



Etude mésologique et Biotypologique du peuplement des Ephéméroptères de l'oued Abdi (Algerie) [Mesological and biotypological study of Mayflies populating in Abdi wadi (Algeria)]

N. Bebba^{*1,2,3}, M. El Alami⁴, S. F. Arigue^{1,2}, A. Arab²

¹Département de Sciences de la Nature et de la Vie, Faculté des Sciences Exactes et Sciences de la Nature et de la Vie, Université Mohamed Kheider, B. P. 145 Biskra – Algérie.

²Laboratoire de la Dynamique et de la Biodiversité, Faculté des Sciences Biologiques, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, B.P. 39 Alger – Algérie.

³Département de Biologie et Physiologie Animale, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Ferhat Abass, Pôle Universitaire El-Bez, Sétif 19000- Algérie.

⁴Laboratoire de Diversité et Conservation des Systèmes Biologiques, Faculté des Sciences, Université Abdelmalek Essaâdi, B.P.2121 Tétouan 93002 – Maroc.

Received 14 July 2014, Revised 2015, Accepted 2015

*Corresponding Author. E-mail: nadjetbebbadz@yahoo.fr; Tél: (+213770410803)

Résumé

Pour contribuer à la connaissance et à la conservation de la biodiversité faunistique des zones humides du massif des Aurès, une étude faunistique des Ephéméroptères a été entamée depuis janvier 2008 à janvier 2010 sur 5 stations de l'oued Abdi, l'un des plus importants oueds de l'Atlas Saharien (82,19 Km de longueur). Cette étude a permis d'analyser la distribution longitudinale et transversale des Ephéméroptères suivant un transect Est-Ouest se prolongeant sur les wilayas de Batna et Biskra. Les résultats obtenus, nous ont permis de dresser le premier inventaire faunistique de ce peuplement. Nous avons recensé 4 familles d'Ephéméroptères : il s'agit des Baetidae, Caenidae, Heptageniidae et Leptophlebiidae. Les Baetidae se caractérisent par une grande répartition spatio-temporelle, ils constituent la famille la plus abondante et la plus diversifiée avec 6 espèces dont *Baetis pavidus* est la plus représentée. Afin d'évaluer la qualité de l'eau de l'oued Abdi, des analyses physico-chimiques ont été réalisées et ont montré une dureté élevée, une alcalinité moyenne à faible et une pollution modérée due aux rejets des agglomérations avoisinantes.

Mots clés : Ephéméroptères, Biodiversité, Physico-chimie, Oued Abdi, Algérie.

Abstract

To contribute to the knowledge and to the preservation of the faunistic biodiversity of the humid zones of the massif of Aurès, a faunistic study of the Mayflies was begun since January 2008 at January 2010 on 5 stations of the Abdi wadi, one of the most important wadis of the Saharian Atlas (82,19 km in length). This study allowed to analyze the longitudinal and transverse distribution of Mayflies following an East-west transect going on the wilayates of Batna and Biskra. The obtained results, allowed us to raise the first faunistic inventory of this populating. We counted 4 families of Mayflies: it acts Baetidae, Caenidae, Heptageniidae and Leptophlebiidae. The Baetidae is characterized by a large spatiotemporal distribution; they constitute the most abundant and most diversified family with 6 species, of which *Baetis pavidus* is the most represented. To evaluate the water quality of the water of Abdi Wadi, physico-chemical analyzes were realized and demonstrated a high Hardness, an average to low alkalinity and moderate pollution due to the rejections of neighboring agglomerations.

Keywords: Mayflies, Biodiversity, Physic-chemistry, Abdi wadi, Algeria.

Introduction

Les larves des Ephéméroptères sont très abondantes et occupent les divers biotopes des eaux courantes (torrents, ruisseaux et rivières). Diverses études ont montré que ce groupe est un matériel favorable dans les études écologiques, notamment dans l'estimation de la qualité biologique des eaux. Ils se caractérisent par leur grand valeur bioindicative vis-à-vis des nuisances subies par les cours d'eau, du fait que ce groupe contient une forte proportion d'espèces ayant des exigences écologiques strictes [1,2]. En Afrique du Nord, grâce aux travaux de [3-

7], une première liste faunistique comptant 17 espèces et deux sous-espèces, fut dressée. Depuis, peu d'études ont été dédiées uniquement à ce groupe d'insectes. Les principaux inventaires faunistiques sont ceux réalisés par : [8-17] ayant listé 69 espèces dans les trois pays du Maghreb. Les travaux les plus récents sur la biologie et l'écologie de ces organismes sont ceux réalisés par [2], [18-26].

Des notes taxonomiques et des inventaires sont toutefois venus compléter nos connaissances sur cet ordre d'insectes en Algérie : [17], [27-47].

Le présent travail a pour but de contribuer à la connaissance de ce groupe d'insectes, à l'étude de sa distribution spatio-temporelle et à l'évaluation de la qualité physico-chimique de l'eau d'un cours de l'Atlas saharien algérien, l'oued Abdi.

2. Matériel et méthodes

2.1. Zone étudiée et stations de prélèvement

La région étudiée est délimitée au Nord par le massif de l'Aurès et au Sud par le Sahara. Elle est caractérisée par un relief montagneux qui est constitué par une série de bombement très accidentés. Le Bassin versant de l'oued Abdi est situé dans le piedmont Sud des Aurès, entre les latitudes 34° 92'39'' et 35° 35'81'' Nord et les longitudes 5° 74'80'' et 6° 38'38'' Est ; il fait partie du grand bassin hydrographique de Chott Melghir. L'oued Abdi prend naissance dans les monts du Djebel Bouyezmarena à 1964 m d'altitude, du Djebel Boutelaghmine à 2178 m et du Djebel Bou Ouli à 1897 m, et coule sur une longueur de 82,19 km. La forme de notre bassin versant se définit par une superficie de 691 km², un périmètre de 182 km et une pente moyenne de 22,55 m/km [48]. Du point de vue géologique, on rencontre sur les flancs des anticlinaux du massif des Aurès un étage de trias, qui est caractérisé par la présence de marnes accompagnées de gypse et de sel gemme ce qui pourrait agir sur la chimie de l'eau [49].

Le bassin versant de l'oued Abdi est caractérisé par un climat plus ou moins aride, se situant entre un étage bioclimatique semi aride de Batna et l'étage saharien de Biskra. Certaines de nos stations se sont caractérisées par un assèchement presque total durant toute l'année 2008. La mise en eau de ce cours d'eau s'est faite après la grande crue d'octobre de la même année.

Cinq stations réparties sur tout le bassin versant d'Abdi ont été choisies selon leur éloignement par rapport à la source, à la diversité écologique et aux sources de pollution (figure 1). Leurs caractéristiques générales ont été résumées dans le tableau 1.

2.2. Qualité physico- chimique des eaux

Puisque les caractéristiques physico-chimique des eaux expliquent la présence ou l'absence de certaines espèces animales et conditionnent leur développement [50], des analyses physico-chimiques de l'eau ont été réalisées à chaque station et à chaque campagne de prélèvements. Certains paramètres ont été mesurés in situ alors que d'autres ont été effectués au laboratoire dans les 24 heures qui ont suivi le prélèvement (tableau 2).

2.3. Echantillonnage et détermination des Ephéméroptères

Afin d'étudier la répartition des Ephéméroptères de l'oued Abdi des échantillonnages semi-quantitatif et qualitatif, mensuellement de janvier 2008 à janvier 2010, ont été réalisés par le biais du filet Haveneau de vide de maille 500 µm environ et de largeur de base de 25 cm environ ; ce qui a permis de prospecter les différents biotopes et d'obtenir une série de prélèvements représentatifs de chaque station. Sur le terrain, un tri préliminaire a été réalisé au cours duquel l'échantillon a été débarrassé du matériel grossier et la faune a été récupérée dans des pots en plastique et fixée par du formol à 10 %. Un tri fin a été réalisé au laboratoire pendant lequel le reste des échantillons a été examiné sous une loupe binoculaire et tous les spécimens étaient récupérés et conservés dans de l'alcool 75°. Pour toute étude taxonomique nécessitant une préparation microscopique, les pièces servant à l'identification (pièces buccales, tergites, pattes...) des différentes espèces ont été montées entre lame et lamelles dans le liquide de Hoyer [51] et observées au microscope optique. L'identification des taxons s'est faite à l'aide des clés décrites par [52-58].

2.4. Analyses statistiques

Des analyses statistiques ont été réalisées par le biais du logiciel Statistica 6. L'étude de la typologie du réseau hydrographique a été réalisée par l'intermédiaire d'une matrice mésologique de 18 paramètres qui ont été traités par une analyse en composantes principales.

Figure 1 : (A) Localisation et situation du bassin versant de l'oued Abdi, (B) Localisation des stations étudiées dans le bassin versant de l'oued Abdi (d'après les cartes topographiques : Arris Est, Arris Ouest, Tkout Ouest, Elkantara Est, Biskra Est 1/50000)

Tableau 1 : Caractéristiques des stations prospectées

Alt. Altitude ; Lat. Latitude ; Long. Longitude ; Lar. Largeur ; Pr. Profondeur ; Vég. Végétation ; Sub. Substrat ; Vit. Vitesse du courant.

Stations	Theniet El Abed	Nouader	Mena	Bouzina	Branis
Code	Tha.	Nd.	Mn.	Bz.	Br.
Alt. (m)	1434	1043	990	712	50
Lat.	35°17'34 N	35°13'06 N	35°12'11 N	35°10'44 N	34°59'42 N
Long.	06°16'19 E	06°06'57 E	06°04'05 E	05°59'22 E	05°46'16 E
Lar. (m)	1,2 à 6	1,4 à 8,5	2,1 à 10,8	3,9 à 10,5	0,8 à 16
Pr. (cm)	7,5 à 31	4,5 à 28	15 à 55	15 à 41,5	3 à 38,5
Vég.	Arbres fruitiers, terrains agricoles	Lauriers roses, arbres fruitiers, terrains agricoles	Arbres fruitiers, lauriers roses	Lauriers roses	Palmiers, terrains agricoles, figuier de Barbarie
Sub.	Cailloux, sable, pierres, limons.	Graviers, cailloux, sable	Graviers, cailloux, sable grossier, blocs. Dalles	Graviers, cailloux, blocs, pierres, sable, Dalles	Gravier, cailloux, qlq. pierres, sable.
Vit (cm/s)	15 à 145	9 à 143	15 à 216	18 à 137	0 à 136

Tableau 2 : Méthodes d'analyses des paramètres physicochimiques

Température	°C	mesurés in situ par un analyseur multiparamètre de type WTW multi 340i
Potentiel hydrogène	-	
Oxygène dissous	mg/l	
Taux de saturation d'oxygène	%	
Conductivité	µS/cm	
Salinité	-	
Nitrates	mg/l	Dosage par la méthode spectrophotométrique aux réactifs de Salicylate de Sodium, Acide Sulfurique et solution d'Hydroxyde de Sodium et de Tartrate double de Sodium et de Potassium
Nitrites	mg/l	Dosage par la méthode spectrophotométrique aux réactifs de Zambelli et Ammoniaque pure
Phosphores	mg/l	Dosage par la méthode spectrophotométrique aux réactifs de Paramolybdate d'Ammonium, Acide Sulfurique, Acide Ascorbique et Oxytartrate de Potassium et d'Antimoine
Calcium	mg/l	Dosage par la méthode de titrage molaire aux réactifs d'Hydroxyde de Sodium, EDTA et Muriate
Magnésium	mg/l	Dosage par la méthode de titrage molaire aux réactifs d'Hydroxyde d'Ammonium, EDTA et noir Eriochrome
Chlorures	mg/l	Dosage par la méthode volumétrique aux réactifs de Nitrate d'Argent et K ₂ CrO ₄
Bicarbonates	mg/l	Dosage par la méthode de titration au réactif d'Acide Chlorhydrique
Sulfates	mg/l	Dosage par la méthode gravimétrique aux réactifs d'Acide Acétique concentré et Chlorure de Baryum
Matières en suspension	mg/l	Méthode de Filtration sur papier filtre en fibres de verre

3. Résultats et discussion

3.1. Etude typologique du réseau hydrographique Abdi

L'analyse des paramètres mésologiques des différentes stations prospectées en composantes principales montre que les deux premiers axes F1 et F2 détiennent l'essentiel de l'information puisqu'ils représentent 81,30% de l'inertie totale. L'examen des corrélations entre les axes et les différentes composantes mésologiques étudiées permet d'expliquer la signification de chaque axe dans la répartition structurée du nuage des stations et la relation entre la structure typologique et les variables du milieu. L'axe F1 (52,67% de l'inertie totale) est corrélé surtout avec les sulfates, la minéralisation, la dureté calcique et magnésienne, les chlorures, la largeur moyenne et

l'altitude. L'axe F2 (28,63% de l'inertie totale), s'explique principalement par le pH, l'oxygène dissous, les carbonates, les nitrites et la profondeur moyenne.

Ainsi, le plan F1-F2 permet de discriminer trois groupements des stations (figure 2) :

* Deux stations semi temporaires du cours supérieur (Tha et Nd) qui sont localisées à de hautes altitudes et sont caractérisées par une faible largeur (3,26 et 4,85 m), des eaux fraîches durant les périodes hivernale et printanière (5,9 et 14,35°C), une minéralisation faible (706,31 et 962,91 µs/cm), peu chargées en matières organiques et présentant une faible dureté calcique (63,33 et 61,72 mg/l) et magnésienne (77,03 et 64,88 mg/l).

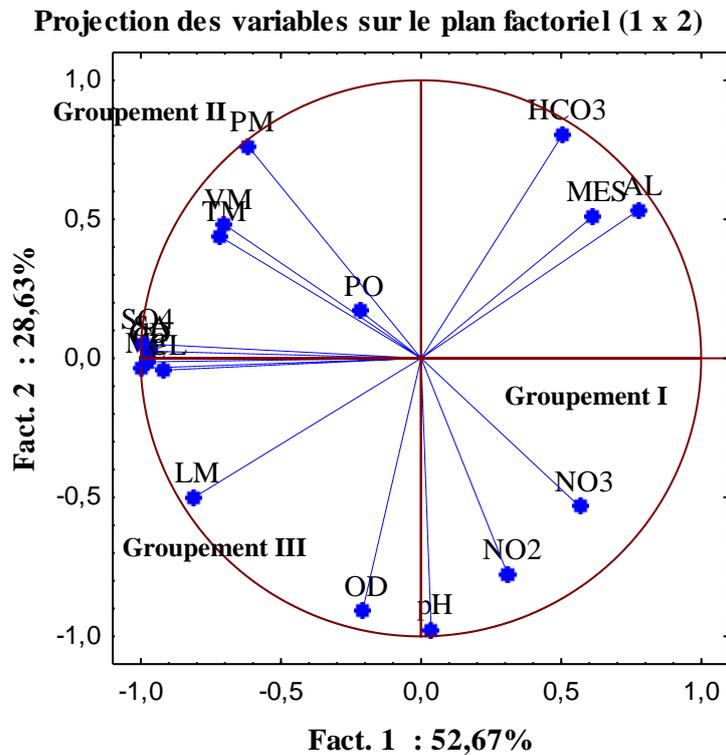


Figure 2 a : Plan F1-F2 de l'ACP : structure du nuage-paramètres mésologiques de bassin versant Abdi

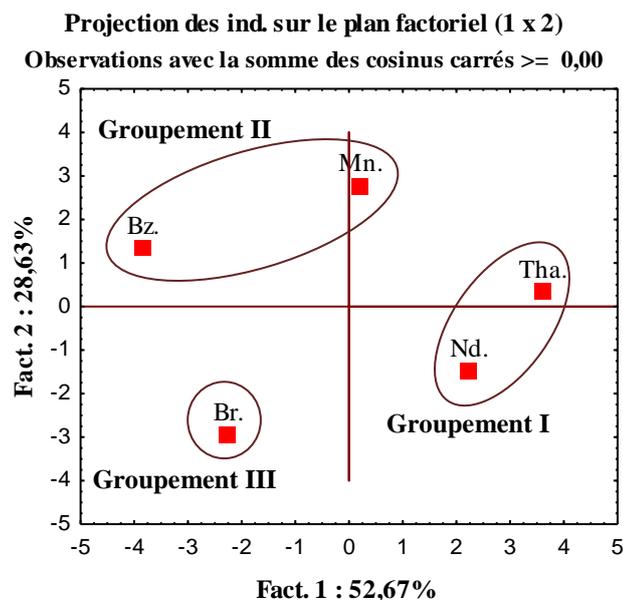


Figure 2 b : Plan F1-F2 de l'ACP : structure du nuage-stations de bassin versant Abdi

* Deux stations permanentes du cours moyen dont l'une (Mn) est de haute altitude (990 m), profonde (29,79 cm) et présente une minéralisation moyenne (1188,3 µs/cm), une dureté calcique et magnésienne moyenne (77,63 et 101,20 mg/l) et une forte alcalinité due aux ions carbonates (211,04 mg/l) provenant des terrains traversés par le

cours d'eau et des eaux usées domestiques. L'autre station (Bz) se situe à une altitude moyenne (712 m), profonde (28,72 mg/l) et possède une très forte minéralisation (2410,33 mg/l) avec une dureté calcique et magnésienne plus élevée (143,66 et 166,17 mg/l). Elle se caractérise également par de fortes teneurs en phosphores, chlorures et sulfates et en matières organiques ce qui entraîne le développement excessif des algues. Cette station (Bz) qui semble recevoir des effluents provenant des régions amont, est délimitée par de hautes montagnes (figure 2).

*Une station du cours inférieur (Br) qui se caractérise par une basse altitude (50 m), une profondeur moyenne (17,41 cm), une minéralisation élevée (1800 µs/cm), une dureté calcique et magnésienne assez forte (115, 63 et 141,91 mg/l) et une faible concentration en matières organiques (figure 2).

3.2. Structure biotypologique de l'oued Abdi

3.2.1. Liste faunistique commentée

Nous avons pu recenser 4 familles réparties en 6 genres et 10 espèces.

○ Famille de Baetidae

La famille la plus diversifiée dans notre oued, elle est représentée par 6 espèces :

▪ *Baetis pavidus* Grandi 1949

Espèce du pourtour méditerranéen, elle est connue d'Italie, du Sud de la France, de la Péninsule Ibérique et du Maghreb. Elle présente une vaste distribution dans les eaux marocaines ; elle fréquente les principaux réseaux hydrographiques des domaines atlasiques, rifain et ceux du Plateau central et du Maroc Oriental [2]. En Tunisie, c'est l'espèce la plus fréquente et la plus abondante [15]. En Algérie, elle est citée par : [27, 60, 30, 31, 36]...etc. Dans cette étude ce *Baetis* a été récolté dans une amplitude altitudinale variant entre 50 m (Br) et 1434 m (Tha).

▪ *Baetis rhodani* Pictet 1843

Cette espèce a une très large distribution latitudinale couvrant l'Europe et les pays du pourtour méditerranéen. Au Maroc, elle constitue l'une des espèces les plus ubiquistes et elle présente une très large distribution horizontale [2]. Elle est citée de Tunisie par [15] et de l'Algérie par [17] et [36]. Ce taxon a été rencontré dans tous les biotopes répartis dans une marge altitudinale comprise entre 50 et 1434 m,

▪ *Baetis sinespinosus* Soldan et Thomas 1983

C'est une espèce endémique algérienne, signalée pour la première fois dans l'Atlas tellien : à Bilda [27, 17, 61]. Cette espèce a été rencontrée pour la première fois à notre région d'étude, l'Aurès (Est algérien), dans la région où se rencontre les deux Atlas : tellien et saharien. Elle a été échantillonnée dans des stations semi temporaire et permanente dans une marge altitudinale comprise entre 990 et 1434 m (Mn, Nd et Tha).

▪ *Cloeon dipterum* Linné 1761

C. dipterum présente une large distribution latitudinale puisqu'on le rencontre dans toute l'Europe et il atteint les eaux de la Sibérie dans le continent asiatique [62]. Sa limite méridionale atteint les pays sud-méditerranéens. Au Maroc, cette espèce a également une répartition très vaste couvrant les domaines atlasique et rifain en passant par le Plateau Central et le Maroc Oriental [2]. Il est également connu de Tunisie [63, 64]. En Algérie, il a fait l'objet de plusieurs citations parmi lesquels : [30, 60, 31, 36]. Sa présence a été notée dont l'amplitude varie entre 712 m (Bz) et 990m (Mn).

▪ *Cloeon gr. simile* Eaton 1870

Cette espèce a été signalée dans les cours d'eau d'Europe dans les zones supérieures lenticules [65]. Elle a été trouvée pour la première fois au Maroc dans deux réseaux hydrographiques du versant nord-rifain [2]. En Algérie, elle a été notée par plusieurs auteurs : [30, 17, 31, 36]. A oued Abdi, elle a été trouvée dans une seule station de 990 m d'altitude (Mn).

▪ *Procloeon stagnicola* Soldan et Thomas 1983

Espèce endémique maghrébine, a été signalée très récemment en Tunisie par [23]. En Algérie, elle a été décrite de Constantine par [27] et a été signalée ensuite par plusieurs auteurs : [30], [17], [31] et [34]. Elle semble être confinée dans des biotopes de moyenne altitude (Bz).

○ Famille de Caenidae

Deux espèces sont recensées à oued Abdi

▪ *Caenis luctuosa* Burmeister 1839

Cette espèce paléarctique a une aire de distribution très vaste et fréquente des biotopes très variés. Elle pullule dans les réseaux marocains [8, 66, 16], tunisiens [10] et algériens [11, 31, 36]. Elle a été échantillonnée à oued Abdi depuis les stations de haute altitude (Tha à 1434 m) jusqu'aux biotopes de plaine (Br à 50 m) et principalement dans les stations du cours moyen (Mn et Bz).

▪ *Caenis cf. macrura* Stephens 1835

Cette espèce a été signalée dans la péninsule ibérique (Portugal) par [67], et en France par [68]. La probabilité de la présence de *C. macrura* en Algérie est signalé à Biskra [3, 4, 17], à Alger et Kabylie [4, 5, 17] et à Hodna Mounts [5, 17]. A oued Abdi, des larves de cette espèce ont été trouvées dans une marge altitudinale restreinte variant entre 990 m (Mn) et 712 m (Bz).

○ Famille de Heptageniidae

Nous avons récolté seulement une espèce dans notre réseau hydrographique :

▪ *Ecdyonurus rothschildi* Navàs 1929

Cette endémique ibéro-maghrébine est répartie amplement dans les trois pays du Maghreb ; elle présente une vaste répartition au Maroc [8, 69, 2]. En Algérie, elle a été décrite de Biskra [3, 4, 70, 17], Alger [4, 17], NW [71, 11, 17], Kabylie [31, 32], Chélif [35, 36]. Elle a été recensée dans une des stations permanentes de moyenne altitude Bz (712 m).

○ Famille de Leptophlebiidae

Elle est également représentée par une seule espèce:

▪ *Choroterpes (Choroterpes) atlas* Soldan et Thomas 1983

Cette espèce se rencontre dans les trois pays du Maghreb à l'exception des zones désertiques [72]. Au Maroc, cette espèce possède une très large distribution qui s'étend depuis les bassins des domaines rifains et Atlasiques [2]. En Tunisie, citée par [10], [63] et [11]. En Algérie, elle peuple les eaux lotiques des régions nord-ouest et les zones littorale centrale du pays [27, 11, 72, 31, 32, 36]. Ce *Choroterpes* a été observée dans une seule station (Bz) à 712 m d'altitude.

3.2.2. Abondance et fréquence des espèces recensées

Il ressort des résultats de tableau 3, que l'espèce la plus abondante et la plus fréquente à oued Abdi est *B. pavidus* (91,98%). Les autres espèces sont de faibles abondances : *C. luctuosa* *B. rhodani* et *B. sinsepinosus* avec respectivement 3,40%, 3,10%, et 1,24% à rares.

Tableau 3 : Effectifs, Abondances relatives et fréquence des Ephéméroptères récoltés

Espèces rencontrées	<i>Baetis pavidus</i>	<i>Baetis rhodani</i>	<i>Baetis sinsepinosus</i>	<i>Cloeon gr. simile</i>	<i>Cloeon dipterum</i>	<i>Procloeon stagnicola</i>	<i>Caenis cf. macrura</i>	<i>Caenis luctuosa</i>	<i>Ecdyonurus rothschildi</i>	<i>Choroterpes (Ch) atlas</i>	Total
Effectif Total	12296	415	166	1	22	3	9	454	1	1	13368
Abondance relative (%)	91,98	3,10	1,24	0,01	0,16	0,02	0,07	3,40	0,01	0,01	100
Fréquence	90,91	27,27	18,18	4,55	13,64	4,55	22,73	77,27	4,55	4,55	/

Afin de caractériser la hiérarchie des taxa dans le peuplement récolté, deux classifications ont été adoptées : celle de [73] qui classe les espèces en quatre classes selon leurs abondances relatives seulement (Dominantes, subdominantes, résidentes et sub-résidentes); et celle de [74] qui relie entre la fréquence de prélèvement, l'abondance relative et l'abondance absolue pour donner quatre classes d'espèces (Fondamentales, constantes, accessoires et sporadiques). L'association entre les deux classifications, nous a permis de classer écologiquement nos Ephémères en: espèce dominante et fondamentale : *B. pavidus*. La seule espèce subdominante et fondamentale est représentée par *C. luctuosa*. Une autre espèce subdominante mais accessoire : *B. rhodani*. Une espèce considérée comme résidente et sporadique : *B. sinsepinosus*. Enfin les espèces sub-résidentes et sporadiques sont représentées par *P. stagnicola*, *C. cf. macrura*, *C. gr. simile*, *C. dipterum*, *E. rothschildi* et *C. (Choroterpes) atlas*.

L'évolution longitudinale des Ephéméroptères exprime leur adaptabilité à l'habitat et leurs préférences écologiques. L'évolution de l'abondance des populations recensées et leurs variations dans l'espace et dans le temps, indique que *B. pavidus* est toujours l'espèce la plus abondante durant toute notre période d'étude et dans toutes les stations avec des effectifs importants à Mn (3867 ind.) et à Bz (3739 ind.) (figure 3).

L'espèce *C. luctuosa* préfère les eaux tempérées des cours inférieurs et moyens, elle est eurytope et eurytherme. Pour cela, nous l'avons trouvée dans toutes nos stations avec des fortes abondances dans la station de Bz les mois d'août (124 ind.) et septembre (119 ind.).

Le reste des espèces présentent une distribution limitée aux stations du cours moyen (Mn et Bz) mais avec une faible abondance : *C. dipterum* (11 ind. le mois de juin) et *C. cf. macrura* (4 ind. le mois de septembre) ; et des espèces rares qui ont été localisées une seule fois dans une station : *C. gr. simile* (1 ind.), *C. (Ch) atlas* (1 ind.), *E. rothschildi* (1 ind.) et *P. stagnicola* (3 ind.). Concernant la richesse spécifique en Ephémères, elle est plus marquée (8 et 7 espèces) dans les tronçons à courant rapide et à températures estivales peu élevées (Mn et Bz).

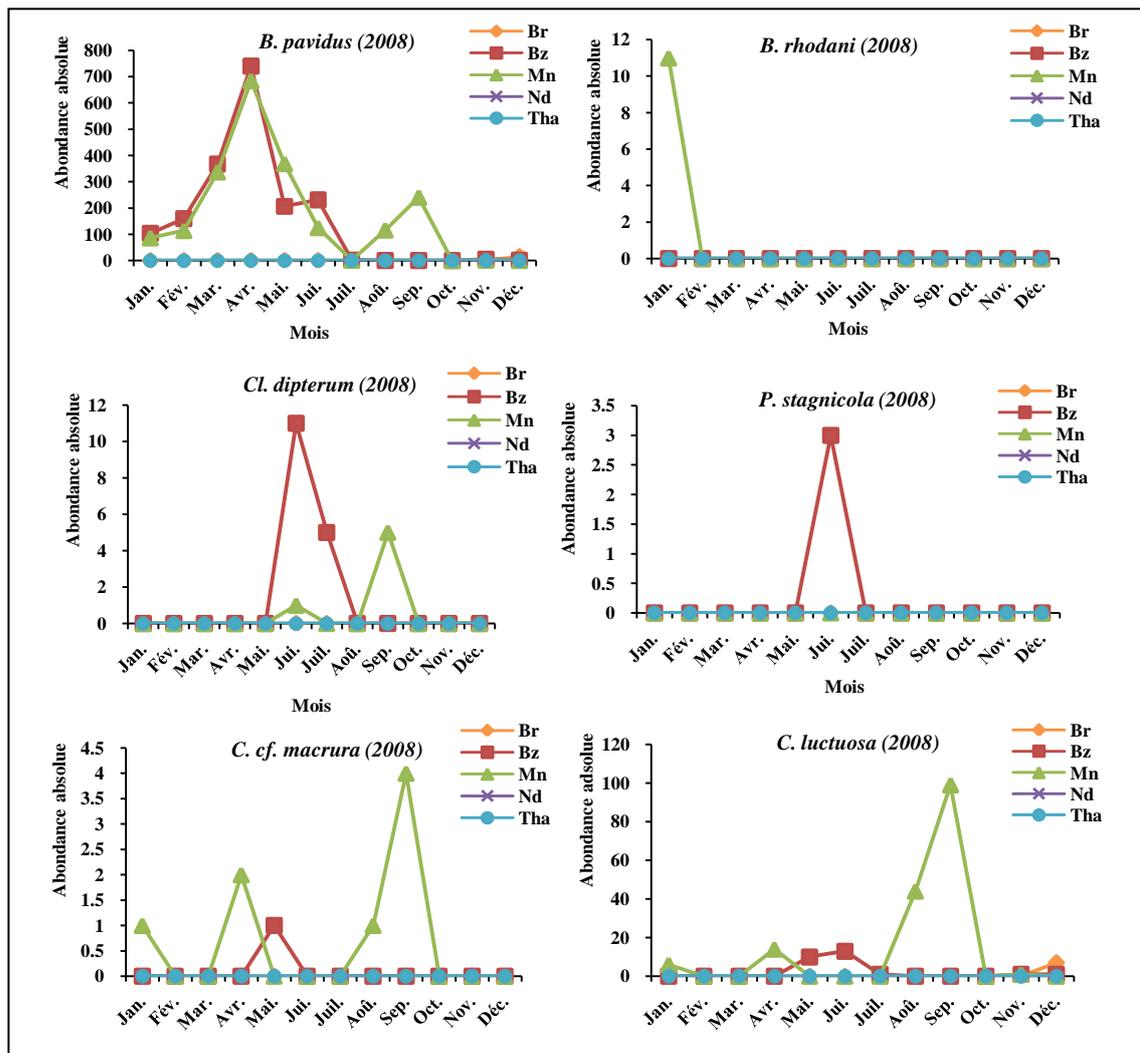


Figure 3.a : Variation spatio-temporelle de l'abondance absolue des Ephéméroptères dans l'oued Abdi (2008)

3.2.3. Groupements biocénétiques des Ephéméroptères de l'oued Abdi

L'analyse de la structure biotypologique montre que les trois premiers axes cumulent 98,38% de l'inertie totale des points avec 55,66% pour l'axe F1 et 31,93% pour l'axe F2. Dans le plan F1-F2 (figure 4 a et b), 3 groupements se caractérisant par une faune et des caractères mésologiques commun. La station temporaire (Br) de basse altitude se situe vers le haut de la partie gauche du plan factoriel et les stations de haute altitude et semi temporaires se placent vers le côté opposé. Le facteur « altitude » semble donc se manifester suivant l'axe F2. Ainsi, la jonction des points du cours axial du réseau hydrographique Abdi suivant leur succession dans la nature, permet d'obtenir une courbe en forme de V incliné sur le plan factoriel F1-F2, ce qui reflète la présence d'un gradient aval-mont selon l'axe F2. Cet axe s'explique également par la largeur moyenne qui à l'inverse de l'altitude augmente de l'amont vers l'aval et l'alcalinité. L'axe F1 s'explique essentiellement par la vitesse moyenne du courant, par certains paramètres physico-chimiques (conductivité, la dureté calcique, la dureté

magnésienne, les sulfates et les chlorures) et par la temporalité des stations. En effet, les stations temporaires se placent vers la gauche du plan factoriel alors que les permanentes se trouvent vers la droite.

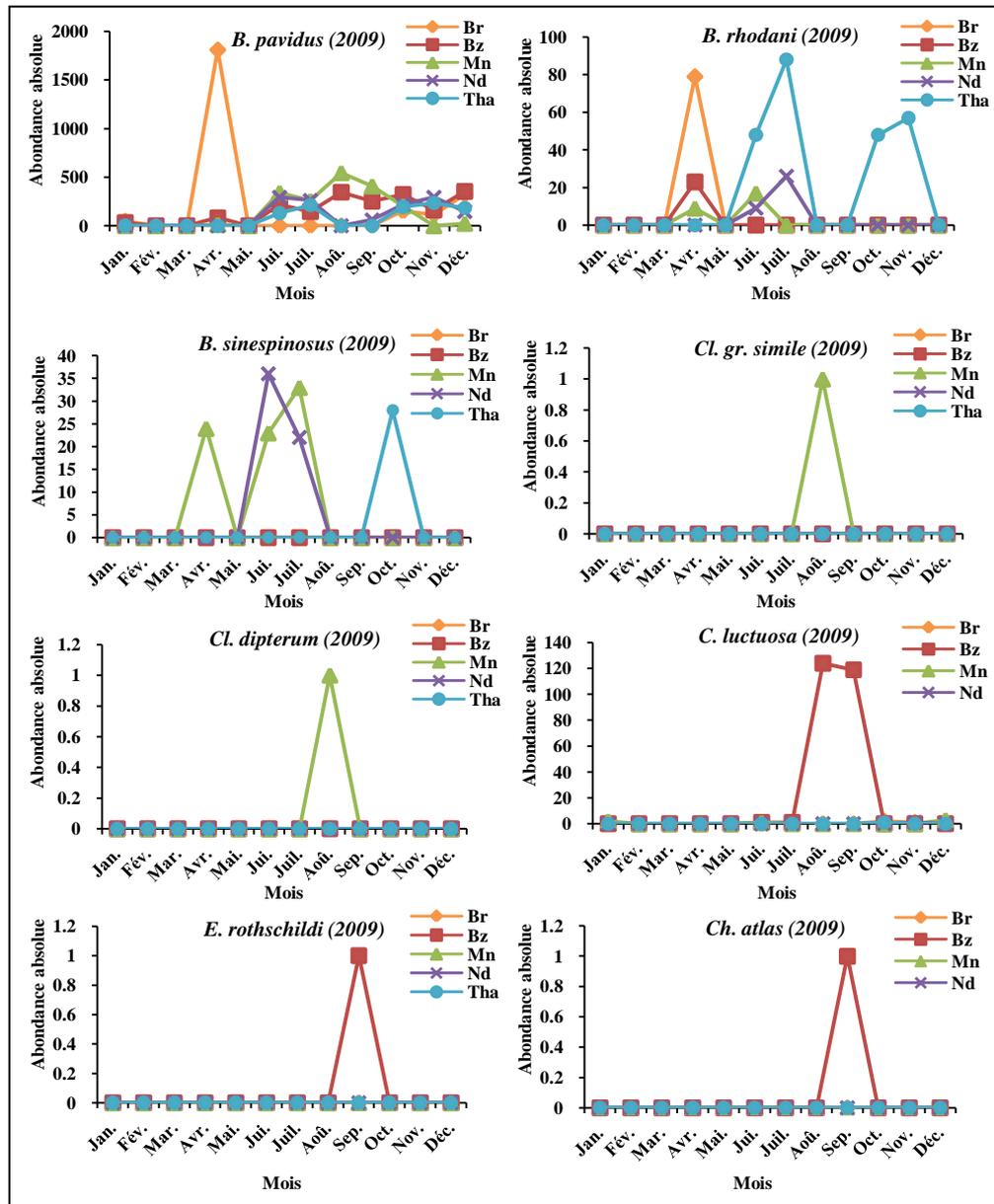


Figure 3.b : Variation spatio-temporelle de l'abondance absolue des Ephéméroptères dans l'oued Abdi (2009)

Les 3 groupements cénotiques repérés sur le plan F1-F2 de la biotypologie sont semblables à ceux définis dans l'étude mésologique et qui sont :

- *Le groupement I des stations semi-temporaires de haute altitude : Ces stations (Tha et Nd) se caractérisent par des eaux fraîches à conductivité et duretés calcique et magnésienne faibles, à courant assez fort, à profondeur faible et à granulométrie peu diversifiée. Leurs peuplements renferment les espèces *B. rhodani* et *B. sinespinosus*.
- *Le groupement II des stations permanentes de haute et moyenne altitudes : Il est constitué par des stations tempérées, à courant fort, à granulométrie diversifiée et à profondeur élevée. Ces stations (Mn et Bz) s'individualisent par des espèces exclusives à la station Bz (*P. stagnicola*, *E. rothschildi*, *C. atlas*) à la station Mn (*Cl. gr. simile*) et rares (*C.cf. macrura* et *C. dipterum*).

*Le groupement III de la station temporaire de faible altitude : Il se compose de la station Br qui manifeste des températures estivales plus élevés, un courant modéré, une profondeur moyenne et une granulométrie fine. Il abrite l'espèce *B. pavidus*.

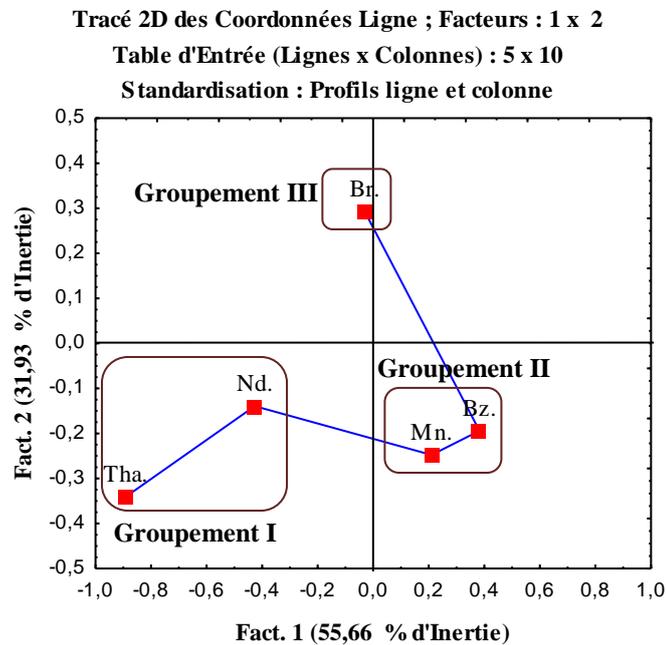


Figure 4.a : Biotypologie de l'oued Abdi : structure du nuage-stations dans le plan F1-F2 de l'AFC

En ce qui concerne les groupements faunistiques, la distribution des espèces dans le plan F1-F2 montre aussi 3 groupements :

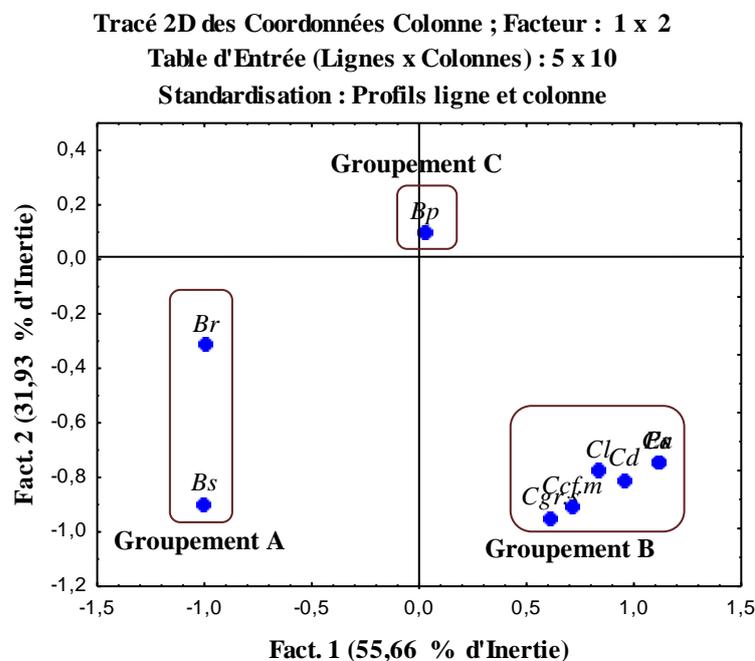


Figure 4.b : Biotypologie de l'oued Abdi : structure du nuage-espèces dans le plan F1-F2 de l'AFC

*Le groupement A : Il est constitué par les espèces qui marquent une préférence au cours supérieur de haute altitude : *B. rhodani* et *B. sinespinosus*. En effet, ces taxons eurytopes vivent aussi bien dans les sections des cours d'eau rapide que dans les secteurs à courant faible. Ils ont relativement une large valence écologique en

habitant les petits ruisseaux d'eau permanent (souvent seulement 20-40 cm de large et peu profonde) aussi bien que des cours d'eau plus grands et modérément pollués [27].

*Le groupement B : Il englobe des taxons à écologie plus ou moins différente. Leur abondance varie selon leur degré de préférence des biotopes qu'ils côtoient. Ainsi, il se compose de :

- Un ensemble d'espèces thermophiles, lénitophile exclusives aux stations Mn et Bz : *C. dipterum* qui préfère les eaux relativement calme à fond pierreux dominé par les graviers et *C. cf macrura* qui s'adapte mieux aux eaux rapides par son caractère rhéophile. Ces taxons semblent tolérer la pollution et les perturbations du débit. En plus, *C. luctuosa* qui est eurytope, eurytherme ubiquiste, et se rencontre dans tous les types de faciès avec une prédilection pour les zones lénitiques des cours d'eau à courant rapide.- Des espèces thermophiles exclusives et rares qui ont été notées seulement à la station de Bz: *P. stagnicola* qui se manifeste rarement dans les eaux rapides ; *E. rhotschildi*, l'espèce la plus eurytherme et la plus thermophile des Heptageniidae ; et *C. (Ch.) atlas*. Parmi ces espèces *Cl gr simile* qui a trouvé son biotope favori à la station polluée et fortement perturbée de Mn.

*Le groupement C : Il est représenté par une seule espèce thermophile *B. pavidus* préférant les stations de basse et moyenne altitude. Son biotope de prédilection se localise dans la station Br qui se caractérise par un courant moyen et des eaux à températures élevées. Sa position au centre du plan factoriel montre que c'est une espèce eurytope qui côtoie toutes les stations de l'oued Abdi.

3.3. Discussion

La richesse en espèce est influencée par les conditions environnementales [75]. En effet, la faune des Ephéméroptères était qualitativement pauvre (en total de 10 espèces seulement) dans nos stations d'étude, dont les plus riches sont les stations permanentes Bz et Mn avec respectivement 80% et 70%.

Tableau 4: Comparaison de la richesse spécifique (par genre) des Ephéméroptères de l'oued Abdi à celles d'autres régions du Maghreb [2, 8, 10, 11, 15, 17, 19, 23, 24, 25, 32, 33, 36, 37].

Genres	Abdi	Kabylie de Djurdjura	Chelif	Mazafran	Tafna	Algérie	Maroc	Tunisie
<i>Choroterpes</i>	1	2		2	2	2	3	2
<i>Habroleptoides</i>						1	2	
<i>Habrophlebia</i>		1		1	1		3	1
<i>Paraleptophlebia</i>					1	1	1	
<i>Potamanthus</i>		1		1	1	1	1	1
<i>Ephoron</i>					1	1	1	1
<i>Ephemera</i>			1	1	1	1	1	1
<i>Prosopistoma</i>					1			
<i>Brachycercus</i>					1	1	1	
<i>Sparbarus</i>								1
<i>Caenis</i>	2	2	1	2	2	5	2	2
<i>Serratella</i>					1	1	1	
<i>Acentrella</i>		1	1	1			1	
<i>Alainites</i>		1	1	1	1	1	2	1
<i>Baetis</i>	3	5	3	3	3	7	7	3
<i>Centroptilum</i>		1	1	1		2	1	
<i>Cheleocloeon</i>		1		1		1	1	1
<i>Cloeon</i>	2	2	2	2	1	3	2	2
<i>Labiobaetis</i>			1	1		1	1	1
<i>Nigrobaetis</i>		1				1	2	1
<i>Procloeon</i>	1	1	1	1		1	3	1
<i>Oligoneuriella</i>					1	1	1	
<i>Oligoneuriopsis</i>					1	1	1	
<i>Ecdyonurus</i>	1	1	1	1	1	3	2	1
<i>Epeorus</i>							1	
<i>Rhithrogena</i>		1		1			7	1
<i>Afronurus</i>								1
Total	10	21	13	20	20	36	48	22

En comparaison avec d'autres régions d'Algérie (tableau 4) : 21 espèces à la Kabylie du Djurdjura [31], 20 espèces à bassin de Tafna [11, 17], 20 au bassin du Mazafran et 13 au réseau du Chéelif [35, 36], et par rapport aux autres pays du Maghreb (tableau 4): 48 espèces enregistrées au Maroc [8, 19, 2] et 22 en Tunisie [10, 15, 23-25], la communauté des Ephéméroptères du réseau hydrographique Abdi est peu diversifiée ; Ceci peut s'expliquer par le climat semi aride de la région d'étude, la faible pluviosité et les températures estivales élevées (>35°C) qui conduisent à l'augmentation des périodes de sécheresse (Cas des stations Nd et Br en 2008), ce qui influence négativement la diversité biologique qui a tendance à être faible. A priori, ce phénomène a été observé également dans les cours d'eau temporaire de toutes les régions méditerranéennes à travers le monde: la Californie, le bassin méditerranéen, le Chili, l'Afrique du Sud et du Sud et du Sud-ouest de l'Australie [76-78].

Les paramètres, qui semblent influencer le plus la répartition des espèces dans le réseau hydrographique Abdi est la température et l'altitude. D'autres facteurs combinés à ces derniers tels que la végétation riveraine, la nature du substrat et la vitesse du courant, en seraient responsables également de cette répartition. Ce résultat est en accord avec les observations effectuées par [34] dans les cours d'eau de la Kabylie et [10] et [15] en Tunisie. En outre, les paramètres physico-chimiques des eaux (conductivité électrique, salinité, dureté, alcalinité et chlorures, polluants organiques) jouent également un rôle non moins négligeable dans la répartition et l'abondance de nos espèces. Ceci a été démontré par [11] dans les cours d'eau de l'Oranie et [79] en Tunisie.

À ces conditions s'ajoutent et se combinent toutes les activités anthropiques (pratiques culturelles, rejets domestiques, déjections animales, pâturage, diminution du débit sous l'effet de la canalisation pour irrigation, le lessivage, le lavage des voitures, élargissant des routes) qui se traduisent par l'altération des habitats des cours d'eau et, par voie de conséquence, par une réduction de la diversité biologique de ces milieux [80].

Conclusion

L'inventaire faunistique réalisé dans la présente étude constitue une base de données importante des régions semi arides et arides. La faune étudiée est caractérisée par une diversité taxonomique faible vu principalement à la faible pluviosité et aux températures estivales élevées. Ce qui conduit à l'augmentation des périodes de sécheresse.

La faune recensée dans ce travail se compose 13368 individus correspondant à 4 Familles et à 10 espèces. L'effectif du peuplement d'Ephéméroptères a montré que l'espèce *B. pavidus* est la plus dominante. Les espèces *C. luctuosa*, *B. rhodani* et *B. sinsepinosus* sont les suivantes numériquement inventoriés.

Une typologie physico-chimique des stations d'étude a en effet été mise en évidence en fonction de leur localisation géographique, temporalité, occupation du sol. Trois groupements des stations ont été identifiées : des stations semi temporaires du cours supérieur (Tha et Nd) qui sont localisées à de hautes altitudes, très proches de terrains agricoles et des agglomérations, et constituent des zones de pâturage ; des stations permanentes du cours moyen dont l'une est de haute altitude (Mn) reçoit des eaux usées domestiques et des décharges agricoles, l'autre se situe à une altitude moyenne (Bz) délimitée par des hautes montagnes et reçoit des effluents provenant des amonts de l'oued Bouzina ; et une station urbaine du cours inférieur à basse altitude (Br).

En outre, une biotypologie a été mise en évidence au cours de l'étude et a permis d'individualiser les mêmes groupements des stations : Celles (Tha et Nd) qui renferment les espèces (*B. rhodani*, *B. sinsepinosus*) préférant les eaux fraîches malgré leur large valence écologique ; les stations (Mn et Bz) qui englobe des taxons exclusives à écologie plus ou moins différente : *C. luctuosa*, *C. cf. macrura*, *P. stagnicola*, *E. rothschildi*, *C. atlas*, *C. dipterum*, *C. gr. simile* ; et celle (Br) qui abrite l'espèce la plus abondante et la plus eurytope, *B. pavidus*

Références

1. Alba-Tercedor J., Picazo-Muñoz J., Zamora-Muñoz C., *Canadian Scholar's Press Inc., Toronto.* (1995) 41.
2. El Alami M., Thèse de Doctorat d'Etat Hydrobiologie, Université Abdelmalek Essaadi, Faculté des Sciences - Tétouan, Maroc, (2002).
3. Eaton A. E., *Ent. Month. Marg.* 35 (1899) 4.
4. Lestage J. A., *Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique du nord.* 16 (1925) 8.
5. Gauthier H., Thèse de Doctorat Es-Sciences, (1928).
6. Navás L., *Boln Soc. ent. Esp.* 18 (7-9) (1935) 77.
7. Kimmins D. E., *Ann. Mag. Nat. His.* 11 (1) (1938) 302.
8. Dakki M., El Agbani M. N., *Bull. Inst. Sci. Rabat.* 7 p (1983) 115.
9. Thomas A. G. B., Boudizi A., *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse.* 122 (1986) 7.
10. Boumaiza M., Thomas A.G.B., *Archs. Inst. Pasteur Tunisie.* 63 (4) (1986) 567.
11. Gagneur J., Thomas A. G. B., *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse.* 124 (1988) 213.
12. El Alami M., Thèse de 3^{ème} cycle, Université Mohamed V, Faculté des Sciences - Rabat, Maroc, (1989).
13. Thomas A. G. B., Bouzidi A., Sartori M., Assef S., Ajakane A., *Mitt. Schweiz. ent. Ges.* 66 (1992) 369.
14. Thomas A.G.B., Gagneur J., *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse.* 130 (1994) 43.

15. Boumaiza M., Thomas A. G. B., *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse.* 131 (1995) 27.
16. El Alami M., Dakki M., *Bull. Inst. Sci., Rabat.* 21 (1998) 51.
17. Thomas A. G. B., *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse.* 134 (1998) 13.
18. Alba-Tercedor J., El Alami M., *Aquatic Insects.* 21 (4) (1999) 241.
19. El Alami M., Dakki M., Errami M., Alba-Tercedor J., *Zool. Baetica.* 11 (2000) 105.
20. Peru N., Thomas A., *Ephemera.* 3(2) (2001) 75.
21. Zrelli S., Bejaoui M., Korbaa M., Boumaiza M., *Zoologica Baetica.* 17 (2006) 91.
22. Abdaoui A., El Alami M., Ghamizi M., *Tra. Inst. Sci., Série Zoologie, Rabat.* 47 (I) (2010) 01.
23. Zrelli S., Boumaiza M., Bejaoui M., Gattolliat J. L., Sartori M., *Revue Suisse de Zoologie.* 118 (2011a) 3.
24. Zrelli S., Sartori M., Bejaoui M., Boumaiza M., *Zootaxa.* 3139 (2011b) 63.
25. Zrelli S., Gattolliat J. L., Boumaiza M., Thomas A., *Zootaxa.* 3497 (2012) 60.
26. Ben Moussa A., Chahlaoui A., Rour E., Chahboune M., *J. Mater. Environ. Sci.* 5 (1) (2014) 183.
27. Soldan T., Thomas A. G. B., *Acta. Ent. Bohemoslov.* 80 (1983a) 356.
28. Soldan T., Thomas A. G. B., *Annl. Limnol.* 19 (3) (1983b) 207.
29. Soldan T., Thomas A. G. B., *Acta. Ent. Bohemoslov.* 82 (1985) 180.
30. Lounaci-Daoudi D., Thèse de Magister, Université de Tizi-Ouzou, Algérie, (1996).
31. Lounaci A., Brosse S., Ait Mouloud S., Lounaci-Daoudi D., Mebarki N., Thomas A. G. B., *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse.* 136 (2000a) 43.
32. Lounaci A., Brosse S., Thomas A. G. B., Lek S., *Annl. Limnol.* 36 (2) (2000b) 123.
33. Maqboul A., Aoujdad R., Fekhaoui M., Fadli A., Touhami A., *Riv. Idrobiol.* 40 (2-3) (2001) 129.
34. Mebarki M., Thèse de Magister, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie, (2001).
35. Arab A., Thèse de Doctorat d'Etat, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Faculté des Sciences Biologiques, Alger, Algérie, (2004).
36. Arab A., Lek S., Lounaci A., Park Y. S., *Annl. Limnol.* 40 (4) (2004) 123.
37. Belaidi N., Taleb A., Gagneur J., *Annl. Limnol.* 40 (3) (2004) 237.
38. Lounaci A., Thèse de Doctorat d'Etat, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie, (2005).
39. Hafiane M., Mémoire de Magister, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Faculté des Sciences Biologiques, Alger, Algérie, (2009).
40. Hamzaoui D., Mémoire de Magister, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Faculté des Sciences Biologiques, Alger, Algérie, (2009).
41. Yasri N., Mémoire de Magister, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Faculté des Sciences Biologiques, Alger, Algérie, (2009).
42. Grimes S., Thèse Doctorat d'Etat Es-Sciences-Biologie et pollution marine, Université d'Oran, Faculté des Sciences Algérie, (2010).
43. Haouchine N., Mémoire de Magister, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Faculté des Sciences Biologiques, Alger, Algérie, (2010).
44. Karrouch L., Thèse Doctorat Es-Sciences-Biologie, Faculté des Sciences-Meknès, (2010).
45. Hafiane M., Arab A., Bebbi N., Arigue S. F., *Actes du Séminaire International sur la Protection des végétaux. Ecole Nationale Supérieure Agronomique El Harrach, Dép. Zool. Agri. Forest.,* du 18 à 21 avril (2011) 163.
46. Haouchine S., Mémoire de Magister, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Faculté des Sciences Biologiques et Sciences Agronomiques, Algérie, (2011).
47. Zougaghe F., Macro-invertébrés Benthiques du Bassin Versant de la Soummam: Systématique, Biogéographie & Ecologie [Broché]. Éditions Universitaires Européennes, (2013).
48. Baala F., Mémoire de Magister, Université El Hadj Lakhdar de Batna, Département Sciences de la Terre, Algérie, (2012).
49. Laffitte R., Etude géologique de l'Aurès. Thèse de Sciences, Paris. B.S.G.A. 1° série. n° 11 (1939).
50. Mary N., Thèse de Doctorat, Université France du Pacifique, France, (1999).
51. Alba-Tercedor J., *Barrientos, J.A. (coord.): Asoc. Esp. Entomologia.* 6 (2) (1988) 359.
52. Belfiore C., Guide pre il riconoscimento delle specie animali delle arca interne Italiane (24) Effemeroteri (Ephemeroptera). *Collana del progetto finalizzato, Promozione Della Qualità Dell'Ambiente AQ* (1983).
53. Macan T. T., A key to the NYMPHS of the British species of EPHEMEROPTERA. Freshwater Biological Association, Scientific publication n° 20, Westmorland, U.K. (1961).
54. Malzachier P., *Stuttgarter Beiter. Naturk A.* 373 (1984) 1.
55. Müller-Liebenau I., *Gewässer and Abwässer.* (48-49) (1969) 1.
56. Alba-Tercedor J., Zamora-Muñoz C., *Aquatic Insects.* 15(4) (1993) 239.
57. Tachet H., Richoux P., Bournaud M., Usseglio-Polatera P., *Invertébrés d'eau douce: Systématique, Biologie, Ecologie.* 15° Ed., CNRS Edition, Paris, France (2006).
58. Gattolliat J. L., Sartori M., *Zootaxa.* 1957 (2008) 69.
59. Dakki M., Thèse de Doctorat Es-Sciences, Université Mohamed V, Rabat, Maroc, (1986).

60. Gagneur J., Chaoui-Boudghane C., *Stygologia*. 6 (2) (1991) 77.
61. Soldan T., Godunko R. J., Thomas A. G. B., *Genus*. 16 (2) (2005) 155.
62. Kluge N. J., Mayflies (Ephemeroptera) of East-European Plain, (2004). <http://www.insecta.bio.spbu.ru/z/faun-eur.htm>
63. Kraiem M. M., *Bull. Mens. Soc. Linnéenne de Lyon*. 55 (1986) 96.
64. Kraiem M. M., *Archs. Inst. Pasteur Tunis*. 64 (4) (1987) 463.
65. Studemann D., Landolt P., Sartori M., Hefti D., Tomka I., *Ephemeroptera. Insecta Helvetica Fauna* 9, (1992).
66. Bouzidi A., Giudicelli J., *Rev. Fac. Sci. Marrakech*. 8 (1994) 23.
67. Eaton A. E., *Trans. Entomo. Soc. London*. (1868) 279.
68. Brulin M., *Insectes*. 144 (1) (2007) 29.
69. Berrahou A., Thèse Doctorat d'Etat, Université Mohammed I, Faculté des Sciences, Oujda, Maroc, (1995).
70. Navás L., *Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique du Nord*. 20 (1929) 57.
71. Soldan T., Gagneur J., *Annl. Limnol.* 21 (2) (1985) 141.
72. Thomas A. G. B., Vitte B., *Annl. Limnol.* 24 (1) (1988) 61.
73. Bournaud M., Keck G., Richoux P., *Annl. Limnol.* 165 (1) (1980) 55.
74. Giudicelli J., Thèse de Doctorat, Université Aix-Marseille, France, (1968).
75. Legendre P., Legendre L., *Numerical ecology*. Elsevier, Amsterdam. (1998).
76. Williams D. D., *Journal of the North Amer. Benthol. Soc.* 15 (1996) 634.
77. Del Rosario R. B., Resh V.H., *Journal of the North Amer. Benthol. Soc.* 19 (2000) 680.
78. Bonada N., Doctoral Thesis, University of Barcelona, Barcelona, Spain, (2003).
79. Boumaïza M., Thèse de Doctorat d'Etat Es-Sciences-Biologie, Faculté des Sciences, Tunis, Tunisie, (1994).
80. Kaushal S.S., Likens G.E., Jaworski N.A., Pace M.L., Sides A.M., Secor D.H., Wingate R.L., Rising stream and river temperatures in the United States. *Frontiers in Ecology and the Environment*. (2010) 100323112848094 DOI: 10.1890/090037.

(2015) ; <http://www.jmaterenvirosci.com>