Hydrogéologique du parc national de Chréa. .

(PGC ,2015-2019)

1.2. Hydrographie

Le Parc national de Chréa présente de par sa position géographique, une potentialité hydrique important. C'est une zone très arrosée : 1000 mm de précipitations sur les sommets et les zones d'altitude du versant nord, et autour de 900 mm pour la majorité des stations (Figure 16).

La composante hydrographique de ce territoire est divisée en deux grandes parties appartenant aux deux bassins versants des oueds El Harrach et Mazafran.

À l'Est le bassin versant de l'Oued El Harrach s'étendant sur 12.450 ha, À l'Ouest le bassin versant de l'Oued Mazafran s'étendant sur 14.137 ha.

Les eaux du parc liées au bassin versant de l'oued El Harrach sont principalement drainées par oued Maktaa (dont les principaux affluents sont oued Kerrache, oued Tamda, oued Edhib, oued Taberbout, oued Isselsel, et oued Boussaad), et oued Boumaâne (drainant les eaux situées au sud de cette partie). L'oued Boumaâne constitue la limite sud-est du parc. Les eaux déversées par l'oued Chiffa dans l'oued Mazafran, forment une plus grande étendue et regroupent plusieurs zones.

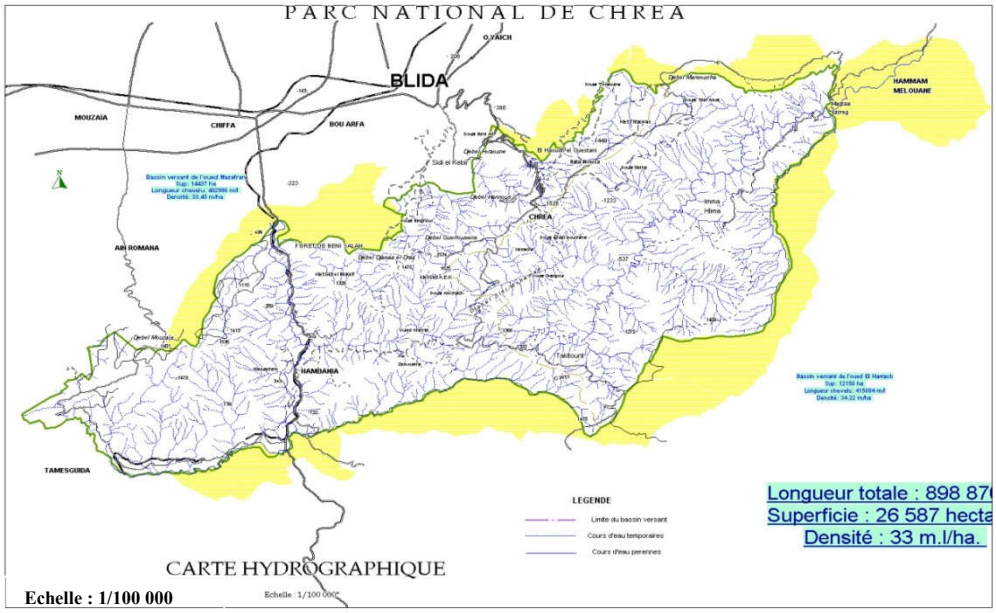


Figure 17: Carte Hydrographique du Parc national de Chréa.

(PGC ,2015-2019)

La zone Nord: Drainée essentiellement par oued el Kébir qui se déverse dans l'oued Chiffa .

La zone Sud: Les eaux situées à l'Est de l'oued Chiffa constituent l'origine de l'oued Merdja, principal collecteur des eaux de la région. Elles sont déversées dans l'oued Chiffa .

La zone de l'extrême Ouest: Une grande partie de ses eaux proviennent en grande majorité du massif de Mouzaia, à travers oued El Kébir, oued Sidi Bouabdellah, et oued Erha.

- **Milieu biologique**

Le parc national de Chréa est biogéographiquement un lieu ou Co-évaluent deux ambiances climatiques engendrant, l'une sous l'influence maritime et l'autre sous l'influence présaharienne, une distribution végétative très diversifiée répartie dans l'espace du parc selon une zonation altitudinale. Aussi cette végétation est à la base de la répartition d'une diversité animale.

1. La flore

Au parc national de Chréa sont recensés divers écosystèmes naturels montagneux ; maquis, matorrals, pelouses, lacustre, forêts, et différentes ripisylves. A leur niveau s'exerce une multitude de processus écologiques. Ces habitats naturels jouent un rôle prépondérant dans la vie de nombreuses espèces biologiques par le nourrissage, le refuge et la reproduction. .(PNC ,2010)

En effet, l'inventaire 2010 a révélé une liste qui dépasserait les 1600 espèces animale et végétale.ils sont répartis à travers les écosystèmes diversifiés, caractérisant le parc national de Chréa, présenté par Habitat à cèdre de l'Atlas ; Habitat à chêne vert ; Habitat à chêne liège ; Habitat à chêne Zeen ; Habitat à pin d'Alep ; Habitat à thuya de Berberie et Habitat à ripisylves(Figure 18).

L'analyse floristique du tapis végétal, ayant permis de mettre en évidence les différents groupes végétaux en fonction des situations écologiques particulières et anthropiques, révèle une flore très diversifiée à travers ses étages bioclimatiques allant de l'humide au nord vers le semi aride au sud.

Les derniers inventaires floristique ont permis de recenser environs 950 taxons de rang d'espèces et sous-espèces. Ce qui représente 34,52% de la richesse floristique nationale.ils se répartissent dans les différentes formations végétales qui sont les habitats vitaux nécessaires à leur substance ; 878 de ces espèces sont des végétaux autotrophes et le reste est représentés par les lichens et les champignons.la flore du parc national de Chréa est également caractérisée par sa valeur patrimoniale représentée, entre autres, par son taux d'endémisme. A cet effet, une cinquantaine d'espèces, d'après QUEZEL ET SANTA est concernée, celle-ci peut être endémique à la méditerranée, au nord africain, au Maghreb, à l'Algérie ou encore à l'Atlas Blidéen.les espèces protégées, par décret, sont au nombre de 15 dont 6 espèces sont des arbres tels que le Cèdre de l'Atlas, les deux sorbiers et l'if et 5 sont des orchidées. .(PNC ,2010)

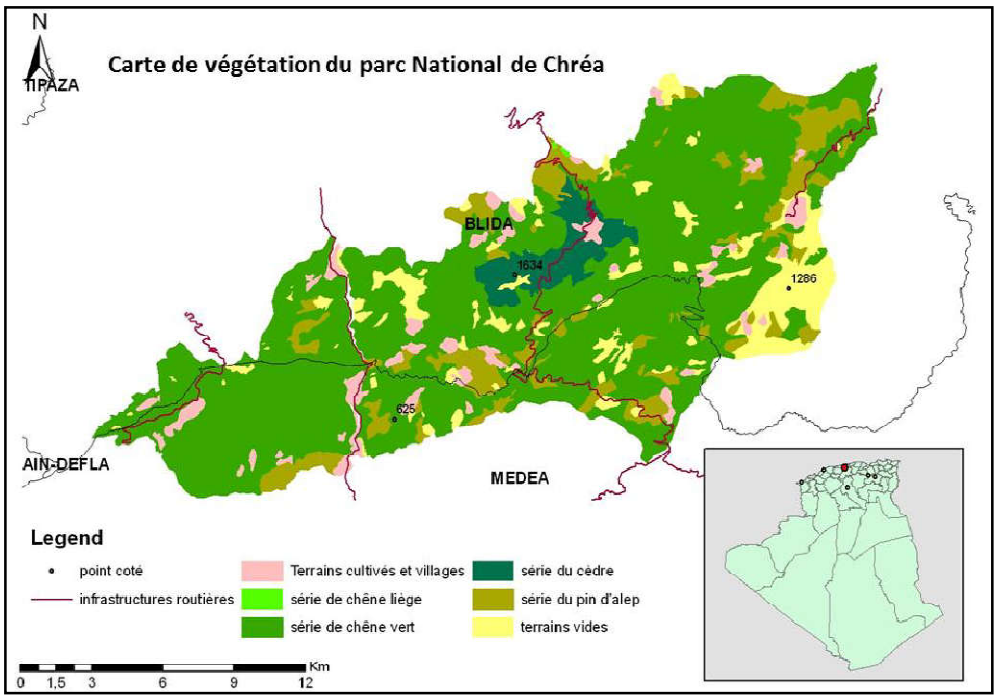


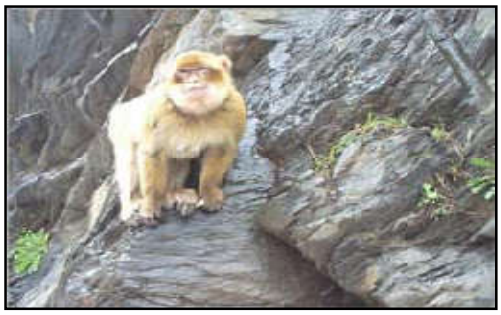
Figure 19: carte de végétation du parc nationale de chréa (PNC, 2013)

2. La faune

Le Parc National de Chréa abrite plus de 100 espèces d'oiseaux et une vingtaine d'espèces de mammifères. Parmi les mammifères les plus connus, nous citons: le singe magot, la genette, le lynx, l'Hyène rayé, la mangouste, le Porc-épic, le Chacal doré, le renard, le Sanglier. La loutre et la belette demeurent des espèces rares et/ ou en régression.

Les rapaces espèces sont surtout représentés par: l'aigle royal, l'aigle de bonelli, le faucon pèlerin, le vautour fauve, le percnoptère d'Égypte.

Nous rencontrons aussi dans ces lieux d'autres vertébrés tels que les lézards et les amphibiens.



Le singe magot



Le Sanglier



L'aigle royal



Le faucon pèlerin



Les lézards



Les amphibiens.

Figure 19: les faunes de parc national de chréa

3. Activités l'anthropiques :

Projet d'autoroute Nord- sud : Les Monts d'El-Hamdania, qui font partie du parc naturel de Chréa, ont subis d'importantes transformations, engendrées par les travaux de terrassement et creusement, réalisés sur une portion de 21 km de route(fig.20). Pour but réduire l'impact écologique du projet d'autoroute Nord-Sud et favoriser la revégétalisation de ce site naturel et selon la publication de Services de presse algériens en 2019. La direction de Médéa a été déjà faite une décision d'entamer un plan de préservation des Monts d'El-Hamdania (nord de Médéa), traversés par des portions du projet d'autoroute Nord-Sud.



Figure20 : Photo de l'autoroute chiffa berrouaghia par habib kaki 2, sur Flickr

3. Climatologie générale

3.1 Paramètres climatiques

Le climat est la composante directe déterminante de la distribution des organismes vivants et le facteur primordial influant l'activité des biocénoses.

Il est impératif de signaler que les données climatiques utilisées dans cette étude relèvent de la période 1985-2016 pour la pluviosité et de la période 2004-2016 pour la température.

Pour notre zone d'étude choisie nous avons réalisé des extrapolations à partir des données de la station météorologique de référence respective. Ces extrapolations sont faites comme suit:

Pour ce qui est des températures, une élévation d'altitude de 100 m, les températures maximales (M) décroissent de 0,7 °C, les températures minimales (m) décroissent de 0,4

°C et les températures moyennes décroissent de 0,55 °C (Seltzer, 1946)**.** Mais si on a une diminution d'altitude ces températures augmentent avec les mêmes chiffres mentionnées.

Concernant les précipitations, d'après **Seltzer** (1946) et Djebaili (1984) le gradient pluviométrique-altitudinale stipule une augmentation de 20mm de précipitations pour une élévation de 100m d'altitude pour l'Atlas Tellien d'Oranie, les Hautes Plaines, l'Atlas Saharien et le Sahara.

3.1.1. Températures

La température est l'un des éléments importants pour la caractérisation du climat **(Ramade, 1984 ; Dajoz, 1985).**

3.1.1.1. Températures moyennes mensuelles

Les températures de la zone d'étude collectées durant la période allant de 1985 à 2016 sont récapitulées dans le Tableau 3, elles éprouvent d'énormes balancements au cours des mois de l'année.

Tableau 3: Températures mensuelles maximales (M), minimales (m) et (M) Moyennes Du PNC (2004-2016).

mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
M (°C)	1.7	1.8	4	6.5	10.3	14.7	18.8	17.9	14.4	11.8	5	3.1
T.moy(°C)	5.45	5.3	8.7	11.6	16.3	20.9	25.1	24.2	20	16.7	8.7	5.8
M(°C)	**9.2**	**8.8**	**13.4**	**16.8**	**22.4**	**27.2**	**31.5**	**30.5**	**25.7**	**21.6**	**12.5**	**8.5**

Avec :

M: Moyenne des températures maximales en degré Celsius.

m: Moyenne des températures minimales en degré Celsius.

(M+m)/2: Moyenne des températures en degré Celsius**.**

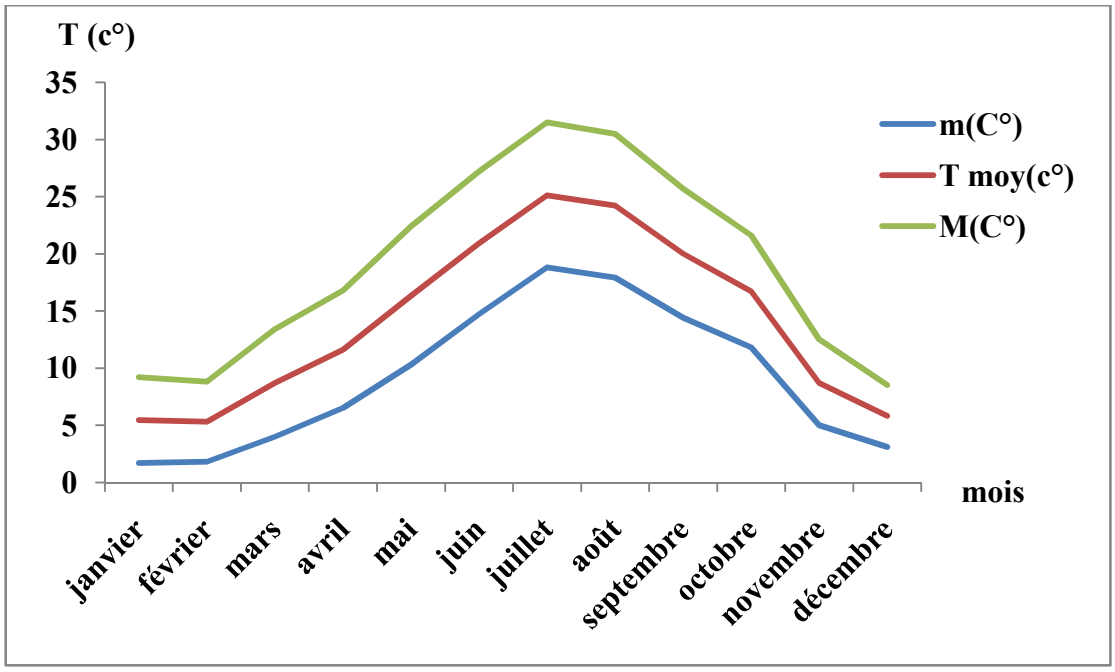


Figure 20 : Températures mensuelles maximales (M), minimales (m) et (M) Moyennes – PNC (2004-2016).

D'après ces données, nous relevons que dans la zone d'étude le mois de février est le mois le plus froid avec une température moyenne de 5,3 °C. Au contraire, le mois le plus chaud est celui de juillet avec une moyenne de 25,1 °C.

3.1.1.2. Températures moyennes annuelles

Le Tableau 4 et la figure21 représentent les variations annuelles de température durant la période 2004-2016.

Tableau 4: Températures moyennes annuelles du PNC (2004-2016).

Années	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
T (°C)	13.87	14	14.75	13.75	13.82	13.51	14.3	13.53	13.64	13.3	13.83	12.55	12.79

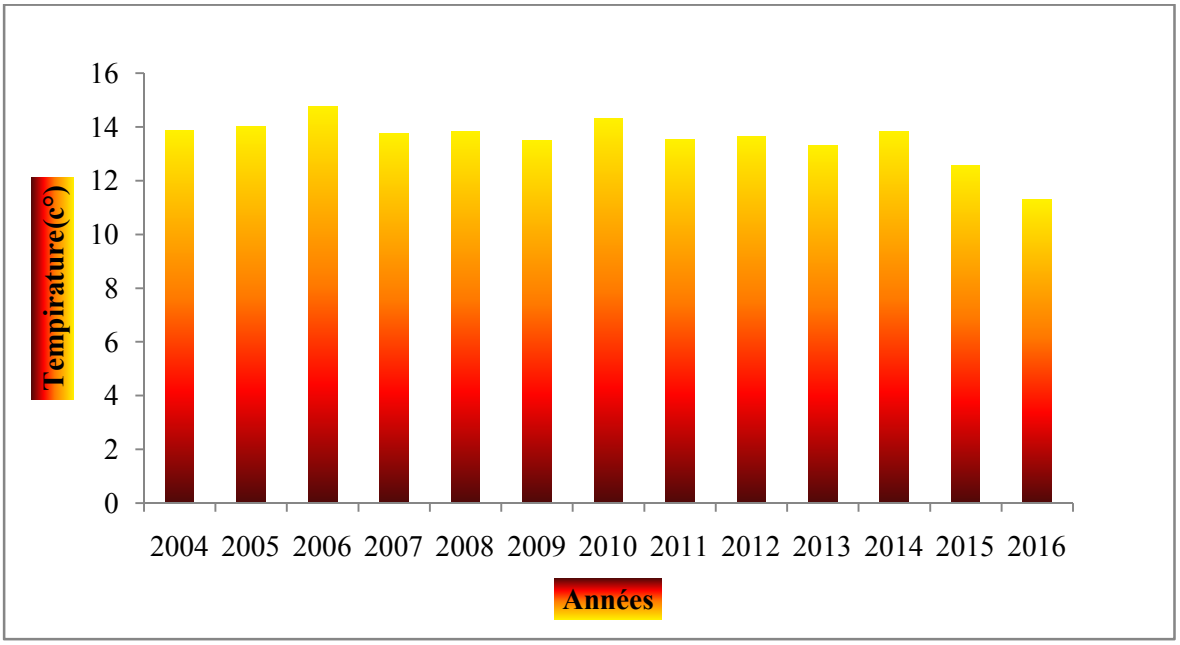


Figure 21: Températures moyennes annuelles – PNC (2004-2016)

L'analyse des données annuelles reflète une faible variation annuelle durant la période 2004-2016 avec une moyenne de 13,54 °C avec une légère élévation pendant l'année 2006 enregistrant une moyenne de 14.75°C. L'année qui présente la température annuelle la plus basse est l'année 2016 avec moyenne annuelle de 11.29°C.

3.1.2. Précipitations

3.1.2.1. Les précipitations mensuelles

Les mois les plus pluvieux s'étalent du mois de novembre au mois de février. La saison pluvieuse commence en mois de novembre. Les pluies d'Hiver sont parfois torrentielles et plus ou moins catastrophiques. Quant aux pluies d'automne, elles sont moins violentes. (Tableau 5).

Tableau 5: Les précipitations mensuelles du PNC (1985-2016).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
P(mm)	110.53	105.60	94.08	75.39	62.40	23.91	20.19	21.63	46.98	59.30	98.94	109.01

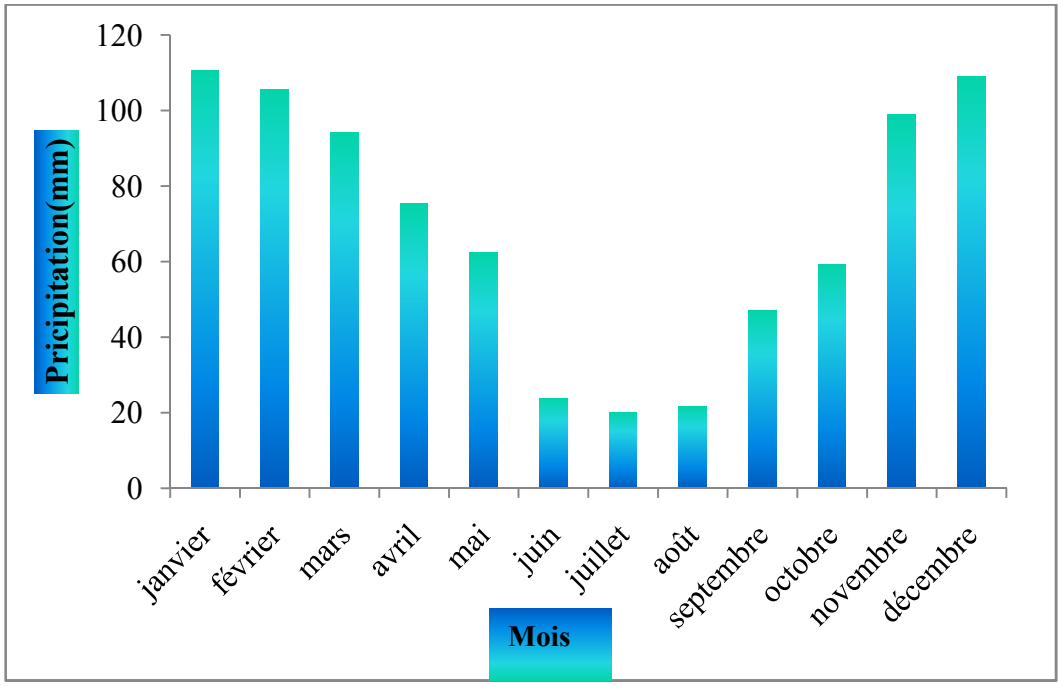


Figure 21: **Les** précipitations mensuelles – PNC (1985-2016)

L'analyse des données pluviométriques reflète l'irrégularité des précipitations qui connaissent de grandes fluctuations d'un mois à un autre durant la période retenue pour cette étude (1985-2016).Généralement, la zone d'étude connaît une plus grande quantité des précipitations au cours des périodes automnales et hivernales. , par contre la période estivale est moins arrosée. Rappelons aussi que les versants nord à influence maritime sont notablement plus arrosés que les versants sud.

3.1.2.2. Les précipitations annuelles

La pluviosité annuelle varie du PNC varient de 332 mm en 1996 et 862.90 mm en2014 (Figure23)

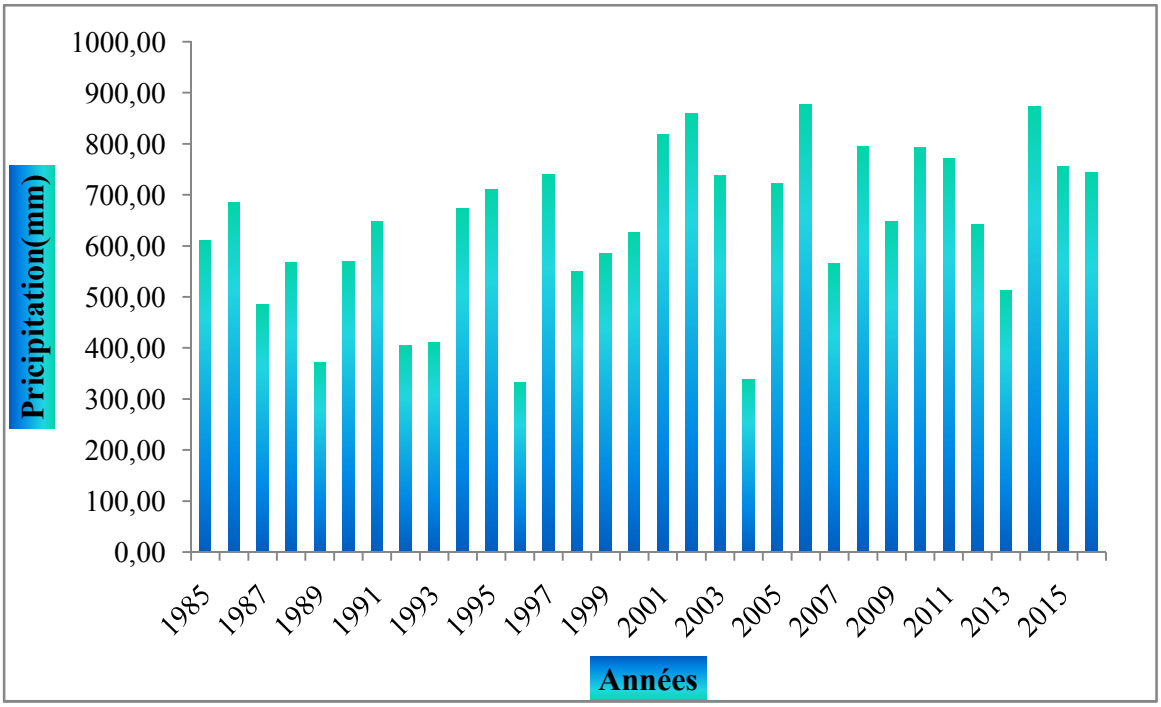


Figure 22: Variations interannuelles des précipitations – PNC pour la période 1985-2016

Le graphe montre une dissymétrie pluviométrique plus au moins importante. Cette dissymétrie interannuelle dans le régime pluviométrique peut être expliquée par l'irrégularité des précipitations qui caractérise les climats méditerranéens.

3.2. Synthèse bioclimatique

Afin de caractériser d'une manière objective le climat de notre zone d'étude, nous avons utilisé le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen et le climagramme d'EMBERGER.

3.2.1. Diagramme ombrothermique

Le diagramme ombrothermique permet d'estimer les éléments du climat d'une région du point de vue précipitations et températures pendant une période donnée et permet également de préciser les périodes sèches et humides (Dajoz, 1985).

D'après Dajoz(1975), la sécheresse s'établit lorsque la pluviosité mensuelle (P) exprimée en mm est inférieure au double de la température moyenne exprimée en degrés Celsius (P (mm) <2T (°C)). A cet effet, nous pouvons constater, en se référant aux données météorologiques D'une période de 12ans (2004 /2016), que la région subit une période sèche de 4 mois qui s'étale de Juin à Septembre et qui culmine au mois de juillet. La période humide couvre les huit mois de l'année entre Octobre et Mai (Figure24).

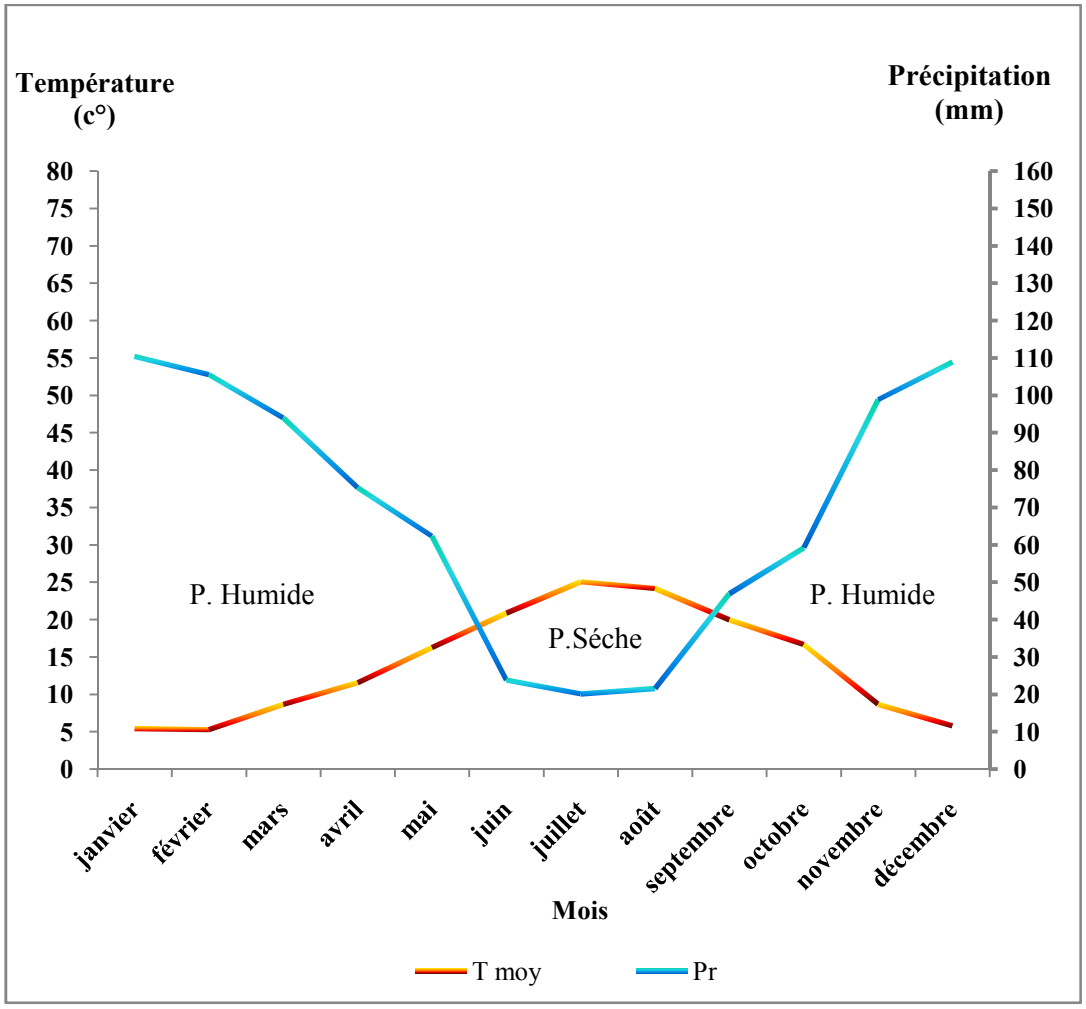


Figure 23: Diagramme ombrothermique de GAUSSEN de la zone d'étude PNC. (2004-2016).

3.2.2. Climagramme d'Emberger

Le quotient pluviothermique d'EMBERGER (Q) permet de déterminer l'étage bioclimatique d'une région méditerranéenne et de la situer dans le climagramme d'EMBERGER.

C'est un quotient qui est fonction de la température moyenne maximale (M) du mois le plus chaud, de la moyenne minimale (m) du mois le plus froid en degrés Celsius et de la pluviosité moyenne annuelle (P) en mm. Ce quotient est d'autant plus élevé que le climat de la région est humide. Il est calculé par la formule suivante :

Ce quotient a été simplifié par STEWART :

$\mathbf{Q_2} = 3.43 \times \frac{p}{M-m}$ **(STEWART, 1969)**

Avec :

P : Pluviométrie annuelle.

M : Température maximale du mois le plus chaud.

m: Température minimale du mois le plus froid.

Il faut le calculer pour notre station prenant en considération l'altitude de la station météorologique comme référence et faire la correction d'altitude.

On a :

m= 1.7 C

M=31.5C

P=1267.88 mm

donc $\mathbf{Q_2}$= 145.93k

Par conséquent, nous pouvons classer la région de Dhaya dans l'étage méditerranéen humide à hiver frais (Figure25)

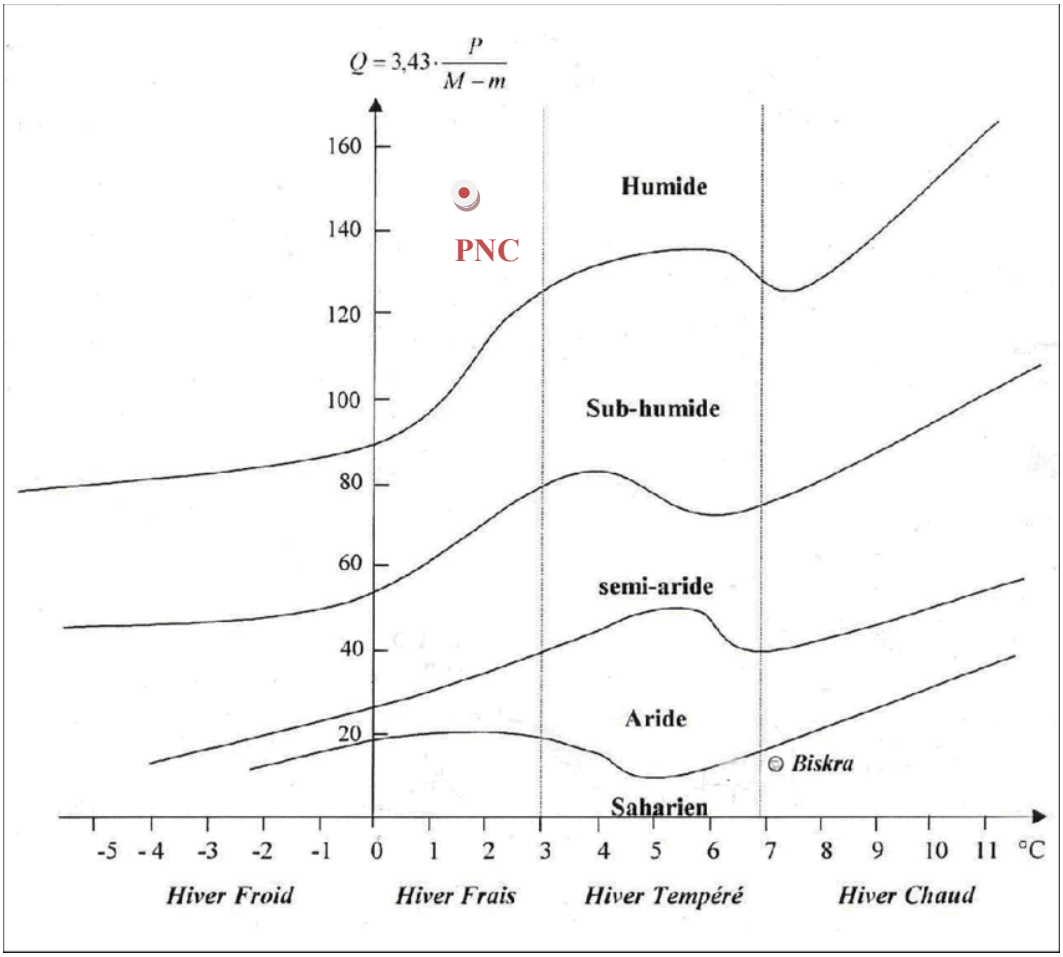


Figure 24: Situation bioclimatique du PNC-dans le climagramme d'EMBERGER, 1955

L'analyse des facteurs climatiques nous révèle un étage bioclimatique humide frais avec la température moyenne maximale (M) du mois le plus chaud égale à 31.5C et un quotient pluviothermique $\mathbf{Q_2}$= 145.93k.

Chapitre 4 :

Matériels et méthodes

1. Objectifs méthodologiques

Les différents indices de diversité actuellement utilisés en écologie des peuplements permettent d'étudier leur structure en faisant référence à un cadre spatio-temporel concret. Ils permettent d'avoir rapidement une évaluation de la biodiversité des peuplements. Toutefois, selon Grall & Hily (2003) leur caractère synthétique peut s'avérer être un handicap dans la mesure où il manque une grande partie de l'information.

La description et l'évaluation de la structure générale des peuplements reposent sur l'usage des deux variables qui sont la richesse spécifique et l'abondance (Grall & Hily, 2003).

Les êtres vivants sont en effet des réactifs infiniment complexes capables de détecter un bien plus grand nombre d'anomalies du milieu qu'un simple réactif chimique. Par leur présence ou leur absence, leur comportement ou leur mort, ils pourront donc nous renseigner sur la qualité de l'eau de façon beaucoup plus globale (Bournaud et ai, in Rodier 1984), Personne et de pauw, 1979).

Ii s'agit de la méthode dite des indices biotiques qui est une adaptation de la méthode employée en Angleterre par la Trent-River--Authorithy 1964 ;

Elle a pour base d'étude l'écologie des macros invertébrées, L'analyse biologique est indépendante du débit et elle peut même donner des résultats en l'absence de déversements polluants au moment de l'analyse, puisque les variations de la faune sont le résultat durable de la sommation de tous les facteurs polluants. Ce type d'analyse apporte aussi beaucoup de renseignements sur la vitesse de régénération de la qualité de l'eau.

La méthode des indices biotiques est un processus synthétique de caractérisation de la qualité des milieux et non pas une recherche analytique procédant de l'auto-écologie des organismes aquatiques. Elle est donc satisfaisante pour étudier sur un parcours donné, l'influence des pollutions.

C'est cette méthode que nous avons choisie pour notre étude sur les Oueds de Chiffa avec celle des Indices de qualité biologique générale (I.Q.B.G). Cette dernière est basée sur le même principe que celle des indices

Biotiques (lB) mais l'échelle varie de 1 à 20 pour les I.Q.B.G. au lieu de O à 10 pour les I.B (Bournaud et ai, in Rodier 1984).

Le principal objectif de ce travail était donc d'étudier la diversité taxonomique et la structure de la macrofaune benthique du réseau hydrographique du bassin versant chiffa et d'évaluer la qualité écologique de ses eaux en utilisant l'Etudes indicielles

2. Échantillonnage des macro-invertébrés benthiques

2.1. Généralités et démarche expérimentale

Les cours d'eau peuvent être considérés comme des mosaïques de micro-habitats caractérisés par des conditions environnementales différentes (Townsend & Hildrew, 1994). Le principal thème abordé par cette étude synthétique est l'établissement de listes faunistiques d'invertébrés benthiques et de rechercher les relations entre les caractéristiques du milieu et sa faune fondée sur l'échantillonnage des habitats représentatifs.

Notre démarche a été d'échantillonner les habitats des cours d'eau sur la base d'un protocole établi **suivant les données issues de la littérature**. Dans le cadre de ce travail, nous nous sommes intéressés aux quelques cours d'eau au sein du Parc national de Chréa.

2.2. Conditions d'application :

Tout d'abord, il faut choisir méticuleusement les sites d'échantillonnages puisque la faune varie en fonction de l'habitat qu'elle occupe.

À chaque site, il faut échantillonner plusieurs types d'habitats, puisque les perturbations ne se font pas sentir partout de la même façon. Par exemple, une pollution organique qui s'accompagne d'une accumulation de sédiments affectera d'une façon plus importante la faune qui se trouve dans une zone à débit lent où les sédiments auront tendance à se déposer.

Il faut donc pour chaque site, échantillonner tous les types d'habitats majeurs qu'on y retrouve et être constant pour tous les sites d'un même cours d'eau. Un échantillonnage qui ne tiendrait pas compte du type d'habitat pourrait conduire à une interprétation erronée qui attribuerait les changements observés dans la population de MIB à une perturbation humaine plutôt qu'au changement de type d'habitat (Metzeling et al. 2003).

Par exemple, si nous suspectons une source de pollution dans une zone de rivière, il faut effectuer des prélèvements en amont et en aval de cette zone (ce sera considéré comme une série d'échantillonnage). Les échantillons pris en amont serviront de référence pour

évaluer l'état de la dégradation de ceux qui sont pris en aval. On peut retrouver dans les rivières deux types principaux de zones lentique et lotique.

Une zone lentique correspond à un courant très lent ou nul. Tandis qu'une zone lotique correspond à une eau courante. Il faut identifier correctement ces deux types de zones pour les comparer séparément puisque les populations de MIB qu'on y retrouve sont différentes.

Dans les zones d'eau peu profonde, il faut s'assurer que la végétation soit bien aquatique, puisque l'eau doit être présente durant tout l'été et non seulement durant l'échantillonnage. De plus, il est préférable d'éviter la présence dans une série d'échantillonnages, car cela a pour effet de brasser l'eau, ce qui favorise la présence d'oxygène. « Et dans le cas d'un problème de pollution organique, l'oxygène présent permet à la matière organique de se décomposer plus rapidement et cause parfois un rétablissement rapide de la qualité de l'eau » (Baker, 2007).

Un tel phénomène peut apporter une fausse conclusion de bonne qualité de l'eau si le problème se situe en amont.

Il convient donc de prendre en note plusieurs aspects de l'habitat pour faciliter l'interprétation, « comme la nature du fond, la profondeur et la largeur de la rivière, la vitesse du courant, la nature de la végétation environnante et la présence de perturbation humaine » (De Pauw et Vanhooren, 1983).

- **Choix des stations de prélèvement et échantillonnage :**

L'étude des MIB benthiques a été réalisée dans 03 sites de prélèvement (que nous désignerons, dans ce qui suit, sous le terme de stations), choisis en fonction des critères suivants :

- L'accessibilité ;

- La représentativité en intégrant les principaux affluents :

Oued El Merdja, Oued el hamdania et la zone de réunion de ces deux oueds (oued chiffa).

- La présence présumée de risque de pollution par les rejets (oued el hamdania)

- L'intégration de sources (très fréquentées par les automobilistes)

- Les trois stations appartiennent à la même région (Numidie occidentale).

Ils partagent ainsi des conditions climatiques semblables.

Les différents points de prélèvements sont illustrés dans les figures 5 et 6.

2.3. Description générale des stations et évaluation de l'habitat

Les trois stations (S1, S2 et S3) sont Situées dans l'ouest du Parc National de chéra (Figure 26) :

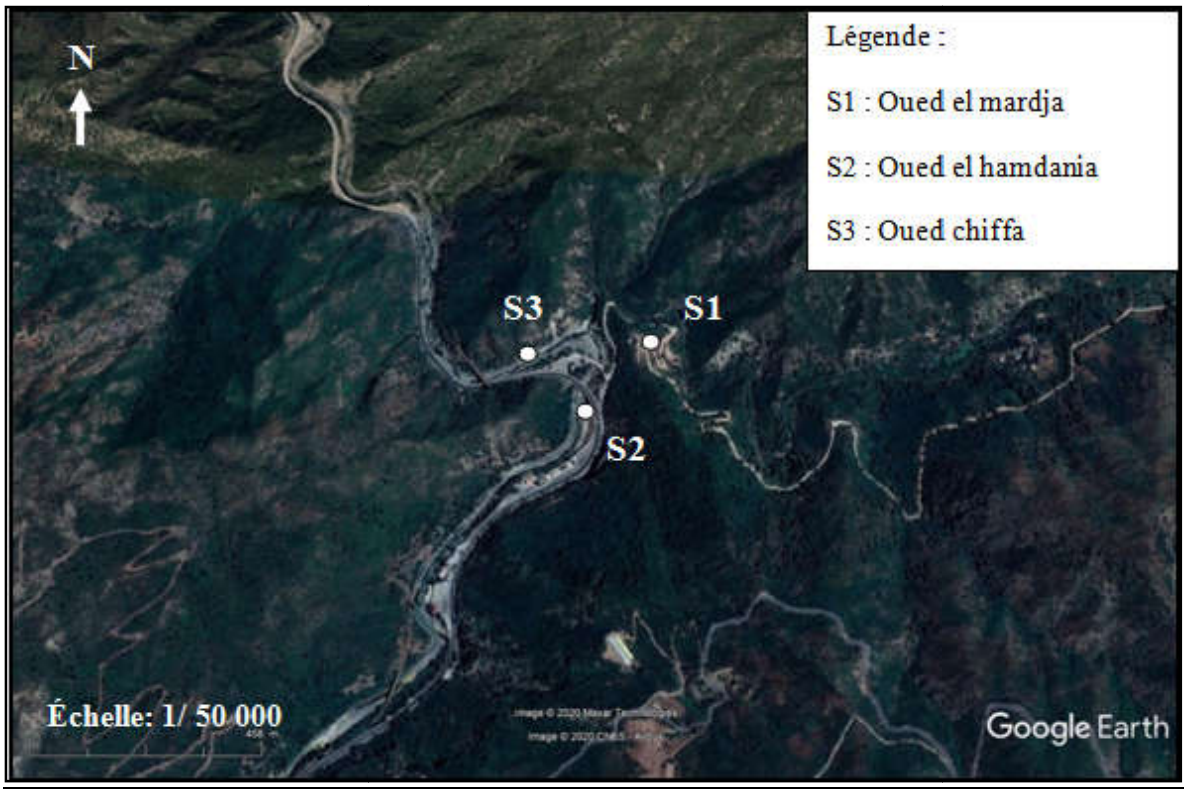


Figure 25: Localisation des stations d'études secteur el hamdania (Google Earth , 2020)

Station 1 (oued el merdja) :



Photo originale.2020

- Localisation : Aval d'ELHamdania

* Nord : djbel bni annas

*Est : cherkia

*Sud : djbel sidi rabeh

*Ouest : djbel mouzaia

*Latitude : 36°22'35''N

*Longitue : 2°46'25''E

-Altitude : 400m

-Langueur d'oued el merdja : 12 km

- Profondeur : 25cm

-Vitesse du courant : moyenne

- Substrat : Graviers et roches.



Photo originale.2020

-Végétation : ~~F~~ormations arbustives a base de (Lentisque *Pistacia lentiscus* , de Chêne Vert *Quercus ilex)*

- Végétation aquatique : quelques Algues vertes (periphytone , micro-algues …)

-Perturbations anthropiques: dépôts d'ordure sur les berges.

Station 2 : **Oued el hamdania ;**

-Nord : djbel mozaia

-Est : djbel sidi rabeh

-Ouest :bni selman et el houachem

-Sud : tadinart

-Commune**:** el hamdania

-Wilaya :medea

-Altitude: 450m

-Langueur : 09 km

-Profondeur **:** 20cm

-Substrat : galets, graviers, sable et vase



Photo originale.2020

- Végétation aquatique : Absente avec des Éléments organiques (débris végétaux) et minéraux de petite taille

-Végétation Riveraine: strate arborescente dense mais elle n'affecte pas l'ensoleillement du cours d'eau

- Perturbations anthropiques : rejets urbains et des activités industrielles très fréquents



Photo originale.2020

Station 3 : (oued Chiffa)



Photo originale.2020



Photo originale.2020

-Situation : l'ouest du Parc National de chéra.

* Nord : djbel mozaia

*Est : djbel sidi rabeh

*Ouest :bni selman et el houachem

*Sud : tadinart

* Latitude : 36° 27′ 45″ nord

*Longitude : 2° 44′ 28″ est

- Profondeur : 35cm

-Vitesse du courant : Rapide

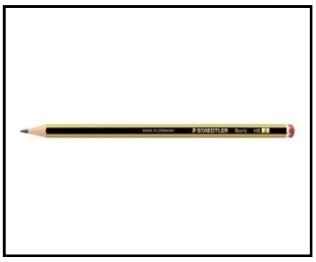
- Substrat : Graviers et roches.

-Végétation : Formations arbustives a base de (Lentisque *Pistacia lentiscus* , de Chêne Vert *Quercus ilex)*

- Végétation aquatique : Algues vertes (periphytone , micro-algues …)

-Perturbations anthropiques: rejets urbains de la ville de hamdania

2.4. Matériel utilisé (terrain) :



Crayon



Pinces souples



Etiquette en papier (étiquetage)



Filet surber



Bocaux en verre



Un bac



Bottes/ cuissards



Cuillère a soupe



Alcool 70%

Fréquences des prélèvements :

Durant notre étude, nous avons effectué 3compagnes de prélèvement entre février et mars selon le calendrier de prélèvements présenté ci-dessous (tableau 6), Quatre points d'échantillonnage ont été réalisés sur trois stations à l'aide la fiche technique de terrain (tableau 7), entre 10h et 15h

Tableau 6: Calendrier de prélèvement

Prélèvement	date
1er prélèvement	19 – 02 -2020
2éme prélèvement	02 - 03 - 2020
3éme prélèvement	10 -03 -2020

Tableau 7: la fiche technique de terrain

		Station 1				Station 2				Station 3			
		Oued el mardja				Oued el hamdania)				Oued chiffa			
		1er Pré	2ème Pré	3ème Pré	4ème Pré	1er Pré	2ème Pré	3ème Pré	4e Pré	1er Pré	2ème Pré	3ème Pré	4ème Pré
Vitesse De courant	Lente												
	Moyenne												
	rapide												
substrat et les débris végétaux													
la couverture végétales	Absent												
	présent												
Profondeur d'eau	Peu profond												
	moyenne profond												
	Plus profond												
L'ensoleillement	Absent												
	présent												

3. Validité de la méthode d'échantillonnage

- Méthodologie d'analyse et de prélèvement

- Technique de prélèvement sur le terrain

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 lentisque**.**

✓ **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 x30 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 en prenant soin de ne pas trop manipuler le spécimen pour ne pas le détériorer.



Figure 26: Echantillonneur de type « surber ».



Figure 27: utilisation de surber dans le milieu lentique**.**

✓**Milieu lentique :**



Figure 28: 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 30: **Filet de type troubleau**

- **Chasse d'adultes**

La capture d'adultes est bien souvent utilisable pour l'identification spécifique de certains taxons difficile à séparer au stade larvaire, tels les Ephéméroptères *(Ecdyonurus, Rhithrogena*…), les Plécoptères (*Leuctra*, *Nemoura*…) et la plupart des Diptères.

Les insectes repérés à vue, en bordure du cours d'eau sur la végétation et sur les pierres sont capturés à l'aide d'un filet fauchoir ou bien saisis à l'aide d'une pince entomologique souple, puis recueillis et conserver dans des piluliers remplis d'alcool à 70 % ce qui va permettre de nous orienter dans la détermination délicate de quelque taxons au stade larvaire.

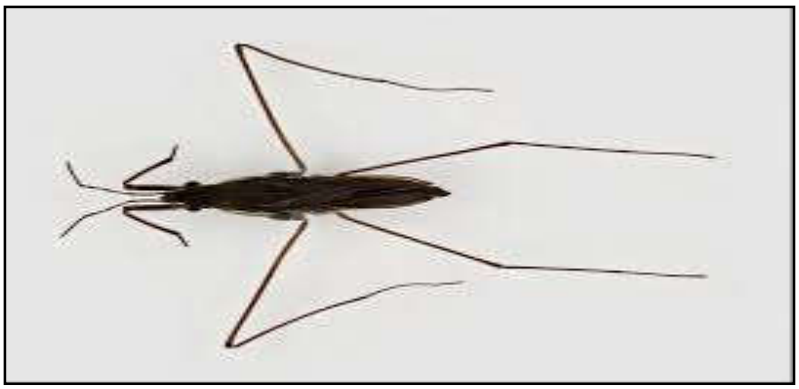


Figure 31: Insecte adulte « Gerridae »

3.2 - Conservation des échantillons

Les échantillons récoltés sont recueillis dans des pots en verre puis fixés dans du formol à 10 % sur le lieu de prélèvement. La date, le numéro et les caractéristiques de la station sont notés à chaque prélèvement.

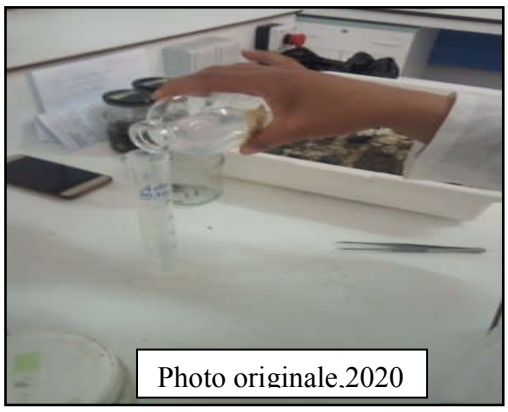




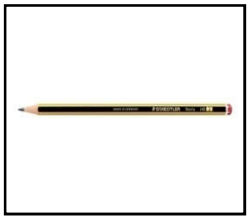
Figure 29 : Conservation des spécimens

4. Traitement de l'échantillon au laboratoire

4.1. Liste de matériels – laboratoire :



Un bac



Crayon



Pinces souples



Etiquette en papier



Boite pétries



Formol (10%)



Loupe binoculaire



Tubes

4.2. Préparation de l'échantillon

Le tri des macro-invertébrés récoltés s'effectue directement en sortant l'échantillon de l'eau puis il se termine au laboratoire:

- **sur** le terrain, le contenu du filet est versé dans un bac: contenant de l'eau. On agite un peu le bac et on recueille dans un tamis de *200* µm, de maille, la faune, les débris de la flore ainsi que d'autres déchets.

On prélève alors les macro-invertébrés que l'on conserve dans des piluliers avec du formol à 10%.- **Au laboratoire**, on précède par regrouper les spécimens semblable en

morpho-espèce, on sépare les individus appartenant aux différents ordres faunistiques puis les différentes unités systématiques (U.S) d'une même station. Ce second tri et la détermination sont faits à 1'aide d'une loupe binoculaire.

4.3. Tri et récolte à l' œil nu

Le pré-tri est une opération importante qui limite les risques de détérioration des spécimens et permettant d'éliminer les débris de tout genre (morceaux de bois, feuilles, vases, pierres....) contenus dans l'échantillon prélevé.

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 boites de pétri à fond quadrillé. Pour ce

travail de base, nous nous sommes réfères aux clés de détermination de Tachet et al., 1980 ; Richoux, 1982 et Lafont, 1983 .



Figure 30: Les différentes étapes de la partie réaliser au laboratoire

(Photos originales,2020)

a. Identification et comptage des macro-invertébrés

L'identification des organismes benthiques a été réalisée à l'œil nu pour les spécimens de taille importante alors que pour les petits spécimens la détermination s'effectue à l'aide d'une loupe binoculaire ou d'un stéréo microscope optique. Cette diagnose a été faite via les clés de détermination publiées par Elouard (1981), Vergon & Bourgeois (1993), Reynoldson (2000), Tachet et al. (1980, 2000), Heidemann & Seidenbusch (2002), Merritt et al. (2008) et Bilardo & Rocchi (2008, 2010, 2012, 2013).

L'identification des espèces de rotifères est réalisée à l'aide des clés et manuels de Ruttner-Kolisko (1974), Koste (1978), Pourriot & Francez (1986), Nogrady *et al.* (1993), et Segers (1995), Guide d'identification des principaux macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec 2010, les macroinvertébrés des cours d'eau de nouvelle Calédonie, Atlas des Macroinvertébrés des eaux douces de l'île de la Réunion guide (invertébrés d'eau douce, Henri tachet) 1 (Figure23).



Figure 31: Les guides utilisés dans l'identification des macro-invertébrés

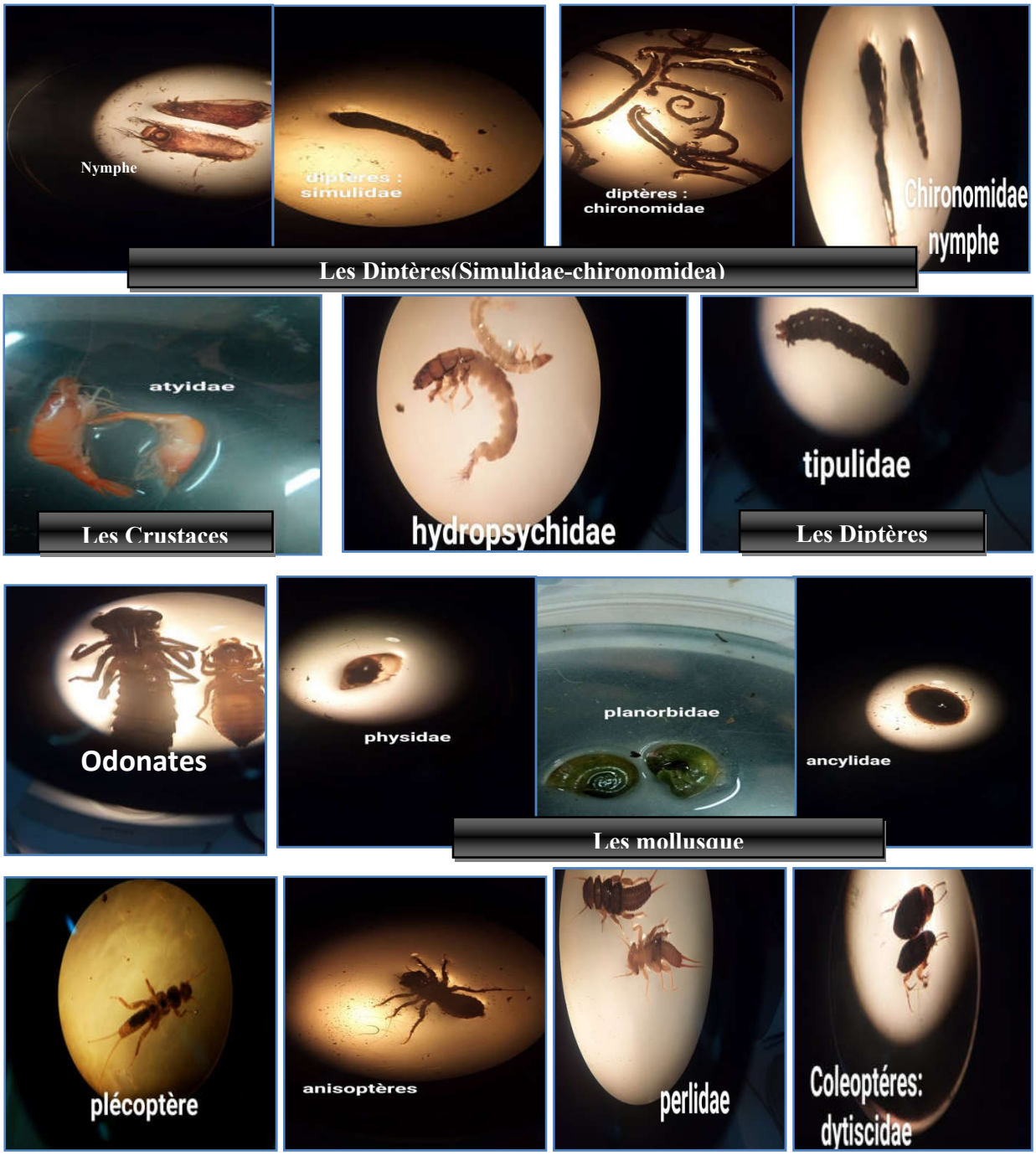


Figure 32: Photos prise lors de l'identification sous loupe binoculaire

(Photo originale, 2020)

5. Traitements des données pour l'évaluation de l'intégrité biologique

5.1. Liste faunistique

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

5.2. Indices de diversités

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

Il s'agit principalement de la richesse de l'abondance et d'une multitude d'indice de diversité et d'équitabilité, ils permettent aussi de comparer la structure de deux peuplements et de voir comment ceux –ci évoluent dans l'espace et dans le temps (DAJOZ, 1985).

5.2.1. Richesse spécifique

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

5.2.2. 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.

5.3.1. Indice de diversité Shannon et Weaver

Cet indice est l'un des plus connus et des plus utilisés dans les études sur la mesure et l'évaluation de la biodiversité.

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'abogndance relative des différents taxons.

Il a pour expression **:**

$$H' = - \Sigma\, pi \times \log 2\, Pi$$

Ou :

Pi : abondance ou pourcentage d'importance de l'espèce : Pi = Ni / N

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

N = nombre total d'individus.

La 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 dominent ; il est d'autant plus grand que le nombre d'espèces est élevé et les individus réparti équitablement.

Autrement dit, la diversité est minimale quant H' tend vers zéro (0), et est maximale quant la valeur de H' augmente.

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.

5.3.2. Indice d'équitabilité de Pielou :

L'équitabilité ou l'équirépartition est exprimé par le rapport de la diversité de Shannon et la diversité maximale.

La diversité maximale (H'max), laquelle correspond au cas où toutes les espèces seraient représentées par le même nombre d'individu. Dans ce cas :

$$H'max = \log_2 S$$

L'indice d'équitabilité est utilisé afin de pouvoir comparer les densités de deux peuplements ayant de richesses spécifiques différentes (RAMADE, 2003), il se calcule a l'aide de la formule suivante:

$$E = H' / H'max$$

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.

5.4. Indice de l'occurrence (constante)

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 ou 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] Espèces régulières
- C] 50 –25] Espèce accessoire
- C] 25 –5] Espèce accidentelles.
- C < 5 % Espèce Rare.

5.5. Indice de similitude de Jaccard

Définit la similitude comme étant l'importance de remplacement des espèces ou les changements biotiques à travers les gradients environnementaux. Il permet une comparaison entre deux sites, car il évalue la ressemblance entre deux relevés en faisant le rapport entre les espèces communes aux deux relevés et celles propres à chaque relevé. Il a pour formule :

$$J=a/(a+b+c)$$

a : représente le nombre d'espèces communes entre deux habitats,

b : représente le nombre d'espèce uniques pour l'habitat 1 (i.e. total moins le nombre d'espèce commune ***a***),

c : représente le nombre d'espèce uniques pour l'habitat 2 (i.e. moins le nombre d'espèce commune ***a***).

Si l'indice ***J*** augmente, un nombre important d'espèces se rencontre dans les deux habitats évoquant ainsi que la biodiversité inter habitat est faible (conditions environnementales similaires entre les habitats).

Dans le cas contraire, si l'indice diminue, on ne rencontrera qu'un faible nombre d'espèces présentes sur les deux habitats. Ainsi, les espèces pour les deux habitats comparés sont totalement différentes indiquant que les différentes conditions de l'habitat déterminent un « turn-over » des espèces importantes (DE BELLO *et al.* 2007).

5.5. Indice Biologique Globale Normalisé (IBGN)

L'indice est basé sur l'inventaire des macro-invertébrés aquatiques (macrobenthos) Chaque habitat est occupé par un peuplement de base qui témoigne de son bon état.

Les espèces sont plus ou moins sensibles aux modifications de leurs habitats (espèces indicatrices. Suite aux relevés, il est possible de donner une note de qualité biologique de l'aire d'étude (de 0 à 20)

Il tient compte de l'analyse de la composition du macrobenthos (>500µm) du site concerné par l'étude, selon un mode d'échantillonnage standardisé (QUENEA, 2015).

5.5.1 .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).

Il 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. Cet indice est très utilisé dans la bio surveillance des milieux aquatique d'eau douce.

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 (ARCHAIBAULT et DUMONT, 2014). (voire le tableau 9).

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.

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).

5.5.2. Principe d'IBGN

La faune invertébrée doit être prélevée dans des habitats repérés au préalable. Un habitat pour l'IBGN est défini comme un support donné (substrat) dans une classe de vitesse de courant donnée.

D'après la norme NFT-90-350, parue en Décembre 1992, la mise en oeuvre 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 un gradient de sensibilité à la pollution.

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

5.5.3. Calcul de l'IBGN

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

 La détermination de la classe de variété taxonomique qui sur la base des cinquante – deux taxon potentiellement présents dans la grille,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 représentent dans les échantillons par au moins trois individus ou dix selon les taxons.

 Le calcule de l'indice on lui -même est obtenu par une formule (ARCHAIBAULT et DUMONT, 2014).

IBGN = N° du groupe faunistique indicateur(G.F.I) + (N° de classe de variété – 1) avec IBGN ≤ 20

L'IBGN est établi à partir des tableaux de détermination comprenant pour le premier les 14 classes de variété taxinomique ; pour le second les 9 groupes faunistiques indicateurs

5.5.4. Expression d'EBGN

Pour pouvoir interpréter un IBGN, la note est rarement suffisante. Un IBGN, c'est une note, un groupe indicateur et une classe de variété. Elle intègre indistinctement l'habitat et la qualité de l'eau.

Dans la norme AFNOR la qualité hydro-biologique est définie selon cinq niveaux de couleur, permettant une représentation cartographique d'un réseau hydrographique. La correspondance avec les classes de qualité (grilles de 1990) se fait comme suit:

Tableau 8: Expression de la qualité biologique des coures d'eau (GENIN et *al* , 2003) **.**

Valeur de l'IBGN	≥ 17	13-16	09-12	05-08	≤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 suivante :

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.

– La variété taxonomique est en général bien corrélée à la diversité des habitats. En présence d'une note faible, si le GI est haut et la variété taxonomique faible, on peut penser qu'on a une eau de qualité et un habitat pauvre.

Chapitre 5 :
Résultats et Discussions

1. Composition globale de la faune benthique :

Les différents taxons récoltés au cours de cette étude sont reportés dans le tableau (tableur 9). Les résultats enregistre dans ce tableau présentent la liste taxonomique, ainsi que le rang systématique de chaque taxon des communautés des macro-invertébrés

Cette liste préliminaire va faire l'objet d'une série d'analyse de la structure et de la distribution de ces peuplement qui constituent des pièces élémentaires a partir des quelles se structures ces écosystèmes aquatiques.

1.1. La liste faunistiques :

Sur un total de 36 prélèvements effectuées du 19 Février 2020 à 10 Mars 2020 au niveau les trois stations d'étude.

La méthodologie d'échantillonnage adoptée a permis de recensé la présence de 1345 individus appartenant à 41 familles et correspondant à cinq groupes faunistiques de rang supérieur (embronchements) : *Plathelminthes, Annélides, Mollusques, Arthropodes* et *Némathelminthes.*

Les groupes les mieux représentés sont les *Diptères* et les *Ephéméroptères*. Ils comptent chacun 7 familles. Viennent ensuite les *Trichoptères*, les *Plécoptères* et les *Odonates* (4 familles), les *Coléoptères* et les *Mollusques* (3 familles), les Oligochètes et les Hétéroptères (2 familles), les *Platelementes*, les *Hydracariens*, les *Némathelminthes,* les *Lépidoptères* et les *crustacés* (01 famille).

Tableau 9: Liste faunistiques

EMBRECHEMENT	CLASSE	ORDRES	FAMILLES	S1	S2	S3	Effectifs Totale
Arthropodes	**Insectes**	**Trichoptères**	Hydropsychidae	50	1	9	**60**
			Rhyacophilidae	1	0	4	**5**
			Leptoceridae	1	0	0	**1**
			Hydroptilidae	3	0	1	**4**
		Odonatoptères	Libellulidae	12	1	0	**13**
			Coenagrionidae	3	0	1	**4**
			Conduliidae	0	0	4	**4**
			Synthemistidae	0	1	0	**1**
		Ephéméroptères	Leptophlebiidae	1	0	4	**5**
			Baetidae	4	13	65	**82**
			Hyptageniidae	3	0	0	**3**
			Oligoneuriidae	3	0	0	**3**
			Caenidae	25	94	62	**181**
			Ameletidae	1	0	0	**1**
			Isonychiidae	1	2	1	**4**
		Lépidoptères	cambidae	0	0	1	**1**
		Plécoptères	Perlidae	12	0	2	**14**
			Leuctrdae	0	0	1	**1**
			Chloroperlidae	3	0	0	**3**
			Capniidae	1	0	0	**1**
		Diptères	Tipulidae	42	4	9	**55**
			chironomidae	6	215	71	**292**
			Simulidae	0	75	31	**106**
			Diptère adulte	0	0	1	**1**
			Anthomyiidae	0	1	0	**1**
			Empididae	6	3	4	**13**
			Athéricidae	8	0	0	**8**
		Coléoptères	Noteridae	1	0	0	**1**
			Elmidae	1	0	0	**1**
			Dytiscidae	1	0	3	**4**
		Hétéroptères	corixidae	0	0	6	**6**
			Gerridae	1	0	9	**10**
	Crustacés		Atydae (cardina sp)	2	0	5	**7**
	Arachnides	**Hydracariens**	oribatidae	4	1	8	**13**
Mollusques	**Gastéropodes**		Planorbidae	0	3	1	**4**
			physidae	0	127	30	**157**
			Ancylidae	0	5	4	**9**
Plathelmenthes			Dugesiidae	0	158	21	**179**
Annélide	**Oligochètes**	**Oligochètes**	Naididae	0	29	17	**46**
			Glossiphoniidae	0	32	4	**36**
Némathelminthes	**Nématodes**		Nématodes	0	4	1	**5**
				196	769	380	**1345**

1.2.2. Analyse faunistiques :

D'après les résultats enregistrés et pour bien illustrer les variations de la composition faunistique, nous l'avons représentée aussi bien en nombre d'espèces qu'en nombre d'individus :

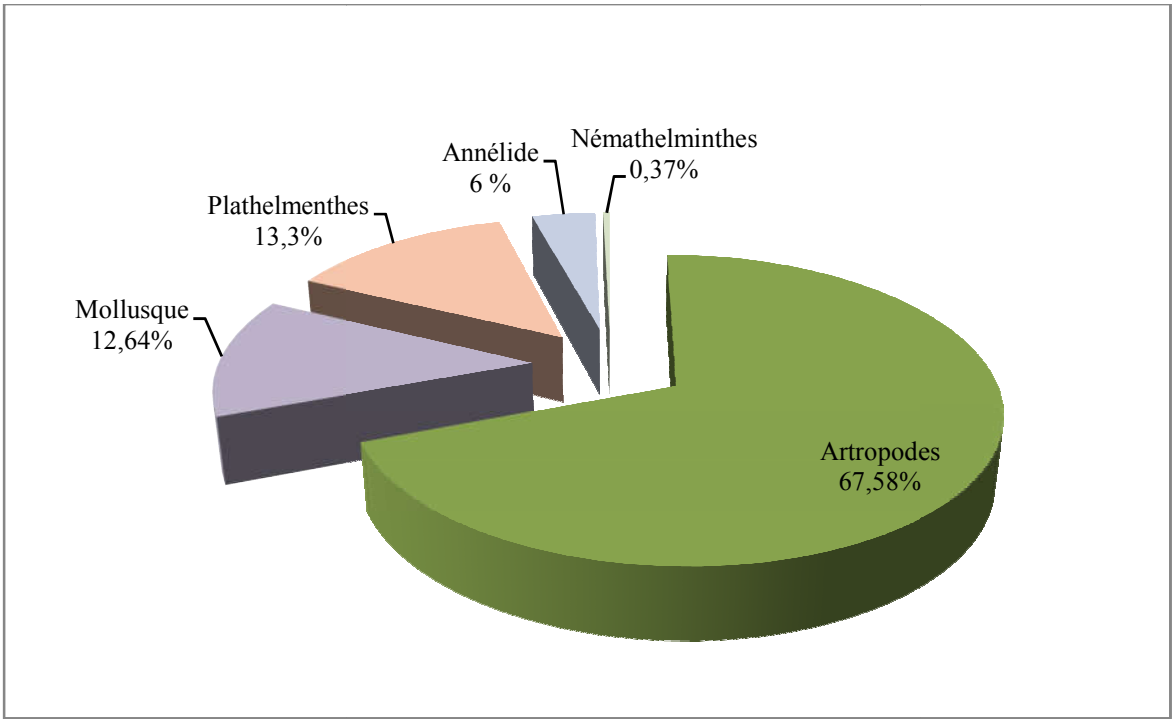


Figure 33: La répartition globale des macro-invertébrés des 3 stations en pourcentage (%)

L'analyse de l'ensemble du peuplement récolté durant la période de notre étude, montre que les *Arthropodes* sont numériquement les plus inventoriés et représentent le pourcentage le plus élevé 67,29% (909 individus) de l'effectif totale (Figure 36). Ils sont abondants dans toutes les stations.

Les *Plathelminthes* occupent la 2ème position avec 13,3% (179 individus), puis les *Mollusques* avec 12,64%(170 individus).

Les *Annélides* et les *Némathelminthes* sont faiblement représentés. Ils constituent respectivement 6 % (82 individus), 0, 37 % (5 individus) de la faune totale.

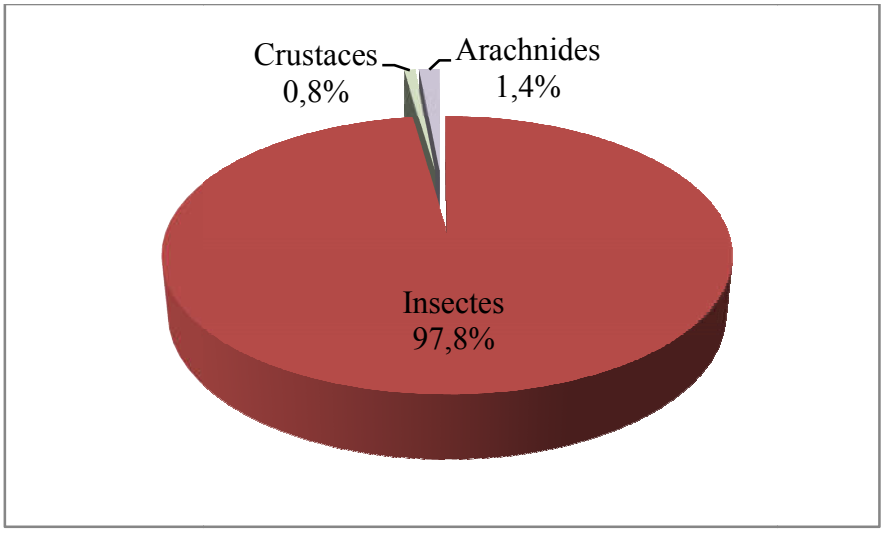


Figure 34: Importance relative des trois classes d'arthropode

La prédominance des *insectes* avec 97,8 % du nombre totale des *Arthropodes* dénombre tandis que les *Arachnides* et les *Crustacés* présentent le pourcentage le plus faible.

- **La répartition des insectes et non insecte :**

Dans les faunes des macro-invertébrés, les *insectes* englobe plus de la moitié des effectifs, ils représentent 66 % de l'abondance total, Suivit par les groupes des Non Insectes avec seulement de 34 %(Figure38). L'abondance des insectes sont généralement due la richesse floristique de la zone d'étude.

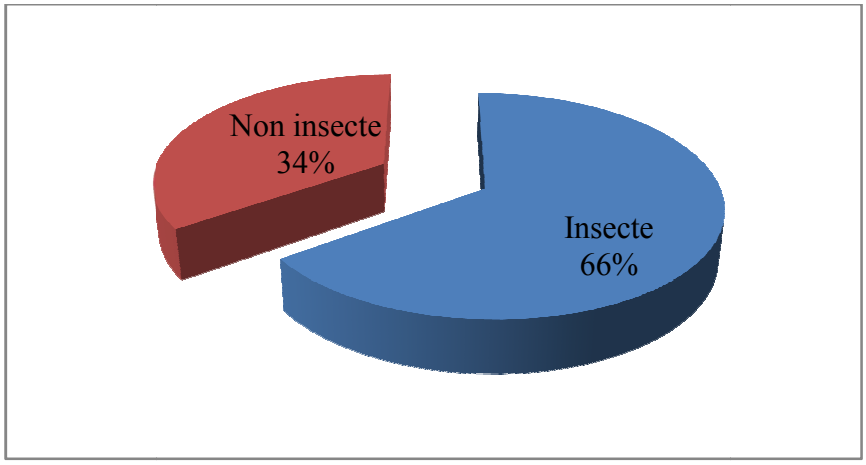


Figure 38 : Répartition de l'ensemble des taxons Insectes / non insectes des 3 stations

a. La réparation des insectes :

Dans la classe des *insectes* les *Diptères* englobe plus de la moitié des effectifs, ils représentent 54 % de l'abondance total, les *Ephéméroptères* occupent la deuxième place dans cette classe avec 31,4% suivis par les *Trichoptères* avec 7,9% par contre les *Odonates,* Les Hétéroptères, *Les Plécoptères, Les Coléoptères* et *Les Lépidoptères* présentent des proportions plus au moins faibles (Figure39).

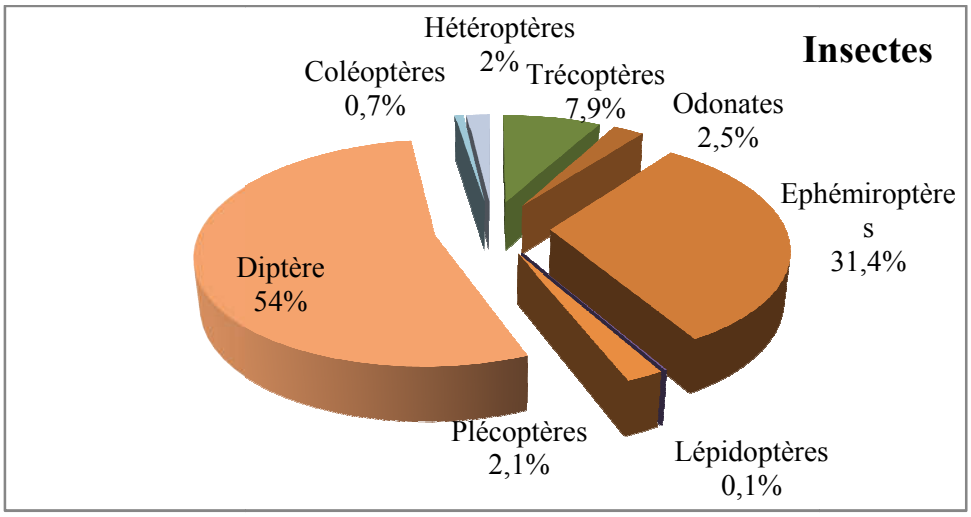


Figure 35: Importance relative des abondances des ordres de la classe d'insectes

- **L'abondance des insectes par ordre dans les stations étudiées :**

Le groupe des insectes ont été présent dans toutes les stations, principalement dans les stations oued el hamdania S2 (410 individus) et oued chiffa S3 (274 individus), enfin oued el mardja S1 (189 individus) (Fig 40).

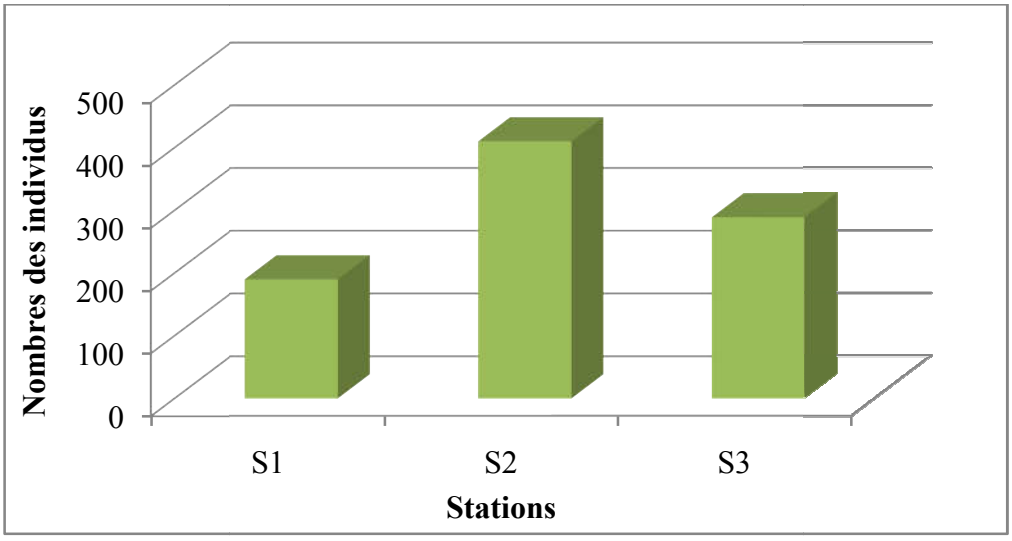


Figure 40:Répartition des insectes dans les différentes stations de l'oued el mardja(S1), oued el hamdania(S2) et oued chiffa(S3)

1. Diptères:

Les Diptères ont été présenté dans les différents stations étudies. Ils sont plus fréquents dans les stations d'oued el hamdania (S2) avec 300 individus, et moins fréquents dans les stations d'oued chiffa (S3) avec 116 individus, d'oued el mardja (S1) 62individus) (Fig 41).

Les Diptères ont été représentés essentiellement par les 7 familles chironomidae (292 individus), Simulidae (106 individus), Tipulidae (55 individus), Empididae (13individus) , Athéricidae (8 individus), Diptère adulte et Anthomyiidae (1 individus).

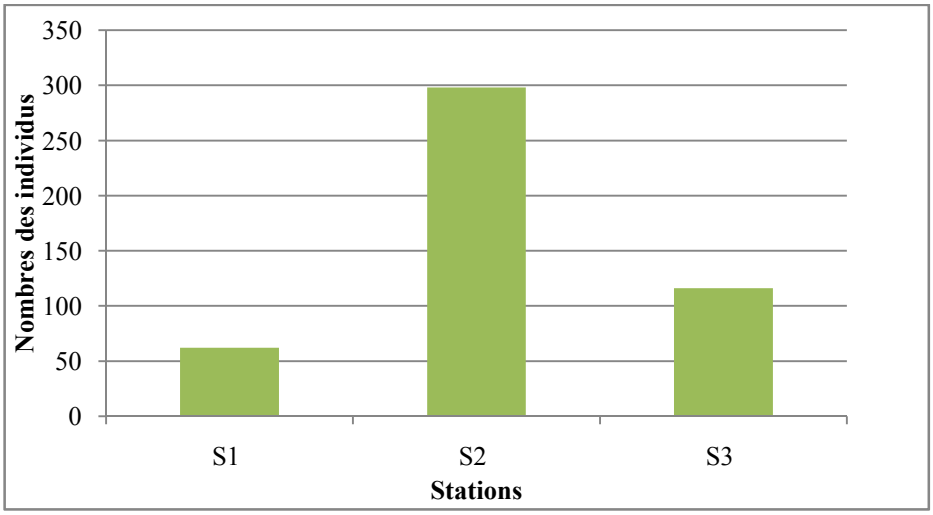


Figure 41: Répartition des Diptères dans les différentes stations de l'oued el mardja(S1), oued el hamdania(S2) et oued chiffa(S3)

2. Éphéméroptères:

Les Éphéméroptères ont été présente dans les différents stations étudies. Ils sont plus fréquents dans les stations d'oued chiffa(S3) avec132 individus, d'oued el hamdania (S2) et moins fréquents dans la station d'oued el mardja(S1) avec 38 individus (Fig 42).

Les Éphéméroptères ont été représentés essentiellement par les 7 familles Caenidae (181 individus), Baetidae (82 individus), Leptophlebiidae (5 individus), Isonychiidae (4 individus), Oligoneuriidae et Hyptageniidae (3 individus) et Ameletidae (1 individus).

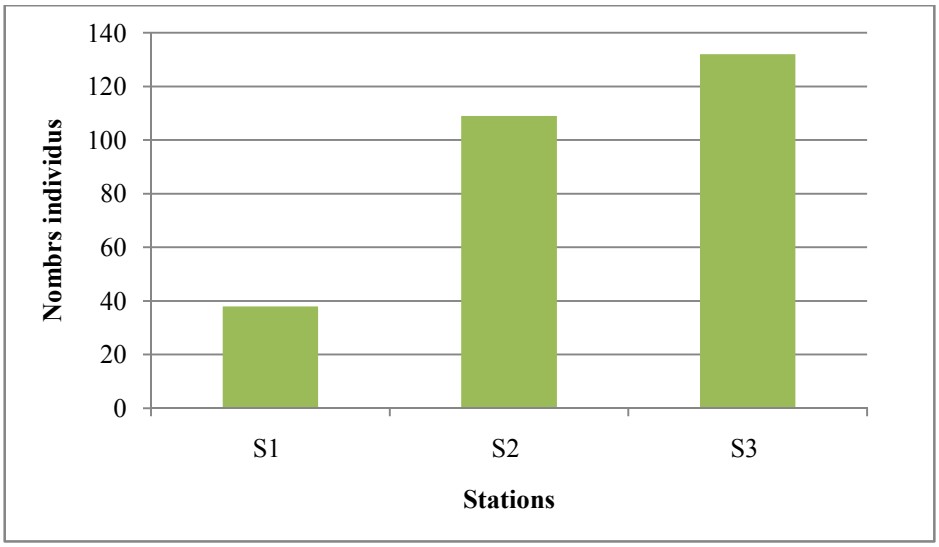


Figure 42: Répartition des Ephéméroptères dans les différentes stations de l'oued el mardja(S1), oued el hamdania(S2) et oued chiffa(S3)

3. Odonates:

Les Odonates ont été observés dans toutes stations. Ils sont plus fréquents dans la station d'oued el mardja (S3) avec 15 individus et moins fréquents dans les stations d'oued chiffa (S1) avec 5 individus, oued el hamdania (S2) (2 individus) (Fig 43).

Les odonates ont été représentés essentiellement par les quatre familles Libellulidae (**13** individus), Conduliidae et Coenagrionidae (4 individus) et Synthemistidae (**1**individus).

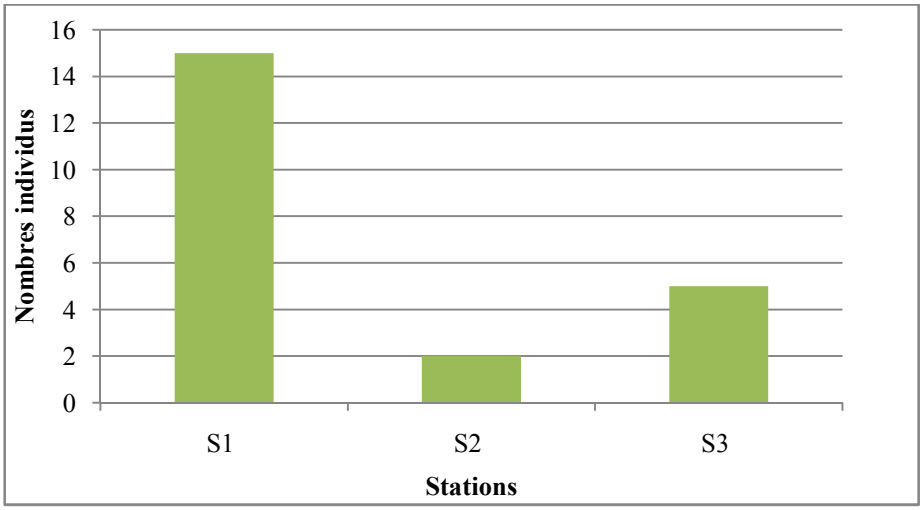


Figure 43: Répartition des odonates dans les différentes stations de l'oued el mardja(S1), oued el hamdania (S2) et oued chiffa(S3)

4. Trichoptères :

Les Tréchoptères ont été observés dans toutes stations. Ils sont plus fréquents dans la station d'oued el mardja (S3) avec 55 individus et moins fréquents dans les stations d'oued chiffa (S1) avec 14 individus, oued el hamdania (S2) (1 individus) (Fig 44).

Les Tréchoptères ont été représentés essentiellement par les quatre familles Hydropsychidae (60 individus), Rhyacophilidae (5 individus), Hydroptilidae (4 individus) et Leptoceridae(1 individus).

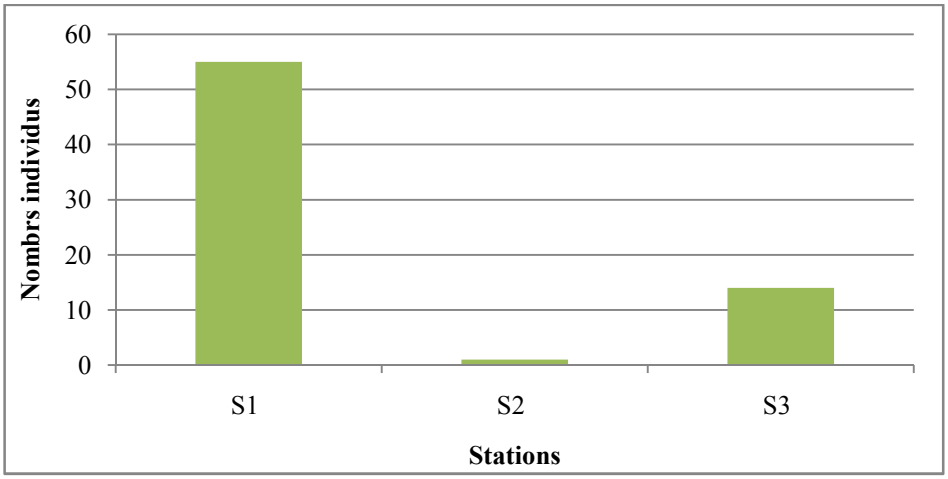


Figure 44: Répartition des Trichoptères dans les différentes stations de l'oued el mardja(S1), oued el hamdania(S2) et oued chiffa(S3)

5. Les coléoptères:

Les coléoptères ont été observés seulement dans deux stations et majoritairement dans la station d'oued chiffa (S3) et d'oued el mardja(S1), chacun enregistres 3 individus (Fig 45).

Les coléoptères ont été représentés essentiellement par les trois familles Dytiscidae (**4** individus), Noteridae et Elmidae (1 individus).

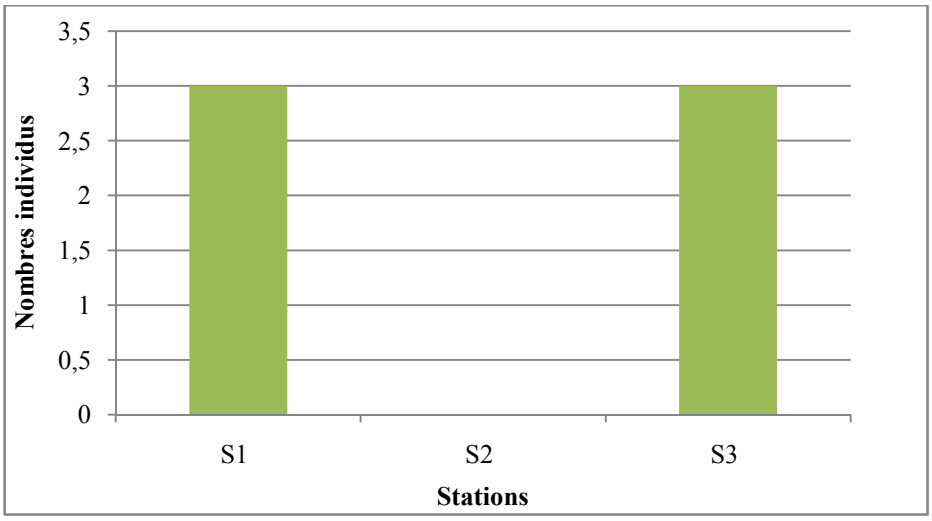


Figure 45: Répartition des coléoptères dans les différentes stations de l'oued el mardja(S1), oued el hamdania(S2) et oued chiffa(S3)

6. Hétéroptères:

Les Hétéroptères ont été observé seulement dans deux stations et majoritairement dans la station d'oued chiffa (15 individus) et oued el mardja (1 individus) (Fig 46). Ils sont absents dans la station d'oued el hamdania (S2).

Les Hétéroptères ont été représentés essentiellement par les deux familles Gerridae (10 individus) et corixidae (6 individus).

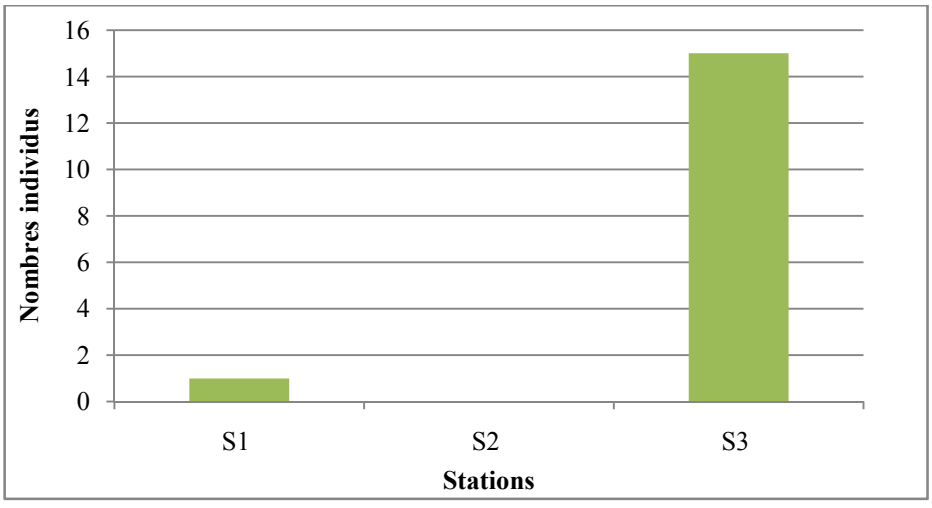


Figure 46: Répartition des Hétéroptères dans les différentes stations de l'oued el mardja(S1), oued el hamdania (S2) et oued chiffa(S3)

7. Plécoptères :

Les Plécoptères ont été observé seulement dans deux stations et majoritairement dans la station d'oued el mardja (16 individus) et oued chiffa (3 individus) (Fig 47).Ils sont absent dans la station d'oued el hamdania (S2).

Les Plécoptères ont été représentés essentiellement par les quatre familles Perlidae (14 individus), Chloroperlidae (3 individus) Capniidae et Leuctrdae (1 individus).

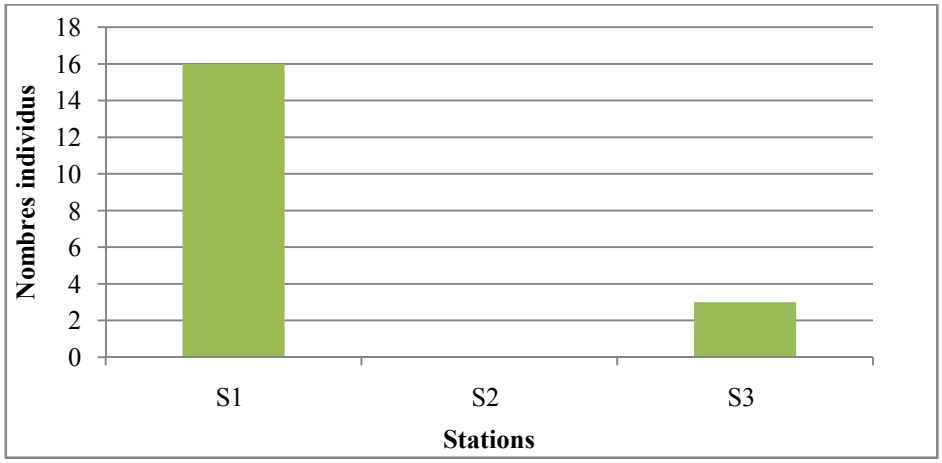


Figure 47: Répartition des Plécoptères dans les différentes stations de l'oued el mardja(S1), oued el hamdania(S2) et oued chiffa(S3)

8. Lépidoptères :

Les Lipidoptères ont été observé seulement dans une seule station d'oued chiffa (1 individus) (Fig 48).Ils sont absent dans les deux stations d'oued el mardja (S1) et oued el hamdania(S2).

Les Lépidoptères ont été représentés essentiellement par une seule famille cambidae (1individus).

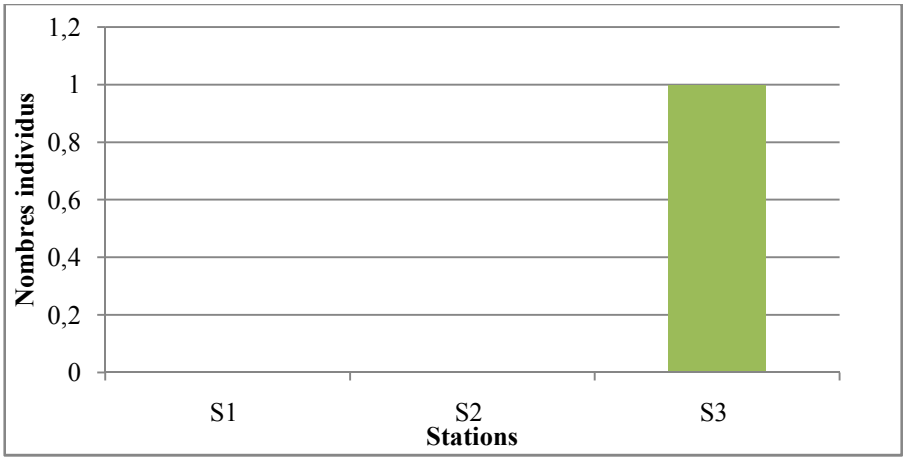


Figure 48: Répartition des Lépidoptères dans les différentes stations de l'oued el mardja(S1), oued el hamdania(S2) et oued chiffa(S3)

b. La répartition des non insectes :

Les non insectes ont été représentés essentiellement par les *Plathelminthes* (38%), *Gastéropodes (Mollusques*) (36%), *Oligochètes* (17%), *Arachnides* (3%), *Crustacés* (2%) et *Némathades* (Fig 49).

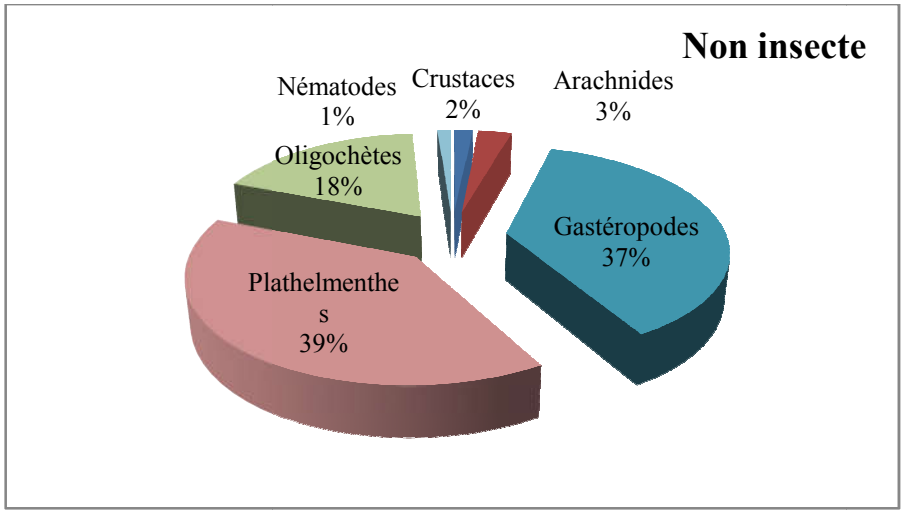


Figure 49: Importance relative des abondances des non insectes

L'abondance des non insectes par ordre dans les stations étudiées:

Le groupes de non insectes ont été enregistrés dans toutes les stations, principalement ont été observé dans les stations S2 (oued el hamdania) et S3 (oued chiffa) (Fig 50).

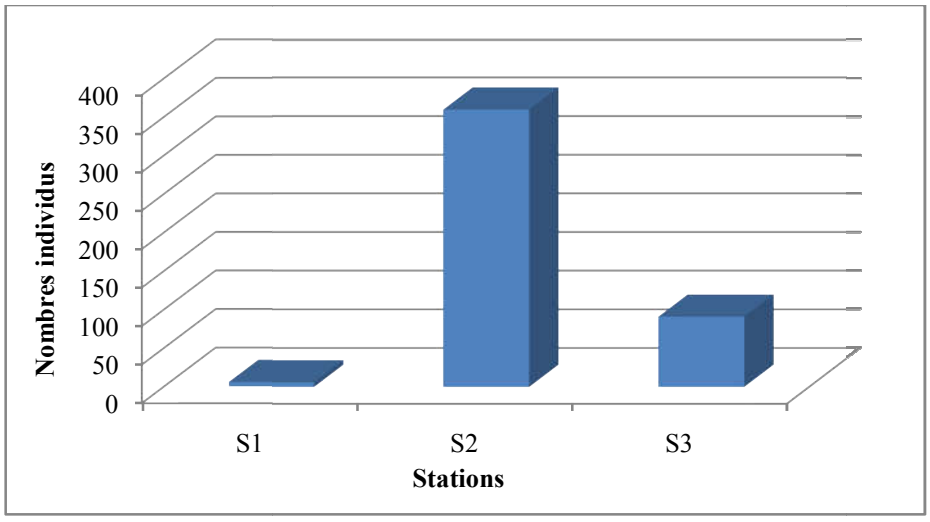


Figure 50:Répartition de l'ensemble des non insectes dans les différentes stations de l'oued el mardja(S1), oued el hamdania(S2) et oued chiffa(S3)

1. Plathelminthes

Les Plathelminthes ont été observés seulement dans deux stations et majoritairement dans la station d'oued el hamdania S2 (158 individus) et oued chiffa S3 (21 individus) (Fig 51).Ils sont absent dans la station d'oued el mardja (S1).

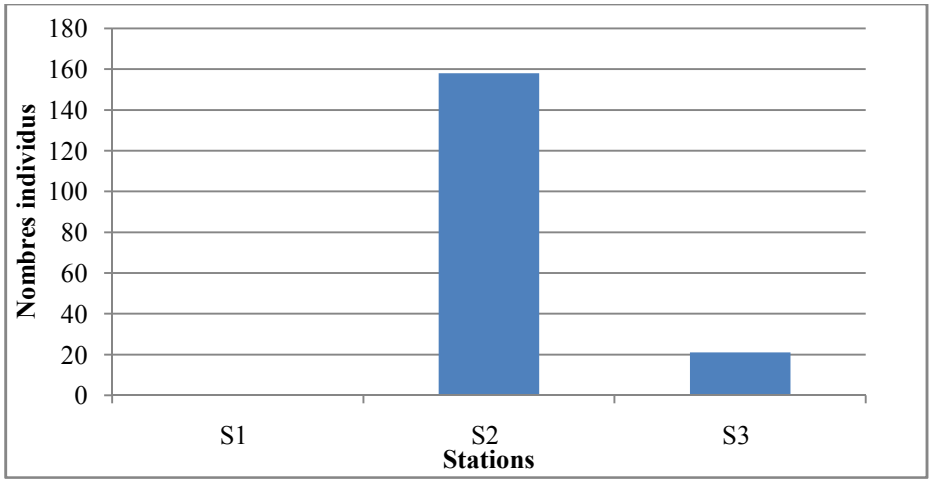


Figure 51: Répartition des Planaires dans les différentes stations de l'oued el mardja(S1), oued el hamdania(S2) et oued chiffa(S3)

2. Mollusques:

Le mollusque (Gastropodes) ont été présente dans les deux stations seulement telle que la station d'oued el hamdania (S2), la plus abadant (135 individus) et d'oued chiffa(S3), le moins abondant (35 individus) (Fig 52).

Les Mollusques ont été représentés essentiellement par les trois familles physidae (157 individus), Ancylidae (9 individus) et Planorbidae(4 individus).

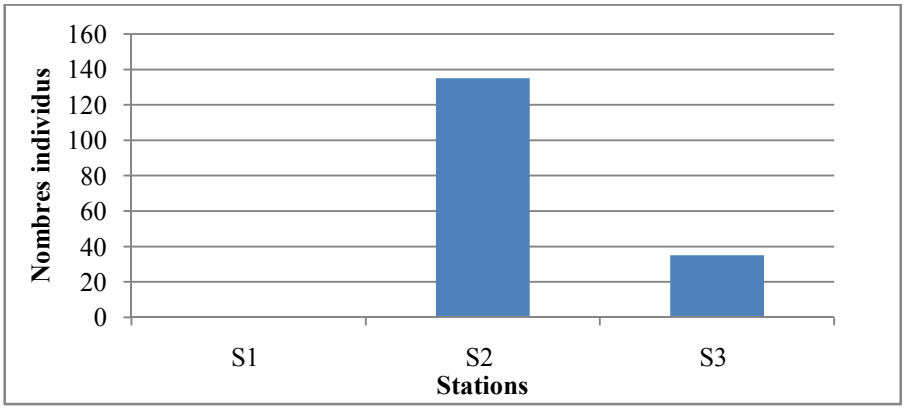


Figure 52: Répartition des Mollusques dans les différentes stations de l'oued el mardja(S1), oued el hamdania(S2) et oued chiffa(S3)

3. Oligochètes:

Les Oligochètes ont été fréquemment disponibles au niveau d'oued el hamdania (S2) avec 61 individus, et moins fréquent dans l'oued chiffa(S3) avec 21 individus (Fig 53). Ils sont absent dans la station de oued el mardja(S1).

Les Oligochètes ont été représentés essentiellement par les deux familles Naididae (46 individus) et Glossiphoniidae (36 individus).

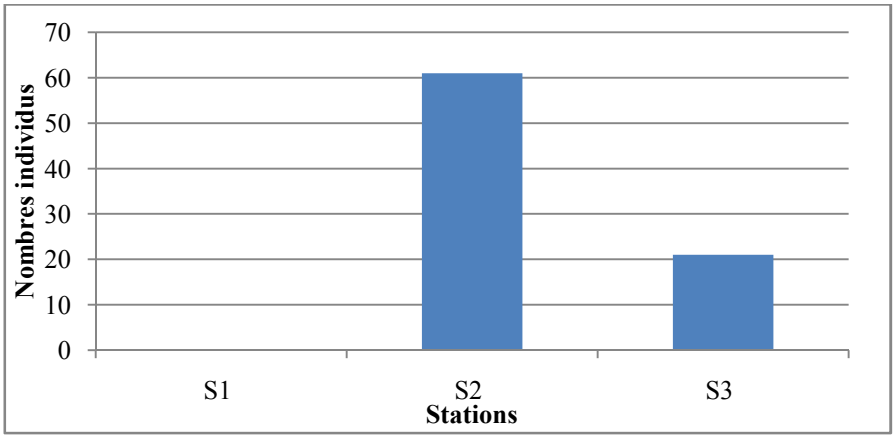


Figure 53: Répartition des Olégochètes dans les différentes stations de l'oued el mardja(S1), oued el hamdania(S2) et oued chiffa(S3)

4. Hydracarienes:

Les Hydracarienes (Arachnides) ont été présenté dans les toutes stations étudies. Ils sont plus fréquents dans les stations d'oued chiffa (S3) avec 23 individus, et moins fréquents dans les stations d'oued el mardja (S1) avec 5 individus et d'oued el hamdania (S2) avec 1individus (Fig 54).

Les Hydracarienes ont été représentés essentiellement par une seule famille oribatidae (13 individus).

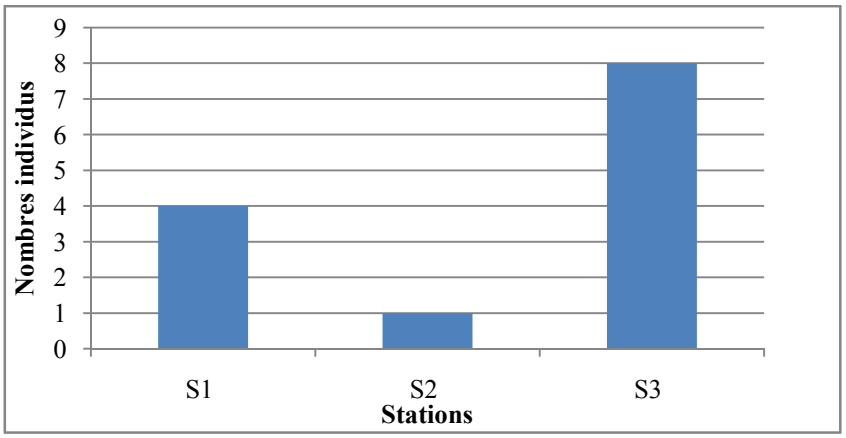


Figure 54: Répartition des Arachnides dans les différentes stations de l'oued el mardja(S1), oued el hamdania(S2) et oued chiffa(S3)

5. Crustacés:

Les crustacés ont été absents uniquement dans une seule station S2 (oued el hamdania).Mais, ont été présent majoritairement dans les stations S3(oued chiffa) avec une abondance de 5 individus et la station d'oued el mardja(S1)avec 2 individus (Fig 55).

Les crustacés ont été représente par un seul taxon : *Atydae (cardina sp)*.

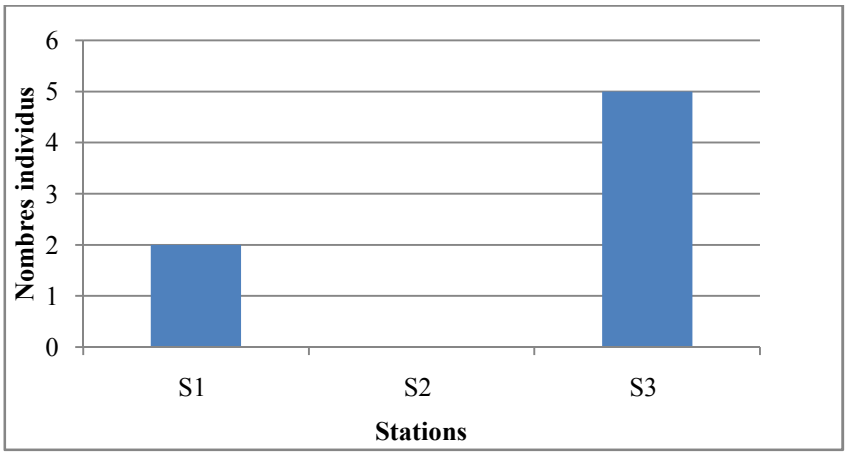


Figure 55: Répartition des crustacés dans les différentes stations de l'oued el mardja(S1), oued el hamdania(S2) et oued chiffa(S3)

6. Némathelminthes

Les Némathelminthes ont été observés seulement dans deux stations et majoritairement dans la station d'oued el hamdania S2 (4 individus) et oued chiffa S3 (1 individus) (Fig 56).Ils sont absent dans la station d'oued el mardja (S1).

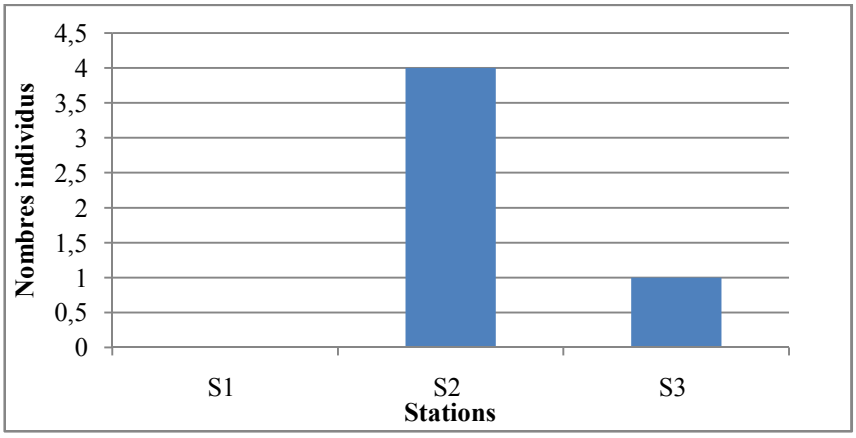


Figure 56: Répartition des Némathelminthes dans les différentes stations de l'oued el mardja(S1), oued el hamdania(S2) et oued chiffa(S3)

1.2. Structure des communautés

Les divers peuplements qui constituent le macro benthos peuvent se définir par un ensemble d'indices et descripteurs qui prennent en considération l'importance numérique des espèces. La description des peuplements récoltés dans chaque station est très importante pour comprendre l'organisation spatiale des peuplements. Elle repose sur l'étude indicielle à laquelle sont associées d'autres séries d'analyses Pour exprimer les différents aspects de la structure des communautés benthiques.

1.2.1. L'évolution de la richesse taxonomique

L'aire d'étude, de par son relief et sa topographie, offre une grande diversité de biotopes aquatiques. La richesse taxonomique stationnelle montre des fluctuations le long des cours d'eau étudiés. Le nombre de taxons varie d'une station à une autre.

Les variations interstationnelles de la richesse spécifique sont montrées dans la figure 57 et tableau 10 ci-dessous :

Tableau 10: Les variations spatiales de la richesse Spécifique des macro-invertébrés

Les stations	**S1**	**S2**	**S3**
Altitude	400m	430m	380m
Richesse spécifique	26	19	29

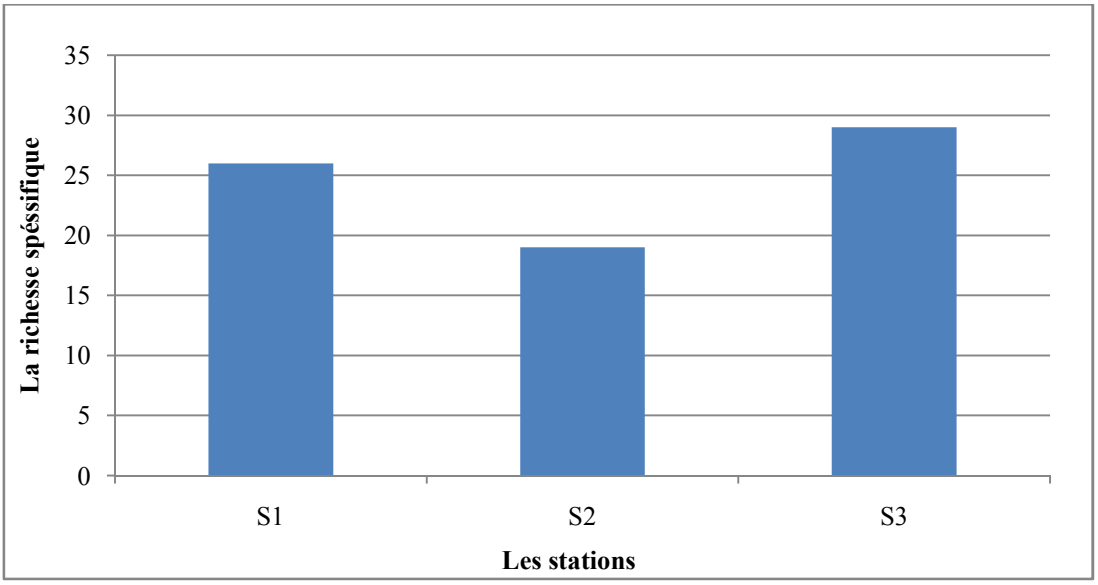


Figure 57: Les variations spatiales de la richesse Spécifique

La richesse maximale est observée dans les stations **S3** d'oued chiffa (29 taxons) et **S1** d'oued el mardja (26 taxons) une altitude respectivement à 380 m et 400 m. tandis que la plus faible richesse taxonomique a été relevée sur la station **S2** d'oued el hamdania (19 taxons) par une altitude 430 m.

Les stations de basse altitude (oued el mardja, oued chiffa) enregistrent une richesse taxonomique comprise entre 26et 29 taxons. Ces zones sont, en effet, des milieux favorables à l'installation d'une faune riche et assez diversifiée. Ce sont des secteurs à 'perturbation intermédiaire' caractérisés par un substrat hétérogène à dominance de roche, de blocs, de galets, des gravies, une vitesse de courant modérée et le fond de l'eau assez élevée.

Dans la station S2 (oued el hamdania), le nombre de taxa récolté est relativement réduit (19 taxons). Cette zone est, en effet, sous l'impact négatif des perturbations anthropiques (rejets d'égouts) que subit ce secteur de cours d'eau. Ceci aussi est due au fond d'eau réduit et au substrat à dominance de sable, vase et de matière organique et la surproduction d'algues (eutrophisation) qui provoque le manque d'oxygène et diminue la qualité des habitats ce qui agit directement sur la diversité des peuplements d'invertébrés.

1.2.2. L'abondance des macro-invertébrés :

L'abondance relative des groupes faunistiques varie considérablement d'une station à une autre, Ces variations spatiales pourraient être attribuées aux diverses influences que subit les milieux et aussi à la nature des différents habitats et la disponibilité des ressources.

Dans la station S1 (Oued el mardja), les macro-invertébrés benthiques identifies cumulaient un effectif de 196 individus (26 taxons). Les *Diptères*, bien que réparties en 4 taxons (essentiellement les *tipulidés*), étaient les plus abondants (31,63 %). Ils étaient suivis par les *Trichoptères* essentiellement les *hydropsychidae* (28,06%), les Ephéméroptères (19,39%) et les *Plécoptères* (8,16%). les *Odonatoptères* totalisaient 7,65 %, les *Hydracariens* (2,04%), les *Coleoptères* (1,76%), *les Crustces* (1,23 %) et enfin les *Hétéroptères* 1% (Figure58).

Les 3 taxons qui dominent le peuplement dans cette station présentent des degrés de sensibilités différents.

Les ordres des *trichoptères* et des *éphéméroptères* sont plus sensible auxperturbations et se distinguent des *diptères* qui sont moyennement sensible et présente une certaine résistance.

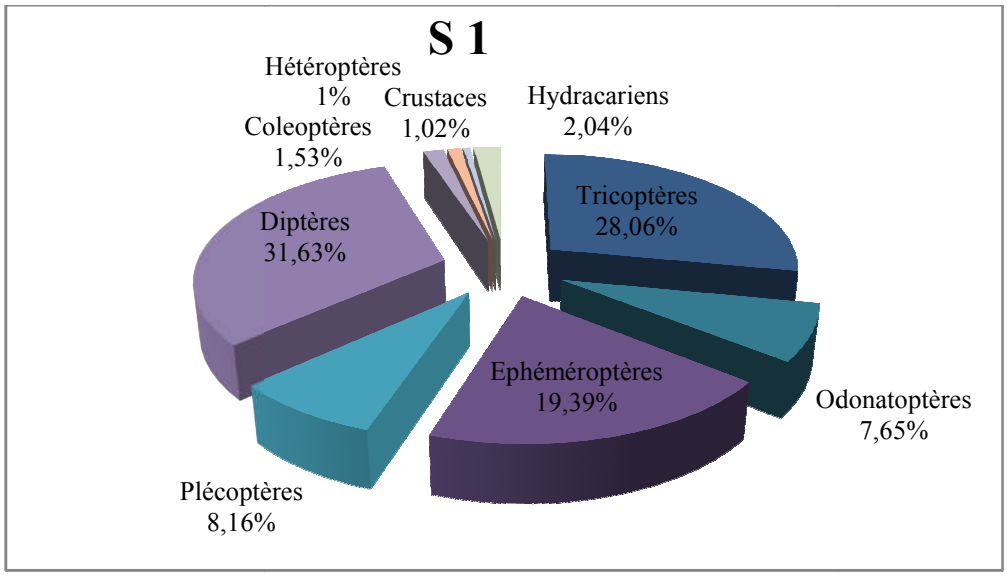


Figure 58: Abondance relative des groupes faunistiques dans la station S1 (Oued el Merdja)

Dans l'oued el hamdania (S2), 19 taxons ont été identifies pour un effectif total de 769 individus(Figure59). Dans cette station, les *Diptères* constituaient le groupe le plus abondant avec 38,75% (298 individus) de l'effectif totale, essentiellement les *chironomidea* (215individus) qui sont caractérisé par leur tolérance à la pollution.

Ils étaient suivis par les *Plathelminthes* (20,55 %), les *Mollusque* (17,56 %), ces groupes figurent parmi les invertébrés qui présentent une tolérance à la pollution et puis les *Ephéméroptères* (14,17 %) et les *Oligochètes* avec environ 8 %. Les autres groupes avec des effectifs très réduits avec moins de 1% a savoir: les *Nématodes* (0,52 %), les *Odonates* (0,26 %), les *Trichoptères* (0,13 %) et les *Hydracariens* (0,13%).

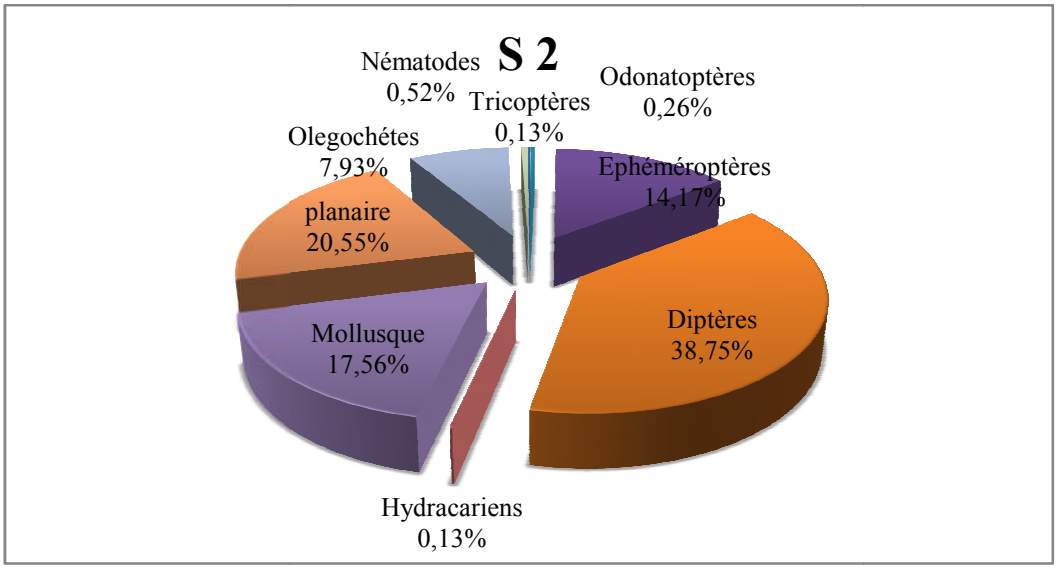


Figure 59: Abondance relative des groupes faunistiques dans la station S2 (Oued el Hamdania)

Dans la station S3 (l'oued chiffa), 29 taxons ont été identifies pour un effectif total de 380 individus (Figure60). Dans cette station, on constate la dominance des *Ephéméroptères* avec 132 individus (environ de 35%), suivit par les *Diptères* (30,53%) essentiellement les *chironomidea* (71 individus), les *oligochètes* (environ de 6%) et les *Mollusques* (9,21%) et qui tolèrent la pollution. Les *Planaires*, les *Hétéroptères*, les *Trichoptères* et les *Hydracariens* représentent respectivement 5,53 %, 3,95 %, 3,68 % et 2,11 % de l'effectif total.

Tandis que les autres ordres sont représentés par une très faible abondance et chacun inferieur a 2% : *Crustacés* (1,32 %), *Odonates* (1,31 %), *Coléoptères* (0,75 %), *Plécoptères* (0,59 %), *Nématodes* (0,26 %) et *Lépidoptères* (0,26 %).

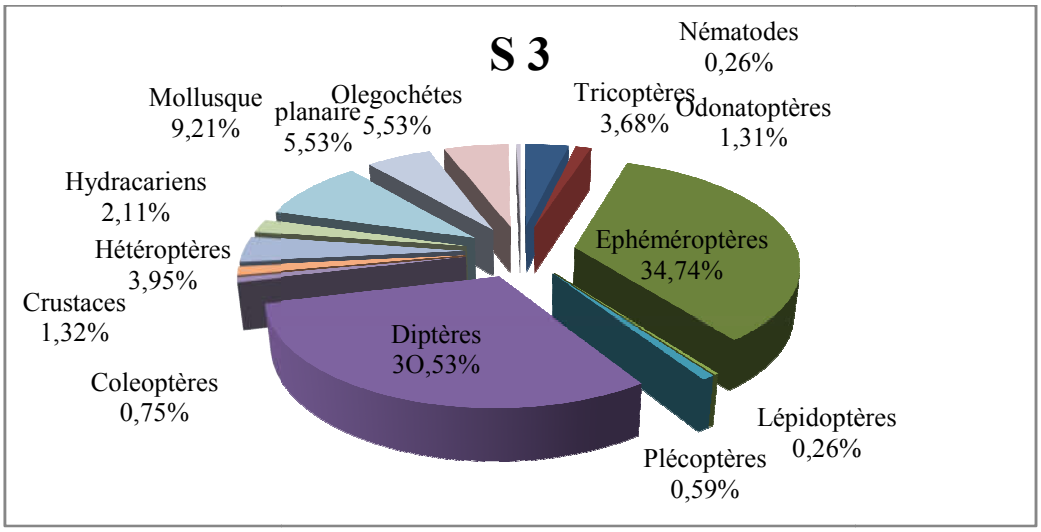


Figure 60 : Abondance relative des groupes faunistiques dans la station S3 (Oued Chiffa)

1.2.3. Fréquence d'occurrence (constante) :

La constance va nous permettre de déterminer le degré de fréquence avec lequel un taxon d'une biocénose donnée va apparaitre dans les prélèvements effectués.

Le tableau (Annexe VII) présente les différentes familles en fonction des classes de fréquence d'occurrence dans les stations S1, S2 et S3.

Dans la station S1 (Oued el merdja), plus de moitié des 26 taxons identifiées (18 Familles) sont des familles accidentelles, et donc moins fréquentes, Six familles : les *Perlidae, chironomidae, Caenidae, Athéricidae, Empididae* et *Baetidae* sont accessoires, moyennement fréquente, deux familles *Hydropsychidae* et *Libellulidae* sont régulières et enfin, un seul taxon de la famille des *Tipulidae* appartient a la classe constante, environ 75 à 100% de présence dans les prélèvements.

Au niveau du site S2 (oued el hamdania), la catégorie de omniprésente est représenté par l'unique famille des *psychidae* qui figure donc dans tout les prélèvements, suivit par les familles *Chironomidae* et *Caenidae* qui sont constante), les *Dugesiidae* et *Simuliidae* sont régulière, puis les *Tipulidae* ,*Naididae* et *Ancylidae* qui sont des familles accessoire et le reste (11 familles), ce sont des éléments, peu fréquents et donc définis comme accidentelles.

Dans la station S3 (l'oued chiffa), nous avons distingué trois classe de constance différentes :

Taxon regulière sont le groupe le mieux représente les *physidae*, *Baetidae Chironomidae, Caenide* et *Tipulidae* .suivit par les familles *Naididae, Simulidae, Dugesiidae, oribatidae, Hydropsychidae* et *Hydropsychidae* sont regroupe dans la classe accessoire.

En dernier lieu on a la classe accidentelle les plus moins fréquents sont les familles *Glossiphoniidae,Empididae* et *Ancylidae.*

Les valeurs des fréquences d'occurrence des groupes faunistiques présents dans les trois stations permettent donc de comprendre comment se répartit chaque groupe dans l'ensemble des cours d'eau. Les fréquences d'occurrences sont représentées dans la figure 61 suivant :

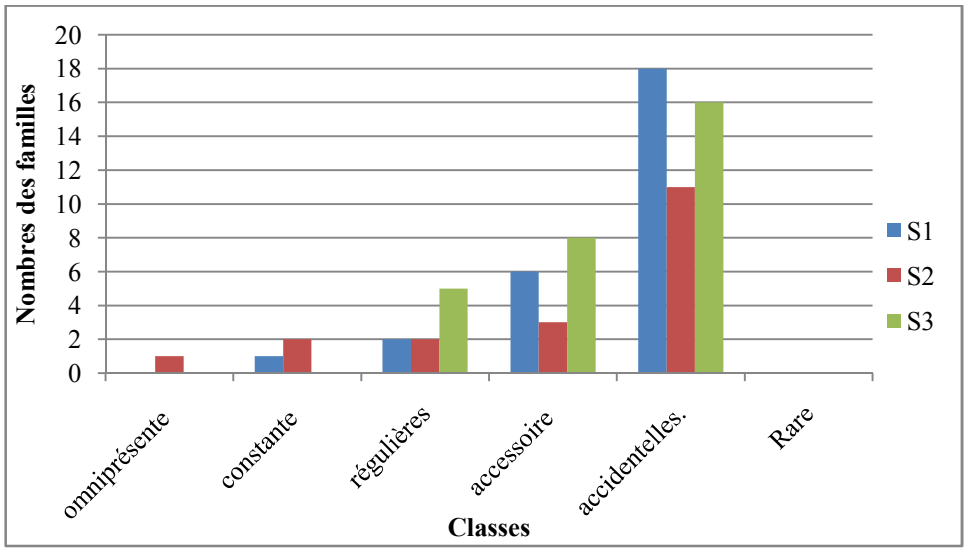


Figure 61 : La réparation des classes d'occurrence pour les trois stations S1, S2 et S3

Ils ont été classés selon un ordre allant des classes omniprésentes à très large répartition vers les taxons rares et très localisées.

Les taxons du peuplement global récolté durant la période d'étude, montrent différents niveaux de constance. (Fig.61)

Le premier niveau est constitué d'une seule famille fréquente présentes dans 100% des prélèvements, il s'agit de famille de *physidea* présent seulement dans la station S2, répartie de façon très large et omniprésente.

La 2èmes niveau est observé sur deux stations S1et S2 présentes dans 75 à 100% des prélèvements, il s'agit d'une seule famille fréquente pour le S1 et deux familles pour le S2, répartie de façon constante.

La 3èmes niveau est observé dans toutes les trois stations S1, S2et S3 présentes dans 50 à 75% des prélèvements, il s'agit des cinq familles fréquentes pour le S 3 et pour les S1 et S2 comptent chacun deux familles fréquentes, répartie de façon régulière.

La 4èmes classe est même observé dans toutes les trois stations S1, S2et S3 présentes dans 25 à 50% des prélèvements, il s'agit des moins fréquents et accessoires, la station S 3 enregistre la présence des huit familles fréquentes suivies par la station S1 avec six familles fréquentes et le S2 avec cinq familles fréquentes.

La 5èmes niveau est constitué la classe le plus mois fréquents, accidentelles et très localises dans les stations d'études présentes dans 5 à 25% des prélèvements, il s'agit des 18 familles fréquente pour le S1 suivies par la stationS3 avec 16 familles fréquentes et la station S2 avec 11 familles fréquente.

En dernier lieu on a la classe Raire présentes dans moins de 5% des prélèvements, il s'agit d'aucune familles dans les trois stations S1, S2etS3.

1.3. La diversité taxonomique

Nous avons de nombreux indices qui ont été utilisés afin d'évaluer la diversité taxonomique, parmi ces indice, L'indice de diversité Shannon- Wiener (H') est le plus couramment utilisé. Cet indice tient compte a la fois du nombre d'individus relative a chaque taxon et de la richesse taxonomique, il a été calculé pour chaque station. L'équitabilité de piélou E qui correspond a l'indice de diversité relative est le rapport de H'/ Hmax, Hmax étant la valeur maximale théorique que H' peut atteindre. Elle renseigne sur la stabilité du milieu par la régularité du peuplement.

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

Tableau 3: Les variations spatiales des différents descripteurs de la diversité

Les Station	S1	S2	S3
N	196	769	380
S	26	19	29
H'	1,04	0,89	1,11
Hmax	1,41	1,28	1,46
E	0,74	0,65	0,76

N : Effectif totale

S : La richesse spécifique

H' : L'indice de Shannon

E : L'équitabilité

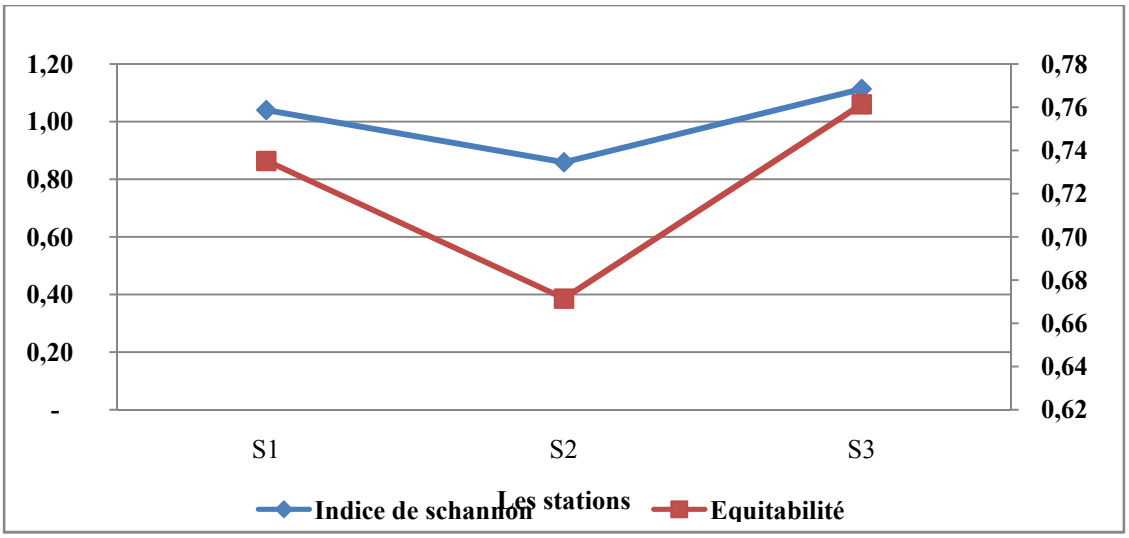


Figure 62: Évolution spatiale de l'indice de diversité de Shannon et l'équitabilité de Piélou dans les trois stations S1, S2et S3

Tout comme la richesse taxonomique et l'abondance, H' et E aussi présentaient des variations en fonction des stations (Tableau 11 et figure 61). La diversité H' oscille entre un minimum de 0,89 (station S2) et un maximum de 1,11(station S3), alors que l'équitabilité varie entre un minimum de 0,65(station S2) et un maximum de 0,76 (station S3).

On peut constater aussi que La diversité et l'équitabilité suivent la même évolution spatiale.

Ces variations peuvent s'expliquer par l'effet des facteurs environnementaux qui varient d'une station a 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 et ce qui va affecter la richesse de chaque site.

La valeur le plus faible de la diversité est enregistrée dans la station S2, avec 0,89. De même le peuplement n'est pas réparti équitablement vue la faible valeur de l'équitabilité avec 0.65. Nous notons une nette dominance de la famille des *chironomidea* (Diptère).

Les valeurs les plus élevées sont enregistrées dans les stations (S1, S3) avec la diversité la plus élevée (de 1,04 à 1,11) et une bonne équirépartition des individus avec des valeurs d'équitabilité de 0,74 et 0,76 respectivement. Ceci ce traduit par un bon équilibre et une bonne structuration des peuplements habitants ces stations. L'allure générale des deux indices à travers les stations indique de façon claire l'augmentation de la régularité des peuplements de l'amont vers l'aval des cours d'eau est suivant un gradient d'altitude descendant.

1.4. Indice de similitude de Jaccard

Le coefficient de similitude ou coefficient de communauté permet de caractériser, objectivement et quantitativement, le degré de ressemblance de deux listes des taxons. À cet effet, différentes formules de coefficient de similitude ont été proposées. Les coefficients de Jaccard (1901), est parmi les plus couramment utilisés.

Celui de Jaccard (1901), qui est un coefficient asymétrique sera utilisé dans la présente étude du fait que les comparaisons à effectuer se feront sur la base de la présence-absence des familles et en croisant deux habitats ou stations différents.

Les résultats des calculs de l'indice de similitude de Jaccard sont mentionnés dans la figure 63 suivant :

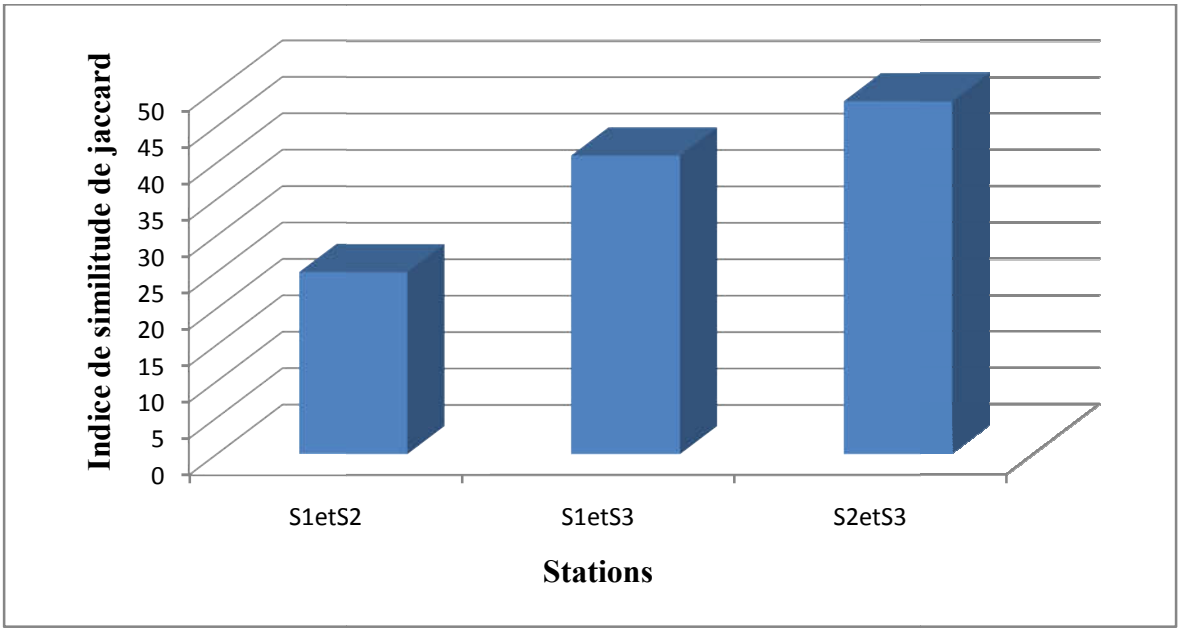


Figure 63: Les pourcentages de l'indice de similitude de Jaccard entre les stations

L'indice de similitude est faible entre les stations S1 et S2 (25%) avec 35 familles communes (Figure 63). les familles pour les deux stations comparés sont totalement différentes indiquant que les différentes conditions de l'habitat déterminent un turn-over des familles importantes.

Dans le cas contraire, il y a une forte similitude en croisant les stations « S2 et S3 » avec 48,48% (32 familles) et entre les stations « S1et S3 » avec 41% (38 familles). Pour chaque croisement, ces stations présentent presque les mêmes caractéristiques et même que les conditions environnementales similaires entre les habitats.

1.5. Résultats du calcul d'IBGN

La grande diversité de formes des macro-invertébrés confère à ce groupe une grande diversité de réponses potentielles aux perturbations, ce qui fait de ce groupe de bons candidats pour la bioévalution.

Les données récoltées durant la compagne de prélèvements sont bien sûr à exploiter, mais il est vraisemblable que l'indice soit un peu sous-estimé (oubli de quelques taxons) vue que la durée de l'étude était interrompue et donc plus au moins courte suite aux circonstances particulières du a la pandémie du Covid-19 (confinement).

Le tableau 12 résume les résultats des analyses l'Indice Biologique Global Normalisé des trois stations sur la région d'étude (PNC).

Tableau 4: Valeurs de l'Indice Biologique Global Normalisé au niveau des stations S1, S2 et S3 (Année 2020)

Station	Alt	V.IBGN	Couleur	Qualité de l'eau
S1	400m	9	Jeune	Moyenne
S2	430m	7	Orange	Médiocre
S3	480m	10	Jeune	Moyenne

Dans la station S1, la valeur obtenue pour l'IBGN=9, révèlent une qualité moyenne de l'eau avec présence de pollution,

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 due a la stagnation de l'eau lors de la période du prélèvement à cause du faible débit qui est susceptible d'engendrer des disfonctionnements de ces écosystèmes aquatiques. Les peuplements qui y vivent sont donc sensible à la gamme des perturbations potentielles (y compris à la fois la dégradation de la qualité de l'eau et la dégradation de l'habitat).Ceci est confirmé par la présence des *Plécoptères* (polluo-sensibles), où nous avons enregistrés leur présence mais avec une faible proportion (8,16%).qu'on trouve que dans les eaux propre et disparaissent à la moindre perturbation.

La valeur la plus faible de l'IBGN est enregistré dans la station S2 avec une note IBGN = 7, indiquant une qualité médiocre des cours d'eau reflétant une pollution importante.

La dégradation de la qualité de l'eau au niveau de cette station, est en effet, sous l'impact négatif des perturbations anthropiques (déchets organique issus des réseaux d'assainissements) que subit ce secteur de cours d'eau.

Le groupe indicateur révèle la sensibilité à la qualité de l'eau. En présence d'une note faible, si le groupe indicateur est bas dans la colonne, on peut supposer que le problème vient de la qualité de l'eau. Ceci est confirmé par la présence des *chironomidea* Qui caractérise les milieux perturbés par des pollutions ou autre. Beaucoup de *chironomidea* sont rouge vif: ils contiennent une hémoglobine particulière qui leur permet de vivre dans des milieux dont la teneur en oxygène peut être très faible. La diminution du taux de dioxygène dans le milieu est le fait de la multiplication du nombre de bactéries. Or ces bactéries se multiplient quand le milieu s'enrichit en matière organique (ce qui est le cas par exemple au niveau des eaux eutrophies).

Dans la station S3, le résultat de l'IBGN montre que la qualité de l'eau est moyenne, la valeur de l'IBGN est plus élevés (IBGN=10) par rapport à la station S2 (IBGN=7), cela est due a son éloignement de la source de pollution organique (rejet d'assainissement).

Nos résultats mettent en évidence une évolution de la note entre les prélèvements. La variabilité naturelle entre les stations avec des conditions naturelles moins favorable est certainement en cause des différences de notes entre les sites. La variété taxonomique est en général bien corrélée à la diversité des habitats. En présence d'une note faible, si le GI est haut et la variété taxonomique faible, on peut penser qu'on a une eau de qualité et un habitat pauvre.

Il est donc préférable d'apporter des améliorations à cet indice, comme la typologie des habitats qui doit être affinée et l'évaluation qui doit s'étendre sur une période plus longue.

La grille de prélèvement peut confirmer les hypothèses : si on a dû doubler beaucoup de prélèvements c'est que l'habitat est pauvre ; la variété taxonomique, et donc la note, s'en ressentira.

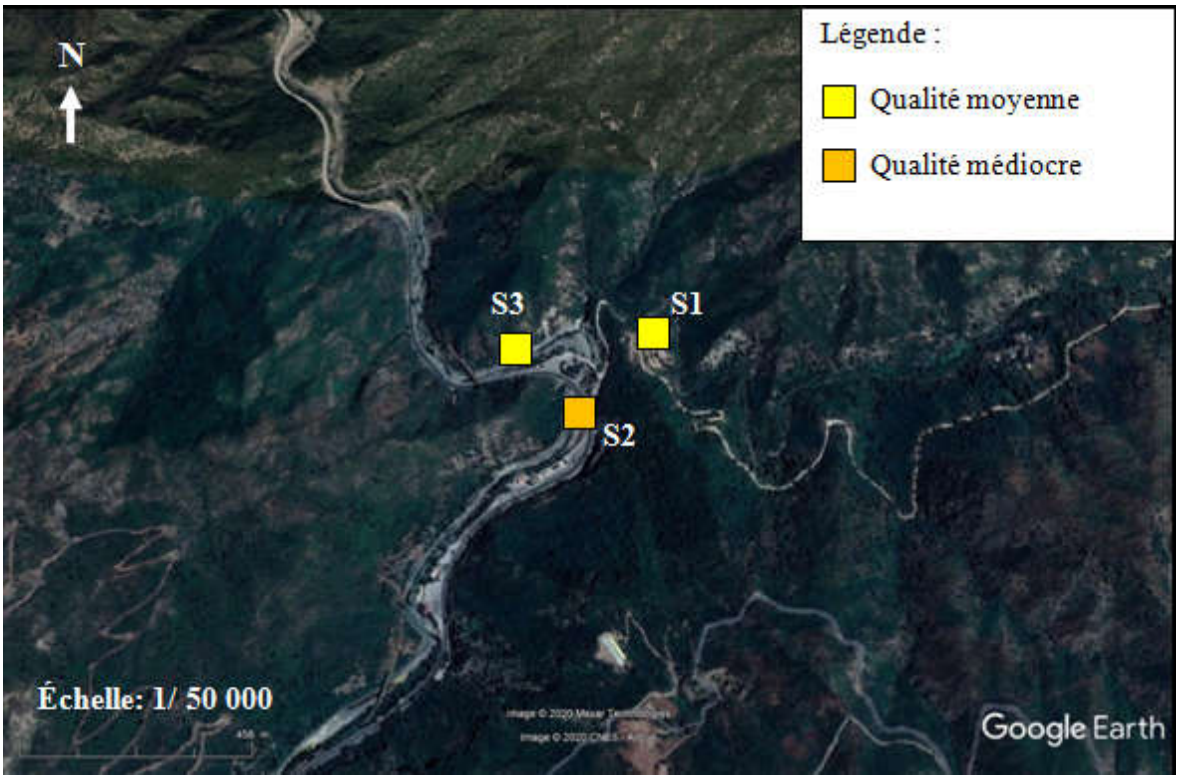


Figure 64: Qualité des cours d'eau étudiés (IBGN).

Discussion

L'analyse globale de la faune *benthique* des 3 cours d'eaux de PNC (oued el mardja, oued el hamdania, oued chiffa) a permis de récolter 1345 macro-invertébrés appartenant à 41 familles et 14 ordres.ils sont récoltes dans 3 stations situées entre 400 et 480 m d'altitude. Le nombre d'individus observé est nettement inferieur à celui trouvé dans l'Oued El Harrach (Bouchelouche et all . 201 3) et dans l'Oued Bouhamdane(Gharbi et Seridi 2018) et dans de oued chiffa et mozaia (Azib N.2013),mais la richesse taxonomique observée(41taxons) est très proche de celle trouvée dans de oued El Harrach avec 40 taxons (Bouchelouche et all . 201 3) et dans de oued chiffa avec 42 (Azib N.2013). La différence de richesse taxonomique observée dans notre étude serait due à la méthodologie adoptée et à la période d'échantillonnage et la topographie, le relief et localisation de la l'aire d'étude.

Les études précédentes faites sur les macro-invertébrés des cours d'eau du Bénin (Agblonon Houelome 2017 , Zinsou et all.2016 , Alhou et all. 2014) et du Niger (Koudenoukpo et al., 2017) ont montré que les insectes sont les communautés les plus prépondérantes mais leur proportion variait substantiellement. Des constats similaires ont été relevés dans nos travaux (32 famille). Tendit que les non insectes, les *Mollusques* avec 3 familles, Annélides (les Oligochètes) avec 2 familles, enfin les *Platelementes*, les *Hydracariens*, les *Némathelminthes* et les *crustacés* qui sont qualitativement faiblement représentés (une seule famille).

Des inventaires réalises dans l'oued mouzaia et oued chiffa, ont donne des résultats sur la richesse faunistique qui se rapprochent aux notres par Arab Ab. (1989) et Azib N. (2013). Les auteurs ont identifie 7 ordres dans la classe des insectes dont les Diptères, les Ephéméroptères, les Trichoptères, les odonates, les Hétéroptères, les coléoptères, et les Plécoptères. Seul le l'ordre de lépidoptère a été identifie dans ce travail. Parmi les insectes les Diptère et les Ephéméroptères étaient les plus diversifies et les plus abondants. Alors que le contraire se produit dans d'autres zones situées au sud-ouest de l'Afrique (par exemple au Guinee, ou les Coléoptères sont les plus diversifies (Tenkiano N. S.D., 2017).

Les Diptères se caractérisent par leur grande diversité tant sur le plan écologique que biogéographique. Les premiers travaux sur certaines familles de cet ordre en Algérie ont été publiés par EDWARDS (1923) et PARROT (1919). Sur nos cours d'eau oued el mardja, oued el hamdania et oued Chiffa, Le matériel biologique récolté est composé de

larves, de nymphes et d'adultes. 476 individus appartenant à 7 familles ont été dénombrés dans l'ensemble des stations étudiées.

Ces Diptères se placent en première position sur le plan abondance avec 35,39 %. Ils sont abondants dans tout des stations mais leur répartition est hétérogène. Ils sont surtout présents au niveau de S2 et S3 avec respectivement 298 et 116 individus. En effet, selon MOUBALED (1986), les éléments de ce groupe d'insecte possèdent non seulement une large distribution altitudinale, mais aussi une grande capacité de coloniser divers biotopes pollués ou non pollués.

Les *Chironomidae*, avec 292 individus, soit 61,34 % des Diptères et 21,71 % de la faune totale, sont de loin les plus abondants. Les *Chironomidae* sont très répondus dans les cours d'eau étudiés, dont les habitats sont caractérisés par un substrat riche en sable, en vase et en matière organique (issus la pollution organique), offrant des conditions fortement favorables à la prolifération des stades immatures.

Ces Ephéméroptères se placent en deuxième position sur le plan abondance de la faune benthique récoltée avec 2O,74 %. 279 individus répartis 7 familles (Leptophlebiidae, Baetidae, Hyptageniidae, Oligoneuriidae, Caenidae, Ameletidae et Isonychiidae) ont été récoltés dans les stations étudiées. Cette presque la même richesse taxonomique avait déjà été signalee par Arab Ab. (1989) dans les cours d'eau de Mouzaia et chiffa (8 famille), par Azib N. (2013) dans 3 cours d'eaux d'oued chiffa (8 famille).

La répartition des Ephéméroptères dans les différentes stations étudiées met en évidence leur importance dans les stations d'oued el hamdania et oued chiffa (stations S2, S3) qui constituent les zones les plus hétérogènes. En effet ces secteurs de cours d'eau dont les habitats sont caractérisés par un substrat hétérogène riche en matière organique légère, offrant des conditions fortement favorables au développement d'une faune plus abondante et assez diversifiée.

Les premiers travaux sur ce groupe faunistique en Algérie *remontent* à ceux de Morton (1896) sur les Trichoptères puis à Navas (1917) et ceux de Lestage (1925).

Les Trichoptères des cours d'eau étudiés sont relativement peu fréquents et peu abondants par rapport aux Diptères et aux Ephéméroptères. Nous avons récolés 70 individus, soit 5,20 % de la faune totale, repartis en 4 familles.

Dans le bassin méditerranéen, les Trichoptères constituent le groupe le plus diversifié des communautés lotiques (Giudicelli et al, 1985). Les Trichoptères récoltés sont

essentiellement représentés par les *Hydropsychidae* (*Hydropsyche*) : 60 individus, soit 85,71 % du peuplement. Ces *Hydropsychidae* est largement dominantes dans la station S1 de oued el mardja aussi bien dans les secteurs des cours d'eau rapides qui dans les secteurs à courant faible.

En effet, les éléments de ce groupe d'insectes sont considérés par de nombreux auteurs, comme légèrement polluo-résistants et très aptes à recoloniser un substrat en grande partie déserté par les espèces fragiles.

Selon AGUESSE (1968), les Odonates ne sont pas seulement des indicateurs de la nature d'un milieu aquatique mais aussi un indicateur de sa richesse en faune aquatique. Dans les cours d'eau étudiés, l'abondance des odonates est très faible : 22 individus seulement (soit 1,63% de la faune totale ont été récoltés). Ils appartiennent à quatre familles. Le nombre de famille observé est double à celui trouvé dans l'Oued mouzaia et chiffa, ont été signalée par Arab Ab. (1989) et Azib N. (2013) .l' effectif de peuplement de cette ordre de l'insecte est plus fréquent dans la station d'oued el mardja S1.

MOUBAYED (1986), signale que les densités et la diversité des Odonates sont sous l'action combinée du couvert végétal, du courant modéré et du substrat grossier, ou aux macrophytes de bordure, au courant lent et au substrat meuble.

Les études hydrobiologiques récentes (Bouzidi & Guidicelli, 1994 ; Gagneur & Aliane, 1991 ; Boumaiza, 1994 ; Berrahou *et al.,* 2001 ; Lounaci & Vinçon, 2005) ont mis en évidence la faible diversification du peuplement des Plécoptères dans les écosystèmes lotiques d'Afrique du Nord . Les Plécoptères inventoriés dans ce travail sont représentés en faibles proportions comparés aux Diptères, aux Ephéméroptères, aux Trichoptères et aux Odonatoptères. En effet, la prospection des trois stations nous a permis d'inventorier un total de 19 individus soit 1,41 % de la faune totale. Ils sont réparties en quatre familles .la station de oued el hamdania est marquée par l'absence des plécoptères. Nos observations vont dans le même sens, les plécoptères ont été, pour la plupart, récoltés dans les stations d'altitude égale à 400 m : oued el mardja S1, d'altitude égale à 380m : oued chiffa S3.Oued chiffa reprisent un petit nombre d'éléments de ce groupe d'insectes, la faible diversité ou même l'absent de ce groupe dans ces stations est due probablement à la pollution organique de ce secteur.

En effet, Tuffery & Verneaux (1967), Dia & Legier (1980), Thomas (1981) et Giani (1983) ont montré que les eaux de forte moyenne thermique journalière sont les plus

pauvres en plécoptères, ainsi que les eaux soumises à des pollutions organiques, même légères, ce groupe y étant particulièrement sensible.

L'analyse de la répartition de la faune récoltée a mis en évidence leur grande diversité dans les d'altitude. Le nombre de taxons varie d'une station à une autre. La richesse maximale est observée dans les stations de basse altitude : S3 d'oued chiffa (29 taxons) et S1 d'oued el mardja (26 taxons) une altitude respectivement à 380 m et 400 m. tandis que la plus faible richesse taxonomique a été relevée sur la station S2 d'oued el hamdania (19 taxons) par une haute altitude 430 m. L'indice de Schannon montre une diversité varies entre 0,89 et 1,11. La diversité la plus élevée est notée dans la station S3 avec sa richesse taxonomique plus élevé (29 Taxons) .vient en suit se joindre a ce groupe la station S2. Enfin la station S3, présentent la diversité la plus faible.

Et notamment, nous avons déjà recensées des certains similitudes entres les trois stations (S1, S2et S3).Il y a une faible similitude entre les stations S1 et S2 (25%) avec 35 familles communes. les familles pour les deux stations comparés sont totalement différentes indiquant que les différentes conditions de l'habitat déterminent un turn-over des familles importantes. Dans le cas contraire, il y a une forte similitude en croisant les stations « S2 et S3 » avec 48,48% (32 familles) et entre les stations « S1et S3 » avec 41% (38 familles). Pour chaque croisement, ces stations présentent presque les mêmes caractéristiques et même que les conditions environnementales similaires entre les habitats.

L'étude de la qualité hydro biologique des cours d'eau échantillonnes, apprécié par la méthode de l'IBGN a montre une hétérogénéité de la qualité de l'eau.ces résultats montre la variation de la valeur de l'IBGN dans la plus part des compagnes : passage delà classe de qualité moyennes à un classe qualité médiocre. Ces observations sont similaires à celles faites dans l'Oued El Harrach (Fergani et Arab, 201 3). En effet, elle varie de moyenne à médiocre pour l'ensemble des stations à l'exception des stations les plus en amont du réseau où les eaux sont dotées d'une bonne qualité, ils sont trouvés que le risque de déséquilibre vu les différentes actions d'eutrophisation telle que l'extraction du sable, pompage de l'eau, l'élevage du bovin ovin…etc.

On obtient ici une qualité hydrobiologique moyenne pour la première station S1 de oued el mardja avec un IBGN égale à 9, la dégradation de la qualité de l'eau au niveau de cette station, par rapport aux autres stations, due a la stagnation de l'eau lors de la période du prélèvement à cause du faible débit qui est susceptible d'engendrer des

disfonctionnements de ces écosystèmes aquatiques. Les familles présentes sont peu exigeantes vis-à-vis de la qualité de l'eau et du milieu, Elles appartiennent à des groupes plus ou moins polluo-résistants tels que les Ephéméroptères et les Trichoptères.

Dans la station S2 d'oued el hamdania, présente une qualité hydrobiologique médiocre. En effet, on constate ici une baisse de la diversité taxonomique liée à l'uniformisation du milieu, et la disparition conjointe des taxons les plus polluo-sensibles indiquant une probable dégradation de la qualité de l'eau.

Les groupes faunistiques les plus représentés sont les Diptères(*Chironomidae*), les Ephéméroptères. Les taxons présentant les effectifs les plus importants au sein de ces groupes correspondent à des familles détritivores, liées à la présence de matières organiques (rejet d'assainissement), et donc peu exigeantes vis-à-vis de la qualité du milieu. Dans la station S3 d'oued chiffa, présente une qualité hydrobiologique moyenne, cela est due a son éloignement de la source de pollution organique (rejet d'assainissement).

Conclusion

Conclusion

Le parc national de Chréa présente plusieurs originalités liées, d'une part à sa situation naturelle en plein centre de l'atlas blidéen assurant la transition entre deux ambiances climatiques l'une sous influence maritime et l'autre plus au moins aride et d'autre part à son état perturbé engendré par une action anthropique.

cette étude préliminaire menée durant la période du 19 Février au 10 Mars 2020 au niveau du PNC, a permis de caractériser la macrofaune benthique de certains cours d'eau du PNC (oued el mardja, oued el hamdania , oued chiffa) et d'apprécier leur qualité.

D'autres analyses physico-chimique (Température de l'eau, O_2 dissous, salinité, conductivité...) qui ont été prévus pour discuter la distribution et la structuration des peuplement des macro-invertébrés n'ont malheureusement pas pu avoir lieu vu les circonstances particulières du a la pandémie.

L'étude faunistique nous a permis de récolter (41 taxons) avec un effectif global de 1345 individus, appartenant à 5 groupes faunistiques principaux (Arthropodes, Annélides, Mollusques, Némathelminthes, Plathelminthes).Ils sont récoltés dans 3 stations situées entre 380m et 430m d'altitude.

Les groupes les mieux représentés sont les *Diptères* et les *Ephéméroptères*. Ils comptent chacun 7 familles. Viennent ensuite les *Trichoptères*, les *Plécoptères* et les *Odonates* (4 familles), les *Coléoptères* et les *Mollusques* (3 familles), les Oligochètes et les Hétéroptères (2 familles), les *Platelementes*, les *Hydracariens*, les *Némathelminthes,* les *Lépidoptères* et les *crustacés* (01 famille).

L'analyse de la répartition de la faune récoltée a mis en évidence leur grande diversité dans les d'altitude. Les stations de basse altitude (oued el mardja S1 et oued chiffa S3) enregistres une richesse taxonomique comprise entre 26 et 29 taxons, une altitude respectivement à 380 m et 400 m. tandis que la plus faible richesse taxonomique a été relevée sur la station d'oued el hamdania S2 (19 taxons) par une haute altitude 430 m. L'indice de Schannon montre une diversité varies entre 0,89 et 1,11. La diversité la plus élevée est notée dans la station S3 avec sa richesse taxonomique plus élevé (29 Taxons) .vient en suit se joindre a ce groupe la station S2. Enfin la station S3, présentent la diversité la plus faible.

L'indice de similitude a mis en évidence leur faible similitude entre les stations S1 et S2 (25%) avec 35 familles communes. les familles pour les deux stations comparées sont totalement différentes indiquant que les différentes conditions de l'habitat déterminent un turn-over des familles importantes. Dans le cas contraire, il y a une forte similitude en croisant les stations « S2 et S3 » avec 48,48% (32 familles) et entre les stations « S1et S3 » avec 41% (38 familles). Pour chaque croisement, ces stations présentent presque les mêmes caractéristiques et même que les conditions environnementales similaires entre les habitats.

L'étude de la qualité hydrobiologique des cours d'eau échantillonnées par la méthode d'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN) a montré un variation de la qualité de l'eau et du milieu. Les valeurs de l'Indice ont classé la qualité des cours d'eau étudiés qui varie de moyenne à médiocre dans toutes les stations, a montré que ce cours d'eau est dégrader ou de site S1 qui reçoit a la stagnation de l'eau lors de la période du prélèvement à cause du faible débit qui est susceptible d'engendrer des disfonctionnements de ces écosystèmes aquatiques et du site S2 et S3qui reçoit des rejets d' assainissement(pollution organique) .Par conséquence, L'accroissement de la qualité des polluants, déversés dans le cours d'eau, présente un risque permanent sur l'écosystème et la santé publique .

Ce travail n'est en fait qu'une ébauche permettant de savoir d'abord la richesse et la diversité faunistique 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 à une étude dynamique complète. Nous envisageons d'effectuer des suivis mensuels et réguliers à long terme avec un plus grand nombre de stations afin mettre en valeur l'influence des facteurs du milieu sur la distribution de la faune et pour mieux évaluer l'impact des perturbations sur la biodiversité. Ces peuplements aquatique, et qui comme tous les autres organismes, sont soumis en permanence à des contraintes environnementales très fortes qui conditionnent leur survie

Il est nécessaire donc d'établir des séries d'analyse des paramètres physico-chimiques (température, pH, DO, salinité, conductivité ;.....) de façon concomitante avec l'échantillonnage de la faune benthique.

D'autres inventaires de la faune sont indispensables pour améliorer les connaissances et établir une liste des différentes espèces de macro-invertébrés qui colonisent ces écosystèmes aquatiques d'eau douce dans le PNC.

il s’avère donc nécessaire d’étendre la caractérisation de la qualité des eaux à tout le réseau hydrographique afin de faire un état des lieux des macro-invertébrés présents dans le parc et d’évaluer l’état de santé écologique de ces milieux aquatiques.

Références bibliographique

Agblonon Houelome T. M. A., Adandedjan D., Chikou A., Imorou Toko I., Koudenoukpo Z. C., Youssao I.et Laleye P. (2017), Inventaire et caractéristiques faunistiques des macroinvertébrés de la rivière Alibori dans le bassin cotonnier du Bénin, Int. J. Innov. Appl. Stud., Vol. 21, No 3 433 - 448

Alhou B., Issiaka Y., Awaiss A.et Micha J.-C. (2014). Premier inventaire des macroinvertébrés du fleuve Niger à Niamey comme bioindicateurs de la pollution urbaine et industrielle, Hydroécologie Appliquée, Tome, 18 139 - 163

Amiard et Amiard- Triquet C. (2008) . Les biomarqueurs dans l'évaluation de l'état écologique des milieux aquatiques. Paris, Lavoisier, 400p.

Arab, Ab. (1989). Etude des peuplements d'invertebres et de poissons appliquee a levaluation de la qualite des eaux et des ressources piscicoles des oueds mouzaia et chiffa Mémoire de Magister **:** Hydrobiologie. Universite des *sciences eu* de la technologie houari boijmedienne.Algerie, 70-80 pp.

Azib, N. (2013). Macro-invertébrés et qualité biologique des eaux d'oued chiffa mémoire de fin d'étude pour obtienne diplôme de master 2 :sience iologique,resturation des mllieux aquatique continenteux.Université de saad dahleb de blida.Algirie. 46 P.

Bachelet, G. (1987). Processus de recrutement et rôle des stades juvéniles d'invertébrés dans le fonctionnement des systèmes benthiques de substrat meuble en milieu intertidal estuarien. Thèse d'Etat, Université de Bordeaux I, 478 p.

Barbour , M. T., Gerritsen Snyder, J., B. D. et Stribling, J. B. (1999). Rapid Bioassessment Protocols for Use in Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macro-invertebrates, and Fish, 2e édition, Washington, D.C., U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, EPA841-B-99-002, 11 chapitres, 4 annexes, [http://www.epa.gov/owow/monitoring/rbp/wp61pdf/ rbp.pdf].

Barbault, R. (1993). Une Approche Ecologique De La Biodiversité, Natures Sciences Sociétés, 1 (4), p324

Beat, O. et Pierre, A. (2013). «Mares et étangs :écologie , conservation gestion, valorisation »Romandes .481 P.

Bélanger , D. (2009). Utilisation de la faune macro-benthique comme bioindicateur de la qualité de l'environnement marin côtier. Mémoire de maitrise en biologie incluant un

cheminement de type cours en écologie internationale. Université de Sherbrooke, Québec, Canada. 74p

Belhaouari, B., Achour, T., Mebarki, D., Branine, A.(2017). utilisation des macroinvertebres benthiques et des macrophytes pour evaluer la degradation de la qualité de l'eau de l'oued chelefe(Algerie). *Revue des BioRessources, Vol 7 N° 2 ,91- 98.*

Berahou,A. Cellot, B. & Richoux ,P.(2001). Distribution longitudinale des

macroinvertébrés benthiques de la Moulouya et de ses principaux affluents (Maroc), *Ann.Limnol.* 37(3) : 223-235.

Bouchelouche, D., Derradji, N., Arab , A. (201 3). Utilisation des macroinvertébrés benthiques comme bio indicateurs de pollution d'Oued El-Harrach. USTHB-FBS-4th International Congress of the Populations & Animal Communities "Dynamics & Biodiversity of the terrestrial & aquatic Ecosystems""CIPCA4"TAGHIT (Bechar) – ALGERIA, 19-21.

Bouzidi, A. & Guidicelli. J (1994). Ecologie et distribution des macroinvertébrés des eaux courantes du Haut-Atlas Marocain. *Rev. Fac. Sci. Mar.,* 8 : 23 – 43.

Boissonneault, Y.(2005). L'utilisation de l'Indice diatomées de l'Est du Canada (IDEC) pour cibler les milieux perturbés prioritaires In OBVRL, Caractérisation des écosystèmes aquatiques et de la qualité de l'eau du bassin versant de larivière du loup (Mauricie).

Carmen, T. A., Evan, T. W. et Tyler, M. S.,(2015). Aquatic Macroinvencbrates: Biological Indicators ofStrearn Health. Biosyslems and Agricultural Engineering. 5p.

Carrizo, S.F., Smith, K.G. and Darwall, W.R.T. (2013). Progress towards a global assessment of the status of freshwater fishes (Pisces) for the IUCN Red List: application to conservation programmes in zoos and aquariums. International Zoo Yearbook, 47, 46–64.

Collen B., Whitton, F., Dyer, E.E., Baillie, J.E., Cumberlidge, N., Darwall, W.R.T., Pollock, C., Richman, N.I., Soulsby, A.-M. and Böhm, M. (2014). Global patterns of freshwater species diversity, threat and endemism. Global Ecology and Biogeography, 23, 40–51.

Cummins, K. W. (1975). Macroinvertebrates, In B. A. Whitton (eds.), River ecology, Blackwell, London. 170-198.

Cuttelod, A., García, N., Abdul Malak, D., Temple, H. and Katariya, V. (2008). The Mediterranean: a biodiversity hotspot under threat. In: J.- C. Vié, C. Hilton-Taylor and S.N. Stuart (eds). The 2008 Review of The IUCN Red List of Threatened Species. IUCN Gland, Switzerland. Garcia-Moreno, J., Harrison, I., Dudgeon, D., Clausnitzer, V., Darwall,

Davidson, N. (2014). How much wetland has the world lost? Long-term and recent trends in global wetland area. Marine and Freshwater Research, 65, 934–941.

DE BELLO, F. et al. (2007). Grazing effects on the species-area relationship : Variation along a climatic gradient in NE Spain.- Journal of Vegetation Science 18 (2007) : 25-34 p

Dejoux, C., Elouard, J. M., Forge, P. et Maslin, J. L. (1981). Catalogue iconographique des insectes aquatiques de Côte d'Ivoire. ORSTOM 42, 178 p.

Demoulin , G. (1981). Ephéméroptères. In Durand J.R. et Lévêque C. (eds.), Flore et Faune aquatiques de l'Afrique Sahélo-Soudanienne, Tome II. Editions de l'ORSTOM, Paris, France. 407-443.

Edwards F.W., (1923). On some algerian spacies of simulium. Arch, Ent Pasteur. Algérie, 1 (4), 647-653.

Ellis, A. E. (1978). British freshwater bivalve Mol1usca, in synopses, British Fauna, Ed. Academic Press., London, n° 11, 104 p.

Elouard, J. M.(1981). Insectes, Introduction et clé des ordres. In Durand J.R. et Lévêque C. (eds.), Flore et Faune aquatiques de l'Afrique Sahélo-Soudanienne, Tome II. Editions de l'ORSTOM, Paris, France. p 391-402.

Farrell,W., Savy,T.C., Tockner, K. and Tockner, K. (2014). Sustaining Freshwater Biodiversity in the Anthropocene. In: The Global Water System in the Anthropocene. Challenges for Science and Governance. Bhaduri A., Bogardi J., Leentvaar J. and Marx S. (Eds.). Springer Cham Heidelberg New York Dordrecht Londo Riservato, E. et al. (2009). The Status and Distribution of Dragonflies of the Mediterranean Basin. Gland, Switzerland and Malaga, Spain: IUCN. Vii + 33 pp.

Fergani, H. & Arab, A. Utilisation des macro-invertébrés benthiques comme bioindicateurs de pollutiond'Oued El-Harrach.USTHB-FBS-4th International Congress of

the Populations & Animal Communities “Dynamics & Biodiversity of the terrestrial & aquatic Ecosystems""CIPCA4"TAGHIT (Bechar) – ALGERIA, 19-21.

Gagneur, J. & Aliane, N. (1991). Contribution à la connaissance des Plécoptères d’Algérie. In : Albatercedor, J. & Sanchez-Ortega, A. (eds.), Overview and strategies of Ephemeroptera and Plecoptera : 311-323. – Sandhill Crane Press Inc., Grainesville FL,USA.

Grall, J. et Hily, C. (2003). Traitement des donnés situationnelles (Faune) . Rebint. FT.10- 2003 -01. Doc

Gagneur, J. & Aliane, N. (1991). Contribution à la connaissance des Plécoptères d’Algérie. In : Albatercedor, J. & Sanchez-Ortega, A. (eds.), Overview and strategies of Ephemeroptera and Plecoptera : 311-323. – Sandhill Crane Press Inc., Grainesville FL,USA.

Gagnon, E. et Pedneau, J. (2006). **Survol Benthos, guide du volontaire, programme de surveillance volontaire des petits cours d'eau. CVRB, Québec. Canada. 32p.**

Giudicelli J., Dakki M. et Dia A. (1985). Caractéristiques abiotiques et hydrobiologiques des eaux courantes méditerranéennes. Verh. Internàt. Verein. Limnqi., 22, 2094-2101.

Hellawell, J. M. (1986). Biological Indicators of Freshwater Pollution and Environmental Management, Londres, Elsevier, 546 p

Johannsen O. A.(1977). Aquatic Diptera- 4e réédiction des mémoires n° 164 (1934), 177 (1935) et 210 (1937) publiés par Cornell University, 369 p.

Koudenoukpo , Z. C., Chikou, A., Imorou Toko, I., Togouet, S.H.Z., Tchakonte, S., Hazoume, R., and Piscart, C. (2017). Diversity of aquatic macroinvertebrates in relationship with the environmental factors of a lotic ecosystem in tropical region: the Sô river in South-East of Benin (West Africa), J. Entomol. Zool. Stud., Vol. 5, No 4 ,01 - 10

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.

Mary, N.(2017). Les macro-invertébrés benthiques des cours d'eau de la Nouvelle-Calédonie.Guide d'identification. Version révisée 2017. DAVAR Nouvelle-Calédonie, OEIL,CNRT. 182 p.

Morto, (1896) . Hydroptili.dae coliected in Algeria by Eaton.Ent month mag, p102.

Moubayed, Z. (1986). Recherches sur la faunistique, l'écologie et la zoogéographie de trios réseaux hydrographiques du Liban: l'Assi, le Litani et le Beyrouth. Thèse de Doctorates Sciences, Univ. Paul Sabatier, Toulouse : 496 p.

Moisan J. et 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 macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec, 2010 – 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, ISBN : 978-2-550-58416-2 (version imprimée), 82 p. (incluant 1 ann.).

Navas , S.L. (1917). Trichoptère nouveau de l'Algérie. Bull.Soc.Hist.Nat.Afr. du Nord.p15.

Neveu, A. (2001). Les invertébrés aquatiques, bioindicateurs de perturbations. Détermination de la qualité des cours d'eau par l'IBGN. In Neveu A., Riou C., Bonhomme R., Chassin P. et Papy F. (eds.), L'eau dans l'espace rural vie et milieux aquatiques, Universités Francophones. INRA Editions. Paris. p 223-229.

ONEMA. (2012). Fiche le milieu aquatique : les agences de l'eau , Le ministère de l'écologie de développement durable et de l'énergie, ,pdf, p11 [http://www.lesagencesdeleau.fr/wp-content/uploads/2012/07/11-Fiche-milieux aquatiques_web.pdf]

Parrot l., (1949). Quelques notes sur les Simulidae d'Aigerie. Arçh. it. 2ste Aigerje, 27 (3), 273-275.

Ramade, F. (1998). «Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau : Biogéochimie et écologie des eaux continentales et littorales». Edit : Ediscience international, Paris. 786 p.

Riba , G. et Silvy, C. (1989). Combattre les ravageurs des cultures. Enjeux et perspectives, INRA

Rousseau, E. (1921). Larves aquatiques d'Europe. Off Publicité, n° 621,2, 343-967

Samraoui, B., Boudot, J-P., Ferreira, S., Riservato, E., Jovic, M., Kalkman, V.J. and Schneider, W. (2010). The status and distribution of dragonflies. In: Garcia, N., Cuttelod, A. and Abdul Malak, D. (Eds) The status and distribution of freshwater biodiversity in Northern Africa. Chapter 5. IUCN, Gland, Switzerland, Cambridge, UK, and Malaga, Spain Darwall W., Carrizo S., Numa C., Barrios V., Freyhof J. et Smith K. (2015). Les Zones clés pour la biodiversité d'eau douce dans le hotspot du bassin méditerranéen. Un éclairage pour la conservation des espèces et la planification du développement dans les écosystèmes d'eau douce. Cambridge, Royaume-Uni et Malaga, Espagne : UICN. x + 86pp.

Schulze, E.D. et Mooney, H.A. (1993). Biodiversity and Ecosystem Function, Berlin, Springer-Verlag

Strayer, D.L. and Dudgeon, D. (2010). Freshwater biodiversity conservation: recent progress and future challenges. Journal of The North American Benthological Society, 29, 344–358.

Stantec, (2012a). Projet Sisson : Rapport Final D'évaluation De L'impact Sur l'environnement (eie) : milieu aquatique,(2015),section 8-5 ,p8, [http://www.sissonpartnership.com/i/seiar/1-Final-EIA Report/f/2/Sisson_EIE_Final_Fev2015_Section_8_5_Milieu_Aquatique_FR.pdf].

Sullivan, A.et Jacque, T.(2003). Système de référence d'impact- les effets des hydrocarbures sur l'environnement marin : Impact des hydrocarbures sur la faune et la flore. In Commission européenne, Système d'information de la Communauté pour la maîtrise et la réduction de pollution. CNRS édition, Paris, France, 588 p.

Tachet, H., Richoux, P., Bournaud, M. et Usseglio-Polatera, P. (2000). Invertébrés d'eau douce. Systématique, Biologie, écologie. CNRS EDITIONS, Paris, France. 588 p.

Usseglio-Polatera, P., Wasson , J. G. et Archaimbault, V. (2009) , Protocole expérimental d'échantillonnage des « macroinvertébrés » en cours d''eau profond. Appui scientifique à la Mise en oeuvre de la Direct ive Cadre Européenne sur l' Eau. 19p

Vanden Bossche, J.P., Everaerts-Poll, M. & Lhoir L.(2009). Evaluation biologique de la qualité des eaux, Centre technique et pédagogique de l'Enseignement de la Communauté française et DEMNA, DGARNE, Service public de Wallonie, ISBN 978-2-87344-631-4, 118 p. + 6 cartes **,** [https://www.cheran.fr/suivi-du-cheran-et-des-affluents/qualite-des-eaux/les-invertebres].

Worl Wildife Fund (WWF). (2007). Macro-invertébrés-les habitants du fond de la rivière : Importance des macro-invertébrés dans les cours d'eau. In WWF, Riverwatch : Factshe et Macro-invertébrés.

Zinsou ,L. H., Gnohossou, P., Adandedjan, D.et Laleye, P. (2016) .Profil de distribution des macroinvertébrés benthiques du delta de l'Ouémé à partir du Self Organizing Map (SOM), Numéros, Vol. 12, No 4 224 - 236

Source des figures

Maquet, B. et Leclercq, L. (1986). La faune des milieux aquatiques. Educ. Envir. Liège, 38 p.

Over-blog .(2011) ,ecosysteme aquatique, [http://lamouchedestsavinien.over-blog.com/article-ecosysteme-aquatique-86371365.html].

Vanden Bossche, J.P., Everaerts-Poll, M. & Lhoir, L. (2009). Evaluation biologique de la qualité des eaux, Centre technique et pédagogique de l'Enseignement de la Communauté française et DEMNA, DGARNE, Service public de Wallonie, ISBN 978-2-87344-631-4, 118 p. + 6 cartes

Annexe I : **Tableau I : la fiche technique de la sortie 1**

SORTIE 1 :19 02 2020

les stations		S 1				S 2				S 3			
		Ouede el mardja				Oued el hamdania				oued chiffa			
	Prélèvements	1er prelv	2er prelv	3er prelv	4er prelv	1er prelv	2er prelv	3er prelv	4er prelv	1er prelv	2er prelv	3er prelv	4er prelv
Vitesse De courant	**Lente (stagnent)**		×	×		×			×	×			
	Moyenne				×			×				×	×
	rapide	×					×				×		
substrat et les débres végétales		**Gravier Les blocs galets**	**Sable Les Gros blocs**	**Sables limons débris végétales**	**Gros blocs**	**Sables Limons Gros blocs**	**Sables Caillouts galets blocs**	**Caillouts pierres galets**	**Caillouts pierres galets**	**Caillouts pierres galets**	**Caillouts pierres galets**	**Graviers Blocs galets sables**	**Sables graviers galets**
Végétation	**Absent**	×	×		×					×	×		
	présent			×		×	×	×	×			×	×
Profondeur De l'eau	**Peu profond**	×					×		×				
	Moyenne Profond		×					×			×		×
	Très Profond			×	×		×			×		×	
Lensoleiment	**Présent**	×	×	×	×					×	×	×	×
	absent					×	×	×	×				

Annexe II :**Tableau II : la fiche technique de la sortie 2**

SORTIE 2 :02 03 2020

Les stations		S 1				S 2				S 3			
		Ouede el mardja				Oued el hamdania				oued chiffa			
	Prélèvements	**1er prelv**	**2er prelv**	**3er prelv**	**4er prelv**	**1er prelv**	**2er prelv**	**3er prelv**	**4er prelv**	**1er prelv**	**2er prelv**	**3er prelv**	**4er prelv**
Vitesse De courant	**Lente (stagnent)**			×	×	×				×		×	
	Moyenne		×					×	×				×
	rapide	×					×				×		
substrat et les débres végétales		Graviers Gros blocs	Graviers Les petites et gros blocs	Blocs Sables vase limon **débris végétales**	Sables limon vase **débris végétales**	Sables vase Particules fins Gros blocs	Gravies les pierres Les blocs	Gravies les pierres Les blocs Sables limons vase	Gravies les pierres Les blocs Sables limons vase	Gros et petites blocs pierres sable ~~vase~~	Blocs sables vase	Gros et petites blocs pierres sables vase	Gros et petites blocs pierres sables vase limon
Végétation	**Absent**	×	×				×			×		×	
	présent			×	×	×		×	×		×		
Profondeur De l'eau	**Peu profond**			×			×	×				×	
	Moyenne Profond	×	×										
	Très Profond				×	×			×	×	×		×
Lensoleiment	**Présent**	×	×	×	×					×	×	×	×
	absent					×	×	×	×				

Annexe III : **Tableau III : la Fiche technique de sortie 3**

SORTIE 2 :10 03 2020

Les stations		Station 1				Station 2				Station 3			
		Ouede el mardja				Oued el hamdania				oued chiffa			
	Prélèvements	1er prelv	2er prelv	3er prelv	4er prelv	1er prelv	2er prelv	3er prelv	4er prelv	1er prelv	2er prelv	3er prelv	4er prelv
Vitesse De courant	**Lente (stagnent)**	×				×					×		
	Moyenne		×					×				×	×
	rapide			×	×		×		×	×			
substrat et les débres végétales		**Sable limon gros bloc débres végétaux**	**sable limon galetes pierres**	**pierres sables galetes gravier bloc**	**pierres sables gravier**	**gros bloc**	**pierres sables gravier galetes**	**gravier sables bloc galetes**	**pierres galetes gros pierres bloc**	**pierres gros gravies galetes**	**limon débrés végétales**	**gros pierres bloc**	**limon bloc débres végétakes**
Végétation (les algues)	**Absent**	×	×	×	×							×	
	présent					×	×	×	×	×	×		×
Profondeur	**Peu profond**						×						×
De l'eau	**Moyenne Profond**	×		×		×		×				×	
	Très Profond		×		×				×	×	×		
Lensoleiment	**Présent**					×	×			×	×	×	×
	absent	×	×	×	×			×	×				

Annexe IV :**Tableau IV** Station (S1) : oued el mardja

				Sortie 1(19 -02- 2020)				Sortie 2 (02- 03- 2020)				sortie 3 (10 - 03- 2020)				
Embrechement	**Classe**	**Ordres**	**Familles**	**Pré 1**	**Pré 2**	**Pré 3**	**Pré 4**	**Pré 1**	**Pré 2**	**Pré 3**	**Pré 4**	**Pré 1**	**Pré 2**	**Pré 3**	**Pré 4**	**Totale**
Arthropodes	Insectes	Tricoptères	Hydropsychidae	27	3	2	0	0	1	2	0	0	1	9	5	50
			Rhyacophilidae	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
			Leptoceridae	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
			Hydroptilidae	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Arthropodes	Insectes	Odonatoptères	Libellulidae	2	0	0	2	0	0	2	2	0	1	1	2	12
			Coenagrionidae	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3
Arthropodes	Insectes	Ephéméroptères	Leptophlebiidae	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
			Baetidae	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	4
			Hyptageniidae	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	3
			Caenidae	0	0	0	0	1	0	0	13	2	5	4	0	25
			Ameletidae	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
			Oligoneuriidae	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3
			Isongchidae	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		1
Arthropodes	Insectes	Plécoptères	Perlidae	2	0	2	0	1	0	0	0	0	1		6	12
			Chloroperlidae	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3
			Capniidae	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Arthropodes	Insectes	Diptères	Tipulidae	0	6	3	5	1	9	2	3	2	1	4	6	42
			Empididae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	1	6
			chironomidae	0	0	0	0	1	2	0	1	1	0	1	0	6
			Athéricidae	0	2	0	0	0	0	3	2	1	0	0	0	8
Arthropodes	Insectes	Coleoptères	Elmidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
			Dytiscidae	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
			Noteridae	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Arthropode	Crustaces	Crustaces	Atydae (cardina sp)	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Arthropodes	Insectes	Hétéroptères	Gerridae	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Arthropodes	Arachnides	Hydracariens	oribatidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	4

Annexe V :**Tableau V**

Station (S2) : Oued el hamdania

				Sortie1(19 -02- 2020)				**Sortie 2 (02- 03-2020)**				**Sortie 3 (10 - 032020)**				
Embrechement	**Classe**	**Ordres**	**Familles**	**Pré 1**	**Pré 2**	**Pré 3**	**Pré 4**	**Pré 1**	**Pré 2**	**Pré 3**	**Pré 4**	**Pré 1**	**Pré 2**	**Pré 3**	**Pré 4**	**Totale**
Arthropodes	Insectes	Odonatoptères	Libellulidae	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**0**	**0**	**0**	1
			Synthemistidae	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Arthropodes	Insectes	Ephénéroptères	Isonychiidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
			Baetiidae	0	0	0	0	0	10	3	0	0	0	0	0	13
			Caenidae	6	2	10	6	27		10	7	2	4	9	11	94
Arthropodes	Insectes	Diptères	Tipulidae	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	4
			Chironomidae	20	0	1	7	3	12	20	31	20	12	48	41	215
			Simuliidae	0	3	9	0	0	30	8	0	12	12	1	0	75
			Anthomyiidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
			Empididae	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	3
Mollusques	Gastéropodes		Planorbidae	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3
			physidae	6	5	1	8	14	30	40	1	5	6	4	7	127
			Ancylidae	0	1	0	0	0	2	0	1	0	0	0	1	5
Plathelmenthes			Dugesiidae	0	4	10	1	4	80	7	8	0	44	0	0	158
Arthropodes	Arachnides	Hydracariens	oribatidae	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Némathelminthes	Nématodes	Nématodes		0	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	4
Arthropodes	Insectes	Tricoptères	Hydropsychidae	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Annélides			Glossiphoniidae	0	0	0	0	0	0	0	0	31	0	1	0	32
	Oligochètes	Olegochétes	Naididae	0	0	0	0	19	0	0	1	2	0	7	0	29

Annexe VI :**Tableau VI :** Station (S3): Oued chiffa

				Sortie 1(19 -02- 2020)				**Sortie 2 (02- 03- 2020)**				**Sortie 3 (10- 03-2020)**				
Embrechement	**Classe**	**Ordres**	**Familles**	**Pré 1**	**Pré 2**	**Pré 3**	**Pré 4**	**Pré 1**	**Pré 2**	**Pré 3**	**Pré 4**	**Pré 1**	**Pré 2**	**Pré 3**	**Pré 4**	**Totale**
Arthropodes	Insectes	Tricoptères	Rhyacophilidae	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**2**	**0**	**0**	**2**	4
			hydroptilidae	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	1
			Hydropsychidae	**0**	**0**	**2**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**5**	**0**	**2**	**0**	9
		Odonatoptères	Conduliidae	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4
			Coenagrionidae	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Arthropodes	Insectes	Ephénéroptères	Leptophlebiidae	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	4
			Baetidae	0	5	0	0	1	1		3	36	2	14	3	65
			Isonychaedae	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
			Caenide	0	0	0	0	0	9	6	17	11	1	13	5	62
		Plécoptères	Perlidae	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
			Leuctrdae	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Arthropodes	Insectes	Diptères	Tipulidae	1	2	2	1	0	1	0	0	0	0	2	0	9
			Chironomidae	1	0	0	7	0	0	0	15	17	12	8	11	71
			Simulidae	0	0	0	0	10	0	0	1	19	1	0	0	31
			Diptere Adulte	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
			Empididae	0	0	0	0	1	0	0	1		0	0	2	4
Arthropode	Crustaces	Crustaces	Atydae (cardina sp)	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Mollusques	Gastéropodes	Mollusques	Planorbidae	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
			physidae	2	2	2	2	11	2	0	7	0	0	0	2	30
			Ancylidae	1	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	4
Plathelementhes		Planaires	Dugesiidae	0	12	0	0	5	0	2	0	0	0	0	2	21
Annélides	Oligochètes	Olegochétes	Naididae	2	0	0	0	0	2	0	6	0	5	0	2	17
			Glossiphoniidae	1	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	4
Arthropodes	Insectes	Lépidoptères	cambidae	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		coleoptères	dytiscidae	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	3
Arthropodes	Arachnides	Hétéroptères	corixidae	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	6
			Gerridae	0	0	0	0	0	7	2	0	0	0	0	0	9
		Hydracariens	oribatidae	0	0	0	0	0	2	1	5	0	0		0	8
Némathelminthes	Nématodes			0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1

Annexe VII

Tableau VII: Fréquence d'occurrence des différentes familles de macro-invertébrés échantillonnées dans les retenues de Station S1 : Oued el mardja

FAMILLES	Nbr prélevement	Oc	Classe d'occurrences
Ameletidae	1	8,33	A
Capniidae	1	8,33	A
Chloroperlidae	1	8,33	A
Atydae (cardina sp)	1	8,33	A
Dytiscidae	1	8,33	A
Elmidae	1	8,33	A
Gerridae	1	8,33	A
Héptagénidae	1	8,33	A
Hydroptilidae	1	8,33	A
Isongchidae	1	8,33	A
Leptoceridae	1	8,33	A
Leptophlebiidae	1	8,33	A
Noteridae	1	8,33	A
Oligoneuriidae	1	8,33	A
oribatidae	1	8,33	A
Rhyacophilidae	1	8,33	A
Coenagrionidae	2	16,67	A
Hyptageniidae	2	16,67	A
Baetidae	3	25,00	Ac
Empididae	3	25,00	Ac
Athéricidae	4	33,33	Ac
Caenidae	5	41,67	Ac
chironomidae	5	41,67	Ac
Perlidae	5	41,67	Ac
Libellulidae	7	58,33	Ré
Hydropsychidae	8	66,67	Ré
Tipulidae	11	91,67	C

Annexe VII

Tableau VIII: **Fréquence d'occurrence des différentes familles de macro-invertébrés échantillonnées dans les retenues de station S2:Oued el hamdania**

FAMILLES	Nbr prélevement	Oc	Classe
Anthomyiidae	1	8,33	A
Hydropsychidae	1	8,33	A
Isonychiidae	1	8,33	A
Libellulidae	1	8,33	A
oribatidae	1	8,33	A
Synthemistidae	1	8,33	A
Baetiidae	2	16,67	A
Empididae	2	16,67	A
Glossiphoniidae	2	16,67	A
Nématodes	2	16,67	A
Planorbidae	2	16,67	A
Ancylidae	4	33,33	Ac
Naididae	4	33,33	Ac
Tipulidae	4	33,33	Ac
Simuliidae	7	58,33	Ré
Dugesiidae	8	66,67	Ré
Caenidae	11	91,67	C
Chironomidae	11	91,67	C
physidae	12	100,00	O

Annexe VII

Tableau IX: Fréquence d'occurrence des différentes familles de macro-invertébrés échantillonnées dans les retenues de Station S3 : Oued chiffa

FAMILLES	Nbr prélevements	Oc	Classe
Atydae (cardina sp)	1	8,33	A
cambidae	1	8,33	A
Coenagrionidae	1	8,33	A
Conduliidae	1	8,33	A
corixidae	1	8,33	A
Diptere adulte	1	8,33	A
hydroptilidae	**1**	8,33	A
Isonychaedae	1	8,33	A
Leuctrdae	1	8,33	A
Nématodes	1	8,33	A
Perlidae	1	8,33	A
Planorbidae	1	8,33	A
dytiscidae	2	16,67	A
Gerridae	2	16,67	A
Leptophlebiidae	2	16,67	A
Rhyacophilidae	**2**	16,67	A
Ancylidae	3	25,00	Ac
Empididae	3	25,00	Ac
Glossiphoniidae	3	25,00	Ac
Hydropsychidae	3	25,00	Ac
Oribatidae	3	25,00	Ac
Dugesiidae	4	33,33	Ac
Simulidae	4	33,33	Ac

Naididae	5	41,67	Ac
Tipulidae	6	50,00	Ré
Caenide	7	58,33	Ré
Chironomidae	7	58,33	Ré
Baetidae	8	66,67	Ré
physidae	8	66,67	Ré

Tableau X :

OC	Classe d'occurrence	Abréviations
< 5	Espèce Rare	R
] 25 – 5]	Espèce accidentelles.	A
] 50 – 25]	Espèce accessoire	Ac
] 75 – 50]	Espèces régulières	Ré
] 100 – 75]	Espèce constante	C
100	Espèce omniprésente	O

Annexe VIII

Tableau XI : Indice de similitude de Jaccard ou Sorensen entre S1 et S2

FAMILLES	S1	S2
Hydropsychidae	1	1
Rhyacophilidae	1	0
Leptoceridae	1	0
Hydroptilidae	1	0
Libellulidae	1	1
Coenagrionidae	1	0
Synthemistidae	0	1
Leptophlebiidae	1	0
Baetidae	1	1
Hyptageniidae	1	0
Oligoneuriidae	1	0
Caenidae	1	1
Ameletidae	1	0
Isonychiidae	1	1
Perlidae	1	0
Chloroperlidae	1	0
Capniidae	1	0
Tipulidae	1	1
chironomidae	1	1
Simulidae	0	1
Anthomyiidae	0	1
Empididae	1	1
Athéricidae	1	0
Noteridae	1	0
Elmidae	1	0
Dytiscidae	1	0
Atydae (cardina sp)	1	0
Gerridae	1	0
oribatidae	1	1
Planorbidae	0	1
physidae	0	1
Ancylidae	0	1
Dugesiidae	0	1
Naididae	0	1
Glossiphoniidae	0	1
Nématodes	0	1
Jaccard entreS1etS2	25	

Annexe VIII

Tableau XII : Indice de similitude de Jaccard ou Sorensen entre S1 et S3

FAMILLES	S1	S3
Hydropsychidae	1	1
Rhyacophilidae	1	1
Leptoceridae	1	0
Hydroptilidae	1	1
Libellulidae	1	0
Coenagrionidae	1	1
Conduliidae	0	1
Leptophlebiidae	1	1
Baetidae	1	1
Hyptageniidae	1	0
Oligoneuriidae	1	0
Caenidae	1	1
Ameletidae	1	0
Isonychiidae	1	1
cambidae	0	1
Perlidae	1	1
Leuctrdae	0	1
Chloroperlidae	1	0
Capniidae	1	0
Tipulidae	1	1
chironomidae	1	1
Simulidae	0	1
Diptère adulte	0	1
Empididae	1	1
Athéricidae	1	0
Noteridae	1	0
Elmidae	1	0
Dytiscidae	1	1
Atydae (cardina sp)	1	1
corixidae	0	1
Gerridae	1	1
oribatidae	1	1
Planorbidae	0	1
physidae	0	1
Ancylidae	0	1
Dugesiidae	0	1
Naididae	0	1
Glossiphoniidae	0	1
Nématodes	0	1
Jaccard entreS1etS3	41,03	

Annexe VIII

Tableau XIII : Indice de similitude de Jaccard ou Sorensen entre S1 et S3

FAMILLES	S2	S3
Hydropsychidae	1	1
Rhyacophilidae	0	1
Hydroptilidae	0	1
Libellulidae	1	0
Coenagrionidae	0	1
Conduliidae	0	1
Synthemistidae	1	0
Leptophlebiidae	0	1
Baetidae	1	1
Caenidae	1	1
Ameletidae	0	0
Isonychiidae	1	1
cambidae	0	1
Perlidae	0	1
Leuctrdae	0	1
Tipulidae	1	1
chironomidae	1	1
Simulidae	1	1
Diptère adulte	0	1
Anthomyiidae	1	0
Empididae	1	1
Dytiscidae	0	1
Atydae (cardina sp)	0	1
corixidae	0	1
Gerridae	0	1
oribatidae	1	1
Planorbidae	1	1
physidae	1	1
Ancylidae	1	1
Dugesiidae	1	1
Naididae	1	1
Glossiphoniidae	1	1
Nématodes	1	1
Jaccard entreS2etS3	48,48	

Annexe IX

Tableau XIV : calcule l'indice de Shannon

	Pi=ni/N			Log Pi			PiLogPi		
FAMILLES	**S1**	**S2**	**S3**	**S1**	**S2**	**S3**	**S1**	**S2**	**S3**
Hydropsychidae	0,26	0,00	0,02	-0,59	-2,89	-1,63	-0,15	-0,00	-0,04
Rhyacophilidae	0,01	0	0,01	-2,29	0	-1,98	-0,01	0	-0,02
Leptoceridae	0,01	0	0	-2,29	0	0	-0,01	0	0
Hydroptilidae	0,02	0	0,00	-1,82	0	-2,58	-0,03	0	-0,01
Libellulidae	0,06	0,00	0	-1,21	-2,89	0	-0,07	-0,00	0
Coenagrionidae	0,02	0	0,00	-1,82	0	-2,58	-0,03	0	-0,01
Conduliidae	0	0	0,01	0	0	-1,98	0	0	-0,02
Synthemistidae	0	0,00	0	0	-2,89	0	0	-0,00	0
Leptophlebiidae	0,01	0	0,01	-2,29	0	-1,98	-0,01	0	-0,02
Baetidae	0,02	0,02	0,17	-1,69	-1,77	-0,77	-0,03	-0,03	-0,13
Hyptageniidae	0,02	0	0	-1,82	0	0	-0,03	0	0
Oligoneuriidae	0,02	0	0	-1,82	0	0	-0,03	0	0
Caenidae	0,13	0,12	0,16	-0,89	-0,91	-0,79	-0,11	-0,11	-0,13
Ameletidae	0,01	0	0	-2,29	0	0	-0,01	0	0
Isonychiidae	0,01	0,00	0,00	-2,29	-2,58	-2,58	-0,01	-0,01	-0,01
cambidae	0	0	0,00	0	0	-2,58	0	0	-0,01
Perlidae	0,06	0	0,01	-1,21	0	-2,28	-0,07	0	-0,01
Leuctrdae	0	0	0,00	0	0	-2,58	0	0	-0,01
Chloroperlidae	0,02	0	0	-1,82	0	0	-0,03	0	0
Capniidae	0,01	0	0	-2,29	0	0	-0,01	0	0
Tipulidae	0,21	0,01	0,02	-0,67	-2,28	-1,63	-0,14	-0,01	-0,04
chironomidae	0,03	0,28	0,19	-1,51	-0,55	-0,73	-0,05	-0,15	-0,14
Simulidae	0	0,10	0,08	0	-1,01	-1,09	0	-0,10	-0,09
Diptère adulte	0	0	0,00	0	0	-	0	0	-

						2,58			0,01
Anthomyiidae	0	0,00	0	0	-2,89	0	0	-0,00	0
Empididae	0,03	0,00	0,01	-1,51	-2,41	-1,98	-0,05	-0,01	-0,02
Athéricidae	0,04	0	0	-1,39	0	0	-0,06	0	0
Noteridae	0,01	0	0	-2,29	0	0	-0,01	0	0
Elmidae	0,01	0	0	-2,29	0	0	-0,01	0	0
Dytiscidae	0,01	0	0,01	-2,29	0	-2,10	-0,01	0	-0,02
Atydae (cardina sp)	0,01	0	0,01	-1,99	0	-1,88	-0,02	0	-0,02
corixidae	0	0	0,02	0	0	-1,80	0	0	-0,03
Gerridae	0,01	0	0,02	0	0	-1,63	0	0	-0,04
oribatidae	0,02	0,00	0,02	-1,69	-2,89	-1,68	-0,03	-0,00	-0,04
Planorbidae	0	0,00	0,00	0	-2,41	-2,58	0	-0,01	-0,01
physidae	0	0,17	0,08	0	-0,78	-1,10	0	-0,13	-0,09
Ancylidae	0	0,01	0,01	0	-2,19	-1,98	0	-0,01	-0,02
Dugesiidae	0	0,21	0,06	0	-0,69	-1,26	0	-0,14	-0,07
Naididae	0	0,04	0,04	0	-1,42	-1,35	0	-0,05	-0,06
Glossiphoniidae	0	0,04	0,01	0	- 1,40	-1,98	0	0,01	-0,02
Nématodes	0	0,01	0,00	0	-2,28	-2,58	0	-0,01	-0,01
TOTALE							-1,04	-0,86	-1,11

Annexe X

Tableau XV: Détermination de la classe de variété taxinomique

Taxons	>50	45 à 49	41 à 44	37 à 40	33 à 36	29 à 32	25 à 28	21 à 24	17 à 20	13 à 16	10 à 12	7 à 9	4 à 6	1 à 3
Classe de variété	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Tableau XVI: Détermination du groupe faunistique indicateur

Taxons	Chloroperlidae Perlidae Perlodidae Taeniopterygidae	Capniidae Brachycentridae Odontoceridae Philopotamidae	Leuctridae Glossosomatidae Beraeidae Goeridae Leptophlebiidae	Nemouridae Lepidostomatidae Sericostomatidae Ephemeridae	Hydroptilidae Heptageniidae Polymitarcidae Potamanthidae
G.F.I	9	8	7	6	5
Taxons	Leptoceridae Polycentropodidae Psychomyidae Rhyacophilidae	**Limnephilidae** Hydropsychidae **Ephemerellidae** Aphelocheiridae	**Baetidae** **Caenidae** **Elmidae** **Gammaridae** Mollusques	**Chironomidae** **Asellidae** Achètes **Oligochètes**	
G.F.I	4	3	2	1	