



***République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique***

***Université Larbi Ben M'hidi Oum El Bouaghi
Faculté Des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences de la Nature et de la Vie***

Thèse

Présentée en vue de l'obtention du doctorat LMD

En sciences de la nature

Option: Structure et dynamique des écosystèmes

Thème

***Inventaire et écologie des macroinvertébrés dans les mares
temporaires de la région d'Oum El-Bouaghi (Nord-est algérien)***

Présentée par Mme : LOUNIS Khawla

Devant le jury :

Président	MERZOUG Djemou	Pr	Université Larbi Ben M'hidi
Promoteur	SAHEB Menouar	Pr	Université Larbi Ben M'hidi
Examineur	OULDJAOUI Abdallah	Pr	Université Larbi Ben M'hidi
Examineur	HOUHAMDI Moussa	Pr	Université de Guelma
Examineur	OUAKID Mohamed Laid	Pr	Université d' Annaba

Année universitaire: 2018-2019

Résumé

Ce travail vise à faire une étude systématique des espèces de macroinvertébrés de dix sept mares temporaires au sud d'Oum El Bouaghi, en vue d'apporter une contribution à la connaissance de l'entomofaune de ces écosystèmes éphémères, et analyser leurs eaux pour mieux caractériser leur milieu de vie où 13 paramètres physicochimiques ont été analysées. Les échantillons faunistiques sont récoltés à l'aide d'un filet surber. L'identification des organismes est faite à l'aide des clés de détermination, Tachet et al. (2003) et de clés numériques. Les résultats des analyses physico-chimiques réalisées sur les 17 stations ont révélé que la température des eaux varie entre 12.6°C et 20.3°C, avec une moyenne de 17.36 ± 2.13 °C, que le pH des eaux varie entre 6,45 et 8.48 unités pH, avec une moyenne de $7.34 \pm 0,54$. L'oxygène dissous a montré une moyenne de 5.81 ± 0.66 mg/l quand à la conductivité électrique des eaux de la région est importante et varie entre 966 et 1055 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, avec une valeur moyenne de 1012.1 ± 20.17 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Pour les éléments de pollution seuls les nitrates peuvent présenter une contamination sérieuse. L'analyse faunistique a permis d'identifier 11 ordres, 32 familles et 47. Les Coléoptères forment le groupe écologique le plus important sur le plan numérique (41,94%), suivi par celui des odonates avec 9,68%, viennent ensuite les ordres des Amphipodes et Basommatophores avec 6,45% tandis que les autres ordres ne représentent que 3,22% chacun.

Mots clés :

Oum El Bouaghi, Mares temporaires, Qualité, Physico-chimique, Macroinvertébrés.

Abstract

This work aims to conduct a systematic study of the macroinvertebrate species of seventeen temporary pools south of Oum El Bouaghi, in order to bring a contribution to the knowledge of the entomofauna of these ephemeral ecosystems which is not well known and analyze their waters for better characterize their environment where 18 physicochemical parameters were analyzed. Faunal samples were harvested using a surgeon net. Identification of organisms was done using the determination keys (Dejoux et al., 1981; Tachet et al., 2002) and digital keys. The results of the physicochemical analyzes carried out on the 17 stations revealed that the temperature of the water varies between 12.6 ° C and 20.3 ° C, with an average of 17.36 ± 2.13 ° C, the pH of the waters varies between 6.45 and 8.48 , with an average of 7.34 ± 0.54 . The dissolved oxygen showed an average of 5.81 ± 0.66 mg / l and the electrical conductivity of the waters of the region is large and varies between 966 and 1055 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, with an average value of 1012.1 ± 20.17 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. For pollution elements, only nitrates can present a serious contamination. Faunistic analysis has identified 11 orders, 31 families and 47 species of which 39 are constant, 7 ubiquitous and only one accessory. The number of benthic population showed that Beetles are the largest numerically important ecological group (41.94%), followed by odonates with 9.68%, followed by orders from Amphipods and Basommatophores with 6.45%, while other orders represent only 3.22% each.

Keywords

Oum El Bouaghi, Temporary pools, Quality, Physico-chemical, Macroinvertebrates.

Remerciements

En guise d'introduction à cette thèse, et après avoir rendu grâce à DIEU, je tiens à souligner ma gratitude à l'égard de ceux et celles qui m'ont assisté tout au long de ce travail.

En ce sens, je remercie très sincèrement le Pr SAHEB Menouar pour avoir accepté de diriger ce travail. Merci pour la confiance placée en moi, votre disponibilité, votre soutien moral tout au long de cette thèse. Merci d'avoir partagé votre expérience, merci pour vos critiques très enrichissantes et constructives. Sans vous, cette thèse n'aurait vu sa fin. Je te dois toute ma reconnaissance.

J'aimerais bien exprimer ma gratitude à Monsieur MERZOUG Djemoui, pour l'aide, le temps qu'il a bien voulu me consacrer et qui bien su m'orienter. Je tiens à le remercier vivement.

Je voudrais également exprimer mes vifs remerciements aux membres du jury pour l'honneur qu'ils me font en acceptant de participer au jury, en l'occurrence :

Monsieur MERZOUG Djemoui professeur de Université de Larbi Ben M'hidi qui a bien voulu présider le jury. Merci à Monsieur OUAKID Mohamed Ali professeur de l'université Badji Mokhtar Annaba d'avoir accepté d'examiner ce travail et de participer à mon jury de thèse. Merci aussi à Monsieur HOUHAMDI Moussa professeur de l'université de Guelma pour avoir accepté d'évaluer ce modeste travail. Un immense merci à Monsieur OULDJAOUI Abdallah professeur de l'université de Larbi Ben M'hidi pour avoir accepté d'évaluer ce modeste travail.

Grand merci à Pr KHIARI Abdelkader, Directeur de Laboratoire de recherche « Ressources Naturelles et Aménagement des Milieux sensibles » pour m'avoir accueillie dans le laboratoire.

Je voudrais témoigner de ma reconnaissance à Dr HAFID Hinda, pour tout ce qu'elle a fait pour moi dès mes premiers pas dans la recherche. Les mots me manquent pour exprimer ce que je ressens du fond du cœur. Merci

Je remercie mes parents, pour leur devoir de parents qu'ils ont su assumer, de m'avoir scolarisée, suivie et encadrée durant tous les cycles de formation. Une mention particulière est faite à mon papa. Toi qui m'as apporté tout l'amour dont j'avais besoin. Mon éducation était pour toi une priorité. Merci d'avoir pris la lourde charge de t'occuper de mes enfants, malgré tes préoccupations et tes responsabilités.

La couronne de remerciements revient à mon cher mari MILOUDI Abderazak pour son encouragement, sa compréhension, son soutien. Merci de pouvoir gérer mes humeurs de doctorante, d'être à mes côtés à tout instant et partager mes peines. Cette thèse a aussi été la tienne. Merci. Je te suis reconnaissante pour toute la vie.

Mes remerciements vont aussi à mes chers frères Abderahmane, ali, Abdelmoudjib, et Youcef.

Merci aussi à mes enfants Massine, Yazane, et Anyas, sachez que je vous aime et je vous aimerai pour toujours. A vous, je dédie cette thèse.

Liste des figures

Figure	Titre	Page
1	Situation géographique de la zone d'étude	1
2	carte de situation des sites d'étude	2
3	Variations des moyennes de la température dans la région d'Oum El Bouaghi	5
4	Variations des moyennes de la pluviométrie dans la région d'Oum El Bouaghi	6
5	Variations des moyennes de l'humidité dans la région d'Oum El Bouaghi	7
6	Variations de la vitesse des vents dans la région d'Oum el El Bouaghi	8
7	Secteurs représentant la répartition pluviométrique saisonnière (2013-2016)	8
8	Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausse	9
9	Etage bioclimatique d'emberger présentent la situation de la région d'Oum El Bouaghi des années 2000 jusqu'à 2017.	10
10	Valeurs moyennes de la température de l'eau des mares étudiées.	23
11	Valeurs moyennes du potentiel hydrogène de l'eau des mares étudiées.	24
12	Valeurs moyennes du potentiel hydrogène de l'eau des mares étudiées	25
13	Valeurs moyennes des matières en suspension dans l'eau des mares étudiées.	26
14	Valeurs moyennes de la Salinité dans l'eau des mares étudiées.	27
15	Valeurs moyennes de la Turbidité dans l'eau des mares étudiées.	28
16	Valeurs moyennes de l'oxygène dissous de l'eau des mares étudiées.	29
17	Valeurs moyennes du Calcium de l'eau des mares étudiées.	30
18	Valeurs moyennes des Chlorures de l'eau des mares étudiées.	31
19	Valeurs moyennes des Phosphates de l'eau des mares étudiées.	32
20	Valeurs moyennes d'Ammonium de l'eau des mares étudiées.	33
21	Valeurs moyennes des Nitrites de l'eau des mares étudiées.	34
22	Valeurs moyennes des Nitrates de l'eau des mares étudiées.	35
23	A : Projection des paramètres chimiques analysés dans l'eau de 17 mares étudiées sur le plan des deux premiers axes factoriels de l'ACP d'une matrice stations/ paramètres chimiques ; B : Projection de 17 mares tels qu'elles se répartissent en 4 groupes, à la suite de l'ACP.	36
24	A : Projection des paramètres électrochimiques analysés dans l'eau de 17 mares étudiées sur le plan des deux premiers axes factoriels de l'ACP d'une matrice stations/ paramètres chimiques ; B : Projection de 17 mares tels qu'elles se	37

	répartissent en 2 groupes, à la suite de l'ACP.	
25	Dendrogramme des variables groupées en 4 classes.	39
26	Dendrogramme stations groupées en 3 classes.	39
27	Abondance relative des groupes faunistiques dans les mares temporaires étudiées.	41
28	Abondance de la faune globale dans les stations étudiées.	42
29	Richesse taxonomique des stations étudiées.	43
30	Occurrence	43
31	Indice de diversité Schannon-Weaver.	44
32	Indice de diversité Schannon-Weaver.	45
33	Indice de Margalef	46
34	Abondance des Coléoptères dans les stations étudiées.	48
35	Distribution des Coléoptères dans les stations étudiées.	48
36	Abondance des Ephéméroptères dans les stations étudiées.	55
37	Distribution des Ephéméroptères dans les stations étudiées.	55
38	Abondance des Hétéroptères dans les stations étudiées.	57
39	Distribution des Hétéroptères dans les stations étudiées.	57
40	Abondance des Diptères dans les stations étudiées.	61
41	Distribution des Diptères dans les stations étudiées.	61
42	Abondance des Odonates dans les stations étudiées	64
43	Distribution des Odonates dans les stations étudiées.	64
44	Distribution des Mégaloptères dans les mares temporaires étudiées.	65
45	abondance des Crustacées dans les stations étudiées.	66
46	Répartition des Crustacées dans les stations étudiées.	66
47	Abondance des Mollusques dans les stations étudiées.	67
48	Répartitions des Mollusques dans les stations étudiées.	67
49	Répartition des Annélides dans les stations étudiées.	69

Table des matières

Liste des tableaux.....	VII
Liste des figures.....	VIII
Abréviations.....	X
Introduction.....	XI

Chapitre I : Milieux d'étude

1. Situation géographique.....	05
2. Présentation de la région d'étude	05
3. Géologie et géomorphologie	03
4. Hydrographie	03
5. Végétation	03
6. Climatologie.....	04
6.1.Température.....	04
6.2. La pluviométrie	05
6.3. L'humidité	06
6.4. Les vents.....	07
6.5.Le régime saisonnier	08
6.6.Relation température-précipitations.....	09
6.6.1. Diagramme omrothermique de Gaussen et Bagnouls	09
6.6.2. Le climagramme d'Emberger.....	09

Chapitre II : Matériel et méthodes

1. Localisation et description des stations.....	12
1.1. choix des sites.....	12
1.2. descriptions des sites d'étude	13
2. Echantillonnage du peuplement faunistique	14
2.1. Technique d'échantillonnage sur terrain.....	14
2.2. Traitement des échantillons	14

Table des matières

3. Analyse physicochimique de l'eau	14
4. Méthode d'analyse de la structure du peuplement	15
5. Traitement statistique des données.....	17
5.1. Analyse en composante principales (ACP)	18
5.2. Classification ascendante hiérarchique (HAC)	18
5.3. Corrélation de Pearson.....	18
5.4. Logiciel de calcul.....	19

Chapitre III : Résultats et Discussion

I. Les analyses physicochimiques de l'eau	21
I.1. qualité physique de l'eau	22
- la température.....	22
- la conductivité électrique	24
- matières en suspension	26
- Salinité	27
- turbidité.....	27
I.2. qualité chimique de l'eau	28
- l'oxygène dissous.....	28
- le calcium.....	30
- les chlorures.....	30
- les phosphates.....	31
- l'ammonium	32
- les nitrites.....	33
- les nitrates.....	34
I.2. résultats des ACP de la qualité physicochimique de l'eau	35
I.2.1. matrice de corrélation	35
I.2.2. Signification des axes.....	36

Table des matières

I.2.3 résultats de l'analyse en (CHA).....	38
II. Analyse globale de la faune benthique.....	39
1. Abondance de la faune.....	41
2. Richesse taxonomique.....	42
3. Abondance et occurrence des taxons.....	43
4. Diversité : indice de Schannon, indice de Margalef, équitabilité	44
5. Analyse qualitative et quantitative de la faune benthique	46
5.1. les coléoptères	46
5.2. Les Ephéméroptères	54
5.3. Les Hétéroptères	56
5.4. Les Diptères	59
5.5. Les Odonates	62
5.6. Les Mégaloptères	64
5.7. Les Crustacés.....	65
5.8. Les Mollusques	66
5.9. Les Annelides Oligochetes	67
5.10. Autres Ordres (Hyménopteres, Aranea).....	68
III. Discussion.....	69
Conclusion	78
Références bibliographiques	81
Annexes	

Table des matières

Liste des figures

Figure	Titre	Page
1	Situation géographique de la zone d'étude	1
2	carte de situation des sites d'étude	2
3	Variations des moyennes de la température dans la région d'Oum El Bouaghi	5
4	Variations des moyennes de la pluviométrie dans la région d'Oum El Bouaghi	6
5	Variations des moyennes de l'humidité dans la région d'Oum El Bouaghi	7
6	Variations de la vitesse des vents dans la région d'Oum el El Bouaghi	8
7	Secteurs représentant la répartition pluviométrique saisonnière (2013-2016)	8
8	Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausse	9
9	Etage bioclimatique d'emberger présentent la situation de la région d'Oum El Bouaghi des années 2000 jusqu'à 2017.	10
10	Valeurs moyennes de la température de l'eau des mares étudiées.	23
11	Valeurs moyennes du potentiel hydrogène de l'eau des mares étudiées.	24
12	Valeurs moyennes du potentiel hydrogène de l'eau des mares étudiées	25
13	Valeurs moyennes des matières en suspension dans l'eau des mares étudiées.	26
14	Valeurs moyennes de la Salinité dans l'eau des mares étudiées.	27
15	Valeurs moyennes de la Turbidité dans l'eau des mares étudiées.	28
16	Valeurs moyennes de l'oxygène dissous de l'eau des mares étudiées.	29
17	Valeurs moyennes du Calcium de l'eau des mares étudiées.	30
18	Valeurs moyennes des Chlorures de l'eau des mares étudiées.	31
19	Valeurs moyennes des Phosphates de l'eau des mares étudiées.	32
20	Valeurs moyennes d'Ammonium de l'eau des mares étudiées.	33
21	Valeurs moyennes des Nitrites de l'eau des mares étudiées.	34
22	Valeurs moyennes des Nitrates de l'eau des mares étudiées.	35
23	A : Projection des paramètres chimiques analysés dans l'eau de 17 mares étudiées sur le plan des deux premiers axes factoriels de l'ACP d'une matrice stations/ paramètres chimiques ; B : Projection de 17 mares tels qu'elles se répartissent en 4 groupes, à la suite de l'ACP.	36
24	A : Projection des paramètres électrochimiques analysés dans l'eau de 17 mares étudiées sur le plan des deux premiers axes factoriels de l'ACP d'une matrice stations/ paramètres chimiques ; B : Projection de 17 mares tels qu'elles se	37

	répartissent en 2 groupes, à la suite de l'ACP.	
25	Dendrogramme des variables groupées en 4 classes.	39
26	Dendrogramme stations groupées en 3 classes.	39
27	Abondance relative des groupes faunistiques dans les mares temporaires étudiées.	41
28	Abondance de la faune globale dans les stations étudiées.	42
29	Richesse taxonomique des stations étudiées.	43
30	Occurrence	43
31	Indice de diversité Schannon-Weaver.	44
32	Indice de diversité Schannon-Weaver.	45
33	Indice de Margalef	46
34	Abondance des Coléoptères dans les stations étudiées.	48
35	Distribution des Coléoptères dans les stations étudiées.	48
36	Abondance des Ephéméroptères dans les stations étudiées.	55
37	Distribution des Ephéméroptères dans les stations étudiées.	55
38	Abondance des Hétéroptères dans les stations étudiées.	57
39	Distribution des Hétéroptères dans les stations étudiées.	57
40	Abondance des Diptères dans les stations étudiées.	61
41	Distribution des Diptères dans les stations étudiées.	61
42	Abondance des Odonates dans les stations étudiées	64
43	Distribution des Odonates dans les stations étudiées.	64
44	Distribution des Mégaloptères dans les mares temporaires étudiées.	65
45	abondance des Crustacées dans les stations étudiées.	66
46	Répartition des Crustacées dans les stations étudiées.	66
47	Abondance des Mollusques dans les stations étudiées.	67
48	Répartitions des Mollusques dans les stations étudiées.	67
49	Répartition des Annélides dans les stations étudiées.	69

Abréviations

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydriques

C° : Degré Celsius

CE: Conductivité électrique

g/l : Gramme par litre

h : Heure

T° : Température

Moy : Moyenne

mm : millimètre

H : Humidité

K° : Kelvin

S : Salinité

N : Nord

E : Est

M² : mètre carré

Max : Maximum

Min : Minimum

uS /cm : microsiemens/centimeter

Um : Micromètre

WTW : Water Treatment Works

U.V : Ultra violet

EDTA : Ethylenediaminetetraacetic Acid

HSPs : Heat Shock Proteins

MES : Matières en suspension

mg/l : milligramme par litre

P : précipitations moyennes annuelles

pH : Potentielle Hydrogène

Q2 : quotient pluviométrique

Introduction

Les mares temporaires sont des milieux singuliers, ni vraiment aquatiques ni complètement terrestres, de bassin versant très réduit. Elles sont très vulnérables du fait de leur faible profondeur d'eau et de leur taille (quelques décimètres carrés à quelques mètres carrés) souvent réduite. Elles sont creusées par l'érosion dans des blocs de roche dure ou des dalles rocheuses. Leur alimentation en eau est exclusivement pluviale. La dessiccation de leurs sédiments est extrême en phase sèche. Elles présentent, en cours d'année, l'alternance d'une phase d'inondation et d'une phase d'assèchement. L'inondation se produit, généralement de la fin de l'automne à la fin du printemps. Elles sont caractérisées par un fonctionnement hydrologique très autonome, et par une faible épaisseur de sol (ANONYME, 2002 ; GRILLAS *et al.*, 2004; LORENZONI, C., & PARADIS, G. 2000 ; THIERY,1987).Elles constituent des habitats singuliers d'intérêt floristique et biogéographique de premier ordre (LARIBI *et al.*, 2016).

Ces habitats abritent des communautés biologiques remarquables, qui leur sont en grande partie inféodées et sont caractérisées par de nombreuses espèces rares, menacées et à forte valeur patrimoniale (MEDAIL *et al.*, 1998 ; QUEZEL, 1998). Ces mares abritent aussi une végétation spécialisée comme Les *Characeae* qui représentent un groupe de macrophytes non vasculaires, et qui constituent souvent des lieux de refuge et de reproduction pour diverses espèces de la faune aquatique et benthique (ZOUAÏDIA, 2015).

Les mares temporaires sont restées, en raison surtout de leur taille réduite et de leur caractère éphémère, très à l'écart de l'intérêt porté par la communauté scientifique aux zones humides plus étendues (lacs, sebkhas, etc.) (FERCHICHI, 2014).

Ce constat explique que ces habitats demeurent méconnus, en particulier sur la rive sud de la Méditerranée. Ils y sont fortement dégradés, souvent de manière involontaire, et les principales menaces identifiées (destruction par comblement et drainage à des fins agricoles et urbanistiques, modification du fonctionnement hydrologique, pollution, envahissement par les ligneux et dégradation par le public) sont extrêmement préoccupantes (BEYENE, 2009 ; GALLEGO-FERNANDEZ,1999 ; ZACHARIAS, & ZAMPARAS, 2010).

Les Macroinvertébrés benthiques sont des organismes animaux visibles à l'œil nu tels que les insectes, les mollusques, les crustacés et les vers qui habitent le fond des cours d'eau et des lacs ,Ils constituent un important maillon de la chaîne alimentaire des milieux

aquatiques, car ils sont une source de nourriture primaire pour plusieurs espèces de poissons et d'oiseaux (BARBOUR & GERRITSEN, 1996 ; TACHET *ET AL.*, 2002), ils participent activement dans la transformation de la matière organique (décomposition des feuilles, bois,...). Ils sont considérés comme de très bons indicateurs biologiques En effet, ils sont relativement sédentaires, abondants et relativement faciles à collecter (ABBOU & FAHDE 2017) . 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.

Les études faunistiques (invertébrés benthiques), écologique (répartition spatiale, structure des communautés) revêtent d'une importance primordiale dans la compréhension du fonctionnement et de la gestion des systèmes naturels et, d'autre part, dans l'évaluation de l'état de santé écologique des hydrosystèmes (BOUZIDI, 1989 ; DAKKI, 1979 ; DAKKI, 1992; EL AGBANI, 1984 ; FERKHAOU,1990), Ce sont aussi de bons indicateurs en raison de leur sédentarité, leur grande diversité et leur tolérance variable à la pollution et à la dégradation de l'habitat (MOISAN & PELLETIER, 2008), et reflètent particulièrement bien l'état écologique du cours d'eau en réagissant très vite aux changements survenant dans leur environnement (MOUSSA *et al.*, 2014).

Les mares temporaires sont des milieux caractéristiques du paysage nord-africain. En Algérie, l'étude des mares remonte à Gauthier (1928) qui s'intéressait durant plusieurs années au zooplancton et aux macroinvertébrés d'un complexe de mares près d'Alger. Ce travail fut suivi d'une longue période d'interruption et les mares algériennes ne firent l'objet d'aucune autre étude scientifique jusqu'à la fin du XXe siècle. A partir de 1996, un programme de recherche des mares temporaires de la Numidie, dans le nord Est algérien, a été mis en place. Cette étude, initiée par l'équipe de Samraoui de l' Université d'Annaba, puis vinrent les recherches de Zerguine sur les chironomidées de la Numidie orientale aussi y' avait des études presque similaires sur les eaux douces africaines (DURAND et LEVEQUE, 1980, 1981), et en particulier ceux des habitats temporaires étudiés en Algérie (LOUNACI *et al.*,2000; LMOHDI *et al.*, 2008, ZERGUINE,2010, SAMRAOUI *et al.*, DALIA *et al.*,2014). au Maroc (THIERY, 1981, 1986, 1987, 1991; RAMDANI, 1986; MARQUE & METGE, 1991; SALVADOR, 1996; BOUTIN, 1982; METGE, 1986; GIUDECELLI & THIERY, 1998, El JOUBARI *et al.*, 2015), en Italie (WILLIAMS, 1985; BAZZANTI *et al.*, 1996, 2009; BAGELLA *et al.*, 2010 et CULIOLI, 2006) , en Espagne (BOIX, 2001, 2004, 2006,

2008, 2009; GASCON *et al.*, 2008, 2009; GOMEZ-RODRIGUEZ *et al.*, 2009; RUHI *et al.*, 2009), en Australie (LAKE *et al.*, 1989), Amérique (KENK *et al.*, 1949), et à la New Zeland (BARCELAY, 1966).

Les travaux réalisés sur les mares temporaires restent rares par rapport à ceux concernant les eaux courantes qui sont lancés par les laboratoires des universités d'Alger, de Tizi-Ouzou, de Tlemcen et de Guelma. Les principaux travaux connus sont ceux de GAGNEUR *et al.* (1986) sur les Oligochètes d'Algérie, LOUNACI (1987) et AIT-MOULOUD (1988) sur la faune des cours d'eau de l'oued Aissi, MALICKY & LOUNACI (1987) sur les Trichoptères de Tunisie, d'Algérie et du Maroc, GAGNEUR & CLERGUE-GAZEAU (1988) sur les Diptères Simuliidae d'Algérie, GAGNEUR & THOMAS (1988) sur les Ephéméroptères d'Algérie, ARAB (1989) sur les macroinvertébrés de l'oued Chiffa et Mouzaia, GAGNEUR & ALIANE (1991) sur les Plécoptères de la Tafna, MOUBAYED *et al.* (1992) sur les Diptères Chironomidae d'Algérie, THOMAS & GAGNEUR (1994) sur les Ephéméroptères d'Afrique du Nord, LOUNACI et DAOUDI (1996) sur les macroinvertébrés du réseau hydrographique du Sébaou, THOMAS (1998) sur les Ephéméroptères d'Algérie, du Maroc et de Tunisie, SAMRAOUI & MENAI (1999) sur les Odonates d'Algérie, LOUNACI *et al.* (2000a) sur la faune benthique du bassin de l'oued Sébaou, LOUNACI *et al.* (2000b) sur l'abondance, la richesse spécifique et la structure des communautés de macroinvertébrés de l'oued Sébaou, MEBARKI (2001) sur la faune benthique de trois réseaux hydrographiques de Kabylie, ARAB (2004) sur la faune benthique des réseaux hydrographiques du Chellif et du Mazafran, ARAB *et al.* (2004) sur la répartition spatiale et temporelle des invertébrés benthiques de l'oued Chelif, LOUNACI et VINÇON (2005) sur les Plécoptères de Kabylie, LOUNACI (2005) sur la faune benthique des cours d'eau de Kabylie du Djurdjura, MOUBAYED *et al.* (2007) sur les Diptères Chironomides d'Algérie, ZERGUINE *et al.* (2009), sur les Diptères Chironomides du Nord Est d'Algérie, YASRI (2009), sur l'hydrobiologie du réseau hydrographique du Mazafran, HAMZAOUI (2009), sur la macrofaune benthique de l'Oued Saoura (wilaya de Bechar) et SEKHI (2010) sur les macroinvertébrés des cours d'eau Tiout, Hadjadj et Moghrar (wilaya de Naâma).

Afin de combler cette lacune, nos investigations ont porté sur une série de mares temporaires (17 mares temporaires) encore inexplorées jusqu'à ce jour, situées dans la région sud d'Oum El Bouaghi, dans le Nord-est algérien, afin d'établir un premier inventaire faunistique de référence pour ces mares.

Il nous a semblé utile en effet d'envisager dans cette région une étude faunistique, ainsi qu'une étude physico-chimique de l'eau de ces mêmes stations, afin de connaître d'une part l'état actuel de la qualité de l'eau, et de connaître également la faune de la région afin de rechercher ensuite une possible corrélation entre la composition des zoocénoses et les caractéristiques de l'eau de ces mares.

L'ensemble de ce travail se compose de trois chapitres:

- le premier résume les caractéristiques générales de la région d'étude: géographie, géologie, climatologie,...;
- le second chapitre traite de la description des sites d'études, des méthodes et techniques d'échantillonnage de la faune benthique, et les analyse physico-chimique
- le troisième qui représente la majeure partie de ce travail est consacré à l'étude de la qualité de l'eau et la faune échantillonnée :
 - ✓ évaluation de la qualité de l'eau.
 - ✓ analyse globale de la faune ;
 - ✓ indices de structure de la faune ;
 - ✓ analyse qualitative et quantitative de la faune ;
 - ✓ Discussion

1. Situation géographique

La zone étudiée fait partie des hautes plaines de l'Est algérien qui constituent un vastes couloir dominé par deux chaînes de montagnes ; le massif des Aurès, au Sud, et les chaînes des monts de Constantine au Nord. Leur originalité réside dans la permanence de la marque de l'endoréisme qui est traduite par une multitude de sebkha occupant le centre de ces plaines (BENAZZOUZ, 1986).

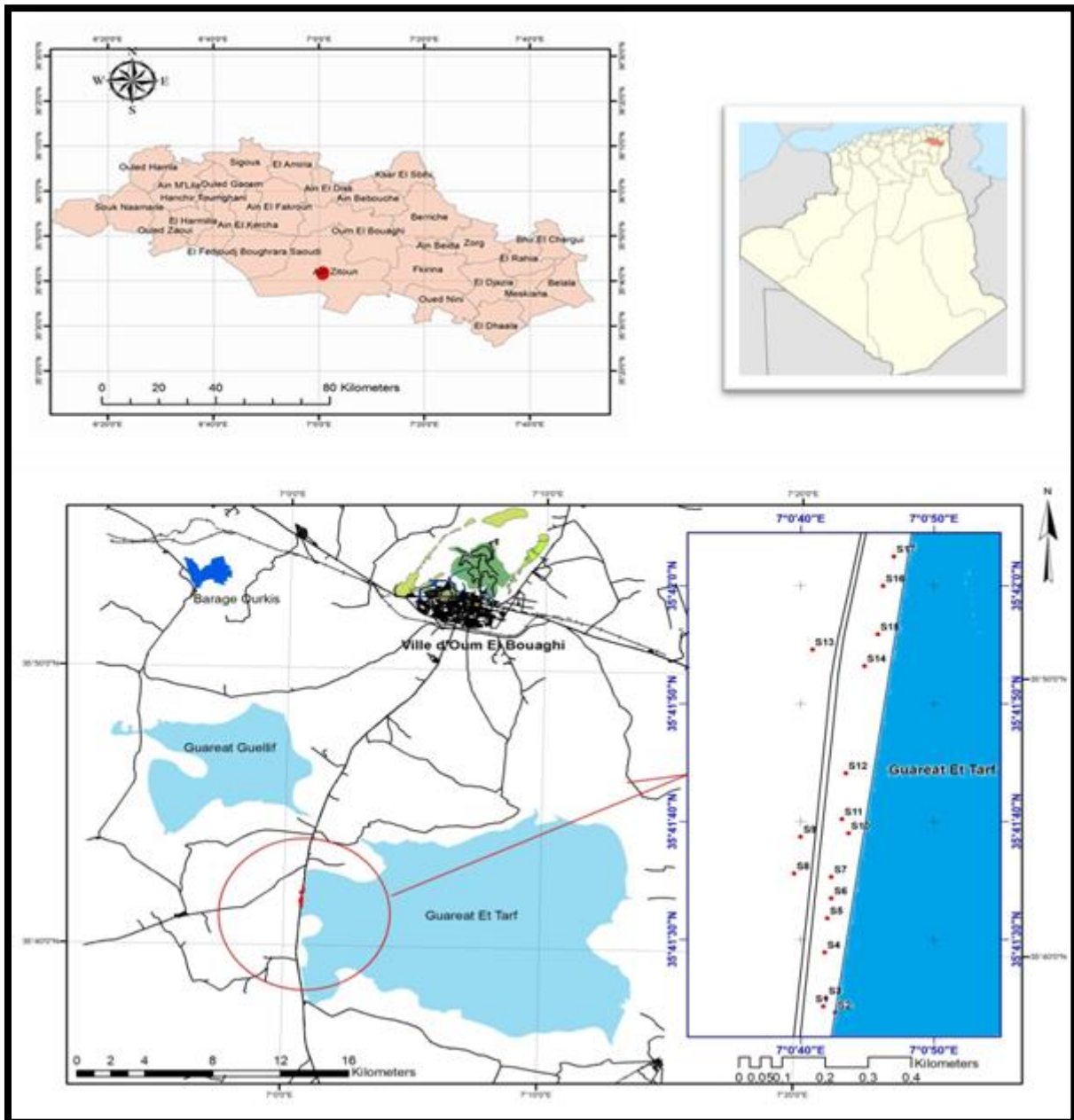


Figure1 : Situation géographique de la zone d'étude.

Le bassin versant de la région d'étude est situé dans le domaine de l'Atlas saharien, plus précisément dans l'unité tectonique du nord de l'Algérie. L'Atlas saharien est né d'un long sillon subsidient pincé entre les hauts plateaux et la plate-forme saharienne. Au Mésozoïque, ce sillon fut comblé par une puissante série sédimentaire et durant le Tertiaire, une tectonique compressive a entraîné la formation de chaînes de montagne. (BENZAOUZ, 1986).

2. Présentation de la région d'étude

Les mares temporaires sont perchées à une altitude de 832 à 836 m, situées au sud de la ville d'Oum El Bouaghi, la Daïra de cette dernière et de la commune de Ain Zitoune, dans la dépression topographique entre Argoub Kemellal au nord, et Djebel Tarf au sud. Ce dernier est formé de roches sédimentaires calcaires du Crétacé (Aptien) riches en fossiles et microfossiles. Argoub Kemellal est par contre constitué d'une gouttière de sables et d'argiles d'âge pliocène recouverts de barres de calcaires lacustres du quaternaire.

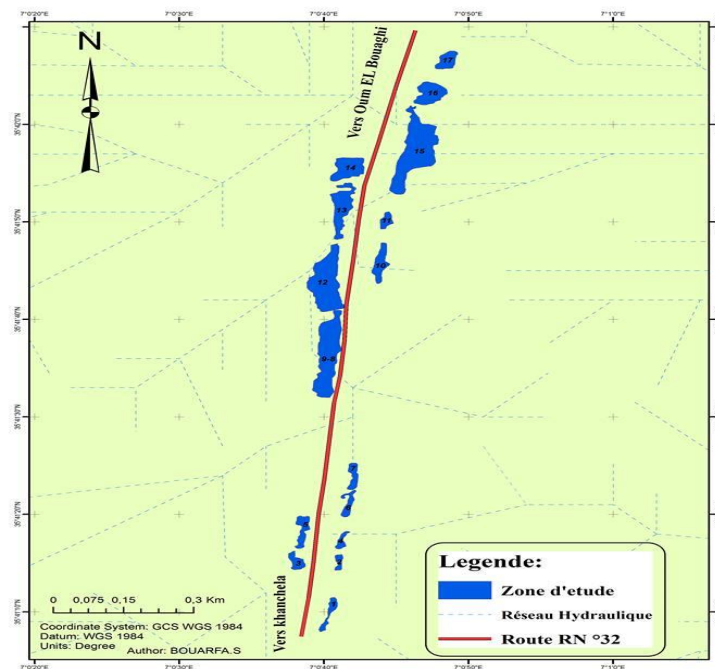


Figure 2 : carte de situation des sites d'étude

La dépression est couverte d'un alluvionnement datant du quaternaire ancien, donnant naissance à une croute de calcaires lacustres ayant le pouvoir de stocker les eaux. Elles sont situées à 21 km au Sud du chef lieu de la Wilaya, elle est limitée au Nord par la montagne de Taref et la plaine d'Al Madfoune au Sud par Metoussa, à l'Ouest Henchir Gourai et à l'Est la

plaine d'al-Muniri dont les coordonnées suivantes : 35°41'22.7''N, 007°00'41.7'' E. Elles sont caractérisées par un bioclimat de type semi-aride, à été chaud et à hiver froid et totalisent une superficie d'environ 19.1508 ha.

La région d'étude est marquée essentiellement par l'endoréisme qui se traduit par l'existence d'une multitude de cuvette, soit des cuvettes de décantation inondées occasionnellement, soit des cuvettes d'inondation fréquemment inondées sites à des crues de l'Oued Boulerais ou des fortes précipitations.

3. Géologie et Géomorphologie

Constituée en général de marnes et de calcaires crétacés. Un alluvionnement (produit de dégradation des deux atlas : tellien et Saharien) datant du quaternaire ancien, donnant naissance à une croûte de calcaires lacustre ayant le pouvoir de stockage des eaux (MAAZI, 2005).

4. Hydrographie

Les eaux des mares temporaires étudiées sont d'origine pluviales et de crues véhiculées par le principale affluent de ce plan d'eau : l'Oued Boulerais qui prend naissance dans les massifs des Aurès et qui inonde régulièrement les cuvettes riveraines à l'occasion des crues. L'influence de ce cours d'eau marque suffisamment la zone, qui est caractérisée par un régime hydrographique positif et une plus forte humidité.

Additivement à cela un ensemble de ravines et de griffes d'érosion entourent le plan d'eau et drainant le versant sud de Djebel El-Fdjouj participent au transport des eaux de pluies vers ces dernières.

5. Végétation

Formé essentiellement par des phanérophytes qui désigne un type biologique correspondant à des plantes, en général ligneuses, à appareil végétatif persistant au dessus du sol lors de la mauvaise saison et à bourgeons situés à plus de 50 cm du sol et aussi par les plantes permanentes dites aussi xérophytes adaptées à la sécheresse. La végétation caractéristiques des mares temporaires prospectées est présentée dans le tableau ci-dessous Tableau1.

Tableau1 : Végétation des mares temporaires étudiées.

Végétation des mares temporaires étudiées	
<i>Tamarix gallica</i> .L	<i>Juncus maritimus</i> . Lamk.
<i>Teucrium pseudo-Chamaepitys</i> L.	<i>Ranunculus aqualitis</i> .L.
<i>Plantago coronopus</i> .L.	<i>Ranunculus millefoliatus</i> Vahl.
<i>Thymus algeriensis</i> B.R.	<i>Salicornia arabica</i> .L
<i>Filago spathulata</i> .Presel.	<i>Pholiurus incurvus</i> .(L.) Schinz et
<i>Cynomorium coccineum</i> . L	Thell.
<i>Artemisia campestris</i> L.	<i>Lythrum tribracteatum</i> . Salzm.
<i>Cirsium</i> L.	<i>Senecio vulgare</i> .L
<i>Centaurea. Involucrata</i> Desf.	<i>Cymodocea nodosa</i> (Ucrea) Asch.
<i>Allyssum parviflorm</i> .	<i>Plygonome balansae</i> Boiss. Et Reut.
<i>Carduus pycnocephalus</i> . L	<i>Atriplex Halimus</i> .L
	<i>Juncus capitatus</i>

6. Climatologie

Le facteur du milieu le plus important est le climat. Il a une influence directe sur la faune et la flore. D'une manière générale, la région d'Oum El Bouaghi se situe dans un climat semi-sec, froid et pluvieux en hiver avec du verglas fréquent, sec et chaud en été.

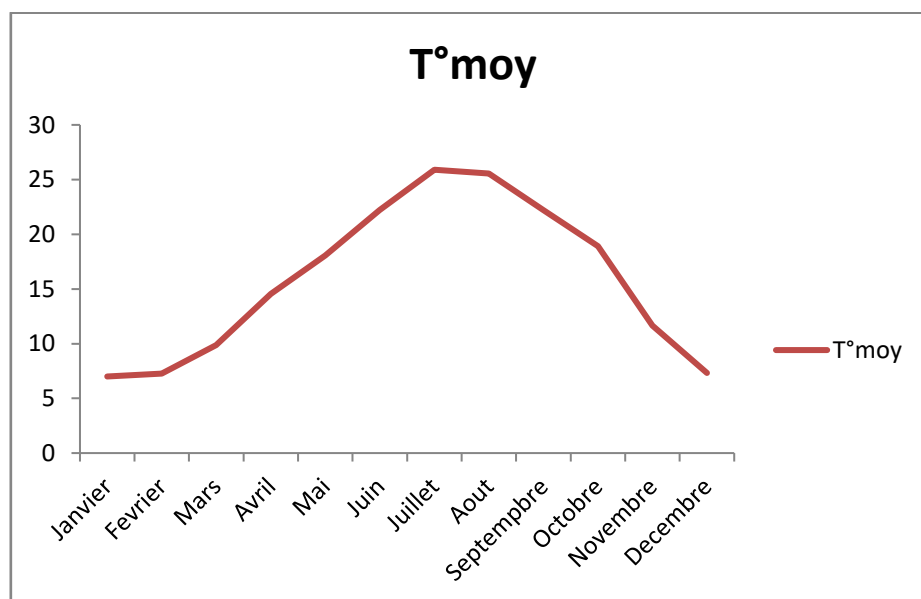
6.1. Température

Elle est en fonction de l'altitude, de la distance de la mer, des saisons et de la topographie (OZENDA, 1982).

En se basant sur les données du tableau ci-dessous (Tableau.2), nous constatons que janvier est le mois le plus froid avec une température moyenne de 7°C. La saison chaude est bien marquée, les températures maximales situées en Juillet et Août.

Tableau 2 : valeurs moyennes mensuelles de la température de l'air (°C) (2013-2016).

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
T°moy	7	7,27	9,87	14,54	18,07	22,22	25,9	25,55	22,22	18,92	11,65	7,32

**Figure 3** : Variations des moyennes de la température dans la région d'Oum El Bouaghi

6.2. La pluviométrie

Les précipitations sont régulées par trois autres facteurs : l'altitude, la longitude (elles augmentent de l'ouest vers l'est et la distance à la mer (SELTZER, 1946). Le mois de Mars est le mois le plus arrosé pour la région d'Oum El Bouaghi.

Le tableau 3 présente les moyennes mensuelles des précipitations enregistrées dans la station météorologique d'Oum El Bouaghi des années 2013-2016. En effet, le tableau montre que la moyenne annuelle des précipitations maximale est de 50.22 mm avec Mars et Novembre les mois le plus pluvieux.

Tableau 3: Valeurs moyennes mensuelles des précipitations (2013-2016).

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Pluie(m/m)	34	29.35	50.22	19.07	33.72	7.55	17.45	31.75	21.97	21.75	33.55	20.9

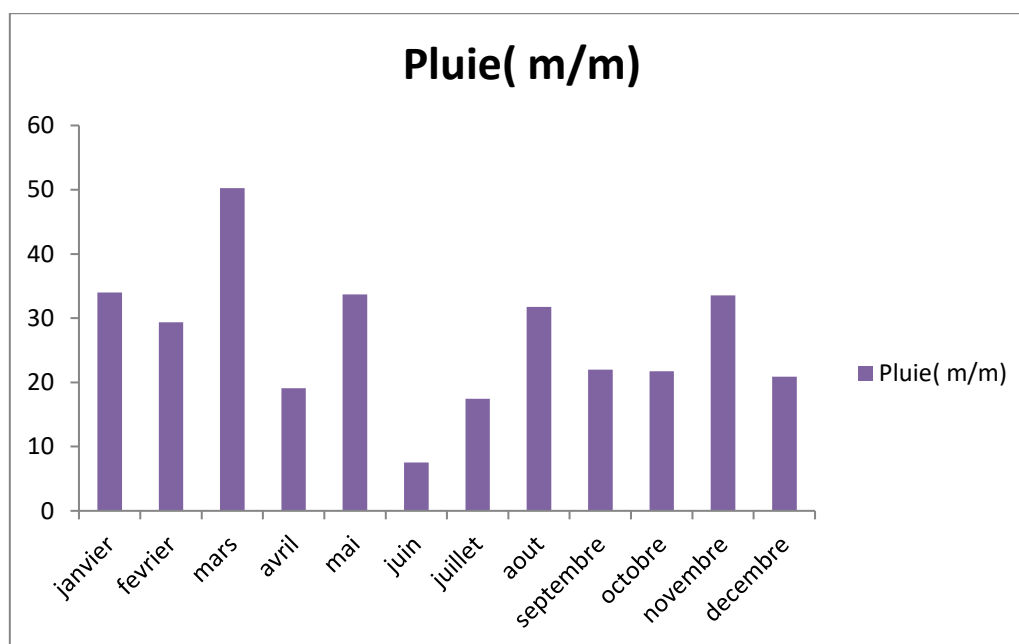


Figure 4 : Variations des moyennes de la pluviométrie dans la région d'Oum El Bouaghi

6.3. L'humidité

L'humidité de l'air est relativement élevée à proximité du littoral et atteint ses valeurs maximales dans les mois les plus froids (novembre, décembre, janvier et février). Les formations marécageuses et lacustres ainsi que la présence d'une couverture forestière maintiennent une humidité élevée pendant la saison chaude où l'évaporation atteint son maximum.

L'humidité relative de l'air connaît de grandes fluctuations d'une année à une autre et au cours des mois de la même année. Le tableau 4 montre que les valeurs les plus élevées sont enregistrées durant la période hivernale, correspondant notamment aux mois de janvier, février, novembre et décembre et qui peut aller jusqu'à 77.62 %. La sécheresse de l'air s'établit en été, surtout au cours des mois de juillet et août où son pourcentage ne dépasse pas 49%.

Tableau 4: Valeurs moyennes mensuelles de l'humidité de l'air (%) (2013-2016).

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
H moy(%)	74,2	72,62	67,62	66	58,87	52,75	48,37	49,75	57	62,25	69,87	77,62

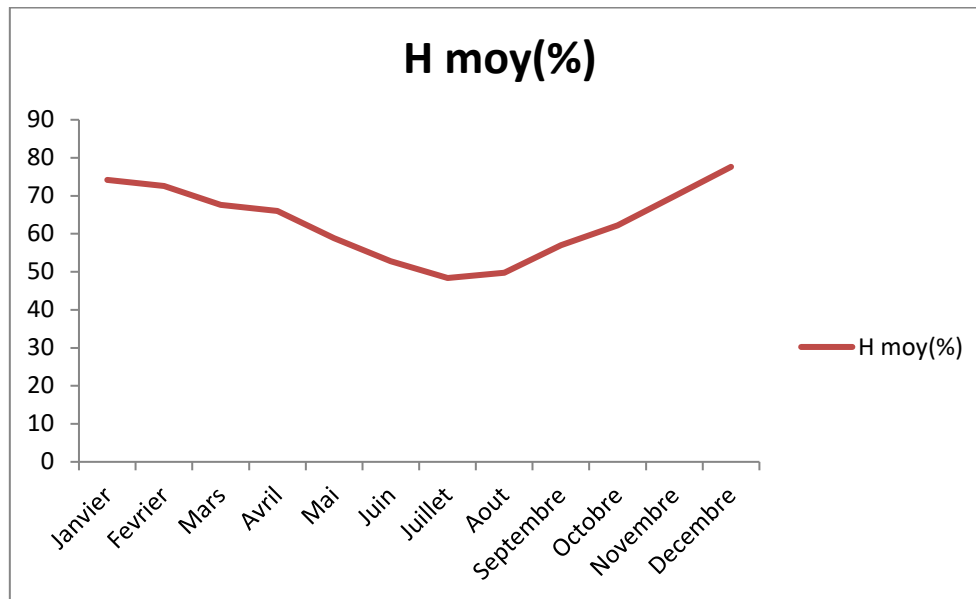


Figure 5 : Variations des moyennes de l'humidité dans la région d'Oum El Bouaghi

6.4. Les vents

Le tableau ci-dessous montre les vitesses moyennes mensuelles des vents (m/s) enregistrées dans la station météorologique d'Oum El Bouaghi (2013-2016). La fréquence des vents diminue simultanément au printemps, cette diminution est compensée par une augmentation des vents du secteur N-NE durant le printemps et plus encore en été. Les vents du secteur NNE sont liés aux périodes de haute pression et donc le beau temps, alors que les vents O-NO apportent les pluies de la période froide (Automne, hiver) à l'opposé le sirocco qui souffle principalement en été assèche l'atmosphère et favorise avec les températures élevées les incendies des forêts (DE BELAIR, 1990 IN METALLAOUI, 1999). La vitesse moyenne maximale est comprise entre 4 et 4.1 m/s en mois de Mars.

Tableau 5 : Valeurs moyennes mensuelles de la vitesse moyenne du vent (m/s) (2013-2016).

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Vent (m/s)	3,1	4	4,1	3,7	3,5	3,8	3,3	3,4	4	3	2,9	3

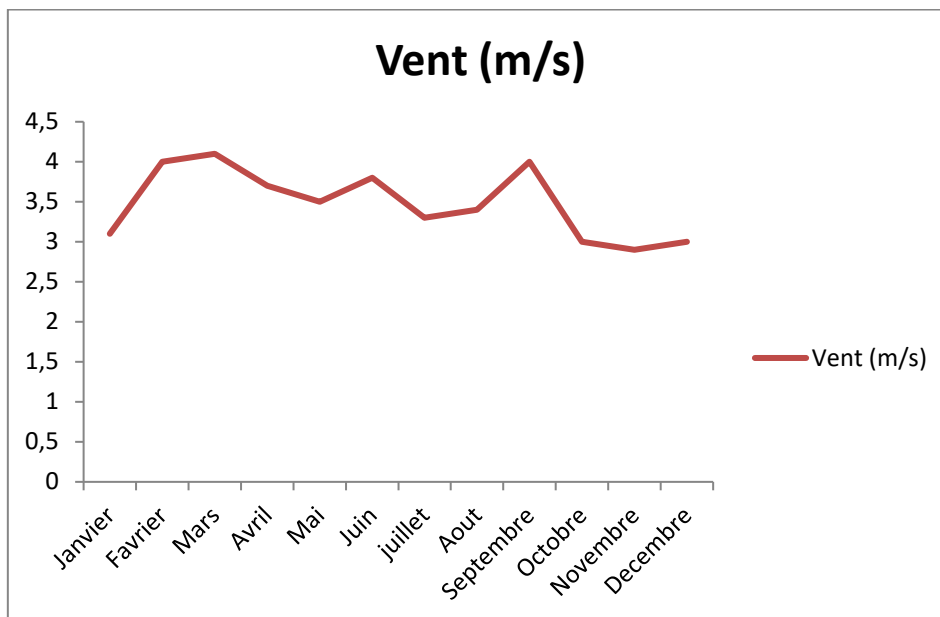


Figure 6 : Variations de la vitesse des vents dans la région d'Oum el Bouaghi

6.5. Le régime saisonnier

La connaissance de la pluviométrie annuelle moyenne, même sur une longue période, est une donnée insuffisante pour caractériser un régime pluviométrique régionale. Il est nécessaire de la compléter par la détermination de la répartition saisonnière des pluies dans l'année : c'est le régime saisonnier (NAHAL, 1981 ; MEDDOUR ,2010). Elle consiste à calculer la somme des précipitations par saison et à effectuer le classement saisonnier par ordre de pluviosité décroissante en désignant chaque saison par son initial (MUSSET, 1935 ; MEDDOUR, 2010). D'après la figure 7 la plus arrosée est le printemps avec 32%.

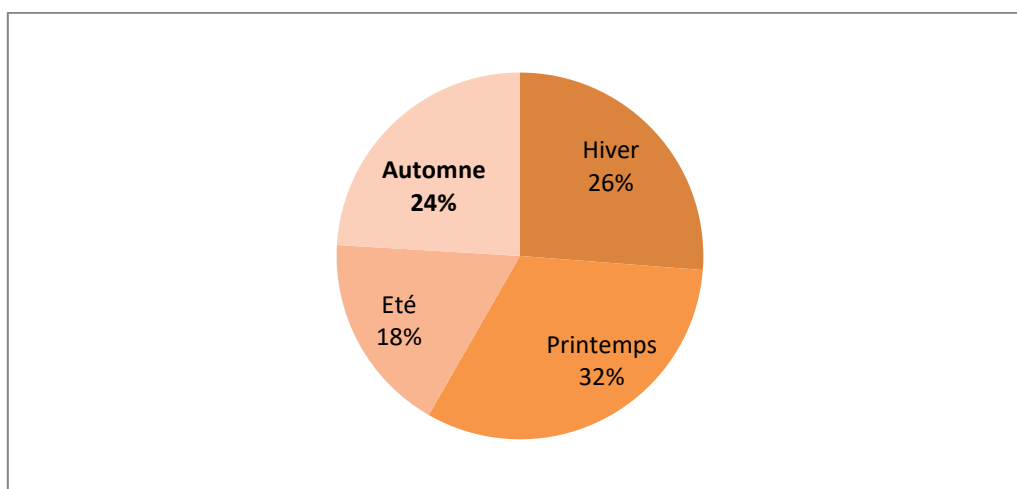


Figure 7 : Secteurs représentant la répartition pluviométrique saisonnière (2013-2016).

6.6. Relation température-précipitation

6.6.1 Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен

Ce diagramme permet de calculer la durée de la saison sèche en portant la pluviométrie moyenne annuelle sur des axes où l'échelle de la pluviométrie est double de celle de la température. D'après BAGNOUL et GAUSSEN (1957), il n'y a sécheresse que lorsque la courbe de précipitation rencontre celle des températures et passe au dessus d'elle.

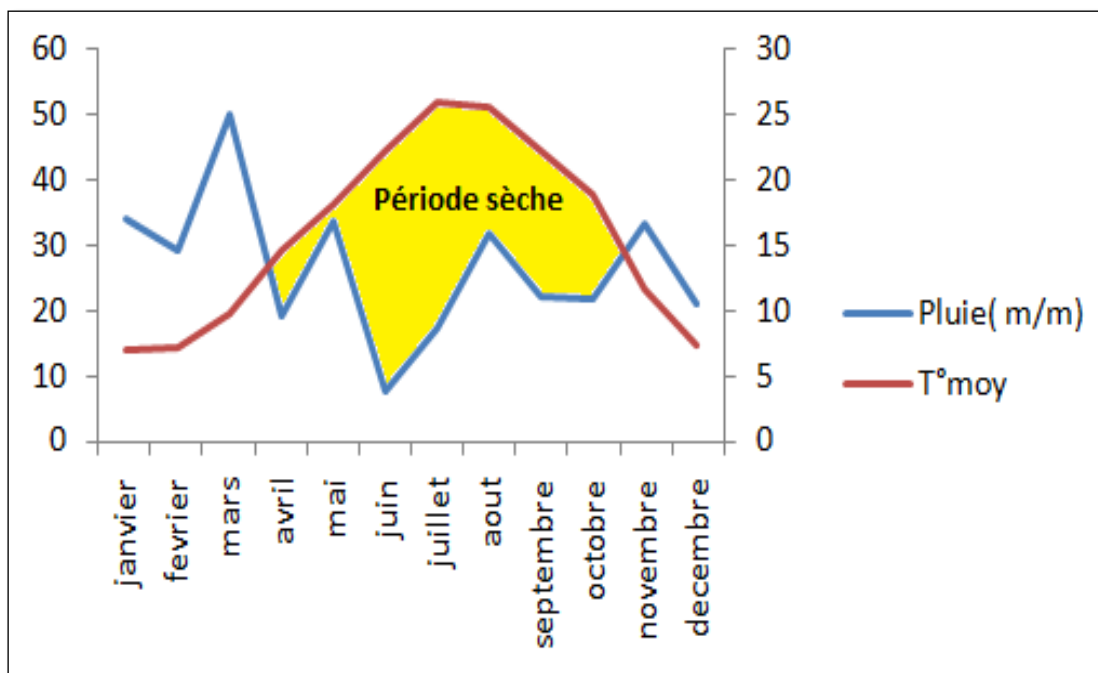


Figure 8 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен

Dans la région d'Oum El Bouaghi la période sèche s'étend sur sept mois et quelques jours (de la fin de Mars jusqu'au début Novembre). Ainsi, le diagramme montre que nous sommes en présence de deux saisons bien distinctes (figure 8) :

- **Saison sèche** (mars à novembre) où les précipitations sont déficitaires par rapport à l'évaporation. Le minimum s'observe en juillet et août.
- **Saison humide** (décembre à février) où les précipitations l'emportent sur l'évaporation.

6.6.2 Le climagramme d'Emberger

En 1955, Emberger a classé les climats méditerranéens en faisant intervenir deux facteurs essentiels : les précipitations et la température. Pour déterminer l'étage bioclimatique

de la zone d'étude, il faut procéder au calcul du quotient pluviométrique d'Emberger Q_2 selon la relation suivante :

$$Q_2 = 1000. P / \frac{(M+m).(M-m)}{2}$$

Où :

M : température moyenne des maxima du mois le plus chaud (°K)

m : température moyenne des minima du mois le plus chaud (°K)

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

D'après cette relation $Q = 33.88$ ce qui permet de classer le climat de la région d'Oum El Bouaghi dans l'étage bioclimatique semi aride (Figure9).

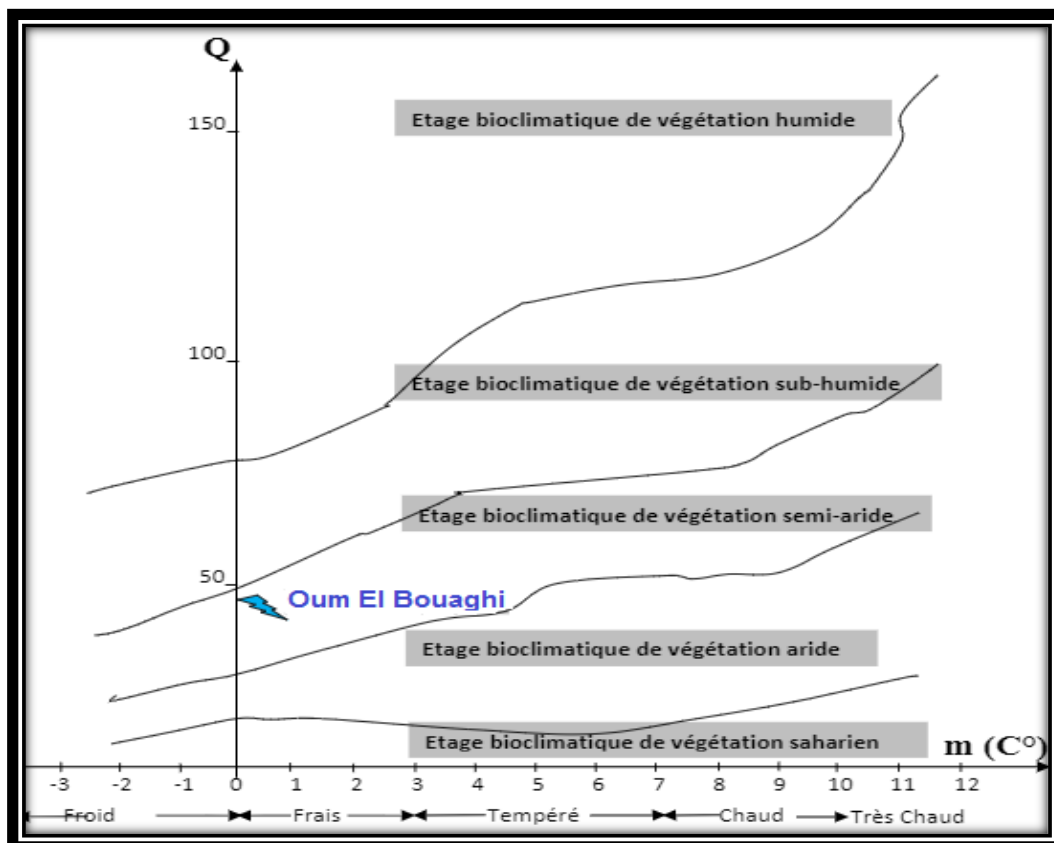


Figure9: Etage bioclimatique d'Emberger présente la situation de la région d'Oum El Bouaghi des années 2000 jusqu'à 2017.

1. Localisation et description des stations

1.1. Choix des sites

Les 17 stations échantillonnées, sont situées dans le sud de la Wilaya d'Oum El Bouaghi, elles ont été échantillonnées pendant quatre années (2013-2016) afin d'inventorier les communautés de macroinvertébrés et aussi pour évaluer la qualité de son biotope.

Le choix de dix-sept mares est basé sur les critères suivants :

- Les stations appartiennent à la même région (Sud d'Oum El Bouaghi).
- Ils partagent ainsi des conditions climatiques semblables.
- les territoires ne sont pas occupés par l'agriculture.
- Les sites sélectionnés sont des mares temporaires qui ne partagent pas le même substrat.
- Ce sont des stations qui n'ont jamais été explorées.

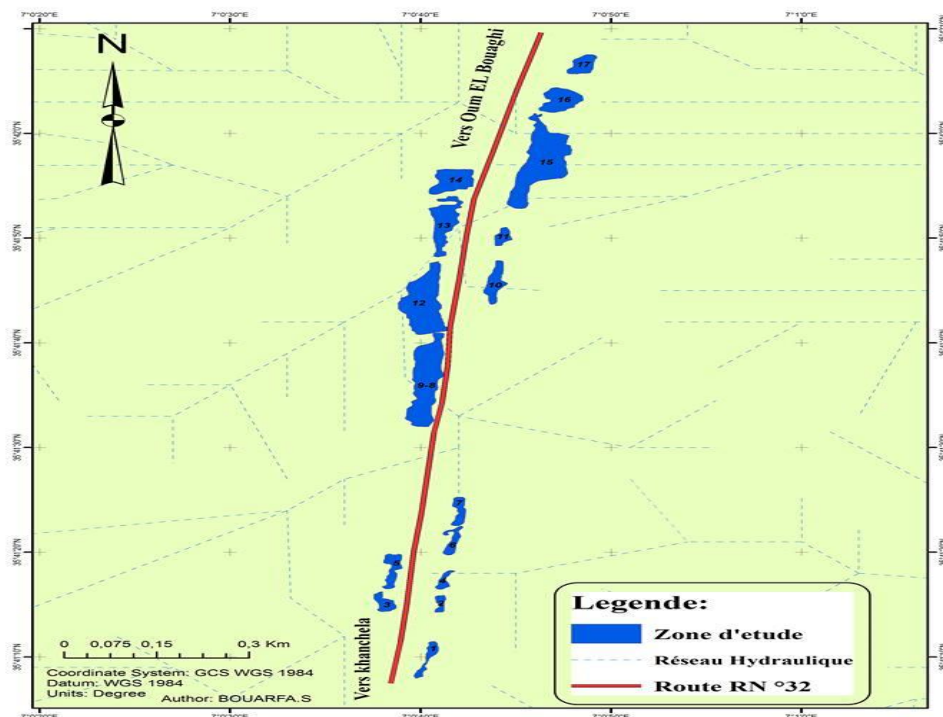


Figure 2 : carte de situation des sites d'étude

1.2. Description des sites d'étude

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques des stations d'échantillonnage.

Tableau 6 : Caractéristiques des sites étudiés

Sites	Latitude (N)	Longitude (E)	altitude	Superficie (m ²)	Profondeur Max (cm)	Conductivité Moyenne (μS/cm)	substrat	Quelque espèce végétale dominante
S1	35°41'22.7''	007°00'41.7''	836m	8169	23	1005	Limons, sable, détritit organique	<i>Plantago coronopus</i> .L. <i>Thymus algeriensis</i> B.R. <i>Filago spathulata</i> .Presel.
S2	35°41'23.8''	007°00'42.6''	836m	2845	38	1015	Vaseux	<i>Allyssum parviflorm</i> . <i>Carduus pycnocephalus</i>
S3	35°41'25.0''	007°00'41.9''	835m	10280	17	966	Vaseux	<i>Ranunculus aqualitis</i> .L. <i>Ranunculus millefoliatus</i> <i>Salicornia arabica</i>
S4	35°41'28.9''	007°00'41.8''	834m	3190	17	1002	Limons, sable, détritit organique	<i>Plantago coronopus</i> .L. <i>Thymus algeriensis</i> B.R. <i>Filago spathulata</i> .Presel.
S5	35°41'31.8''	007°00'42.0''	835m	3913	19	1020	Vaseux	<i>Atriplex Halimus</i> .L <i>Juncus capitatus</i>
S6	35°41'33.5''	007°00'42.3''	835m	812	13	1055	Vaseux	<i>Atriplex Halimus</i> .L <i>Juncus capitatus</i>
S7	35°41'35.3''	007°00'42.3''	835m	996	19	1002	Limons, sable, détritit organique	<i>Cirsium</i> L. <i>Centaurea. Involucrata</i> <i>Lythrum tribracteatum</i>
S8	35°41'35.6''	007°00'39.5''	835m	596	59	1008	Vaseux	<i>Ranunculus aqualitis</i> .
S9	35°41'38.7''	007°00'40.0''	835m	1108	21	1025	Limons, sable, détritit organique	<i>Carduus pycnocephalus</i> <i>Tamarix gallica</i>
S10	35°41'39.0''	007°00'43.6''	836m	1019	59	1033	Vaseux	<i>Atriplex Halimus</i> .L <i>Juncus capitatus</i>
S11	35°41'40.2''	007°00'43.1''	835m	1502	55	1023	Vaseux	<i>Tamarix gallica</i>
S12	35°41'44.1''	007°00'43.4''	833m	1517	62	1030	Vaseux légèrement sablonneux	<i>Ranunculus millefoliatus</i>
S13	35°41'54.6''	007°00'40.9''	835m	8441	36	1001	Vaseux	<i>Cirsium</i> <i>Thymus algeriensis</i>
S14	35°41'53.2''	007°00'44.8''	833m	1980	7	1005	Vaseux	<i>Atriplex Halimus</i> .L <i>Juncus capitatus</i>
S15	35°41'55.9''	007°00'45.8''	832m	987	63	1021	Vaseux	<i>Centaurea. Involucrata</i>
S16	35°42'00.0''	007°00'46.2''	833m	522	11	982	Vaseux légèrement sablonneux	<i>Thymus algeriensis</i>
S17	35°42'02.5''	007°00'47''	834m	869	22	1013	Vaseux	<i>Allyssum parviflorm</i> <i>Atriplex Halimus</i> .L <i>Juncus capitatus</i>

2. Échantillonnage du peuplement faunistique

2.1. Techniques d'échantillonnage sur terrain

L'échantillonnage consiste à rassembler la plus grande diversité faunistique représentative des habitats à étudier pour obtenir un bilan plus complet possible des taxons présents dans les plans d'eau et une description aussi complète que possible de la station devrait être réalisée, comportant les principales caractéristiques environnementales, et sera utilisée comme une aide à l'interprétation des résultats.

La technique de récolte consistait à utiliser un échantillonneur de type « Surber » et équipé d'un filet d'ouverture de maille de 500 μm est conçu pour un emploi dans les eaux peu profondes. On récolte la faune en brassant, avec les pieds, le substrat devant le filet tout en se déplaçant selon un parcours en zigzag d'une berge à l'autre pendant 2 à 5 minutes, basant au milieu et en bordure des berges dans les parties à forte végétation aquatique ainsi qu'au fond dans les parties boueuses et sableuses des mares, sur les mêmes stations, la présence de la végétation aquatique qui constituent la prairie avoisinante ont été noté dans le tableau (Tableau 6).

2.2. Traitement des échantillons

Les échantillons sont placés dans des bocaux et sont conservés dans du formaldéhyde à 5%. Ensuite, ils sont transportés au laboratoire, où ils sont triés sous une loupe binoculaire, comptés, identifiés, et rangés par groupes fonctionnels puis conservés dans de l'alcool à 70% et la détermination taxonomique a été réalisée par le biais d'une collections et des guides mis à notre disposition basant surtout sur la clef de détermination des macro-invertébrés aquatiques (TACHET et *al.*, 2000). Les individus sont identifiés jusqu'au niveau de la l'espèce ou au genre en fonction du groupe considéré.

3. Analyses physicochimique de l'eau

Des prélèvements bimensuels de l'eau ont été effectués dans les mares pour les caractérisées. Plusieurs facteurs ont été étudiés: quelques uns ont été mesurés sur place alors que d'autres ont été analysés au Laboratoire.

La température, le pH, la conductivité électrique, et l'oxygène dissous ont été mesurés sur le terrain à l'aide d'un multi paramètre de mesure portable. L'eau prélevée dans des bouteilles en polyéthylène préalablement rincés avec l'eau échantillonnée est stockée, après l'ajout de quelques gouttes de formol à 5% pour bloquer les activités bactériennes.

Les bouteilles sont complètement remplies sans bulles d'air et sont fermées hermétiquement et transportées au laboratoire, où elle été filtré à travers des filtres à 0,45 µm de porosité pour la détermination des paramètres physico-chimiques selon les méthodes conformément aux normes AFNOR(1983) et aux méthodes préconisées par RODIER (2009). Le calcium est dosé par complexométrie par titrage à l'EDTA en présence d'un indicateur colorée (Murexide) et une solution d'hydroxyde de sodium 2 N. Les chlorures sont déterminés par volumétrie selon la méthode de Mohr, en faisant précipiter le chlorure d'argent par réaction des ions chlorures avec les nitrates d'argent et en présence d'une solution de chromate de potassium K_2CrO_4 à 10 % comme un indicateur. Les sulfates SO_4^{2-} sont déterminées par néphélométrie, en utilisant un spectrophotomètre UV-visible (WTW) réglé à une longueur d'onde de 420 nm et étalonné avant toute détermination de la concentration des sulfates qui est reliée à la turbidité de la suspension ($BaSO_4$). Les nitrates, nitrites, ammonium et phosphate sont déterminés par la colorimétrie.

Pour chaque analyse, un blanc a été considéré et les dosages ont été effectués en trois répliques pour chaque prélèvement et chaque paramètre. La valeur moyenne des trois répétitions a été retenue.

4. Méthodes d'analyse de la structure du peuplement

-Indices de diversité

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

La mesure de la richesse taxonomique, la diversité et l'équitabilité sont utiles pour la caractérisation d'un peuplement, la comparaison globale des peuplements différents ou de l'état d'un même peuplement étudié à des moments différents (BARBAULT, 1995). Ces indices ont pour intérêt de rendre compte de l'abondance relative de chaque espèce, de comparer entre eux des peuplements et comment ceux-ci évoluent dans l'espace et dans le temps (DAJOZ, 1985).

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

• Diversité brute ou richesse taxonomique

Cet indice correspond au nombre de taxons présents dans chaque prélèvement (BOU-LUNIER *et al.*, 1998 ; RAMADE, 2003).

• Abondance

L'abondance est un paramètre important pour la description d'un peuplement. Il représente le nombre d'individus du taxon (i) présent par unité de surface ou de volume (RAMADE, 2003). Il est variable aussi bien dans l'espace que dans le temps.

$$P_i = n_i / N$$

n_i = nombre d'individus de l'espèce i

N = nombre total d'individus

• Occurrence des espèces

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

Elle est calculée par la formule :

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

P_i = nombre de prélèvements où l'espèce i est présente

P = nombre total de prélèvements

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

- $C = 100\%$	Espèce omniprésente
- $C \in] 100 - 75]$	Espèce constante
- $C \in] 75 - 50]$	Espèce fréquente
- $C \in] 25 - 5]$	Espèce accessoire
- $C < 5 \%$	Espèce rare

• Indice de Schannon-Weaver H'

De tous les indices, la formule de Schannon-Weaver est l'indice le plus utilisé, il exprime

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

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

Il a pour expression :

$$H' = - \sum (n_i / N) \log_2 (n_i / N)$$

n_i = nombre d'individus de l'espèce de rang i

N = nombre total d'individus

Cet indice a pour unité le 'Bit', sa valeur dépend du nombre d'espèces présentes, de leurs proportions relatives et de la base logarithmique.

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

- **Indice de Margalef** (MARGALEF, 1951)

Cet indice ne tient pas compte de l'abondance relative des taxons. Il est défini par la relation suivante :

$$\alpha = (n_i - 1) / \log N$$

n_i = nombre d'individus de l'espèce de rang i

N = nombre total d'individus

La diversité est minimale quand α tend vers zéro (0), et est maximale quand α tend vers ∞ .

5. Traitement statistique des données

Les principales méthodes statistiques multivariées utilisées dans ce travail s'appuient sur l'analyse en composantes principales (ACP), et la classification ascendante hiérarchique

(CAH).

5.1. Analyse en composantes principales (ACP)

Le but de l'ACP est de donner une représentation synthétique et graphique de \mathbf{P} individus dans un espace de dimensions réduites (en général dans 2 ou 3 dimensions), sachant que l'on part d'un espace à n dimensions, n étant le nombre de variables mesurées.

Le principe de cette analyse est de créer, à partir de combinaisons linéaires des variables initiales, de nouvelles variables synthétiques non corrélées entre elles et de variance décroissante appelées composantes principales de manière à minimiser la perte d'information lors de la réduction de dimension, c'est-à-dire de maximiser la variance totale.

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

5.2. Classification ascendante hiérarchique (CAH)

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

La CAH est destinée à reproduire des groupements décrits par un certain nombre de variables ou caractères. Elle procède en fait à la construction de classes (paquets) par agglomération successive des objets deux à deux, qui fournissent une hiérarchie de partition des objets.

Pour les CAH réalisées, l'indice de similarité utilisé est celui de la distance euclidienne. Les représentations ont été réalisées sous forme d'arborescence à racine.

5.3. Corrélations de Pearson

Le test de Pearson calcule et élabore des matrices de coefficients de corrélation ' r ' ainsi que des covariances pour toutes les paires de variables d'une liste (option de matrice carré) ou pour chaque paire de variables formée en prenant une variable de chacune de deux listes de variables (option matrice rectangulaire).

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

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

Il est considéré comme forte corrélation si le coefficient de corrélation est supérieur à 0,8 et une faible corrélation si le coefficient de corrélation est inférieur à 0,5 (BOLBAOCA & JÄNTSCHI, 2006).

5.4. Logiciels de calcul

Les logiciels 'XLSTAT 2014.5 a permis de réaliser et donner les représentations graphiques des analyses multivariées de type ACP et CAH. Pour les corrélations nous avons utilisé le logiciel 'ADE-4' (THILOUSE et *al.*, 1997).

Au terme de ce travail pratique visant la connaissance de la biodiversité de la macrofaune des mares temporaires dans la région Sud d'Oum El Bouaghi, les données recueillies sur le terrain décrivent deux aspects principaux qui sont ; les caractéristiques écologiques et la composition taxonomique de la faune invertébrée recensée des sites échantillonnés. La présentation de ces données est organisée en deux étapes ; la première étape concerne l'analyse des caractéristiques écologiques de dix-sept mares temporaires et la deuxième étape porte sur l'analyse taxonomique de la faune invertébrée pour voir si y a une relation entre la qualité de l'eau et la faune qui héberge ces mares.

I- Les analyses physicochimiques de l'eau

Les eaux de surfaces sont principalement représentées par des cours d'eau et des plans d'eau. La qualité de ces eaux est caractérisée par les diverses substances qu'elles contiennent, leur quantité et leur effet sur les écosystèmes aquatiques et la santé humaine.

Les paramètres physico-chimiques fournissent des indicateurs sur la qualité de l'eau, mais elles sont sujettes à des variations par les activités anthropiques qui modifient les caractéristiques d'une eau (KARROUCH, 2007 ; MERABET, 2011).

Après les études analytiques physico-chimiques des eaux des mares temporaires durant quatre années (2013-2016), les résultats obtenus ont fait l'objet d'un traitement graphique et statistique dont le but est d'interpréter ces résultats et de comprendre la caractérisation physico-chimique de ces écosystèmes aquatiques.

Les résultats physico-chimiques seront analysés et discutés en référence aux normes de la qualité des eaux superficielles.

Les résultats d'analyse physico-chimique des mares temporaires, pendant la période d'observation, ont été consignés dans le tableau (7).

Tableau 7 : Variation des paramètres physico-chimiques des eaux des mares temporaires.

Variable	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
Température (C°)	12.6	20.3	17.36	2.129
Potentiel d'Hydrogène	6.54	8.48	7.33	0.541
Conductivité électrique ($\mu\text{s}/\text{cm}$ à 20 °C)	966	1055	1012.11	20.170
Oxygène dissous (mg/L)	4.2	6.5	5.80	0.659
Salinité (%)	0	0.3	0.08	0.239
Matières en suspension (mg/L)	33.5	45	38.52	3.488
Turbidité (NTU)	124	188	160.35	16.66
Nitrites (mg/L)	0.002	0.33	0.112	0.106
Nitrates (mg/L)	11	68.24	27.94	17.49
Calcium (mg/L)	88.6	96.1	92.47	2.34
Chlorures (mg/L)	97.45	123.1	109.55	8.63
Phosphates (mg/L)	0.03	0.8	0.162	0.183
Ammonium (mg/L)	0.001	1.3	0.45	0.420

I-1- Qualité physique de l'eau

➤ La température (T)

La température de l'eau, est un facteur écologique qui entraîne d'importantes répercussions écologiques (LEYNAUD, 1968). Elle agit sur la densité, la viscosité, la solubilité des gaz dans l'eau, la dissociation des sels dissous, de même que sur les réactions chimiques et biochimiques, le développement et la croissance des organismes vivant dans l'eau et particulièrement les microorganismes (W.H.O, 1987).

Elle conditionne grandement la répartition des organismes végétaux et animaux et influence l'activité physique des êtres vivants. Elle contrôle aussi l'évolution et la transformation dans le milieu aquatique, de nombreux facteurs chimiques dont l'oxygène dissous, facteur indispensable aux organismes aquatiques.

La température étant un facteur très important pour le fonctionnement des écosystèmes aquatiques superficiels elle est due aux influences atmosphériques.

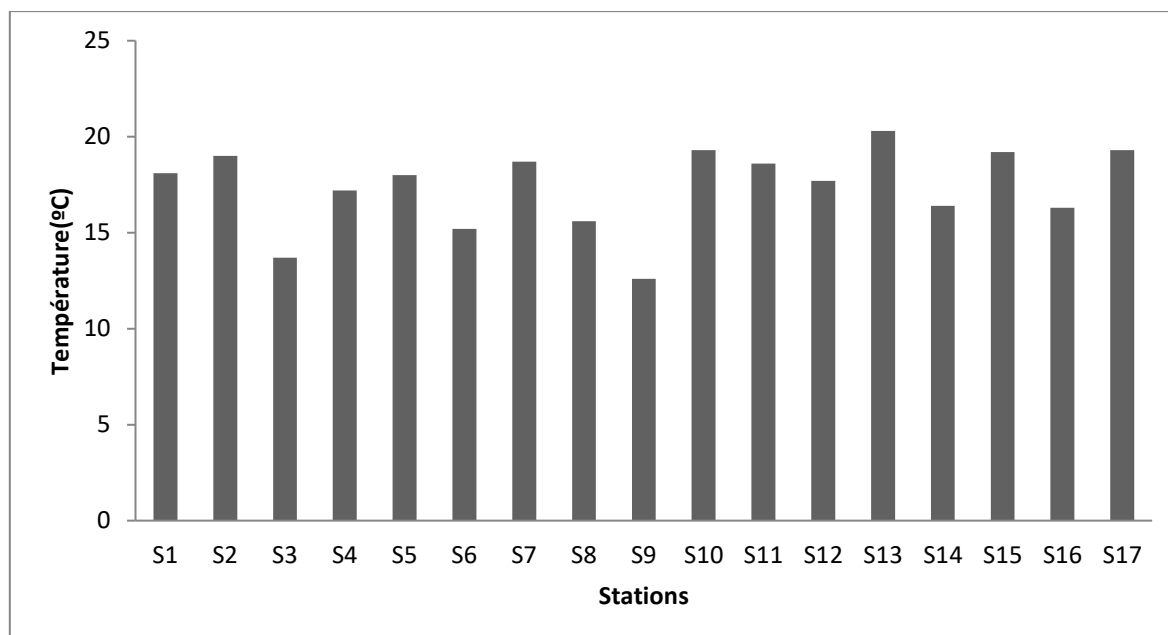


Figure 10 : Valeurs moyennes de la température de l'eau des mares étudiées

Les relevés thermiques effectués au niveau des mares temporaires ont montré une variation thermique remarquable entre les stations : une valeur maximale moyenne de 20.3 °C dans la mare S13 et d'une valeur minimale moyenne de 12.6 dans la mare S9 avec un écart-type (2.129) traduisant une importante variation d'une station à l'autre (Figure 10). Les variations de la température sont généralement acceptables à des valeurs normales des eaux de surface, qui sont caractérisé par une température qui ne dépasse pas 25°C.

➤ Le potentiel hydrogène (pH)

Le pH de l'eau mesure la concentration des protons H^+ contenus dans l'eau. Il résume la stabilité de l'équilibre établi entre les différentes formes de l'acide carbonique et il est lié au système tampon développé par les carbonates et les bicarbonate (EZZAOUAQ, 1991; EL BLIDI *et al.*, 2003; HIMMI. *et al.*, 2003).

Le pH de l'eau renseigne sur son acidité et son alcalinité. La nature des terrains traversés par les eaux est la cause naturelle, provoquant des variations importantes du pH. D'une manière générale, le pH ne constituerait jamais un facteur limitant en hydrobiologie (DELAMARE DEBOUTTEVILLE, 1960) sauf dans des situations exceptionnelles, bien entendu.

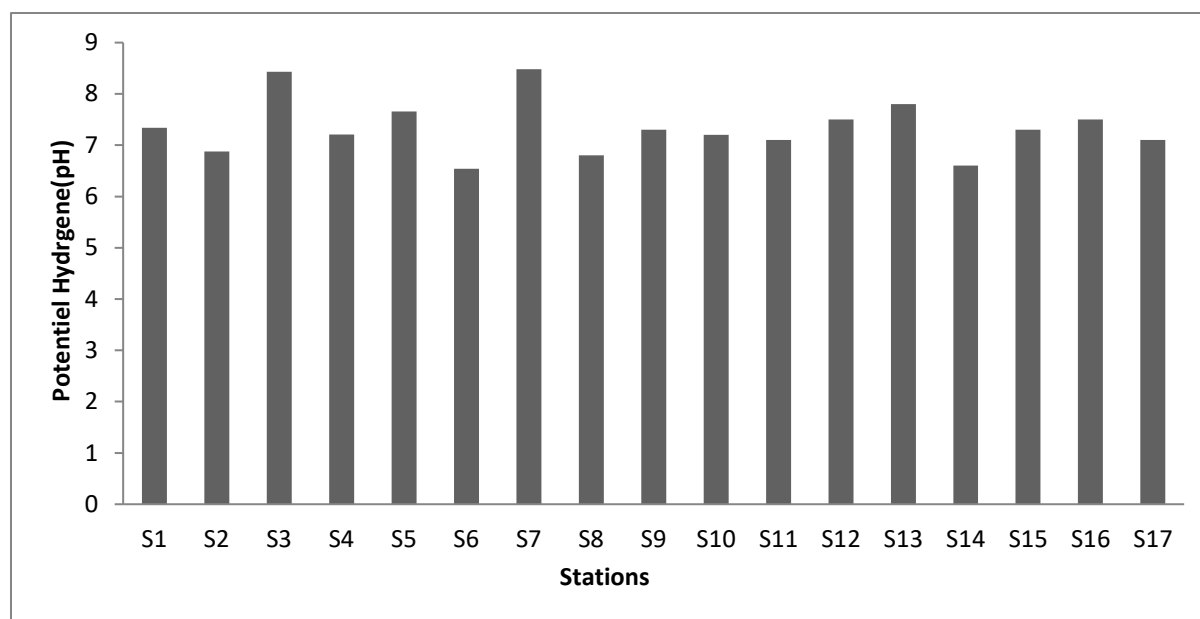


Figure 11: Valeurs moyennes du potentiel hydrogène de l'eau des mares étudiées.

Les valeurs minimales du pH enregistrées dans cette étude sont toujours comprises dans la gamme des pH acceptables. D'une manière générale, le pH ne constituerait jamais un facteur limitant en hydrobiologie sauf dans des situations exceptionnelles.

Les valeurs observées révèlent que le pH est proche de la neutralité avec une légère alcalinité, au niveau de l'ensemble des plans d'eau avec une faible variation d'un site à l'autre (écart-type 0.541), les valeurs sont comprises entre 6.54 dans le plan S6 et 8.48 dans le plan S7 (Figure 11). Ces valeurs ne sont donc pas différentes et traduisent des eaux proches de la neutralité mais légèrement alcalines dans toutes les mares prospectées, cette relative constance du pH de l'eau dans les diverses stations pourrait résulter d'un équilibre entre les fortes teneurs en dioxyde de carbone et les bicarbonates de calcium ou de magnésium dissous, stabilisées par l'effet tampon de la forte minéralisation.

➤ La conductivité électrique (CE)

La mesure de la conductivité constitue une bonne appréciation du degré de minéralisation d'une eau où chaque ion agit par sa concentration et sa conductivité spécifique, elle représente la capacité de l'eau à conduire un courant électrique, donc proportionnelle à la minéralisation de l'eau, ainsi plus l'eau est riche en sels minéraux ionisés, plus la conductivité est élevée (DERWICH *et al.*, 2010), elle est également fonction de la température de l'eau, elle est plus importante lorsque la température augmente (REJSEK, 2002 ; RODIER *et al.*, 1984).

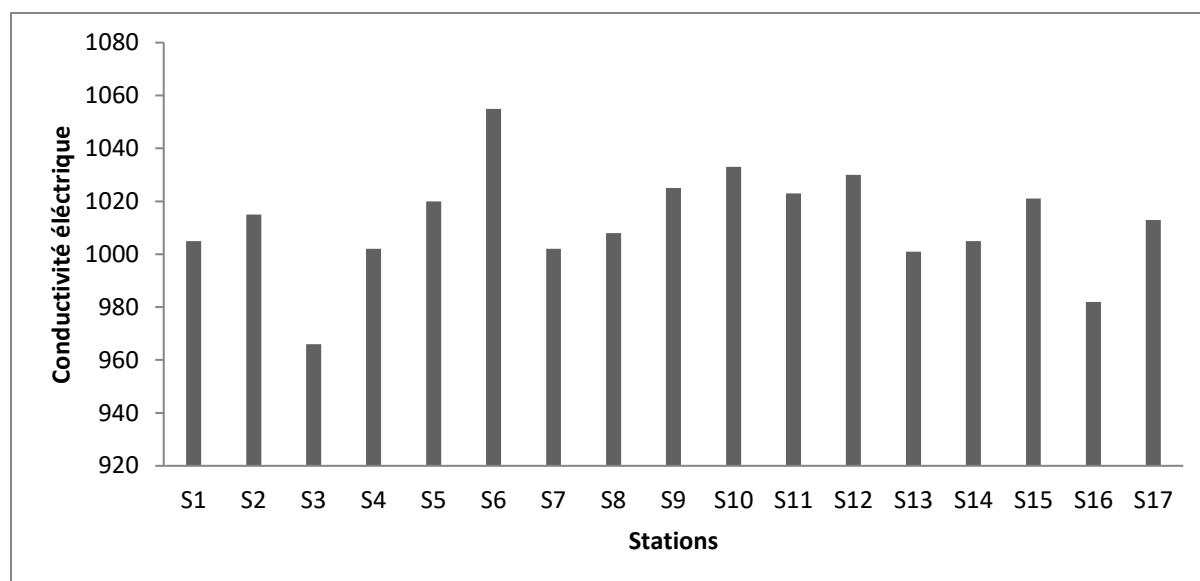


Figure 12 : Valeurs moyennes du potentiel hydrogène de l'eau des mares étudiées

Au niveau des stations échantillonnées, les analyses ont révélé que les eaux sont fortement minéralisées, reflétant d'après Rodier (2009) une minéralisation excessive ($CE > 1000 \mu S/cm$).

La répartition temporelle de la conductivité électrique des eaux étudiées montre une diminution pendant la période pluvieuse. L'explication de cette diminution réside dans la dilution des eaux par l'apport des eaux pluviales.

À l'image des eaux superficielles des régions calcaires à climat semi-aride, la conductivité est relativement élevée. Elle est de $966 \mu S/cm$ dans le plan S3 et $1055 \mu S/cm$ dans le plan S6 avec une moyenne de $1012.11 \mu S/cm$. Le degré de minéralisation est rendu surtout à la nature géologique de la région, ces fortes concentrations sont probablement dues aux terrains évaporitiques du Trias environnant.

En comparaison avec le travail de Melghit 2012 et Barkat 2016 qui ont révélés respectivement une CE moyenne de $1114 \mu S/cm$ et $1204,29 \mu S/cm$ nos résultats sont un peu élevé par rapport au premier et presque identiques au deuxième.

➤ Matières en suspension (MES)

Les matières en suspension comprennent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau, Elles incluent les argiles, les sables, les limons, les

matières organiques et minérales de faible dimension, le plancton et autres micro-organismes de l'eau (DE VILLERS *et al.*, 2005).

La quantité de matières en suspension varie notamment selon les saisons et le régime d'écoulement des eaux. Ces matières affectent la transparence de l'eau et diminuent la pénétration de la lumière et, par suite, la photosynthèse.

Les teneurs élevées en matières en suspension peuvent être considérées comme une forme de pollution. Une telle hausse peut aussi entraîner un réchauffement de l'eau, lequel aura pour effet de réduire la qualité de l'habitat pour les organismes d'eau froide (HEBERT et LEGARE, 2000).

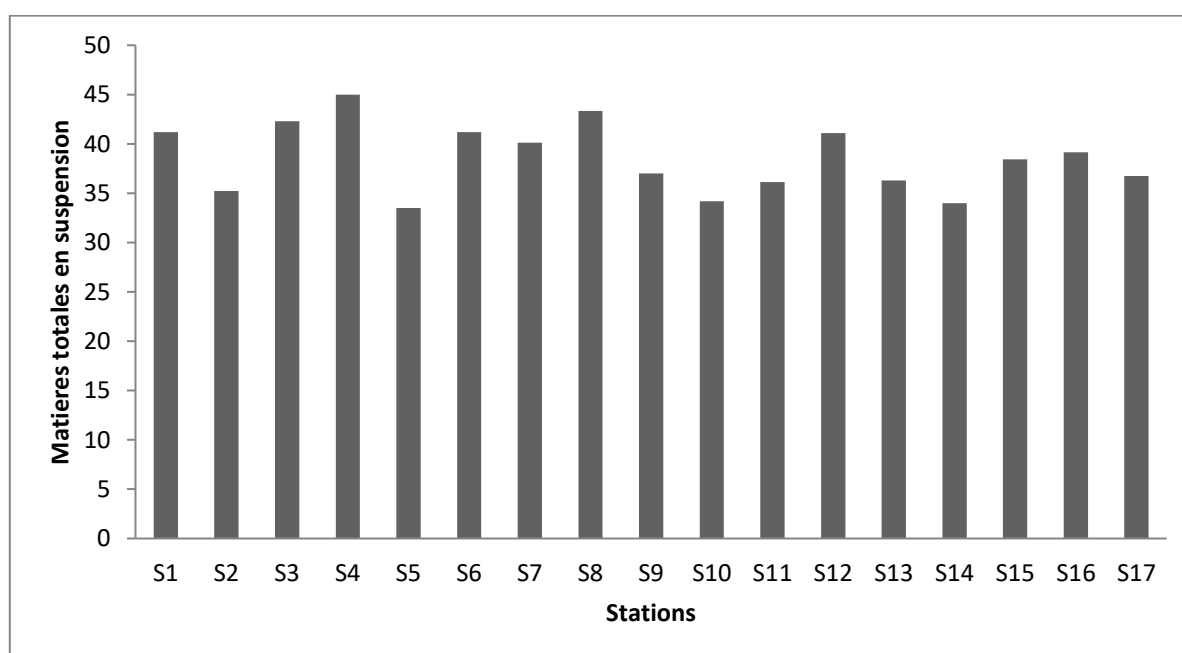


Figure 13 : Valeurs moyennes des matières en suspension dans l'eau des mares étudiées.

Les valeurs des MES sont représentées par la figure 13. La plus forte teneur est enregistrée dans la mare S4 avec 45 mg/l et la valeur la plus faible est de 33.5 mg/l enregistrée dans la mare S6, avec une moyenne de 38.52 mg/l.

Dans notre cas les MES peuvent provenir soit des effets de l'érosion naturelle du bassin versant suite aux violentes précipitations surtout en 2014 et 2015, ou à des rejets d'eaux résiduaires urbaines (riverains).

➤ Salinité (S%)

La salinité a une grande importance en écologie car c'est un facteur limitant qui, par son intensité, conditionne la nature des espèces vivantes et des communautés peuplant les divers écosystèmes aquatiques.

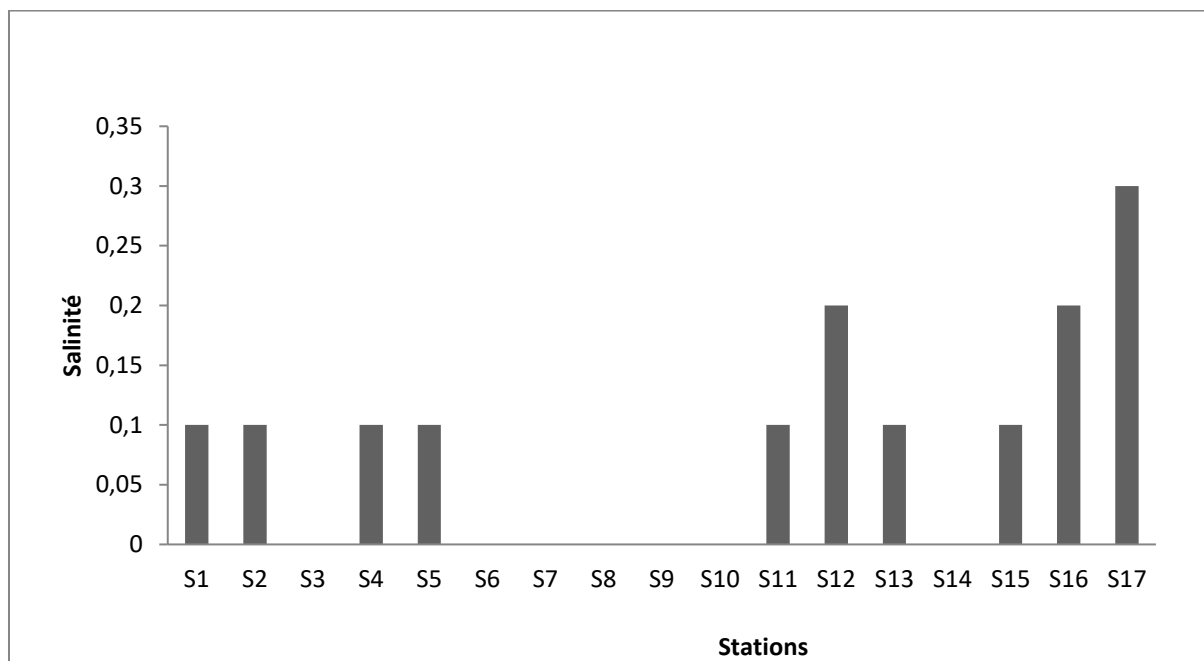


Figure 14 : Valeurs moyennes de la Salinité dans l'eau des mares étudiées.

Ce graphique montre que la salinité diffère légèrement entre les sites mais reste très faible dans l'ensemble, avec un max de 0.3 % enregistré dans S17 et un minimum de 0 % enregistré dans le S10 et une moyenne de 0.08 ce qui démontre que toutes les eaux sont douces (< 0,5g/l), et la classification adoptée par HECKER *et al.* (1996) confirme le caractère dulcicole de tous nos sites.

➤ Turbidité

La turbidité est la mesure de l'aspect trouble de l'eau. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la présence de matières en suspension (MES), comme les argiles, les limons et les micro-organismes, une faible part de la turbidité peut être due également à la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale (LOUNNAS, 2009). Elle influence donc, directement, le développement d'organismes primaires et indirectement le réseau trophique.

La turbidité d'une eau stagnante est fonction de deux facteurs : la quantité de plancton (animaux et plantes microscopiques) et la quantité de matières en suspension. Les étangs ont en général des eaux plus opaques, en raison de la vie intense qui y règne et de la grande quantité de matières qui y transite avant d'être déposée.

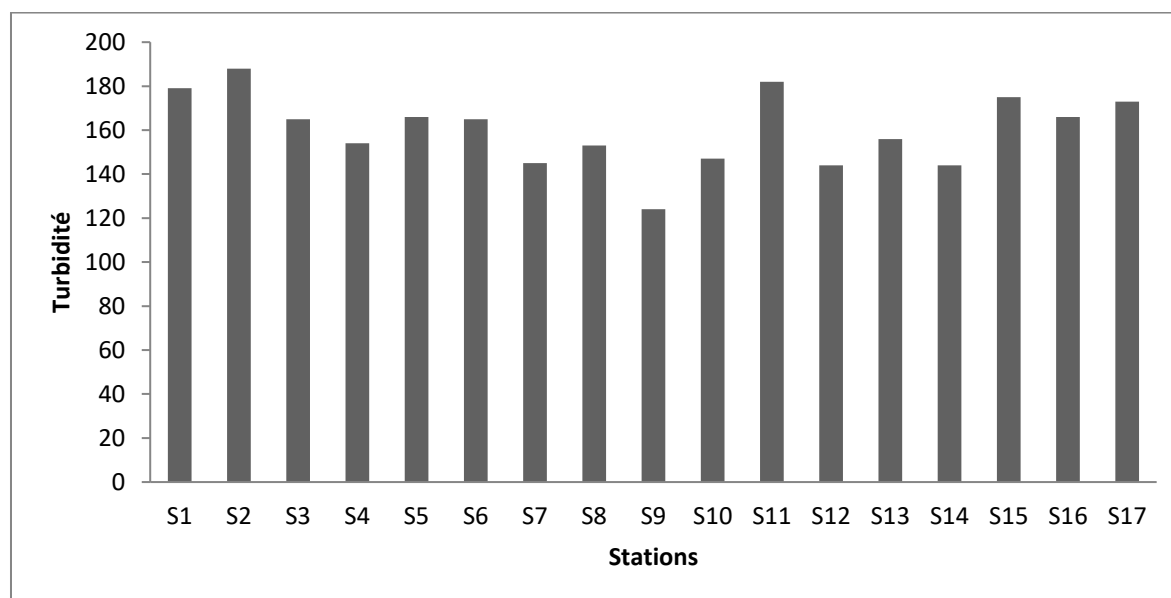


Figure 15 : Valeurs moyennes de la Turbidité dans l'eau des mares étudiées.

Les valeurs de la turbidité sont variables et irrégulières d'un site à l'autre, d'après l'allure de l'histogramme (Figure 15) elles varient entre une valeur minimale de 124 NTU enregistrée dans la mare S9 et une valeur maximale de 188 NTU enregistrée dans la mare S2, avec une moyenne de 160.35 NTU.

I-2-Qualité chimique

➤ L'oxygène dissous (O₂)

Dans les eaux de surface, les teneurs en oxygène dissous sont relativement fortes par rapport à celles des eaux souterraines, à cause de la présence des végétaux photosynthétiques, et le contact eau-atmosphère. L'oxygène dissous est très important par le fait qu'il conditionne l'état de plusieurs sels minéraux, la dégradation de la matière organique (HCEFLCD, 2007).

L'oxygène est l'un des paramètres particulièrement utile pour l'eau et constitue un excellent indicateur de sa qualité. C'est un des paramètres les plus sensibles à la pollution. Sa valeur nous renseigne sur le degré de pollution.

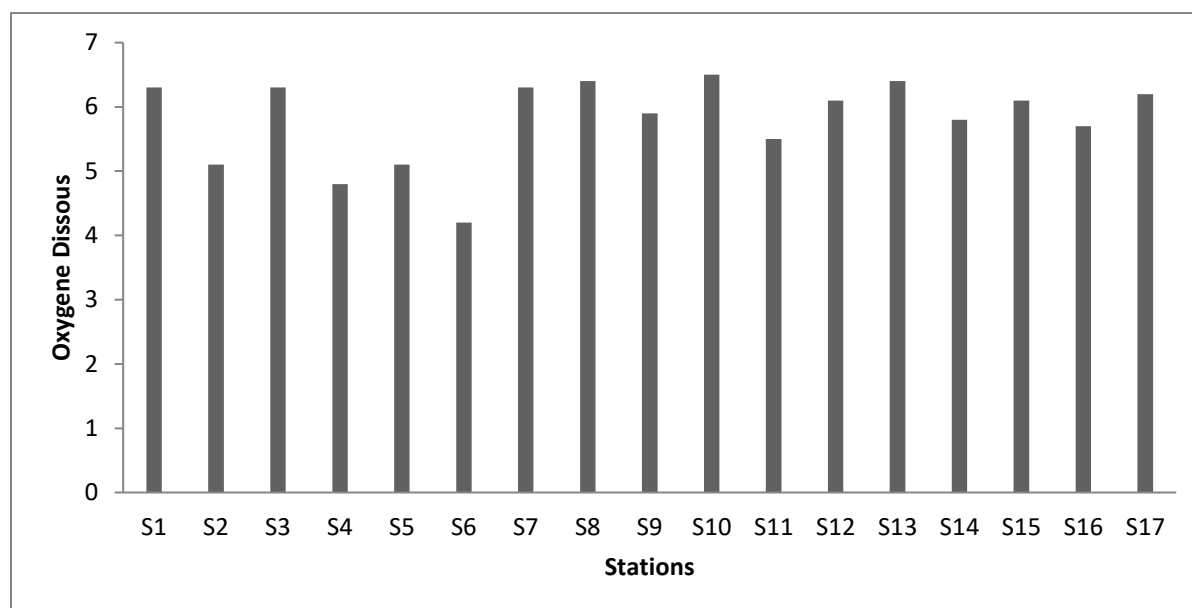


Figure 16: Valeurs moyennes de l'oxygène dissous de l'eau des mares étudiées.

Dans notre étude, les mesures de l'oxygène dissous ont révélé des concentrations plus élevées en période sèche que celles en période humide. En effet, les teneurs enregistrées (figure 16) varient entre 4,2 mg/l S6 et 6.5 mg/l S10. Ceci est essentiellement dû à la diminution de la température de l'eau; car une eau froide contient une plus grande quantité d'oxygène dissous qu'une eau chaude (HEBERT et LEGARE, 2000), et aux fortes vitesses des vents qui engendrent un brassage continu de la masse d'eau et par conséquent un enrichissement de la phase dissoute en oxygène dissous pendant les périodes de crues. Le débit important enregistré durant la période de pluie peut aussi augmenter l'échange de l'oxygène avec l'atmosphère et faciliter ainsi et la circulation de l'air et par la suite influencer la concentration en oxygène dissous. Cependant, pendant les périodes d'étiage, le réchauffement de l'eau provoque une diminution de la dissolution de l'oxygène dissous, aggravée par une augmentation de la consommation de l'oxygène par les organismes vivants dans la mare et une chute de la vitesse des vents. L'oxygène dissous se réduit par l'activité bactérienne en décomposant la matière organique présente (FEKHAOUI et PATTEE., 1993).

Globalement, le régime de l'oxygène dissous dans le secteur étudié est non déficitaire; le phénomène d'auto-épuration a lieu ce qui permet d'enrichir le taux d'oxygène dissous. Ces résultats montrent que les eaux des mares sont de bonne qualité (ABH, 2009).

➤ Le calcium (Ca^{2+})

Le calcium s'introduit dans le système d'eau douce sous l'action de la météorisation des roches, particulièrement celle des roches calcaires, et par entraînement à partir du sol dans les eaux d'infiltration, par lixiviation et par ruissellement. La concentration du calcium dans l'eau dépend du temps de séjour de l'eau dans des formations géologiques riches en calcium.

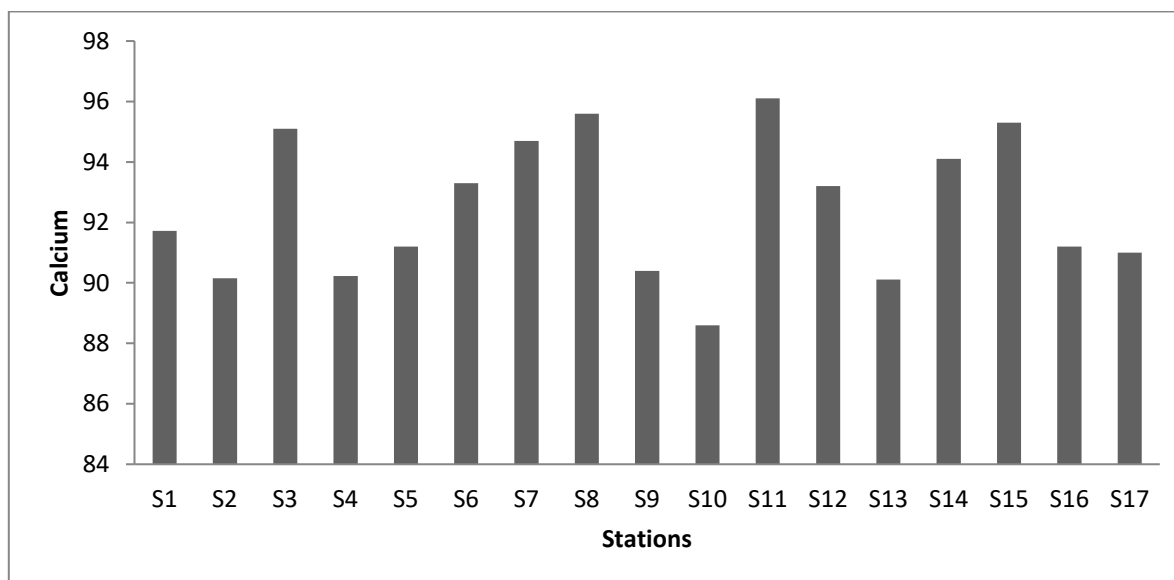


Figure 17 : Valeurs moyennes du Calcium de l'eau des mares étudiées.

Il présente une moyenne de 92.47 mg/l et les valeurs extrêmes de 88.6 à 96.1 mg/l avec un écart-type de 2.34 mg/l, qui est relativement faible et traduit une grande variation des teneurs, car l'ion Ca^{2+} provient de deux origines naturelles différentes qui sont : la dissolution des formations carbonatées et la dissolution des formations gypseuses qui couvrent la région NAZALI *et al.*, 2005.

➤ Les chlorures (Cl^-)

Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl). Ils sont souvent utilisés comme un indice de pollution. Ils ont une influence sur la faune et la flore aquatique ainsi que sur la croissance des végétaux.

Les chlorures pourraient provenir de la percolation à travers les terrains salés (BREMOND *et al.*, 1979) et à l'écoulement des eaux d'irrigation (KHOLTEI, 2003). Les chlorures s'avèrent les plus contributifs à cette forte minéralisation enregistrée.

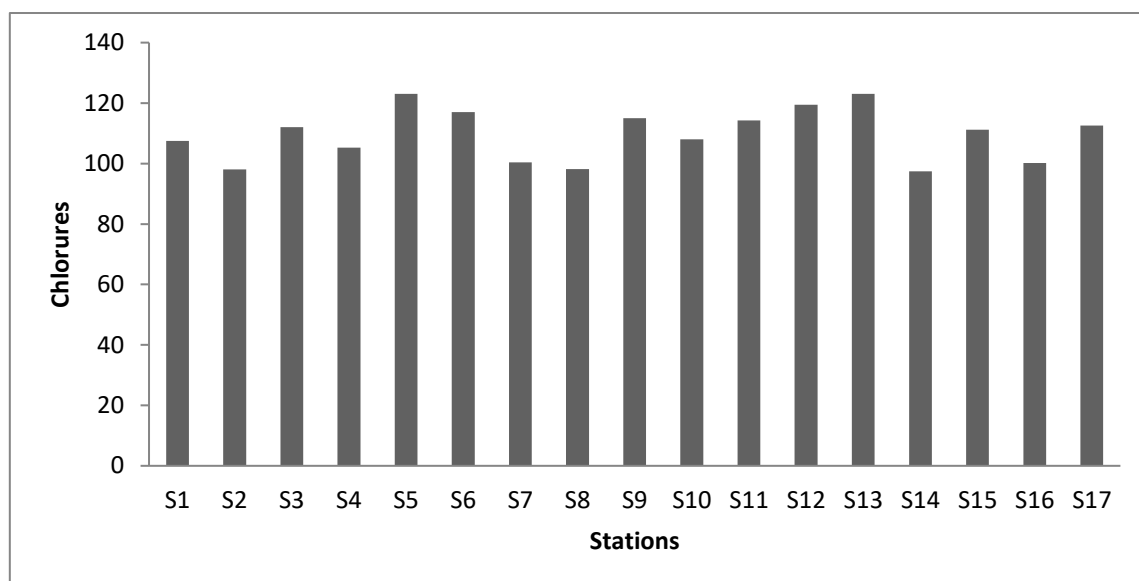


Figure 18 : Valeurs moyennes des Chlorures de l'eau des mares étudiées.

Les concentrations en ions Chlorures relevées dans les eaux des mares (Figure 18) s'échelonnent entre 97.45 mg/l S8, S14 et 123.1mg/l S5, ces valeurs confirment qu'il n'y a aucun apport anthropique qui peut contaminer ces eaux. L'évolution temporelle est marquée par un léger abaissement des teneurs en chlorures pendant la saison humide par rapport à la saison sèche résultant de la dilution par les précipitations.

➤ **Phosphates (PO_4^{3-})**

Les phosphates peuvent être d'origine naturelle (produit de décomposition de la matière vivante, lessivage de minéraux) mais, à l'heure actuelle, leurs présences dans les eaux sont plutôt d'origine artificielle (engrais, polyphosphates des formulations détergentes, eaux traités aux phosphates, industrie chimique...) (BREMOND *et al.*, 1979).

Selon Holden Martin (1980), les agents atmosphériques, vent et pluie, représentent aussi des sources de phosphates surtout quand le volume de l'eau est réduit.

Cet élément joue un rôle très important dans le développement des algues, il est susceptible de favoriser leur multiplication dans les eaux des lacs où il contribue à l'eutrophisation.

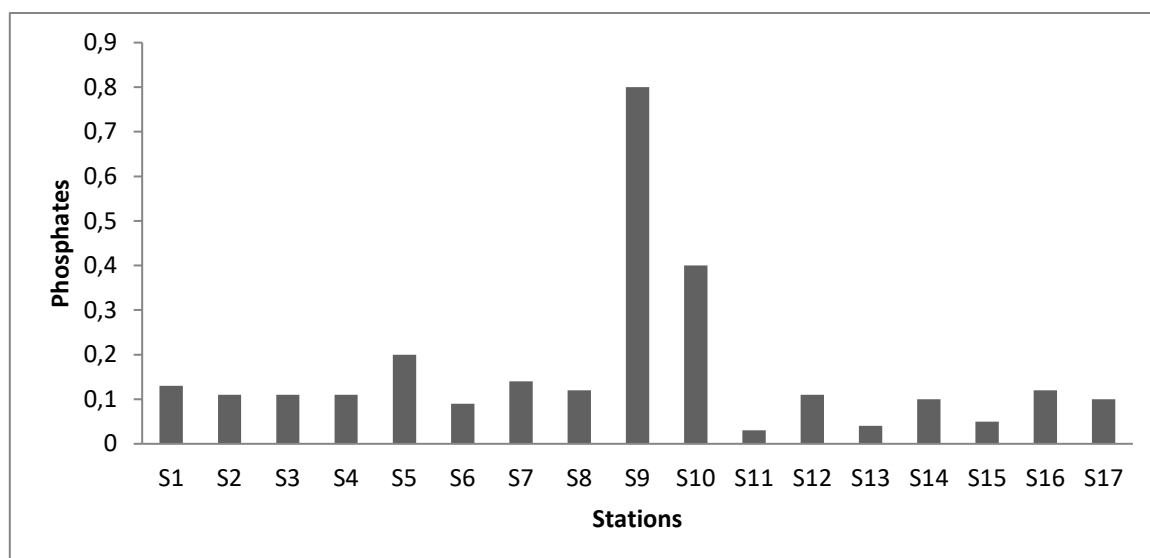


Figure 19: Valeurs moyennes des Phosphates de l'eau des mares étudiées.

L'analyse des résultats (Figure 19) montre que la concentration en phosphates dans les eaux des plans d'eau varie entre 0,03 mg/l enregistrée dans S11 et 0,8 mg/l enregistrée dans S9, avec une moyenne de 0,162 mg/l. Ces teneurs sont faibles et sont inférieures à 1 mg/l pour les deux périodes. Cependant au niveau des mares S9 et S10, les phosphates suivent une variation marquée relativement par une tendance à l'augmentation en période ou la quantité de l'eau et très réduite. Cette disponibilité des phosphates peut être expliquée par relargage du phosphore piégé en grande quantité dans les sédiments.

- **Les composés azotés**

L'azote est un élément indispensable à l'édification de la cellule vivante. Il est utilisé comme indicateur majeur de la pollution organique. Il se présente sous deux formes : organique (protéines, acides aminés, etc.) et minéral (ammonium, nitrites, nitrates, etc.) Les formes d'azote étudiées sont : l'azote ammoniacal (NH_4^+), les nitrates (NO_3^-) et les nitrites (NO_2^-).

- **L'ammonium (NH_4^+)**

L'azote ammoniacal constitue un des maillons du cycle complexe de l'azote dans son état primitif. Dans les eaux superficielles, il provient de la matière organique azotée et des échanges gazeux entre l'eau et l'atmosphère (CHAPMAN *et al*, 1996).

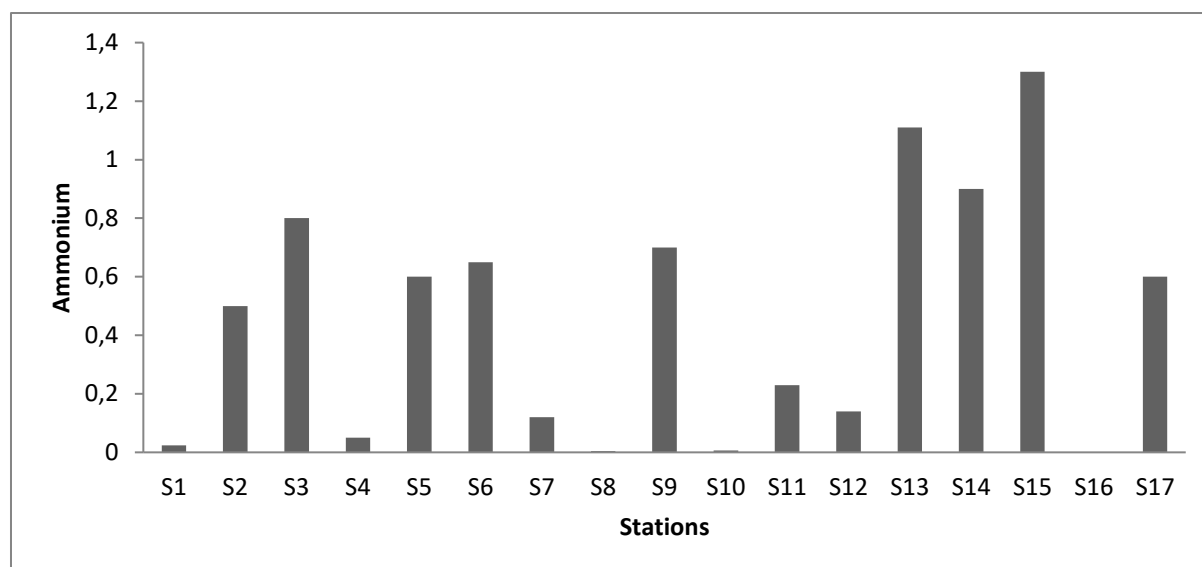


Figure 20 : Valeurs moyennes d'Ammonium de l'eau des mares étudiées.

L'ammonium est présent dans les mares prospectés avec des teneurs qui varient de 0.001 mg/l (S16) à 1.3 mg/l (S15) (Figure 20) les fortes concentrations sont observées probablement dans les plans les moins oxygénés. L'ammonium est toujours le témoin d'une pollution organique, Il est détectable lorsque les teneurs en oxygène sont insuffisantes pour assurer l'oxydation maximum des molécules organiques, nos valeurs traduisent un dysfonctionnement du cycle de l'azote et donc du processus de minéralisation de la matière organique.

Les valeurs d'ammonium trouvées en période d'inondation sont nettement très inférieures à celles de la période sèche ou il y'a très peu d'eau, traduisant ainsi l'effet de la dilution et témoigne d'une bonne oxygénation des eaux entraînant ainsi l'oxydation de l'azote en période la mise en eau. Les teneurs relativement élevées enregistrées de la station S15 à S13 en période sèche traduisent le processus de dégradation incomplète de la matière organique.

➤ Les nitrites (NO_2^-)

Les nitrites constituent le plus souvent un stade intermédiaire, peu stable, entre les ions d'ammonium (NH_4^+) et les nitrates (NO_3^-). On ne les rencontre que lorsqu'il existe un déséquilibre au niveau de l'oxygénation et l'activité de la flore bactérienne de l'écosystème. En dehors de tout apport externe (industriel, chimie, ...), les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, soit, dans les situations exceptionnelles, d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiante (RODIER, 1984).

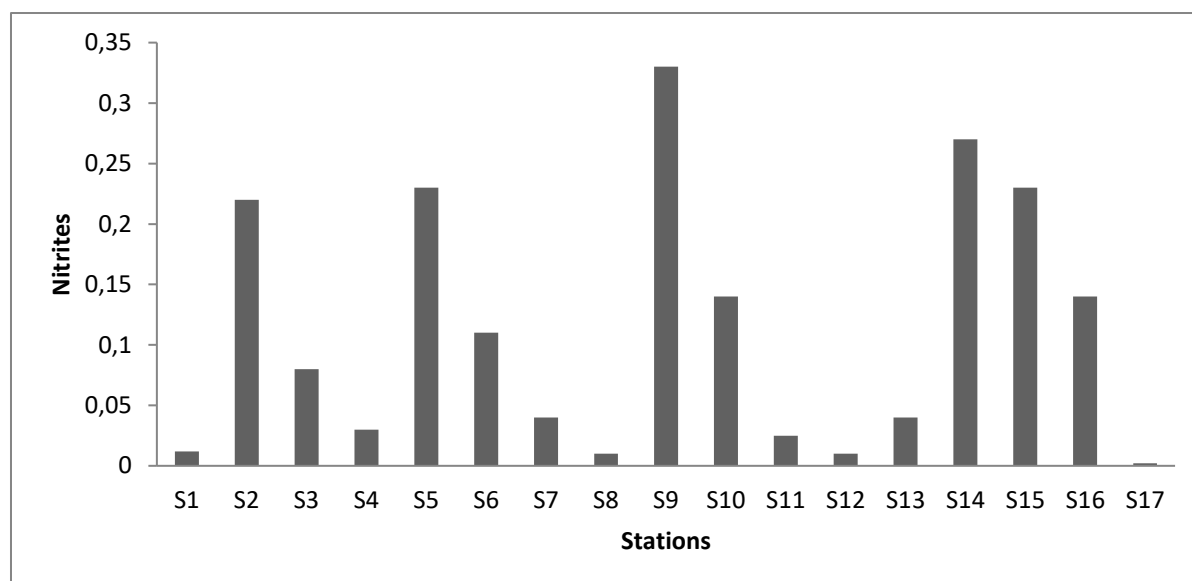


Figure 21: Valeurs moyennes des Nitrites de l'eau des mares étudiées.

Les teneurs en Nitrites (NO_2^-) au cours de notre étude sont relativement faibles. Ces teneurs varient entre une valeur minimale de 0.002 mg/l observée dans la mare S17 et une valeur maximale de 0.33 mg/l observée dans la mare S9 (Figure 21 et Tableau 7) avec une valeur moyenne de 0.112 mg/l et un écart-type de 0.106.

➤ Les Nitrates (NO_3^-)

Les nitrates présents naturellement dans les eaux, proviennent en grande partie de ruissellement des eaux sur le sol constituant le bassin versant (BREMONT et *al.*, 1973). Ils sont l'une des causes de la dégradation de l'eau et constituent le stade final de l'oxydation de l'azote, et représentent la forme d'azote au degré d'oxydation le plus élevé présent dans l'eau.

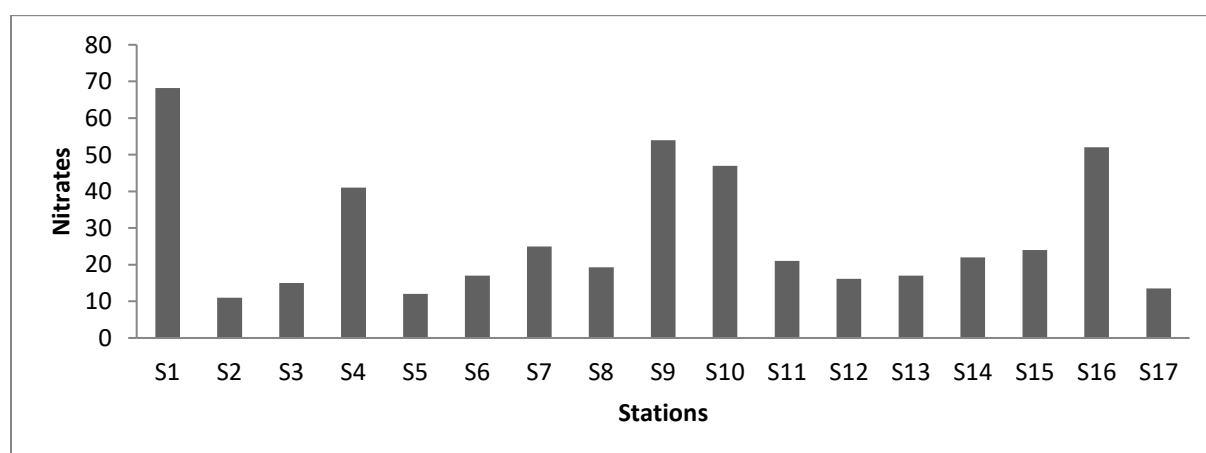


Figure 22 : Valeurs moyennes des Nitrates de l'eau des mares étudiées.

Le suivi des teneurs en nitrates a permis d'obtenir les résultats mentionnés dans la figure 22 et le tableau 7, les valeurs oscillent entre une teneur maximale de 68.24 mg/l enregistrée dans le plan S1 et une valeur minimale de 11 mg/l mesurée dans le plan S2, avec une valeur moyenne de 27.94 mg/l.

L'augmentation des teneurs en nitrates dans les plans d'eau pendant la période pluvieuse par rapport à la période sèche peut être due au lessivage des fertilisants utilisés dans les sols agricoles situés sur les bords. Cependant les valeurs faibles relevées pendant la saison sèche pourraient être attribuées aux faibles taux d'oxygène dissous et, puisque les nitrates représentent la forme la plus oxygénée de l'azote, peuvent jouer en période de faible oxygénation le rôle de donneur d'oxygène, évitant ainsi l'anaérobiose. On peut conclure que les teneurs en nitrates enregistrées dans les eaux des mares temporaires sont supérieures à la teneur suggérée par les normes des eaux superficielles. Ce qui indique que les eaux étudiées sont assujetties à un risque de pollution par les nitrates.

I-2- Résultats des analyses en composantes principales de la qualité physico- chimique des eaux des mares temporaires

L'ensemble des données collectées sur les plans d'eau de la région Sud d'Oum El Bouaghi a fait l'objet d'une analyse statistique. L'approche de la statistique multivariée a été réalisée à partir d'une Analyse en Composantes Principales (ACP). L'analyse statistique a été réalisée sur 17 stations et 13 variables (la température, la conductivité électrique (C.E), le pH, les matières en suspension (MES), la turbidité, l'oxygène dissous, chlorures, calcium, nitrates, nitrites, ammonium et les phosphates) à l'aide du logiciel XLSTAT 2014.5.03 Cette analyse permet de synthétiser et de classer un nombre important de données afin d'en extraire les principaux facteurs qui sont à l'origine de l'évolution simultanée des variables et de leur relation réciproque (BIEMI, 1992). Elle permet de mettre en évidence les ressemblances entre deux ou plusieurs variables chimiques au cours de leur évolution.

I-2-1-Matrice de corrélation

La liaison existante entre toutes les variables prises deux à deux et les coefficients de corrélation entre ces différentes variables ont été donnés par la matrice de corrélation (Tableau 8).

L'étude des corrélations linéaires bi variée entre les paramètres étudiés nous renseigne sur la force des associations éventuelles entre eux. La matrice de corrélation de 13 paramètres

mesurés durant quatre années d'étude 2013-2016 indiqués sur le tableau 8 permet de voir que pratiquement toutes les variables sont corrélées entre elles.

Tableau 8: Matrice de corrélation (Pearson (n)) entre les variables physico-chimiques des eaux des mares temporaires de la région Sud d'Oum El Bouaghi.

Variables	pH	T°C	O ₂	CE	Turbidité	S%	MES	PO ₄ ³⁻	NH ⁴⁺	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	Ca ²⁺	Cl ⁻
Ph	1												
T°C	0,0389	1											
O ₂	0,4321	0,1774	1										
CE	-0,5706	0,1439	-0,3893	1									
Turbidité	-0,1341	0,4330	-0,2443	-0,0821	1								
S%	-0,0619	0,1435	-0,3496	-0,1431	0,0577	1							
MES	0,1579	-0,3642	-0,0500	-0,2511	-0,0624	0,4146	1						
PO ₄ ³⁻	0,0052	-0,4837	0,1167	0,2270	-0,6317	-0,1868	-0,2188	1					
NH ⁴⁺	0,0130	-0,0024	-0,0199	0,0199	0,0576	-0,2557	-0,3540	-0,0520	1				
NO ₃ ⁻	-0,0010	-0,1929	0,1791	-0,0996	-0,2166	0,1448	0,1646	0,4853	-0,4293	1			
NO ₂ ⁻	-0,2091	-0,3079	-0,2257	0,1663	-0,2208	-0,3015	-0,5603	0,5362	0,4791	0,0800	1		
Ca ²⁺	0,0798	-0,2061	0,1029	-0,1164	0,1290	-0,3133	0,3117	-0,4226	0,1250	-0,3697	-0,1923	1	
Cl ⁻	0,2127	0,0742	-0,0946	0,3515	-0,0314	-0,0392	-0,1598	0,0996	0,3785	-0,2222	-0,0615	-0,1331	1

Les corrélations significatives ont été reportées en gras

I-2-2- Signification des axes

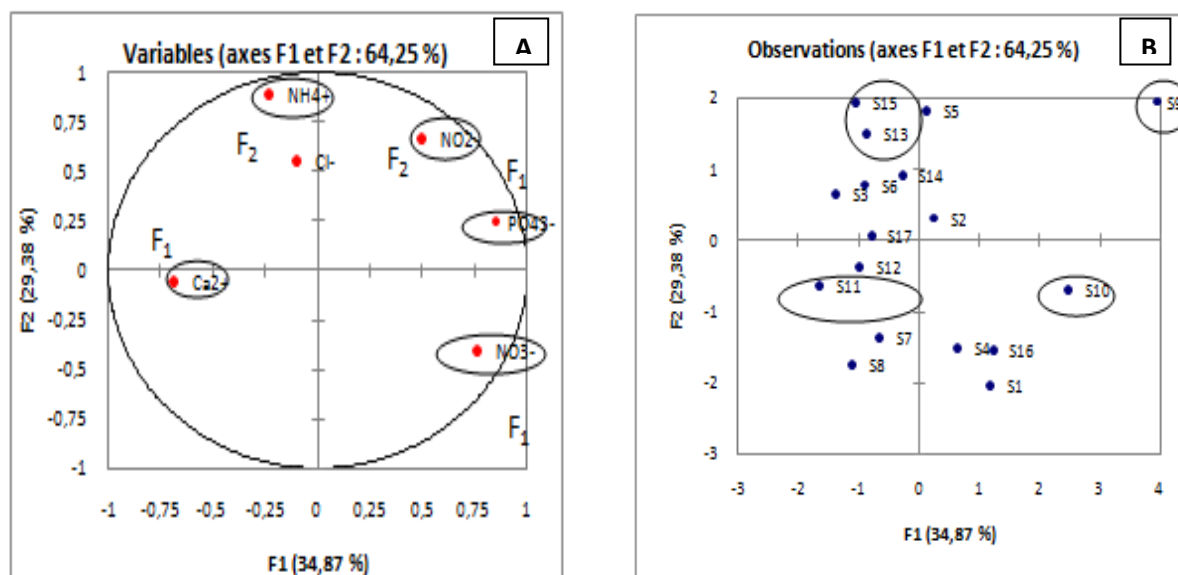


Figure 23 : A : Projection des paramètres chimiques analysés dans l'eau de 17 mares étudiées sur le plan des deux premiers axes factoriels de l'ACP d'une matrice stations/ paramètres chimiques ; B : Projection de 17 mares tels qu'elles se répartissent en 4 groupes, à la suite de l'ACP.

Tableau 9 : Contribution des caractères chimiques de l'eau des mares temporaires à la formation des deux premiers axes de l'ACP. PO_4^{3-} : Phosphates ; NH_4^+ : Ammonium ; NO_3^- : nitrates ; NO_2^- : nitrites ; Ca^{2+} : calcium ; Cl^- : chlorures.

	F1	F2
PO_4^{3-}	0,7238	0,0614
NH_4^+	0,0560	0,7936
NO_3^-	0,5802	0,1658
NO_2^-	0,2468	0,4367
Ca^{2+}	0,4747	0,0032
Cl^-	0,0107	0,3021

La présente ACP représente 64.25% de la variation.

- L'axe1 (F1) représente 34.87% de la variation, il est corrélé positivement avec les phosphates ($R^2=0.72$) et les nitrates ($R^2=0.58$) qui représentent les éléments responsables de l'eutrophisation des eaux superficielles. Leurs origine peut être du au lessivage des terres agricoles adjacentes ainsi qu'aux rejets d'eaux usées domestiques via des oueds.

- L'axe2 (F2) représente 29.38% de la variation, il est fortement corrélé à l'Ammonium et Nitrites qui en sont corrélé négativement, cet axe représente les sites S_{13} et S_{15} qui peuvent être caractérisés par une activité bactérienne intense qui permet de dégrader la matière organiques entraînée par les matières en suspension lors des périodes de hautes eaux.

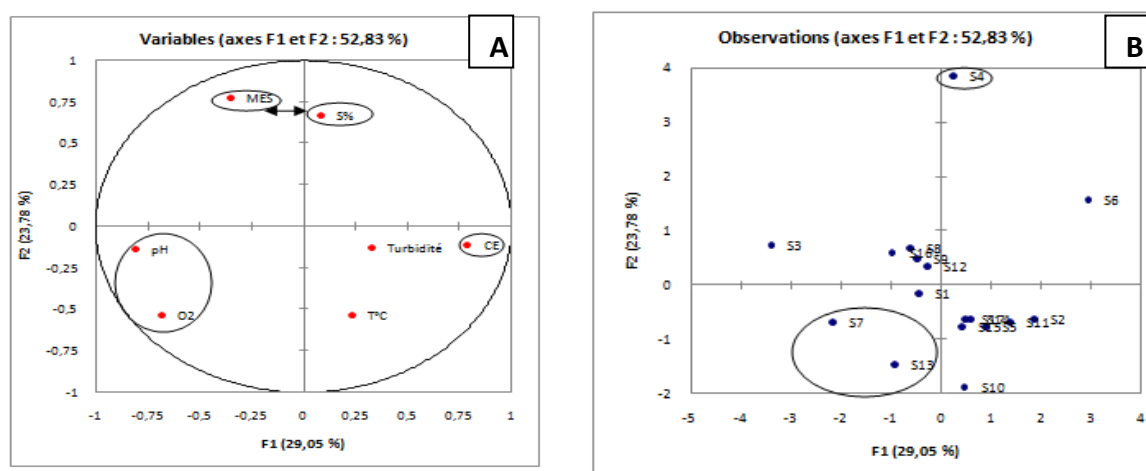


Figure 24 : A : Projection des paramètres électrochimiques analysés dans l'eau de 17 mares étudiées sur le plan des deux premiers axes factoriels de l'ACP d'une matrice stations/ paramètres chimiques ; B : Projection de 17 mares tels qu'elles se répartissent en 2 groupes, à la suite de l'ACP.

Tableau 10 : Contribution des caractères électrochimiques de l'eau des mares temporaires à la formation des deux premiers axes de l'ACP. pH : Potentiel hydrogène ; T/ Température ; O₂ : oxygène dissous ; CE ; Conductivité électrique ; Turbidité ; S : Salinité ; MES : Matières en suspension

	F1	F2
pH	0,6581	0,0182
T°C	0,0548	0,2866
O ₂	0,4658	0,2818
CE	0,6173	0,0121
Turbidité	0,1075	0,0162
S%	0,0065	0,4511
MES	0,1237	0,5986

La projection des paramètres électrochimiques sur le plan A-B a exprimé 52.83% de la variance.

-Le facteur (F₁) est fortement corrélé à la conductivité électrique et représente les individus qui ont les valeurs les plus élevés (eaux minéralisées).

- Le facteur (F₂) est corrélé aux matières en suspension et à la salinité qui sont corrélés négativement.

I-2-3-Résultats de l'Analyse en Classification Hierarchique Ascendante (CHA)

La figure (..) présente le dendrogramme issu de la classification des eaux de surface de la région des mares temporaires sur la base de leur minéralisation. Ce dendrogramme met en évidence quatre groupements (dissimilarité élevée). Le premier groupe concerne les éléments indicateurs de la pollution organique dont les dérivés de l'Azote et le phosphore c'est le groupe le plus important vu le nombre de variables qu'il inclut, le deuxième groupe concerne uniquement la conductivité électrique. Le troisième groupement se compose des eaux de turbidité importante et le quatrième groupe présent des eaux dont la minéralisation est influencée par l'action des évaporites.

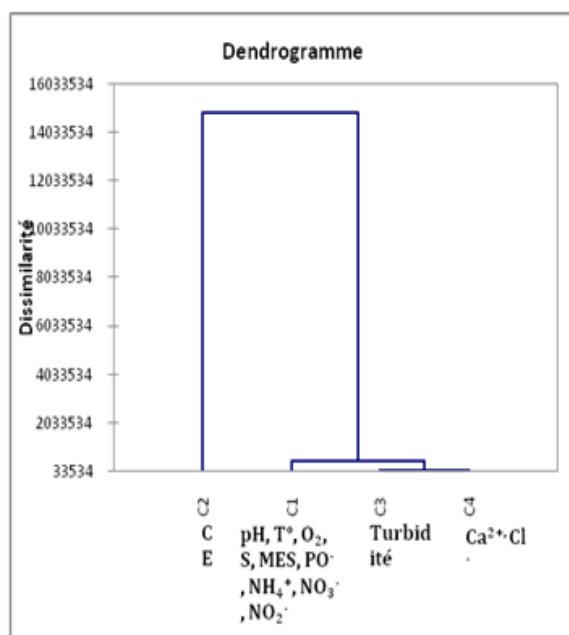


Figure 25 : Dendrogramme des variables groupées en 4 classes

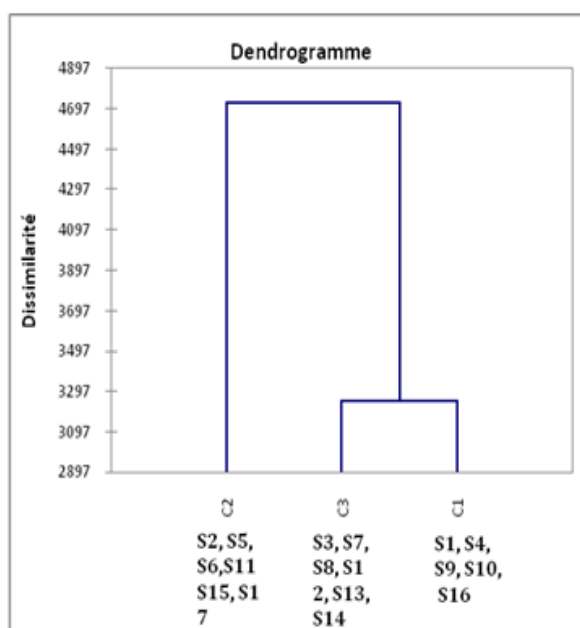


Figure 26 : Dendrogramme stations groupées en 3 classes

Les résultats obtenus (Figure 25 et 26) de l'analyse effectuée sur les sites de prélèvement montrent une différence significative entre des points appartenant à la classe C2 par rapport à C1 et C3. La différence n'est cependant pas significative pour ces deux derniers.

II- Analyse globale de la faune benthique

Le benthos regroupe l'ensemble des organismes aquatiques vivant à proximité du fond, ces derniers se répartissent d'une façon hétérogène en fonction de la nature du substrat, certains sont fixés, d'autres rampants ou encore fouisseurs. Leur distribution dépend des conditions environnementales. Ainsi, tout changement des conditions environnementales entraîne des changements dans les communautés, notamment au niveau de la composition faunistique

L'étude du benthos permet d'apprécier la composition, la structure ainsi que la distribution dans l'espace et dans le temps des macroinvertébrés en place (CEREGHINO, 1992).

Au niveau des 17 plans d'eau étudiés, notre inventaire faunistique a permis de recenser au cours des 4 années de prélèvements un total de 7721 individus répartis en 11 groupes taxonomiques, en 32 familles et en 45 genres). (Tableau 11).

Tableau 11 : Nombre de familles et de genres par groupe zoologique

Groupes zoologique	Nombres de familles	Nombre de genres
Oligochètes	1	1
Mollusques	2	2
Crustacés	2	3
Coléoptères	10	18
Ephéméroptères	2	4
Hétéroptères	3	4
Diptères	5	6
Odonates	4	4
Mégaloptères	1	1
Hyménoptères	1	1
Aranea	1	1
Total	32	45

Bien que des travaux taxonomiques existent pour déterminer la faune aquatique d'Algérie, les clefs disponibles n'ont pas permis d'identifier tous les organismes.

Sur les 45 taxa d'invertébrés benthiques, 39 taxa (soit 86 %) sont des insectes et 6 taxa (soit 14 %) appartiennent aux autres classes ou embranchements: Oligochètes, Mollusques, Crustacés. (Tableau 11).

Les groupes les mieux représentés sont les Coléoptères et les Diptères. Ils comptent pour chacun 10 et 5 familles respectivement. Viennent ensuite les Odonates (04 familles), les Hétéroptères (03 familles), les Ephéméroptères, les Crustacés, les Mollusques (02 familles), les Oligochètes, les Mégaloptères, les Hyménoptères et Aranea avec seulement une famille.

L'effectif du peuplement benthique montre que les Coléoptères et les Diptères sont nettement dominants (Figure 27). Ils représentent respectivement 40% avec un effectif de 3088 individus, et 13 % soit 1003 individus de la faune totale. Ces deux groupes sont abondants dans toutes les stations et totalisent près de 60 % de la faune récoltée et occupent ainsi la 1^{ère} et 2^{ème} place.

Les Odonates, les Hétéroptères, les Ephéméroptères, les Crustacés, les Mollusques et les Mégaloptères occupent respectivement la 3^{ème}, 4^{ème}, 5^{ème}, 6^{ème}, 7^{ème}, et 8^{ème} place par ordre d'abondance numérique. Ils comptent respectivement 12.03 % (1083 individus), 10.76 % (830 individus), 8.1 % (625 individus), 5.6 % (432 individus), 4.44% (339individus) et 3 % (231individus).

Les Hyménoptères, les Oligochètes, et les Aranea, sont faiblement représentés. Ils constituent respectivement 0.5% (39 individus), 0.2 % (15 individus), 0.1 % (7 individus) de la faune totale.

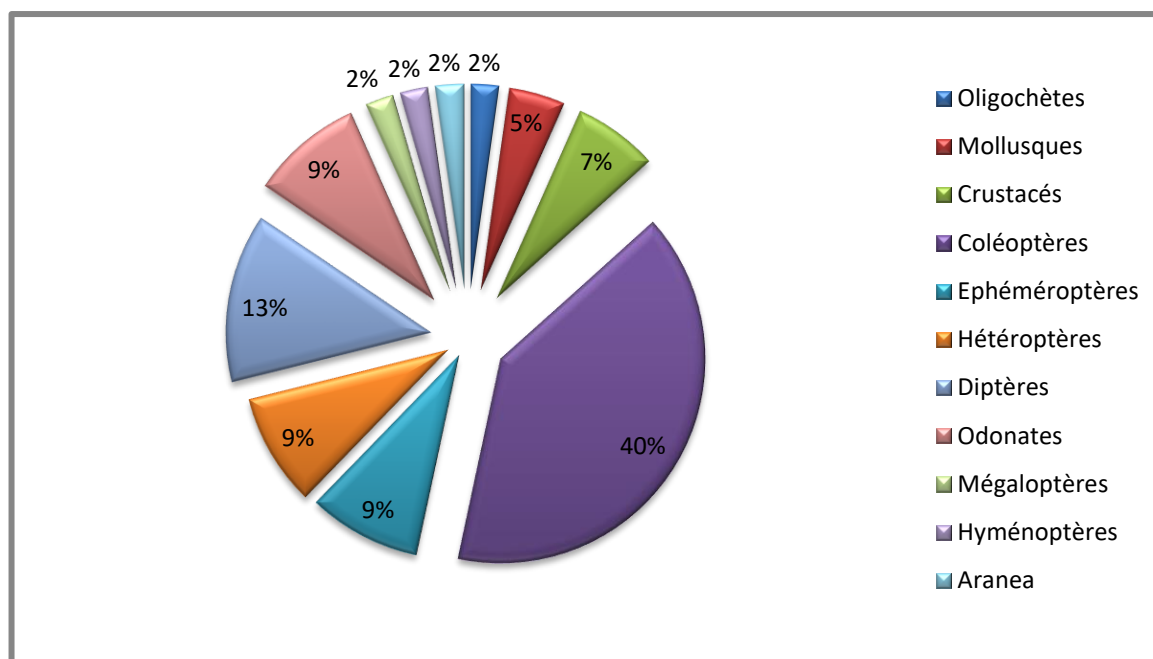


Figure 27: Abondance relative des groupes faunistiques dans les mares temporaires étudiées

1- Abondance de la faune benthique

La totalité des macroinvertébrés capturés, triés, identifiés et considérés dans nos analyses est de 7721 invertébrés, leur abondance fluctue suivant les stations, variant de 304 (S15) individus à 788 individus (S1) (figure 28).

Les sites avec un couvert végétal important, une diversité des micro-habitats, et qui sont affectés par une légère pollution organique ont une abondance importante du fait de la prolifération des Coléoptères, des Ephéméroptères et des Diptères Chironomides et Simuliides. En effet, les stations (S1, S4, S7, S12) ont des abondances variant entre 788 individus (S2) et 536 individus (S12).

Les sites (S2, S5, S6, S9, S10, S13, S17) ont une structure assez équilibrée avec des abondances variant entre 478 individus (S2) et 435 individus (S17).

Quant aux sites (S3, S8, S11, S14, S15, S16) ils ont une structure déséquilibrée avec une abondance moins importante variant entre 304 individus (S15) et 413 individus (S3). En effet, les perturbations observées dans ces stations se traduisent par la sécheresse rapide de ces plans, l'absence du couvert végétal, plus le nombre de niches écologiques diminue suivi d'une réduction du nombre d'espèces. Seules quelques espèces adaptées à ce type de milieu où des espèces ubiquistes arrivent à proliférer (Vers, Diptères Chironomides).

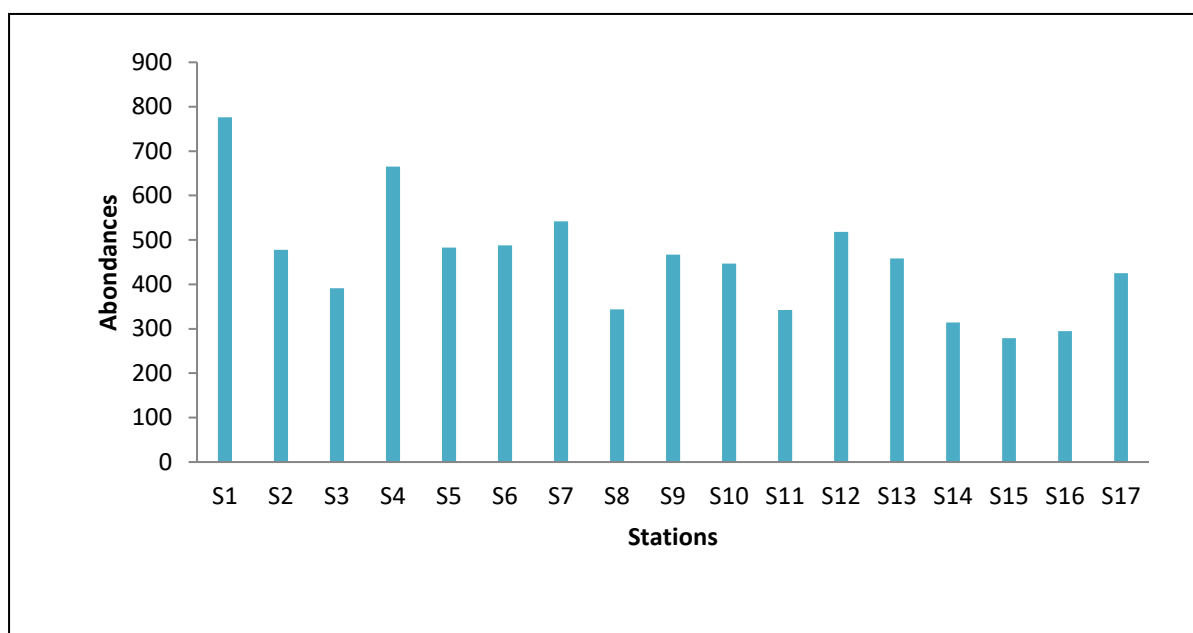


Figure 28 : Abondance de la faune globale dans les stations étudiées

2- Richesse taxonomique

La région d'étude et à l'interface entre l'aquatique et le terrestre, les mares recèlent une richesse écologique exceptionnelle. Le nombre de taxons varie d'une station à une autre, il fluctue entre un minimum de 15 taxons récoltés à la station S15 et un maximum de 37 taxons récoltés à la station S1.

Les stations dont la végétation bordante et aquatique est remarquable renferment plus de 75 % de la richesse taxonomique totale, la richesse maximale est observée dans les stations S1 (38 taxons), S4 (35 taxons) et à un degré moindre aux stations S7 et S9 (25 taxons). Ces stations sont caractérisées par leur grande superficie, la diversité des microhabitats qui abritent une faune importante, et avec un substrat hétérogène (sable, limon, détritux organique).

Dans les stations (S8, S11, S15), le nombre de taxa récolté est relativement réduit (entre 15 et 22 taxons) (Figure 29). Ceci est dû à la profondeur des mares assez élevée (max = 63cm), au substrat vaseux, et à l'absence de végétations.

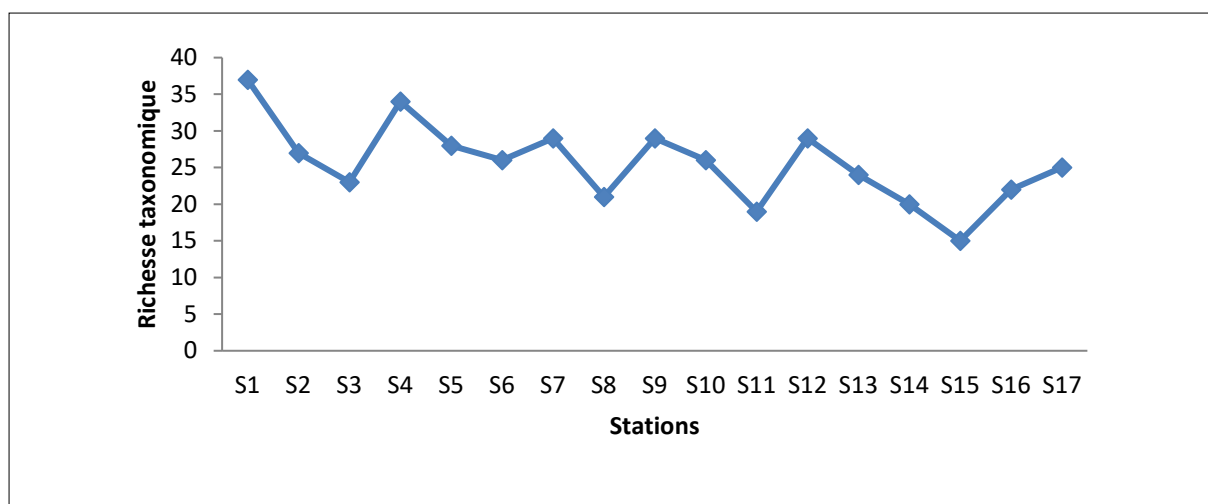


Figure 29 : Richesse taxonomique des stations étudiées.

3- Abondance et occurrence des taxons

La figure (30) visualise graphiquement l'occurrence des taxons récoltés dans les 17 stations. Ils peuvent être classés en 4 groupes.

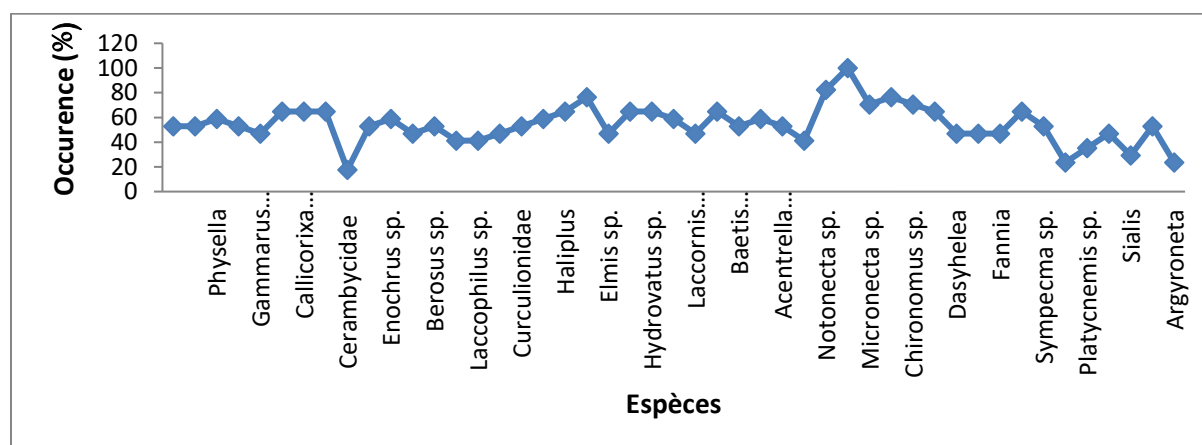


Figure 30: Occurrence

➤ Taxon Omniprésent

il se trouve dans toute les mares prospectées : Ephéméroptères (*Callicorixa Praeusta*) caractéristique des eaux stagnantes.

➤ Constante

Ils sont des éléments très abondants, très fréquents et à large valence écologique : Coléoptères (*Peltodytes sp.*), Hémiptères (*Notonecta sp.*), Hémiptères (*Plea leachi*). Ils sont très occursents, eurythermes et eurytopes et colonisent toutes les eaux stagnantes indépendamment du substrat et du couvert végétale.

➤ Frequente

Taxons fréquents et abondants: ce sont en général des éléments à populations plus ou moins denses : Oligochètes (*Tubifex Tubifex*), Gastropodes (*Anisus, Physella*), Crustacés (*Orchestia*), Coléoptères (*Dysticidae, Peltodytes sp, Haliplus, Noterus sp, Curculionidae, Berosus sp, Enochrus sp, Laccobius gracilis, Pomatinus Substriatus, Hygrobia Tarda*), Hétéroptères (*Callicorixa Praeusta sp.*), Ephéméroptères (*Acentrella sinaica, Centroptilum sp., Baetis rhodani sp.*), Hémiptères (*Micronecta sp.*), Diptères (*Chironomus sp., Prosimulium sp., Ptychoptera sp.*), Odonates (*Sympecma sp.*), Hyménoptères (Formicidae).

➤ Accessoire

Ils sont à la fois très peu abondants et très peu fréquents: ce sont des éléments très localisés. Ils sont récoltés dans une, deux ou trois stations des mares temporaires. Ce sont en général les taxons de biotopes bien spécialisés. Nous pouvons citer les Odonates (*Libellula sp.*), Aranea (Argyroneta), Coléoptères (Cerambycidae).

4- Diversité: Indice de Schannon et Weaver, Indice de Margalef - Equitabilité

D'après BOURNAUD & KECK (1980), l'indice de Schannon et Weaver (1949) présente l'intérêt écologique de fournir une 'indication globale de l'importance relative' des différents taxons. Nous avons calculé pour chaque station l'indice de diversité H' qui intègre la richesse taxonomique et l'abondance relative des différents taxons.

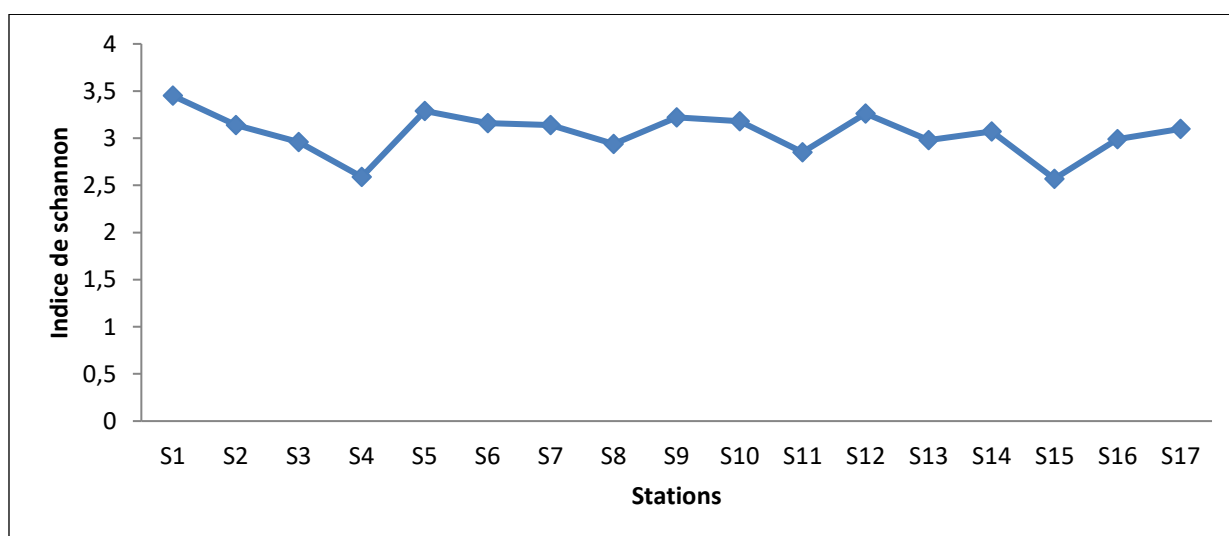


Figure 31: Indice de diversité Schannon-Weaver.

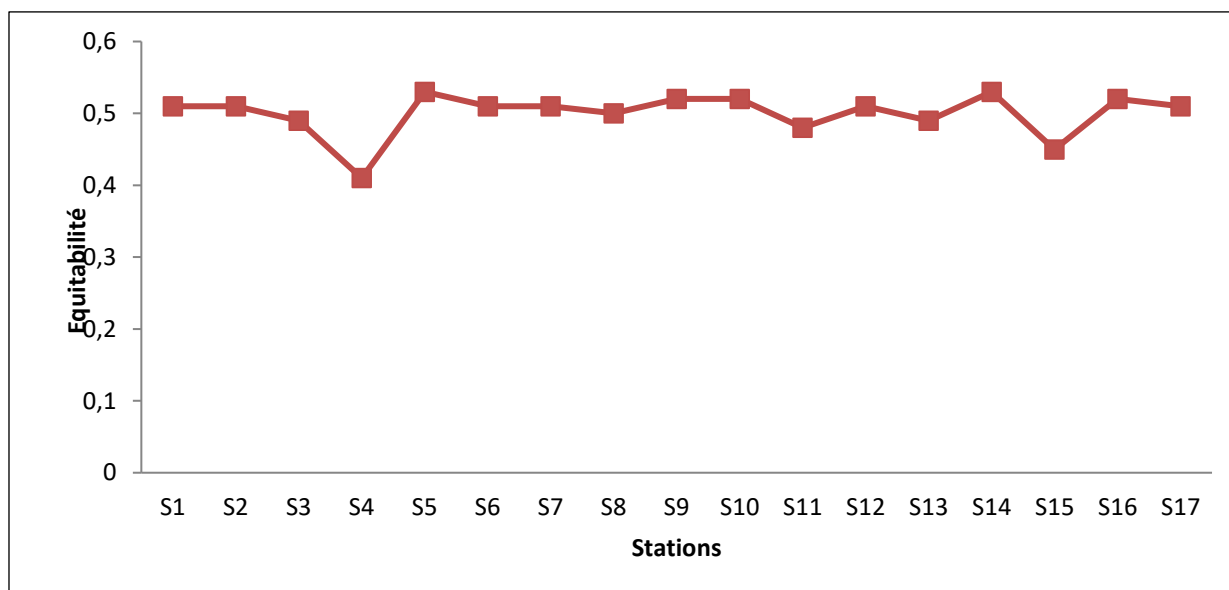


Figure 32 : Équitabilité

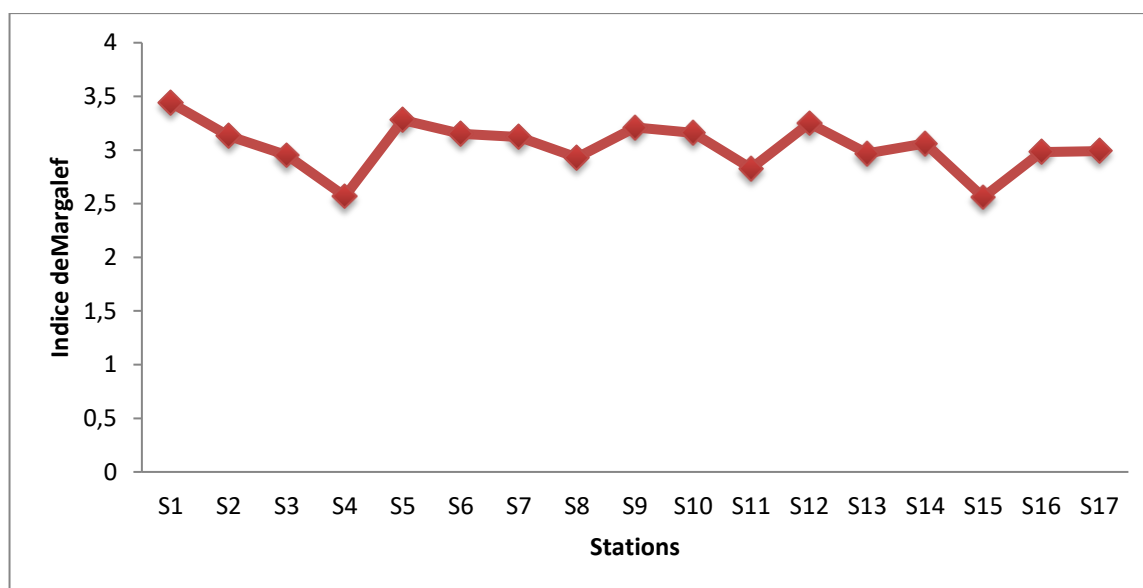


Figure 33 : Indice de Margalef

Le rapport $E = H' / H'_{\max}$ correspond à l'indice de diversité relative ou d'équitabilité, H'_{\max} étant la valeur maximale (égale au nombre S de taxons) que l'indice H' peut atteindre.

Quant à l'indice de Margalef, il ne tient pas compte de l'abondance relative des taxons. La diversité est considérée comme minimale quand l'indice tend vers zéro, et maximale quand l'indice tend vers ∞ .

D'une manière générale, H' et E augmentent d'une part, avec le nombre d'espèces et, d'autre part, avec la régularité de leur distribution d'abondance, autrement dit, un indice faible est une conséquence d'un faible nombre de taxons et/ou de la dominance de quelques espèces.

Les fortes variations de diversité (Figure 31 et 32) reflètent des différences observées dans les profils d'abondance des taxons.

Concernant l'indice de Margalef, nous arrivons aux mêmes conclusions puisqu'il varie dans le même sens (Figure 33). En effet, dans les différents peuplements, les profils de variation des indices H' , E et Margalef présentent la même allure.

Les valeurs de H' , de E et de l'Indice de Margalef varient respectivement entre un maximum de $H' = 3.45$, $E = 0,53$ et Margalef = 3.44 enregistrées à la station S1 et un minimum de $H' = 2.57$, $E = 0.41$ et l'indice de Margalef = 2.56 notées à la station S15.

Les valeurs les plus élevées sont enregistrées dans les mares (S1, S5, S9, S10, S12, S14) avec H' et Indice de Margalef > 3.44 , et $E > 0,5$. Ces stations présentent un peuplement bien diversifié où plusieurs taxons sont bien représentés.

Les valeurs les plus faibles sont enregistrées aux stations S15 ($H' = 2,57$, $E = 0,45$, I. Margalef = 2,56) et S4 ($H' = 2,59$, $E = 0,4$, I. Margalef = 2,57, où ils existent 3 à 4 taxons très abondants.

Aux stations S1, S2, S5, S6, S7, S9, S10, S12, S14, S17 les valeurs de H' et de l'Indice de Margalef sont > 3 et $E > 0,5$ traduisant une diversité moyenne des peuplements avec cependant une bonne représentation de quelques taxons.

5. Analyse qualitative et quantitative de la faune benthique

5.1. Les Coléoptères

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

D'après ANGUS (1973), MOUBAYAD (1986), LOUNACI (1987) et MEBARKI (2001), la végétation immergée, le substrat à granulométrie fine, la température de l'eau et les

potentialités trophiques sont les facteurs de répartition les plus influents sur les éléments de ce groupe d'insectes.

Les Coléoptères constituent un groupe très diversifié et écologiquement très hétérogène pouvant s'adapter à tout type de biotopes. Ils sont parfois difficiles à appréhender car ils possèdent des phases aquatiques alternant avec des phases terrestres. Certaines familles possèdent quelques représentants dont seule la phase larvaire est aquatique (Helodidae, Sphaeridiidae) ou seule la phase adulte est aquatique (Hydraenidae) alors que d'autres sont strictement aquatiques (Dryopidae, Elmidae, Hydrochidae) (BERTRAND, 1972; BERTHELEMY, 1979).

L'ordre des Coléoptères est le mieux représenté et constitue le groupe le plus diversifié comparé aux autres groupes avec un total de 18 genres appartenant à 10 familles, comparé aux Diptères et aux Odonates, 3076 individus, soit 40 % de la faune totale dénombrée (Figure 34).

Si l'on considère la richesse taxonomique au niveau de chaque famille, celle des dysticidae est la mieux représentée, elle regroupe à elle seule 5 genres, vient ensuite la famille des hydrophilidae qui regroupe 4 genres, les autres familles sont représentées que par un ou deux genres au maximum.

L'analyse de la distribution longitudinale des Coléoptères des plans d'eau étudiés (figure 35) se traduit, dans sa globalité, par la présence d'un peuplement à caractère limnophile ainsi que certains à caractères rhéophile uniquement pendant la saison froide ou la vitesse du vent est remarquable. La richesse la plus élevée est observée dans les stations (S1, S4, et S12 : respectivement 16, 14 et 13 taxons). Ceci peut s'expliquer par le fait que les biotopes de ces stations offrent une plus grande variété de niches écologiques, hétérogénéité du substrat et de la végétation.

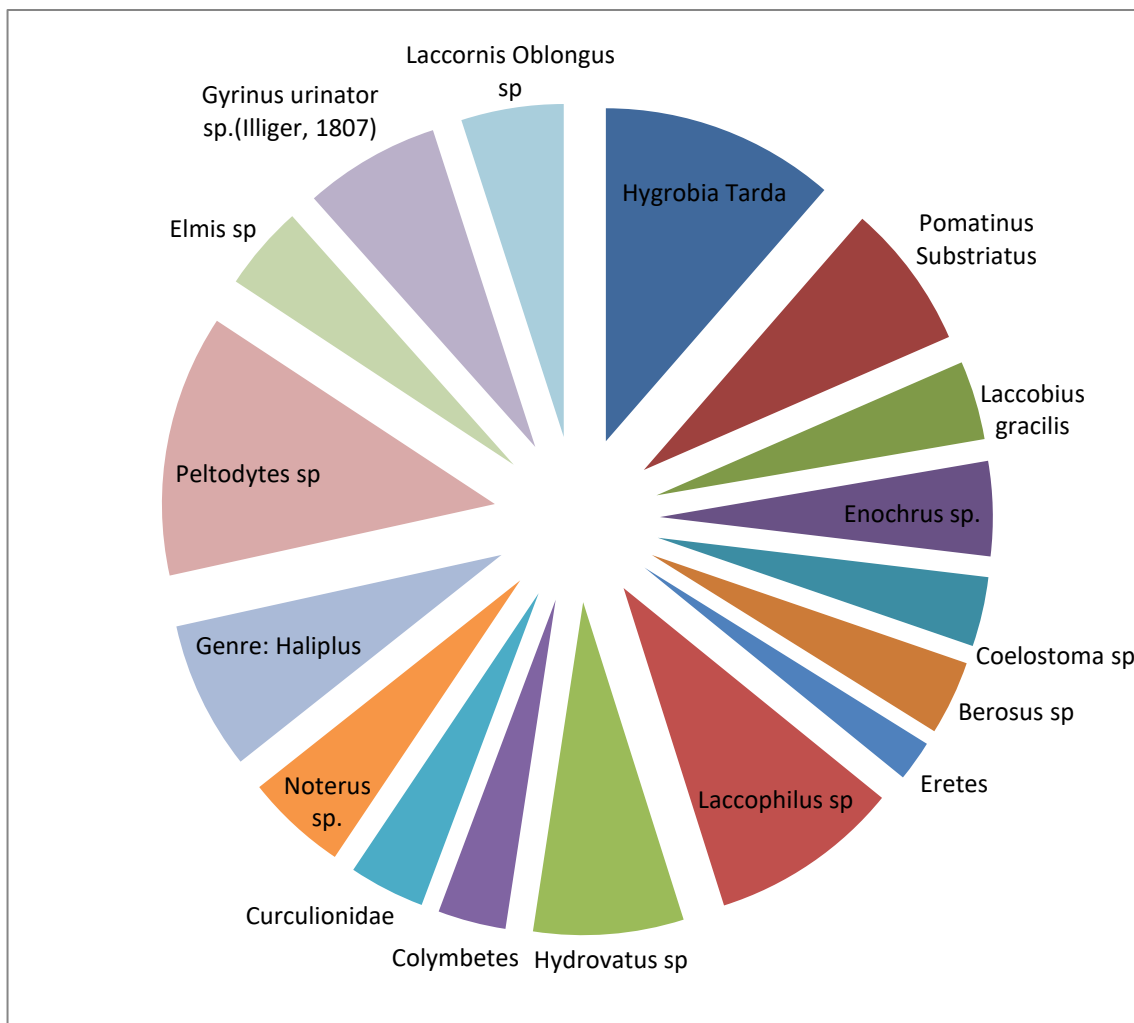


Figure 34: Abondance des Coléoptères dans les stations étudiées

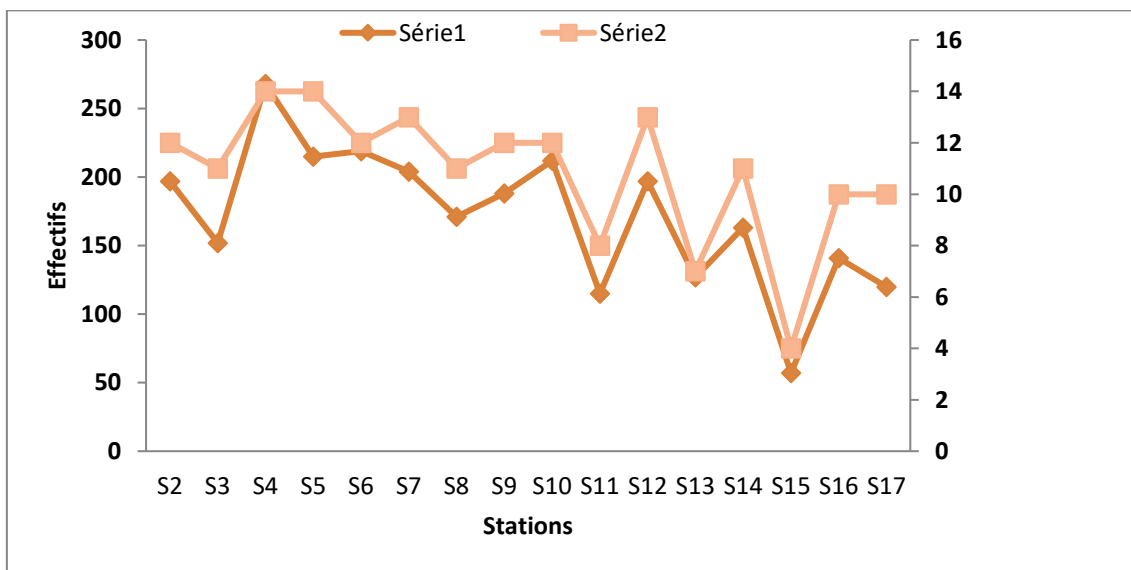


Figure 35: Distribution des Coléoptères dans les stations étudiées

➤ Famille des Dytiscidae

Les Dytiscidae constituent un des groupes les plus importants des Coléoptères aquatiques, groupe d'ailleurs bien homogène, bien distinct notamment des autres Adepaga aquatiques que l'on réunit parfois à eux sous la commune dénomination d'Hydrocanthares (BERTRAND, 1972).

Ils affectionnent principalement les milieux à eau peu courante, coulant sur des fonds meubles (sable, limons, matières organiques) et riches en végétation aquatique (macrophytes, algues).

Les coléoptères Dytiscidae se distinguent notamment par leur caractère carnassier. Ces insectes sont en effet reconnus pour détruire d'énormes quantités d'organismes (larves d'insectes, têtards d'amphibiens, microcrustacés, annélides, etc.).

La famille des Dytiscidae est la famille la plus diversifiées des coléoptères capturés avec 672 individus forment 8% du peuplement des Coléoptères (Figure 34).

Les genres *Laccophilus* et *Hydrovatus* sont assez abondants et assez fréquents parmi les Dytiscidae : respectivement 244 individus, et 192 individus.

Certains petits Dytiscidae sont cependant capables de recueillir des petites bulles d'air sur les plantes aquatiques, d'autres ont un développement particulier de leurs élytres, ce qui leur permet de capter l'oxygène dissous dans l'eau à travers leur cuticule.

Ils possèdent des pattes postérieures en forme de rames, qui leur permettent une nage rapide et efficace, ils remontent à la surface de l'eau pour respirer.

Les Dytiscidae se rencontrent fréquemment dans tous les milieux d'eau douce, le plus souvent de type lentique.

- **Eretes**

Il mesure 10 à 17 mm préfère les eaux temporaires

- **Laccophilus**

Capturé principalement dans les eaux stagnantes, certaines dans des eaux à très faible courant.

- **Hydrovatus**

Il habite dans la végétation et les détruits en bordure des mares ; habituellement en eau plus profonde que les autres espèces de dytiscide, la plupart des fousseurs se terrent dans la boue, les détritiques et les racines des plantes aquatiques

- **Colymbetes**

Habite dans l'eau stagnante, généralement parmi la végétation émergente, fréquente la plupart des eaux, surtout celles qui sont riches en végétation aquatique.

➤ **Famille des hydrophilidae**

Les Hydrophiles habitent essentiellement les eaux stagnantes : les mares herbeuses, les petites flaques de toute nature (trous d'arbres, flaques sur rocher...), les bords des étangs. Elle appartient au sous-ordre des Polyphaga.

La famille des hydrophilidae est la plus diversifiée après celle des dysticidae, elle est représentée avec 4 genres. Ils sont très fréquents et très abondants. Il se rencontre tout au long des plans d'eau étudiés. Elle est eurytherme et à large valence écologique.

La majorité des espèces récoltées se trouvent à la surface de l'eau car la respiration des Hydrophiles adultes est aérienne. Pour ce faire ils doivent remonter à la surface pour faire une provision d'air.

Bien qu'il existe des hydrophiles qui se tiennent le plus souvent fixés aux plantes aquatiques considérés comme des mauvais nageurs aussi celui qui vivent dans la vase où s'y dissimulent grâce à sa forme arrondie et sont filtreurs de débris microscopiques, dont ils se nourrissent.

Les représentants de cette famille assez diversifiée se rencontrent plutôt dans les eaux calmes richement végétalisées.

- **Laccobius**

Ce genre est représenté par une seule espèce *Laccobius gracilis* Motschulsky, 1855, qui est très abondante dans les plans d'eau à substrats sablonneux, où les mares sont dépourvues de végétation, à l'exception d'algues filiformes. Les coléoptères de cette espèce habitent des zones isolées, où ils creusent des terriers dans le sable. Il peut y avoir jusqu'à une douzaine d'individus par décimètre. Ils sont présents dans les niches récemment formées.

- **Enochrus**

Capturé dans des milieux avec un substrat boueux et une végétation aquatique abondante. C'est un habitant typique des eaux stagnantes bien végétalisées essentiellement sur les berges mais généralement absent quand le volume de la mare est diminué ce qui favorise l'augmentation du taux de salinité.

- **Coelostoma**

Il a été prélevé dans un très petit cour d'eau qui se jette dans une autre mare sans courant, avec une végétation abondante et un fond boueux. Cet habitat permet de vérifier la préférence de cette espèce pour les milieux riches en matière organique.

- **Berosus**

C'est l'espèce du genre la plus répandue aux mares temporaires, Situé dans une grande variété d'habitats végétalisés. Les sites de capture, sont des grandes zones peu profondes, souvent inondées, avec un fond boueux. L'habitat normal de cette espèce est constitué d'eaux stagnantes avec des macrophytes, comme il peut se trouver sous les détrit.

➤ **Famille des Elmidae**

Les Elmidae sont de minuscules coléoptères d'un grand intérêt écologique en tant que bioindicateurs de la qualité des écosystèmes limniques, du type des eaux qui les abritent et des habitats en danger (GAYOSO COUCE, 1998 ; ILIOPOULOU-GEORGUDAKI *et al.*, 2003 ; BALKE *et al.* 2004).

Les membres de cette famille vivent généralement dans les habitats à faciès lotique, très peu d'espèces sont rencontrées dans les zones calmes, Ce sont des microphages qui se nourrissent de débris végétaux (30- 90%) et de Diatomées (10-70%) (JÄCH & BALKE, 2008).

Cette famille représente 4 % des coléoptères récoltés et elle est représentée par un seul genre.

- **Elmis**

Toutes les espèces capturées se trouvent sous les débris végétaux du bord de l'eau.

➤ **Famille des Haliplidae**

Les Haliplidés ou coléoptères aquatiques rampants sont un groupe relativement restreint de petits insectes aquatiques peu visibles. Ils appartiennent au sous-ordre des coléoptères

Adephaga mais différent de tous les autres groupes de ce taxon par plusieurs caractères importants. L'habitude strictement algophage des larves haliplides est une caractéristique que l'on ne retrouve dans aucun autre taxon de l'Adephaga presque exclusivement carnivore.

Cette famille est représentée par 2 genres : Haliplus et Peltodytes. Les deux taxons récoltés sont très peu abondants et très peu fréquents. Ils sont thermophiles et limnophiles. Ils sont présents presque dans tous les stations de en faciès lentique, riche en végétation aquatique (macrophyte et algue), coulant sur un substratum à granulométrie fin (sable, limon, vase).

- **Haliplus**

Les adultes et les larves vivent parmi les algues et la végétation aquatique au bord des mares, il mesure 1.5mm- 5mm, les adultes peuvent être attirés par la lumière, il préfère les eaux calmes, claires et herbeuses.

- **Peltodytes**

Habituellement dans des tapis denses de végétation et d'algues le long des bords des mares ou des eaux à écoulement lent, souvent en association avec Haliplus. L'espèce de ce genre est ubiquiste et se rencontre dans toutes les eaux stagnantes, riches en algues.

➤ **Famille des Gyrinidae**

Les Gyrinidae sont adaptés à la vie à la surface des eaux : ils vivent sur le ménisque sur lequel ils flottent et se déplacent en tournoyant très rapidement, généralement en bandes.

Les larves des Gyrinidae possèdent des branchies et non pas besoin de remonter en surface pour respirer : elles consomment l'oxygène dissous dans l'eau.

Cette famille est représentée par un seul genre et une seule espèce.

- **Gyrinus**

Il mesure de 3 à 11mm, Visible de mars à octobre à la surface des eaux claires des mares même s'il peut aussi plonger généralement lorsqu'on le dérange, cet insecte de 3 à 11 mm de longueur nage très vite en décrivant des cercles ou des spirales. Il a ainsi été surnommé "tourniquet". On le voit souvent en groupe.

-*Gyrinus urinator* sp.(Illiger, 1807)

Il mesure entre 4-8 mm de longueur, on le trouve principalement à la surface des mares, bien qu'il puisse s'adapter aux petits ruisseaux, et aux marais, il s'immerge au moindre signe de danger, emportant avec lui une bulle d'air qui lui permet de respirer tout en restant au fond. Il vole aussi très facilement et doit coloniser un autre plan d'eau si celui dans lequel il vit s'assèche ou devient inadéquat.

➤ Famille des Hygrobiidae

C'est une petite famille de coléoptères qui habite dans la région dans des eaux stagnantes avec une végétation abondante, Les membres de cette famille sont généralement connus sous le nom de " scarabées couineurs " en raison des pépiements produits par les adultes lorsqu'ils sont alarmés, perturbés ou pris au piège (BEUTEL, 1986; WICHARD *et al.*, 2002).

Cette famille est représentée par deux genres : *Hygrobia* et *Callicorixa*

▪ *Hygrobia*

Capturé surtout dans les eaux dormantes à fond de vase dans laquelle il s'enfonce, dans les mares nouvelles, ainsi que sous les feuilles humides qui tapissent le fond des mares desséchés. Ce genre est représenté par une seule espèce « *Hygrobia Tarda* ».

▪ *Callicorixa*

On trouve les corises dans des eaux lentes ou stagnantes, le plus souvent sur les rives des mares. Les corises se tiennent sur le fond avec lequel elles se confondent. Les espèces vivant dans ces mares temporaires peuvent les quitter pour d'autres zones aquatiques, lorsque les conditions deviennent défavorables, comme l'assèchement de la mare, un manque de nourriture, l'hivernage. Elles s'envolent alors et peuvent parcourir d'assez grandes distances.

➤ Famille des Noteridae

Les adultes et les larves se trouvent dans les eaux peu profondes, les eaux stagnantes ou les eaux à faible courant (NILSSON, 1996), habituellement entre les racines des plantes aquatiques flottantes des plantes, ou sur les plantes émergentes. Les adultes sont phytophages et les larves omnivores.

Les adultes sont de bons nageurs, mais en général, ils rampent parmi la végétation. Les femelles pondent des œufs sur les racines des plantes flottantes ou émergentes.

▪ *Noterus*

Il mesure 4,2-4,5 mm, se rencontre dans l'eau et aussi parmi les plantes.

➤ Famille des Curculionidae

Ils sont associés aux plantes aquatiques. Habituellement, seuls les adultes sont échantillonnés dans les habitats aquatiques, ils préfèrent des eaux stagnantes avec de faibles courants. Les adultes rampent parmi la végétation submergée, tandis que les larves vivent à l'intérieur des tiges de plantes aquatiques remplies avec de l'air. Les adultes et les larves sont des déchetueuses de phytophages (PALM et NILSSON 1996).

Les adultes se nourrissent de feuilles, tandis que les larves creusent des tunnels à l'intérieur des pétioles et se nourrissent d'eau les tissus internes de la plante.

5.2. Les Ephéméroptères

Les Éphéméroptères ou Éphémères constituent le troisième et dernier groupe d'insectes à métamorphoses incomplètes (hémimétaboles) qui présentent un stade ailé unique dans la classe des insectes (le subimago) qui précède le stade imaginal (WEBER et WEIDNER, 1974). Leur développement larvaire complet dure en moyenne dix à vingt jours en fonction de la température de l'eau (ELLIOT & HUMPESCH, 1983). Il comprend en général de 15 à 25 mues (FINK, 1980).

Ils sont très délicats reconnaissables à leurs deux ou trois cerques ou « queues » au bout de l'abdomen. Ils possèdent également deux paires d'ailes, les postérieures étant nettement plus petites que les antérieures, leur développement larvaire a lieu dans l'eau. Les espèces des éphéméroptères qui fréquentent les eaux stagnantes sont généralement des espèces nageuses.

Dans ce groupe, nous avons recensé 361 individus répartis en 4 genres appartenant à 2 familles (Baetidae, Heptageniidae,), ils représentent 9% de la faune totale.

La famille la plus abondante est celle des Baetidae, elle compte 80% (288 individus) du total des captures tandis que la famille des Heptageniidae ne présente que 20% des Ephéméroptères sur le plan d'abondance numérique (73 individus). (Figure 36).

La répartition des Ephéméroptères dans les différentes stations étudiées (Figure 37) met en évidence leur importance dans les mares (stations S1, S4, S7) qui constituent les zones les

plus hétérogènes. En effet ces mares dont les habitats sont caractérisées par des températures relativement élevées et un substrat hétérogène légèrement riche en matière organique, et offrant des conditions fortement favorables au développement d'une faune plus abondante et assez diversifiée.

L'importance numérique des Ephéméroptères est relativement très faible comparé aux Coléoptères et aux Diptères.

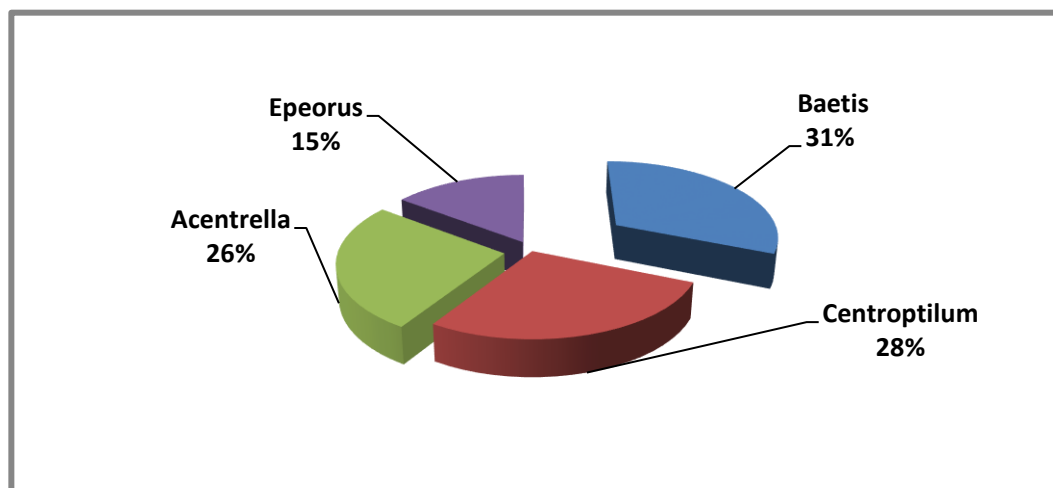


Figure 36: Abondance des Ephéméroptères dans les stations étudiées

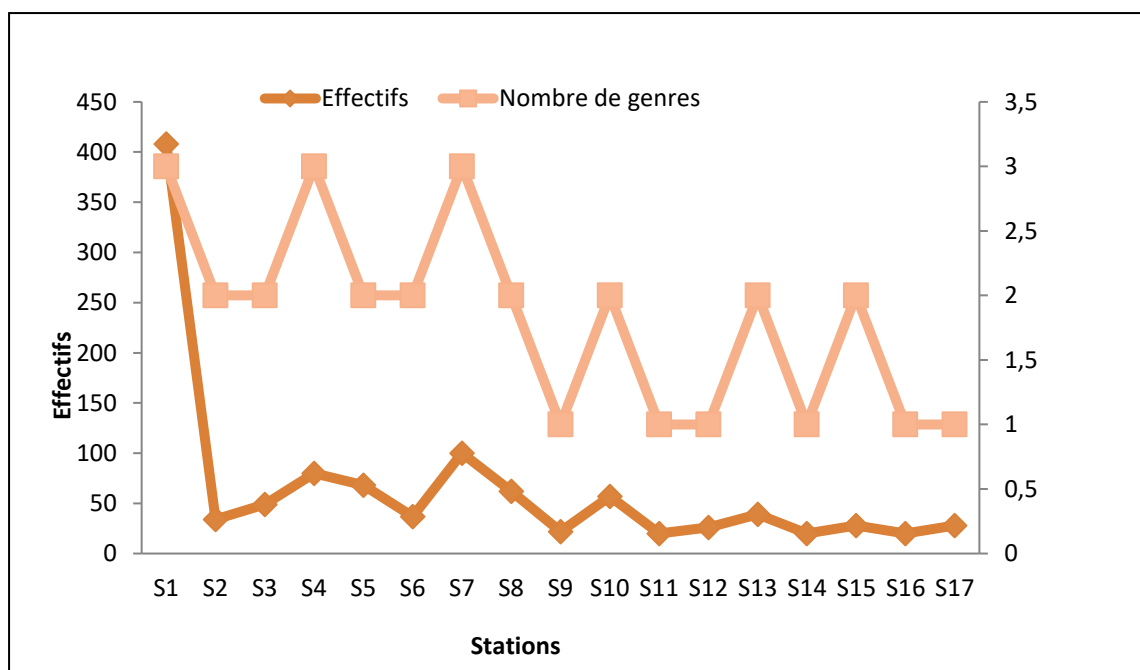


Figure 37 : Distribution des Ephéméroptères dans les stations étudiées.

➤ Famille des Baetidae

La famille des Baetidae est la plus diversifiée parmi les Ephéméroptères inventoriés. Elle compte 3 genres : *Baetis*, *Acentrella*, et *Centroptilum*. Ils sont peu abondants et peu fréquents dans les mares prospectées, Ils préfèrent les substrats de cailloux, de gravier ou de sable et se nourrissent principalement de diatomées, de petites algues et de petites particules de matière organique.

• *Baetis*

Il a été récolté dans des zones où il y'a un faible courant. C'est le genre à la fois le plus abondant et le plus fréquent des éphéméroptères capturés.

SOWA (1975) a noté le caractère eurytope de *Baetis*. VERNEAUX (1973) a souligné sa résistance à la pollution, précisant que les dépôts organiques fins à la base des mousses ou d'algues favorisent le développement de ses populations

• *Acentrella*

Ce genre est considéré en Europe commun, caractéristique des cours d'eau rapides, expliquant sa rareté dans ce type des eaux calmes.

• *Centroptilum*

Ce taxon présente le même type de répartition qu'*Acentrella*. Il semble tolérer les grandes variations de température et la présence de matière organique.

5.3. Les Hétéroptères

Les Hétéroptères aquatiques se rencontrent pratiquement en toute saison. A l'état adulte, ils hibernent et reprennent leur activité dès que la température s'adoucit. Chaque espèce a ses propres exigences écologiques. Selon POISSON (1957), Ils peuplent divers biotopes des milieux aquatiques : marécages, mares, ruisseaux et rivières; ils s'observent surtout sur les rives des cours d'eau.

DETHIER (1985-1986), signale que les Hétéroptères aquatiques sont avant tout des Insectes d'eau stagnante. En eau courante, ils colonisent les zones lénitiques ou les biotopes abrités du courant. La nature des rives (cailloux, vase, sable et végétation) joue un rôle important dans la biologie et l'écologie des éléments de ce groupe d'insectes.

Le matériel biologique récolté est bien représenté : 1381 individus, soit 18% de la faune benthique totale appartenant à trois familles et à quatre genres ont été dénombrés (Figure 38) : Corixidae; 730 individus, Il est à noter que cette dernière famille est pourvue dans toutes les mares prospectées, les Notonectidae sont présentés avec 341 individus et les Pleidae avec 310 individus.

Les éléments de ce groupe sont observés dans les mares isolées et à faible profondeur (Figure 39). Ce sont des formes inféodées aux habitats abrités du courant, elles vivent dans les faciès à eau calme.

La répartition des Hétéroptères dans les mares temporaires étudiées est certainement complète. Certains sont récoltés en de très bons exemplaires dans toutes les stations, cas des corixidae.

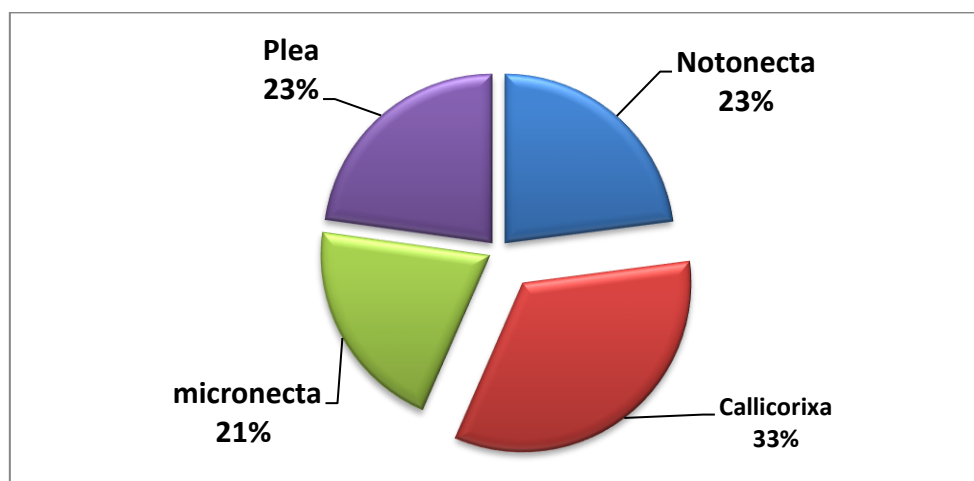


Figure 38: Abondance des Hétéroptères dans les stations étudiées.

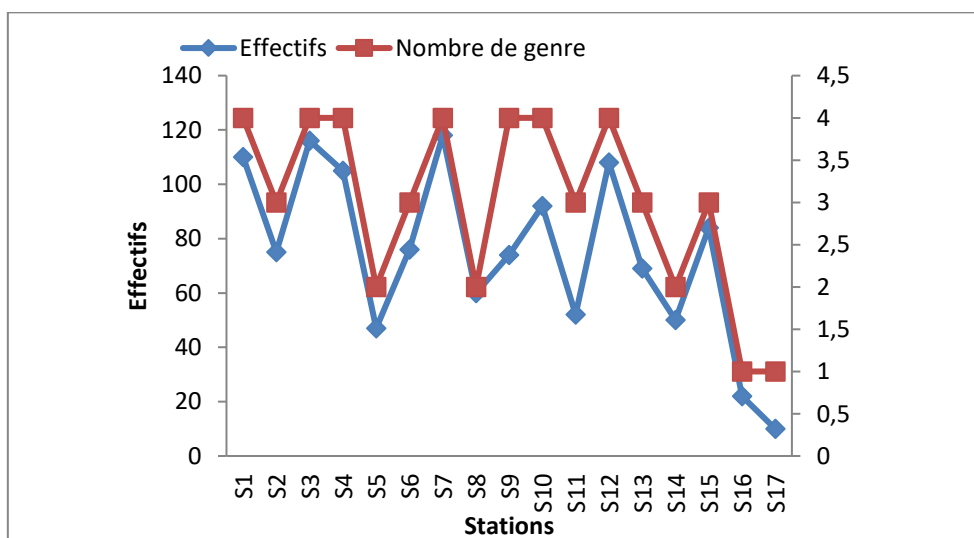


Figure 39: Distribution des Hétéroptères dans les stations étudiées.

➤ **Famille des Corixidae**

Les Corixidae est l'une des familles qui renferme le plus grand nombre de genres et d'espèces. Ils sont dans leur majorité des prédateurs. Certains éléments sont détritivores ou consommateurs d'algues microscopiques (TACHET *et al.*, 2000).

Les Corixidae se rencontrent dans les eaux calmes et en bordure des cours d'eau peu rapides, riches en macrophytes et en algues (TEBIBEL, 1991 ; POISSON, 1938).

Ils sont de très bons nageurs et se nourrissent principalement des algues et les détritits, bien que certaines espèces soient omnivores et même des prédateurs.

Dans les plans d'eau étudiés, cette famille est représentée par deux genres: *Micronecta* et *Callicorixa*. Elle très abondante et très fréquente ; nous l'avons récolté dans toutes les stations avec effectifs importants.

➤ **Famille des Notonectidae**

Les Notonectidae vivent de préférence dans les eaux stagnantes, comme les lacs, les réservoirs ou les étangs, bien que l'on peut aussi les trouver dans les bassins fluviaux et les backwaters, marais et eaux temporaires.

Ils nagent sur leur dorsal, battant leur troisième paire de pattes. La deuxième la paire de pattes est utilisée pour s'accrocher à la végétation et attraper leur proie, pour laquelle ils utilisent également leur première paire de jambes.

Lorsqu'ils se sentent menacés, ils nagent rapidement vers le bas ou vers la végétation avoisinante pour se cacher. Ils nagent habituellement à la surface avec l'extrémité de la pointe de l'abdomen en contact avec la surface de l'eau pour le renouvellement la chambre à air qu'ils ont sous les ailes et abdomen.

La plupart des espèces pondent des œufs à l'intérieur des tissus végétaux mous, bien que certains les collent sur les tissus végétaux ou sur les parties extérieures des plantes aquatiques (Nieser *et al.* 1994).

En général, ils tolèrent un certain degré de la pollution et les modifications du volume d'eau.

➤ Famille des Pleida

Les Pleidae vivent de préférence dans des zones lenticues avec beaucoup d'abondance des macrophytes, comme les lacs, les étangs, les marais ou les terres humides (TAMANINI, 1979).

Il s'agit de bons nageurs et nager sur le dos, bien qu'ils se déplacent à peine et on les trouve généralement parmi les plantes, où elles se protègent contre d'autres prédateurs et les s'attaque aussi aux proies. Ce sont des prédateurs, qui se nourrissent généralement de petits crustacés, larves de moustiques et autres invertébrés. Ils pondent des œufs sur les tiges des plantes aquatiques.

5.4. Les Diptères

Les Diptères se caractérisent par leur grande diversité tant sur le plan écologique que biogéographique. Ils sont répartis de l'équateur aux régions polaires et bénéficient d'une grande capacité de coloniser les biotopes les plus variés : sources, rivières, lacs, marais, littoral marin, etc. Ils sont parmi les invertébrés aquatiques les mieux représentés aussi bien en nombre d'espèces que d'individus.

Les larves de cet ordre d'insectes se distinguent aisément des larves d'insectes holométaboles aquatiques par l'absence de pattes thoraciques. Il peut y avoir des pseudopodes mais ceux-ci ne sont jamais articulés (TACHET et *al.*, 1980).

Le matériel biologique récolté est composé de larves, de nymphes, d'exuvies et d'adultes. 1100 individus appartenant à 05 familles ont été dénombrés dans l'ensemble des stations étudiées (Figure 40). Ils représentent 14 % de la faune totale. Ils sont abondants dans la plupart des stations mais leur répartition est hétérogène.

Les familles rencontrées dans ce groupe sont d'importance inégale. Les Simuliidae, avec 394 individus, soit 35.81 % des Diptères et 5 % de la faune totale, sont de loin les plus abondants. Les Simuliidae sont les plus répartis dans les plans d'eau étudiés.

Les Diptères Chironomidés, occupent la seconde place dans l'ordre des Diptères, ils constituent 20.81% (229 individus) de ce peuplement et 2.96 % de la faune totale, les Ptychopteridae 20.27% (223 individus), les Fanniidae 12.36% (136 individus) et les Culicidae 10.45% (115 individus), taxons très courants, assez abondants et à large répartition longitudinale.

Les éléments de ce groupe d'insecte ont une grande capacité de coloniser divers biotopes pollués ou non pollués. Dans les mares étudiées, leur importance est en rapport avec la présence de matière organique, facteur favorable à la prolifération des stades immatures.

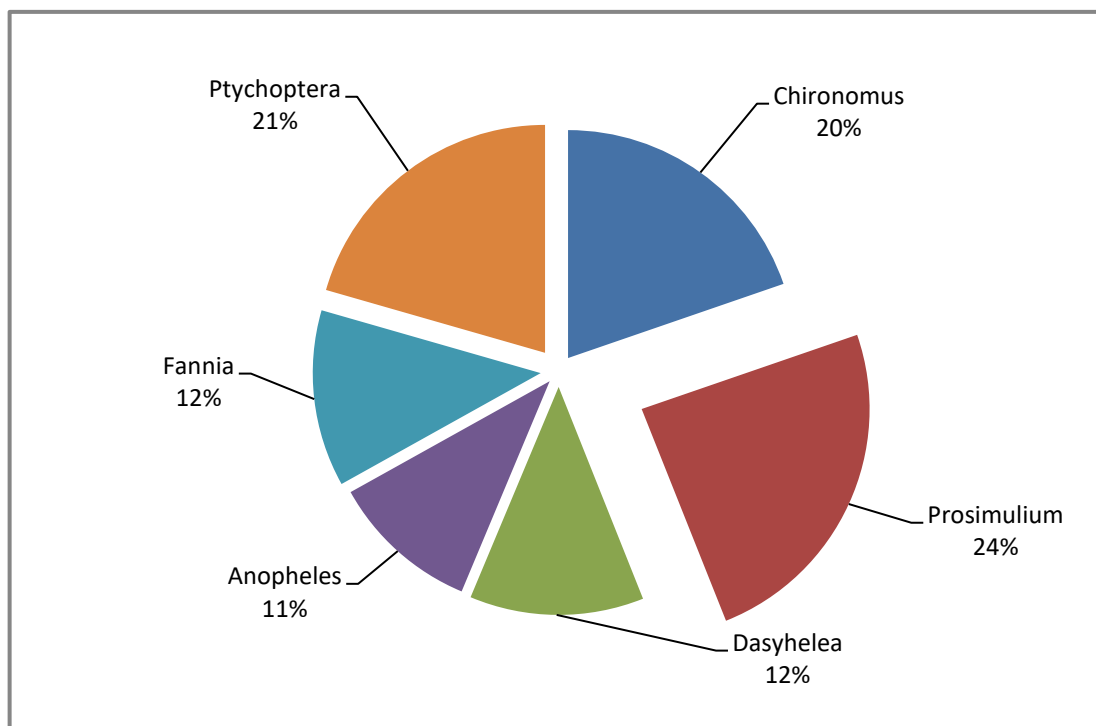


Figure 40: Abondance des Diptères dans les stations étudiées.

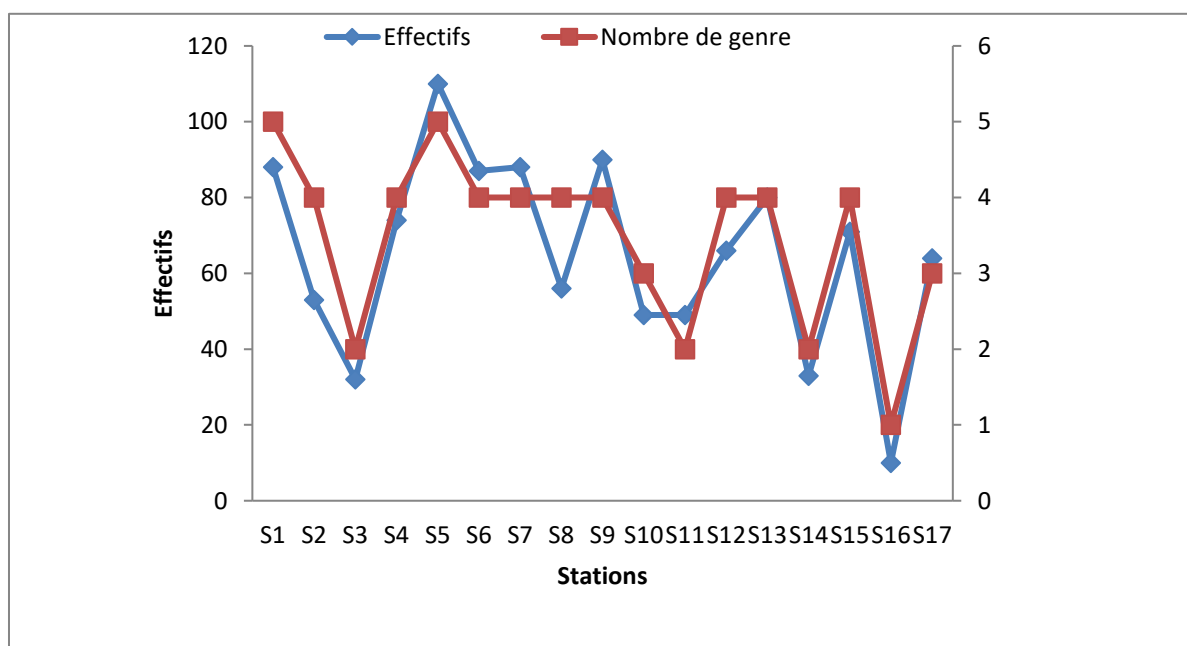


Figure 41: Distribution des Diptères dans les stations étudiées.

Les Diptères autres que les Chironomides et les Simuliides, à la taxonomie difficile, constituent un ensemble très mal connu parmi les invertébrés totalement ou partiellement aquatiques (LOUNACI, 2005).

➤ **Famille des Simuliidae**

La famille des Simuliidae est strictement liée aux systèmes fluviaux, et on peut les trouver dans les zones peu profondes des cours d'eau à courant lent et fort. Ils utilisent des substrats tels que des dalles de pierre, des cailloux, des troncs submergés et des tiges de végétation submergée, auxquels ils s'attachent avec la structure à l'extrémité de leur abdomen, Cette structure a des propriétés adhésives et peut fonctionner comme un aspirateur, ce qui leur permet de résister à la force de l'eau et de se nourrir des matières en suspension que le courant entraîne.

Cette famille est représentée par deux genres : Prosimulium, asyhelea

➤ **Famille des Chironomidae**

Les membres de cette famille sont appelés communément « les moucheron non piqueurs » au stade adulte et Les larves des Chironomidae sont également bien connues sous le nom de : « ver de vase ».

C'est une famille cosmopolite qui abonde dans tous les types d'eaux continentales, et couvre également toute la gamme des qualités de l'eau, des eaux propres et froides aux tronçons très pollués et anoxiques des mares, car certaines espèces sont très résistantes à la pollution.

Cette famille est représentée par un seul genre : chironomus.

➤ **Famille des Culcidae**

Ils vivent principalement dans des milieux aquatiques lenticules, comme les étangs, les lacs, etc. Ce sont des espèces télématophiles et peuvent coloniser tous les types de dépôts dans lesquels l'eau est stockée, depuis les abreuvoirs jusqu'aux bassins de fontaines, les vieux pneus et toutes sortes de récipients (GONZALEZ & COBO , 2006). Cette famille est représentée par le genre « Anopheles ».

➤ Familles des Ptychopteridae

Les larves se trouvent dans les zones boueuses avec de grandes accumulations de matière organique ou parmi la végétation en décomposition dans les eaux peu profondes le long des bords des étangs, des lacs et des marais.

Les larves sont saprophages, se nourrissant de boue et de débris végétaux ainsi que de matières organiques en décomposition et de micro-organismes associés, comme les algues et les bactéries. Cette famille est représentée par le genre « Ptychoptera »

5.5. Les odonates

Les odonates font partie des plus anciens insectes ailés apparus sur terre (CORBET, 2004 ; GRAND & BOUDOT, 2006). 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. Leur diversité est fonction du régime thermique et de l'ombrage qui jouerait un rôle de facteurs limitants. Il leur attribue comme habitat, les eaux à écoulement lent et assez fraîches.

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 (MOUBAYED, 1986).

Dans les plans d'eau étudiés, l'abondance des odonates est très faible : 470 individus seulement (soit 6.08% de la faune totale ont été récoltés). Ils appartiennent à quatre familles: les lestidae (*Sympecma*) avec 170 individus, les Libellulidae (*Libellula*) avec 65 individus, les Plactycnemididae (*Platycnemis*) avec 39 individus et les coenagrionidae (*Ischnura*) avec 142 individus (Figure 42 et 43).

Les Odonates sont bien connus des milieux semi-lentiques ou lentiques. Certaines espèces se développent dans les eaux presque stagnantes ou les parcours à courant très lent, malgré ça on a noté une rareté dans les plans d'eau étudiés.

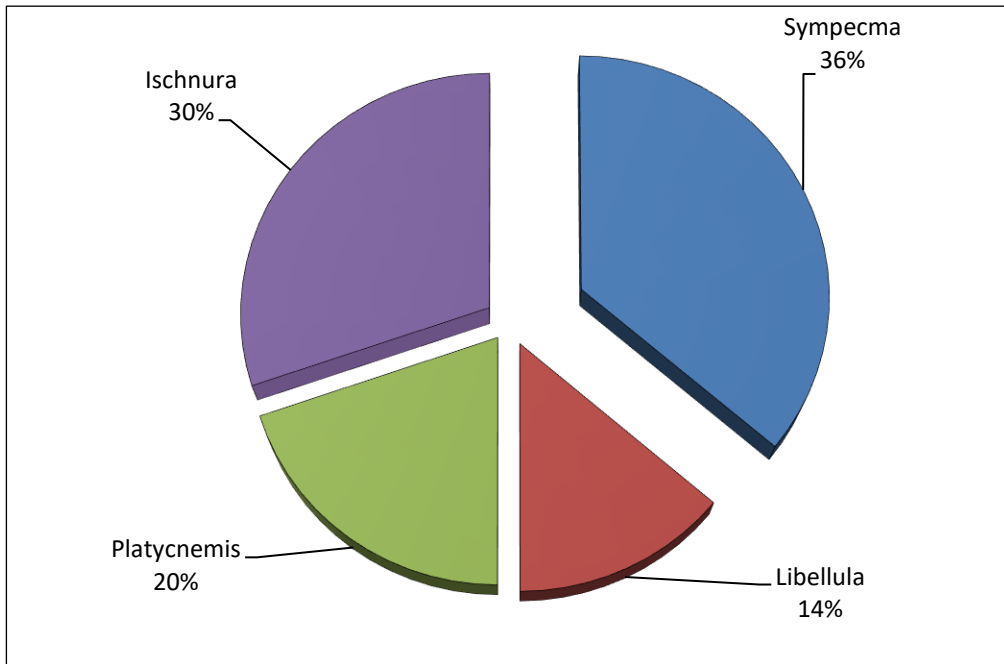


Figure 42 : Abondance des Odonates dans les stations étudiées

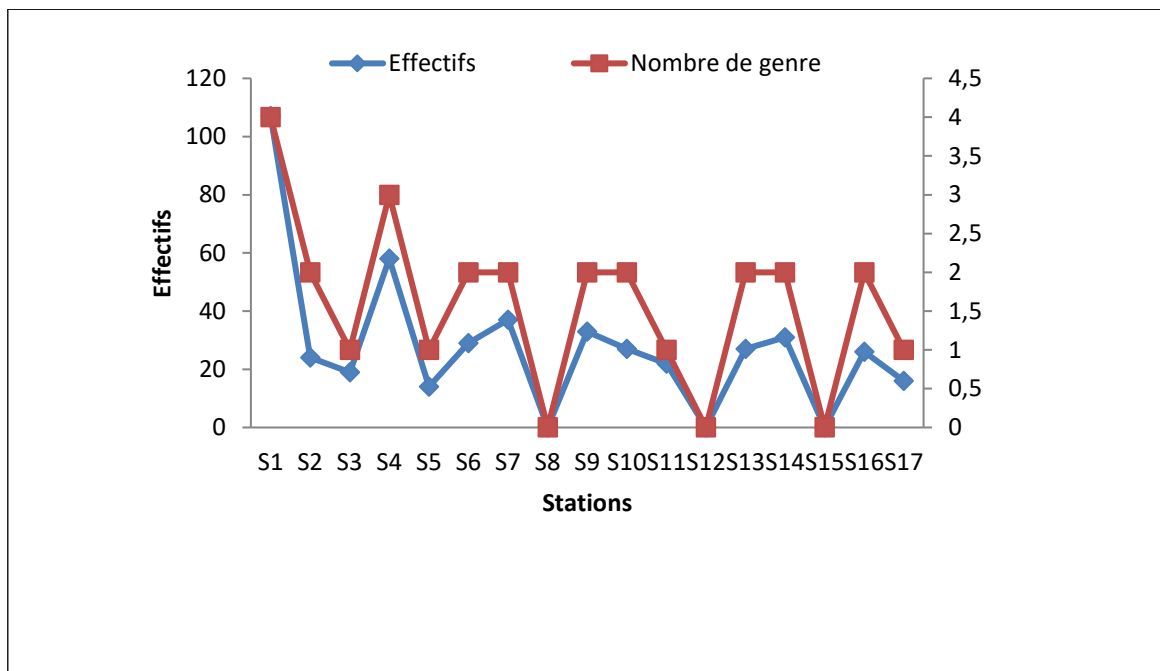


Figure 43: Distribution des Odonates dans les stations étudiées.

5.6. Mégaloptères (larves)

Les Mégaloptères sont des insectes aquatiques à métamorphoses complètes. Chez eux, à la larve succède une nymphe vraie, organisme qui est peu mobile, et en tout cas ne subit aucune croissance et ne prend aucune nourriture : c'est la métamorphose typique (H. BERTRAND, 1954).

➤ Famille des Sialidae

La larve aquatique (essentiellement benthique) de cette espèce, là et quand elle est présente en grande quantité peut être bioindicatrice d'une forte pollution organique

Dans les plans d'eau étudiés, 78 individus (soit 1,01 % de la faune totale) appartenant à une seule famille.

Nous avons récolté ces Sialidae dans 5 stations. On les rencontre souvent en nombre, accrochés aux brins d'herbe ou sous les pierres sur la berge des mares et aussi on au fond de l'eau.

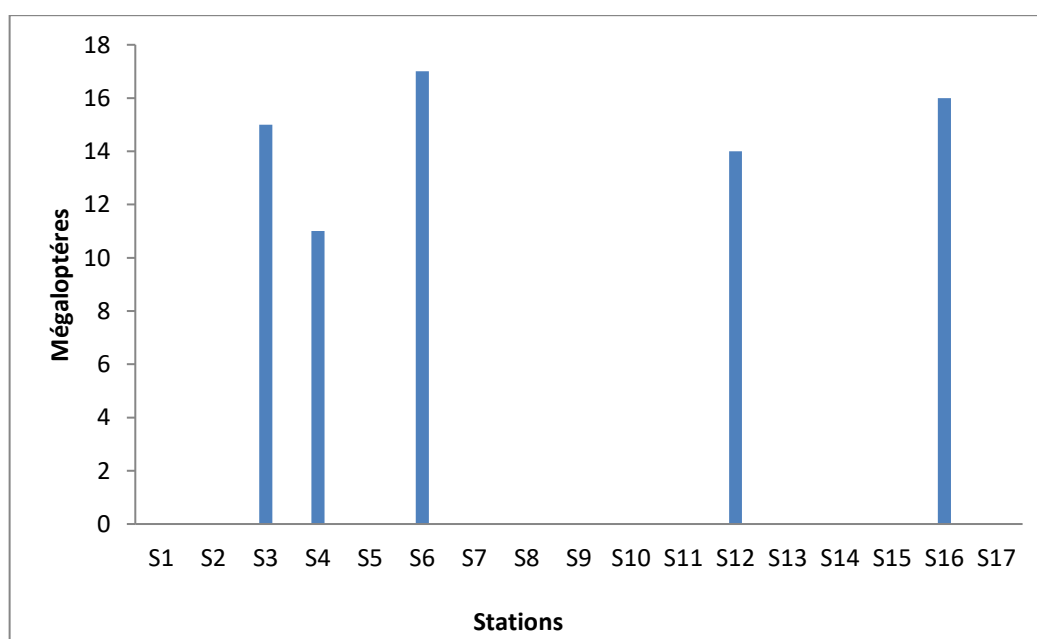


Figure 44 : Distribution des Mégaloptères dans les mares temporaires étudiées.

5.7. Crustacés

Les Crustacés sont représentés par 510 individus soit 6.60 % de la faune récoltée. Ils appartiennent à deux familles et deux genres : les Gammaridae (*Gammarus*) et les Talitridae

(*Orchestia*).

La famille la plus importante est celle des Talitridae, elle compte 335 individus (65.68% des crustacés). Quant aux Gammaridae, ils ont dans nos récoltes une importance numérique : 175 individus (34.31% des Crustacés) (Figure 45).

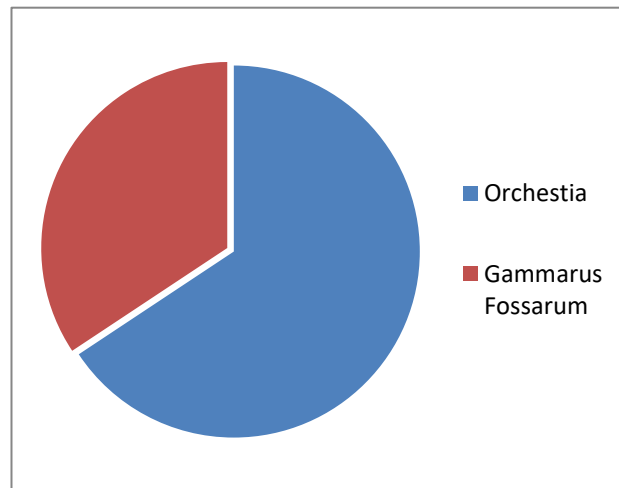


Figure 45: abondance des Crustacées dans les stations étudiées.

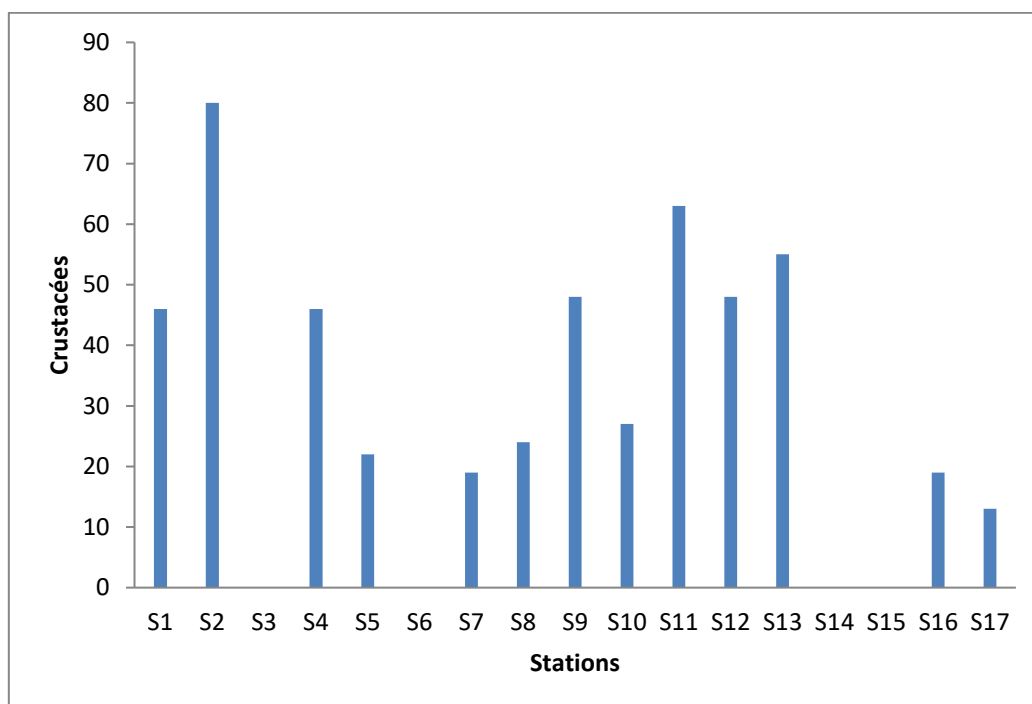


Figure 46 : Répartition des Crustacées dans les stations étudiées.

5.8. Mollusques

D'après la littérature, les Mollusques ne sont jamais abondants en milieu aquatique continental. La teneur en calcium, la nature du substrat, la nature de la végétation et de la litière, la vitesse du courant sont les facteurs prépondérants sur la prolifération et la répartition des Mollusques dans les eaux continentales.

Dans les plans d'eau étudiés, 267 individus (soit 3.45 % de la faune totale) appartenant à 2 familles et 2 genres ont été récoltés : Physidae (*Physa*), et Planorbidae (*Anisus*) (Figure 47).

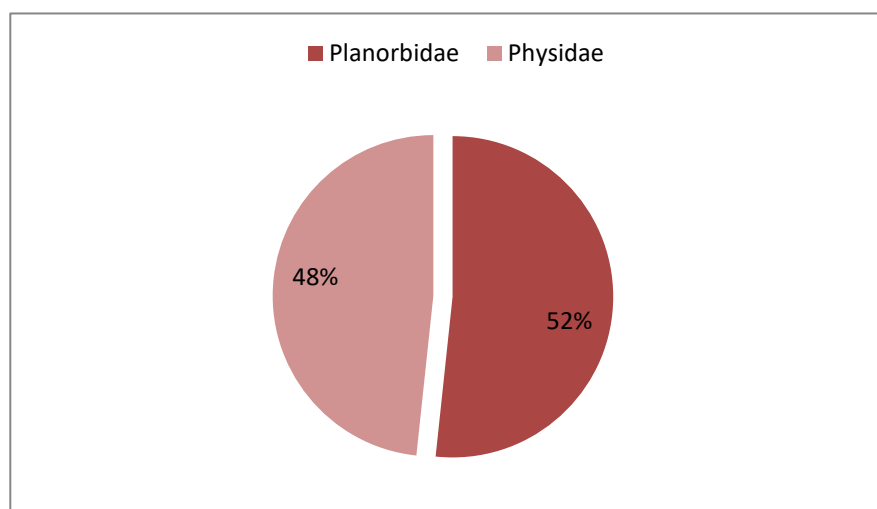


Figure 47 : Abondance des Mollusques dans les stations étudiées.

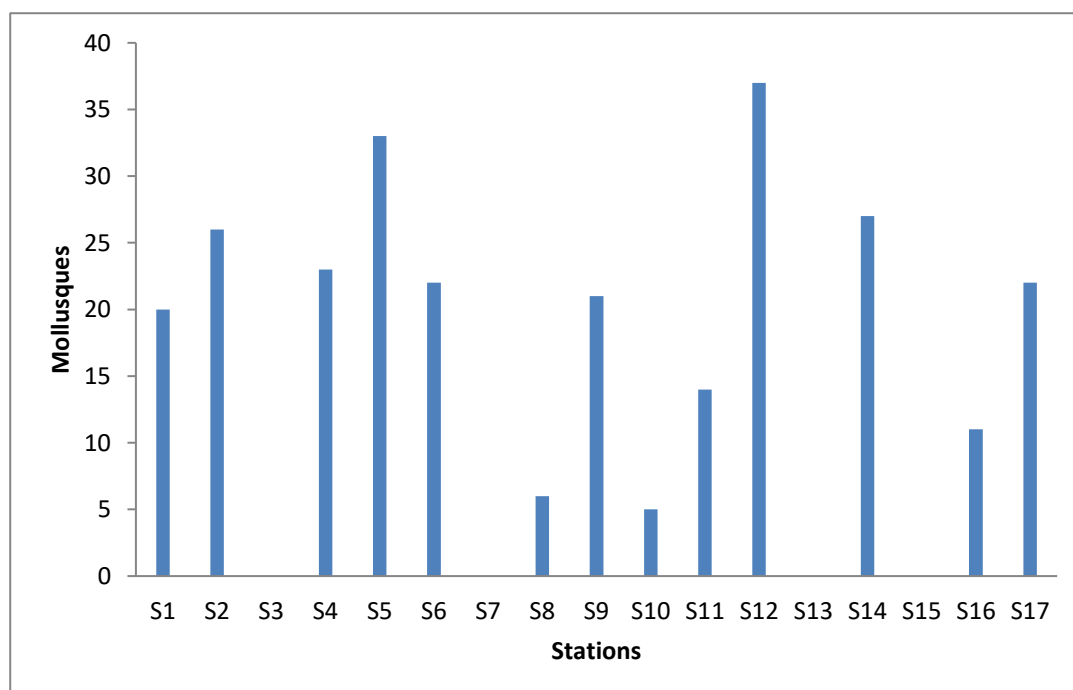


Figure 48 : Répartitions des Mollusques dans les stations étudiées.

➤ Famille des Planorbidae

Dans un tel groupe hétérogène, il existe à la fois des espèces rhéophiles et limnophiles. Ils vivent dans tous les types d'eaux, à l'exception des eaux acides. Ils ont un régime alimentaire varié qui comprend des algues incrustantes, des macrophytes et des dépôts de détrit. Ils tolèrent une pollution modérée.

➤ Famille des Physidae

Les Physidae peuvent vivre dans toutes sortes d'environnements, bien qu'ils préfèrent les zones avec des substrats de gravier. Ils tolèrent des environnements avec une salinité élevée ainsi que des températures élevées. Leur régime alimentaire comprend à la fois des détrit et des algues (LARRAZ et *al.* 2007).

5.9. Annelides Oligochètes

Les Oligochètes abondent les portions des plans d'eau à fond meuble (sable, limons, détrit organiques) riches en végétations aquatiques. En effet, l'augmentation massive des ces populations dans les eaux riches en matières organiques a été souvent mentionnée (ECHAUBARD & NEVEU, 1975 ; TOURENQ, 1975). De plus LAFONT (1983) signale que les régimes alimentaires des Oligochètes sont variés. Ils se composent d'algues, de détrit organiques et de bactéries.

Dans les plans d'eau étudiés, les éléments de ce groupe sont représentés par 163 soit 2.11% de la faune totale récoltée

Cette rareté est peut être dû aux températures basses facteur limitant la prolifération des stades immatures.

Ils sont récoltés dans divers types d'habitats ; Certains affectionnent les milieux sablonneux, limoneux –vaseux, d'autres la végétation aquatique, d'autres encore, les habitats à courant lent riches en détrit végétaux.

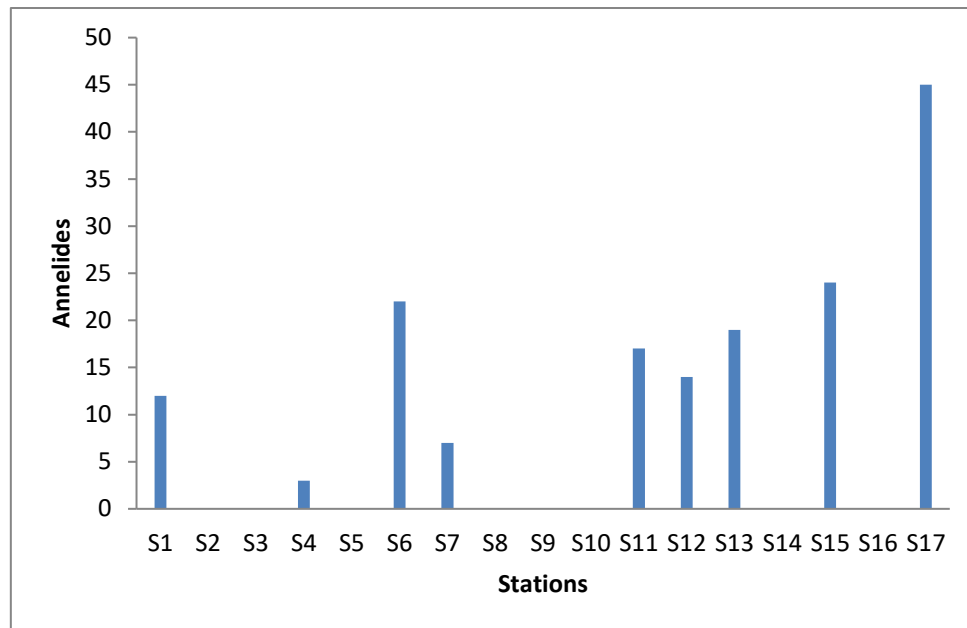


Figure 49 : Répartition des Annelides dans les stations étudiées.

5.10. Autres ordre (Hyménoptères, Aranea)

Les Hyménoptères forment un ordre de la classe des insectes, présentant des métamorphoses complètes et renfermant ceux qui, comme les Abeilles, les Guêpes, les Fourmis, les Ichneumons, les Tenthredes. cet ordre est représenté par la famille des Formicidae.

L'argyronète est récolté dans trois mares où l'eau est claire et très calme aussi riches de plantes aquatiques pour qu'elle puisse arrimer sa toile et pour se reproduire. cet ordre est représenté par la famille des Cybaeidae. (CLERCK, 1957).

III. Discussion

Les hautes plaines semi-arides de l'est de l'Algérie comprennent une quinzaine de grandes zones humides dont cinq d'importance internationale (HOUHAMDI et *al.*,2008), et parmi ces zones il existe les mares temporaires qui ont fait l'objet de notre étude et qui n'ont jamais été explorées, notre étude réalisée dans la région d'Oum El bouaghi Nord-Est algérien, et qui concerne la connaissance des macroinvertébrés benthiques dans 17 mares temporaires au cours de quatre années successives (Octobre 2013- Novembre 2016).

Tenant compte à notre méthode d'échantillonnage on peut considérer que presque toutes les espèces présentes ont été échantillonnées sur les dix-sept mares temporaires prospectées. Nous reconnaissons qu'une seule technique d'échantillonnage (l'échantillonneur surber) a été utilisée et que d'autres méthodes (p. ex., les filets à main) auraient pu être utiles pour recueillir certains taxons rares de microhabitats particuliers (p. ex., les berges, les pierres, les plantes..).

Les mares temporaires étudiées se trouvent sous climat semi-aride caractérisée par une saison humide avec de faibles précipitations (décembre à février) et une saison sèche s'étend sur sept mois et quelques jours (mars à novembre), et du fait que ces mares sont alimentées en eau par les précipitations et les eaux de fontes de neiges, ces mares disparaissent durant plusieurs mois et lors d'une année représentative, ils ne retiennent de l'eau stagnantes pour au moins trois mois après quoi il s'assèchent (Tableau 12).

Tableau12 : Détails des hydropériodes échantillonnées aux mares temporaires –région Sud d'Oum El Bouaghi.

L'Hydropériode	Durée d'inondation	Nombre d'espèce
Octobre-Décembre 2013	50 jours	25
Janvier- Mars 2014	75 jours	35
Mai- Juin 2014	15 jours	11
Décembre 2014	25 jours	8
Janvier-Mars 2015	85 jours	51
Octobre-Décembre 2015	55 jours	39
Mars 2016	5 jours	5
Novembre 2016	1 semaine	2

L'appauvrissement en taxons et en nombre d'espèce dans mares étudiée serait dû à la sécheresse accentuée pendant la dernière décennie, Les conséquences de l'assèchement des

biotopes aquatiques temporaires ont été déjà étudiés par PETIT et SCHACHTER (1943), FERNANDO (1958) CHODOROVSKY(1969), ANGUS (1970), CHAMPEAU (1970), ALQUIER (1974). Alors que leurs travaux ont principalement porté sur l'autécologie d'une ou plusieurs espèces: Mollusques (*Paludestrina*), Coléoptères, Diptères (*Aedes communis*), Coléoptères Hydrophilidae (*Helophorus orientalis*), Crustacés Copépodes et Coléoptères Hydrophilidae (*Berosus spinosus*), où ils ont cherché à connaître le devenir du peuplement tout entier et en particulier les conditions de survie « in situ » des espèces résistantes. Les autres espèces, face à la disparition progressive du plan d'eau vont fuir vers des marais permanents ou simplement se déshydrater et mourir sur place.

En vivant dans un milieu humide temporaire, la faune aquatique doit s'adapter à la disparition de son milieu de vie ou bien migrer pour coloniser un nouveau biotope. Le peuplement d'invertébrés des mares temporaires comprend deux catégories d'espèces ; les premières sont résidentes et sont strictement inféodées au milieu temporaire : leur cycle biologique se déroulant entièrement dans ce biotope, elles passent, pendant la période d'assèchement, par l'intermédiaire d'une écophase de résistance, l'œuf, qui leur permet un état de vie ralenti à un stade déterminé de leur développement (THIERY et *al.*, 1995; GIUDICELLI & THIERY, 1998) et les espèces migrantes sont des formes ailées qui proviennent de milieux aquatiques permanents et qui colonisent les milieux temporaires dès leur mise en eau. Ce sont principalement des insectes qui ne se présentent, dans l'eau, que sous forme larvaire : en particulier, les éphémères, les odonates, les coléoptères, les diptères Chironomidae et certains culicidés (moustiques). En revanche, les coléoptères utilisent également le milieu à l'état adulte (imagos).

Dans notre étude, la biodiversité et l'abondance repose nécessairement sur la durée de la mise en eau et la végétation qui entour la mare, et qui présente un tout indissociable afin que cet habitat particulier puisse jouer pleinement son rôle écologique en procurant des conditions d'ombrage suffisantes pour prévenir l'assèchement de la litière du sol, ainsi qu'il assure à la mare un apport constant en matières organique qui nourrit la chaîne alimentaire, aussi il contribue à maintenir une température d'eau adéquate et limite, par le même, l'assèchement prématuré de la mare par évaporation, aussi des études ont montré que la durée de l'hydropériode est le principal facteur déterminant la composition et la structure des communautés faunistiques temporaires (CLACHLAN, 1985; JEFFRIES, 1994; SCHNEIDER & FROST 1996; WELLBORN et *al.*, 1996; SCHNEIDER, 1999). Au sein de nos dix-sept mares, la composition, l'organisation, l'abondance et la prévalence

des communautés faunistiques variaient d'une période d'inondation à une autre. Il importe de remarquer que les phases d'inondation et de sécheresse dans chaque site étudié ne correspondent pas à la même période.

Les plans d'eau échantillonnés dans notre travail sont des mares temporaires, c'est-à-dire des milieux lenticques. Selon Coffman (1989), la richesse spécifique est plus basse dans les eaux stagnantes (à partir des lacs jusqu'aux mares et les petites flanques d'eau) que celle enregistrée dans les eaux lotiques. Cependant, lorsqu'un large étalage de types de lacs est pris en considération, le nombre total des espèces détectées peut être élevé (ZERGUINE, 2010).

La faune des zones humides temporaires est formée principalement par des invertébrés (COLLISON *et al.*, 1995; LOUNACI *et al.*, 2000; BEAUCHARD *et al.*, 2003; BOIX *et al.*, 2004, 2008, 2009; GASCON *et al.*, 2008, 2009; BAZZANTI *et al.*, 2009) comme les insectes coléoptères (BENNAS *et al.*, 2009); éphéméroptères (NAGELL & FAGERSTROM, *et al.*, 1978).

L'inventaire de la macrofaune a permis de recenser, globalement, 32 familles représentées par 7721 individus répartis entre 11 groupes taxonomiques, les organismes récoltés sont des Coléoptères (40%), des Diptères (13%), des Odonates (12.03%), des Hétéroptères (10.76%), des Éphéméroptères (8.1%), des Crustacés (5.6%), des Mollusques (4.44 %), des Mégaloptères (3%), des Hyménoptères (0.5%), des Oligochètes (0.2 %) et des Aranea (0.1%).

Presque tous les macroinvertébrés observés sont caractéristiques des habitats aquatiques, tels que les coléoptères; BENNAS *et al.*, 2009; TOUAYLIA *et al.*, 2010), les éphéméroptères (KORBA *et al.*, 2009). Parmi ces taxons certains, ont été retrouvés presque dans tous les sites car ils seraient adaptés aux alternances des phases hydriques (TERZIAN, 1979; GIUDICELLI & THIERY, 1998) tels que les diptères et les coléoptères.

La composition faunistique de la macrofaune benthique des mares temporaires étudiées correspond en général à celle des eaux douces africaines (DURAND et LEVEQUE, 1980, 1981), et en particulier ceux des habitats temporaires étudiés en Algérie (ZERGUINE, 2010, SAMRAOUI *et al.*, DALIA *et al.*, 2014). au Maroc (THIERY, 1981, 1986, 1987, 1991; RAMDANI, 1986; MARQUE & METGE, 1991; SALVADOR, 1996; LOUNACI *et al.*, 2000; LMOHDI *et al.*, 2008, BOUTIN, 1982; METGE, 1986; GIUDECELLI & THIERY, 1998, El JOUBARI *et al.*, 2015), en Italie (WILLIAMS, 1985; BAZZANTI *et al.*,

1996, 2009; BAGELLA et al., 2010 et CULIOLI, 2006), en Espagne (BOIX, 2001, 2004, 2006, 2008, 2009; GASCON et al., 2008, 2009; GOMEZ-RODRIGUEZ et al., 2009; RUHI et al., 2009), en Australie (LAKE et al., 1989), Amérique (KENK et al., 1949), et à la New Zeland (BARCELAY, 1966).

Une variabilité spatiale (inter sites) de la richesse taxonomique a été décelée. Elle est de 37 au niveau S1 et égale à 15 au niveau de S15. Ceci pourrait être dû au couvert végétale qui entoure la mare, à la superficie, la présence des micro-habitats, ou à la spécificité de certaines d'entre elles.

Dans la présente étude, les insectes constituent l'essentiel de la faune benthique avec 86 % de la faune totale récoltée comme cela avait déjà été relevé par Durand et Lévêque (1981) et dans d'autres travaux (DIOMANDE et al., 2009 ; DIOMANDE & GOURENE, 2005 ; GNOHOSSOU, 2006 ; SANOGO et KABRE, 2014). Parmi les insectes, les coléoptères et les Diptères sont les mieux représentés. Ceci rejoint les résultats d'autres travaux comme ceux de Bazzanti (BAZZANTI et al. 1996).

L'analyse de la distribution des Coléoptères des plans d'eau étudiés se traduit, dans sa globalité, par la présence d'un peuplement à caractère limnophile ainsi que certains à caractères rhéophile uniquement à la saison froide ou la vitesse du vent est remarquable. La richesse la plus élevée est observée dans les stations (S1, S4, et S12 : respectivement 16, 14 et 13 taxons). Ceci peut s'expliquer par le fait que les biotopes de ces stations offrent une plus grande variété de microhabitats, hétérogénéité du substrat (granulométrie moyenne à fine constitué de sables et de limon) et de la végétation. Les coléoptères constituent un groupe très diversifié et écologiquement hétérogène pouvant s'adapter à tout type de biotope et d'habitat (FORGE, 1981). Les facteurs qui influent favorablement sur la répartition des éléments de ce groupe sont entre autres la végétation immergée, le substrat à granulométrie fine, la température de l'eau et les potentialités trophiques (LOUNACI, 1987 ; MEBARKI, 2001).

Après les Coléoptères, les Diptères constituent le deuxième groupe le plus diversifié dans ce travail. Les familles rencontrées dans ce groupe sont d'importance inégale. Les Simuliidae, avec 394 individus, soit 35.81 % des Diptères et 5 % de la faune totale, sont de loin les plus abondants. Les Simuliidae sont les plus répons dans les plans d'eau étudiés.

Les Diptères Chironomidés, occupent la seconde place dans l'ordre des Diptères, ils constituent 20.81% (229 individus) de ce peuplement et 2.96 % de la faune totale, les

Ptychopteridae 20.27% (223 individus), les Fanniidae 12.36% (136 individus) et les Culicidae 10.45% (115 individus), taxons très occurrence, assez abondants et à large répartition longitudinale, les éléments de ce groupe d'insecte ont une grande capacité de coloniser divers biotopes pollués ou non pollués.

Dans les mares étudiées, leur importance est en rapport avec les températures de l'eau, la présence d'un faible courant dans certaines mares et la présence de matière organique, facteurs favorables à la prolifération des stades immatures.

Dans ce travail, l'abondance des odonates est faible : 470 individus seulement (soit 6.08% de la faune totale ont été récoltés). Ils appartiennent à quatre familles: les Zygoptera (*Sympetma*) avec 170 individus, les Libellulidae (*Libellula*) avec 65 individus, les Platycentridae (*Platycnemis*) avec 39 individus et les Coenagrionidae (*Ischnura*) avec 142 individus

En effet, la densité et la diversité des Odonates sont sous l'action combinée du couvert végétal, du courant modéré et du substrat grossier, ou celle des macrophytes de bordure d'un courant lent et d'un substrat meuble (MOUBAYED, 1986). Ces dernières sont en général bordées de végétations et leur substrat est de type grossier. Leur diversité et abondance dans un milieu sont un indicateur de la richesse en faune aquatique de ce milieu. Les Odonates sont bien connus des milieux semi-lentiques ou lentiques. Certaines espèces se développent dans les eaux presque stagnantes ou les parcours à courant très lent, malgré ça on a noté une rareté dans les plans d'eau étudiés et ils sont échantillonnés seulement en 2014 et 2015.

Après les Odonates, les hétéroptères constituent un groupe peu diversifié. Bien qu'ils soient avant tout des insectes d'eau stagnante (YAPO et al, 2012), ils sont présents dans presque toutes nos stations. Poisson (1957) avait déjà signalé le pouvoir de colonisation des taxons de ce groupe, peuplant les habitats et biotopes variés : mares, marécages, ruisseaux et rivières, et rives des cours d'eau. Les odonates se développent surtout essentiellement au printemps. Cette dynamique pratiquée d'une période humide à une période sèche de notre faune aquatique temporaire, marquée principalement par des phases de colonisation en début de cycle hydrologique ou de fuite en fin de cycle, est un phénomène observé dans la plupart des écosystèmes temporaires de la région méditerranéenne (THIERY, 1987).

Les Ephéméroptères avec 361 individus répartis en 4 genres appartenant à 2 familles (Baetidae, Heptageniidae,) ont été récoltés toutes dans les stations étudiées. Ils représentent 9% de la faune totale, La famille la plus abondante est celle des Baetidae, elle compte 80% (288 individus) du total des captures tandis que la famille des Heptageniidae ne présente

que 20% des Ephéméroptères sur le plan d'abondance numérique (73 individus), il faut noter que (*Callicorixa Praeusta*) est une espèce omniprésente dans tous les sites échantillonnés.

Les coléoptères, les diptères, et les Ephéméroptères colonisent rapidement le milieu dès que la mise en eau est détectée.

Les communautés d'invertébrés récoltés pendant notre étude, étaient aussi composées de Mollusque (2 familles, 2 genres) des Crustacés (2 familles, 3 genres) qu'ils étaient parmi les groupes les plus rares collectés. Ce phénomène s'expliquerait par les exigences écologiques de ce groupe. Nos plans d'eau connaissent dans leur ensemble des épisodes d'assèchement pendant une longue période de l'année (Mars à Novembre), ce qui limiterait le développement de ces organismes dans ces milieux. Des Oligochètes, des Hyménoptères, des Mégaloptères et des Aranea qui sont les moins observés de toute évidence, ces groupes étaient très peu diversifiés (1 famille, 1 genres pour chacun) où une présence anecdotique a été noté du fait de leurs possibilités de déplacement important et leur capacité de découvrir rapidement les plans d'eau.

Ces mares temporaires, du fait de leur profondeur (7cm min et 63 cm max) et de leur couverture végétale faibles, présentent, à certaines périodes, des conditions de température parfois incompatibles avec la vie aquatique. La température agit directement sur la physiologie des organismes invertébrés mais aussi indirectement par ses effets sur la solubilité de l'oxygène. Durant les périodes chaudes, où l'eau des mares peut parfois dépasser 30°C le jour, les crustacés, se trouvent proches du seuil létal, correspondant au seuil thermique de précipitation des protéines. Des disparitions brutales de populations se produisent en quelques heures lorsque l'eau passe le seuil de 32-33°C. Si la vitesse de développement est accélérée et la fécondité accrue, la contrepartie réside dans la moindre taille des individus à maturité et dans une longévité diminuée (THIERY, 1987).

Les milieux temporaires de zones semi-arides présentent une particularité originale liée à la turbidité des eaux Observée dans des mares temporaires (160.35 NTU), l'existence d'une micro-stratification avec diminution de la température de 8 à 10°C à - 20 cm de profondeur (\pm 2 cm), restait inexplicée. Thiéry (THIERY, 1987) explique cette stratification dans les dayas du Maroc occidental, en résumé, les matières organiques particulières adsorbées sur les argiles en suspension piègent les radiations solaires et, en fonction du pH, se maintiennent en suspension du fait d'une augmentation de la viscosité de la couche superficielle de l'eau (épilimnion). La couche d'eau de 20 cm d'épaisseur qui a capté la température le jour

demeure en surface la nuit, sans se mélanger avec la couche profonde. Cette dernière reste alors à la température de la nuit, soit de 8 à 10°C inférieure à celle de surface. Cette zone profonde (hypolimnion) offre un refuge thermique aux crustacés qui s'y regroupent le jour. Lorsque l'assèchement devient de plus en plus prononcé, cette microthermocline disparaît et la colonne d'eau devient thermiquement homogène. Face à la forte augmentation de la température, les crustacés vont produire des protéines thermo-protectrices, les "Heat Shock Proteins" (HSPs), qui leur permettent de survivre quelques heures à plus de 36°. Cela correspond à une réponse métabolique au stress thermique comme le montrent les études de Miller & Mc Lennan (MILLER & MCLENNAN 1987) sur *Artemia* et de Jean et al. (JEAN et al., 2003). L'augmentation de la température de l'eau joue également un rôle sur l'activité des insectes, en déclenchant des vagues d'envol et de migration chez les Corixidae. A l'inverse, les eaux chaudes de 20 à 25°C seront recherchées par des insectes en limite d'aire biogéographique, cas des espèces d'Odonate Anisoptère (DUMONT, 1976 ; DUMONT 1978), l'Ephéméroptère *Callicorixa Praeusta* et le Coléoptère de la famille des Hydrophilidae, considéré à tort comme endémique en mares échantillonnées.

Les exigences physiologiques de la faune invertébrée aquatique (excrétion et respiration) déterminent en partie leur présence potentielle dans une mare. La régulation osmotique dépend de la minéralité des eaux (salinité, dureté, etc.) qui varie entre sites mais aussi au cours d'un cycle annuel. La plupart des invertébrés d'eau douce ne survivent pas à des conductivités supérieures à 1,5 - 2 mS.cm⁻¹ et atteignent dans les sites prospectés (1055 mS.cm⁻¹ S6 et 966 mS.cm⁻¹ S3). Les processus osmotiques influent aussi sur l'éclosion des œufs de résistance des crustacés Branchiopodes et Copépodes. Aussi toute pollution (nitrates (27.94 mg/l), phosphates (0.162mg/l), chlorures (109.55mg/l), etc.) met en péril la pérennité des espèces. La température et la teneur en oxygène dissous (qui atteint dans certaines mares une valeur max de 6.5 mg/l) sont des facteurs limitants pour la survie. Lors d'importants développements de populations algales, en saison chaude (printemps et été), des déficits en oxygène dissous de nuit peuvent devenir létaux pour les crustacés (THIERY, 1987).

Dans les milieux temporaires, la teneur en oxygène dissous de l'eau est l'un des principaux facteurs limitants pour la survie de la faune invertébrée. Si la plupart des animaux ne sont pas affectés par des sursaturations supérieures à 150 %, les sous-saturations inférieures à 20 %, même limitées dans le temps, représentent des seuils létaux. Dans les mares temporaires, les teneurs en oxygène varient dans le temps et en fonction de la présence de végétaux submergés (THIERY, 1987).

Quand le milieu s'appauvrit en oxygène, les invertébrés aquatiques répondent de diverses façons :

- en rentrant dans des phases de vie ralentie afin de limiter leur besoin en oxygène,
- en modifiant leurs activités et comportements biologiques (locomotion, etc.),
- en synthétisant des pigments respiratoires capables de mieux fixer l'oxygène. C'est le cas de certains crustacés, insectes et mollusques. Ainsi, les crustacés Branchiopodes sont capables de synthétiser de l'hémoglobine extra-cellulaire (FOX, 1955).

Les mollusques Gastéropodes pulmonés comme Planorbis ainsi que les larves de Diptères Chironomidae Chironomus, ont également cette capacité (WOOD, 1980). Outre la production d'hémoglobines, les crustacés peuvent modifier leur activité biologique en augmentant la vitesse de battements de leurs appendices natatoires (ventilation forcée par accroissement du volume d'eau baignant les branchies). Ils modifient leur comportement par la réduction de leur consommation d'oxygène dissous (ERIKSEN & BOWN, 1980) et par des migrations verticales chez les Anostracés (MOOR & BURNE 1968).

Conclusion

Notre étude réalisée dans la région sud d'Oum El Bouaghi dans l'Est algérien, concerne la connaissance des communautés des invertébrés dans 17 mares temporaires pendant quatre années consécutives 2013-2016. Deux aspects ont été étudiés, la qualité physico-chimique des eaux et l'inventaire des invertébrés.

Les résultats des analyses physico-chimiques réalisées sur les 17 stations ont révélé que la température des eaux varie entre 12.6°C et 20.3°C, avec une moyenne de 17.36 ± 2.13 °C, que le pH des eaux varie entre 6,45 et 8,48 unités pH, avec une moyenne de $7.34 \pm 0,54$. L'oxygène dissous a montré une moyenne de 5.81 ± 0.66 mg/l quand à la conductivité électrique des eaux de la région est importante et varie entre 966 et 1055 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, avec une valeur moyenne de 1012.1 ± 20.17 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}$. Pour les éléments de pollution seuls les nitrates peuvent présenter une contamination sérieuse.

Au niveau des 17 plans d'eau étudiés, notre inventaire faunistique a permis de recenser au cours des 4 années de prélèvements un total de 7721 individus répartis en 11 groupes taxonomiques, en 32 familles et en 45 genres.

Sur les 45 taxa d'invertébrés benthiques, 39 taxa (soit 86 %) sont des insectes et 6 taxa (soit 14 %) appartiennent aux autres classes ou embranchements: Oligochètes, Mollusques, Crustacés.

Les groupes les mieux représentés sont les Coléoptères et les Diptères. Ils comptent pour chacun 10 et 5 familles respectivement. Viennent ensuite les Odonates (04 familles), les Hétéroptères (03 familles), les Ephéméroptères, les Crustacés, les Mollusques (02 familles), les Oligochètes, les Mégaloptères, les Hyménoptères et Aranea avec seulement une famille.

L'effectif du peuplement benthique montre que les Coléoptères et les Diptères sont nettement dominants. Ils représentent respectivement 40% avec un effectif de 3088 individus, et 13 % soit 1003 individus de la faune totale. Ces deux groupes sont abondants dans toutes les stations et totalisent près de 60 % de la faune récoltée et occupent ainsi la 1^{ère} et 2^{ème} place.

Les Odonates, les Hétéroptères, les Ephéméroptères, les Crustacés, les Mollusques et les Mégaloptères occupent respectivement la 3^{ème}, 4^{ème}, 5^{ème}, 6^{ème}, 7^{ème}, et 8^{ème} place par ordre d'abondance numérique. Ils comptent respectivement 12.03 % (1083 individus),

10.76 % (830 individus), 8.1 % (625 individus), 5.6 % (432 individus), 4.44% (339individus) et 3 % (231individus).

Les Hyménoptères, les Oligochètes, et les Aranea, sont faiblement représentés. Ils constituent respectivement 0.5% (39 individus), 0.2 % (15 individus), 0.1 % (7 individus) de la faune totale.

La comparaison de nos résultats avec ceux obtenus dans d'autres régions méditerranéennes fait ressortir la dominance des coléoptères dans toutes ces régions. Enfin, la somme des résultats obtenus donne un premier aperçu sur la faune invertébrée des mares temporaires étudiées. Les disparités concernent les différences dans la durée et la période d'étude sur le terrain, les espèces utilisent des stratégies d'adaptation à la sécheresse telle que la recolonisation.

Les différents indicateurs utilisés, à savoir la richesse spécifique, l'indice de diversité, l'équitabilité et l'indice de Margalef, ont permis l'étude descriptive de la structure du peuplement.

Les mares temporaires sont une caractéristique importante du paysage nord africain ; ces milieux éphémères hébergent une faune originale avec probablement beaucoup d'espèces endémiques adaptées aux dynamiques des écosystèmes locaux comme d'autres habitats distincts.

En perspectives, il serait intéressant à l'avenir d'élargir encore notre recherche car la liste des espèces que nous avons présentée n'est pas exhaustive. En effet, nous espérons dans les années à venir augmenter également la pression d'observation sur le terrain en explorant plus de sites, à différentes saisons et avec combinaison de plusieurs techniques d'échantillonnage de la faune.

Références bibliographiques

(ABH), 1999-2004. Les Cahiers de l'Agence N°12. Le Bassin du Kébir-Rhumel. Agence de Bassin Hydrographique Constantinois-Seybouse-Mellegue,

Abbou, F., & Fahde, A. (2017). Structure et diversité taxonomique des peuplements de macroinvertébrés benthiques du réseau hydrographique du bassin du Sebou (Maroc). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11(4), 1785-1806.

ABDESSELAM M., 1995. Structure et fonctionnement d'un karst de montagne sous climat méditerranéen : exemple du Djurdjura occidentale (Grande Kabylie Algérie).

AFNOR, 1992 ., « Détermination de l'indice biologique global normalisé (IBGN) », Essai des eaux, NF T90-350, déc, 1992.

AGUESSE P., DAKKI M., 1982. Les Hétéroptères aquatiques du Maroc. Inventaire commenté. *Bull. Inst. Scient., Rabat*, 6 : 125-138

AGUESSE, P. (1968). Odonates de l'Europe occidentale, du nord de l'Afrique et des îles Atlantiques.

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

ALOUIER (C). 1974. Le peuplement de la frange capillaire des mares temporaires en moyenne Camargue. Thèse 3' Cycle, Aix-Marseille : 143 p.

ANGELIER E., 2000. Ecologie des eaux courantes, édition Technique et document. 199p.

ANGUS (R. B.). 1970. — *Helophorus orientalis* (Col. Hydrophilidae). A partheno-genetic water beetle from Siberia and North America and a British Pleisto-cene fossil. *Can. Entomol.*, 102 (2) : 129-143.

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

ANGUS R.B., 1976 . A reevaluation of the taxonomy and distribution of some european species oh *Hydrochus* Leach (Col. Hydrophilidae). *Entomologist's Mon. Mag.*, : 112: 177–202

ANGUS, R. B. (1973). Pleistocene *Helophorus* (coleoptera, hydrophilidae) from Borislav and Starunia in the Western Ukraine, with a reinterpretation of M. Łomnicki' s species,description of a new Siberian species, and comparison with British weichselian faunas. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences*, 265(869), 299-326.

Références bibliographiques

Anonyme, 2002. La Convention sur les zones humides. Résolution VIII.33 - La désignation de mares temporaires. http://www.ramsar.org/key_res_viii_33f.ht.)

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

ARAB A., 2004. Recherches faunistiques et écologique sur les réseaux hydrographiques du Chélif et du bassin versant du Mazafran. Thèse Doctorat, U.S.T.H.B. 145p.

ARAB A., LEK S., LOUNACI A. et PARK Y.S., 2004. Spatial and Temporal patterns of benthic invertebrate communities in an intermittent river (North Africa). *Ann. Limnol. – Int. J. Limn.*, 40 (4): 317-327

AYEBE, E. K., YAPI, H. F., EDJEME, A. A., MEITE, S., M'BOH, M. G., YAPO, A. F., ... & NGUESSAN, J. D. (2012). In vivo, in vitro antioxidant activity assessment & acute toxicity of aqueous extract of *Cola nitida* (Sterculiaceae). *Asian Journal of Biochemical and Pharmaceutical Research*, 2(4), 144-155.

BAGELLA, S., GASCON, S., CARIA, M. C., SALA, J., MARIANI, M. A., & BOIX, D. (2010). Identifying key environmental factors related to plant and crustacean assemblages in Mediterranean temporary ponds. *Biodiversity and Conservation*, 19(6), 1749-1768.

BAGNOULS F & GAUSSEN H., 1953. Saison sèche et indice xérothermique. Document pour les cartes de production végétale. Série généralité cartographie de l'unité écologique. Edit. Edward. Privat, Toulouse : 47p.

BAGNOULS, F., & GAUSSEN, H. (1957, MAY). Les climats biologiques et leur classification. In *Annales de géographie* (Vol. 66, No. 355, pp. 193-220). Armand Colin.

BAILLEY R.G., 1966. Observation on the nature and importance of organic drift in a Devon River. *Hydrobiologia* 27: 353-367;

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

BARBAULT R., 1981. Ecologie des populations et des peuplements. Des théories aux faits. Masson ed., Paris : 208 p

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

BARBOUR, M. T., & GERRITSEN, J. (1996). Subsampling of benthic samples: a defense of the fixed-count method. *Journal of the North American Benthological Society*, 15(3), 386-391.

Références bibliographiques

BARCLAY, M. H. 1966. An ecological study of a temporary pond near Auckland, New Zealand. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 17:239–258.

BAZZANTI, M., DELLA BELLA, V., & GREZZI, F. (2009). Functional characteristics of macroinvertebrate communities in Mediterranean ponds (Central Italy): influence of water permanence and mesohabitat type. In *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology* (Vol. 45, No. 1, pp. 29-39). EDP Sciences.

BAZZANTI, M., S. BALDONI, AND M. SEMINARA. 1996. Invertebrate macrofauna of a temporary pond in Central Italy: composition, community parameters and temporal succession. *Archiv für Hydrobiologie* 137:77–94.

BEAUCHARD, O., GAGNEUR, J., & BROSSE, S. (2003). Macroinvertebrate richness patterns in North African streams. *Journal of Biogeography*, 30(12), 1821-1833.

BEDEL L., 1895. Catalogue raisonné des Coléoptères du Nord de l'Afrique (Maroc, Algérie, Tunisie et Tripolitanie) avec notes sur la faune des îles Canaries et de Madère. Première partie. Soc. Ent. Fr. (ed.) Paris : 402.

BENAZZOUC MT., (1986)- Recherches géomorphologiques dans les hautes plaines de l'Est Algérien. La Sebkhate Taref (Algérie). Thèse de doctorat 3^{ème} cycle en géomorphologie. Univ. Paris I Sorbonne

BERTHÉLEMY C & OLMI M., 1978. Psephenidae, Dryopidae et Elmidae in "Limnofaune Europea ". J. Illies (Ed.), G. Fischer, Stuttgart : 315-318.

BERTHELÉMY C., 1979. Elmidae de la région paléarctique occidentale: systématique et repartition (Coleoptera, Dryopidea). *Annls Limnol.*, 15 (1) : 103 p.

BERTRAND H., 1972. Larves et nymphes des coléoptères aquatiques du globe.

BERTRAND, H. (1954). Les insectes aquatiques d'Europe: genres: larves, nymphes, imagos (Vol. 1, p. 556). P. Lechevalier.

BEUTEL R.G. 1986b: Skelet und Muskulatur des Kopfes der Larve von *Haliplus lineatocollis* Mrsh. (Coleoptera). *Stutt. Beitr. Naturk(A)* 390: 1–15.

BEUTEL, R. (1986). Skelet und Muskulatur des Kopfes und Thorax von *Hygrobia tarda* (Herbst): ein Beitrag zur Klärung der phylogenetischen Beziehungen der Hydradephaga (Insecta: Coleoptera). Staatliches Museum für Naturkunde.

BEYENE, A., ADDIS, T., KIFLE, D., LEGESSE, W., KLOOS, H., & TRIEST, L. (2009). Comparative study of diatoms and macroinvertebrates as indicators of severe water pollution: case study of the Kebena and Akaki rivers in Addis Ababa, Ethiopia. *Ecological Indicators*, 9(2), 381-392

Références bibliographiques

BIEMI J. (1992) : Contribution à l'étude géologique, hydrogéologique et par télédétection des bassins versants Subsahéliens du socle précambrien d'Afrique de l'Ouest : Hydrostructurale, hydrochimie et isotopie des aquifères discontinus des sillons et aires granitiques de la Haute Marahoué (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat d'Etat es Sciences Naturelle, Université Nationale de Côte d'Ivoire, p. 480.

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

BOIX, D., SALA, J., QUINTANA, X. D., & MORENO-AMICH, R. (2004). Succession of the animal community in a Mediterranean temporary pond. *Journal of the North American Benthological Society*, 23(1), 29-49.

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

BONADA, N., MURRIA, C., ZAMORA-MUÑOZ, C., EL ALAMI, M., POQUET, J. M., PUNTI, T., ... & PRAT, N. (2009). Using community and population approaches to understand how contemporary and historical factors have shaped species distribution in river ecosystems. *Global Ecology and Biogeography*, 18(2), 202-213.

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

BOUMAIZA M., 1994. Recherches sur les eaux courantes de Tunisie : faunistique, écologie et biogéographie. Thèse Docteur ès-sciences, Univ. Tunis II : 429 p.

BOURNAUD M. & KECK G., 1980. Diversité spécifique et structure des peuplements macroinvertébrés benthiques au long d'un cours d'eau : le Furans (Ain). *Acta Oecologica*, Oecol. Gener, vol. 1, n°2, 131-150.

BOURNAUD, M., & KECK, G. (1980). Diversité spécifique et structure des peuplements de macroinvertébrés benthiques au long d'un cours d'eau: le Furans (Ain). *Acta Oecol*, 1, 131-150.

BOURNAUD M. & THIBAUT M., 1973. La dérive des organismes dans les eaux courantes. Etude bibliographique. *Annls. Hydrobiol.* 4 : 11-49 .

BOURNAUD, M. (1963). Le courant, facteur écologique et éthologique de la vie aquatique. *Hydrobiologia*, 21(1-2), 125-165.

BOUTIN, C., L. LESNE, AND A. THIE'RY. 1982. Ecologie et typologie de quelques mares temporaires a` isoe `tes d'une re `gion aride du Maroc occidental. *Ecologia Me´diterranea* 8:31–56.

Références bibliographiques

BOUTIN, C., LESNE L. & THIERY A., 1982. Ecologie et typologie de quelques mares temporaires à Isoetes d'une région aride du Maroc occidental. *Ecologia Mediterranea*, 8: 31-56.

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

BOUZIDI, A. (1989). *Recherches hydrobiologiques sur les cours d'eau des massifs du Haut-Atlas (Maroc): bio-écologie des macroinvertébrés et distribution spatiale des peuplements* (Doctoral dissertation, Aix-Marseille 3).

BREMOND R & PERRODON C. (1979) : Paramètres de la qualité des eaux. Min. Environ. Dir. de la prévention des pollutions, Services de l'Eau. Paris, 260 pp..

CARREL, G., BARTHELEMY, D., AUDA, Y., & CHESSEL, D. (1986). Approche graphique de l'analyse en composantes principales normée: utilisation en hydrobiologie. *Acta Oecologica, Oecologia Generalis*, 7(2), 189-203.

CAYROU J., COMPIN A ., GIANI N. & CEREGHINO R (2005). Associations spécifiques chez les macroinvertébrés benthiques et leur utilisation pour la typologie des cours d'eau. Cas du réseau hydrographique Adour-Garonne (France). *Annls Limnol.* 36(3) 2000 : 189-202.

CHAMPEAU, A. (1970). *Recherches sur l'écologie et l'adaptation à la vie latente des copépodes des eaux temporaires provençales et corses* (Doctoral dissertation).

CHAMPIART D. & LAPRENT T.P., 1994. Biologie des eaux. Méthodes et techniques. Edition Masson : 77- 87.

CHAPMAN D. et KIMSTACH V., (1996): Selection of water quality variables. Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring, *Chapman edition, 2nd ed. E & FN Spon, London: 59-126.*

CHAVANON G., 1979. La dérive des invertébrés dans les courantes : Méthode de récolte relation avec le benthos et effet de quelques perturbations polluantes. Thèse 3^{ème} cycle, Univ. Cl. Bernard. Lyon. 1 : 182p.

CHODOROWSKI, A. (1969). The desiccation of ephemeral pools and the rate of development of *Aedes communis* larvae. *Pol. Arch. Hydrobiol*, 16(29), 1.

CLERCK, J. D. (1957). A textbook of brewing. *Chapman & Hall Ltd, 1*, 361-426.

COFFMAN, R. L., LEBMAN, D. A., & SHRADER, B. A. R. B. A. R. A. (1989). Transforming growth factor beta specifically enhances IgA production by lipopolysaccharide-stimulated murine B lymphocytes. *Journal of Experimental Medicine*, 170(3), 1039-1044.

COLLISON, A. J. C., ANDERSON, M. G., & LLOYD, D. M. (1995). Impact of vegetation on slope stability in a humid tropical environment: a modelling approach.

Références bibliographiques

In International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics Abstracts (Vol. 8, No. 32, p. 359A).

CONSIGLIO C. 1963. Plecotteri delle isole del Mediterraneo. *Mon. Zool. Ital.*, 70-71 : 147-158.

CORBET, P. S. (2004). Dragonflies: behaviour and ecology of odonata (revised edition). *Colchester, UK: Harley Books.*

Culioli, J. C. (2006). Modeles et problemes de revenue management pour une compagnie aérienne. *Toulouse. 5e rencontre Math-Industrie: Aéronautique et Espace.*

DAJOZ R., 1985. Précis d'écologie. Ecologie fondamentale et appliquée. 5^{ème} édition. Gauthier Villard. Paris : 505p.

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

DAJOZ, R. (1985). Répartition géographique et abondance des espèces du genre *Triplax* Herbst (Coléoptères, Erotylidae). *L'Entomologiste*, 41(3), 133-145.

DAJOZ R., 2006. Précis d'écologie. Cours et questions de réflexions 8^{ème} édition Dunod.

DAKKI M. & El AGBANI M.A. 1983. Ephéméroptères d'Afrique du Nord : 3. Eléments pour la connaissance de la faune marocaine. *Bull. Inst. Sc. Rabat*, 7 : 115-126.

DAKKI M. 1987. Ecosystèmes d'eau courante du haut Sebou (Moyen Atlas) : études typologiques et analyses écologiques et biogéographiques des principaux peuplements entomologiques. *Trav. Inst. Sci., Rabat, Série Zool.* 42: 99 p.

DAKKI, M. (1979). *Recherches hydrobiologiques sur un cours d'eau du Moyen Atlas (Maroc)* (Doctoral dissertation).

DAKKI, M. (1992). Étude nationale sur la biodiversité: faune aquatique continentale (invertébrés et poissons). *Projet PNUE/GEF/6105-92, 121pp.*

DALIA, L., ZIHAD, B., & ADNANE, B. (2014). Caractérisation des Macro Invertébrés et les Amphibiens dans Différents Plans D'eau de L'extrême Nord-est Algérien. *European Journal of Scientific Research* ISSN 1450-216X / 1450-202X Vol. 123 No 1 June, 2014, pp.38-53

DE BELAIR, G. (1990). *Structure, fonctionnement et perspectives de gestion de quatre écosystèmes lacustres et marécageux: El Kala, Est algérien* (Doctoral dissertation).

DE SOUSA, G., & CONTE, H. (2013). Midgut morphophysiology in *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae). *Micron*, 51, 1-8.

DECAMPS H., 1967. Ecologie des Trichoptères de la vallée d'Aure (Hautes Pyrénées). *Annls Limnol.* 3 (3) : 399-577.

Références bibliographiques

- DECAMPS H., 1971.** La vie dans les cours d'eau. Presses universitaires de France, Paris : 128p.
- DECAMPS P., 1968.** Vicariance écologique chez les Trichoptères des Pyrénées. *Annls Limnol.*, 4 : 1-50.
- DECOURTYE, A., DEVILLERS, J., GENECQUE, E., LE MENACH, K., BUDZINSKI, H., CLUZEAU, S., & PHAM-DELEGUE, M. H. (2005).** Comparative sublethal toxicity of nine pesticides on olfactory learning performances of the honeybee *Apis mellifera*. *Archives of environmental contamination and toxicology*, 48(2), 242-250.
- DELAMARE DEBOUTEVILLE C. (1960) :** Biologie des eaux souterraines littorales et continentales. Hermann, Paris, 740 pp.
- DERRIDJ A. 1990.** Etude des populations de *cedrus atlantica* M. en Algérie. Thèse Docteurs- sciences, Université Paul Sabatier, Toulouse : 288p.
- DERWICH E., BENAABIDATE L., ZIAN A., SADKI O. ET BELGHITY D. (2010).** Caractérisation Physico-chimique des eaux de la nappe alluviale du Haut Sebou en aval de sa confluence avec Oued Fes. *Larhyss Journal* 8: 101-112
- DETHIER M., 1981.** Flore et faune aquatiques de l'Afrique Sahelo-Soudanienne II. Hétéroptères- Off. Rech. Sci. Tech. Outre Mer (ed.), 45 : 661-68
- DIOMANDE, D., & GOURENE, G. (2005).** Premières données sur la macrofaune benthique de l'hydrosystème fluvio-lacustre de la Bia (Côte d'Ivoire). *Sciences et Nature*, 2(2), 107-218.
- DIOMANDE, D., & GOURENE, G. (2005).** Premières données sur la macrofaune benthique de l'hydrosystème fluvio-lacustre de la Bia (Côte d'Ivoire). *Sciences et Nature*, 2(2), 107-218.
- DIOMANDE, D., BONY, K. Y., EDIA, O. E., KONAN, K. F., & GOURENE, G. (2009).** Diversité des Macroinvertébrés benthiques de la rivière Agnéby (Côte d'Ivoire; Afrique de l'ouest). *European Journal of Scientific Research*, 35(3), 368-377.
- DUMONT, H. J., 1976.** Odonata from south Morocco, Rio de Oro and Mauretania with biogeographical notes. *Odonatologica* 5(2): 107-117.
- DUMONT, H. J., 1978.** Les Odonates du Parc National du Niocolo-Koba et du Lac de Guiers (Sénégal) pendant la saison sèche. *Bull. I.F.A.N. sér. A*(4): 847-951.
- DURAND, J. R., & LEVEQUE, C. (1980).** *Flore et Faune aquatiques de l'Afrique sahélosoudanienne, 1.*
- ECHAUBARD M., & NEVEU A., 1975.** Perturbations qualitatives et quantitatives de la

Références bibliographiques

Eisenbeis, G., & Wichard, W. (2012). *Atlas on the biology of soil arthropods*. Springer Science & Business Media.

EL AGBANI, M. A. (1984). *Le réseau hydrographique du bassin versant de l'oued Bou Regreg (plateau central marocain): essai de biotypologie* (Doctoral dissertation).

EL BLIDI, S., & FEKHAOUI, M. (2003). Hydrologie et dynamique marégraphique de l'estuaire du Sebou (Gharb, Maroc). *Bull. Inst. Sci*, 25, 57-65.

EL HAISSOUFI, M., LMOHDI, O., BENNAS, N., MELLADO, A., & MILLAN, A. (2008). Les Odonates du bassin versant Laou (Rif occidental, Maroc). *Trav. Instit. Scient. Rabat*, 47-59.

El Joubari, M., Faraj, C., Louah, A., & Himmi, O. (2015). Sensibilité des moustiques *Anopheles labranchiae*, *Culex pipiens*, *Ochlerotatus detritus* et *Ochlerotatus caspius* de la région de Smir (Nord-Ouest du Maroc) aux organophosphorés utilisés en santé publique. *Environnement, Risques & Santé*, 14(1), 72-79.

ELLIOTT, J. M., & HUMPECH, U. H. (1983). *A key to the adults of the British Ephemeroptera with note on their ecology* (No. 47). Freshwater Biological Association. Ent., 41 (1) : 21-29.

EMBERGER L., 1955. Une classification biogéographique des climats. *Rev. Trv. Lab. Bot.*

ERIKSEN, C. H. & R. J. BROWN, 1980. Comparative respiratory, physiology and ecology of phyllopod Crustacea. II. Anostraca. *Crustaceana* 39(1): 11-21.

EZZAOUAQ M. (1991). Caractérisation hydrodynamique, physico-chimique et bactériologique des eaux superficielles de l'estuaire du Bouregreg (Maroc) soumis aux rejets des villes de Rabat-Salé. Thèse D.E.S. Fac. Sci. Rabat, 140 p.

FEKHAOUI M., PATTEE E. (1993). Impact de la ville de Fès sur l'oued Sebou : étude physico-chimique. *Bull. Ins.Sci.(Rabat)*, 17, 1-12.

FEKHAOUI, M. (1990). Recherche hydro biologiques sur le moyen Sebou soumis aux rejets de la ville de Fès: suivi d'une macropollution et évaluation de ces incidences sur les composantes physiques, chimiques et biologiques de l'écosystème (Doctoral dissertation, Thèse Doctorat d'Etat Fac. Sci. Rabat, Maroc).

FERNANDO, C. H. (1958). The colonization of small freshwater habitats by aquatic insects. 1. General discussion, methods and colonization in the aquatic Coleoptera. *Ceylon Journal of Science. Biological science. New Series.*, 1, 117-154.

FINK, J. (1980). Surface folding and viscosity of rhyolite flows. *Geology*, 8(5), 250-254.

Références bibliographiques

Forge, A. (1981). Electron microscopy of the stria vascularis and its response to etacrynic acid. A study using electron-dense tracers and extracellular surface markers. *Audiology: official organ of the International Society of Audiology*, 20(4), 273-289.

FOX, H. M., 1955. The effect of oxygen on the concentration of haem in invertebrates. *Proc. Roy. Soc. London, S. B.* 143: 203-214.

GALLEGO-FERNANDEZ, J. B., GARCIA-MORA, M. R., & GARCIA-NOVO, F. (1999). Small wetlands lost: a biological conservation hazard in Mediterranean landscapes. *Environmental Conservation*, 26(3), 190-199.

GASCON, J. A., MCEVOY, J. P., BRUDVIG, G. W., & BATISTA, V. S. (2008). Quantum mechanics/molecular mechanics study of the catalytic cycle of water splitting in photosystem II. *Journal of the American Chemical Society*, 130(11), 3428-3442.

GASCON, J., & KAPTEIJN, F. (2009). An amine-functionalized MIL-53 metal-organic framework with large separation power for CO₂ and CH₄. *Journal of the American Chemical Society*, 131(18), 6326-6327.

GAUTHIER, H. (1928). Recherches sur la faune des eaux continentales de l'Algérie et de la Tunisie. Minerva.

GAYOSO, A. M. (1998). Long-term phytoplankton studies in the Bahía Blanca estuary, Argentina. *ICES Journal of Marine Science*, 55(4), 655-660.

GIUDICELLI, J. & A. THIERY, 1998. La faune des mares temporaires, son originalité et son intérêt pour la biodiversité des eaux continentales méditerranéennes. *Ecologia Mediterranea*. 24(2):135-143.

GNOHOSSOU, P. (2006). *La faune benthique d'une lagune ouest africaine (le lac Nokoué au Bénin), diversité, abondance, variations Temporelles et spatiales, place dans la chaîne trophique* (Doctoral dissertation, Institut National Polytechnique de Toulouse).

GOMEZ-RODRIGUEZ, C., DIAZ-PANIAGUA, C., SERRANO, L., FLORENCIO, M. & PORTHEAULT, A., 2009. Mediterranean temporary ponds as amphibian breeding habitats: the importance of preserving pond networks. *Aquatic Ecology*, 43: 1179-1191.

GOMEZ-RODRIGUEZ, M. V. (2009). Protein targets of tyrosine nitration in sunflower (*Helianthus annuus* L.) hypocotyls. *Journal of experimental botany*, 60(15), 4221-4234.

GONZALEZ MA, COBO F (2006) Macroinvertebrados de las aguas dulces de Galicia. Hércules Ediciones, A Coruña

Références bibliographiques

- GRAND D, BOUDOT J-P (2006)** Les libellules de France, Belgique et Luxembourg. Biotope, Mèze
- GRAND, D., BOUDOT, J.P. (2006).** Les libellules de France Belgique et Luxembourg. Biotope. Coll. Parthénope. Mèze.
- GRILLAS, P., GAUTHIER, P., YAVERCOVSKI, N., & PERENNOU, C. (2004).** Les mares temporaires méditerranéennes. Volume 1: Enjeux de conservation, fonctionnement et gestion. *Station biologique de la Tour du Valat.*
- HCEFLCD (2007)** Etude d'aménagement du parc national d'Iriqui. Rapport de synthèse. HCEFLCD-DREF SO.
- HEBERT, S., LEGARE, S., & DU QUEBEC, G. (2000).** *Suivi de la qualité de l'eau des rivières et petits cours d'eau.* Direction du suivi de l'état de l'environnement, Ministère de l'environnement.
- HEBERT, S., LEGARE, S., & DU QUEBEC, G. (2000).** *Suivi de la qualité de l'eau des rivières et petits cours d'eau.* Direction du suivi de l'état de l'environnement, Ministère de l'environnement.
- HELD, I. M., WINTON, M., TAKAHASHI, K., DELWORTH, T., ZENG, F., & VALLIS, G. K. (2010).** Probing the fast and slow components of global warming by returning abruptly to preindustrial forcing. *Journal of Climate*, 23(9), 2418-2427.
- HOLDEN, N. E., MARTIN, R. L., & BARNES, I. L. (1983).** Isotopic compositions of the elements 1981. *Pure and Applied Chemistry*, 55(7), 1119-1136.
- HOUHAMDI, M., HAFID, H., SEDDIK, S., BOUZEGAG, A., NOUIDJEM, Y., BENSACI, T., ... & SAHEB, M. (2008).** Hivernage des Grues cendrées *Grus grus* dans le complexe des zones humides des hautes plaines de l'Est algérien. *Aves*, 45(2), 93-103. *Hydrobiologia* 21 (1/2) : 125-165.
- ILIOPOULOU-GEORGUDAKI, J., KANTZARIS, V., KATHARIOS, P., KASPIRIS, P., GEORGIADIS, T., & MONTESANTOU, B. (2003).** An application of different bioindicators for assessing water quality: a case study in the rivers Alfeios and Pineios (Peloponnisos, Greece). *Ecological indicators*, 2(4), 345-360.
- ILLIGER, K. (1807).** Vergleichung der Gattungen der Hautflügler *Piezata* Fabr. Hymenoptera Linn. Jur. Illustration de la valeur indicatrice des caractéristiques biologiques des macroinvertébrés d'une communauté benthique à différentes échelles d'observation. *Annus Limnol.* 35 (1) : 71-80. *Int.J. Odonatology*, 2 (2): 145-165.
- JÄCH, M. A., & BALKE, M. (2008).** Global diversity of water beetles (Coleoptera) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595(1), 419-442.

Références bibliographiques

- JEAN, S., L. DE JONG, X. MOREAU & A. THIERY, 2003.** HSPs expression in branchiopods (Crustacea): biomarker of stress adaptation and witness of evolution in 7th Evolutionary Biology meeting, 25-27 juin, Marseille.
- JEFFRIES, M. (1994).** Invertebrate communities and turnover in wetland ponds affected by drought. *Freshwater biology*, 32(3), 603-612.
- John, K., & Williams, J. (1985).** Dividends, dilution, and taxes: A signalling equilibrium. *the Journal of Finance*, 40(4), 1053-1070.
- KAMILIA, H., OUMNIA, H., & ANASS, L.(2015)** Etude des Macroinvertébrés (Gastéropodes, Diptères et Odonates) des marais de Smir-Restinga (Nord-Ouest du Maroc). *Entomologie faunistique-Faunistic Entomology*.
- KARROUCH, L., & CHAHLAOUI, A. (2007).** Bio-évaluation de la qualité des eaux de l'oued Boufekrane (Meknès, Maroc). *Biomatec Echo*, 3(6), 6-17.
- KENK, R. 1949.** The animal life of temporary and permanent ponds in southern Michigan. *Miscellaneous Publications Museum of Zoology, University of Michigan* 71:1–66.
- KHOLTEI, S., A. BOUZIDI, M. BONIN, M. FEKHAOU, R. ANANE, K. SBAI, E. CREPPY, (2003)** : Contamination des eaux souterraines de la plaine de Berrechid dans la région de la Chaouia au Maroc par les métaux lourds dans les eaux usées : effets de la pluviométrie. *Vecteur Environ*, 36: 68-80.
- LAFONT, R., BLAIS, C., BEYDON, P., MODDE, J. F., ENDERLE, U., & KOOLMAN, J. (1983).** Conversion of ecdysone and 20-hydroxyecdysone into 26-oic derivatives is a major pathway in larvae and pupae of species from three insect orders. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 1(1), 41-58.
- LAKE, P. S., I. A. E. BAYLY, AND D. W. MORTON. 1989.** The phenology of a temporary pond in western Victoria, Australia, with special reference to invertebrate succession. *Archiv für Hydrobiologie* 115:171–202.
- LARIBI, M., ACHERAR, M., MEDDOUR, R., & DERRIDJ, A. (2016).** Sur une nouvelle station algérienne de *Damasonium alisma* subsp. *polyspermum* (Coss.) Maire (alismataceae): syntaxinomie et implications conservatoires.
- LARRAZ, M. L., EQUISOAIN, J. J., AGORRETA, A., & OSCOZ, J. (2007).** *Physa acuta* Draparnaud, 1805 (Mollusca Gastropoda) en plantas depuradoras de agua. *Noticiario SEM*, 47, 47-49.
- LEGENDRE, L. (1982).** Water Column Stability and Photosynthetic Capacity of Estuarine Phytoplankton: Long-Term Relationships. *Marine ecology progress series. Oldendorf*, 7(3), 337-340.
- Lévêque C, Durand JR. 1981.** Flore et Faune aquatiques de l'Afrique SaheloSoudanienne (Tome II). IRD Editions

Références bibliographiques

LEYNAUD G. (1968). Les pollutions thermiques, influence de la température sur la vie aquatique. B.T.I. Ministère de l'agriculture, 224-881.

LORENZONI, C., & PARADIS, G. (2000). Phytosociologie de mares temporaires méditerranéennes: les Tre Padule et la Padule Maggiore (Suartone, commune de Bonifacio, Corse). In *Colloque Phytosociologique XXVII, Les Données de la Phytosociologie sigmatiste, Bailleul* (Vol. 1997, pp. 571-593).

LOUNACI A., 1987. *Recherches hydrobiologiques sur les peuplements d'invertébrés benthiques du bassin de l'oued Aïssi (Grande Kabylie)* (Doctoral dissertation, Dissertation, USTHB University, Algiers, 133. <https://doi.org/10.1051/limn/2000008>).

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

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

LOUNACI, A., BROSSE, S., THOMAS, A., & LEK, S. (2000, JUNE). Abundance, diversity and community structure of macroinvertebrates in an Algerian stream: the Sébaou wadi. In *Annales De Limnologie-International Journal of Limnology* (Vol. 36, No. 2, pp. 123-133). EDP Sciences.

LOUNACI-DAOUDI, D. (1996). *Travaux sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des insectes aquatiques du réseau hydrographique du Sébaou* (Doctoral dissertation, Dissertation, Mouloud Maammeri University, Algeria, 152).

LOUNNAS A,2009- Amélioration des Procédés de Clarification des eaux de la station Hamadi-Kroma de Skikda. Thèse de Magister, Université du 20 Août 1955 Skikda, P 15

MAAZI, MC. 2005. Eco-éthologie des anatidés hivernant au niveau de Garaet Timerguanine (Wilaya d'Oum el Bouaghi) thèse magistère, C. Univ.larbi ben m'hidi Oum El Bouaghi.

MALICKY, H., & LOUNACI, A. (1987). *Beitrag zur Taxonomie und Faunistik der Köcherfliegen von Tunesien, Algerien und Marokko (Trichoptera)*. Opuscula Zoolog. Fluminensia.

MARGALEF R., 1951. Diversidad de especies en las comunidades naturales. Publ. Inst.

MARQUE, C., & METGE, G. (1991). Influence des facteurs physiques et chimiques des eaux superficielles sur la production primaire des mares temporaires (dayas) de la Meseta occidentale marocaine; essai de typologie. *Ecologia mediterranea*, 17, 89-102.

MEBARKI M., 2001. Etude hydrobiologique de trois réseaux hydrographiques de Kabylie

Références bibliographiques

(Parc National du Djurdjura, oued Sébaou et oued Boghni) : faunistique, écologie et biogéographie des macroinvertébrés benthiques. Thèse de Magister

MEDAIL, F., MICHAUD, H., MOLINA, J., PARADIS, G., & LOISEL, R. (1998). Conservation de la flore et de la végétation des mares temporaires dulçaquicoles et oligotrophes de France méditerranéenne. *Ecologia mediterranea*, 24(2), 119-134.

METGE, G. 1986. Etude des écosystèmes hydromorphes (dayas et merjas) de la Méditerranée Occidentale Marocaine. Ph.D. Dissertation. Université de Droit, d'Economie et Sciences d'Aix-Marseille, Marseille, France.

MILLER, D. & A. G. MCLENNAN, 1987. Synthesis of heat shock proteins and thermotolerance in Artemia cysts and larvae in *Artemia Research and its Applications*, W. Declair, L. Moens, H. Siegers, E. Jaspers and P. Sorgeloos (eds.). Universa Press, Wetteren, Belgium, pp. 433-449.

MOISAN, J., & PELLETIER, L. (2008). Guide de surveillance biologique basée sur les macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec—Cours d'eau peu profonds à substrat grossier. *Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs.*

MONI H. ET SID N. (2012). Etude de la biodiversité faunistique de deux mares temporaires (Djerma et Barika) Willaya de BATNA, mémoire de fin d'étude, option :écologie et environnement Montpellier, 7, 3-43.

MOORE, W. G. & A. BURNE, 1968. Lethal oxygen thresholds for certain temporary pond invertebrates and their applicability to field situations. *Ecology* 49: 349-351.

MOUBAYED J., AIT-MOULOUD S. & LOUNACI A., 1992. Les Chironomides (Diptera) d'Algérie. I. Bassin de l'oued Aissi (Grande Kabylie). *NachrBl. Bayer. Ent.*, 41 (1) : 21-29.

MOUNI, L., MERABET, D., BOUZAZA, A., & BELKHIRI, L. (2011). Adsorption of Pb (II) from aqueous solutions using activated carbon developed from Apricot stone. *Desalination*, 276(1-3), 148-153.

MOUSSA, A. B., CHAHLAOUI, A., EL HABIB, R. O. U. R., & Chahboune, M. (2014). Diversité taxonomique et structure de la macrofaune benthique des eaux superficielles de l'oued khoumane. Moulay idriss Zerhoun, Maroc (Taxonomic diversity and structure of benthic macrofauna of surface water of Khoumane River. Moulay idriss Zerhoun, Morocco). *J. Mater. Environ. Sci.* 5 (1)(2014) 183-198.

MUSSET, R. (1935). Les calculs relatifs aux régimes pluviométriques. Fraction pluviométrique, écart pluviométrique relatif, coefficient pluviométrique relatif. *Geocarrefour*, 11(1), 75-85.

Références bibliographiques

NAGELL, B., & FAGERSTRÖM, T. (1978). Adaptations and resistance to anoxia in *Cloeon dipterum* (Ephemeroptera) and *Nemoura cinerea* (Plecoptera). *Oikos*, 95-99.

NAHAL, I. (1981). Mediterranean climate from a biological viewpoint. *Ecosystems of the World*.

NASSALI, H., BEN BOUIH H , SRHIRI A., DHAHBI M. (2005) : Influence des rejets des eaux usées sur la composition des eaux de surface et des sédiments superficiels du lac Merja Fourate au Maroc. *Afrique Science*, 01(1): 145–165. *Oecol. Gener*, vol. 1, n°2, 131-150.

NILSSON AN (1996) Aquatic insects of North Europe. A taxonomic handbook, vol 1. Apollo Books, Stenstrup
Oecologica 7 : 189 – 2003.

OZENDA, P. (1982). *végétaux dans la biosphère*. Doin Editeurs.

PEINADO-RAMON, P., SALVADOR, M., VILLEGAS-PEREZ, M. P., & VIDAL-SANZ, M. (1996). Effects of axotomy and intraocular administration of NT-4, NT-3, and brain-derived neurotrophic factor on the survival of adult rat retinal ganglion cells. A quantitative in vivo study. *Investigative ophthalmology & visual science*, 37(4), 489-500.

PETIT (G.) et SCHACHTER (D.). 1943. Assèchement des eaux temporaires et « faune de remplacement » en Camargue. *C. R. Fac. Marseille*, 1 (1) : 87-105.

POISSON R., 1938. Hémiptères aquatiques Sandaliorrhyncha Born. De la faune française. II. Micronectinae. Etude systématique et biologique ; principales espèces paléarctiques. *Ann. Soc. Ent. Fr.*, 107 : 81-120.

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

QUEZEL, P. (1998). La végétation des mares transitoires à Isoetes en région méditerranéenne, intérêt patrimonial et conservation. *Ecologia mediterranea*, 24(2), 111-117. repartition (Coleoptera, Dryopidea). *Annls Limnol.*, 15 (1) : 103 p.

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

RAMDANI, M., 1986. *Ecologie des crustacés (Copépodes, Cladocères et Ostracodes) des dayas marocaines*. Thèse de Doctorat, Université Marseille I, Marseille, France.

REJSEK F. (2002). *Analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques*. Série Sciences et technique de l'environnement. 360 p.
Ressources en Eau, 44p.

Références bibliographiques

RODIER J. 1984 : L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires et eau de mer. 7eme édition, Dunod, pp: 1365.

RODIER, J., LEGUBE B., MERLET N. 2009 : L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. Dunod, 9e éd., p: 1600.

RUHI, A., BOIX, D., SALA, J., GASCON, S., & QUINTANA, X. D. (2009). Spatial and temporal patterns of pioneer macrofauna in recently created ponds: taxonomic and functional approaches. In *Pond Conservation in Europe* (pp. 293-307). Springer, Dordrecht.

SAMRAOUI B. & MENAI R., 1999. A contribution to the study of Algerian Odonata. *Int.J. Odonatology*, **2** (2): 145-165.

SAMRAOUI, B., & DUMONT, H. J. (2002). The large branchiopods (Anostraca, Notostraca and Spinicaudata) of Numidia (Algeria). *Hydrobiologia*, **486**(1), 119-123.

SANCHEZ, A., ABBET, S., HEIZ, U., SCHNEIDER, W. D., HÄKKINEN, H., BARNETT, R. N., & LANDMAN, U. (1999). When gold is not noble: nanoscale gold catalysts. *The Journal of Physical Chemistry A*, **103**(48), 9573-9578.

SANOGO S, KABRE TJA, CECCHI P. 2014. Spatial-temporal dynamics of population structure for macro invertebrates families in a continuum dam - effluent - river in irrigated system. Volta Basin (Burkina Faso). *Int. J. Agric. Policy Res.*, **2**: 203- 214.

SCHNEIDER, D. W., & FROST, T. M. (1996). Habitat duration and community structure in temporary ponds. *Journal of the North American Benthological Society*, **15**(1), 64-86.

SELTZER, P., LASSERRE, A., GRANDJEAN, A., AUBERTY, R., & FOUREY, A. (1946). *Le climat de l'Algérie*. Impr." La Typo-litho" et J. Carbonel.

SHANNON, C. E. & WEAVER, W. 1949. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Urbana.

SOULIÉ-MÄRSCHÉ, I., GAMMAR, A. M., ... & DAOUD-BOUATTOUR, A. (2014). Influence du pâturage sur la structure, la composition et la dynamique de la végétation de mares temporaires méditerranéennes (Tunisie septentrionale).

SOWA, T., & OUCHI, S. (1975). The facile synthesis of 5'-nucleotides by the selective phosphorylation of a primary hydroxyl group of nucleosides with phosphoryl chloride. *Bulletin of the Chemical Society of Japan*, **48**(7), 2084-2090.

TACHET H, RICHOUX P, BOURNARD M, USSEGLIO-POLATERA P (2000) Invertébrés d'eau douce. Systématique, biologie, écologie. CNRS, Paris

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

Références bibliographiques

TAMANINI L (1979) Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne Italiane. 6. Eterotteri acquatici (Heteroptera: Gerromorpha, Nepomorpha). Consiglio Nazionale delle Ricerche, AQ/1/45

TEBIBEL (S.). 1991. Hémiptères aquatiques d'Algérie : clés dichotomiques, inventaire des Terzian, E. 1979. Ecologie des mares temporaires de l'Isotie dans la Crau et l'Esterel (France). Master's Thesis. Université de Droit, d'Economie et Sciences d'Aix-Marseille, Marseille, France.

THIERY A., BRTEK, I. & GASC, C., 1995. Cyst morphology of European branchiopods (Crustacea: Anostraca, Notostraca, Spinicaudata, Laevicaudata). *Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris*, 4, série, 17(1-2): 107-140.

THIERY, A., 1987. Les crustacés branchiopodes Anostraca, Notostraca et Concostraca des milieux limniques temporaires (Dayas) au Maroc. Taxonomie, biogéographie, écologie. Thèse de Doctorat ès Science, Université d'Aix Marseille 3, Marseille, 405 pages.

THIOULOUSE, J., CHESSEL, D., DOLE, S., & OLIVIER, J. M. (1997). ADE-4: a multivariate analysis and graphical display software. *Statistics and computing*, 7(1), 75-83.

TOUAYLIA, S., GARRIDO, J., BEJAOU, M., & BOUMAIZA, M. (2010). A contribution to the study of the aquatic Adephaga (Coleoptera: Dytiscidae, Gyrinidae, Haliplidae, Noteridae, Paelobiidae) from northern Tunisia. *The Coleopterists Bulletin*, 64(1), 53-72.

TOURENQ, J. N. (1975). *Recherches écologiques sur les Chironomides (Diptera) de Camarque* (Doctoral dissertation).

TUFFERY G. & VERNEAUX J. 1967. Méthode de détermination de la qualité biologique des eaux courantes. Exploitation codifiée des inventaires de la faune de fond. Tra. Div. Qual. Eaux P. Pisc., C.T.G.R.E.F. 23p. Univ. Paul Sabatier, Toulouse : 61p. U.S.T.H.B. Alger : 247p.

VAILLANT F., 1955. Recherches sur la faune macroléontine de France, de Corse et d'Afrique du Nord. Thèse Doctorat, Université de Paris (Zool), 11 : 258p.

VERNEAUX J., 1980. Fondements biologiques et écologiques de l'étude de la qualité des eaux continentales : Les principales méthodes biologiques. Ed. Gauthier-Villars (Paris) 345p.

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

VERNEAUX J., 1973. Recherches écologiques sur le réseau du Doubs. Essai de biotypologie. Thèse Doct. Etat, Université de Besançon : 260 p.

Références bibliographiques

VERNEAUX J., FAESSEL B. & MALESIEU M., 1976. Note préliminaire à la proposition de nouvelles méthodes de détermination de la qualité des eaux courantes. Trav. Lab. Hydrobiol., Univ. Besançon et CTGREF, ronéo : 40p.

VERNEAUX, J. (1973). Cours d'eau de Franche-Comté (massif du Jura): recherches écologiques sur le réseau hydrographique du Doubs: essai de biotypologie (Doctoral dissertation, Institut des Sciences Naturelles).

VINCON G. et THOMAS A. G. B., 1987. Etude hydrobiologique de la vallée d'Ossau (Pyrénées-Atlantiques).I. Répartition et écologie des Ephemeroptères. *Annuls Limnol.* 23 (2): 95-113.

VINÇON G., 1987. Comparaison de la faune benthique des vallées d'Aure et d'Ossau, en vue de l'élaboration d'une méthodologie de surveillance des cours d'eau de montagne. Thèse Docteur Ingénieur, Univ. Paul Sabatier Toulouse : 381p.

W.H.O. (1987). Global pollution and health results of related environmental monitoring. Global Environment Monitoring system, WHO, UNEP.

WASSON J.G., DUMONT B. & TROCHERIE F. 1981. Protocole de description des habitats aquatiques et de prélèvements des invertébrés benthiques dans les cours d'eau. CEMAGREF de Lyon, Division Qualité des eaux, Pêche et Pisciculture: 18p.

WATERS T.F., 1961. Standing crop and drift of stream bottom organisms. *Ecology*, 42,3: 532-537.

WATERS T.F., 1965. Interpretation of invertebrate drift in stream. *Ecology*. 43 : 324-334.

WELLBORN, G. A., SKELLY, D. K., & WERNER, E. E. (1996). Mechanisms creating community structure across a freshwater habitat gradient. *Annual review of ecology and systematics*, 27(1), 337-363.

WICHARD W., ARENS W. & EISENBEIS G. 2002: Biological Atlas of Aquatic Insects. Appolo Books, Stenstrup, Denmark, 339pp

WOOD, E. J., 1980. The oxygen transport and storage proteins of invertebrates *in In Essays in Biochemistry*, P. N. Campbell and R. D. Marshall (eds.). Academic Press, N. Y., pp. 1-47.

WOODIWISS (F.S.). 1964. The biological system of stream classification used by the trent river board. *Chemistry and industry*: 443-447.

XLSTAT, 2014 : Logiciel d'analyse de données et de statistiques pour Microsoft Excel.

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

YAKOUB B., 1996. Le problème de l'eau en grand Kabylie. Le bassin versant de Sébaou et

Références bibliographiques

ZACHARIAS, I., & ZAMPARAS, M. (2010). Mediterranean temporary ponds. A disappearing ecosystem. *Biodiversity and conservation*, 19(14), 3827-3834.

ZANEVELD, J. S. (1940). The Charophyta of Malaysia and adjacent countries. *Blumea-Biodiversity, Evolution and Biogeography of Plants*, 4(1), 1-223.

ZERGUINE, K., SAMRAOUI, B., & ROSSARO, B. (2009). A survey of Chironomids from seasonal ponds of Numidia, northeastern Algeria. *Bollettino di Zoologia Agraria e di Bachicoltura*, 41(3), 167-174.

ZOUAÏDIA, H., DE BÉLAIR, G., BENSLAMA, M., SOULIÉ-MÄRSCH, I., & MULLER, S. D. (2015). Intérêt des Characeae comme bioindicateurs de la qualité des eaux: le cas des zones humides de Numidie (Nord-Est Algérien).



Inventory and Ecology of Macroinvertebrates in Temporary Pools in the Region of Oum El Bouaghi (North-East Algeria)

Lounis Khawla^{1,2*}, Saheb Menouar¹, Hafid Hinda^{1,2}, Bougoudjil Sabrina¹

¹ Department of Natural and Life Sciences, University of Oum El-Bouaghi, Algeria,

² Research Laboratory "Ressources Naturelles et Aménagement des Milieux Sensibles".

ABSTRACT

This work aimed to conduct a systematic study of the macroinvertebrate species of seventeen temporary pools in south of Oum El Bouaghi, in order to bring a contribution to the knowledge of the entomofauna of these ephemeral ecosystems, and analyze their waters for better characterization of their environment where 18 physicochemical parameters were analyzed. Faunal samples were harvested using a surgeon net. The identification of the organisms was done using the determination keys, Tachet et al. (2002), and digital keys. The results of the physicochemical analysis carried out on the 17 stations revealed that the temperature of the water varied between 12.6 °C and 20.3 °C, with an average of 17.36 ± 2.13 °C, the pH of the waters varied between 6.45 and 8.48, with an average of 7.34 ± 0.54. The dissolved oxygen showed an average of 5.81 ± 0.66mg / l, and the electrical conductivity of the waters of the region was large and varied between 966 and 1055 μS.cm⁻¹, with an average value of 1012.1 ± 20.17 μS.cm⁻¹. For pollution elements, only nitrates could present a serious contamination. Faunistic analysis has identified 11 orders, 31 families and 47 species of which 39 were constant, 7 were ubiquitous and only one was accessory. Beetles were the largest numerically important ecological group (41.94%), followed by odonates with 9.68%, followed by orders from Amphipods and Basommatophores with 6.45%, while other orders represented only 3.22% each.

Keywords: Temporary pools, Quality, Physico-chemical, Macroinvertebrates.

Corresponding author: Lounis Khawla

e-mail ✉ louniskhawla@gmail.com

Received: 23 December 2017

Accepted: 15 July 2018

1. INTRODUCTION

Temporary pools are unique environments, neither really aquatic nor completely terrestrial, of very small watershed. During the year, they present alternating flooding and dewatering phases. They are characterized by a very autonomous hydrological functioning, and a small thickness of soil (Lorenzoni, C., & Paradis, G. 2000; Thiéry, 1987), and they constitute singular habitats of first-rate floristic and biogeographical interest (Laribi et al., 2016).

These habitats are home to remarkable biological communities, which are largely subservient to them and are characterized by numerous rare, endangered and high-value species (Médail et al., 1998; Quézel, 1998). These pools are also home to specialized vegetation such as the Characeae, which is a group of non-vascular macrophytes, and often provide refuge and breeding grounds for various species of the aquatic and benthic fauna (Zouaïdia, 2015).

Temporary pools have remained largely far from the interest of the scientific community in larger wetlands (lakes, sebkhas, etc.) due to their small size and ephemeral nature (Ferchichi, 2014).

In Algeria, the study of the pools goes back to Gauthier (1928), who for several years was interested in zooplankton and macroinvertebrates in a pool complex near Algiers. This work was interrupted for a long period, and the Algerian pools were not the subject of any other scientific study until the end of the

20th century. At the beginning of 1996, a research program for temporary pools in Numidia, in north-eastern Algeria, was set up. This study was initiated by the Samraoui's (2002) team of the University of Annaba, then came Zerguine and Rossaro's (2010) research on the chironomids of Eastern Numidia. To fill this gap, the present investigation focused on a series of temporary pools (17 temporary pools) still unexplored to this day, located in the southern region of Oum El Bouaghi, in north-eastern Algeria, in order to establish a first reference faunistic inventory for these pools.

2. MATERIALS AND METHODS

Study Area

The temporary pools are perched at an altitude of 832 to 836 m, located in the south of the town of Oum El Bouaghi, in the topographic depression between Argoub Kemellal in the north, and Djebel Tarf in the south. Jebel Tarf is composed of Cretaceous (Aptian) limestone sedimentary rocks rich in fossils and microfossils. Argoub Kemellal, on the other hand, consists of a gutter of sands and clays of Pliocene age, covered with quaternary lacustrine limestone bars. The depression is covered with an ancient Quaternary sediment, giving rise to a crust of lacustrine limestones with the power of water storage. This region lies in the eastern extension of the highlands, and is characterized by a semi-arid bioclimate, hot summer and cold winter.

The depth varies between 7 cm and 64 cm, with slightly sandy mud sediment with the presence of algae. This region receives a low rainfall with 321 mm / year. The water temperature of the pools varies between 12.6 and 20.3 °C, the salinity

between 0% and 0.3%, the dissolved oxygen between 4.2 6.50 mg / l, and the pH between 6.54 and 8.48.

Methods

After *in-situ* measurement of temperature, pH, conductivity, and dissolved oxygen using WTW portable measuring device, the samples were pre-filtered and placed in 1500 mL polyethylene bottles. The water samples were preserved with 2 ml of concentrated hydrochloric acid (pH = 2). The water samples were transported in a cooler at a low temperature (± 4 °C) to stop the metabolic activities of the organisms in the water. Other physicochemical parameters: turbidity, salinity, suspended solids (MES), nitrates (NO_3^-), nitrites (NO_2^-), chlorides (Cl^-), calcium (Ca^{2+}), ammonium (NH_4^+), phosphates (PO_4^{3-}), Sulfates (SO_4^{2-}), sodium (Na), potassium (K), bicarbonates (HCO_3^-), and magnesium (Mg^{2+}) were made at the "RNAMS" laboratory of the University of Oum El Bouaghi in accordance with the AFNOR standards (1983) and the methods recommended by Rodier (1984).

In these bodies of water, where the water was stagnant; the habitats which were considered to be the most biogenic were sampled, namely the banks, the woody debris (trunks, branches) and the submerged parts of the macrophytes. These three habitats were selected because of their stability and productivity (Stark et al., 2001).

In these calm areas, where fine sediments were deposited, monthly withdrawals from November 2013 to March 2016 (after the impoundment of these ephemeral ecosystems) of water and wildlife have been investigated with the help of a "Surber" type sampler (with a surface area of 1/20 m² (20x25 cm), equipped with a mesh net of 500 μm) which was designed to use in shallow waters. It better adapted to the temporary environments, and their different biotopes (Bouzidi & Giudicelli, 1994).

The stand, most often formed by immature insect larvae which do not characterize temporary pools, has been determined only at the family level.

Data Analysis

All the data collected on the waters of the region were the subject of a statistical analysis, and an Ascending Hierarchical Classification (AMP) was carried out using the software XLSTAT 2014. These classification techniques are particularly useful in the framework of the exploratory investigations in order to identify general trends in the data, and suggest future analysis (Kos & Psenicka, 2000).

For the treatment of faunal data, different quantitative parameters of the stands; such as species richness, density and dominance, as well as the Shannon index (H') and that of equitability (E) were used.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Physical chemistry of water

The results of the physicochemical analysis performed on the 17 temporary pools in the Oum El Bouaghi region have been presented in Table 1. The water temperature varied between 12.6 °C and 20.3 °C, with an average of 17.36 ± 2.13 °C. The pH of the water varied between 6.45 and 8.48, with an average of 7.34 ± 0.54 . The dissolved oxygen showed an average of 5.81 ± 0.66 mg/L.

Regarding the electrical conductivity of the waters of the region, it varied between 966 and 1055 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, with an average value of 1012.1 ± 20.17 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. For pollution elements (NH_4 , P_2O_5 , NO_2 , NO_3), only nitrates could present a serious contamination whose levels varied between 11 and 68.24 mg / l with an average of 27.95 ± 17.49 mg / l.

Table 1. Results of physicochemical analysis

Physicochemical parameters	Descriptive statistics								
	Mean	SD	SE(M)	IQR	CV	Skewness	Kurtosis	Min	Max
pH	7.34	0.54	0.13	0.4	0.07	0.78	0.59	6.54	8.48
Température [°C]	17.36	2.13	0.52	2.7	0.12	-0.88	0.14	12.6	20.3
Dissolved oxygen [mg/L]	5.81	0.66	0.16	0.8	0.11	-1.15	0.63	4.2	6.5
Electrical conductivity [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	1012.1	20.17	4.89	21	0.02	-0.27	1.36	966	1055
Turbidity [NTU]	160.4	16.67	4.04	26	0.10	-0.31	-0.14	124	188
Phosphorus pentoxide, P_2O_5 [mg/L]	0.16	0.18	0.04	0.03	1.13	3.04	9.94	0.03	0.8
Ammonium [mg/L]	0.46	0.42	0.10	0.65	0.92	0.51	-0.84	0	1.3
Nitrates [mg/L]	27.95	17.49	4.24	24.9	0.63	1.14	0.11	11	68.24
Nitrites [mg/L]	0.11	0.11	0.03	0.195	0.95	0.70	-0.86	0	0.33
Calcium [mg/L]	92.47	2.34	0.57	4.3	0.03	0.13	-1.39	88.6	96.1
Salinity [%]	0.14	0.24	0.06	0.1	1.77	3.26	11.87	0	1
Chloride [mg/L]	109.56	8.63	2.09	14.6	0.08	0.01	-1.17	97.5	123.1
Total suspended solids [mg/L]	38.52	3.49	0.85	5.08	0.09	0.0	-1.05	33.5	45
Magnesium [mg/L]	3.18	0.20	0.05	0.3	0.06	-0.21	-1.12	2.85	3.45
Bicarbonate [mg/L]	125.59	10.81	2.62	7.6	0.09	0.0	3.27	102	154.2
Sodium [mg/L]	52.77	2.32	0.56	3.92	0.04	-0.13	-0.95	48.5	56.12
Potassium [mg/L]	2.63	0.31	0.08	0.27	1.12	0.70	0.03	2.1	3.3
Sulfates [mg/L]	93.84	2.71	0.66	3.3	0.03	-0.51	-0.47	88.5	97.6

Ascending Hierarchical Classification Analysis (AHC)

Figure (1) presents the dendrogram derived from the classification of surface waters of the temporary Pools' area on the basis of their mineralization. This dendrogram highlighted four groupings (high dissimilarity). The first group concerned the indicator elements of the organic pollution of which Nitrogen and phosphorus derivatives were the most important group given the number of variables it included, the second group concerned only the electrical conductivity. The third group consisted of the significant turbidity waters, and the fourth group presented waters whose mineralization was influenced by the action of evaporates.

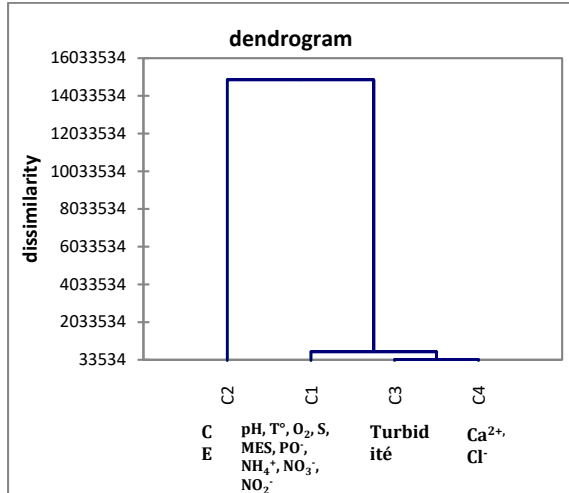


Figure 1. Dendrogram of variables grouped into 4 classes.

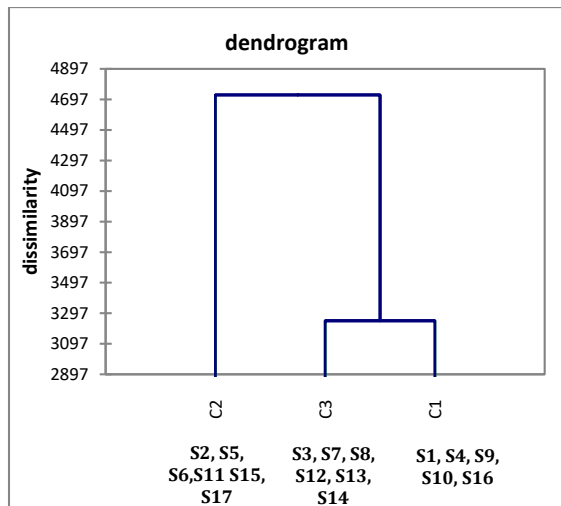


Figure 2. Dendrogram of stations grouped into 4 classes

The results obtained (Figure. 2) from the analysis carried out on the sampling sites showed a significant difference between points belonging to the class C2 with respect to C1 and C3. The difference was not significant for the latter two.

Composition of Invertebrate Macro

The faunistic analysis of the 17 stations led to the determination of 7871 individuals belonging to 11 orders, 31 families and 47 species, 39 of them were constant, abundant,

very frequent, and of a wide ecological valence, 7 were ubiquitous, and only one was accessory. The fact that a large number of species was constant was due to the sampling period that always coincided with the rainy periods because these water bodies have been said to be ephemeral. With a relatively large abundance (7871 individuals), eleven orders were identified (Figure. 3), dominated by Coleoptera which formed the largest digitally significant ecological group (41.94%), followed by that of odonates with 9.68%, then came the orders of the Amphipods and Basommatophores with 6.45%, while the other orders represented only 3.22% each. Figure. 4 represents the occurrence classes.

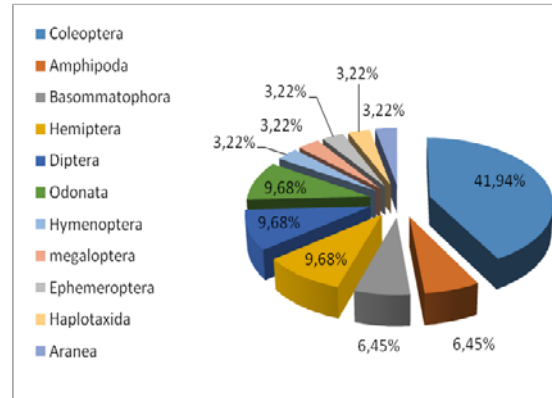


Figure 3. Abundance of the different orders

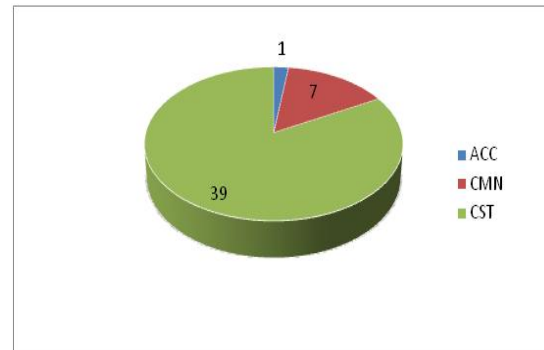


Figure 4. The occurrence classes.

Population Structure

Shannon-Wiever Index and Fairness

The species diversity index (Shannon-Wiener index) was high when taxonomic richness was important, and the distribution of individuals between taxa was balanced. A less diversified stand with dominant species resulted in low values of this index.

The significant variations in species diversity reflected the differences in the distribution of taxon abundance. The two graphs (Figure.5), the Shannon-Wiener index (H'), and the equitability (E) showed the same trend.

The highest values were recorded at station S1 with a value of 3.45. This station had a well-diversified stand where several taxa were numerically represented.

The lowest values were recorded in stations (S4) and (S15). This would be due to the presence of an unbalanced and highly

specialized community represented by a small number of Taxa that have been developed at the expense of other extinct taxa.

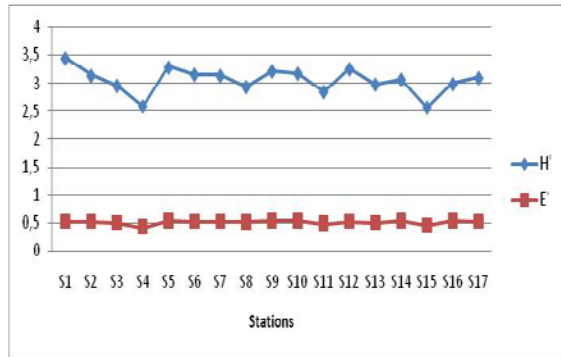


Figure 5. Graphical Representation of Shannon and Fairness Indices.

4. CONCLUSION

This study was conducted in the southern region of Oum El Bouaghi in eastern Algeria, concerning the knowledge of invertebrate communities in 17 temporary pools for three consecutive years of 2013-2016. Two aspects were studied including the physico-chemical quality of the water and the invertebrate inventory.

Our study sampled 7871 individuals belonging to 11 orders, 31 families and 47 species, 39 of which were constant, abundant, very frequent, and widely ecologically valuable, 7 were omnipresent and only one was accessory.

The obtained results showed that the factors that seemed to govern the spatial distribution of invertebrates were conductivity / salinity, water depth, and hydroperiod.

Depending on the taxonomic categories, the class of insects dominated and was represented mainly by the order Coleoptera. The comparison of the results of this study with those obtained in other Mediterranean regions showed the dominance of this class in all of these regions. Finally, the sum of the obtained results gave a first glimpse of the invertebrate fauna of the studied temporary pools. Disparities concerned the differences in duration and the period of the study in the field; the species used drought adaptation strategies such as recolonization (Frouz et al., 2003).

It seems interesting to further expand this research, because the list of species that has been presented was not exhaustive. In the coming years, it is hoped to increase observation pressure in the field by exploring more sites, at different seasons and with the combination of several sampling techniques for wildlife

REFERENCES

1. AFNOR (1983). French standardization association: Waters, test methods. 2nd Ed, Paris.
2. Bouzidi A, Giudicelli J (1994). Ecology and spatial distribution of macro-invertebrates in the running waters of the Moroccan High Atlas. Review of the Faculty of Sciences of Marrakech, 8, 23-43.
3. Ferchichi-Ben Jamaa H, Muller SD, Ghrabi-Gammar Z, Rhazi L, Soulié-Märsche I, Gammar AM, Daoud-Bouattour A (2014). Influence of grazing on the structure, composition and dynamics of Mediterranean temporary pond vegetation (northern Tunisia).
4. Frouz J, Holec M, Kalcik J. (2003). The effect of *Lasius niger* (Hymenoptera: Formicidae) ant nest on selected soil chemical properties. *Pedobiologia* 47, pp. 205-212.
5. Gauthier H (1928). Research on the fauna of the continental waters of Algeria and Tunisia. *Minerva*.
6. Kos, A.& Psenicka, C. (2000). Measuring cluster similarity across methods. *Psychological reports*. 86(3). pp.858-62.
7. Laribi M, Acherar M, Meddour R, Derridj A. (2016). On a new Algerian station of *Damasonium alisma* subsp. *polyspermum* (Coss.) Mayor (alismataceae): syntaxinomy and conservatory implications.
8. Lorenzoni C, Paradis G (2000). Phytosociology of temporary Mediterranean pools: Tre Padule and Padule Maggiore (Suartone, municipality of Bonifacio, Corsica). In *Colloque Phytosociologique XXVII, Les Données de la Phytosociologie sigmatiste, Bailleul* (Vol. 1997, pp. 571-593).
9. Médail F, Michaud H, Molina J, Paradis G, Loisel R (1998). Conservation of the flora and vegetation of the temporary freshwater and oligotrophic pools of Mediterranean France. *Ecologia mediterranea*, 24(2), 119-134.
10. Quézel P (1998). Transitional pond vegetation at Isoetes in the Mediterranean region, heritage interest and conservation. *Ecologia mediterranea*, 24(2), 111-117.
11. Rodier J., 1984. Analysis of water, natural waters, wastewater and seawater. 7e Ed. Dunod, Paris, 1365 pp.
12. Samraoui B, Dumont HJ (2002). The large branchiopods (Anostraca, Notostraca and Spinicaudata) of Numidia (Algeria). *Hydrobiologia*, 486(1), 119-123.
13. Stark JD, Boothroyd IKG, Harding JS, Maxted JR, Scarsbrook MR (2001). Protocols for sampling macroinvertebrates in wadeable streams (pp. 1-57). Cawthron Institute.
14. Tachet H, Richoux P, Bournaud M, Usseglio-Polatera P (2002). *Invertebrates of Freshwater* (2nd corrected impression). CNRS editions, Paris.
15. Thiéry A (1987). The Branchiopod Crustaceans (Anostraca, Notostraca, Conchostraca) from the temporary pools of Western Morocco. Taxonomy, biogeography, ecology (Doctoral dissertation, Ph.D. thesis, University of Aix-Marseille).
16. Zerguine K, Rossaro B (2010). A new species of *Hydrobaenus* Fries, 1830 (Diptera, Chironomidae) from Algeria. *Zootaxa*, 2507(1), 37-43.
17. Zouaïdia H, De Bélair G, Benslama M, Soulié-Märsch I, Muller SD (2015). Interest of Characeae as bioindicators of water quality: the case of Numidie wetlands (North-East Algeria). *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, 70(2), 121-133.

6^{ème} Congrès Franco-Tunisien de Zoologie
6^{ème} Congrès Franco-Maghrebien de Zoologie 119^{èmes} Journées annuelles de la SZF
Maison De La Tunisie – Paris 13- France 21-23 novembre 2018

ATTESTATION DE PARTICIPATION

Le comité d'organisation des trois manifestations réunies, atteste que

NOUA ALLAOUA

a présenté une communication par affiche intitulée

**Biodiversité des eaux souterraines dans la région d'Oum El Bouaghi
des hautes plaines de l'Est algérien**

Auteurs:

ALLAOUA Noua, HAFID Hinda, LOUNIS Khawla, MERZOUG Djemoui

Laboratoire de recherche : Ressources Naturelles et Aménagement des Milieux sensibles (RNAMS) Université
d'Oum El Bouaghi, Algérie

Département des Sciences de la nature et de la vie, Université d'Oum El Bouaghi, Algérie

Président de la SZF



Président du Congrès

