



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
جامعة باجي مختار - عنابة
UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR - ANNABA

FACULTÉ DES SCIENCES
DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE

THÈSE DE DOCTORAT ES SCIENCES
Spécialité : Biologie animale



Intitulé :

CONTRIBUTION A LA CONNAISSANCE ET A LA MISE A JOUR DES
ODONATES DES COURS D'EAUX DE LA RÉGION D'EL-KALA:
BIOECOLOGIE DES POPULATIONS BIOINDICATRICES DE POLLUTION
CAS DE L'OUED BOUARROUG



Présentée par : Akila BOUZIANE

Directrice de thèse: Mme BENCHALEL W. (MCA, Université Badji Mokhtar - Annaba)

Jury d'examen

Président :

Mme. ZIANE N. (MCA, Université Badji Mokhtar - Annaba)

Examineurs :

Mme. CHAKRI K. (Professeur, Université Badji Mokhtar - Annaba)
Mme LAZLI A. (MCA, Université Chadli Bendjedid - El-Tarf)
Mme DJELLOUL R. (MCA, Université Chadli Bendjedid - El-Tarf)
Mr. TIAR. G. (MCA, Université Chadli Bendjedid - El-Tarf)



DEDICACES

A la mémoire de papa décédé le 25-mai-2004;

*A la mémoire de mama décédée le 15-
novembre-2014,*

*À la mémoire du Dr. Menai Rachid
Symbole d'el Imène; de la Réussite et de la
Volonté.*

(Reposez au Paradis-----)



REMERCIEMENTS



Je remercie le bon Dieu, grand miséricordieux de m'avoir donné la patience, le courage et la volonté pour réaliser ce travail.

*Ma profonde gratitude et mes remerciements chaleureux vont à ma directrice de thèse, Madame Wafa **BENCHALEL** (MCA, Université Badji-Mokhtar, Annaba), pour son soutien indéfectible, son humanisme, ses orientations et encouragements de tout le temps, bref, pour tout !*

*Mes remerciements sincères vont également à Madame Zihad **BOUSLAMA** (Professeur et directrice du Laboratoire (EcoSTAq), Université Badji-Mokhtar, Annaba), qui m'a accordé sa confiance et la chance de faire partie du laboratoire EcoSTAq, d'y faire cette thèse de doctorat.*

Je remercie les membres du jury d'avoir accepté d'évaluer ce travail en dépit des différentes responsabilités qui leur incombent et pour l'attention qu'ils ont portée à ce document de thèse:

*Madame Nadia **ZIANE** (MCA, Université Badji-Mokhtar, Annaba), pour l'honneur qu'elle me fait en présidant mon jury de soutenance.*

*Madame Amel **LAZLI** (MCA, Université Chadli- Bendjedid, d'El-Tarf) d'avoir accepté d'examiner mon travail de recherche. Je la remercie infiniment pour sa gentillesse et sa célérité.*

*Madame Khemissa **CHAKRI** (Professeur, Université d'Annaba), qui me fait l'honneur d'examiner et de juger ce travail. Je lui exprime ma profonde gratitude.*

Madame Djelloul Radia (MCA, Université Chadli- Bendjedid, d'El-Tarf), d'honorer mon jury de soutenance. Je lui exprime ici mes sincères remerciements.

Monsieur Ghoulem TIAR, (MCA, Université Chadli- Bendjedid, d'El-Tarf), d'avoir accepté de juger ce travail. Qu'il soit vivement remercié.

Un "GRAND MERCI" à mon mari, Yacine, pour m'avoir facilité la tâche pendant les moments les plus difficiles. Ta patience, ta générosité et ton aide précieuse sur terrain m'ont rendu les choses plus simples. Merci pour ton soutien!

Ma gratitude et mes remerciements particuliers à mon beau frère Abdelwaheb SELMI (MCA, Université Badji-Mokhtar, Annaba) pour sa gentillesse, ses conseils ainsi que ses encouragements continuels.

Mes sincères remerciements s'adressent particulièrement à mon cousin Monsieur, Abdelhak ACIDI Professeur, Université Badji-Mokhtar, Annaba) pour son aide, ses multiples conseils. Je lui exprime toute ma gratitude.

Je n'oublierai jamais l'aide précieuse sur terrain de mon amie dévouée Melle Sihem HAMEL.

Je tiens à adresser mes vifs remerciements à toutes mes connaissances, à ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail et à ceux qui prendront la peine de le juger.

Enfin, je ne saurai terminer sans remercier tous les membres de l'équipe " Ecologie des Populations Invertébrées" du laboratoire "EcoSTAq", masters et doctorants qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail de recherche, équipe présidée et dirigée par le Dr. Wafa BENCHALEL.

Je tiens, pour terminer, à adresser mes salutations sincères à tous les membres de ma famille qui m'ont tous encouragée à un moment ou à un autre et qui ont participé chacun à sa façon dans cette belle aventure.

J'ai certainement oublié certaines personnes involontairement, mais je vous assure qu'une thèse de Doctorat a un réel effet sur la mémoire !!!

FIGURES

N°	Titre	Page
1	Anatomie des odonates adultes (Source : Sfo nationale.02/2007).	9
2	Photo Zygoptères: <i>Lestes viridis</i> , (oued Bouarroug 2015) (Cliché, A. Bouziane, 2015).	9
3	Photo Anisoptère, <i>Anax imperator</i> (oued Bouarroug, 2015). (Cliché, étudiants master 2, 2015).	10
4	Photo Larve de Zygoptère (Cliché, A. Bouziane, 2015).	11
5	Photo Larve d'Anisoptère (Cliché, A. Bouziane, 2015).	11
6	Extrémités abdominales chez les larves de Zygopères et d'Anisoptère (Source : SFO nationale, 08/2007)	12
7	Cycle de développement des Odonates (Source : Plaquette PNA Odonates)	13
8	Photo Oviposition chez <i>Platicnemis subdilata</i> (Oued Bouarroug, 2015). (Cliché, W. Benchalel, 2015).	14
9	Émergence d'un <i>Orthetrum cancellatum</i> femelle (Source: Jourde, 2004)	15
10	Photo Accouplement chez <i>Orthetrum anceps</i> (Cliché, A. Bouziane, oued Bouarroug, 2015).	17
11	<i>Crocothemis erytraea</i> attaquée par une araignée	19
12	Une femelle d' <i>orthetrum</i> se rassasie d'un <i>Sympétrum striolatum</i>	20
13	Limites géographiques du Parc national d'El Kala (36°52'N à 8°27'E) (Source : (Benyacoub, 1996). Carte modifiée).	23
14	Situation et limites géographiques de l'aire du Parc National d'El-Kala (Dans Bentouili, 2007)	25
15	Diagramme ombrothermique d'El Kala (1913-1938) (Altitude : 10m) (Dans Belouahen-Abed, 2012)	31
16	Diagrammes ombrothermiques de la station d'El-Kala pour les series (1913-1938) et (1978-2004) (etablis-par Tir, 2009).	32
17	Réseau Hydrographique du Parc National D'El Kala (Dans Bentouili, 2007)	36

18	Image satellitaire représentant les quatres stations d'échantillonnage	43
19	Photos prises dans le Parc animalier de Brabtia (<i>Cliché, A. Bouziane, 2015</i>).	44
20	Photos prises dans le Parc animalier de Brabtia (<i>Cliché, A. Bouziane, 2015</i>).	44
21	Images satellitaires représentant les quatres stations d'échantillonnage (Google Earth 2017 modifiée).	45
22	Images satellitaires représentant les quatres stations d'échantillonnage (Google Earth 2017 modifiée).	45
23	Photo de la station (ST1) . (36°50,337'N, 8°19,253'E) (<i>Cliché, A. Bouziane, 2015</i>).	47
24	Photos de la station (ST2) . (36°50,514'N, 8°19,311'E) (<i>Cliché, A. Bouziane, 2015</i>).	47
25	Photo de la station (ST3) . (36°50,952'N, 8°19,724'E) (<i>Cliché, A. Bouziane, 2015</i>).	48
26	Photo de la station (ST4) . (36°50,571'N, 8°19,451'E). (<i>Cliché, A. Bouziane, 2015</i>).	48
27	Un multi-paramètre de terrain (WTW: Wissenschaftlich-Technische Workstation GmbH)	49
28	Le PH-mètre	50
29	Le conductimètre	50
30	Le turbidimètre	50
31	La hôte	51
32	Le spectromètre	51
33	L'incubateur	51
34	Le comparateur	51
35	Evolution mensuelle de la température de l'air <i>in situ</i> (suivi 2015/2016).	66
36	Evolution mensuelle de la température de l'eau <i>in situ</i> (suivi 2015/2016).	66
37	Evolution mensuelle du PH de l'eau <i>in situ</i> (suivi 2015/2016).	67

38	Evolution mensuelle de la profondeur de l'eau <i>in situ</i> (suivi 2015/2016).	67
39	Evolution mensuelle de la largeur du lit mouillé <i>in situ</i> (suivi 2015/2016).	68
40	Evolution mensuelle de l'oxygène dissous <i>in situ</i> (suivi 2015/2016).	68
41	Différence entre l'imago d' <i>O. forcipatus</i> et <i>O. uncatulus</i> . (source: site Web: SFO)	84
42	Abondance des larves prélevées à durant la période d'étude (2015-2016).	89
43	Abondance des larves de <i>Calopteryx hémorroïdalis</i> durant la période d'étude.	90
44	Larves de <i>Calopteryx hémorroïdalis</i> et émergence au laboratoire (Juin 2015) (Cliché, A. Bouziane).	90
45	Abondance des larves de <i>Lestes viridis</i> durant la période d'étude.	91
46	Larve de <i>Lestes viridis</i> et émergence au laboratoire (Juin 2015) (Cliché, A. Bouziane)	91
47	Abondance des larves de <i>Platynemis subdilatata</i> durant la période d'étude.	92
48	Larve de <i>Calopteryx hémorroïdalis</i> et émergence au laboratoire (Juin 2015) (Cliché, A. Bouziane)	92
49	Abondance des larves de <i>Ischnura graellsii</i> durant la période d'étude.	93
50	Larve de <i>Ischnura graellsii</i> prélevée en Juin 2015 (Cliché, A. Bouziane)	93
51	Abondance des larves de <i>Coenagrion puella</i> durant la période d'étude.	94
52	Larve de <i>Coenagrion puella</i> et émergence au laboratoire (Juin 2015) (Cliché, A. Bouziane).	94
53	Abondance des larves de <i>Ceriagrion tenellum</i> durant la période d'étude.	95
54	Larve de <i>Ceriagrion tenellum</i> et émergence au laboratoire (Juin 2015) (Cliché, A. Bouziane).	95
55	Abondance des larves d' <i>Anax imperator</i> durant la période d'étude.	96
56	Larve d' <i>Anax imperator</i> échantillonnées à oued Bouarroug (Cliché, A. Bouziane).	96
57	Abondance des larves de <i>Boyeria irene</i> durant la période d'étude.	97
58	Larve de <i>Boyeria irene</i> et émergence au laboratoire (Juin 2015) (Cliché, A. Bouziane).	97
59	Abondance des larves de <i>Gomphus lucasi</i> durant la période d'étude.	98

60	Larve de <i>Gomphus lucasi</i> et émergence au laboratoire (Juin 2015) (Cliché, A. Bouziane).	98
61	Abondance des larves de <i>Paragomphus geneii</i> durant la période d'étude.	99
62	Larve de <i>Paragomphus geneii</i> et émergence au laboratoire (Juillet 2015) (Cliché, A. Bouziane).	99
63	Abondance des larves d' <i>Onychogomphus uncatatus</i> durant la période d'étude.	100
64	Larve d' <i>Onychogomphus uncatatus</i> prélevée à oued Bouarroug (Cliché, A. Bouziane).	100
65	Abondance des larves d' <i>Orthetrum cancellatum anceps</i> durant la période d'étude.	101
66	Larve d' <i>Orthetrum anceps</i> et émergence au laboratoire (Août 2015) (Cliché, A. Bouziane).	101
67	Richesse spécifique dans les quatre stations de l'Oued Bouarroug	104
68	Distribution des imagos dans les différentes stations de l'Oued Bouarroug (Période de suivi: 2015/2016).	105
69	Distribution des fréquences d'abondance des différentes espèces d'Odonata échantillonnées à l'oued Bouarroug (Période de suivi: 2015/2016).	106
70	Dominance moyenne (%) des principales Odonates rencontrées durant la période d'étude (suivi: 2015/2016).	107
71	Dominance moyenne mensuelle (%) des principales Odonates rencontrées durant la période d'étude (suivi: 2015/2016).	108
72	Variations mensuelles des indices écologiques (Richesse spécifique, Indices de Shannon, Indice de Margalef et Indice d'équitabilité) durant la période d'étude	109
73	Analyse en composantes principales (ACP) effectuée entre les variables d'Odonates enregistrées (codées comme présence / absence) et les paramètres abiotiques.	111
74	Résultats de la corrélation du rang de tous les paramètres environnementaux de Pearson et de l'indice écologique odonates dans toutes les stations d'étude tout au long d'un cycle annuel 2015/2016.	112
75	Corps d'animaux (à gauche) et déchets organiques multiples (à droite) déversés dans la réserve de Brabtia.	120
76	Animaux domestiques au niveau de la station ST1 de oued Bouarroug.	121

TABLEAUX

N°	Titre	Page
1	Classification actuelle des Odonate, selon (D'aguillard, 1998)	07
2	Comparaison des moyennes pluviométriques annuelles en (mm) entre la série de Seltzer (1913-1938) et la série (1978-2004).	26
3	Hauteurs de pluie annuelle et nombre de jours de pluie (par an) et torrentielles (mm/24h). (Moyenne 1913-1938) Source : de Belair, 1990).	27
4	Moyennes mensuelles des températures à Skikda (1926-1938), Azzaba, Annaba et El-Kala (1913-1938) (Seltzer, 1946).	28
5	Humidité relative, moyenne annuelle en % de la station d'El Kala (Seltzer, 1946).	30
6	Humidité relative moyenne mensuelle en (%) de la station d'El Kala	30
7	Variations des paramètres environnementales et chimiques le long de oued Bouarroug	65
8	Résultats de la physico-chimie de oued Bouarroug au cours de la période d'étude.	69
9	Résultats des paramètres microbiologiques	72
10	Caractérisation de la végétation rivulaire des quatre stations de oued Bouarroug	73
11	Statut et richesse spécifique dans la zone d'étude (suivi: 2015/2016).	74
12	Périodes de vol des odonates adultes à l'oued Bouarroug (Période de suivi: 2015/2016).	103
13	Indices écologiques de diversité et de structure du peuplement (suivi : 2015/2016).	109

SOMMAIRE

Introduction	01
--------------------	----

CHAPITRE I. GENERALITÉS SUR LES ODONATES.

I.1.Systématique et Classification	07
I.2.Description morphologique et anatomique	08
I.2.1.L'adulte	08
I.2.2.Les larves	10
I.3.Cycle de développement	13
I.3.1. Œufs et Oviposition	13
I.3.2.Le stade larvaire	15
I.3.3. La Métamorphose et l'émergence	15
I.3.4. Le stade adulte (imago ou parfait)	16
I.3.4.1. La période de maturation	16
I.3.4.2. L'accouplement	16
I.3.4.3. La période post-reproductive	17
I.4. Bio-écologie des Odonates	17
I.4.1. Migration des Odonates	18
I.4.2. Importance des Odonates	18
I.4.3. Menace, chasse et nourriture des Odonates	19
I.4.4. Habitat des Odonates	20

CHAPITRE II. DESCRIPTION DU MILIEU D'ÉTUDE.

II.1.Description générale du Parc National d'El-Kala	22
II.1.1.Limites et situation géographique	22
II.1.2.Les ensembles morpho structuraux naturels	24
II.1.3.Les facteurs climatiques	26
II.1.3.1.Précipitations	26
II.1.3.2.Les températures	28
II.1.3.3.Les vents	29
II.1.3.4.L'hygrométrie	30
II.1.4.La bioclimatologie	30
II.1.4.1.Le diagramme ombrothermique de Gaussen (1953)	31
II.1.5.Le réseau hydrographique	33
II.1.6.Biodiversité de la région	37
II.1.6.1.Richesse floristique	37
II.1.6.2.Richesse faunistique	39

CHAPITRE III. MATERIEL ET METHODES.

III.1.Description générale du site d'étude : l'oued Bouarroug	41
III.1.1.Limites et situation géographique	41
III.1.2.Station d'échantillonnage sur l'oued Bouarroug	44
III.2.Caractéristiques environnementales du site d'étude	49
III.2.1.Matériel	49
III.2.1.1.Matériel utilisé pour l'analyse de l'eau in situ	49
III.2.1.2. Matériel utilisé pour l'analyse des échantillons d'eaux in vitro.....	50
III.2.2.Méthodes	51
III.2.2.1.Méthodes de prélèvement des échantillons	51
III.2.2.1.1.Paramètres physico-chimiques mesurés	51
III.2.2.1.2.Les paramètres bactériologiques	55
III.3.Inventaire des odonates.....	56
III.3.1.Matériel utilisé	56
III.3.2.Méthode d'inventaire des Odonates	57
III.4. Analyse des données	59
III.4.1 Variations spatio-temporelles	59
III.4.2.Structure et organisation.....	61
III.4.2.1 Variation des indices de diversité biologique.....	61
III.4.3.Analyse en composantes principales (ACP) entre les assemblages d'Odonates enregistrés et les paramètres abiotiques.....	62

CHAPITRE IV. RESULTATS ET DISCUSSION.

IV.1. Résultats	64
IV.1.1. Caractérisation abiotique des stations d'échantillonnage.....	64
IV.1.1.1. Paramètres physico-chimiques (in situ)	64
IV.1.1.2. Paramètres physico-chimiques et bactériologiques (in vitro)	69
IV.1.1.2.1. Paramètres physique et chimiques.....	69
IV.1.1.2.2. Paramètres Spectrophotométriques.....	70
IV.1.1.2.3. Paramètres de volumétrie.....	71
IV.1.1.2.4. Paramètres microbiologiques.....	72
IV.1.2. Caractérisation de la végétation des stations d'échantillonnage.....	73
IV.1.3. Caractérisation du peuplement d'Odonates de l'oued Bouarroug.....	74
IV.1.3.1. Inventaire des espèces.....	74
IV.1.3.2. Description des espèces inventoriées.....	75
IV.1.3.3. Statut d'autochtonie et abondance des larves.....	88
IV.1.3.4. Phénologie adulte.....	102
IV.1.3.5. Variations spatio-temporelles.....	104
IV.1.3.5.1. Richesse spécifique par station d'échantillonnage.....	104
IV.1.3.5.2. Abondance des espèces dans les quatre stations.....	105
IV.1.3.5.3. Fréquence.....	106
IV.1.3.5.4. Dominance.....	107
IV.1.3.6. Structure et organisation.....	108
IV.1.3.6.1.Variation des indices de diversité biologique.....	108
IV.1.3.7.Variation de la richesse spécifique avec les facteurs environnementaux.....	110
IV.2 Discussion	113

CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	123
RÉSUMÉS.....	126
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	130
ANNEXES.....	149





INTRODUCTION

INTRODUCTION

Les zones humides font partie des ressources les plus précieuses sur le plan de la diversité biologique et la productivité naturelle (Acreman, 2000; Bonnet *et al.*, 2005). L'Algérie, de part sa configuration physique et la diversité de son climat, est riche en zones humides qui jouent un rôle important dans les processus vitaux (Zaafour, 2012; Samraoui et Menai 1999).

La Numidie orientale, où se situe la région d'El-Kala est une zone humide qui dispose d'une riche palette d'écosystèmes exclusifs au sein du bassin méditerranéen (Samraoui & Belair, 1997, 1998). Ces milieux, comme la plaine de Guerbaz à Skikda, le lac de Fetzara à Annaba et la zone humide d'El-Kala, ont été classés et protégés à l'échelle nationale et internationale par la convention Ramsar comme réserves naturelles, au vu de la richesse de leur faune et flore et la multitude de leurs milieux lenticques et lotiques. Il est à noter que la zone humide d'El-Kala a été classée également réserve naturelle par l'Unesco en 1990.

La recherche en écologie sur les eaux courantes (lotiques) d'Algérie était fragmentaire (Seurat, 1922, 1930; Gauthier, 1928; Vaillant, 1955) et ce n'est qu'à partir des années quatre vingt que des programmes d'étude en hydrobiologie se sont développés rapidement (Ait Mouloud 1981, Arab et Zardi, 1983, Djeridane et Salhi, 1983; Gagneur et al 1986; Aliane, 1986; Gagneur, 1987; Lounaci, 1987; Lounci & Daoudi, 1996; Lounaci *et al.*, 2000; Mebarki 2001; Lounaci, 2005; Lounaci et Vinçon, 2005 & Moubayed-Breil *et al.*, (2007).

La conservation des zones humides passe obligatoirement par une parfaite connaissance de la distribution de la faune et la flore qu'elles abritent. Plusieurs classes d'invertébrés, dont les insectes, sont en effet, utilisées pour servir comme phares pour évaluer la qualité des zones humides. Ils constituent plus de 50% de la diversité de la planète (Wilson, 1988) et près de 60% de celle du règne animal (Pavan, 1986) et prennent de plus en plus d'importance dans la recherche (Kevan., 1999) car ils participent à toute la gamme des processus naturels essentiels au maintien des systèmes biologiques. Leur importance écologique les rend utiles pour l'évaluation des perturbations ou des impacts environnementaux. (Lehmekuhl *et al.*, 1984; Rosenberg *et al.*, 1986).

Les Odonates (libellules et demoiselles) font partie des insectes les plus populaires. Ces insectes prédateurs liés aux zones humides (Dommanget, 1989), peuvent en effet, être considérés comme de bons bio-indicateurs de la dégradation des écosystèmes (Moore, 1997; Chovannec *et al.*, 2001, 2004 et 2005, Schmidt, 1985; Castella, 1987; Oertli *et al.*, 2005; Indermuhele *et al.*, 2008, Benchalel & Samraoui, 2012) et sont fréquemment utilisés pour surveiller l'intégrité écologique des écosystèmes d'eau douce (Oertli, 2008; Ferreras-Romero *et al.*, 2009). De par leurs exigences écologiques très étroites, ils rendent compte de la restauration de l'habitat (Samways & Taylor, 2004).

Les larves dont le mode de vie est aquatique constituent un groupe de premier choix pour l'évaluation, la surveillance et la gestion des zones humides. D'après Dommanget (1989), ces espèces sont très sensibles aux pollutions de l'eau et à l'eutrophisation qui leur sont néfastes et provoquent la disparition de la microfaune aquatique dont elles se nourrissent. Cette sensibilité quant à la qualité des habitats larvaires et de l'eau renforce l'intérêt d'étudier ce groupe (Boudot et Grand, 2006). Les conditions physico-chimique et microbiologique des milieux et la végétation aquatique ou semi-aquatique sont généralement responsables des cortèges présents. Les bouleversements des habitats ou les pollutions chimiques peuvent généralement influencer la présence de certaines espèces. Tous ces critères font des odonates un indicateur stable et sûr de la qualité des hydro-systèmes (D'amico *et al.*, 2004). Leur absence permet au contraire de se questionner sur les conditions écologiques du site.

De nombreuses investigations ont été entreprises pour appréhender l'odonatofaune algérienne (Selys, 1849, 1865, 1866, 1871, 1902; Kolbe, 1885; Mc Lachlan, 1897; Martin, 1901; 1910; Morton, 1905; Le Roi, 1915; Kimmins, 1934; Reymond, 1952; Nielsen, 1956; Dumont, 1978, 2007, Bouguessa, 1993; Benchalel, 1994 ; Samraoui et Menai, 1999) dont les plus récentes se sont focalisées sur la Numidie, située au nord-est du pays (Samraoui *et al.*, 1998; Samraoui et Corbet, 2000a; Samraoui, 2009; Khelifa *et al.*, 2011; Benchalel & Samraoui 2012, Bouchelouche *et al.*, 2015; Hafiane *et al.*, 2016; Zebsa, 2016; Yalles Satha & Samraoui, 2017; Benchalel *et al.*, 2017). Cette région abrite une biodiversité exceptionnelle (Samraoui et De Bélair, 1997, 1998) et un total de 45 espèces d'odonates (~ ¾ des espèces algériennes) y a été enregistré (Samraoui et Corbet, 2000).

Ce monde est aujourd'hui confronté à une véritable crise générale de la biodiversité (Marton-Lefèvre, 2010; Hooper *et al.*, 2012; Mendenhall *et al.*, 2012). Les écosystèmes aquatiques, considérés par de nombreux scientifiques comme les plus riches et les plus productifs de la planète, comptent parmi les plus gravement touchés par cette crise (Arthington *et al.*, 2010; Strayer et Dudgeon, 2010; Mace *et al.*, 2012). En 2000, les travaux de Sala *et al.*, ont démontré que la baisse de diversité enregistrée dans ces milieux au cours des dernières décennies est de loin supérieure à celle des écosystèmes terrestres les plus touchés.

Les nombreux services environnementaux, sociaux, économiques, culturels indispensables à l'homme, et rendus par ces milieux, sont aujourd'hui considérés comme menacés (De Groot *et al.*, 2010; Keddy, 2010; Mace *et al.*, 2012). La conservation de ces écosystèmes et en particulier des zones humides continentales, représente désormais un enjeu international mobilisant d'importants moyens politiques, humains et financiers (Davis, 1994; Kallis et Butler, 2001; Medde, 2014).

Les cours d'eau de la Numidie orientale abritent une odonatofaune très diversifiée (Riservato *et al.*, 2009); et bien que la majorité des populations soient classées comme «peu préoccupantes» (LC) à l'échelle mondiale (Union internationale pour la conservation de la nature – UICN, 1948), elles sont néanmoins très vulnérables au réchauffement climatique et aux perturbations anthropiques de leurs habitats.

Cette étude est consacrée aux odonates de l'oued Bouarroug dans sa traversée du parc animalier de Brabtia. Elle est soutenue par un projet de recherche et d'évaluation bioécologique (Code: D01N01UN230120150004) sur les écosystèmes lotiques situés dans la partie Est orientale de la Numidie. Le travail a été entrepris car une dégradation importante de l'habitat a été constatée au cours de la dernière décennie : modifications du cours d'eau dans la zone du parc animalier de la réserve de Brabtia, flux d'eaux usées, pompage continu de l'eau, pâturages intenses et l'accumulation de déchets organiques en aval dans les stations d'échantillonnage menacent tous les habitats aquatiques de la zone. Avant la réalisation de cette étude, les seules données disponibles sur ce cours d'eau, se limitaient aux observations et aux captures d'imago au cours des années 1990 (Samraoui, *et al.*, 1998; Benchalel, 1994; Benchalel & Samraoui, 2012).

Les objectifs de cette étude sont multiples, à savoir: (1) obtenir une nouvelle check-list des odonates de l'oued Bouarroug récemment complétée, (2) enregistrer les espèces autochtones (3) décrire les facteurs environnementaux et leur influence sur la distribution spatiale des populations et (4) estimer la santé de l'environnement.

*M*ethodologiquement, ce document s'organise en quatre chapitres:

Le premier présente les caractéristiques biologique et écologique de l'ordre des Odonates avec un accent particulier sur leur importance en tant que bio-indicateurs de la santé des zones humides.

Le second chapitre est consacré à la description générale de la zone d'étude de par son importance à l'échelle nationale et internationale.

Le troisième chapitre "matériel et méthodes" constituera le fond même de cette étude avec une description détaillée du lieu d'échantillonnage (l'oued Bouarroug) et du matériel et des méthodes consacrés à la réalisation de cette étude au laboratoire et sur le terrain.

Le quatrième chapitre expose les résultats obtenus et la discussion générale. Enfin, les principales conclusions sont présentées et des éléments de perspectives sont ensuite proposés.





CHAPITRE I

GÉNÉRALITÉS SUR LES ODONATES

CHAPITRE I

GÉNÉRALITES SUR LES ODONATES

Les Odonates ont une longue histoire dont témoignent de nombreux fossiles. Ils représentent l'un des plus anciens groupes d'insectes vivants aujourd'hui. Les fossiles des libellules connus comme insectes sont du Carbonifère supérieur et appartiennent au groupe Protodonata avec une envergure de plus de 70 cm.

La Vraie Odonata est parue au début de l'ère Permien, représentée par les sous-ordres éteints Protanisoptera, Protozygoptera (Tillyard, 1928). Les libellules modernes (Odonata de la stricto) sont un groupe monophylétique bien soutenu (Rehn, 2003; Trueman, 1996; Kristensen, 1975; Wheeler et al., 2001). Ils partagent plusieurs caractères uniques, notamment des organes génitaux masculins secondaires et le masque labial préhensile des larves.

Les odonates ou odonatoptères plus connus sous le nom de libellules, qui comptent près de 6000 espèces et sous-espèces dans le monde (Silsby, 2001; Aguilar et Dommanget, 1998), sont un ordre d'insectes à corps allongé, dotés de deux paires d'ailes membraneuses généralement transparentes, et dont les yeux composés et généralement volumineux leur permettent de chasser efficacement leurs proies.

Actuellement cet ordre n'est plus représenté que par trois sous-ordres : Zygoptères, Anisozygoptères et Anisoptères. Seuls les Zygoptères et les Anisoptères ont des représentants africains avec environ 700 espèces connues (Testard, 1981).

Ce sont des prédateurs que l'on peut rencontrer occasionnellement dans tout type de milieu naturel, mais qui se retrouvent plus fréquemment aux abords des zones d'eau douce à saumâtre, stagnante à faiblement courante, dont ils ont besoin pour se reproduire (Corbet, 1999).

L'étymologie (Odonate / libellule) a été établie en 1792 par le naturaliste Fabricius qui donna le nom d'**Odonata** aux libellules qui par la suite s'est francisé en **Odonate**. Réaumur, en 1742, utilise le terme de « demoiselles », puis Linné, le créateur de la systématique moderne l'applique en 1758 à toutes les espèces d'odonates.

I.1. Systématique et Classification

Règne : **Animalia**
 Phylum : **Arthropoda**
 Sous-phylum : **Hexapoda**
 Classe : **Insecta**
 Sous-classe : **Pterygota**
 Infra-classe : **Palaeoptera**
 Ordre : **Odonata**
 Sous-ordre : **Zygoptera**
 Sous-ordre : **Anisoptera**
 Sous-ordre : **Anisozygoptera** (seulement deux espèces, en Asie).

Tableau 1. Classification actuelle des Odonates, selon (D'aguillard, 1998)

Sous-ordres	Familles	Genres	Nombre d'espèces
Zygoptera	Calopterygidae	Calopteryx	9
	Lestidae	Lestes	52
		Sympecma	3
	Platycnemidae	Platycnemis	33
	Coenagrionidae	Ischnura	21
Enallagma		39	
Coenagrion		46	
Erythromma		5	
Pyrrosoma		3	
	Ceriagrion	2	
Anisoptera	Aeshnidae	Aeshna	32
		Anax	29
		Brachytron	1
		Boyeria	8
	Gomphidae	Gomphus	62
		Ophiogomphus	30
		Onychogomphus	6
	Cordulegastridae	Cordulegaster	32
	Corduliidae	Cordulia	3
		Somatochlora	42
		Epitheca	12
		Oxygastra	1
Macromia		79	
Libellulidae	Libellula	27	
	Orthetrum	60	
	Leucorrhinia	11	
	Sympetrum	60	
	Crocothemis	10	
	Trithemis	42	

I.2. Description morphologique et anatomique

I.2.1. L'adulte

Les adultes contrairement à de nombreux adultes d'insectes aquatiques, sont souvent très colorés. La coloration concerne le corps et parfois les ailes (Tachet *et al.*, 2000). Comme celui des autres insectes, le corps des imagos se divise en trois parties : tête, thorax, abdomen (**Fig. 1**).

- La tête : porte les antennes, les pièces buccales et les yeux composés de trois ocelles disposés en triangle sur le vertex. Celui-ci est en position horizontale sur la partie supérieure de la tête chez les Zygoptères ; il est projeté vers l'avant chez les Anisoptères, par la suite de l'extension des yeux. Les ocelles sont présents et visibles (Durand & Lèveque, 1981).
- Le thorax : se subdivise en deux parties inégales: à l'avant, un prothorax très réduit porte la tête et la paire antérieure de pattes et un sythorax, très volumineux résultant de la fusion du mésothorax et du métathorax et porte les ailes et les pattes médianes et postérieures (Aguilar & Dommanget, 1998).
- L'abdomen : est toujours plus long que chez les larves et souvent cylindrique. Peut être aplati dorso-ventralement ou très élargi (Libellulidae). Il est formé de 10 segments bien distincts avec les vestiges d'un 11e . Le 1er segment, imbriqué dans le synthorax, est très court, le 2e est plus allongé, les 3 à 7 sont les plus longs, les 8e et 9e sont assez courts et le 10e, généralement très réduit porte à l'extrémité différentes pièces de l'armature génitale et des cerques courts, unis et articulés (Aguilar & Dommanget, 1998; Tachet *et al.*, 2000). Les Odonates femelles et les mâles se distinguent car le mâle possède un appareil génital « secondaire », à fonction copulatrice et inséminatrice dont la structure est totalement différente des structures génitales des autres insectes (Durand & Lèveque, 1981).

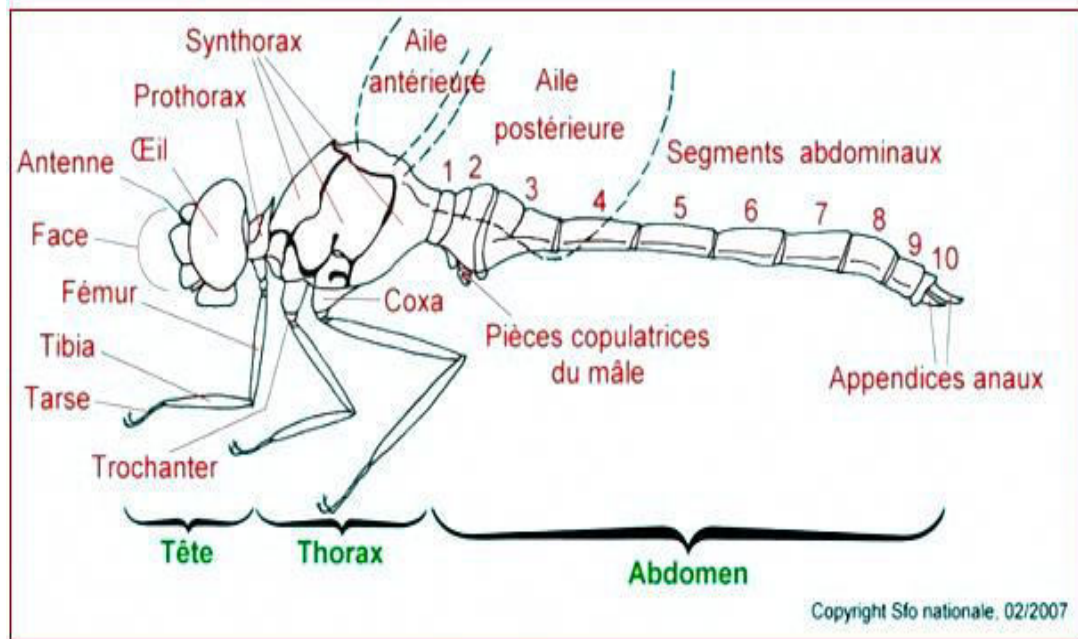


Figure 1. Anatomie des odonates adultes
(Source : Société française d'odonatologie (SFO) nationale.02/2007)

- Les Zygoptères (ou demoiselles)

Espèces fines et grêles, les yeux sont largement séparés, à vol peu soutenu et papillonnant (Doucet, 2013). Les ailes postérieures et antérieures de forme identique sont généralement jointes au dessus de l'abdomen, exception faite pour les Lestidés. Les espèces de cette famille tiennent leurs ailes légèrement ouvertes quand elles sont au repos (Aguilar & Dommaget, 1998) (Fig. 2).



Figure 2. Photo Zygoptères: *Lestes viridis*, (oued Bouarroug 2015)
(Cliché, EcoSTAq, 2015).

- **Les Anisoptères** (ou libellules "vraies")

Des espèces fortes, trapues, plus robustes, à vol puissant et ailes toujours écartées du corps (Aguilar *et al.*, 1985). La taille de leurs ailes antérieures et postérieures diffère (les ailes antérieures sont plus étroites que les postérieures). Leur vol est assuré et rapide, un peu comme un hélicoptère. Au repos, les ailes restent étalées à l'horizontale (Doucet, 2013) (**Fig. 3**).



Figure 3. Photo Anisoptère, *Anax imperator* (oued Bouarroug, 2015).
(Cliché, EcoSTAq, 2015).

I.2.2. Les larves

Le plan d'organisation est le même chez les larves et chez les adultes. Cependant, les larves ont une silhouette ramassée et possèdent un « **masque** » caractéristique formé par le labium (lèvre inférieure) et une coloration cryptique (mimétique) qui est une adaptation à leur milieu et à leur régime alimentaire (Corbet, 1999) (**Fig. 4 et Fig. 5**).

Leur forme générale est très allongée chez les Zygoptères, tandis qu'elle est courte et élargie chez les Anisoptères. A partir de l'oeuf et après un stade prolarve, elles grandissent en effectuant un nombre de mues variant suivant les espèces (Aguilar & Dommanget, 1998). Les larves sont de teinte relativement terne comparées aux adultes qui sont richement colorés dans leur ensemble (Tachet *et al.*, 2000).



Figure 4. Photo Larve de Zygoptère
(Cliché, A. Bouziane, 2015).



Figure 5. Photo Larve d'Anisoptère
(Cliché, A. Bouziane, 2015).

Chez les larves, l'extrémité de l'abdomen permet de différencier les Zygoptères et les Anisoptères (**Fig. 6**).

Chez les Zygoptères, l'extrémité de l'abdomen comprend :

Deux pièces latérales très courtes : les paraproctes, prolongé par une lamelle branchiale (lamelle caudale), et dorsalement un épiprocte plus court également prolongé par une lamelle branchiale. Ces lamelles branchiales ont des formes variées selon les genres et sont à la base de la classification des différents genres chez les odonates (Tachet *et al.*, 2000).

Chez les Anisoptères, l'abdomen se termine par une pointe conique (pyramide anale) constituée de deux paraproctes latéraux, flanqués de deux cerques uniarticulés et du côté dorsal d'un épiprocte impair (Tachet *et al.*, 2000).

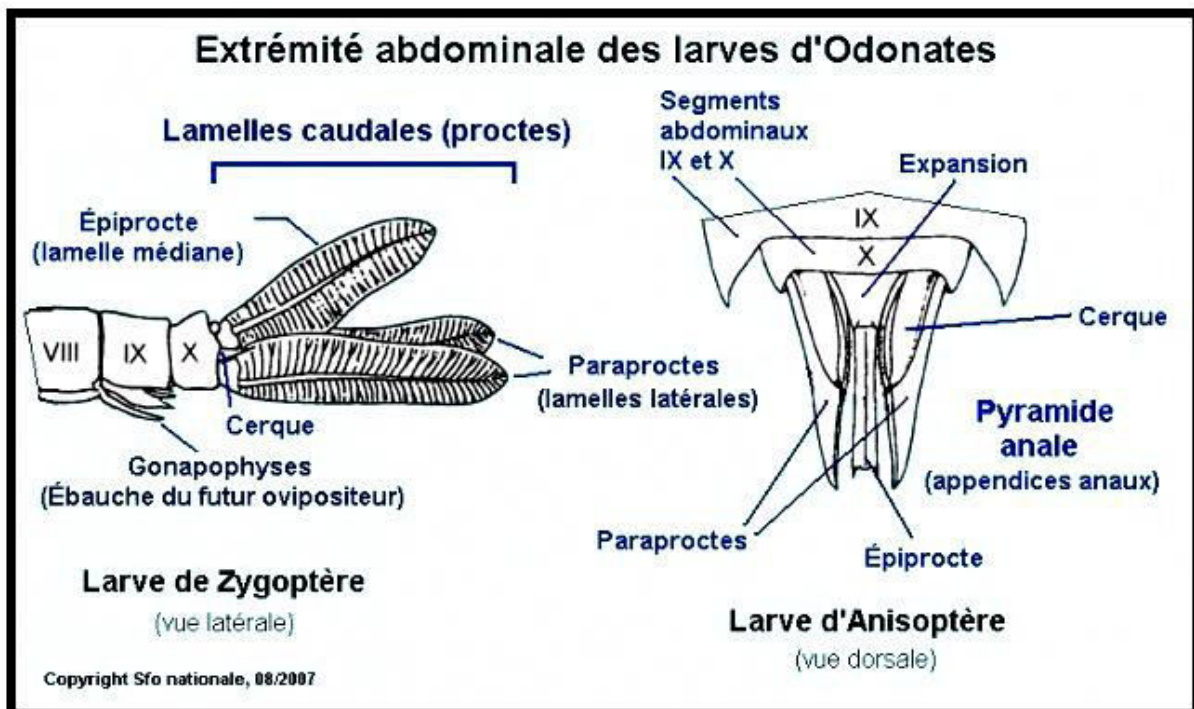


Figure 6. Extrémités abdominales chez les larves de Zygoptères et d'Anisoptères (Source : SFO nationale, 08/2007)

Les organes de reproduction et de copulation sont visibles sur la face ventrale du neuvième segment sous forme d'ébauche chez la larve préimaginale.

Chez le male, il s'agit des valves, chez la femelle des gonophyses dont l'ensemble formera, plus tard, l'ovipositeur de l'imago. Les gonophyses apparaissent sous forme de deux petites pointes qui émergent du pli entre le huitième et le neuvième segment chez les espèces à ovipositeur saillant (Heidemann & Seidenbusch, 2002).

I.3. Cycle de développement

Les Odonates ont un développement qui se fait avec une métamorphose incomplète avec trois stades : œuf, larve et adulte (**Fig. 7**).

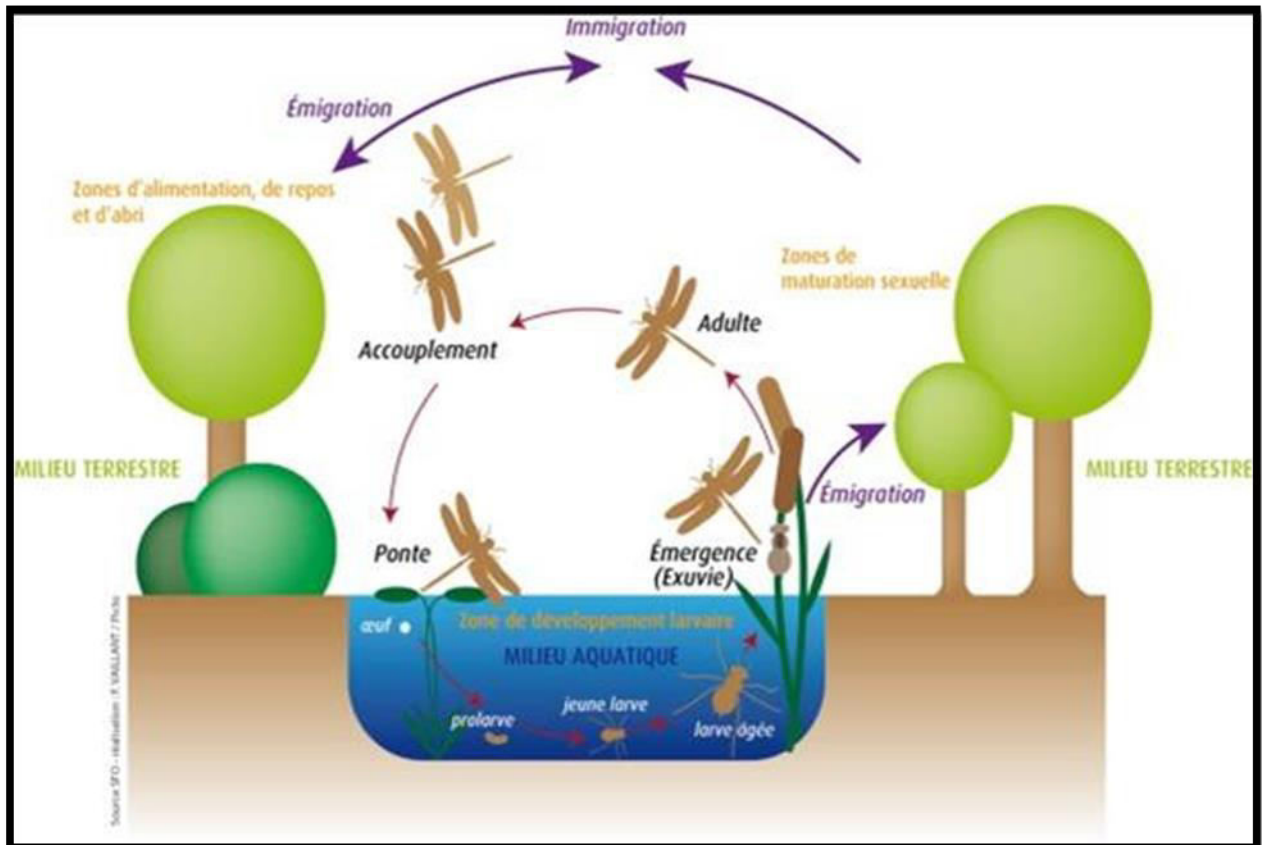


Figure 7. Cycle de développement des Odonates
(Source : Plaquette PNA Odonates)

I.3.1 Œufs et Oviposition

Les œufs des Odonates existent sous un large éventail de formes: de l'apparence d'un insignifiant grain de riz à ce qui ressemble à des mangues miniatures.

Les œufs, souvent entouré d'une couche plus ou moins épaisse de gelée, sont émis isolément comme chez *Crocothemis erythraea*, en paquet comme chez *Gomphus lucasii* et quelques fois groupés dans une substance mucilagineuse formant parfois un long cordon qui contient quelques milliers d'œufs chez *Orthetrum nitidinerve* (Khelifa et al., 2011). Le nombre d'œufs peut atteindre 1500 individus: une femelle pouvant produire plusieurs milliers d'œufs pendant son cycle biologique (Corbet, 1999). Les œufs éclosent 7 à 8 jours après la ponte mais l'éclosion peut être délayée de 80 jours (Miller 1992).

On compte trois différents types de ponte :

- endophytique (à l'intérieur d'une plante),
- épiphytique (sur la surface d'une plante),
- exophytique (sur l'eau ou la terre).

Dans beaucoup de cas, après la copulation, le male reste fixé à sa conjointe par l'extrémité de l'abdomen et vont à la recherche d'un lieu de ponte (Aguilar et Dommanget, 1985), cas de *Platycnemis sbdilatata* e (Observation personnelle) (**Fig. 8**). Dans d'autres cas, comme chez *Calopteryx heam* la femelle descend sous l'eau pour pondre pendant une durée de 10 minutes, le male étant complètement détaché (observation Benchalel à Oued Bouarroug en 1993).



Figure 8. Photo de l'oviposition chez *Platycnemis sbdilatata* (oued Bouarroug, 2015).
(Cliché, W. Benchalel, 2015).

I.3.2 Le stade larvaire

Toutes les naïades sont des prédateurs voraces qui se nourrissent de toutes sortes d'insectes allant de petits invertébrés comme les larves de moustiques par exemple aux petits vertébrés (poissons et grenouilles). Pendant ce stade, les naïades vont muer 9 à 17 fois avant de devenir adultes (Corbet, 1999). Le nombre de générations par an dépend de l'espèce d'Odonate. Lorsque les naïades sont prêtes pour leur mue finale (ou mue imaginale), elles quittent leur milieu aquatique et grimpent sur la rive ou sur la végétation où elles mueront en adultes : c'est l'émergence assurant le passage du milieu aquatique au milieu terrestre (Miller, 1992)(Fig. 9).

I.3.3 La Métamorphose et l'émergence

La métamorphose se traduit par de profonds changements morpho- physiologiques et même comportementaux de la larve pré imaginale (dernière mue imaginale) qui va transformer la larve en adulte ou imago (Corbet, 1999). Quelques jours avant l'émergence, la larve commence à quitter l'eau par intervalles de plus en plus longs, respirant progressivement avec les stigmates thoraciques, puis une dernière fois, elle quitte l'eau et se hisse sur un support pour sortir de sa cuticule et émerger (Domanget et Aguilar, 1998) (Fig. 9).



Figure 9. Émergence d'un *Orthetrum cancellatum* femelle
(Source: Jourde, 2004).

A ce stade, les odonates passent beaucoup de temps dans un état immobile, vulnérable et incapable d'échapper à toute tentative de prédation.

Le choix et la sélection du site et du timing jouent un rôle important pour minimiser le risque de mortalité durant l'émergence (Gribbin et Thompson, 1991; Corbet, 1999; Purse et Thompson, 2003). De nombreuses espèces ont adopté l'émergence nocturne pour échapper à la diversité des prédateurs tandis que d'autres ont plutôt un rythme d'émergence diurne ou même mixte (Corbet, 1999).

I.3.4 Le stade adulte (imago ou parfait)

L'identification des mâles et des femelles n'est pas une tâche difficile. Les mâles ont une poche sur les deuxième et troisième segments de l'abdomen qui contient les organes génitaux secondaires.

Les organes reproducteurs actuels des mâles se trouvent sur les derniers segments de l'abdomen ainsi que des appendices annaux (crochets ou hameçons) qu'ils utilisent afin de s'accrocher à la femelle pendant l'accouplement. Le mâle produit du sperme au niveau de l'abdomen et le transfère dans les organes génitaux secondaires puis dans le corps de la femelle.

Les femelles n'ont pas d'organes génitaux secondaires ni de crochet à l'extrémité de l'abdomen mais elles ont un orifice génital et un petit ovipositeur situé au bout de l'abdomen qu'elles utilisent pour déposer les œufs (Bybee, 2005).

I.3.4.1 La période de maturation

La maturité sexuelle est atteinte dans le cas général en 10-20 jours ou plusieurs mois. Cette maturation est marquée au plan éthologique par un retour au milieu aquatique des espèces qui s'en étaient écartées et au plan de la morphologie par l'acquisition de la livrée colorée définitive, plus vive ou au contraire plus foncée que celle de l'immature (Chutter, 1961; Corbet, 1962) et augmentation du poids et développement des gonades (Ueda, 1989).

I.3.4.2 L'accouplement

Chez de nombreuses espèces, l'accouplement se fait immédiatement après la capture d'une femelle par un mâle. Pour s'accoupler, les mâles de libellules doivent saisir les femelles grâce à leurs appendices annaux, au niveau de la tête ou du thorax selon les espèces. Les deux insectes forment alors un tandem. Les pièces copulatrices du mâle sont situées sur le deuxième segment abdominal mais ses organes génitaux sont sous le neuvième. La femelle

qui accepte l'accouplement replie son abdomen vers l'avant et, avec l'aide du mâle qui la ramène sous lui, les deux partenaires mettent en contact leurs pièces copulatrices. Les partenaires accouplés forment le cœur copulatoire (**Fig. 10**). L'accouplement peut-être très bref (quelques secondes) ou long et prendre plusieurs heures (Jourde, 2010).



Figure 10. Photo de l'accouplement chez *Orthétrum anceps* (Cliché, EcoSTAq, oued Bouarroug, 2015).

I.3.4.3 La période post-reproductive

Après la période de reproduction les couleurs des libellules deviennent ternes et les visites des adultes aux sites de reproduction cessent (Mayer, 1958 *In* Corbet, 1962). C'est une période généralement courte pour tous les odonates qui finissent par mourir de mort naturelle.

1.4. Bio-écologie des Odonates

Par rapport à d'autres groupes faunistiques, les odonates (libellules, demoiselles) forment un ensemble assez homogène quant à leur morphologie, leur cycle de développement et leur écologie générale. Le caractère le plus étonnant est l'appartenance de toutes les espèces à deux mondes radicalement différents: le milieu aquatique où se développent les larves et le milieu aérien où virevoltent les adultes. Ce changement de mode de vie implique d'importantes transformations physiologiques) (Jourde, 2004).

1.4.1 Migration des Odonates

Le mouvement des odonates pendant la saison de vol consiste en l'éloignement des deux sexes loin de l'eau après l'émergence pour passer une période de temps dans les habitats terrestres pour la maturation et puis le retour à l'eau pour la reproduction. Les mâles adultes passent la plupart de la journée près de l'eau (surtout les mâles territoriaux) tandis que les femelles visitent l'eau seulement pour déposer leur oeufs puis revenir à des zones terrestres (Corbet, 1999; Stoks et Cordoba, 2012).

La migration des libellules vers plusieurs continents est un phénomène bien connu (Russell *et al.*, 1998; Corbet, 1999; Moskowitz *et al.*, 2001). Au moins 25 à 50 des 5200 espèces de libellules à travers le monde ont été considérées migratrices (Russell *et al.*, 1998).

Ces mouvements pourraient conduire à la «dispersion», qui est le déplacement des individus loin de leur site natal (Ricklefs et Miller, 1999). Plusieurs avantages de ces mouvements ont été notés :

- Evitement de la consanguinité,
- Habitat d'une meilleure qualité,
- Faible densité de population
- Evitement des ennemis naturels comme les prédateurs, parasites et agents pathogènes (Stenseth et Lidicker, 1992).
- Evitement des extinctions locales (Harrisson, 1991; Holt, 1993),
- Transfert de gènes (flux de gènes) d'une population à l'autre (Broquet et Petit, 2009)
- Elargissement de l'aire de répartition géographique d'une espèce dans une zone donnée. (Ward et Mill, 2007; Angert *et al.*, 2011)

1.4.2 Importance des Odonates

Les Odonates, maillons essentiels des écosystèmes aquatiques continentaux, représentent aujourd'hui un des groupes taxonomiques les plus impactés par les activités anthropiques (Clausnitzer *et al.*, 2009; Lupi *et al.*, 2012).

Des menaces très variées peuvent avoir une influence importante sur l'état des peuplements de libellules. Parmi celles-ci, la plus importante semble être représentée par la destruction et la dégradation de leurs habitats aquatiques et terrestres (Kalkman *et al.*, 2008; Boudot *et al.*, 2009; Kalkman *et al.*, 2010).

1.4.3 Menace, chasse et nourriture des Odonates

- Parasites

Les libellules sont souvent parasitées par des « mites d'eau » qui s'agglomèrent sous le thorax ou l'abdomen. Les minuscules sphères rouges sont visibles à l'œil nu. Présentes en grande quantité, elles peuvent diminuer la longévité de leur hôte (Paulson, 2011).

- Proies

Les libellules sont au menu de plusieurs prédateurs (Fig. 12), les plus fréquents étant ceux de leur propre ordre. Les libellules mangent des libellules! Les diptères de la famille des Asilines capturent des adultes alors que les fourmis profitent de la vulnérabilité des libellules qui viennent d'émerger. Les araignées, les oiseaux, les batraciens et les poissons sont aussi d'importants prédateurs. (Paulson, 2011).

- Prédateurs

Les libellules sont des insectes prédateurs (Fig. 11). Elles chassent d'autres libellules, des Hémiptères, des Coléoptères, de petites mouches, etc. Leurs proies sont généralement beaucoup plus petites qu'elles. Toutefois, certaines espèces capturent d'autres libellules de la même taille qu'elles, profitant par exemple de la vulnérabilité qui suit l'émergence. (Paulson, 2011).



Figure 11. *Crocotthemis erytraea* attaquée par une araignée.
(Source: Photo Web).



Figure 12. Une femelle *d'orthétrum* se rassasie d'un *Sympétrum striolatum*
(Source: *Photo Web*).

1.4.4. Habitat des Odonates

Des bassins saumâtres aux lacs de montagne, des zones de source aux stations de retraits d'eau sur-polluées, les capacités d'adaptation des odonates sont telles qu'elles peuvent vivre dans les tourbières acides ou dans des sources pétrifiantes.

Certaines espèces d'odonates sont adaptées aux eaux vives et suroxygénées des accélérations des rivières, d'autres aux eaux stagnantes et eutrophes des marais. Certaines espèces font preuve d'une grande plasticité écologique et peuvent à la fois se reproduire dans des cours d'eau et étangs. La plupart des espèces ont cependant une préférence pour les eaux courantes (milieu lotique) ou stagnantes (milieu lentique). Quelques espèces ont développé des exigences particulières et se comportent en spécialistes (Poitou, 2009).





CHAPITRE II

DÉSCRIPTION DU MILIEU D'ÉTUDE

CHAPITRE II

DESCRIPTION DU MILIEU D'ETUDE

II.I Description générale du Parc National d'El-Kala

II.1.1 Limites et situation géographique

Le Parc National d'El-Kala (P.N.E.K) ($36^{\circ} 43' N$ à $36^{\circ} 57' N$ et de $7^{\circ} 43' E$ à $8^{\circ} 37' E$) est l'un des plus grands parcs d'Algérie et de la Méditerranée occidentale. Créé en 1983, il s'étend sur une superficie de 76438 ha et constitue un véritable laboratoire naturel.

Le Parc est composé d'une mosaïque d'écosystèmes forestiers, lacustres, dunaires et marins, lui conférant une haute valeur biologique et écologique dans le bassin méditerranéen. Sa flore, sa faune et son patrimoine culturel lui ont valu son inscription en tant que réserve de la biosphère par l'UNESCO en 1990.

Du fait de l'importance des richesses de la région d'El-Kala et dans l'optique d'une préservation de ces richesses, l'Algérie a adhéré à la Convention Ramsar (Décret N° 82-439 du 11/12/1982), en 1982, en inscrivant deux sites, le Lac Oubeïra et le Lac Tanga sur la liste Ramsar.

Le Parc National d'El-Kala est situé à l'extrême Nord-est de l'Algérie, à la frontière algéro-tunisienne et est intégralement inclus dans la Wilaya d'El Tarf. Correspondant presque au tiers de la superficie globale de son territoire. Il est limité :

Au Nord, par le littoral de la mer Méditerranée, au Sud, par les contreforts des monts de la Medjerda, à l'Est, par la frontière Algéro-tunisienne et à l'Ouest, par le Cap Rosa et l'extrémité de la plaine alluviale d'Annaba (**Fig. 13**).

Le Parc est un site d'importance capitale en raison, non seulement, de biotopes remarquables, où se côtoient des espèces endémiques, boréales et tropicales, mais aussi parce qu'il rassemble à lui seul une majeure partie de la faune et la flore du pays. Le territoire est constitué d'unités physiques variées, opposant en général un relief de montagnes et de basses plaines marécageuses.

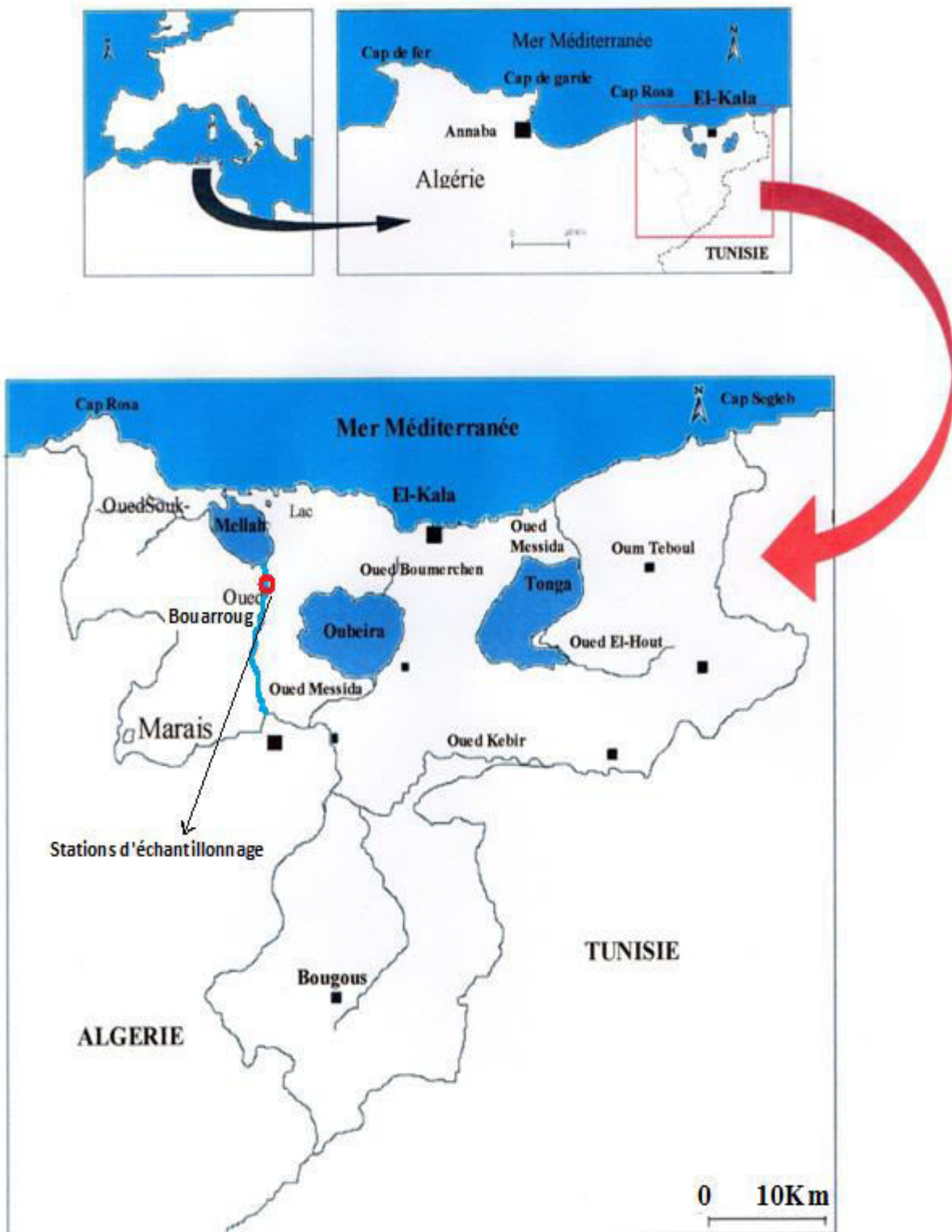


Figure 13. Limites géographiques du Parc national d'El Kala ($36^{\circ}52'N$ à $8^{\circ}27' E$)
(Source : (Benyacoub, 1996). Carte modifiée).

II.1.2 Les ensembles morpho structuraux naturels

- Le relief

Le relief du Parc National d'El Kala se compose d'une juxtaposition de dépressions dont certaines sont occupées par des formations lacustres ou palustres et de hautes collines de forme variées. Ainsi, on distingue du littoral vers le sud, des formations collinaires basses (dunaires ou non) de 30 à 310 m de haut (Djebel Koursi) avec une moyenne de 100 m de haut. Ces collines se prolongent sur 15 km vers le sud et s'interrompent au niveau de la vallée de l'oued El-Kébir. De grandes dépressions inter-collinaires hébergent dans cet ensemble les principaux lacs Tonga, Oubeira et Mellah. Au Sud, le relief passe en moins de 40 km de 0 à 1200 m d'altitude (Djebel Ghorra). On distingue les différentes unités morphostructurales suivantes (**Fig. 14**) :

- Le cordon dunaire littoral

Le cordon dunaire littoral s'étend sur une longueur de 40 Km d'Ouest en Est, et se prolonge vers le Sud jusqu'au pied de Djebel Segleb, formé essentiellement de sable quaternaire. Quatre niveaux de formations dunaires peuvent être identifiés, en se dirigeant du littoral vers l'intérieur des terres :

- Les plages à sable blanc;
- Les dunes littorales dont la partie occidentale vers Bordj Ali Bey;
- Les dunes sub-littorales à sable gris à l'Est;
- Les dunes intérieures à sable rouge dont la couleur est due aux dépôts de fer plus à l'Est.

Tout le système dunaire est fixé par une végétation entretenue par une ressource en eau de surface et souterraine considérable (système de nappes libres dans les dunes).

Les dunes mortes ou fixes sont les plus anciennes donc les plus éloignées du rivage. Elles sont fixées par une végétation dense (chêne Kermès, maquis ...) bien stabilisées, même en cas de destruction du couvert végétal par le feu.

Les principales dunes sont celles de Cap Rosa, de Mezira, et de la Messida.

- Les plaines sub-littorales

Elles présentent un relief plat à ondulé et occupent environ 40% du territoire de la région d'El Kala. Au Nord, elles sont caractérisées par les alluvions et permettent des cultures très variées. Au Sud, elles se réduisent à une série de petites vallées drainant les affluents de oued Kébir-Est. Dans la partie Nord, on rencontre une multitude de cuvettes et de dépressions inter-

collinaires occupées par des lacs et des étangs de toutes tailles. L'altitude ne dépasse pas les 300 mètres.

La plaine d'Oum Teboul à l'Est et celle de Boumalek à l'Ouest sont les plus importantes. Ces dépressions, en relation avec les dunes littorales, présentent un intérêt hydrogéologique considérable. D'ailleurs leurs réserves alimentent en eau potable les collectivités d'Oum Teboul, El Gantra El Hamra, Boumalek....etc.

- Les montagnes telliennes

Une partie du versant Nord des monts d'El Kala s'élève pour atteindre une altitude moyenne de 1100 mètres. Les monts, dont les lignes de crêtes sont approximativement orientées Ouest, Sud-ouest, Nord-est, ont subi des phénomènes de torsion qui ont brutalement changé leur direction générale vers le Nord-est. Des prolongements vers la mer de ce mouvement du relief sont observés en deux points particuliers : le Cap Rosa et le Cap Segleb.

En effet, le relief se caractérise par un pendage important : 09% de pentes faibles, 11% moyennes, 80% fortes à très fortes, ce qui constitue exceptionnellement un paysage montagneux fortement parcouru par un réseau hydrographique bien développé en altitude pour acheminer ses eaux vers le domaine des plaines au Nord.

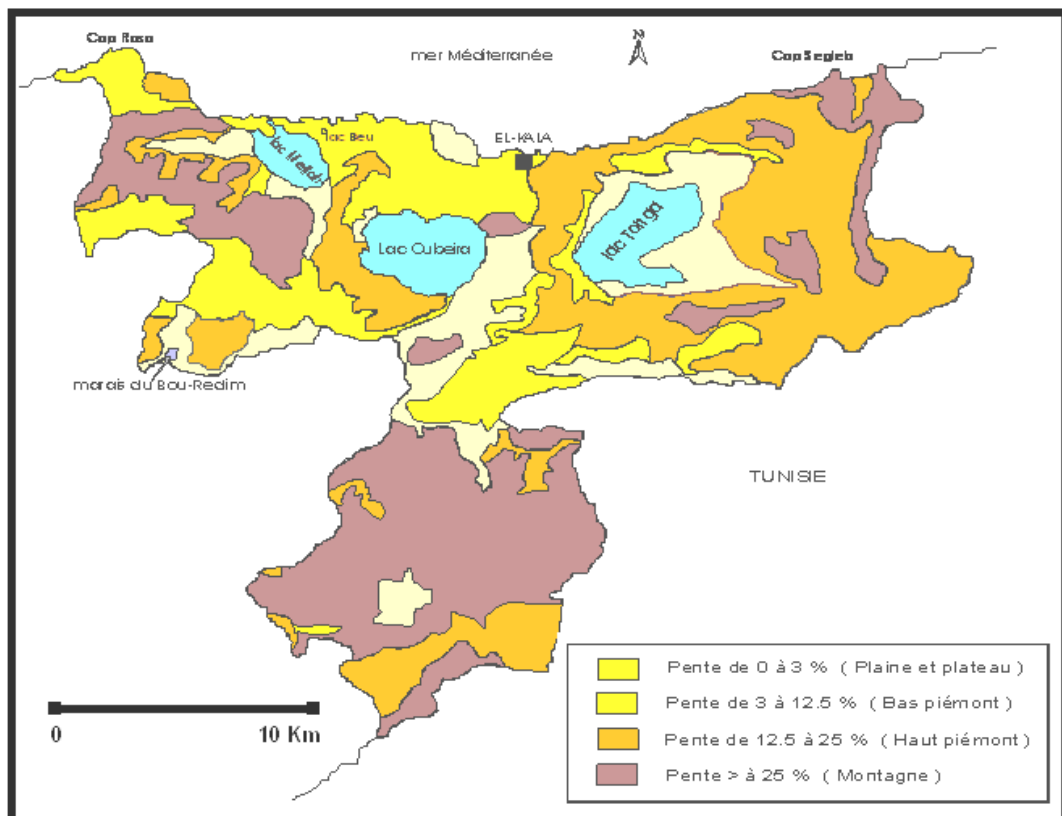


Figure 14. Situation et limites géographiques de l'aire du Parc National d'El-Kala (Dans Bentouili, 2007)

II.1.3 Les facteurs climatiques

Le climat, est un facteur déterminant en région méditerranéenne, vu qu'il orchestre l'établissement, l'organisation et le maintien des écosystèmes. Les données anciennes de (Seltzer, 1946) complétées par des observations plus récentes ont été utilisées et, bien que fragmentaires comme le souligne (Belair, 1990) et Tir (2008-2009), donnent une idée générale sur les caractéristiques bioclimatiques régionales.

II.1.3.1 Précipitations

Les données climatiques anciennes en comparaison avec les observations plus récentes de la série (1978-2004) (Tir 2008-2009) ont révélé que le climat de la Numidie algérienne (ou Tell oriental) est très variable d'une année à l'autre pour une même station.

Selon (Marre, 1992), il serait plus sec que celui de l'entre deux guerres : les moyennes pluviométriques sont souvent inférieures de 100 à 200 mm. Par exemple, durant les vingt (20) dernières années, le déficit pluviométrique moyen annuel avoisine même les 300 mm à El-Kala. En effet, l'étude comparative des moyennes pluviométriques annuelles de deux séries : Seltzer (1913-1938) et (1978-2004) des travaux de Tir (2008-2009) présentée ci-dessous confirme ces observations : (Tab. 2) :

Tableau 2 : Comparaison des moyennes pluviométriques annuelles en (mm) entre la série de Seltzer (1913-1938) et la série (1978-2004).

Stations	1913-1938	1978-2004
El Kala	910mm	699mm
Annaba	787mm	683mm

Une analyse plus fine des cartes pluviométriques de l'Algérie au 1/50000 (Gausse et Bagnouls, 1948; Chaumont et Paquin, 1971) révèle que les précipitations sont abondantes et souvent supérieures à 2000 mm sur les sommets, et leur répartition se calque sur le relief avec un versant septentrional (nord) humide et un versant méridional (sud) plus sec : Il est reconnu en Algérie que la pluviosité est liée à l'orographie.

Selon (Marre, 1992) en s'inspirant de (Seltzer, 1946), le Tell oriental algérien et plus spécialement son versant Nord, est très arrosé. Les stations littorales reçoivent des précipitations égales ou proches de 1000 mm par an : Cap de Garde 682 mm, Séraïdi 919 mm et Edough 1169 mm, Annaba port 787 mm, Cap Rosa 902 mm, El-Kala 600 à 900 mm, 910 mm selon (Seltzer, 1946) (Tab. 3).

Tableau 3 : Hauteurs de pluie annuelle et nombre de jours de pluies (par an) et torrentielles (mm/24h). (Moyenne 1913-1938) Source : (de Belair, 1990) complétée

Stations	Moy.an(mm)	Nbre jours pluie / an.	Nombre de pluies torrentielles (mm/24h) Repartition par intensite			
			30-50	50-70	70-100	+ 100
Edough	1169	86	184	54	12	5
Cap de garde	682	96	76	7	3	---
Bouteldja	821	-	-	-	-	-
Cap Rosa	902	93	113	30	5	---
Lac Tonga	978 ; (Ecart entre 1946/47 : 1241mm et 1960/61 : 693.7 mm)					
El Kala	910	115	113	26	3	1

Les précipitations présentent la particularité de se déclencher souvent sous forme d'orages violents qui interviennent surtout entre Novembre et Janvier. Ainsi, il a été dénombré 197 jours de pluies torrentielles à El-Kala. (**Tab. 3**).

Ces pluies orageuses torrentielles ont la particularité de jouer un grand rôle pédologique d'abord, et géomorphologique par la suite sur un long espace de temps.

Elles favorisent le ruissellement et les mouvements de masse de terre après en été et se présentent comme des facteurs physiques naturels accentuant la dégradation des sols desséchés (Marre, 1992).

Le Tell oriental algérien apparait d'une manière générale comme un milieu humide. Cependant, la répartition annuelle des précipitations avec la sécheresse estivale de type méditerranéen, rend le climat difficile et pose des problèmes d'eau : pendant l'hiver, la végétation et les animaux en ont en excès, ainsi les plaines de Annaba et El Tarf sont inondées; mais pendant l'été, le déficit est très durement ressenti.

Ce fort contraste saisonnier qui n'est pas toujours compensé par les réserves des nappes phréatiques, elles mêmes soumises à un pompage excessif pour les besoins agro-industriels et domestiques apparait très nettement dans le taux de couverture du sol par la végétation. Ceci s'explique par le rôle du "facteur eau" constituant à la fois un élément indispensable aux développements des êtres vivants et un milieu de vie pour les organismes aquatiques.

Cette différenciation saisonnière est ainsi responsable d'une grande partie de la dynamique actuelle des versants.

II.I.3.2 Les températures

La température représente un facteur limitant de toute première importance car, elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (Ramade, 1984).

La variation brusque de la température est relativement faible comme nous l'illustrons sur le tableau des températures (Tab. 4). Ceci est dû bien entendu (pour Skikda, Annaba et El-Kala) à l'influence de la mer. Cette influence maritime est plus évidente en hiver qu'en été puisqu'il n'y a pas de retard sur les minima du mois de janvier (moyenne des minima autour de 10 à 14°C).

Tableau 4 : Moyennes mensuelles des températures à Skikda (1926-1938), Azzaba, Annaba et El-Kala (1913-1938) (Seltzer, 1946).

Station	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jun.	Jul.	Aou.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	An.
Azzaba	9,15	9.85	12.40	15.25	18.25	22.05	25.85	27,20	25,15	21,00	14,55	13,90	17,95
Skikda	10,55	11,05	13,05	14,55	17,65	20,80	23,90	24,75	22,70	19,10	15,05	11,85	17,10
Annaba	11,40	11,90	13,65	15,45	18,40	22,05	24,95	25,40	23,55	20,00	16,25	12,80	17,95
El Kala	12,00	12,55	14,35	16,25	19,15	22,50	25,40	26,10	24,70	20,70	16,75	13,15	18,60

La Numidie orientale et occidentale présentent un versant septentrional aux températures douces et ne connaissant pas de gel (ou accidentellement).

Sur le littoral, les températures moyennes annuelles sont comprises entre 18,8°C à Chétaibi; 17,1°C à Skikda; 17,9°C à Annaba; 16,5°C à 18,6°C à El-Kala. Les étés sont en général chauds (26 à 30°C) et les hivers restent doux (7 à 10°C).

L'amplitude thermique est donc faible (15 à 16°C). Les travaux de Tir (2008-2009) évaluent l'amplitude thermique des régions littorales à plus de 19°C pour la série de données (1978-2004).

Sur le littoral, le gel est presque inconnu de nos jours ou excessivement rare. Skikda, Chetaibi et El-Kala n'ont pas connu une seule journée de gel et Azzaba et Annaba ont vu chacune une fois le thermomètre descendre au dessous de 0°C (Marre, 1992). Ceci est lié probablement à l'influence des usines industrielles implantées dans les deux dernières régions (Tir, 2009).

II. I. 3. 3 Les vents

(Seltzer, 1946) précise que la décroissance de la pression barométrique vers la Tunisie donne lieu à une forte prépondérance des vents du Nord-Ouest sans grande variation. Le maximum de force du vent se produit au cours de l'hiver et le minimum au cours de l'été, mais les variations observées sont faibles. La valeur moyenne annuelle de la vitesse du vent est de (3,15m/s).v. Le maximum est de (4 ,22m/s) mesuré au mois de janvier et le minimum est de (2,22m/s) mesuré au mois de juin.

Dans la région d'El-Kala, le vent le plus fréquent durant les mois de l'année souffle du Nord-Ouest (fréquences annuelles 55 % à 13 heures et 58 % à 18 H). Selon (Seltzer, 1946), ce sont des vents modérés soufflant du Nord-Ouest durant la période allant de juin à octobre. Ils peuvent cependant causer des dégâts dans la végétation à proximité de la mer à cause de la charge d'humidité et de sable qu'ils peuvent transporter.

Par la suite, (Thomas, 1975) abonde dans le même sens en précisant que les vents du Nord-est sont plus fréquents en été alors que les vents du Nord-Ouest soufflent avec régularité toute l'année mais sont puissants en hiver et modérés en été. Il confirme la constance des vents dominants du Nord-Ouest tout au long de l'année, ce qui explique le grand développement des dunes de l'Est algérien à partir de Guerbes.

Enfin, (Thomas,1975) réfute l'hypothèse selon laquelle les vents ont dû souffler avec plus de puissance au début du Quaternaire mais affirme : «la platitude du relief, la sécheresse du climat limitant le développement d'un tapis protecteur végétal sont, à mon avis, importants. Quoi qu'il en soit, le grand développement des dunes de la Numidie orientale a certainement été amplifié par la permanence des vents du Nord-Ouest pendant la saison sèche où la végétation annuelle disparaît et où le sable sec devient particulièrement meuble».

Cependant il est utile de relever que le Sirocco (vent du Sud) se manifeste en juillet et août surtout, mais très peu l'hiver. Ainsi, il souffle en moyenne 14,2 jours par an à El-Kala et il est à l'origine d'occasionnels incendies de forêts en été. Toutefois, il serait utile de distinguer le vent originaire du Sahara (sirocco) algérien (Guebli) et celui venant de la Libye (Chergui) soufflant selon une direction Sud-est moins fréquent mais plus virulent durant la période estivale.

II.I.3.4 L'hygrométrie

Selon (Caltechnica, 1973), l'humidité relative de l'air qui caractérise la station d'El-Kala est l'une des plus élevées d'Algérie et varie selon les années de 68 à 77 %. Cependant, l'humidité relative moyenne annuelle relevée au niveau de la station météorologique d'El-Kala, ces dernières années, varie entre 72 et 73,14 % (Tab. 5).

Tableau 5 : Humidité relative, moyenne annuelle en % de la station d'El Kala (Seltzer, 1946).

Station El-Kala	7H moyenne		13 H moyenne			18 H moyenne			Année	
	Mini	An	Maxi	Mini	An	Max	Mini	An		Max
	66	72	77	64	68	70	72	76		78

Pour (Caltechnica, 1973) l'humidité relative moyenne exprimée en % pour les différents mois de l'année est la suivante à El Kala :

Tableau 6 : Humidité relative moyenne mensuelle en (%) de la station d'El Kala

Mois Station	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy/An
El-Kala	75	77	75	71	72	72	71	71	71	70	71	74	72,5%

Cette humidité de l'air, élevée même en période estivale, explique que la région comprise entre Ben M'hidi et El-Kala puisse être plongée dans un voile de brume. Ce dernier serait selon (De Bélair, 1990), propice aux cultures d'été et à la végétation naturelle ne bénéficiant d'aucune précipitation durant l'été.

II.I.4 La bioclimatologie

C'est une véritable mosaïque d'étages bioclimatiques de végétation qui se présente dans l'Est d'Algérie. Ainsi (Joleaud, 1936) écrivit que le climat de la région d'E-Kala présentait une dualité remarquable caractérisée par un climat tropical nord africain juxtaposé et étroitement lié à un climat européen tempéré. Le tout représenté par une faune et une flore à la fois européenne et tropicale. Tel est le double caractère biogéographique fort curieux de l'extrême Nord-est algérien qui aurait conservé lors des brusques fluctuations pédoclimatiques des traces délictuelles de végétaux et d'animaux encore relativement présents mais en nombre réduit (De Belair, 1990).

II.I.4.1 Le diagramme ombrothermique de Gausсен (1953)

Le diagramme ombrothermique montre que le climat la station El-Kala, se caractérise par:

- une saison sèche s'étalant sur environ quatre (04) mois à partir de mi- mai jusqu'à la mi-septembre.
- une saison humide et relativement plus longue avec un hiver pluvieux. Elle commence aux mois de septembre- octobre et s'étale jusqu'aux mois d'avril-mai, selon les stations (**Fig. 15**).

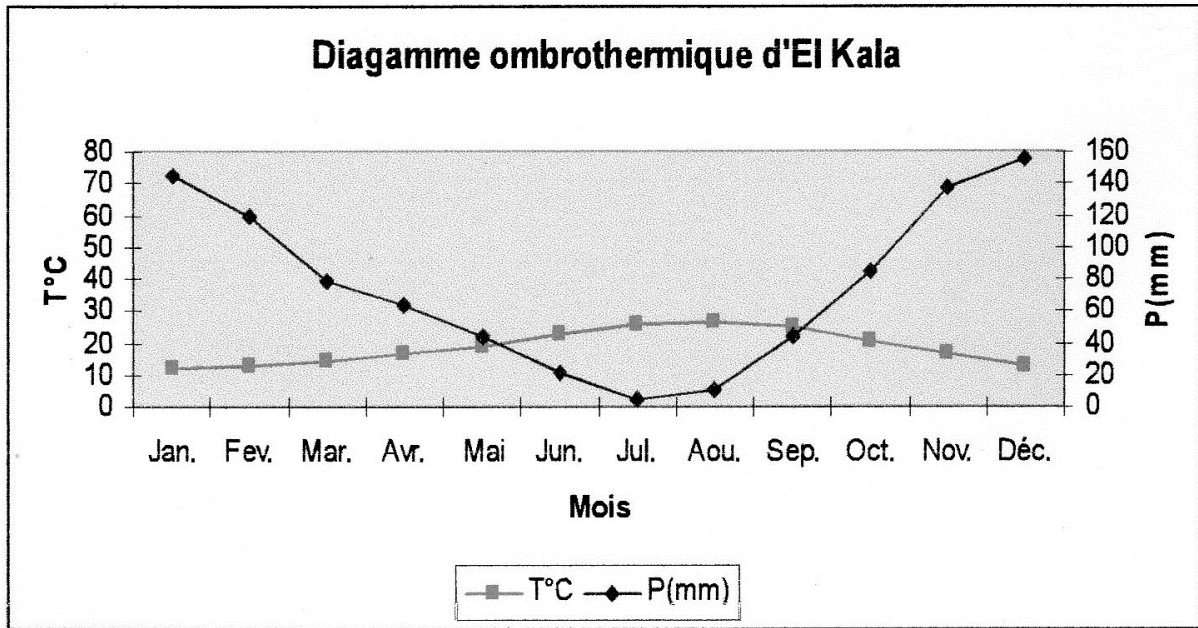


Figure 15. Diagramme ombrothermique d'El Kala (1913-1938) (Altitude : 10m)
(Dans [Belouahen-Abed, 2012](#))

Les diagrammes ombrothermiques d'El-Kala mettent en valeur les caractères climatiques de cette région côtière : une forte pluviométrie (souvent plus de 800 mm de précipitations au niveau de la mer), une douceur des températures hivernales (des moyennes des minima toujours supérieurs à 13° C) et la présence d'une période de sécheresse estivale qui dure au moins quatre mois parfois près de cinq.

Les travaux de ([Tir, 2009](#)) le confirment et l'illustrent par la figure suivante (**Fig.16**) comparant, sur les mêmes graphes, les diagrammes ombrothermiques de deux séries climatiques (1913-1938) et (1978-2004) dans les stations littorales d'El-Kala). Cette étude (Fig.16) montre que dans la zone littorale, la saison sèche varie entre 5 mois (à Jijel) et 6 mois (du mois d'Avril à septembre) pour les stations d'El-Kala.

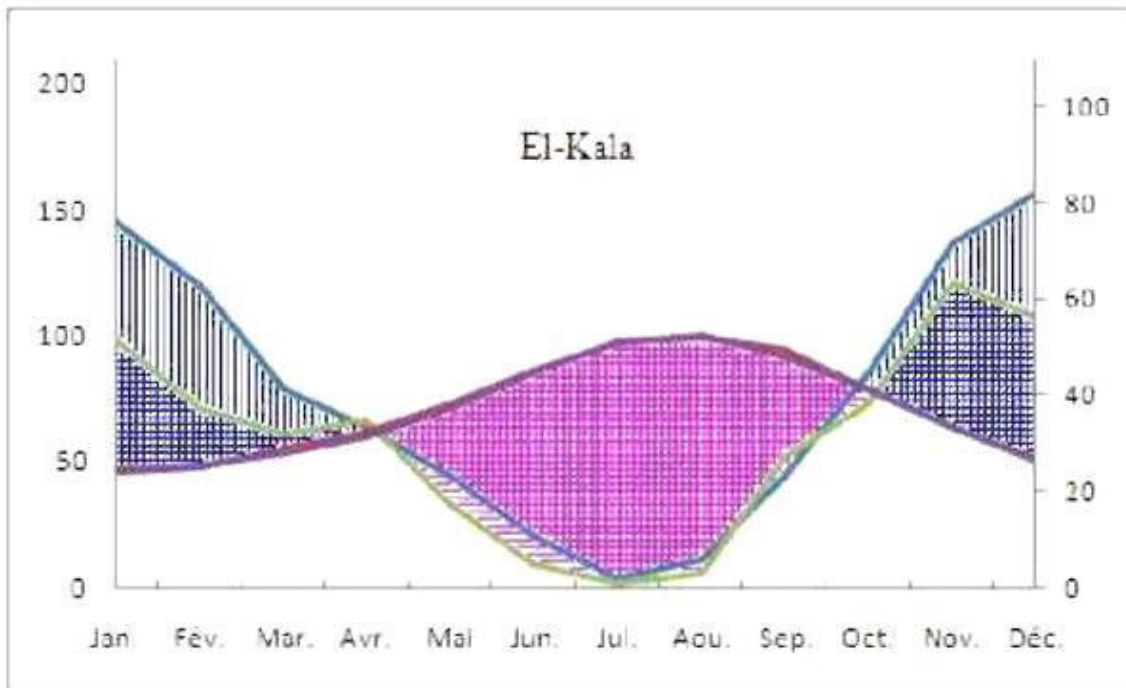
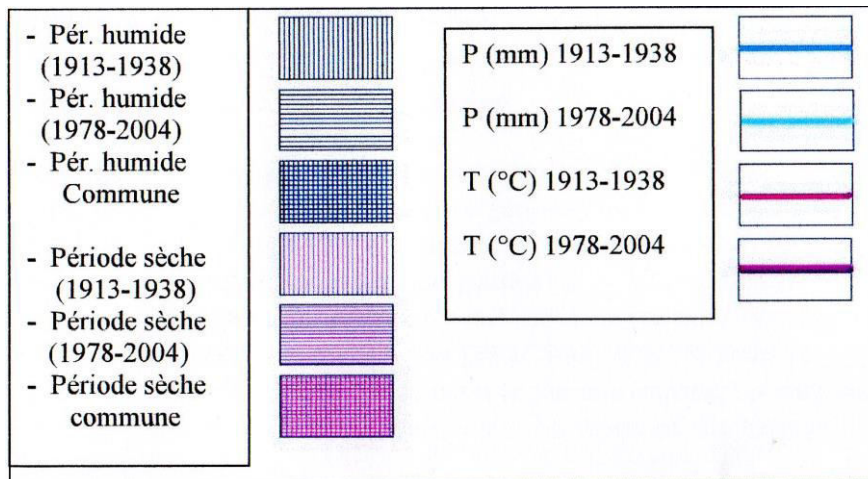


Figure 16. Diagrammes ombrothermiques de la station d'El-Kala pour les séries (1913-1938) et (1978-2004) (etablis-par Tir, 2009).



On voit que la saison sèche relative de la période actuelle est plus longue par rapport à l'ancienne. Elle chevauche soit sur le printemps soit sur l'automne: il ya donc une accentuation de la sécheresse (Tir, 2009). En effet, la chaleur s'est intensifiée pendant les dernières décennies ce qui confirme l'hypothèse du réchauffement climatique. Ce qui nous amène à nous poser la question suivante : la tendance actuelle ne conduirait-t-elle pas directement la région étudiée vers l'étage semi-aride supérieur ?

II.I.5 Le réseau hydrographique

D'une façon générale, les oueds de la grande plaine d'Annaba-El Tarf (Oued Bounamoussa, oued El-Kabîr, basse Seybouse) sont de gros cours d'eau, larges et profonds de plusieurs mètres, navigables en hiver et dont le fond aplati dessine une auge, tandis que les berges à pic de sables coulants sont soutenues seulement par les racines de rangées d'arbres; ne comportent ni cailloux ni galets.

Le réseau hydrographique de la Wilaya d'El-Tarf est marqué, principalement par :

- **L'oued El Kébir et ses affluents** : oueds Ballouta, Bougous, Guergour, Bou halloufa, Boulathan. La jonction des oueds Ballouta et Bougous, à la hauteur de Méxena (ou Mexa), forme l'oued El Kebir (ou oued El Kebir–Bougous) (**Fig. 17**).

Ces deux importants affluents prennent leur source dans l'extrémité orientale et parcourent ainsi respectivement chacun 20 et 25 kilomètres en amont de la station d'Ain El Assel, située sur le pont de la RN 44.

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

- la partie Sud-est est drainée par trois Oueds : l'Oued Bougous, Ballouta et El Kébir. Ce dernier constitue le collecteur principal (Apports de 245 Hm³/an) et alimente les nappes alluviales et dunaires et lors des crues, on assiste à la mise en eau des dépressions interdunaires

- La partie orientale est caractérisée par plusieurs oueds, en général, à faible débit. Ils s'écoulent en majorité dans la plaine d'Oum Teboul.

- La partie ouest est également parcourue par de nombreux oueds (El-Bouaroug, Mellah, Reguibet, Boumerchen, Dai El-Graa...) qui se déversent pour la plupart dans les lacs Mellah et Oubeira.

- **L'oued Bounamoussa:**

Il prend sa source dans la région montagneuse de Souk-Ahras. Il porte le nom d'oued Mafragh après avoir traversé la zone marécageuse de la garaa el M'khada et se jette à la mer à l'Est d'Annaba. Il coupe la route de Annaba - El Kala (RN44) à quinze cent mètres du village de Ben M'hidi. Dans cette région, il devient une large rivière, qui coule à pleins bords entre des rives argileuses abruptes ([Gauthier, 1930](#)).

Les rives de l'oued Bounamoussa sont ombragées par des frênes et des saules et sont bordées par une végétation ripicole (*Juncus acutus*, *Equisetum maximum*, *Typha angustifolia*, *Mentha rotundifolia*, *Myriophyllum spicatum*).

- Les marais de la M'khada

C'est un espace de convergence des oueds Bou Allalah venu de la région de Besbès, Bounamoussa et El-Kébir. Il est limité au Nord par des dunes et au sud par les massifs gréseux. Les marais de la M'khada constituent un milieu particulier où l'hiver un lac de plusieurs kilomètres carrés s'installe et où l'été des pâturages parcourus par des bovins gardés par des bergers à cheval se découvrent (Marre, 1992).

- Le Lac Mellah

Le lac Mellah est une lagune marine en communication intermittente avec la mer par un étroit goulet ou Grau (Marre, 1992) qui mesure 2 à 3 kilomètres d'Ouest en Est, 4 à 5 kilomètres du Nord au Sud et 5 à 6 mètres de profondeur.

Il est situé à l'extrême Est algérien (8° 26 ' E et 36° 54' N) entre les caps Rosa et Roux. Occupant une superficie de 865 ha, ses eaux sont claires, presque douces en hiver, lorsque les affluents deviennent gris et très saumâtres en été quand ils sont à sec. Son fond est sableux et graveleux. Sa communication avec la mer n'est pas constante; elle demeure interrompue aux basses eaux pendant six mois, mais pourrait être aisément rendue permanente par le creusement de son chenal de liaison sur deux mètres de profondeur.

Ses principaux affluents (ou oueds), l'oued Er Rekibat, l'oued Mellah et l'oued Bouarroug ou el Arough, généralement caractérisés par un débit très variable avec les saisons, doivent à la violence de leur courant en temps de crue (hiver) de chasser une quantité importante de vase, qui va se déposer dans leurs estuaires normalement occupés par des eaux douces (chapitre 3).

- Le lac Oubeira

De forme presque circulaire ou subcirculaire (Joleaud, 1936), il mesure, en effet, 5 à 6 Kilomètres, de l'Est à l'Ouest (Gauthier, 1930).

Selon (Gauthier, 1930), l'Oubeira est certainement de toutes les collections d'eau nord-africaines, celle qui mériterait le plus le nom de "lac".

Le lac Oubeira occupant une superficie de près de 22000 hectares, correspond à une nappe d'eau douce, entourée de coteaux argilo gréseux couverts de forêts de chêne liège. Parmi les principaux affluents du lac Oubeira, l'oued Degrah remarquable par l'extrême pauvreté de sa flore prend sa source dans des collines au sud d'El-Kala. Il s'agit d'un petit ruisseau qui coule sur un fond sableux et va se jeter dans la partie orientale du lac Oubeira.

Le lac Oubeira est alimenté par des cours d'eau importants. En plus de l'oued Demt Rihan (1,5 Km) au Nord, on retrouve l'oued Bou Merchène (2 Km) au Nord-Est, l'oued Dey El Graa (5 Km) à l'Est et l'oued Messida (10 Km) au Sud.

- En hiver, à l'occasion des fortes précipitations, les eaux de l'oued El-Kébir parviennent au lac principalement par l'oued Messida.

-En été, quand le niveau de l'oued El-Kébir est au plus bas, le système hydrologique fonctionne en sens inverse, l'oued Messida ayant cette singularité de couler dans les deux sens Selon la crue ou l'étiage (Marre, 1987).

- Le lac Tonga

Le lac Tonga s'étend sur 7,5 Km de long et 4 Km de large. Il est limité sur toute sa partie Ouest, Sud et Est par les derniers contreforts des montagnes de la Kroumirie, au Nord-Ouest par les collines gréseuses qui le séparent du lac Oubeira et au Nord par le cordon dunaire littoral qui le sépare de la mer méditerranée. D'une profondeur moyenne de 1,5 à 2 m, distant de 3 km de la mer et relié à cette dernière par le chenal de la Messida.

Du point de *vue* hydrogéologique, on peut distinguer trois sous-bassins versants dans la *cuvette* du Tonga -Le bassin *versant* d'oued El Eurg -Le bassin versant d'oued El Hout -La zone qui s'étend depuis la bordure Sud du massif dunaire de la *rive* gauche de la Messida jusqu'à la *rive* sud du lac.

D'autre part, une ripisylve inondée et constituée principalement d'aulnes borde l'ancien lac vers le nord-Ouest.

Enfin malgré les travaux de drainage effectués dans cette *cuvette*, des marecages subsistent principalement au centre de la *depression*.

La *cuvette* du Tonga, autrefois occupée par un lac permanent, est aujourd'hui presque entièrement asséchée, grâce au canal de drainage creusé sur l'ensemble de l'ancien oued Messida.

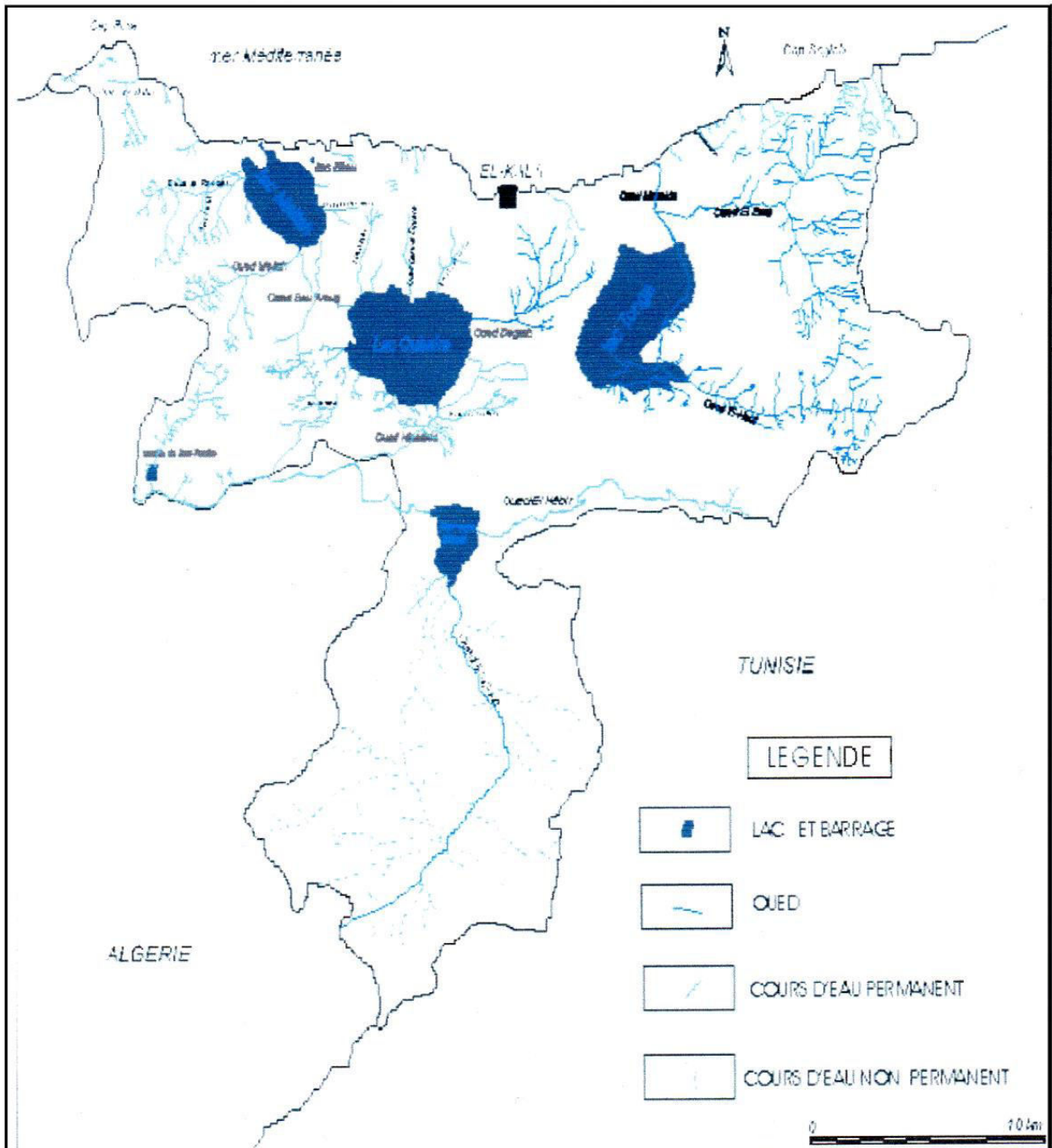


Figure 17. Réseau Hydrographique du Parc National D'El Kala
(Dans Bentouili, 2007)

II.I.6 Biodiversité de la région

Les facteurs biotiques constituent une partie des facteurs écologiques dans un écosystème. Ils représentent l'ensemble des interactions du vivant sur le non-vivant (facteurs abiotiques), intra spécifiques et interspécifiques. Trois facteurs biotiques sont décrits succinctement dans ce chapitre : la faune, les facteurs anthropiques ainsi que la flore.

II.I.6.1 Richesse floristique

Selon (De Belair, 1990), il existe environ 850 espèces. La région d'El-Kala abrite près du tiers de la flore algérienne. Le patrimoine floristique est ainsi constitué par 550 Spermaphytes et 300 Cryptophytes. Sur le plan botanique, ce sont incontestablement les Angiospermes qui dominent. Quant aux Gymnospermes, ils ne sont représentés que par deux familles taxonomiques, les Cupressaceae et les Pinaceae. Parmi les Cryptophytes, 30 fougères, 110 champignons, 40 mousses, 70 algues et 50 lichens sont recensés. En effet, la grande diversité des biotopes et le climat humide ont permis le maintien et la diversification des espèces, aussi bien tropicales, particulièrement au niveau des zones humides avec *Marsilea diffusa* (Leprieur), *Utricularia exoleta* (Robert Brown), *Dryopteris gongyloides* (Schkuur), *Najas pectinata* (Parlatore) Magnus, *Jussiaea repens* (Linné), *Rhynchospora glauca* (Vahl) et *Cyperus corymbosus* (Rottb), qu'euro-péennes telles que *Alnus glutinosa* (Linné) Gaertner, *Fraxinus angustifolia* (Vahl), *Salix alba* (Linné), *Ulmus campestris* (Linné) et *Ilex aquifolium* (Linné).

Les espèces typiquement méditerranéennes constituent la trame de fond de la flore de la région d'El Kala. Cette diversité a permis le développement d'une multitude de formations végétales dont certaines constituent un patrimoine à préserver soit pour leur rareté, leur fragilité, leur originalité, leur diversité ou encore pour leur valeur potentielle. Il s'agit de la zénaie d'altitude, des suberaies, des aulnaies, des ripisylves et de la cocciféraie du cordon dunaire.

- Végétation dunaire

Les dunes littorales du parc d'El-Kala accueillent une végétation diversifiée. La fixation des dunes littorales et leur valorisation biologique est tributaire d'une végétation abondante et diversifiée. Celle-ci est directement liée à la stabilité, à l'influence des embruns maritimes et aux fluctuations de la nappe phréatique. Selon (Thomas, 1975).

On distingue les espèces des sables mobiles telles que *Euphorbia paralias*(Linné), *Diotis maritima* (Linné) Smith, *Agropyron littorale* (Host) Dumortier, *Calystegia soldanella* (Linné) Robert Brown et *Cakile aegyptiaca* (Linné) Maire et Weiller, les espèces psammophiles telles que *Ammophila arenaria* (Linné) Link, *Medicago marina* Linné et *Eryngium maritimum* (Linné) et celles des dunes en voie de formation, représentées par le groupement d'*Ammophila arenaria* qui colonise les sables qui ne sont jamais atteints par les vagues.

Les groupements des dunes consolidées sont formés par le groupement à *Juniperus*. Au niveau de ce groupement, on retrouve toujours les espèces pionnières et les espèces des dunes mobiles. A l'Est du parc national d'El Kala, sur les dunes du lac Tonga, ce groupement est dominé par *Juniperus oxycedrus* (Linné). Cependant, à l'Ouest, au niveau de la Vieille Calle et du lac Mellah, on retrouve *Juniperus phoenicea* (Linné).

Le groupement à *Quercus coccifera* prospère sur plus de 1 500 ha du cordon dunaire. Ce groupement est spécialement confiné aux expositions Nord. C'est le cas du lac Mellah et de la forêt du lac Tonga.

(Thomas, 1975) parle aussi d'un faciès littoral de l'association *Pinetum halepensis*. Ce groupement est essentiellement présent sur les versants Sud-Sud-Est des dunes du Lac Mellah, donc à l'abri des embruns marins et surtout des vents dominants froids du Nord - Ouest.

- Végétation lacustre

Déjà (Lefranc, 1865) a répertorié un grand nombre d'espèces parmi lesquelles figurent *Nymphaea lutea*, *Myriophyllum verticillatum* (Linné) et *Potamogeton oblongus* (Viviani).

Par contre (Kadid, 1989 ; De Belair, 1990) et (Miri, 1996), rapportent le nombre d'espèces à près de 100, dont les principales caractérisant la physionomie des lacs sont *Callitriche stagnalis* (Scopoli) Schinz et Thell., *Echinochloa crus-galli* (Linné) Palisot de Beauvois, *Ranunculus aquatilis* (Linné), *Iris pseudo-acorus* (Linné), *Juncus acutus* (Linné), *Juncus maritimus* (Lamark), *Phragmites australis*, *Scirpus lacustris* (Linné) et *Mentha aquatica* (Linné).

II.I.6.2 Richesse faunistique

En raison de la diversité des écosystèmes et des niches écologiques, une importante faune vit dans cette région. Ainsi le groupe des mammifères est représenté par 40 espèces connues et recensées dont 9 chiroptères (chauve-souris) et 2 espèces marines, le phoque moine et le dauphin commun. Mais le mammifère emblématique de la région est le cerf de Barbarie ; c'est une espèce endémique et reste la seule espèce connue de cervidé africain. L'hyène tachetée ou rayée, le renard roux, le chacal doré, le lynx caracal, le chat sauvage, la genette, la mangouste, le porc-épique se font de plus en plus rares. Le sanglier, comme partout en Algérie, prolifère dangereusement. La loutre, espèce protégée à l'échelle mondiale, vit discrètement dans les eaux du lac Oubeïra. Quant aux deux espèces de tortues marines, les plus connues dans la région, la tortue caouane et la tortue verte, florissantes il y a si peu de temps, ont régressé de façon inquiétante à cause de leurs plages de pentes perturbées par la multiplication des routes et le développement des zones d'expansion touristique.

Le Parc abrite également 25 espèces de rapaces, dont le balbuzard pêcheur et le vautour percnoptère; 9 espèces d'oiseaux marins, dont le cormoran huppé et le goéland argenté ; 64 espèces d'oiseaux d'eau, dont la poule sultane, la sarcelle marbrée et surtout deux espèces de canards, le fuligule nyroca et l'erismature à tête blanche, qui ont contribué au classement international des zones humides d'El Kala parce qu'elles rassemblent chaque hiver une forte proportion de leurs effectifs mondiaux.



CHAPITRE III

MATÉRIEL ET MÉTHODES

CHAPITRE III

MATERIEL ET METHODES

III.1 Description générale du site d'étude : l'oued Bouarroug

III.1.1 Limites et situation géographique

L'oued Bouarroug ou el Arough avec l'oued Er Rekibat et oued Mellah sont les principaux affluents (ou oueds) du lac Mellah. Ces trois oueds sont généralement caractérisés par un débit très variable avec les saisons, et doivent à la violence de leur courant en temps de crue (hiver) de chasser une quantité importante de vase, qui va se déposer dans leurs estuaires normalement occupés par des eaux douces.

Ces trois oueds sont en communication continue avec le lac Mellah, cette lagune marine, elle même, en communication intermittente avec la mer par un étroit goulet ou Grau (Marre, 1992) qui mesure 2 à 3 kilomètres d'ouest en Est, 4 à 5 kilomètres du Nord au Sud et 5 à 6 mètres de profondeur. Cette lagune est située à l'extrême Est algérien ($8^{\circ} 26' E$ et $36^{\circ} 54' N$) entre les caps Rosa et Roux et dont les eaux sont claires, presque douces en hiver, lorsque les affluents deviennent gris, très saumâtres. En été, quand les oueds sont presque à sec; leur fond est sableux et graveleux. Sa communication avec la mer n'est pas constante; elle demeure interrompue aux basses eaux pendant six mois, mais pourrait être aisément rendue permanente par le creusement de son chenal de liaison sur deux mètres de profondeur. Le lac Mellah traverse par son chenal relié à la mer un véritable cordon dunaire constitué de dunes récentes et est encadré par de véritables bancs de sables et d'argiles lagunomarine boisés, plus développés vers l'Est que vers l'Ouest.

- **L'oued Rekibat ou Er Rekibat** prend naissance au niveau d'une région marécageuse située à l'extrémité Nord-Ouest de la dépression du lac Mellah dans la forêt du Koursi. Il est issu d'un véritable réseau chevelu de chaabates et de petits oueds à débit moyen de 15 l/s. Il traverse, selon une boucle de direction Ouest–Est, longue de près de 8 Kms, une vallée constituée successivement d'alluvions limoneuses (Néopleistocène); d'argiles de Numidie (Eocène supérieur), de dunes littorales récentes (Néopleistocène), après être passé en dessous d'un ponceau construit sur le chemin carrossable menant de la meçta Souk Errekibat au cap Rosa à une altitude de près de 38 mètres et venir finalement se jeter dans le lac Mellah, 2 kilomètres plus loin en contrebas.

- **L'Oued Mellah** est issu de la bordure méridionale du lac Mellah. S'écoulant à l'ouest du lac portant le même nom, il traverse en une boucle de direction Est-Ouest, sur une longueur de 7 kilomètres, successivement des bancs de sables et d'argiles lagunomarine (Néopleistocène), puis de véritables dunes littorales de la même période, ainsi que des argiles de Numidie (éocène supérieur), puis encore des dunes sablonneuses (Néopleistocène) pour enfin se ramifier en un petit réseau de petits oueds et de chaabates et disparaître aux pieds de Kef lahrech, du djebel Koursi et de la forêt de Kourrata; et il s'infiltrer enfin au niveau de Rass el Fedja en un réseau de nappes aquifères pour surgir çà et là plus précisément au niveau du lac Noir (aujourd'hui détruit par les pompages) ou de garras (garaat Ramel Bechna disparue également à cause des pompages) après avoir dépassé des bancs sablonneux.

- **L'Oued Bouarroug ou El Arough** à partir de sa source, parcourt 3,7 km avant de s'écouler au lac Mellah où il forme un véritable delta du côté sud de ce lac (**Fig. 18**).

A partir de l'extrême partie méridionale et marécageuse du lac Mellah, l'oued Bouarroug (amont : N° 36.50.51.6 E 008.19.30.9, aval N° 36.51.45.2 E 008.20.06.6), long de 5 km environ et de débit moyen à rapide (0.13 m³/s en hiver et de 0.07 m³/s en été), traverse successivement selon une direction Nord-sud un banc de dunes littorales (Néopleistocène), puis poursuit sa traversée à travers des couches argileuses dites de Numidie (Eocène Supérieur) en passant par la mechta Mendries, contourne la garaat el Ouez et poursuit enfin son passage à travers des dunes intérieures et des alluvions limoneuses (Néopleistocène) pour déboucher dans l'oued El Kébir.

En 1936, Joleaud précisait que les eaux de la garaat El Ouez s'écoulaient régulièrement en partie vers le Nord dans le lac Mellah par l'oued el Arough et en partie vers le sud dans l'oued El-Kébir par la chaaba Demnat El Lil.

Depuis sa source, oued Bouarroug traverse, pour une plus grande partie de sa longueur, le parc animalier de Brabtia (30 ha situé à 800 mètres de la route départementale W109).

Le parc animalier de Brabtia, situé entre la commune d'El-Kala et Berrihane et à 10 Km du chef-lieu de la wilaya. Il couvre une superficie de plus de 200 ha et compte plusieurs espèces d'animaux vivants dans des enclos et en semi-liberté. Le parc, qui dépendait auparavant du parc national de Ben Aknoun, a été transformé en une Epic en 2013 et ce, pour avoir une gestion autonome et plus rationnelle de ses ressources. En plus de son rôle premier, de parc zoologique, il offre plusieurs autres prestations dont la restauration et des jeux pour enfants (**Fig. 19**) et (**Fig. 20**).

La végétation riveraine est dominée par le peuplier, l'aulne qui sont communs, le long de la vallée de Bouarroug. La végétation herbacée dans les zones humides ou ombragées est représentée par des parcelles de *Juncus maritimus*, d'*Iris pseudacorus*, de *Laurus nobilis*, d'*Osmonda regalis* et de *Potamogeton nodosus*. La pollution du bassin de l'oued Bouarroug est principalement due aux déchets organiques urbains (rejet non réglementé au voisinage du cours d'eau), aux cadavres d'animaux en décomposition et à la pollution des eaux usées par le parc animalier (où la plupart des infrastructures ne sont pas raccordées à un système d'égouts).

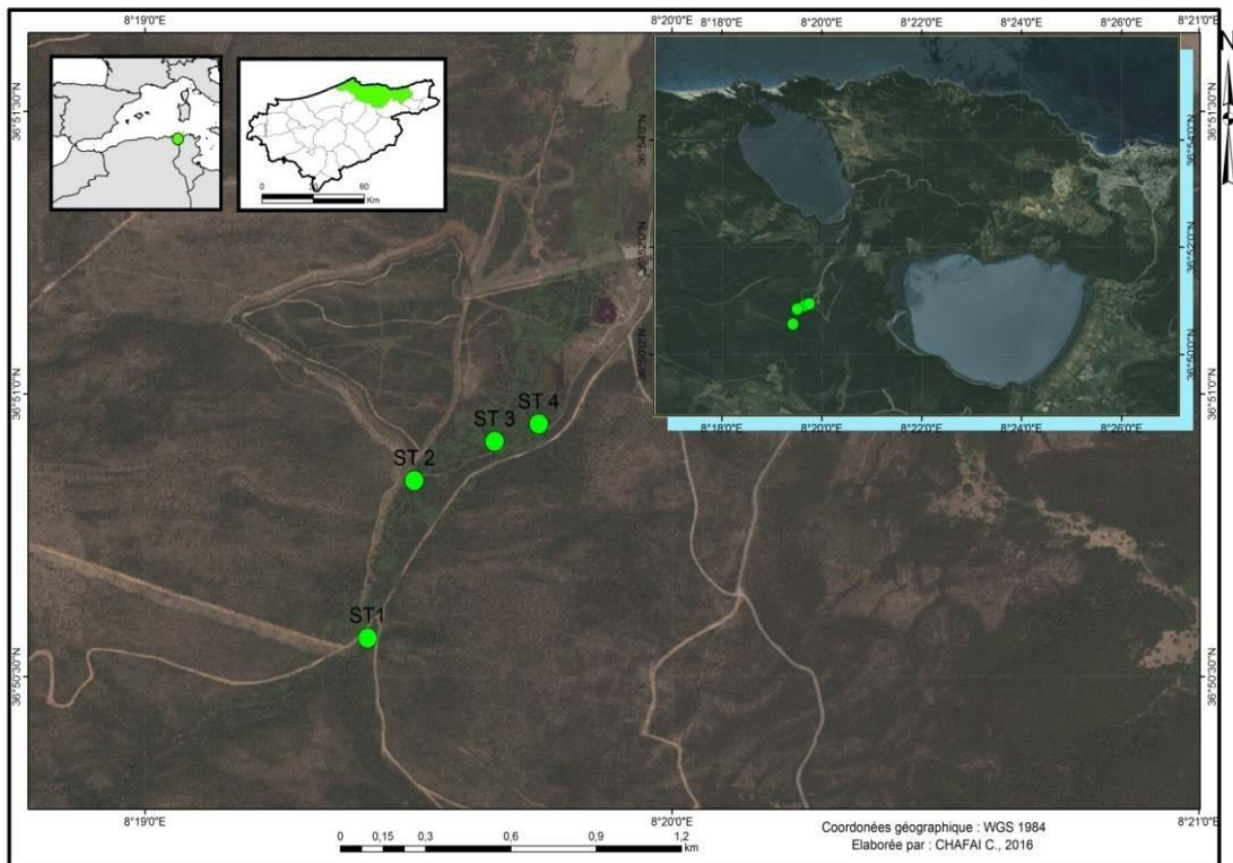


Figure 18. Image satellitaire représentant les quatre stations d'échantillonnage



Figure 19. et 20. Photos prises dans le Parc animalier de Brabtia
(Cliché, A. Bouziane, 2015).

III.1.2 Station d'échantillonnage sur l'oued Bouarroug

Oued Bouarroug a été échantillonné régulièrement pendant deux années successives (d'avril 2014 jusqu'à mai 2016, à raison d'une visite par semaine pendant la saison odonatologique et deux visites par mois hors saison). Quatre stations (ST1, ST2, ST3 et ST4) situées dans la réserve naturelle et le parc animalier de Brabtia ont été échantillonnées le long du cours d'eau.

Le choix des stations était principalement basé sur la facilité d'accès au plan d'eau. De l'amont vers l'aval, on distingue successivement les quatres stations (Fig. 21) et (Fig. 22).

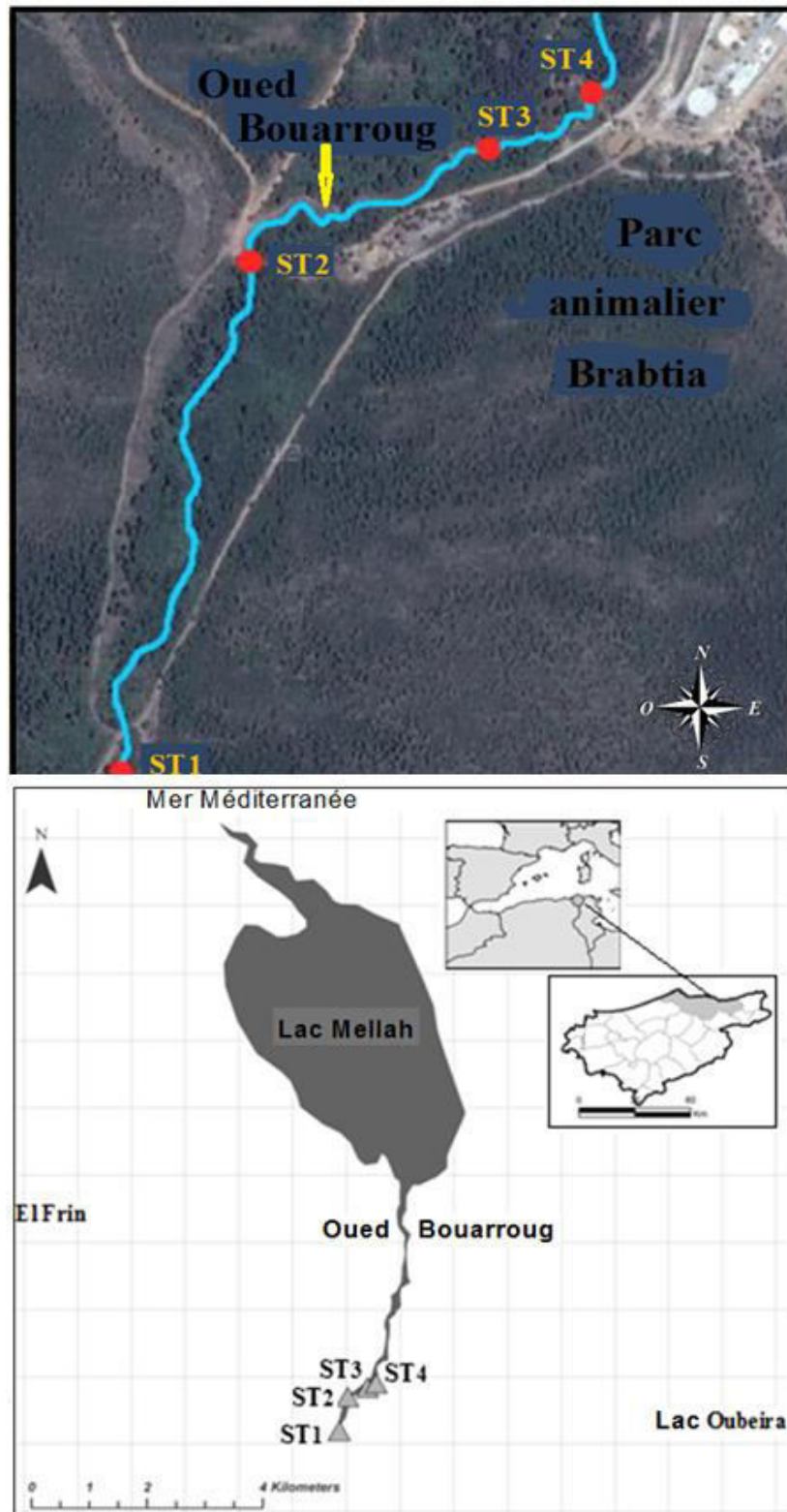


Figure 21. et 22. Images satellitaires représentant les quatres stations d'échantillonnage (Google Earth 2017 modifiée).

La station 1 (ST1) (36 ° 50.337'N, 8 ° 19.253'E) est la moins accessible parce qu'elle a plus de couverture végétale. Le substrat est très homogène (dominé par le sable) et l'eau coule au cours de l'année. La profondeur de l'eau variait entre 0,45 et 0,65 cm et la largeur entre 2,5 et 4,5 m (**Fig. 23**).

La station 2 (ST2) (36 ° 50,514'N, 8 ° 19,311'E) est le cours d'eau le plus large. Il a aussi un substrat très hétérogène (dominé par le sable, les blocs et les galets). La marge de la rivière et la végétation aquatique sont très denses, offrant plusieurs microhabitats. Un petit pont divise la ST4 en deux: la partie nord gauche a fourni des conditions d'habitats spécialisés avec une eau claire et bien oxygénée. Un débit régulier tout au long de l'année, un bon ombrage assuré par les arbres et des températures favorables fournissent des habitats aquatiques bien développés. En revanche, la partie droite du pont, très ensoleillée et moins riche en végétation, a fourni d'autres types de microhabitats, qui étaient favorables à la distribution d'autres espèces moins sensibles. La profondeur varie entre 0,39 et 0,45 et la largeur entre 2,78 et 4,37 m (**Fig. 24 a et b**).

La station 3 (ST3) (36 ° 50,952'N, 8 ° 19,724'E) est très proche de la décharge du parc animalier. Cette partie de la rivière était caractérisée par une végétation dense et un substrat dominé par le sable. En été, le ruisseau s'assèche pour ne laisser que de petites étendues d'eau (**Fig. 25**).

La station 4 (ST4) (36 ° 50,571'N, 8 ° 19,451'E) est peu profonde et se caractérise par un substrat très hétérogène et un lit de largeur moyenne 0,83-1,29 m qui comprend une multiplicité de microhabitats. Malgré l'absence d'ombre arboricole, le site abrite une abondance de végétation riveraine et aquatique (**Fig. 26**).



Figure 23. Photo de la station (ST1). ($36^{\circ}50,337'N$, $8^{\circ}19,253'E$)
(Cliché, A. Bouziane, 2015).



Figure 24. (a et b). Photos de la station (ST2). ($36^{\circ}50,514'N$, $8^{\circ}19,311'E$)
(Cliché, A. Bouziane, 2015).



Figure 25. Photo de la station (ST3). ($36^{\circ}50,952'N$, $8^{\circ}19,724'E$)
(Cliché, A. Bouziane, 2015).



Figure 26. Photo de la station (ST4). ($36^{\circ}50,571'N$, $8^{\circ}19,451'E$).
(Cliché, A. Bouziane, 2015).

III.2 Caractéristiques environnementales du site d'étude

Les caractéristiques environnementales ont été consignées en tant que descripteurs: profondeur de l'eau, largeur du lit, nature du substrat, nature et abondance de la végétation aquatique et riveraine (0 = absent, 1 = faible, 2 = moyen, 3 = dense), degré de pollution (abondance de déchets solides: 0 = absence; + = Présence; ++ = dominant). Les variables physiques et chimiques (températures de l'air et de l'eau, conductivité, salinité, oxygène dissout, pH) ont été mesurées *in situ* à l'aide d'un multimètre de terrain. Une analyse physicochimique et bactériologique plus approfondie d'échantillons d'eaux des quatre stations d'échantillonnages a été également entreprise au niveau de la Société de l'eau et de l'assainissement d'El Tarf et Annaba (Seata).

III.2.1 Matériel

III.2.1.1 Matériel utilisé pour l'analyse de l'eau *in situ*

- **Un multi-paramètre de terrain** : un système spécifique qui se compose de trois voies de mesure (entrées) permettant d'accéder en même temps à la mesure instantanée pour mesurer le PH, la conductivité (en $\mu\text{S cm}^{-1}$), la température de l'eau et l'oxygène dissous (en mg L^{-1}) (**Fig. 27**).



Figure 27. Un multi-paramètre de terrain (WTW: Wissenschaftlich-Technische Workstation GmbH)

- **L'eau distillée** : pour rincer les sondes avant et après chaque mesure.
- **Un thermomètre ordinaire** : pour mesurer la température ambiante.
- **Une sonde graduée** : pour mesurer la profondeur
- **Un double décimètre** pour la mesure du lit mineur (surface mouillée du lit).
- **Un carnet de terrain** : nécessaire pour prendre des notes *in situ*

III.2.1.2 Matériel utilisé pour l'analyse des échantillons d'eaux *in vitro*

- **Des bouteilles stérilisées** : pour réaliser les prélèvements des échantillons pour les analyses physico-chimique et microbiologique des stations.
- **Le PH mètre** : La mesure du pH est réalisée à l'aide d'un pH mètre de type (ITPH-CH/ELECT-LAB09) (Fig. 28).
- **Le Conductimètre** : La mesure de la conductivité électrique est réalisée à l'aide d'un conductimètre de type (ITPH-CH/ELECT-LAB07) (Fig. 29).
- **Le Turbidimètre** : La mesure de la turbidité est effectuée à l'aide d'un turbidimètre de type (ITPH-CH/ELECT-LAB08) (Fig. 30).
- **La hotte** : Utilisée pour extraire les vapeurs de tous les équipements d'extraction d'air d'un débit important (photo 31).
- **Le Spectromètre** : Les paramètres de pollution ont été dosés à l'aide d'une spectrophotométrie réalisée par le spectromètre (Fig. 32).
- **Le Comparateur** : Le chlore libre (CL) a été mesuré avec le comparateur de couleur (Fig. 34).



Figure 28. Le PH-mètre



Figure 29. Le conductimètre



Figure 30. Le turbidimètre



Figure 31. La hôte



Figure 32. Le spectromètre



Figure 33. L'incubateur



Figure 34. Le comparateur

III.2.2. Méthodes

III.2.2.1 Méthodes de prélèvement des échantillons

III.2.2.1.1 Paramètres physico-chimiques mesurés

En plus de la température de l'air et celle de l'eau prise *in situ*, 14 paramètres physico-chimiques ont été considérés. Il s'agit de la Salinité, la Turbidité, l'Oxygène dissout, l'Ammonium, les Nitrites, les Nitrates, le Phosphore, le Fer total, l'Aluminium (Al), l'indice permanganate, la Dureté totale (TH), le Calcium (Ca⁺⁺), le Magnésium (Mg⁺⁺).

Les échantillons ont été transportés dans des flacons en plastique de 0.5 L, bien fermés pour éviter l'évaporation et transportés au laboratoire

- **La salinité :** Dans un bécher de 100 ml, verser l'échantillon et lire les résultats directement sur l'appareil.
- **La turbidité :** Dans une fiole de 25ml, introduire l'échantillon et mesurer directement.
- **Dosage d'Ammonium (NH₄⁺) :** Dans une fiole jaugée de 50 ml, introduire 40 ml d'échantillon, diluer et si nécessaire ajouter 4 ml de négatif coloré, et 4 ml de dichloroisocyanurate de sodium. Compléter à 50 ml, avec de l'eau distillée, agiter vigoureusement la fiole, la laisser reposer 60 min à 25°C et mesurer la concentration en mg/l à une longueur d'onde de 655 nm.
- **Dosage des Nitrites (NO₂⁻) :** Dans une fiole jaugée de 50 ml, introduire 40 ml d'échantillon, ajouter 1 ml de réactif coloré et compléter au volume avec l'eau distillée. Laisser un temps de repos de 20 min, puis mesurer la concentration en mg/l à 540 nm.
- **Dosage des Nitrates (NO₃⁻) :** Dans une fiole jaugée de 50 ml, introduire 02 ml d'échantillon, ajouter 14 ml de mélange acide, 02 ml de diméthyle et 2.6 de phénol. Laisser reposer pendant 10 à 60 min, puis mesurer la concentration en mg/l à une longueur d'onde de 324 nm.
- **Dosage des Phosphores (P) :**
Introduire 40 ml d'échantillon, ajouter 1 ml d'acide ascorbique et 2 ml de molybdate d'acide I dans une fiole jaugée de 50 ml et compléter avec de l'eau distillée. Effectuer parallèlement au dosage, un essai à blanc en suivant le même mode opératoire en utilisant les mêmes quantités de réactif mais en employant le même volume approprié d'eau distillée à la place de la prise d'essai.
- **Dosage de Fer :** Dans une fiole jaugée de 100 ml, introduire 50 ml d'échantillon et diluer. Si nécessaire, ajouter 01 ml de chlorhydrate hydroxylamine, 02 ml de tampon acétate, et 02 ml de 1.10 phénanthroline, agiter vigoureusement la fiole, laisser à l'obscurité pendant 15 min et mesurer la concentration en mg/l à une longueur d'onde de 510 nm.

- **Dosage de l'Aluminium :** Dans une fiole jaugée de 50 ml, introduire 25 ml d'échantillon, diluer et si nécessaire ajouter 2.5 ml de chlorure de calcium, 01 ml d'acide thioglycolique, 05 ml de tampon K= 4.6 et 01 ml de rouge d'alizarine, agiter vigoureusement la fiole, compléter à 50 ml avec de l'eau distillée, laisser au repos pendant 90 à 120 min et mesurer la concentration en mg/l à une longueur d'onde de 490 nm.
- **Indice permanganate :** Dans un erlenmeyer de 250 ml, introduire 250 ml de prise d'essai, 05 ml de H₂SO₄ à 02 mol/l, mettre dans un bain marie pendant 10 min, puis ajouter 05 ml de KMnO₄ à 02 mmol/l bain marie pendant 10 min et 05 ml de Na₂C₂O₄ à 05 mmol et la titration avec le KMnO₄ à 02 mmol/l jusqu'au virage rose pâle.

Expression des résultats :

Concentration de l'indice de permanganate en mg/l O₂ donnée par l'équation suivante :

$$\frac{V_e - V_b \times f}{V_t}$$

- **V_e** : le volume en ml de la solution de KMnO₄ (2 mmol/l) utilisé pour l'échantillon
- **V_b** : le volume en ml de la solution de KMnO₄ (2mmol/l) utilisé pour le blanc
- **V_t** : le volume en ml de la solution de KMnO₄ (2mmol/l) utilisé pour le titre
- **f** : est le facteur en mg/l (16)

- **Dureté totale (calcium et de magnésium) :** Dans un Erlenmeyer de 250 ml
 - introduire 50 ml de prise d'essai, 04 ml de tampon K10 et 03 gouttes de NET et la titration à l'EDTA 10 mmol / l jusqu'au virage bleu

La teneur globale en calcium et magnésium exprimée en mmol/l

$$\frac{C1V2}{V3}$$

- **C1** : Concentration de l'EDTA=10 mmol / l
- **C2** : Prise d'essai = 50 ml
- **V3** : Volume de l'EDTA utilisé pour le dosage

- **La concentration du magnésium** en mg/l= (la teneur globale en Calcium et magnésium en mmol/l (la teneur en calcium en mmol/l) x 24.305
 - (24.305 c'est la masse molaire du magnésium)

- **Dosage de Calcium (Ca++)** : Dans un Erlenmeyer de 250 ml, introduire 50 ml de prise d'essai, 02 ml de NaOH à 02 mol/l et 2 g de HSN et titration à l'EDTA à 10 mmol/l jusqu'au virage bleu.

- expression des résultats :

- La teneur en calcium exprimée en mmol/l =

$$\frac{C1V3}{V0}$$

- **C1** : Concentration de l'EDTA en mmol/l
- **V0** : prise d'essai
- **V3** : Volume de l'EDTA utilisé pour le dosage

- La teneur en calcium exprimée en mg/l = $(C1C3/V0) \times A$
 - **A** : la masse molaire du calcium (40.08)

- **Dosage du Magnésium (Mg++):**

$$Th = \frac{V_{th} \times C_{EDTA}}{V_e} = () \text{ mol/l} \times 100(\text{caco3}) = \text{mg/l} \quad Ca = \frac{V_{ca} \times V(EDTA)}{V_e} =$$

$$Mg = (TH \text{ en mol/l} - \text{calcium en mol/l}) \times 24.305 = () \text{ mg/l}$$

- **Chlorures (Cl-)** : Dans un Erlenmeyer de 250 ml, introduire 100 ml de prise d'essai et 01 ml de chromate de potassium et la titration avec le Ag NO3 à 0.02mol/l jusqu'au virage rouge brun.

Expression des résultats :

Concentration de chlorure en mg/l = $(V_e - V_b) / P \times C \times f$

- **V_e** : le volume de l'Ag NO₃ utilisé pour l'échantillon
- **V_b** : le volume de l'Ag NO₃ utilisé pour le blanc
- **P** : la prise d'essai
- **C** : la concentration de l'Ag NO₃
- **f** : le facteur de conversion = 35456 mg/mol

- **Chlore (cl 2)** : dans un tube d'essai de 25 ml, introduire 10 ml d'échantillon et un pastis de DPD N° 1, et le comparer par le comparateur.

III.2.2.1.2 Les paramètres bactériologiques

Des échantillons d'eau prélevés dans des bouteilles stérilisées ont été acheminés dans une glacière à une température basse ($\pm 4^\circ\text{C}$) pour arrêter les activités métaboliques des organismes dans l'eau afin de mesurer les paramètres bactériologiques suivants : Chlore ($\text{Cl}^2\text{mg/l}$) ; germes totaux (GT22°C) ; coliformes totaux (C, T37°C) ; coliformes fécaux (C, F44°C) ; streptocoques fécaux (S, F37°C).

- **Germes totaux (GT22°C) :**

A partir de l'eau à analyser, porté aseptiquement 1ml dans une boîte de Pétri vide préparées à cet usage et numérotées, Compléter ensuite la boîte avec environ 20 ml de gélose TGEA fondue puis refroidie à $45\pm 1^\circ\text{C}$. Faire ensuite des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose. Laisser solidifier sur paillasse, puis rajouter une deuxième couche d'environ 5 ml de la même gélose ou de gélose blanche. Cette double couche a un rôle protecteur contre les contaminations diverses.

Incubation : La boîte sera incubée, couvercle en bas à 22°C , pendant 72 heures avec une première lecture à 24 h , une deuxième à 48 h et la troisième à 72 h.

Dénombrement : Il s'agit de dénombrer toutes les colonies. Le résultat sera exprimé par millilitre d'eau à analyser à 22° .

- **coliformes totaux (C, T37°C) et coliformes fécaux (C, F44°C)** : Tout d'abord, il faudrait stériliser un entonnoir à l'aide d'un bec bunsen. Le refroidir soit avec l'eau à analyser ou bien avec de l'eau distillée stérile. Mettre en place de façon aseptique une membrane de 0,45 µ entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile. Fixer ce dernier avec la pince correspondante.
- **coliformes totaux (C, T37°C)** : Remplir de façon aseptique l'entonnoir avec 100 ml d'eau à analyser. Actionner la pompe à vide pour permettre le passage de l'eau à travers la membrane. Retirer ensuite la membrane à l'aide d'une pince stérile et la placer dans une boîte de Pétri de 45 mm de diamètre contenant de la gélose TTC. Cette membrane sera incubée à 37°C, pendant 24 heures et servira à la recherche des coliformes totaux.
- **coliformes fécaux (C, F44°C)** : Remplir par la suite l'entonnoir avec 100 ml d'eau à analyser. Actionner de la même façon la pompe à vide pour permettre le passage de l'eau à travers la membrane. Retirer ensuite la membrane à l'aide d'une pince stérile et la placer dans une boîte de Pétri de 45 mm de diamètre contenant de la gélose TTC. Cette deuxième membrane sera incubée à 44°C, pendant 24 heures et servira à la recherche des coliformes fécaux.
- **streptocoques fécaux (S, F37°C)** : commencer par la stérilisation puis remplir de façon aseptique l'entonnoir avec 100 ml d'eau à analyser. Actionner la pompe à vide pour permettre le passage de l'eau à travers la membrane. Retirer ensuite la membrane à l'aide d'une pince stérile et la placer dans une boîte de Pétri de 45 mm de diamètre contenant de la gélose **SLANETZ et BARTLEY**. Cette membrane sera incubée à 37°C, pendant 24 heures.

III.3 Inventaire des odonates

III.3.1 Matériel utilisé

- Filet d'insectes** pour la capture des imagos
- Filet troubleau** utilisé dans la récolte de larves d'Odonates.
- Boîtes pour la récolte des exuvies**
- Papillotes pour la récolte des Imagos**. Les papillotes sont confectionnées avec du papier Pelure ou avec la cellophane.

- **Pinces entomologiques souples**
- **Bocal à cyanure**
- **Bacs** : Les bacs sont utilisés pour les prélèvements de sol et de sédiments de la bordure des berges pour la récolte des larves des fouisseurs et pour le tri des larves.
- **Appareil photos numérique** adapté à la prise de vue rapprochée
- **Carnet de terrain spécial inventaire**

III.3.2. Méthode d'inventaire des Odonates

- **Imagos** (adultes)

Les adultes de libellules ont été échantillonnés à vue, cherchés au-dessus de l'eau, dans et au-dessus de la végétation et dans les environs de chaque station le long d'un transect de 100 m. La plupart des espèces ont été identifiées à l'œil nu. Les imagos qui sont difficiles à identifier comme les femelles et les ténéraux ont été capturés avec un filet d'insectes (méthos de conservation ci-dessous) ou ont été photographiés pour identification au laboratoire ([Dijkstra & Lewington, 2006](#) ; [Grand & Boudot, 2007](#))

Des informations sur leur maturité (Teneral, Immature / Mature) et leur comportement reproducteur (Tandem, Copulation et Oviposition) ont été notées. Pour confirmer l'indigénéité, les larves ont été échantillonnées à l'aide du filet troubleau directement le long du cours d'eau. Les spécimens ont ensuite été identifiés à l'aide des clés d'identification de ([Tachet et al ., 2002](#)). Ces clés représentent une synthèse de plusieurs travaux ([Aguesse, 1968](#); [Aguilar & Dommanget, 1985, 1998](#)) et des clés ([Heindemann & Seidenbusch, 2002](#))

Les Odonates adultes ont souvent une coloration vive. Cette coloration a deux origines: métallique et pigmentaire et sont donc soumis à des méthodes différentes pour les conserver et les identifier:

- Les Odonates à coloration métallique tués avec le bocal à cyanure ne demandent pas de traitement particulier autre que le séchage pour garder leur coloration. Ils sont placés dans des papillotes avec toutes les références utiles (date, nom du récolteur, lieu de récolte, numéro de référence, etc.). Lorsque les Insectes ne sont pas traités aussitôt après la récolte, il est essentiel de les sécher, au soleil par exemple. Du paradichlorobenzène peut être mis dans les papillotes pour une meilleure conservation.
- Les espèces à coloration pigmentaire, une fois mortes, perdent leurs couleurs suite à la libération de graisse et à la décomposition des viscères. Pour ces derniers, après capture, ils

doivent être plongés dans de l'acétone pendant environ 24 h. Ensuite, ils sont retirés puis déposés sur du papier buvard pour les égoutter. Une fois secs, ils sont mis dans des enveloppes de papier, de cellophane ou de sac plastique et placés dans des boîtes avec les références adéquates.

□ Larves

Toute la difficulté de l'étude des Odonates réside dans le fait que seuls les stades larvaires permettent de déterminer la structure du peuplement et de juger par la suite sa caractérisation, en raison vraisemblablement du problème de l'autochtonie (D'Aguilar & Dommanget, 1998). le filet est à mailles de 300 μm de diamètre. Il sert à troubler l'eau pendant 5 mn ce qui correspond à l'échantillonnage dans 1 m² (Tachet *et al.*, 2002).

Les larves grimpeuses, se trouvant au niveau des plantes aquatiques, sont récoltées avec le filet troubleau. Pour la capture des larves fouisseuses, on peut effectuer des prélèvements superficiels du sol de la bordure des berges de part et d'autre du front de l'eau.

Grace au filet troubleau, l'eau est troublée pendant 5 mn ce qui correspond à l'échantillonnage dans 1 m² (Tachet *et al.*, 2002). Pour une station donnée, des prélèvements sont effectués sur le long d'une ligne de 50 m bordant la berge. Le contenu du filet ou le sol du fonds prélevé est déposé dans un bac puis trié. Le tri se fait manuellement à l'aide d'une pince souple.

Les larves sont transportées dans un flacon contenant de l'eau de l'oued avec une étiquette portant la date, le lieu de récolte, l'habitat et éventuellement le numéro de la station.

L'identification des larves jusqu'à l'espèce étant loin d'être évidente, et on prosede donc toujours à l'élevage jusqu'à l'émergence pour une identification plus sûre de l'espèce.

L'étude des larves et des exuvies offre une preuve sûre de l'autochtonie de l'espèce et donne un bon indice de la taille des populations.

□ Exuvies

Nous avons seulement cherché sporadiquement des exuvies en raison de la fragilité de la dépouille larvaire. Les exuvies sont recherchées sur une bande d'environ 50 cm de part et d'autre de la berge sur une longueur qui dépendra de la taille de l'habitat (environ 8 à 80 m).

Les exuvies trouvées sont récoltées à la main à l'aide d'une pince entomologique souple et mise dans des tubes. Comme les larves, les exuvies permettent de connaître avec certitude l'autochtonie des espèces. La collecte des exuvies prente un intérêt particulier par rapport au

stade vivants (larves et adultes) : i) leur prélèvement n'affecte pas la taille des populations, ii) leur présence indique un développement complet de l'espèce dans le milieu (autochtone dans l'habitat), iii) leur dénombrement donne un indice sur la taille des populations.

III.4 Analyse des données

III.4.1 Variations spatio-temporelles

Les données ont été analysées pour caractériser la distribution des différentes espèces le long des quatre stations de la zone d'étude et pour évaluer l'association potentielle entre les assemblages d'espèces et les facteurs abiotiques.

La composition et l'organisation d'un peuplement peuvent être caractérisées par des outils descriptifs (Barbault, 1985): la richesse spécifique, la densité et la structure que l'on peut exprimer sous forme d'indices de diversité.

Les peuplements qui constituent une biocénose peuvent se définir par des descripteurs qui prennent en considération l'importance numérique des espèces qu'ils comportent (Ramade, 1994).

Ce sont les expressions mathématiques qui renseignent le mieux sur la structure et 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 l'état d'un même peuplement étudié à des moments différents (Barbault, 1995).

La structure des assemblages d'odonates a été évaluée en utilisant différents indices de diversité: richesse spécifique (S), abondance, fréquence (Fi) et dominance. La structure et l'organisation du peuplement ont été estimées grâce aux indices de diversité de Shannon (H'), Margalef (R1) Simpson (D) et d'équitabilité (E).

- **Richesse spécifique :**

Par définition, la richesse totale est le nombre d'espèces que compte un peuplement considéré dans un écosystème donné (Ramade, 1984). Elle représente un paramètre fondamental caractéristique d'un peuplement (Muller, 1985). Selon (Benyacoub & Chabi, 2000), la richesse est le nombre total d'espèces constatées au cours d'une série de n relevés dans un milieu. Pour la présente étude, la richesse totale est le nombre total des espèces obtenu à partir du nombre total des relevés.

- **Abondance :**

Quantité relative ou nombre d'individus d'une espèce donnée par unité de surface ou de volume par rapport au nombre total d'individus de toutes espèces confondues.

$$P_i = n_i / N$$

n_i : nombre d'individus d'une espèce i .

N : nombre total d'individus toutes espèces confondues

- **Fréquence relative:**

C'est le rapport, exprimé en pourcentage, entre l'abondance d'une espèce i et l'abondance totale du peuplement (toutes espèces confondues).

$$Fr (\%) = 100 x$$

- **Fréquence centésimale ou fréquence occurrente :**

La fréquence centésimale est le rapport du nombre de relevés contenant l'espèce étudiée (P_i) au nombre total de relevés (P) exprimé en pourcentage (Dajoz, 1985).

$$Fc (\%) = 100 x p_i / p$$

p_i : nombre de relevés contenant l'espèce étudiée.

p : nombre total des relevés effectués

Bigot & Bodot (1973) distinguent cinq catégories d'espèces selon leur constance :

- $F_c=100\%$ Espèce omniprésente.

- $50\% < F_c < 100\%$ Espèce constante.

- $25\% < F_c < 49\%$ Espèce accessoire.

- $10\% < F_c < 10\%$ Espèce très accidentelle (sporadique).

- **Dominance**

La dominance d'une espèce dans un prélèvement est le nombre d'une espèce dans le prélèvement par rapport au nombre d'individus de toutes les espèces présentes dans ce même prélèvement. Elle s'exprime en pourcentage suivant :

$$Da = [N_a / (N_a + N_b + N_c + \dots, N_n)] \times 100$$

Da : Dominance de l'espèce (a) ;

Na+ Nb+ Nc+....., Nn : Nombre d'individus des espèces a, b, c, ..., n.

III.4.2 Structure et organisation

III.4.2.1 Variation des indices de diversité biologique

- **Indice de diversité de Shannon-Weaver :**

La diversité d'un peuplement exprime son degré de complexité. Elle est calculée à partir de l'indice de Shannon et [Weaver \(1949\)](#).

1 – il est basé sur la théorie de l'information.

2 – il mesure la difficulté à prédire l'identité du prochain individu.

3 – il combine richesse taxonomique et Équitabilité.

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

$$P_i = n_i / N$$

P_i : La fréquence relative de l'espèce « i » dans un peuplement.

n_i : nombre d'individus d'une espèce i.

N: effectifs ou nombre total d'individus

- **Richesse spécifique « S », Abondance « N », Diversité spécifique « H »**

- La diversité maximale d'un peuplement H' Max se calcule comme suit :

$$H' \text{ Max} = \log_2 S$$

S : Richesse totale de ce peuplement

H' Max : La diversité théorique maximale

- **Indice d'équirépartition des populations (équitabilité) :**

L'indice d'équitabilité ou d'équirépartition (E) est le rapport entre la diversité calculée (H') et la diversité théorique maximale (H'max) qui est représentée par le log2 de la richesse totale (S) (Blondel, 1979) Sa formule est:

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

dont

$$H'_{max} = \text{Log } 2 S$$

Sa valeur varie de 0 (dominance d'une des espèces) à 1 (équirépartition des individus dans les espèces).

- **Coefficient de concentration de dominance de Simpson :**

Cet indice exprime le déséquilibre des abondances entre espèces. La dominance varie entre 0 (faible dominance) et 1 (forte dominance) d'une ou plusieurs espèces. Elle a pour expression :

$$D = \sum (n_i / N)^2$$

n_i : nombre d'individus d'une espèce i.

N : effectifs ou nombre total d'individus

III.4.2 Analyse en composantes principales (ACP) entre les assemblages d'Odonates enregistrés et les paramètres abiotiques.

Nous avons effectué une analyse de co-inertie pour rechercher une structure commune entre deux matrices: un tableau «espèce» et un tableau «facteurs abiotiques» (Doledec & Chessel, 1994). La corrélation globale du rang de Pearson entre les espèces enregistrées et les paramètres abiotiques a été mesurée par le coefficient de corrélation vectoriel «RV» qui varie entre 0 (toutes les espèces sont indépendantes des variables environnementales et indique que les deux tables sont homothétiques. (Borcard *et al.*, 2011).

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide de la version extra Facto Mine R. (3.2.2) Les données ont été standardisées et analysées par des techniques multivariées, telles que l'analyse en composantes principales (ACP) (Chessel *et al.*, 2004). L'ACP est une technique statistique appartenant aux «méthodes de reconnaissance de formes non surveillées», utile pour effectuer une analyse exploratoire des données lorsqu'il n'y a pas de connaissance préliminaire des caractéristiques (structure) des données à analyser (Tabachnick & Fidell, 1996).



CHAPITRE IV

RÉSULTATS ET DISCUSSION

CHAPITRE IV

RESULTATS ET DISCUSSION

IV.1 Résultats

IV.1.1 Caractérisation abiotique des stations d'échantillonnage

IV.1.1.1 Paramètres physico-chimiques (*in situ*)

Le tableau 7 résume les variables environnementales enregistrées dans les stations d'échantillonnage rivulaires au cours de la période d'étude. Les températures moyennes mensuelles de l'air révèlent les valeurs maximales pendant les mois les plus chauds (juillet-août) avec un pic de 36,2 ° C enregistré en juillet dans la station ST3 et de 35,5 ° C dans la station ST4. Les valeurs minimales sont enregistrées pendant les mois les plus froids (janvier-février). En février, la température a atteint 10,9 ° C dans la station ST4 et 10,73 ° C dans les stations ST3 et ST1.

La température de l'eau fluctue durant l'année selon le même rythme que la température de l'air bien que légèrement inférieure, atteignant une valeur maximale en août de 27,45 ° C à la ST3 en août, et 29,8 ° C à la ST4 en Juillet.

Les moyennes mensuelles du pH de l'eau ne montrent pas une forte variabilité intra-annuelle et restent alcalines, oscillant entre 7,07 et 8,05 le long des quatre stations. Le cours d'eau était bien oxygéné en amont (ST1 et ST2) plus qu'en aval (ST3 et ST4).

En ce qui concerne la salinité, l'intervalle enregistré (0,30-0,53ppm) indique qu'il n'y a pas eu de variation marquée dans l'espace et dans le temps.

La profondeur de l'eau a montré des fluctuations significatives situées entre 65 cm dans la station ST2 en mars et 11 cm dans la station ST3 en juin. La largeur du lit a également été soumise à des fluctuations marquées au cours de la période d'étude et a atteint en février 5,85 m à la ST1 et 5,36 m à la ST2 en décembre. Un minimum de 65 cm a été enregistré en été à la ST3.

Table 7. Variations des paramètres environnementales et chimiques le long de oued Bouarroug

Saison / station interaction	Substratum	Végétation Aquatique	Ripisylve	Lit (m) (E.T)	Profo (cm) (E.T)	Air T(°C) (E.T)	Eau T(°C) (E.T)	PH (E.T)	O ₂ %	O ₂ mg/l	Salinité ppm	Pollution
JAN-AVR (ST1)	blocs cailloux sable +	2	3	4.36 (1.02)	0.43 (0.16)	16.01 (5.45)	11.56 (2.56)	8.17 (0.22)	117.70	8.77	0.40	0
JAN-AVR (ST2)	blocs cailloux sable	2	3	2.78 (0.68)	0.45 (0.05)	16.81 (5.72)	12.89 (3.36)	8.05 (0.60)	128.33	9.90	0.47	0
JAN-AVR (ST3)	Sable +++ limon ++	2	2	2.25 (1.69)	0.41 (0.26)	16.55 (5.49)	13.64 (3.56)	7.89 (0.09)	99.23	7.50	0.40	+
JAN-AVR (ST4)	blocs gravier cailloux sable	1	1	0.83 (0.97)	0.4 (0.03)	17.01 (17.00)	14.38 (4.78)	7.68 (0.09)	120.49	8.30	0.30	+
MAY-DEC (ST1)	blocks cailloux sand +	3	3	2.67 (0.78)	0.64 (1.11)	25.58 (6.09)	19.09 (4.24)	7.27 (0.52)	110	7.90	0.50	0
MAY-DEC (ST2)	blocs cailloux sable	3	3	4.37 (0.68)	0.39 (0.04)	24.57 (5.50)	18.67 (4.47)	7.64 (0.60)	117.87	8.19	0.53	0
MAY-DEC (ST3)	sand +++ limon ++	1	2	1.102 (0.25)	0.22 (0.12)	27.26 (6.93)	22.26 (5.52)	7.07 (0.64)	106.16	7.20	0.47	+
MAY-DEC (ST4)	blocs gravier cailloux sable	2	2	1.29 (0.27)	0.25 (0.04)	26.80 (6.87)	22.23 (6.11)	7.12 (0.49)	101.10	7.90	0.30	+

végétation riveraine et aquatique: 0 =Absente; 1 = Faible; 2 = Moyenne; 3=Dense; Pollution: 0=absence; +=Présence; ++ = dominante; ET: Ecart-Type.

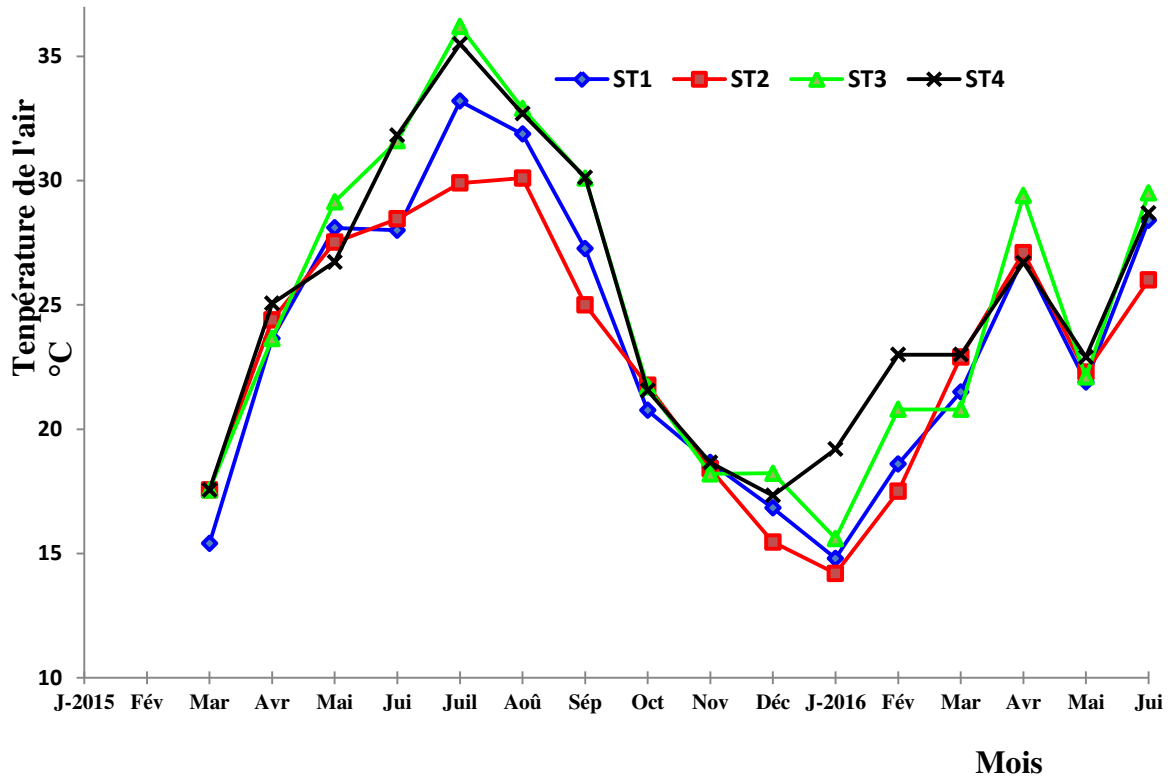


Figure 35. Evolution mensuelle de la température de l'air *in situ* (suivi 2015/2016).

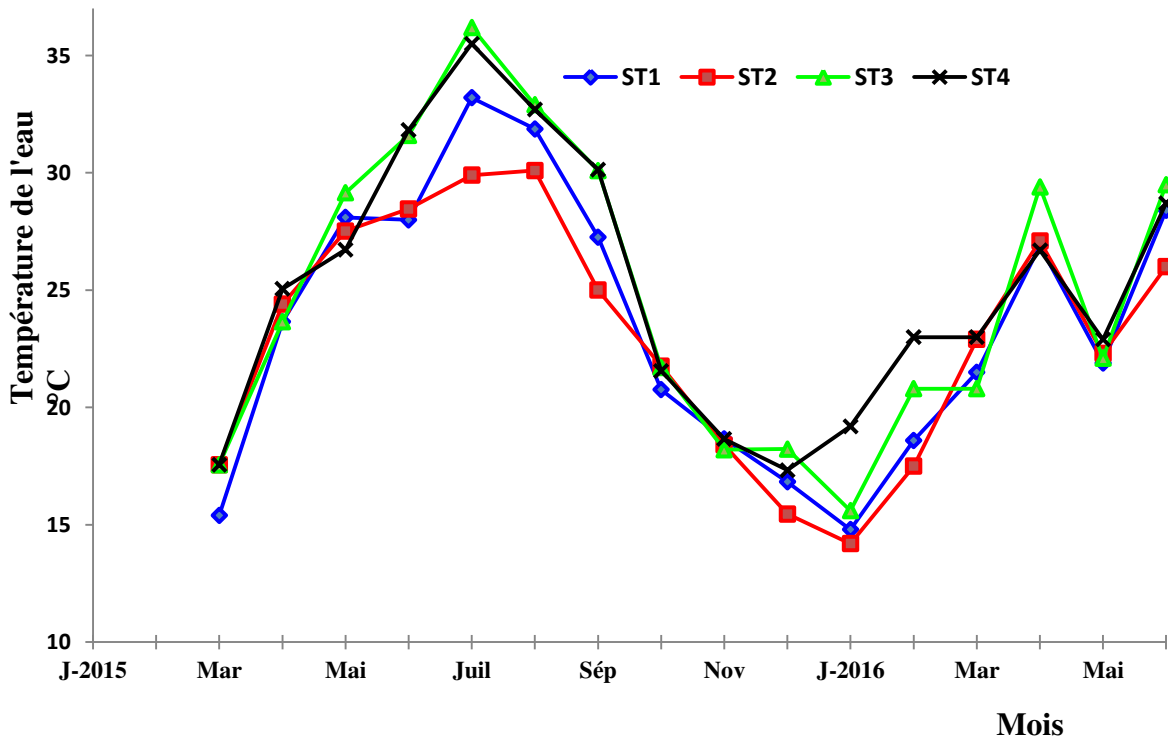


Figure 36. Evolution mensuelle de la température de l'eau *in situ* (suivi 2015/2016).

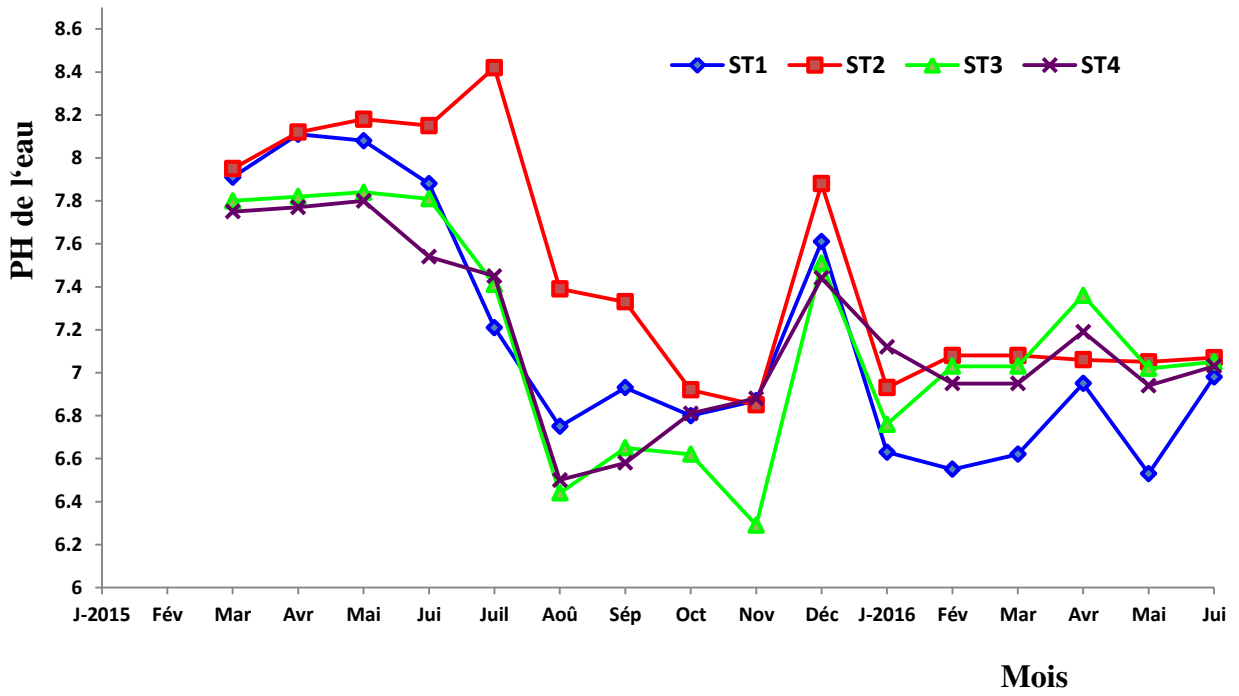


Figure 37. Evolution mensuelle du PH de l'eau *in situ* (suivi 2015/2016).

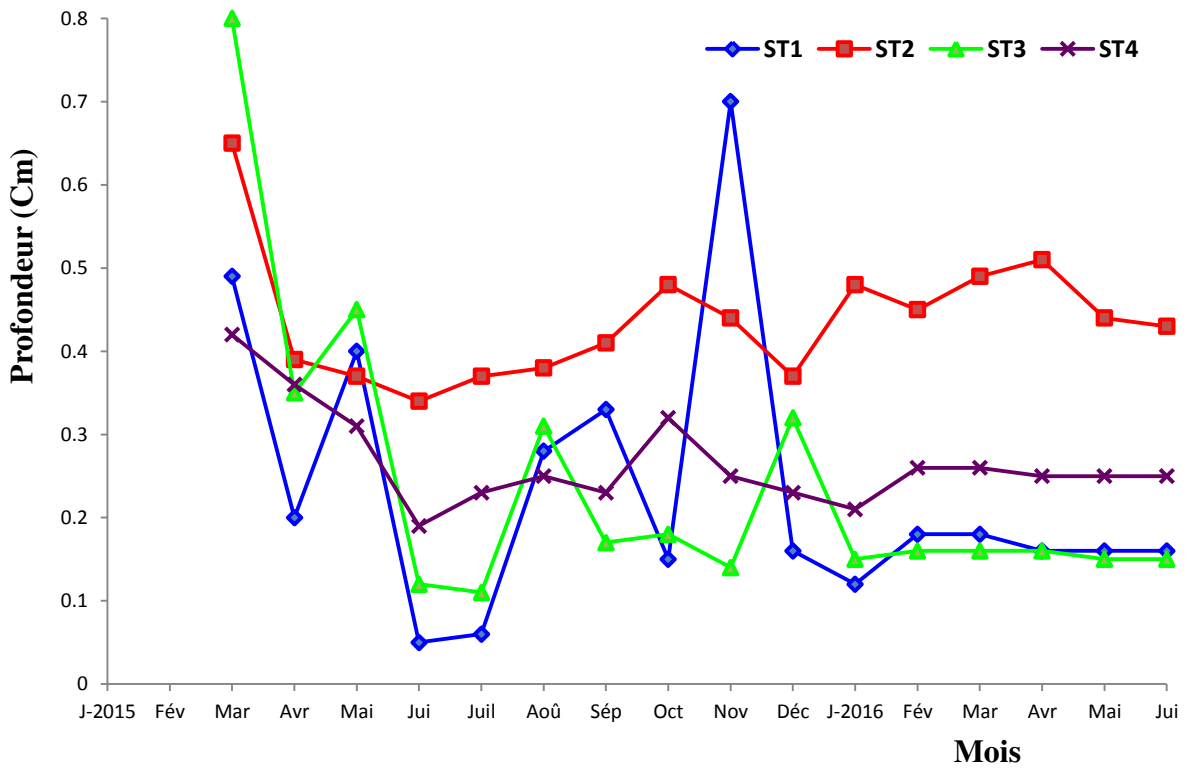


Figure 38. Evolution mensuelle de la profondeur de l'eau *in situ* (suivi 2015/2016).

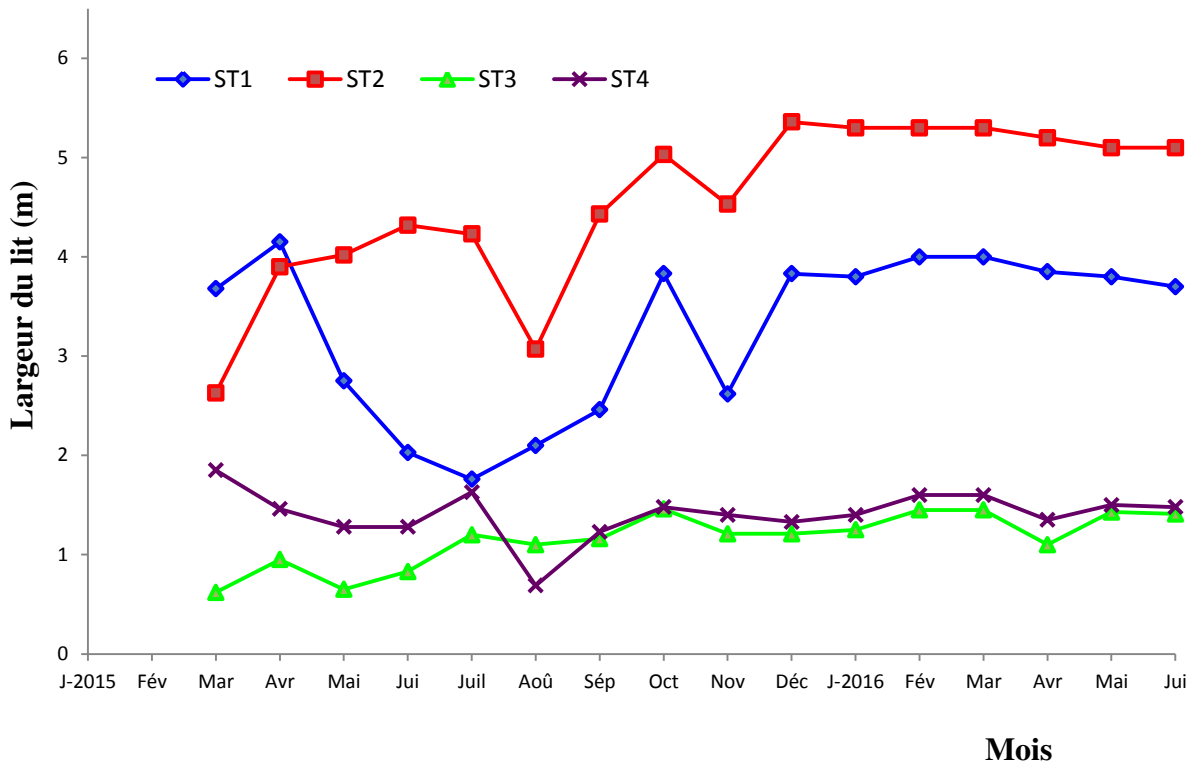


Figure 39. Evolution mensuelle de la largeur du lit mouillé *in situ* (suivi 2015/2016).

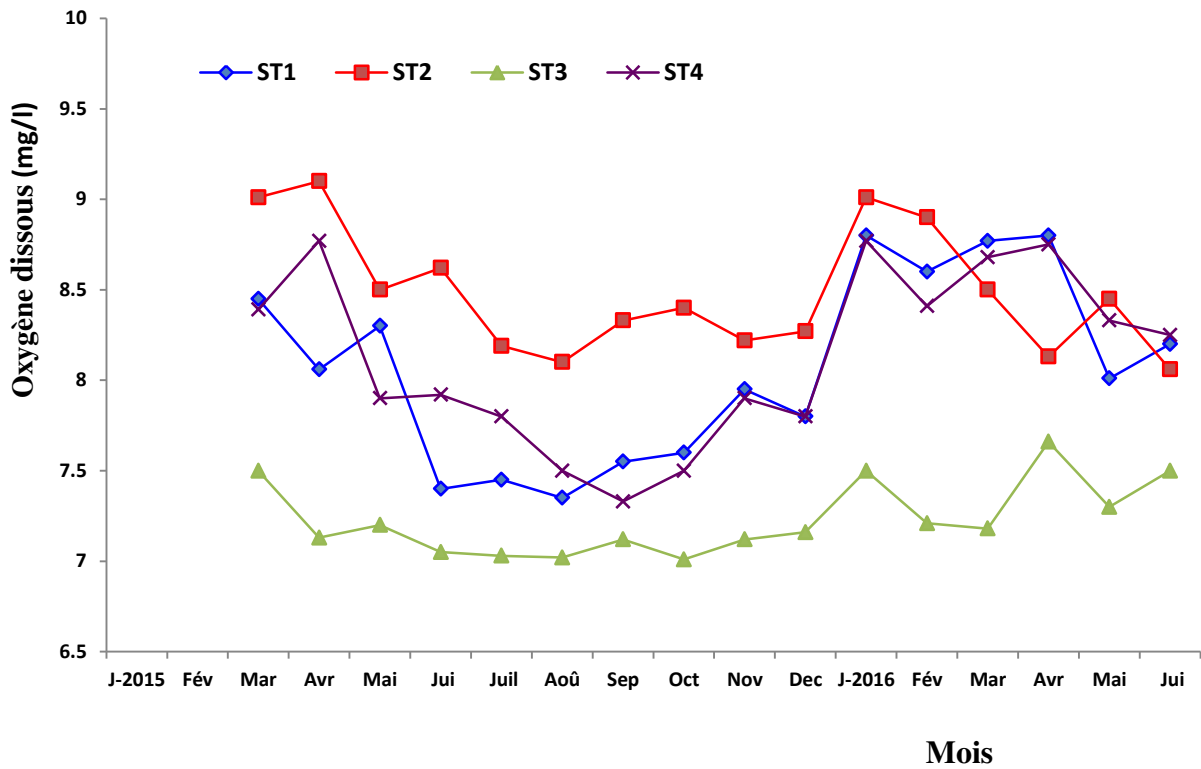


Figure 40. Evolution mensuelle de l'oxygène dissous *in situ* (suivi 2015/2016).

IV.1.1.2 Paramètres physico-chimiques et bactériologiques (*in vitro*)

IV.1.1.2.1 Paramètres physiques et chimiques

Le tableau 8 regroupe les résultats des analyses des différents paramètres physico chimiques des échantillons de l'eau des quatre stations durant le printemps de l'année 2016.

Tableau 8. Résultats de la physico-chimie de oued Bouarroug au cours de la période d'étude.

Paramètres	Unité	Norme algérienne	Station ST1	Station ST2	Station ST3	Station ST4
Température	C°		24	22	22	27
Température eau	C°		13	16	14.5	16
pH	Unité PH	6,5-9	7.97	7.80	7.8	7.84
Température	C°	25	13	16	14.5	16
Conductivité	µS/cm à 25C°	3125	1610	1530	1438	1382
Salinité	g/l	*	0.79	0.63	0.59	0.5
Turbidité	NTU	*	23	21	20	19
O ₂ dissout	%O ₂	>70	29	28	26	29
Ammonium	mg/l	0.5	1.3	0.93	0.71	0.60
Nitrites	mg/l	> 0,3	0.93	0.83	0.64	0.53
Nitrates	mg/l NO ₃	50	19.3	18.2	17.7	16.5
Phosphores	mg/l	5	3.20	2.70	2.71	2.93
Fer total	mg/l	3	0.41	0.50	0.40	0.50
Aluminium	mg/l	0,2	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006
Indice de permanganate	mg/L ⁻¹ O ₂	5	1.7	1.29	1.61	1.59
Dureté totale	mg/l CaCO ₃	> 200	930	877	979	839
Calcium	mg/l	200	11.7	10.8	9.2	7.79
Magnésium	mg/l	150	0.59	0.44	0.39	0.39
Chlorures	mg/l	500	123	117	126	111

- **Les températures mensuelles de l'air et de l'eau moyennes:** au cours de la période d'échantillonnage, la température de l'air à oued Bouarroug a varié entre 22° C et 27° C. La température de l'eau ne présente pas de grandes variations d'une station à l'autre. Le minimum enregistré est de 13°C (ST1) et le maximum est de 16°C (ST2 et ST4). Donc, le risque d'apparition d'une pollution thermique ou de diminution de l'oxygène est faible.

- **Le PH:** indique le caractère acide ou basique de l'eau. Les valeurs enregistrées de ce potentiel hydrogène fluctuent entre 7,97 et 7,80 dévoilant un léger gradient décroissant de l'amont vers l'aval. De ce fait, le pH est légèrement neutre à modérément alcalin au niveau des stations d'échantillonnage.

- **La conductivité:** représente la capacité de l'eau à conduire un courant électrique. Elle est proportionnelle à la minéralisation de l'eau. Durant notre période d'étude, nous avons enregistré un gradient décroissant de l'amont vers l'aval avec une valeur maximale de 1610 $\mu\text{S/cm}$ et une valeur minimale de 1382 $\mu\text{S/cm}$

- **L'oxygène dissout:** la quantification de la concentration en oxygène d'un hydro-système est un facteur assez important du fait qu'il participe à la majorité des processus chimiques et biologiques dans ces milieux aquatiques. L'évolution de l'oxygène dissout dans l'eau de oued Bouarroug présente des pourcentages différents au niveau des quatre stations d'échantillonnage. La valeur la plus forte est enregistrée au niveau de la station 4 et la station 1 (29%) et la plus faible au niveau de la station 3 (26%).

- **La turbidité:** est causée par la présence de MES, d'oxydes et d'hydroxydes métalliques, d'organismes planctoniques et de substances dissoutes. Donc, elle permet de préciser si l'eau est trouble ou limpide. Au niveau des différentes stations, la turbidité exhibe l'existence d'un gradient décroissant de l'amont vers l'aval.

IV.1.1.2.2 Paramètres Spectrophotométriques

- **La salinité:** L'analyse des résultats de la salinité et l'alcalinité des prélèvements réalisés révèlent que la salinité est presque nulle.

- **Les nitrates :** On observe une diminution globale d'amont en aval sur le long de Oued Bouarroug. Cet effet est dû en grande partie à sa consommation par les algues et dépend également de la quantité de phosphore disponible.

- **Les nitrites** : les nitrites indiquent l'état de fertilisation de l'eau et leur présence favorise le développement du phytoplancton (eau verte). La teneur en Nitrite NO₂ au niveau des cinq stations marque une décroissance de l'amont vers l'aval et les valeurs sont supérieures à la norme qui doit être inférieure à 0,3mg/l.

- **L'ammonium** : les concentrations en ammonium sont en général le résultat de conditions anoxiques qui règnent au niveau des eaux. L'ammonium peut se trouver sous la forme ionisée (NH₃) qui se révèle être particulièrement toxique pour l'ensemble des populations abritant un écosystème. Sa présence dans les différentes stations varie entre 0,6 mg/l et 1,3 mg/l et dépasse les normes dans quatre stations: ST1 (1,3), ST2 (0,93), ST3 (0,71), ST4 (0,60).

- **Le phosphore**: on considère généralement que le phosphore est l'élément limitant de la croissance du phytoplancton et des plantes aquatiques en eau douce. Les apports en phosphore constituent donc la cause directe de l'eutrophisation des cours d'eau. Des teneurs supérieures à 5 mg/L doivent constituer un indice de pollution. Ce n'est pas le cas pour notre eau analysée qui a enregistré une teneur comprise entre 2,70 mg/L au niveau de la ST2 et 3,20 mg/L au niveau de la ST1. Elle est donc, inférieure aux normes prescrites.

- **Le fer total** : ce paramètre présente des valeurs très proches au niveau des différentes stations d'échantillonnage, variant entre 0,40 mg/l et 0,61 mg/l et ne dépassant pas les normes.

- **L'Aluminium** : toutes les valeurs enregistrées sont identiques (0.006 mg/l) pour les quatre stations et sont toutes inférieures aux normes 0,2mg/l (fixées par l'OMS).

IV.1.1.2.3 Paramètres de volumétrie

- **Indice de permanganate** : les ions permanganate MnO₄ enregistrés varient entre 1,29 et 1,70 mg/l O₂, et sont inférieurs aux normes (5 mg L⁻¹).

- **Dureté totale** : c'est un paramètre rattaché directement à la quantité de calcium et de magnésium dans une eau. Ces derniers ont tendance à précipiter avec les carbonatés qui compose l'alcalinité. Les valeurs obtenues varient entre 839 mg/l CaCO₃ et 930 mg/l CaCO₃. On constate, pour tous les points d'eau, une alcalinité élevée qui dépasse > 200 mg/l CaCO₃.

- **Calcium** : les valeurs obtenues varient entre 7,79 mg/l et 11,7 mg/l. Les teneurs en calcium des eaux analysées de oued Bouarroug sont toutes inférieures à la concentration maximale admissible qui est de 200 mg/l édictée par les normes locales (N.A, 1992).

- **Magnésium** : L'eau analysée présente des valeurs comprises entre 0,39 et 0,59 mg/l, Elle est bien inférieure à la valeur préconisée par la réglementation algérienne qui est de 150 mg/L

- **Chlorures** : les analyses enregistrées ont révélé que les chlorures varient entre 111 mg/l et 129 mg/l et sont inférieures aux normes 500 mg/l.

IV.1.1.2.4 Paramètres microbiologiques

Le tableau 9 regroupe les différents paramètres microbiologiques et bactériologiques enregistrés au niveau des stations d'échantillonnage de oued Bouarroug.

Tableau 9. Résultats des paramètres microbiologiques

G, T22°C	C, T37°	C, F44°	S, F37°
89	17	26	03
23	11	09	02
17	09	01	01
34	08	02	01
25	11	01	00

- **Les Germes totaux** : ces germes sont des indicateurs qui révèlent la présence possible d'une contamination bactériologique, Les résultats obtenus varient entre 17 et 89 germes /ml à 22°C, Ils restent toutefois conformes aux normes prescrites par la réglementation algérienne (≤ 100 germes par ml à 22° C).

- **Les Coliformes totaux** : Les Coliformes totaux parmi lesquels *E. coli*, sont considérés comme un indicateur de pollution. Les résultats obtenus varient entre 08 et 17 CT/100 ml par 37°C.

- **Les Coliformes fécaux** : Les résultats obtenus varient entre 01 et 26 C F/100 ml à 44°C.

- **Les Streptocoques fécaux** : Les résultats obtenus varient entre 0 et 3Sf/100ml à 37°C.

IV.1.2. Caractérisation de la végétation des stations d'échantillonnage

La végétation inventoriée durant la période d'étude au niveau des différentes stations d'échantillonnage est identifiée et listée dans le tableau 10. La végétation rivulaire assure des fonctions multiples et variées au bénéfice des cortèges odonatologiques présents dans l'oued Bouarroug. La richesse spécifique semble être influencée avec le type de végétation aquatique installée, elle-même dépendante de la vitesse du courant au sein de chaque station d'échantillonnage. La station 2 est dominée par des plantes de courant rapide comme : *Scirpus supinus*, *Carex sylvatica*, *Juncus effusus*, *Juncus bufonius* et les autres stations abritent des plantes de courants lents dont *Callitriche obtusangula*, *Veronica anagallis-aquatica*, *Carex distachya*, *Poa trivialis*, *Apium nodiflorum*. La végétation constitue un facteur écologique important et propice pour le recrutement des populations d'odonates. Elle héberge les organismes animaux dont les larves se nourrissent et les protège des prédateurs (poissons, oiseaux aquatiques, batraciens, autres insectes) et leur favorise, enfin, le passage vers le monde aérien.

Tableau 10. Caractérisation de la végétation rivulaire des quatre stations de oued Bouarroug

Stations	Ripisylve	Végétation aquatique et semi aquatique
Station ST1	- <i>Eucalyptus globulus</i> - <i>Quercus coccifera</i>)	- <i>Osmonde royale</i> - <i>Pteridium aquilinum</i> - <i>Phillyrea latifolia</i>
Station ST2	- <i>Acacia nenusia</i> - <i>Erica arborea</i>	- <i>Corex sylvatica</i> - <i>Scirpus supinus</i> - <i>Carex sylvatica</i> - <i>Genista ferox</i> - <i>Mentha pulegium</i> - <i>Torilis arvensis</i>
Station ST3	- <i>Rubus ulmifolius</i> - <i>Acacia memosa</i> - <i>Clematis cirrhosa</i> - <i>Genista ferox</i> - <i>chenezeen</i>	- <i>Polygonum senegalense</i>
Station ST4	- <i>Rubus ulmifolius</i> - <i>Genista ferox</i> - <i>Erigeron canadensis</i>	- <i>Juncus effusus</i> - <i>Juncus bufonius</i> - <i>Mentha pulegium</i> - <i>Myrtus communis</i> - <i>Lythrum junceum</i> - <i>Polygonum senegalense</i> - <i>Rosa sempervirens.</i> - <i>Torilis arvensis</i> - <i>Callitriche obtusangula</i> - <i>Chara sp</i>

IV.1.3. Caractérisation du peuplement d'Odonates de l'oued Bouarroug

IV.1.3.1 Inventaire des espèces

Au total, 1810 individus ont été dénombrés durant la période d'échantillonnage. Le nombre total d'espèces était de 19, réparties en sept familles : Calopterygidae (*Calopteryx haemorrhoidalis*), Lestidae (*Lestes virens*, *Lestesviridis*), Platycnemidae (*Platycnemis subdilatata*), Coenagrionidae (*Ischnura graellsii*, *Coenagrionpuella*, *Erythromma lindinii*, *Erythrommaviridulum* et *Ceriagriontenellum*), Aeshnidae (*Anax imperator* , *Boyeria irene*), les Gomphidae (*Gomphus lucasii*, *Paragomphus geneii* et *Onychogomphus uncatus*), les Libellulidae (*Orthetrum cancellatum anceps*, *Sympetrum striolatum*, *Crocothemis erythraea*, *Trithemis arteriosa* et *Trithemis annulata*). Neuf espèces appartiennent au sous-ordre des zygoptères volontaires et 10 aux anisoptères. L'autochtonie est confirmée pour 12 espèces sur les 19 inventoriées (*Calopteryx haemorrhoidalis*, *Lestesviridis*, *Platycnemis subdilatata*, *Ischnura graellsii*, *Coenagrion puella*, *Ceriagrion tenellum*, *Anax imperator*, *Boyeria irène*, *Gomphus lucasii*, *Paragomphus geneii*, *Onychogomphus uncatus* et *Orthetrum cancellatum*) (Tab. 11).

Tableau 11. Statut et richesse spécifique dans la zone d'étude (suivi: 2015/2016).

Check-list	Autochtonie confirmée	Stations d'échantillonnage				IUCN Status
		ST1	ST2	ST3	ST4	
<i>Calopteryx haemorrhoidalis</i> (Vander Linden,1825)	*	++++	+++	+	++	LC
<i>Lestes viridis</i> (Vander Linden, 1825)	*	++	+++	+	++++	LC
<i>Lestes virens</i> (Charpentier, 1825)			++++			LC
<i>Platycnemissubdilatata</i> (Selys, 1849)	*	+++	+	++	++++	LC
<i>Ischnura graellsii</i> (Rambur, 1842)	*	+	+++	++	++++	LC
<i>Coenagrionpuella</i> (Linnaeus, 1758)	*	+	++++	++	+++	LC
<i>Erythrommalindinii</i> (Selys, 1840)		+	++++	++	+++	LC
<i>Erythrommaviridulum</i> (Charpentier, 1840)				++++	+++	LC
<i>Ceriagriontenellum</i> (de Villers, 1789)	*	++	++	+	++++	LC
<i>Anax imperator</i> (Leach, 1815)	*	+++	++++	++	+	LC
<i>Boyeriairene</i> (Fonscolombe,1839)	*				++++	LC
<i>Gomphuslucasii</i> (Selys, 1849)	*	++	++++	++	+++	VU
<i>Paragomphusgeneii</i> (Selys, 1841)	*				++++	LC
<i>Onychogomphusuncatus</i> (Selys, 1841)	*					LC
<i>Orthetrumcancellatum</i> (Linnaeus, 1758)	*	++	+++	+	++++	LC
<i>Sympetrum striolatum</i> (Charpentier, 1840)		++	+++	++++	++++	LC
<i>Crocothemiserythraea</i> (Brullé, 1832)		+++	++++	+++	++	LC
<i>Trithemisarteriosa</i> (Burmeister, 1839)			+++	+	++++	LC
<i>Trithemisannulata</i> (Palisot de Beauvois, 1807)			+++		++++	LC
Richesse Totale :	19	12	12	15	14	17

*: Autochtonie confirmée; (IUCN: Union Internationale de Conservation de la Nature); LC: préoccupation mineure, VU: vulnérable; Nombre d'adultes : +: faible; ++: moyen; +++: fort; ++++: très fort.

IV.1.3.2 Description des espèces inventoriées

SUPER-ORDRE: ZYGOPTERE

CALOPTERYGIDAE

Ce sont des Zygoptères de grande taille à reflet métallique. Les ailes ne sont pas pétiolées à leur base et possèdent toujours plus de 18 nervures anténodales. La ponte est endophyte.

***Calopteryx haemorrhoidalis* (Van Der Linden, 1825)**

Cliché EcoSTAq (2014-2016).



Statut de conservation UICN



LC : Préoccupation mineure

Phénologie de l'adulte (période d'étude)

Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec



- **Statut.** LC. (Liste rouge de l'UICN, Afrique du Nord). Même statut à l'échelle régionale.

- **Phénologie imaginale.** d'avril à décembre au cours de cette étude (Benchalel *et al.*, 2017 b) et d'avril à octobre (Samraoui & Menai, 1999, Benchalel & Samraoui, 2012).

- **Commentaire.** Le *Calopteryx héorrhoidalis* mâle a un corps plus sombre et plus terne que les autres caloptéryx. Le dessous des derniers segments abdominaux est uniformément rose à rouge vif. Les femelles sont de couleur bronze et se distinguent facilement par la bande apicale sombre des ailes postérieures. Le mâle est territorial et satellite. Parade nuptiale avec vol sur place et battements d'ailes, avec abdomen relevé pour montrer le catadioptre. L'espèce occupe les cours d'eau et les microhabitats rapides des hautes altitudes jusqu' au niveau de la mer (Samraoui et Corbet, 2000a; Benchalel & Samraoui, 2012) alternant zones soleil-ombre. Assez abondante, l'espèce a été échantillonnée au niveau des quatre stations avec une abondance particulière dans les zones ombragées de la station ST2.

Emergence. si les premiers imagos sont notés dès le mois d'avril, le pic d'émergence se situe en juin et juillet. Emergence tôt en matinée, à faible hauteur généralement. Accouplement entre 3 à 5min. Ponte : femelle seule, surveillée par le mâle, jusque sous l'eau pendant 10 min observée par Benchalel *et al.*, (2012).

- **Statut d'Autochtonie.** confirmé à oued Bouarroug.

LESTIDAE

De taille moyenne, les ailes sont pétiolées, étroites et transparentes avec toujours 2 nervures anténodales comme les Plactycnemidae et les Coenagrionidae.

Lestes viridis (Vander Linden, 1825)

Cliché EcoSTAq (2014-2016).



Statut de conservation UICN



LC : Préoccupation mineure

Phénologie de l'adulte

Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec



- **Statut.** LC. (Liste rouge de l'UICN, Afrique du Nord). Même statut à l'échelle régionale.
- **Phénologie imaginale.** Mai à Décembre durant l'année 2015 et de mai à octobre en 1993.
- **Commentaire.** Le Leste vert se reconnaît surtout à sa couleur verte métallique et à son habitude de se percher en hauteur, ailes étalées. Au stade adulte l'espèce estive dans les milieux frais et humides (Agüero-Pelegrin et al., 1999, Samraoui, 2009, Benchalel et Samraoui, 2012; Benchalel et al., 2018). Elle était modérément abondante aux stations ST1, ST2 et ST3 mais abondante à la station ST4.
- **Emergence.** Les mâles et femelles immatures présentent une couleur verte métallique intense à l'émergence et leurs yeux sont clairs. Les imagos émergent le matin en général, dès le mois de mai, avec un pic d'émergence entre le 31 mai et le 9 juin puis ne sont plus observés qu'en individus isolés jusqu'au début du mois de septembre.
- **Statut d'Autochtonie.** confirmé à oued Bouarroug.

Lestes virens (Charpentier, 1825)

Cliché EcoSTAq (2014-2016).



Statut de conservation UICN



LC : Préoccupation mineure

Phénologie de l'adulte

Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec



- **Statut.** LC. (Liste rouge de l'UICN, Afrique du Nord). Même statut à l'échelle régionale.

- **Phénologie imaginale.** Août

-**Commentaires.** Espèce d'eaux stagnantes et courantes saisonnières ou permanentes. Le leste verdoyant (*Lestes virens*) a le dessus de la tête bicolore, l'arrière de la tête est jaune. Les ptérostigmas de l'adulte sont brun-clairs encadrés par deux nervures blanchâtres. Les pattes sont rayées longitudinalement de noir et de beige. La couleur des yeux est variable: beige à bleu pour les mâles, gris à orangé pour les femelles. L'abdomen du mâle montre une pruinosité bleue sur les deux derniers segments S9 et S10 et absente sur les deux premiers. En Numidie, c'est une espèce qui se confond bien avec la sous espèce *Lestes numidicus* (une espèce déficiente en données (DD) sur la Liste rouge de l'UICN en Méditerranée).

- **Emergence.** Un seul imago a été observé à la station ST2. Aucune émergence observée

- **Statut d'autochtonie.** Non confirmé à oued Bouarroug.

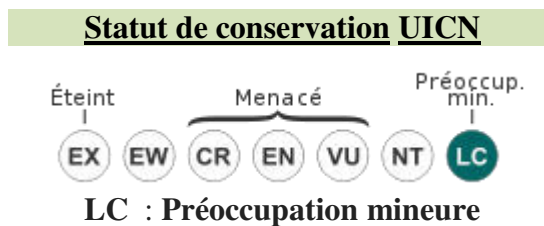
PLATYCNEMIDAE

Ils sont de taille moyenne et ont une coloration claire. La tête est élargie et on note une forte dilatation des tibias des pattes médianes et postérieures, surtout chez les mâles.

Les ailes sont pétiolées, étroites, transparentes et munies de 2 nervures anténodales. Ptérostigma contigu à une seule nervure.

Platycnemis subdilatata (Selys,1840)

Cliché EcoSTAq (2014-2016).



Phénologie de l'adulte

Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec



-**Statut.** LC. (Liste rouge de l'UICN, Afrique du Nord). Même statut à l'échelle régionale.

-**Phénologie imaginale.** Mai à Septembre

-Commentaire. L'agrion a pattes peu dilatées est une espèce endémique maghrébine, annoncée en abondance au bassin versant de Kébir-Est et Brabtia, près de l'oued Bouarroug depuis 1993 (Benchalel et Samraoui, 2012). On la distingue facilement avec la forme latéralement élargie de sa tête, aux deux lignes claires délimitant une bande sombre au dessus de sa tête. Aujourd'hui l'espèce est plutôt abondante, elle a été enregistrée dans toutes les stations.

-Emergence. Le pic des émergences est enregistré en juillet et Aout avec un sex ratio légèrement biaisé par les femelles.

- Statut d'Autochtonie. Confirmé à oued Bouarroug.

COENAGRIONIDAE

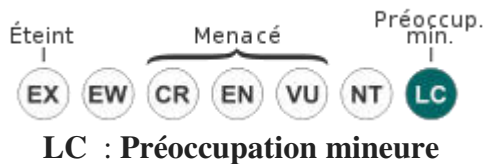
C'est la plus grande famille de Zygoptères. Ils sont de taille petite à moyenne. Les mâles sont de couleur bleue, verte ou rouge selon les espèces. Les femelles sont plutôt ternes et sombres.

Ischnura graellsii (RAMBUR, 1842)

Cliché EcoSTAq (2014-2016).



Statut de conservation UICN



Phénologie de l'adulte

Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
	■	■	■	■	■	■	■	■	



- Statut. LC. (Liste rouge de l'UICN, Afrique du Nord). Même statut à l'échelle régionale.

- Phénologie imaginale. Avril à Novembre

-Commentaire. Appelé aussi l'agrion de Graells, avec une tache bleue sur l'abdomen, sa femelle peut pondre jusqu'à 600 œufs en tout. La ponte se fait souvent dans une tige de plante aquatique. C'est une espèce multivoltine qui colonise les eaux courantes et stagnantes. Localement abondante, observée dans toutes les stations et particulièrement abondante à la ST2 et la ST4.

-Emergence. C'est une des première espèces à émerger à oued Bouarroug. Elle est abondante dans toutes les stations et particulièrement à la ST2 et à la ST4.

-Statut d'autochtonie confirmé à oued Bouarroug.

Coenagrion puella (Linnaeus, 1758)

Cliché EcoSTAq (2014-2016).



Statut de conservation UICN



LC : Préoccupation mineure

Phénologie de l'adulte

Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec



-Statut. LC. (Liste rouge de l'UICN, Afrique du Nord). Même statut à l'échelle régionale.

-Phénologie imaginale. Avril à Octobre

-Commentaire. L'espèce se trouve près des étangs et des ruisseaux à faible débit. Les mâles matures sont bleu-pâles avec des marques noires peu étendues. Les femelles sont généralement vertes, avec le dessus de l'abdomen noir. Ils se posent régulièrement sur la végétation rivulaire ou même à distance des berges.

-Emergence. C'est une des première espèces à émerger à oued Bouarroug. Elle est abondante essentiellement aux stations ST2 et ST4.

- Statut d'Autochtonie. confirmé à oued Bouarroug.

Erythromma lindinii (Selys, 1840)

Cliché EcoSTAq (2014-2016).



Statut de conservation UICN



LC : Préoccupation mineure

Phénologie de l'adulte

Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec



-**Statut.** LC. (Liste rouge de l'UICN, Afrique du Nord). Même statut à l'échelle régionale.

-**Phénologie imaginaire.** Juillet et Septembre

-**Commentaire.** Espèce qui apprécie les eaux stagnantes ou à faible courant et riches en végétation. Le mâle a le corps bleu et noir. Le 2e segment abdominal possède une marque noire sur toute la longueur. Les femelles sont jaunâtres, verdâtres et noires.

-**Emergence.** Elle est enregistrée en petit nombre à toutes les stations.

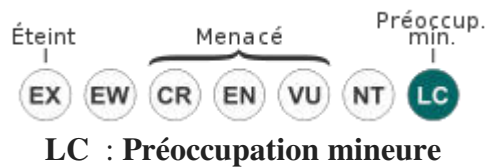
-**Statut d'Autochtonie.** Non confirmé à oued Bouarroug.

Erythromma viridulum (Charpentier 1840)

Cliché EcoSTAq (2014-2016).



Statut de conservation UICN



Phénologie de l'adulte

Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec



-**Statut.** LC. (Liste rouge de l'UICN, Afrique du Nord). Même statut à l'échelle régionale.

-**Phénologie imaginaire.** Mai, Juillet.

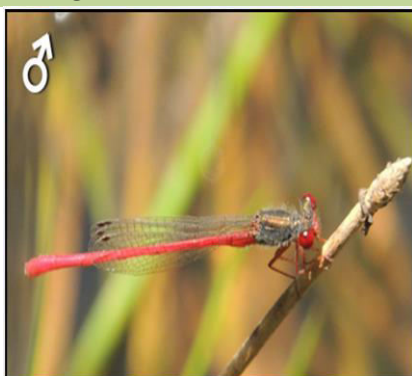
-**Commentaire.** Cette espèce préfère les eaux calmes à végétation aquatique abondante proche de la surface. On la trouve posée sur les plantes aquatiques flottantes ou sur les débris végétaux à la surface de l'eau.

-**Emergence.** Elle est enregistrée seulement aux stations ST3 et ST4.

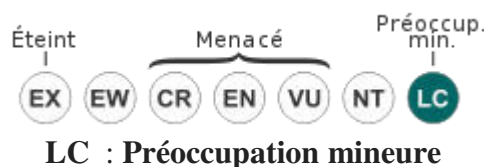
-**Statut d'autochtonie.** non confirmé à oued Bouarroug.

Ceriagrion tenellum (De Villiers, 1789)

Cliché EcoSTAq (2014-2016).

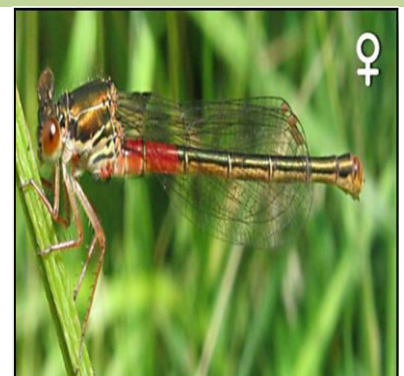


Statut de conservation UICN



Phénologie de l'adulte

Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec



-**Statut.** LC. (Liste rouge de l'UICN, Afrique du Nord). Même statut à l'échelle régionale.

-**Phénologie imaginale.** Avril à Octobre

-**Commentaire.** L'Agrion délicat est une espèce des eaux stagnantes ou faiblement courantes. Les imagos ne s'éloignent pas à plus de 100 mètres de leur lieu de reproduction. La ponte se réalise toujours en tandem.

-**Emergence.** Elle est abondante à la station ST4.

-**Statut d'autochtonie.** Confirmé à oued Bouarroug.

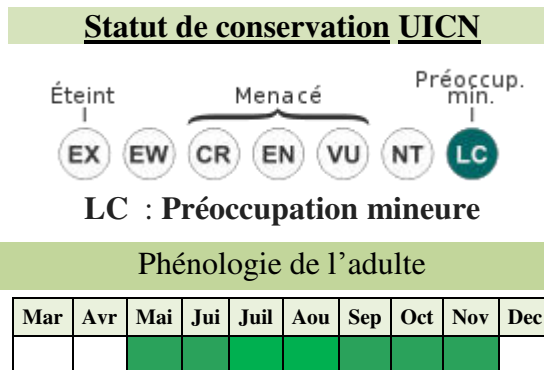
SUB-ORDER: ANISOPTERA

AESCNIDAE

Ils sont de taille grande à très grande et possèdent des yeux énormes, les plus développés de toutes les Libellules. En période de maturation, ils peuvent s'éloigner considérablement des milieux aquatiques (généralement des eaux stagnantes). Les mâles sont territoriaux. La ponte est endophytique.

Anax imperator (Leach, 1815)

Cliché EcoSTAq (2014-2016).



- **Statut.** LC. (Liste rouge de l'UICN, Afrique du Nord). Même statut à l'échelle régionale.

- **Phénologie imaginale.** Mai à Novembre

- **Commentaire.** Espèce commune, répandue à travers la frange nord de l'Afrique du Nord se reproduisant dans les eaux courantes et stagnantes. Le mâle est très territorial, chassant de son territoire les mâles rivaux, et parfois même d'autres espèces de libellules que la sienne.

- **Emergence.** C'est une espèce abondante aux stations ST1 et ST2.

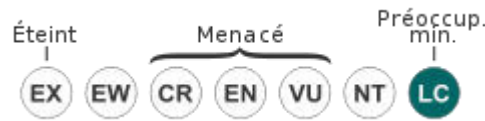
- **Statut d'autochtonie.** Confirmé à Bouarroug.

Boyeria irene (Fonscolombe, 1839)

Cliché EcoSTAq (2014-2016).



Statut de conservation UICN



LC : Préoccupation mineure

Phénologie de l'adulte

Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec



- **Statut.** LC. (Liste rouge de l'UICN, Afrique du Nord). Même statut à l'échelle régionale.

- **Phénologie imaginale.** Aucun imago n'a été observé, car l'espèce a un vol crépusculaire.

- **Commentaire.** L'aesche paisible atteint 95 mm d'envergure pour une longueur de 63 à 71 mm. C'est une espèce cryptique, les mâles sont d'une couleur vert pâle et les femelles brunâtres. Ils vivent sur les cours d'eau de différentes dimensions.

- **Emergence.** Non observée au niveau des quatre stations, car l'espèce est plus active au crépuscule.

- **Statut d'autochtonie.** confirmé à Bouarroug.

GOMPHIDAE

Anisoptères de taille moyenne, les Gomphidae ont les yeux largement séparés. Ils fréquentent les eaux courantes. Les œufs sont pondus dans les sédiments.

Gomphus lucasi (Selys, 1849)

Cliché EcoSTAq (2014-2016).



Statut de conservation UICN



VU : Vulnérable

Phénologie de l'adulte

Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec



- **Statut.** VU. (Liste rouge de l'UICN, Afrique du Nord). Même statut à l'échelle régionale.

- **Phénologie imaginaire.** Avril à Juin.

- **Commentaire.** Les yeux bien séparés l'un de l'autre comme tous les Gomphidae, de taille moyenne, avec un corps jaune à verdâtre marqué de noir. c'est une espèce endémique maghrébine particulièrement abondante en basse altitude et peut être observée jusqu'à 600 m. Elle colonise les cours d'eau inférieurs de montagne.

- **Emergence.** Des émergences massives ont été observées aux stations ST2 et ST4 en mai 2014 et 2015 à oued Bouarroug.

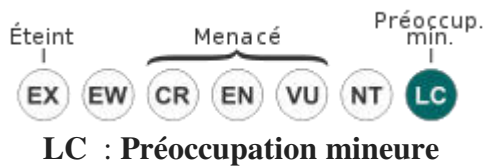
- **Statut d'autochtonie.** confirmé à oued Bouarroug.

Paragomphus genei (Selys, 1841)

Cliché EcoSTAq (2014-2016).



Statut de conservation UICN



Phénologie de l'adulte

Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec



-**Statut.** LC. (Liste rouge de l'UICN, Afrique du Nord). Même statut à l'échelle régionale.

-**Phénologie imaginaire.** De juin à novembre principalement au niveau de la station ST4.

-**Commentaire.** Nouvelle espèce à oued Bouarroug, elle est caractérisée par un thorax vert clair avec quelques rayures brunes. Les ailes sont transparentes. Sur l'abdomen, les segments ont une coloration vert jaunâtre avec des motifs bruns et noirs. Les huitième et neuvième segments sont plus larges et forment une sorte de protubérance.

-**Emergence.** Une émergence massive a été observée à l'oued Kébir-Est (Benchalel & Samraoui, 2012), mais la localité a été fortement dégradée en 2014 et l'espèce était absente.

- **Statut d'autochtonie.** confirmé à oued Bouarroug.

Onychogomphus uncatus (Charpentier, 1840)

Cliché EcoSTAq (2014-2016).



Statut de conservation UICN



LC : Préoccupation mineure

Phénologie de l'adulte

Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec



- **Statut. LC.** (Liste rouge de l'UICN, Afrique du Nord). Même statut à l'échelle régionale.
- **Phénologie imaginale.** forme adulte non observée à oued Bouarroug au cours de la période d'étude.
- **Commentaire.** Les yeux des adultes sont clair ou gris-bleu. La ligne noire sur le côté du thorax ne touche pas la ligne médiane. Cette espèce est plus grosse et plus rare que *Onychogomphus forcipatus* avec qui elle se confond bien. Les deux espèces peuvent être distinguées sur la base de la forme et l'extension des marques noires, en particulier sur le thorax et sur les derniers segments abdominaux.
- **Emergence.** Elle est non observée au cours de la période d'étude.
- **Statut d'autochtonie.** confirmé à oued Bouarroug.

Différences forcipatus / uncatus



O. forcipatus
 - les 2 traits se touchent (Thorax)
 - bande jaune sur le vertex

O. uncatus
 - les 2 traits ne se touchent pas (Thorax)
 - vertex sans tache jaune

Figure 41: Différence entre l'imago d'*O. forcipatus* et *O. uncatus*.(source: site Web: SFO)

LIBELLULIDAE

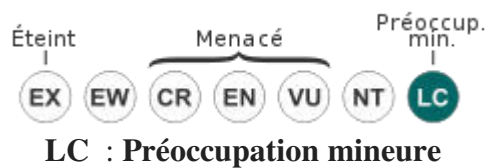
C'est une vaste famille. Les espèces sont de taille petite à moyenne. L'arrière des yeux est subrectiligne ou légèrement ondulé mais jamais avec une indentation significative. Les mâles sont de couleur brune, bleue ou rouge selon les espèces. Les femelles sont généralement ternes; elles ne possèdent pas d'ovipositeur et les œufs sont lâchés au dessus de l'eau ou à son contact.

Orthetrum cancellatum anceps (Schneider, 1845)

Cliché EcoSTAq (2014-2016).



Statut de conservation UICN



Phénologie de l'adulte

Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec



- **Statut. LC.** (Liste rouge de l'UICN, Afrique du Nord). Même statut à l'échelle régionale.

- **Phénologie imaginaire.** Avril à Décembre.

- **Commentaire.** C'est une espèce assez petite et fine, jaunâtre à brunâtre, devenant foncée avec l'âge, au thorax brun sans traits clair sur les cotés, devenant bleu chez le male. Abdomen légèrement plus court que les ailes postérieures, jaune avec des lignes noirs puis devenant brun et parfois bleuâtre chez les femelles et bleu chez le mâle.

L'espèce commune à ouad Bouarroug et a été notée dans toutes les stations. Appréciant les endroits ensoleillés, les adultes femelles se posent volontiers sur la végétation, rarement sur le sol contrairement aux mâles.

- **Emergence.** Observée sur le terrain et au laboratoire

- **Statut d'autochtonie.** Confirmé à oued Bouarroug.

Sympetrum striolatum (Charpentier, 1840)

Cliché EcoSTAq (2014-2016).



Statut de conservation UICN



LC : Préoccupation mineure

Phénologie de l'adulte

Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec



- **Statut. LC.** (Liste rouge de l'UICN, Afrique du Nord). Même statut à l'échelle régionale.

- **Phénologie imaginale.** Mai, Septembre et Octobre.

-**Commentaires.** C'est une espèce peu fréquente dans les eaux courantes et prospère dans les eaux stagnantes. Elle est enregistrée seulement à la station 4. Avec des pattes noires rayées de jaune. Mâles ou femelles, les immatures sont de couleur jaune, avec des ptérostigmas clairs. Les femelles pondent souvent en tandem, lâchant leurs œufs au-dessus d'un plan d'eau ou d'une rivière lente.

- **Emergence.** Elle est non observée.

- **Statut d'autochtonie.** non confirmé à oued Bouarroug.

Crocothemis erythraea (Brullé, 1832)

Cliché EcoSTAq (2014-2016).



Statut de conservation UICN



LC : Préoccupation mineure

Phénologie de l'adulte

Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec



- **Statut. LC.** (Liste rouge de l'UICN, Afrique du Nord). Même statut à l'échelle régionale.

- **Phénologie imaginaire.** Mai à Septembre.

- **Commentaire.** Seul anisoptère entièrement rouge, y compris les pattes, le mâle adulte est aisément reconnaissable. Vu de dessus, son abdomen est large et plat. La femelle est de couleur gris-beige avec les yeux bleus et un abdomen large et déprimé.

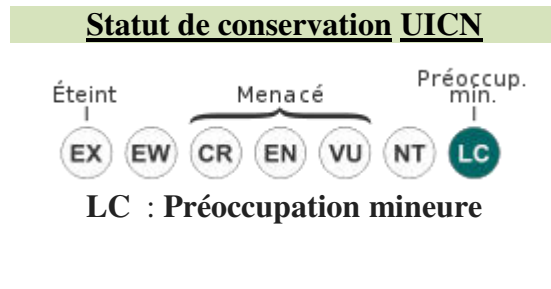
Peu fréquent et noté dans toutes les stations, l'espèce est plus abondante dans les eaux stagnantes bordant l'oued Bouarroug.

- **Emergence.** Elle est non observée

- **Statut d'autochtonie.** non confirmé à oued Bouarroug.

Trithemis arteriosa (Burmeister, 1839)

Cliché EcoSTAq (2014-2016).



Phénologie de l'adulte

Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec

- **Statut. LC.** (Liste rouge de l'UICN, Afrique du Nord). Même statut à l'échelle régionale.

- **Phénologie imaginaire.** Juin à Décembre.

- **Commentaire.** Une des libellules les plus communes et largement distribuées de l'Afrique, le mâle a un abdomen rouge mince et la femelle a des taches oranges à la base des ailes et de grands yeux cramoisis. Enregistrée aux stations ST2, ST3 et ST4, l'espèce est plus abondante au Sahara qu'au nord de l'Algérie (Samraoui & Menaï, 1999).

- **Emergence.** Elle est non observée

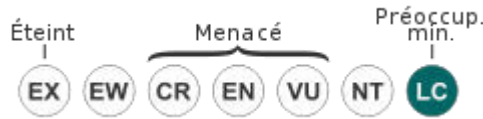
- **Statut d'autochtonie.** non confirmé à oued Bouarroug.

***Tiithemis annulata* (Palisot de Beauvois, 1805)**

Cliché EcoSTAq (2014-2016).



Statut de conservation UICN



LC : Préoccupation mineure

Phénologie de l'adulte

Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec



- **Statut. LC.** (Liste rouge de l'UICN, Afrique du Nord). Même statut à l'échelle régionale.

- **Phénologie imaginale.** Juillet et Septembre.

- **Commentaire.** C'est une espèce de libellule africaine, facilement reconnaissable par la coloration pourpre rosée du mâle. La femelle a les yeux bicolores: brun/bleuté. Elle se distingue par un abdomen large et les nervures alaires d'un brun-rouge au lieu de jaune. Peu fréquente et notée dans toutes les stations, l'espèce est plus abondante dans les eaux stagnantes bordant l'oued Bouarroug.

- **Emergence.** Elle est non observée

- **Statut d'autochtonie.** non confirmé à oued Bouarroug.

IV.1.3.3 Statut d'autochtonie et abondance des larves

Pour s'assurer de l'**autochtonie** des espèces dans l'habitat aquatique, sont pris en compte les critères suivants :

- présence d'espèces **fraîchement émergées** (individus ténéraux),
- comportements de reproduction : **accouplements, pontes,**
- présence de **larves** ou **d'exuvies,**
- observations **d'émergences** ou présence d'individus ténéraux sur terrain et au laboratoire (Cliché Bouziane 2015-2016).

A oued Bouarroug, l'autochtonie est confirmée pour 12 espèces sur les 19 inventoriées (*Calopteryx haemorrhoidalis*, *Lestes viridis*, *Platycnemis subdilatata*, *Ischnura graellsii*, *Coenagrion puella*, *Ceriagrion tenellum*, *Anax imperator*, *Boyeria irène*, *Gomphus lucasii*, *Paragomphus geneii*, *Onychogomphus uncatu*s et *Orthetrum cancellatum*).

L'abondance des larves au cours de la période d'étude est illustrée par **la figure 42**. Elle révèle les plus grands effectifs par ordre décroissant chez *Calopteryx haemorrhoidalis*, *Boyeria irène*, *Ischnura graellsii*, *Paragomphus geneii*, *Gomphus lucasii*, *Coenagrion puella*, *Platycnemis subdilatata*, *Ceriagrion tenellum*, *Lestes viridis*, *Anax imperator*, *Orthetrum cancellatum anceps*, *Onychogomphus uncatu*s.

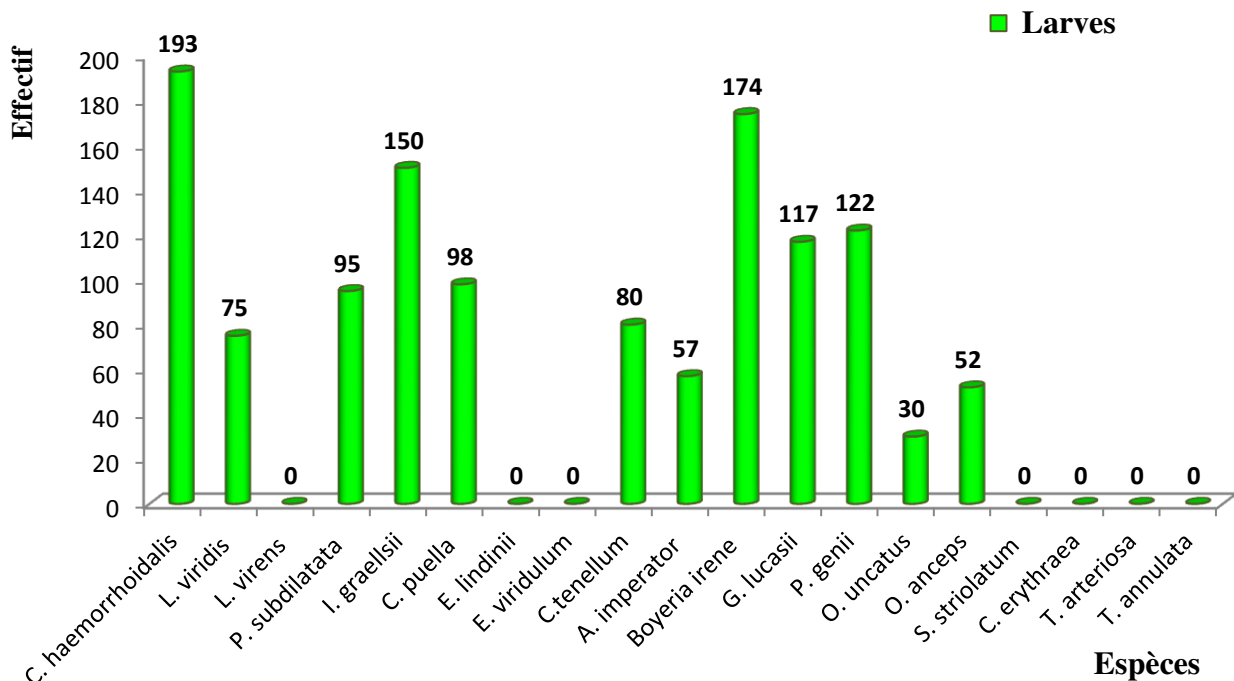


Figure 42. Abondance des larves prélevées durant la période d'étude (2015-2016).

CALOPTERYGIDAE

La larve est grêle. Le premier segment antennaire est plus long que les autres segments réunis. C'est la seule famille dont la partie antérieure du masque s'ouvre sur une lumière (« trou »).

Calopteryx haemorrhoidalis (Van Der Linden, 1825)

- *Statut d'Autochtonie*. confirmé sur le site depuis 1993 (Benchalel & Samraoui, 2012). Dans cette étude, elle est confirmée par la présence de larves et les émergences obtenues au laboratoire. Les larves sont très abondantes, par ordre décroissant respectivement dans les stations ST2, ST1, ST4 et ST3 (Fig. 43) et (Fig 44).

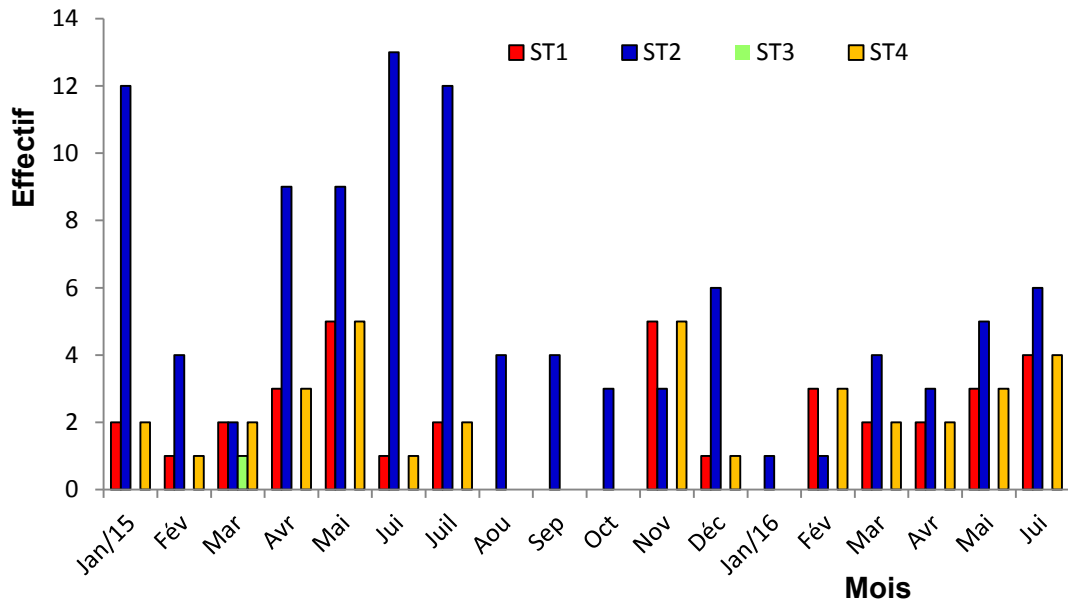


Figure 43. Abondance des larves de *Calopteryx hémorrhoidalis* durant la période d'étude.



Figure 44. Photo Larves de *Calopteryx hémorrhoidalis* et émergence au laboratoire (Cliché, A. Bouziane, Juin 2015).

LESTIDAE

Le premier article antennaire des larves est peu différencié des autres articles antennaires. Le masque très allongé et pétiolé des Lestidae possède des palpes labiaux profondément échancrés, ce qui les distingue des Platycnemidae et des Coenagrionidae.

Lestes viridis (Vander Linden, 1825)

Statut d'autochtonie. confirmé à oued Bouarroug depuis 1993 (Benchalel et Samraoui, 2012) et au cours de cette étude par la présence de larves et les émergences au laboratoire. Les larves sont prélevées uniquement au niveau des stations ST1 et ST3 (Fig. 45) et (Fig. 46).

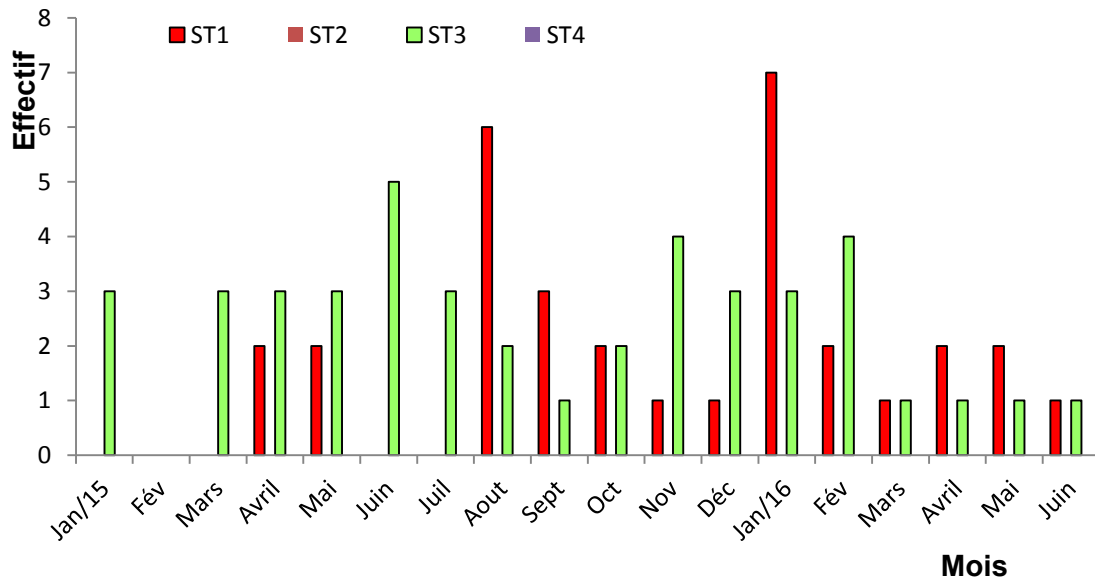


Figure 45. Abondance des larves de *Lestes viridis* durant la période d'étude.



Figure 46. Photo Larve de *Lestes viridis* et émergence au laboratoire (Cliché, A. Bouziane, Juin 2015).

PLATYCNEMIDAE

Les larves sont de taille petite à moyenne. Elles possèdent des lamelles caudales terminées par un filament.

Platycnemis subdilatata (Selys, 1840)

Statut d'autochtonie. Confirmé sur le site depuis 1993 (Benchalel & Samraoui, 2012) et par la présence de larves et des émergences au laboratoire. Les larves sont assez abondantes, par ordre décroissant respectivement dans les stations ST1, ST2, ST4 et ST3 (Fig. 47) et (Fig. 48).

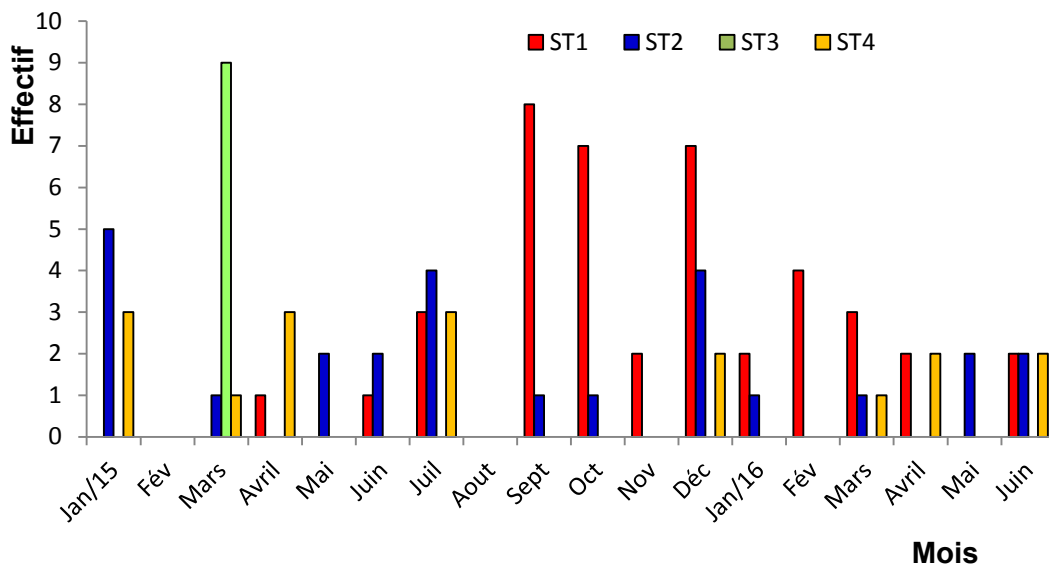


Figure 47. Abondance des larves de *Platycnemis subdilatata* durant la période d'étude.



Figure 48. Photo Larve de *Calopteryx hémorroïdalis* et émergence au laboratoire (Cliché, A. Bouziane, 2015).

COENAGRIONIDAE

Les Larves sont de taille petite à moyenne. Les lamelles caudales ont leurs extrémités arrondies ou plus ou moins pointues mais jamais terminées par un filament. Le masque assez compact possède des palpes labiaux plus faiblement échancrés que celui des Lestidae.

Ischnura graellsii (RAMBUR, 1842)

Statut d'autochtonie. Confirmé sur le site depuis 1993 (Benchalel & Samraoui, 2012) et par la présence de larves et des émergences au laboratoire. Les larves sont assez abondantes au niveau de la station ST2 suivie par la ST4 et la ST1, tandis qu'elles sont absentes au niveau de la station ST3 (Fig. 49) et (Fig. 50).

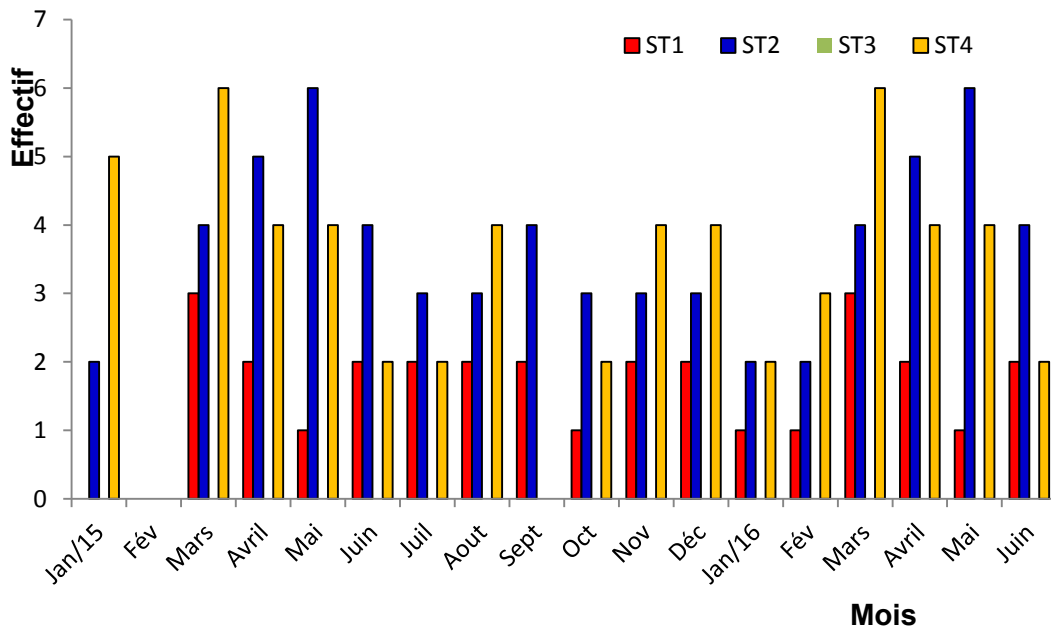


Figure 49. Abondance des larves de *Ischnura graellsii* durant la période d'étude.

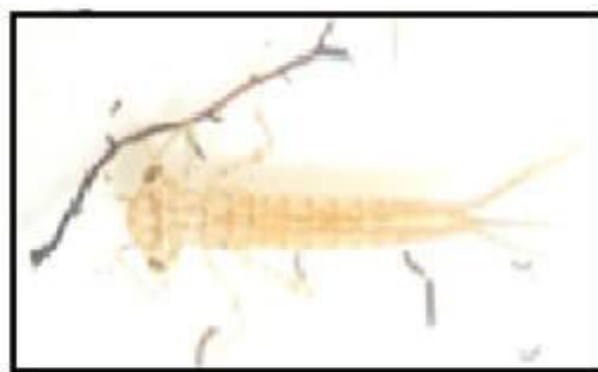


Figure 50. Photo Larve de *Ischnura graellsii* prélevée en Juin 2015. (Cliché, A. Bouziane).

Coenagrion puella (Linnaeus, 1758)

-*Statut d'autochtonie*. Le statut d'autochtonie a été confirmé sur le site depuis 1993 et au cours de cette étude par le prélèvement de larves et les émergences au laboratoire. Les larves sont abondantes par ordre décroissant au niveau des stations ST4, ST2, ST1 et ST3 (Fig. 51) et (Fig. 52).

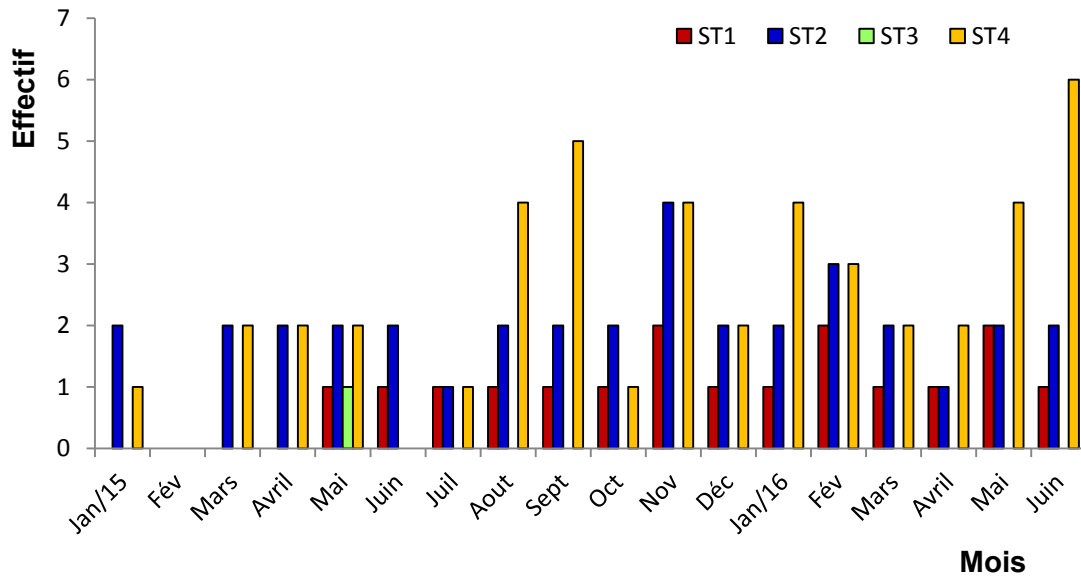


Figure 51. Abondance des larves de *Coenagrion puella* durant la période d'étude.



Figure 52. Photo Larve de *Coenagrion puella* et émergence au laboratoire (Cliché, A. Bouziane, Juin 2015).

Ceriagrion tenellum (De Villers, 1789)

Statut d'autochtonie. Confirmé sur le site depuis 1993 (Benchalel et Samraoui, 2012) et au cours de cette étude. Les larves sont prélevées au niveau des stations ST4, ST1 et ST2 (Fig. 53) et (Fig. 54).

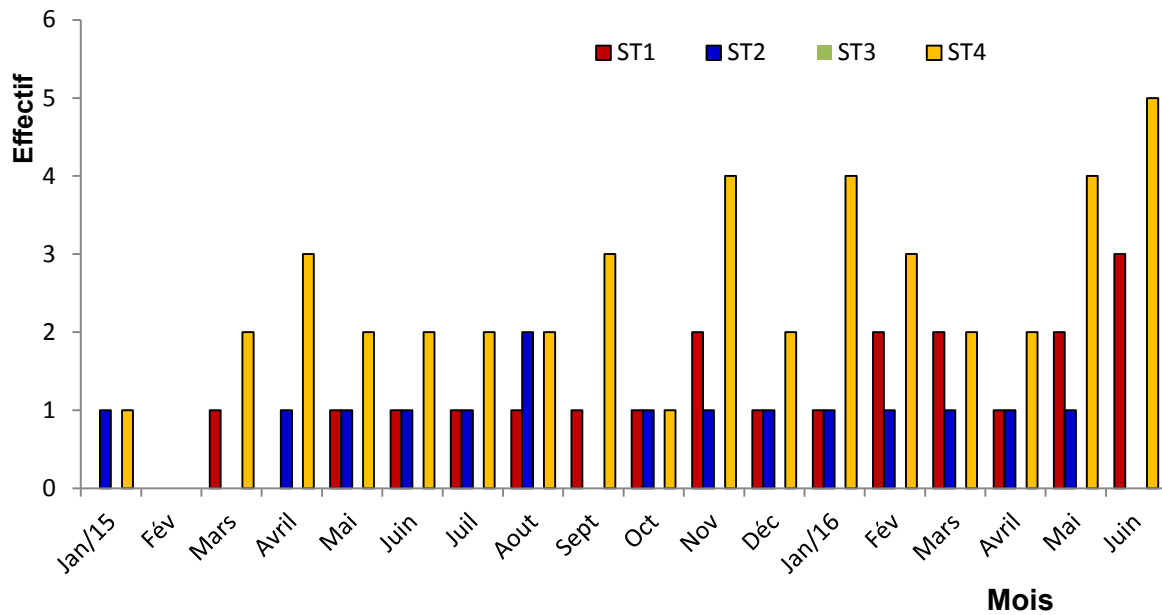


Figure 53. Abondance des larves de *Ceriagrion tenellum* durant la période d'étude.



Figure 54. Photo Larve de *Ceriagrion tenellum* et émergence au laboratoire (Juin 2015).

(Cliché, A. Bouziane).

SUB-ORDER: ANISOPTERA

AESHNIDAE

Les larves de forme générale allongée ont un masque plat. Les antennes possèdent 6 ou 7 articles.

***Anax imperator* (Leach, 1815)**

Statut d'autochtonie. Confirmé à oued Bouarroug par l'échantillonnage de larves. Ces dernières sont présentes exclusivement au niveau de la station ST4 (Fig. 55) et (Fig. 56).

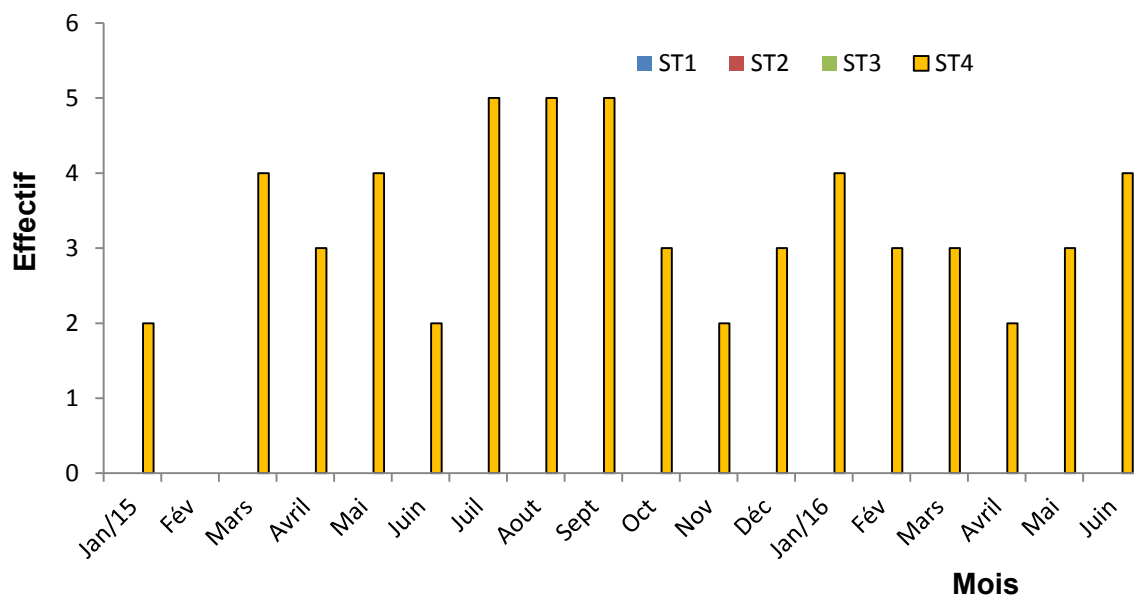


Figure 55. Abondance des larves d'*Anax imperator* durant la période d'étude.



Figure 56. Photo Larve d'*Anax imperator* échantillonnée à oued Bouarroug (Cliché, A. Bouziane).

***Boyeria irene* (Fonscolombe,1839)**

- **Statut d'autochtonie.** Confirmé à oued Bouarroug depuis 1993 et au cours de cette étude. Les larves sont présentes dans toutes les stations. Des émergences au laboratoire ont été obtenues (**Fig. 57**) et (**Fig. 58**).

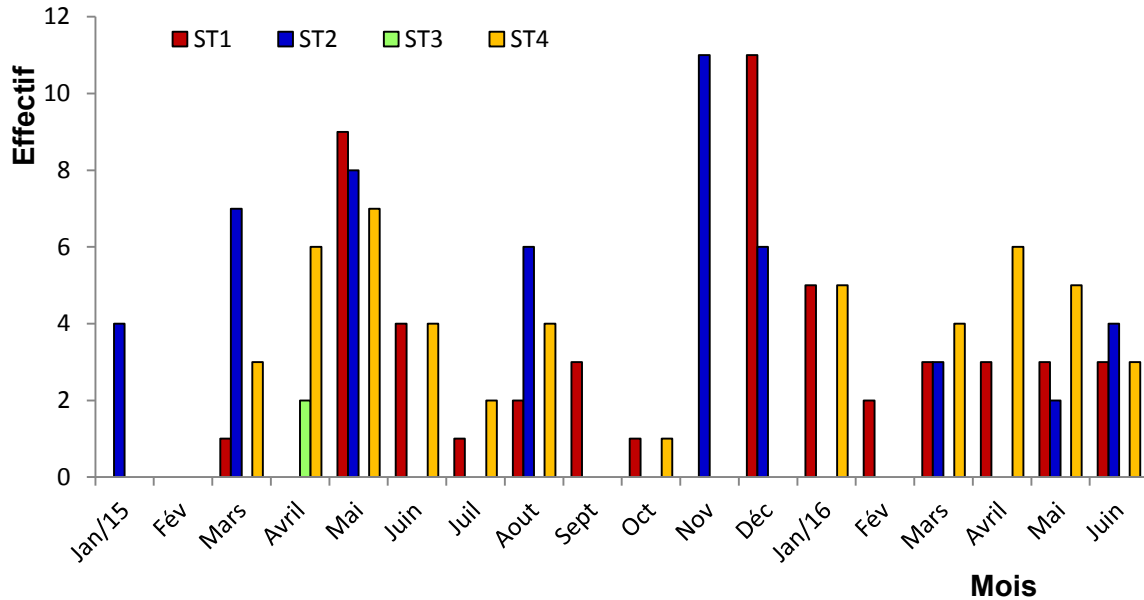


Figure 57. Abondance des larves de *Boyeria irene* durant la période d'étude.



Figure 58. Photo Larve de *Boyeria irene* et émergence au laboratoire.

(Cliché, A. Bouziane, Juin 2015).

GOMPHIDAE

Les larves, aux pattes courtes et aplaties dorso-ventralement, sont un peu moins allongées que celles des Aeshnidae. Elles ont 4 articles antennaires dissemblables alors que les autres Anisoptères en possèdent 6 ou 7 de forme semblable.

Gomphus lucasi (Selys, 1849)

Statut d'autochtonie. Confirmé sur le site depuis 1993 (Benchalel & Samraoui, 2012) et au cours de cette étude. Les larves sont présentes dans toutes les stations et par ordre décroissant respectivement au niveau des stations ST1,ST2,ST3 et ST4 (Fig. 59) et (Fig. 60).

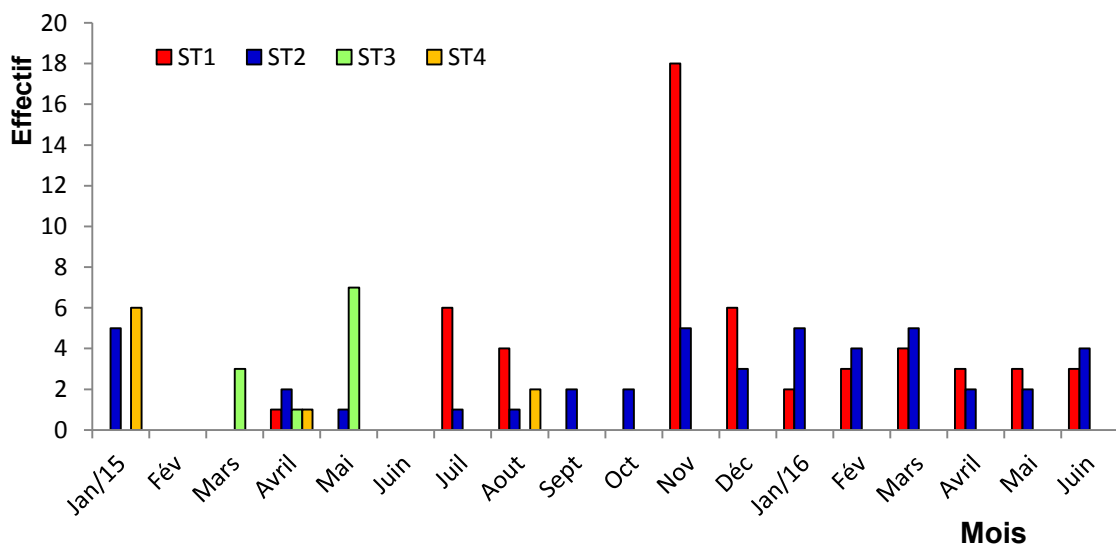


Figure 59. Abondance des larves de *Gomphus lucasi* durant la période d'étude.



Figure 60. Photo Larve de *Gomphus lucasi* et émergence au laboratoire (Cliché, A. Bouziane, Juin 2015).

Paragomphus geneii (Selys, 1841)

Statut d'autochtonie. Son statut d'autochtone a été confirmé depuis 2014. Les larves ont été enregistrées dans le substrat sablonneux à la station ST4 (Fig. 61) et (Fig. 62).

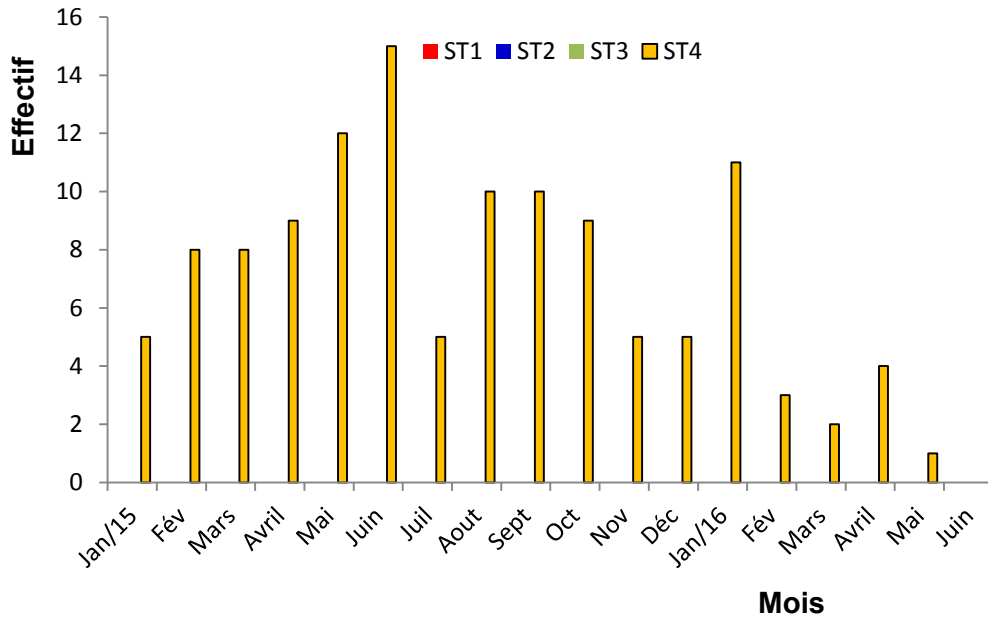


Figure 61. Abondance des larves de *Paragomphus geneii* durant la période d'étude.



Figure 62. Photo Larve de *Paragomphus geneii* et émergence au laboratoire (Cliché, A. Bouziane, Juillet 2015).

***Onychogomphus uncatatus* (Charpentier, 1840)**

- *Statut d'autochtonie*. confirmé à oued Bouarroug depuis 1993 (Benchalel *et al.*, 2012) et au cours de cette étude Les larves ont été échantillonnées dans les stations ST2 et ST3 (Fig. 63) et (Fig. 64).

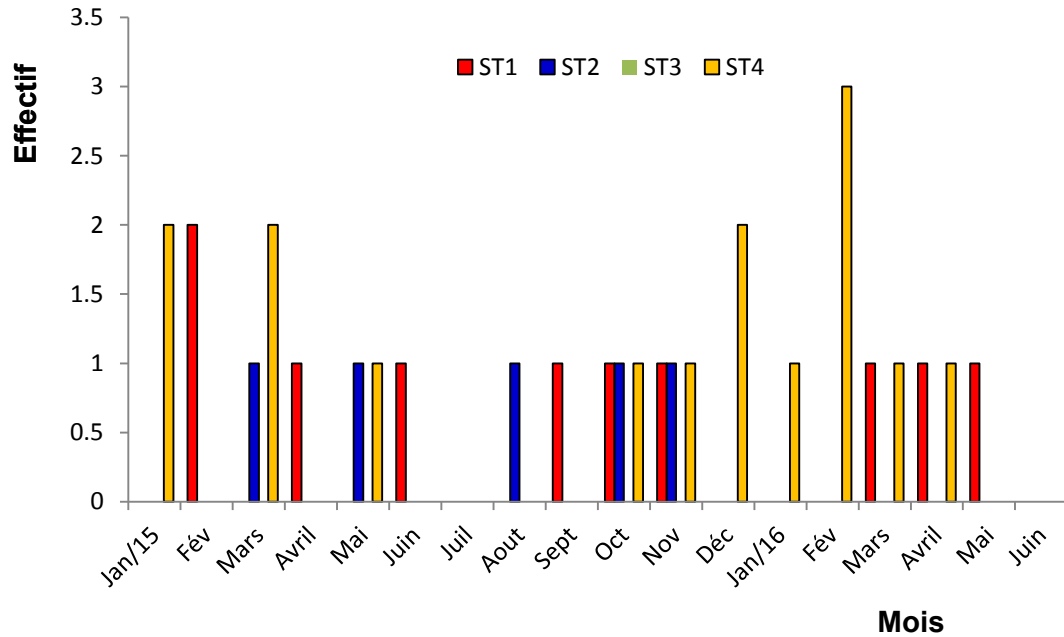


Figure 63. Abondance des larves d'*Onychogomphus uncatatus* durant la période d'étude.



Figure 64. Photo Larve d'*Onychogomphus uncatatus* prélevée à oued Bouarroug. (Cliché, A. Bouziane).

LIBELLULIDAE

Les larves sont de taille petite à moyenne avec un abdomen muni d'épines médiodorsales et latérales sur les segments 8 et 9. Les pattes sont courtes.

Orthetrum cancellatum anceps (Schneider, 1845) :

Statut d'autochtonie. confirmé depuis 1993 à oued Bouarroug (Benchalel & Samraoui, 2012)

et au cours de cette étude. Les émergences sont obtenues au laboratoire (Fig 66.). Les larves sont présentes au niveau des stations ST1, ST4 et ST1 (Fig. 65) et (Fig. 66).

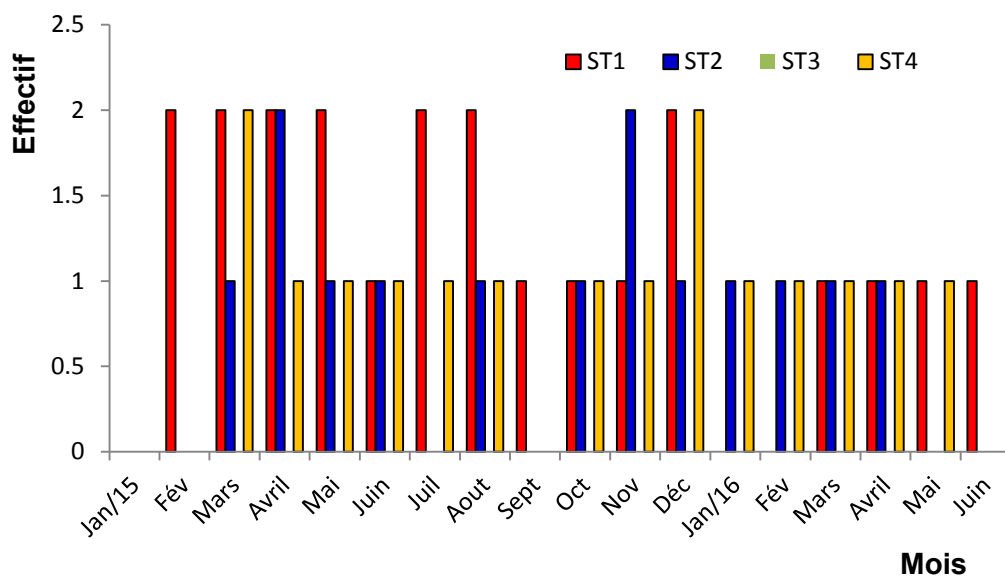


Figure 65. Abondance des larves d' *Orthetrum cancellatum anceps* durant la période d'étude.



Figure 66. Photo Larve d' *Orthetrum anceps* et émergence au laboratoire (Cliché, A. Bouziane, Août 2015).

IV.1.3.4 Phénologie adulte

La phénologie est l'étude de l'apparition d'événements périodiques (annuels le plus souvent) dans le monde vivant, déterminée par les variations saisonnières du climat. Le **tableau 12** illustre la phénologie adulte des espèces inventoriées durant la saison odonatologique 2015.

Dans l'ensemble, la majorité des espèces ont commencé à émerger à partir d'avril et les émergences sont graduelles au fil du temps. A l'exception de *Lestes viridis* et *Paragomphus geneii* dont le pic a été enregistré en septembre et octobre 2015, le nombre de toutes les autres espèces a augmenté entre mai et juin et le pic a été noté en juillet et en août. A partir de septembre, la présence d'imagos a progressivement diminué jusqu'en décembre, ce qui marque la fin de la saison odonatologique 2015. *Paragomphus geneii* est une nouvelle espèce pour le site de Brabtia. Les imagos ont été enregistrés pour la première fois au printemps 2014. A l'oued Bouarroug, les premiers imagos ont été enregistrés à partir de juin 2015.

Des adultes de *Boyeria irene* et d'*Onychogomphus uncatatus* n'ont pas été observés sur le site, mais la présence de larves, exuvies et émergences au laboratoire a confirmé l'autochtonie des deux espèces à l'oued Bouarroug. Une seule espèce (*C. haemorrhoidalis*) a été observée en vol chaque mois de la saison émergente (avril-décembre). La plupart des espèces ont cependant été observées durant cette période, sauf durant le mois chaud d'août (tableau III). Plusieurs espèces, *L. virens*, *G. lucasii*, *P. geneii*, semblent n'avoir qu'une courte saison de vol, d'un ou deux mois.

Tableau 12. Périodes de vol des odonates adultes à l'oued Bouarroug (Période de suivi: 2015/2016).

Famille	Espèces	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Calopterygidae	<i>C. haemorrhoidalis</i>										
Lestidae	<i>L. viridis</i>										
	<i>L. virens</i>										
Platycnemidae	<i>P. subdilatata</i>										
Coenagrionidae	<i>I. graellsii</i>										
	<i>C. puella</i>										
	<i>E. lindinii</i>										
	<i>E. viridulum</i>										
	<i>C. tenellum</i>										
Aeshnidae	<i>A. imperator</i>										
	<i>B. irene</i>										
Gomphidae	<i>G. lucasii</i>										
	<i>P. geneii</i>										
	<i>O. uncatatus</i>										
Libellulidae	<i>O. cancellatum anceps</i>										
	<i>S. striolatum</i>										
	<i>C. erythraea</i>										
	<i>T. arteriosa</i>										
	<i>T. annulata</i>										

IV.1.3.5 Variations spatio-temporelles

IV.1.3.5.1 Richesse spécifique par station d'échantillonnage

Dans les stations échantillonnées, le nombre d'espèces variait entre 12 et 17 (**Fig. 67**). A la station la plus riche, la ST4, 17 espèces ont été enregistrées. C'est la seule station où *Paragomphus geneii* a été enregistrée et où ses larves ont été échantillonnées. A la ST2, 15 espèces ont été enregistrées. La partie gauche du pont de la ST2 abrite exclusivement, et supporte en abondance une population de *Calopteryx heamorrhoidalis*. Elle a fourni des conditions d'habitat spécialisées avec une température favorable et une végétation convenable pour cette espèce. En revanche, la partie droite du pont, très exposée et très ensoleillée, abritait les autres espèces en abondance. A la ST3, 14 espèces ont été inventoriées, et la présence d'espèces omniprésentes (*Sympetrum striolatum*, *Crocothemis erythraea*) a été la plus prononcée. La ST1 était relativement la plus pauvre avec 12 espèces notées. Elle a accueilli un grand nombre de *Lestes viridis* de septembre à décembre, marquant la fin de la saison odontologique

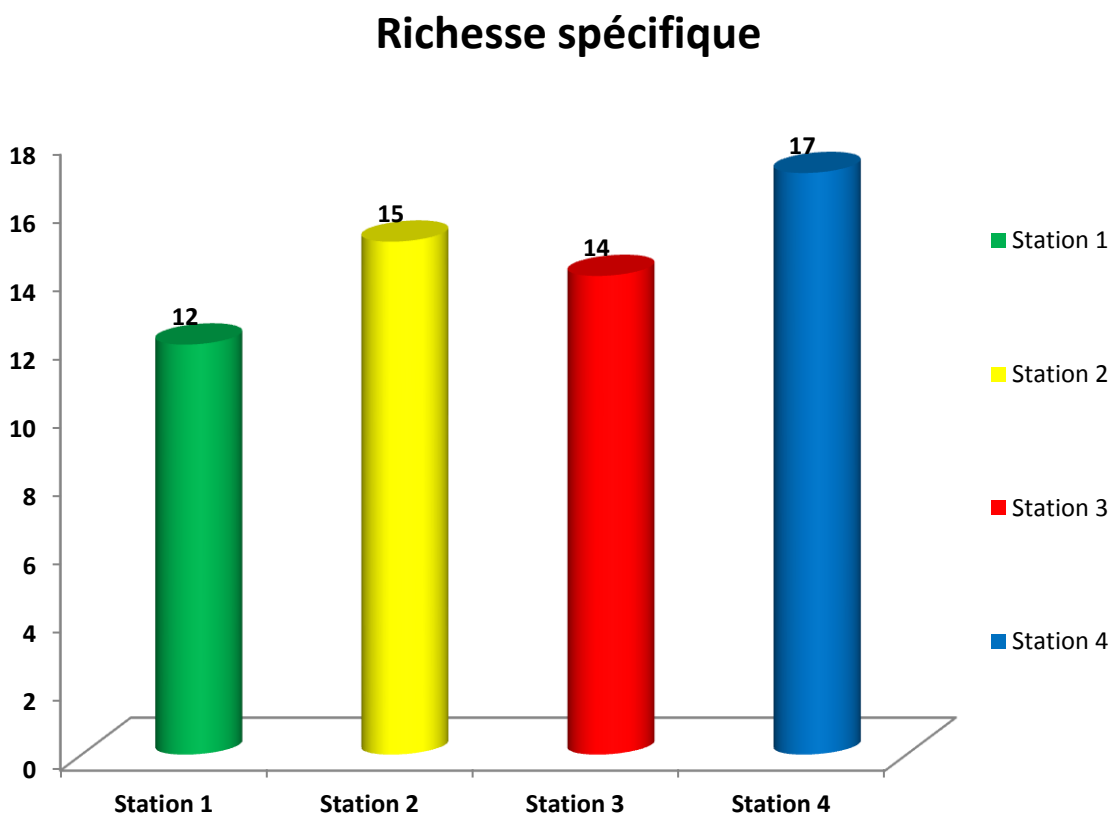


Figure 67. Richesse spécifique dans les quatre stations de l'Oued Bouarroug

IV.1.3.5.2 Abondance des espèces dans les quatre stations

La figure 68 illustre la distribution des espèces d'odonates dans les quatre stations d'échantillonnage. Au total, 08 espèces (*Calopteryx haemorrhoidalis*, *Platycnemis subdilatata*, *Ischnura graellsii*, *Coenagrion puella*, *Anax imperator*, *Gomphus lucasii*, *Orthetrum anceps* et *Crocothemis erythraea*) sont présentes dans toutes les stations. Il s'agit en majorité des espèces autochtones omniprésentes et qui ne s'éloignent pas ou peu du cours d'eau pour l'acquisition de leur maturité sexuelle sauf pour l'ubiquiste *Crocothemis erythraea*.

En terme d'effectifs, l'espèce la plus abondante dans la station ST1 est *Anax imperator* suivie de *Calopteryx haemorrhoidalis*.

Au niveau de la station ST2, ce sont respectivement *Anax imperator*, *Ischnura graellsii*, et *Coenagrion puella* qui marquent les effectifs les plus élevés.

Au niveau de la station ST3, c'est l'espèce *Platycnemis subdilatata* qui prend le dessus suivie par *Ischnura graellsii* et *Coenagrion puella*. Ces espèces semblent parfaitement s'adapter à la typologie de cette station qui s'assèche presque complètement en été.

La station ST4 est marquée par les grands effectifs d'*Ischnura graellsii*, *Calopteryx haemorrhoidalis* et *Orthetrum anceps*.

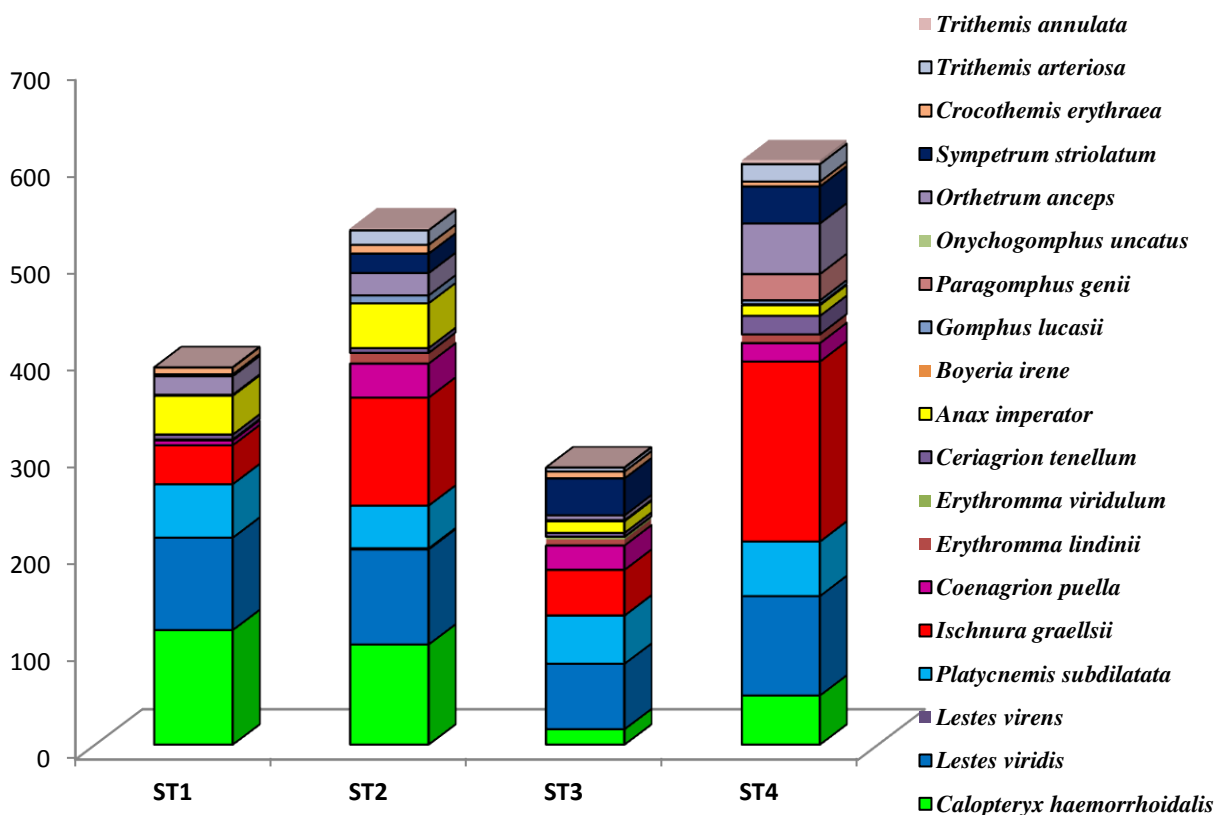


Figure 68. Distribution des imagos dans les différentes stations de l'Oued Bouarroug (Période de suivi: 2015/2016).

IV.1.3.5.3 Fréquence

En termes de fréquence, *Ischnura graellsii* avec 383 individus, représentant 21,16% de la population totale, était la plus représentée, suivie de *Lestes viridis* avec 364 individus (20,11%), *Calopteryx haemorrhoidalis* avec 292 individus (16,13%) et *Platynemis subdilatata* avec 205 individus (11,33%). Les espèces avec moins de 1% de la population totale étaient *Lestes virens* (0,05%), *Erythromma viridulum* (0,22%) et *Trithemis annulata* (0,33%). Les 9 autres espèces (*Orthetrum anceps*, *Sympetrum striolatum*, *Coenagrion puella*, *Trithemis arteriosa*, *Ceriagrion tenellum*, *Crocothemis erythraea*, *Paragomphus genii*, *Erythromma lindinii*, *Gomphus lucasii*) sont représentées selon les pourcentages respectifs de 5,47%; 5,41%; 4,64%; 2,04%; 1,81%; 1,55%; 1,5% et 0,77% (Fig. 69).

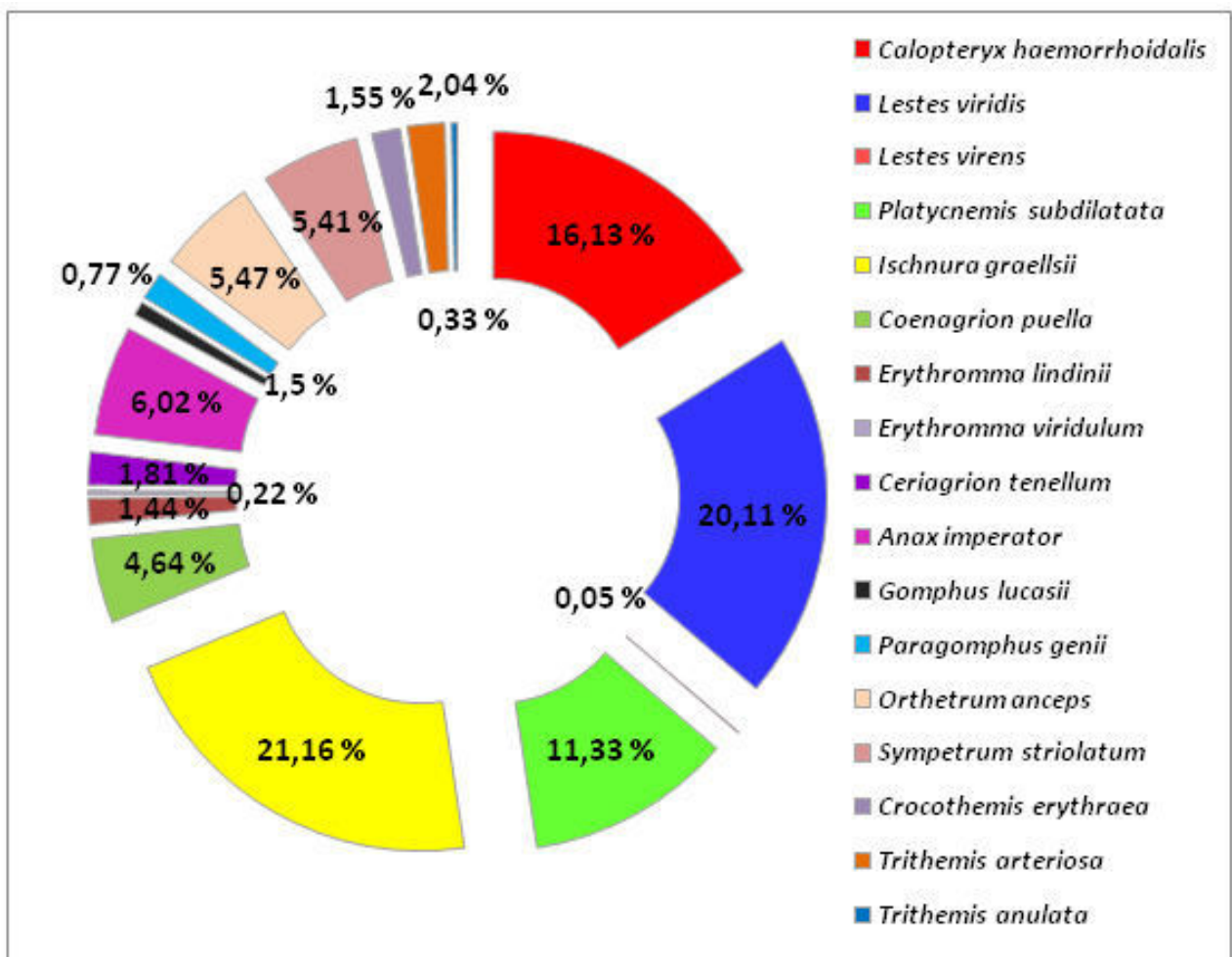


Figure 69. Distribution des fréquences d'abondance des différentes espèces d'Odonata échantillonnées à l'oued Bouarroug (Période de suivi: 2015/2016).

IV.1.3.5.4 Dominance

La figures 70, montre la contribution en termes de dominance moyenne (%) de chaque espèce inventoriées à oued Bouarroug. Globalement, on note une nette prépondérance des trois espèces, *I. graellsii* (21,21%), *L. viridis* (20,08%) et *C. heamorrhoidalis* (16,11%). Mensuellement, l'espèce *I. graellsii* a dominé au démarrage de la saison odonatologique (mars - juillet) et *L. viridis* à la fin de cette dernière (octobre, novembre et décembre). En revanche, *C. heamorrhoidalis* été présent le long de la saison essentiellement durant les mois de juillet, août et septembre (Fig. 71).

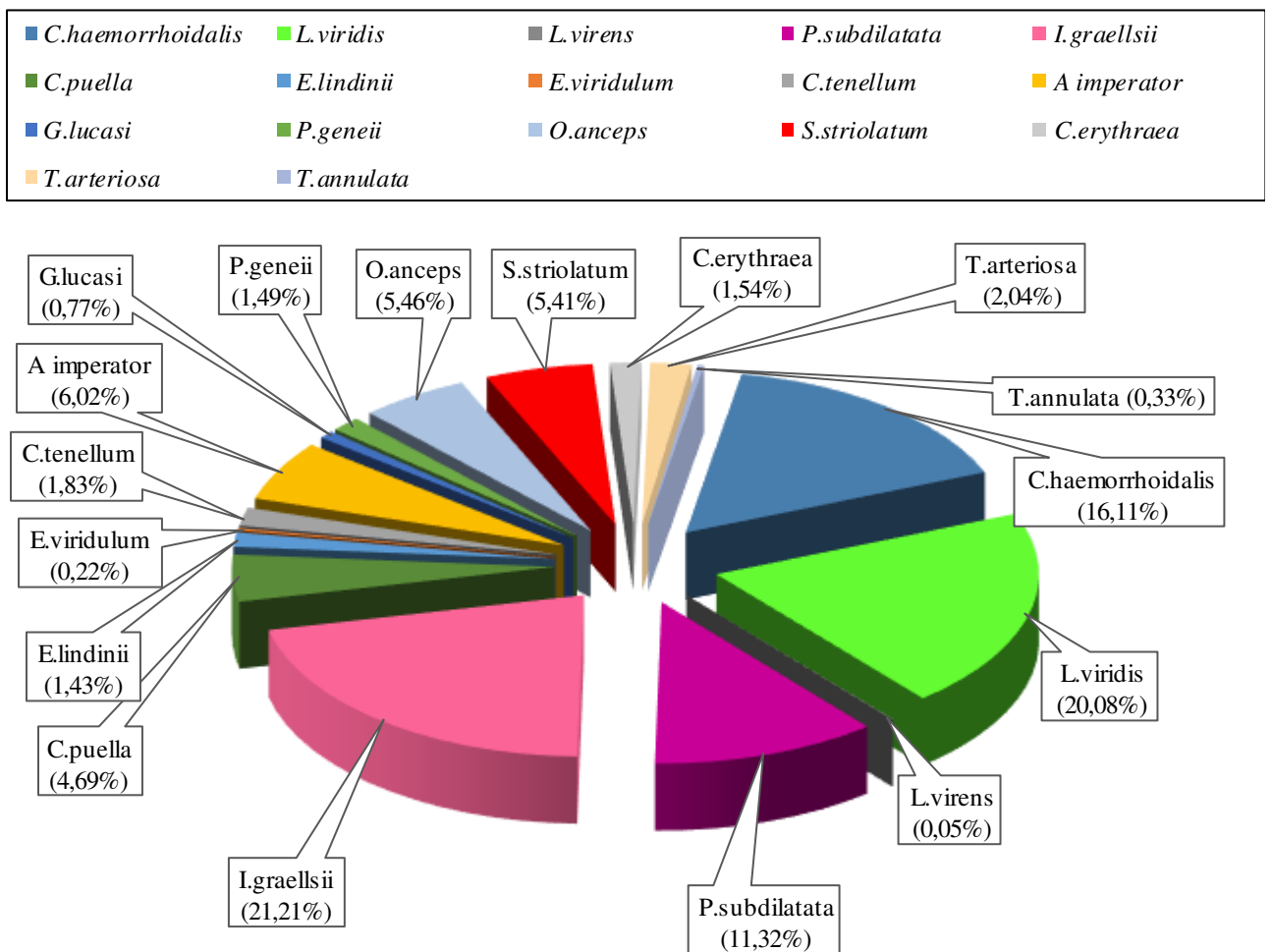


Figure 70. Dominance moyenne (%) des principales Odonates rencontrées durant la période d'étude (suivi: 2015/2016).

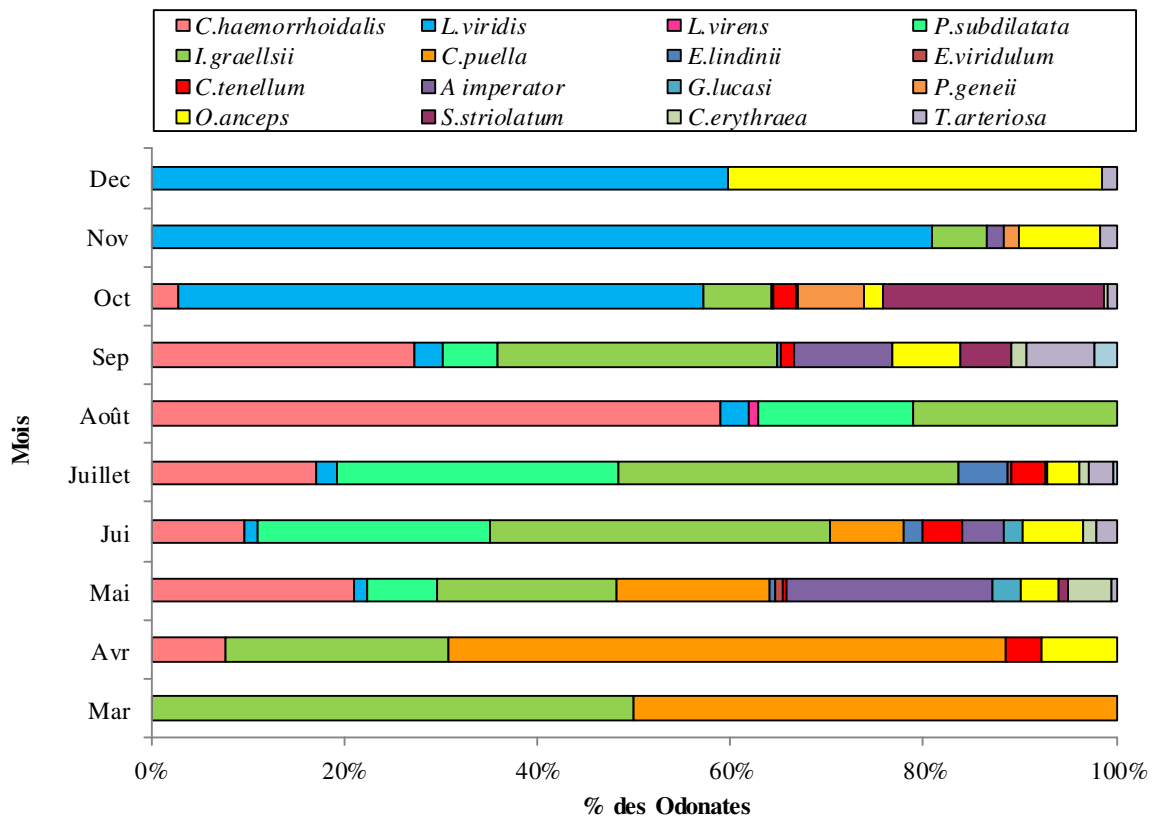


Figure 71. Dominance moyenne mensuelle (%) des principales Odonates rencontrées durant la période d'étude (suivi: 2015/2016).

IV.1.3.6 Structure et organisation

IV.1.3.6.1 Variation des indices de diversité biologique

Les variations spatio-temporelles de la richesse spécifique (S), des indices de Shannon (H'), Margalef (R1), Simpson (D) et d'équitabilité (E') chez les espèces d'Odonates inventoriées dans les stations d'échantillonnages durant la période d'étude, sont indiquées dans la **figure 72**. Ils reflètent la grande diversité de la zone d'échantillonnage, le peuplement est modérément équilibré (indice d'équitabilité et faiblement dominé. De même, dans chaque station d'échantillonnage, l'indice écologiques reflètent une bonne diversité, une peuplement moyennement équilibré et faiblement dominé (**Tab. 13**)).

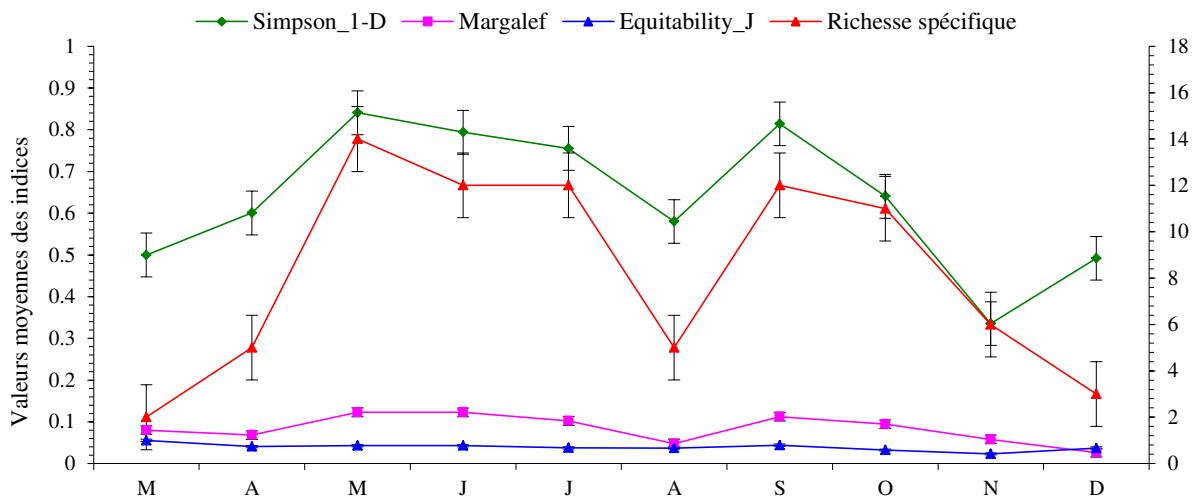


Figure 72. Variations mensuelles des indices écologiques (Richesse spécifique, Indices de Shannon, Indice de Margalef et Indice d'équitabilité) durant la période d'étude.

Tableau 13. Indices écologiques de diversité et de structure des peuplements.

	Station ST1	Station ST2	Station ST3	Station ST 4	Nombre Total N = 1810
Indice de Shannon (H')	2.42	2.83	2.64	2.61	H' = 3.17
Equitabilité(E)	0.73	0.76	0.69	0.75	E = 0.77
Indice de Simpson (D)	0.22	0.16	0.17	0.18	D = 0.13

IV.1.3.7 Variation de la richesse spécifique avec les facteurs environnementaux

Les résultats de l'analyse en composantes principales (ACP) sont présentés sur la **figure 73**. Les énoncés ST1, ST2, ST3 et ST4 sont placés en fonction de leur poids «statistique». Les deux premiers axes (Dim1 × Dim2) représentent 35,5% et 24,3% de la variance originale, soit 59,8% de variance cumulée. Le pH, le taux d'oxygène (dissouts par rapport à la saturation) sont fortement dépendants des indices écologiques (Equitability et indice de Shannon) sur le premier axe correspondant à Dim1 à la station ST3. De plus, la diversité des odonates est fortement corrélée avec la pollution environnementale montrée par la station ST3. Ces condaxis représentent la température de l'air et de l'eau des stations étudiées dans la partie positive ($R = 0,98$ ***), et l'indice de Shannon dans la partie négative ($R = -0,53$ *) correspondant à la station ST1. De plus, l'indice de Simpson était positivement corrélé avec la salinité, la végétation (aqueuse et limitrophe) et l'hydromorphologie du lit de la station de caractérisation des oueds ST4. En revanche, la corrélation est négative avec l'indice de Simpson ($R = -0,94$ **). Ce dernier est inversement proportionnel à la diversité (H') correspondant à station 3. Enfin, seule la station 4 a le taux le plus élevé de diversité odonatologique.

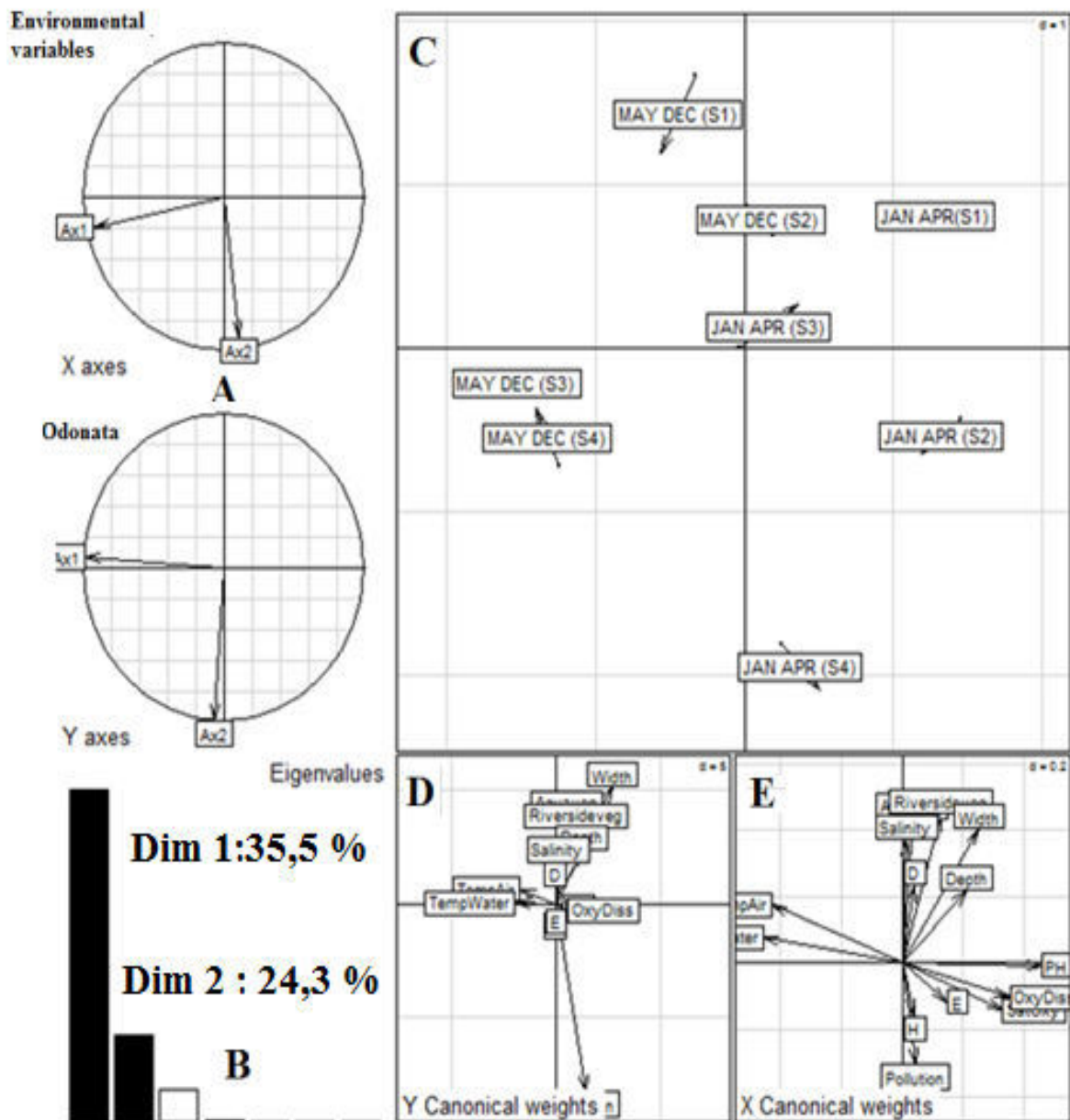


Figure 73. Analyse en composantes principales (ACP) effectuée entre les variables d'Odonates enregistrées (codées comme présence / absence) et les paramètres abiotiques. A) Composantes de l'analyse en composantes principales normalisées de l'ensemble de données environnementales projetées sur les axes de co-inertie (en haut) et composantes de l'analyse en composantes principales centrées de l'ensemble de données odonatologiques projetées sur les axes de co-inertie (en bas). B) Distribution des valeurs propres de PCA. C) Dim 1 x Dim 2 plan factoriel de PCA avec flèches reliant les stations selon les variables physico-chimiques (base des flèches) et Odonata (fin des flèches). D) Répartition des espèces sur le plan factoriel Dim1 x Dim 2 de l'ACP. E) Distribution des descripteurs environnementaux sur le plan factoriel Dim1 x Dim 2 de l'ACP.

Ces axes représentent la température de l'air et de l'eau des stations étudiées dans la partie positive ($R = 0,98$ ***), et l'indice de Shannon dans la partie négative ($R = -0,53$ *) correspondant à la station ST1. De plus, l'indice de Simpson est positivement corrélé avec la salinité, la végétation (aqueuse et limitrophe) et l'hydromorphologie du lit de la station de caractérisation des oueds de la ST4. En revanche, la corrélation est négative avec l'indice de Simpson ($R = -0,94$ **). Ce dernier est inversement proportionnel à la diversité (H') correspondant à la station 3. Enfin, seule la station 4 présente le taux de diversité odonotologique le plus élevé (**Fig. 74**).

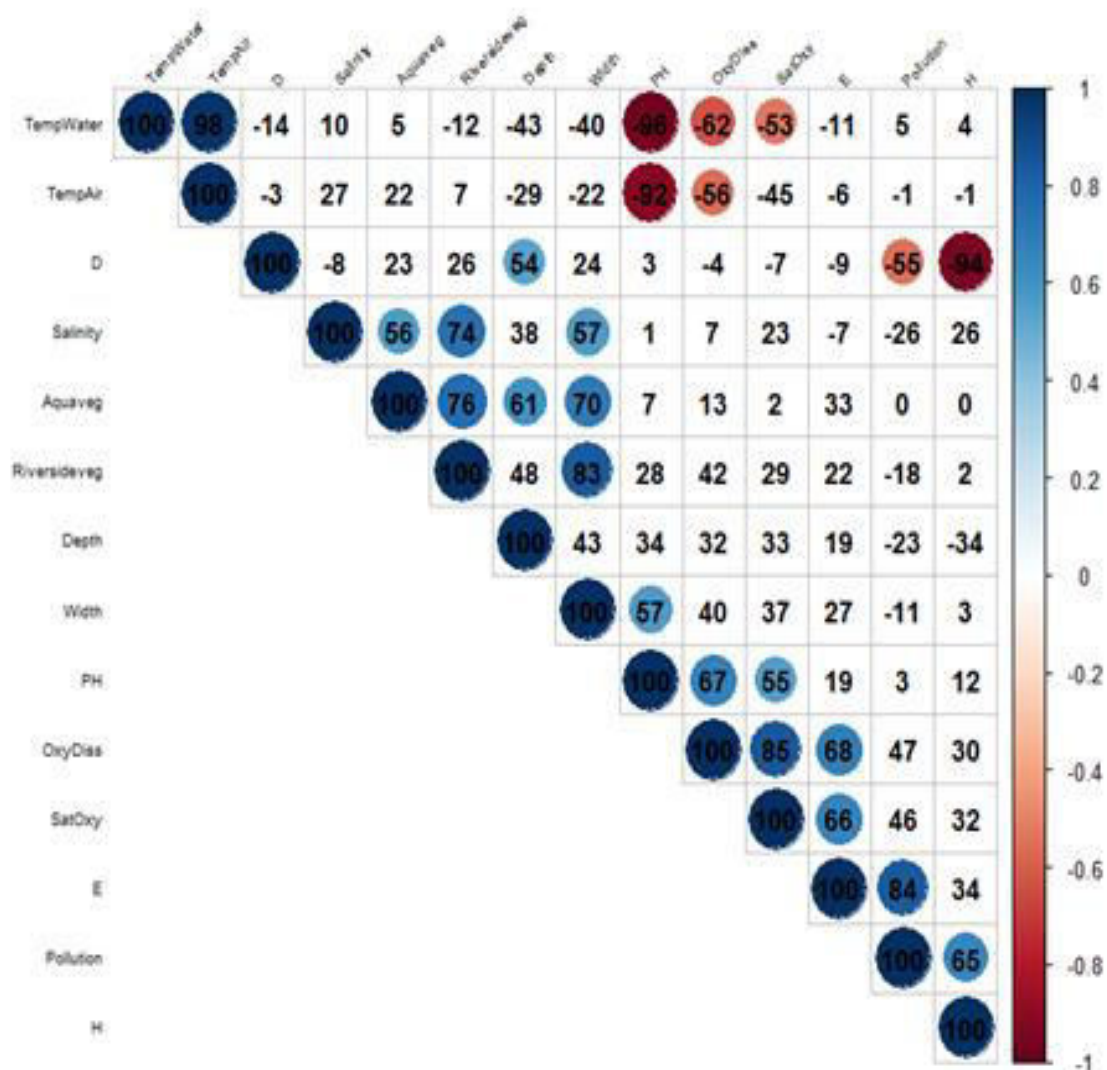


Figure 74. Résultats de la corrélation du rang de tous les paramètres environnementaux de Pearson et de l'indice écologique odonates dans toutes les stations d'étude tout au long d'un cycle annuel 2015/2016.

IV.2 Discussion

Les Odonates de Numidie orientale sont menacés par la perte et la perturbation de leurs habitats. Le changement climatique est un facteur aggravant pour les écosystèmes aquatiques. Cela s'ajoute aux nombreuses pressions anthropiques qui affectent négativement les Odonates de cette zone et leurs habitats souffrant déjà de dommages environnementaux et on ne peut que s'attendre à ce que cela continue en absence de mesures de gestion urgentes. La distribution des assemblages d'Odonates est influencée par des facteurs biologiques et physiques (Corbet, 1999). Et dans la zone d'étude, le climat méditerranéen (étés secs et hivers relativement froids) avec des températures estivales moyennes mensuelles particulièrement élevées impose des contraintes considérables. Ainsi, l'année 2015 se situe bien au-dessus des années précédentes les plus chaudes et en avance sur l'année 2014. Les mois d'octobre et novembre ont eux-mêmes battu tous les records, dépassant ($27,26 \pm 6,93$ ° C), ce qui a exceptionnellement favorisé la prolongation de la saison odontologique en 2015 jusqu'au mois de décembre.

Les paramètres environnementaux et les indicateurs physico-chimiques de la qualité de l'eau sont souvent assujettis à des variations spatio-temporelles induites par les activités anthropiques qui modifient les caractéristiques de l'eau et affectent sa qualité (Karrouch & Chahlaoui, 2009). Ainsi, les mesures de ces paramètres durant la période d'étude ont révélé le degré des impacts accumulés le long des deux dernières décennies dans ce biotope.

L'analyse de l'eau joue un rôle important dans le contrôle du fonctionnement correct des hydro systèmes, (Bain et al., 2012). Les données hydrologiques classiques, ainsi que les paramètres microbiologiques analysés, suivant des méthodes normalisées (Richard, 1996 et al., 1997) ont permis de décrire la base du fonctionnement de oued Bouarroug.

La température de l'eau est un facteur écologique qui entraîne d'importantes répercussions écologiques (Leynaud, 1968). L'augmentation de la température favorise le développement des micro-organismes donc la consommation de l'oxygène et par conséquent la réduction de la teneur en oxygène dissout (Jacques, 2006). D'une manière générale, la température de l'eau enregistrée le long de oued Bouarroug a varié entre 11°C et 23°C. Ces valeurs indiquent que l'eau de ce cours est favorable à la vie aquatique. Les données enregistrées ne présentent pas de différences notables entre les différentes stations.

Les valeurs du potentiel Hydrogène (PH) enregistrées témoignent d'un milieu légèrement neutre à modérément alcalin favorable à la vie aquatique et la salinité augmentait en aval plutôt qu'en amont. La profondeur et la largeur du lit ont montré des fluctuations importantes dans le temps, plus marquées en janvier à cause des épisodes d'inondations hivernales et de la disponibilité réduite de l'eau en juillet et en août, le cours d'eau se desséchant partiellement par endroits.

La conductivité est 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 l'est également en fonction de la température de l'eau et s'avère plus importante lorsque la température augmente (Rejsek, 2002). La conductivité sert aussi à apprécier la quantité de sels dissouts dans l'eau (Rodier et al., 2009). Dans les stations échantillonnées, les valeurs de la conductivité sont toujours supérieures à 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et indiquent que les eaux de oued Bouarroug sont considérées comme faiblement minéralisées.

La turbidité permet de préciser les informations visuelles de l'eau (trouble ou limpide). Elle indique la présence des particules en suspension dans l'eau (Gregorio & Pierre-Marie, 2007). Les valeurs obtenues à oued Bouarroug, balancent entre 08 NTU et 23 NTU, l'eau y est visiblement trouble et à 25 UTN, elle est noirâtre par endroit, ce qui classe ces eaux comme troubles.

L'oxygène dissout mesure la concentration du dioxygène dissout dans l'eau (Rodier, 1984). Il participe à la majorité des processus chimiques et biologiques en milieu aquatique. La teneur moyenne dans les eaux de oued Bouarroug est de l'ordre de 9 à 7 mg/l (O_2) mais elle est favorable à la vie aquatique.

Pour les résultats des taux d'ammonium, ils sont plus élevés au niveau de la station ST1. La présence d'ammonium dans l'eau traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique. L'ammonium provient de la réaction de minéraux contenant du fer avec des nitrates. C'est donc un excellent indicateur de la pollution de l'eau par des rejets organiques d'origine agricole, domestique ou industrielle (Gilliam et al., 1974). Oued Bouarroug est faiblement pollué.

Les valeurs des teneurs en nitrite dépassent la norme (0.1 mg/L). Toutefois dans les cinq stations étudiées, un gradient semble être en relation avec la diminution des teneurs en oxygène. Il s'agit donc d'une oxydation incomplète de nitrite en nitrate, car l'ammonium se transforme par oxydation en nitrite, qui s'oxyde lui aussi en nitrate en milieu plus oxygéné, selon la classification Marocaine des eaux piscicoles (S.E.E.E, 2007) et les normes (D'OMS, 1991).

Le phosphore, l'un des nutriments les plus importants dans la nature, représente un élément biogène indispensable à la croissance des algues, des bactéries et des protozoaires (El Oumlouki et al., 2014). Les teneurs élevées de cet élément dans les eaux de surface peuvent entraîner leur eutrophisation (Vilain, 1989). Les valeurs enregistrées à oued Bouarroug sont inférieures à 5 mg/l. Donc, les teneurs en phosphore sont faibles pour les quatre stations malgré la pollution d'origine anthropique.

Les coliformes totaux et fécaux sont considérés comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau parce qu'ils sont directement associés à la pollution d'origine fécale (Leyral et al., 2002). Selon les résultats obtenus, le nombre varie entre 89 germes/100ml pour la station ST1 et 34 germes/100ml pour la station ST4, ce qui témoigne d'une eau de mauvaise qualité sur le plan microbiologique causé principalement par les rejets urbains et compromettant même les activités à contact secondaire avec l'eau.

Globalement, le suivi spatio-temporel de plusieurs paramètres physicochimiques et microbiologiques de l'eau de oued Bouarroug, a permis de déduire que les eaux sont légèrement troubles et alcalines. L'oxygène dissout est moyennement élevé. Du point de vue bactériologique, les résultats obtenus montrent la présence de germes indicateurs de pollution tels que les Coliformes totaux et fécaux et les Streptocoques fécaux.

Au total, 19 espèces d'odonates réparties dans sept familles (Calopterygidae, Lestidae, Plactycnemidae, Coenagrionidae, Gomphidae, Aeshnidae, Libellulidae) ont été enregistrées. Parmi les 19 espèces, le statut autochtone a été confirmé pour 12 d'entre elles. Dans la dernière liste de contrôle pour l'oued Bouarroug, (Benchalel & Samraoui, 2012). On a enregistré 11 espèces et la reproduction a été confirmée pour cinq d'entre elles. Au total, 8 espèces ont récemment été ajoutées à la liste (*Lestes virens*, *Erythromma lindinii*, *Erythromma viridulum*, *Paragomphus geneii*, *Onychogomphus uncatus*, *Crocothemis erythraea*, *Trithemis arteriosa*, *Trithemis annulata*).

Une comparaison avec d'autres oueds algériens a révélé une nette différence de biodiversité avec 13 espèces recensées à l'oued Kébir-Est dans une seule station et un effort d'échantillonnage comparable en 1993 (Benchalel & Samraoui, 2012) mais cet oued est actuellement dégradé et ne compte plus que sept espèces recensées (Benchalel *et al.*, 2017). De même, à l'oued Seybouse, un total de 35 espèces ont été enregistrées après un suivi de deux ans (Khelifa *et al.*, 2011). Alors qu'avec un effort d'échantillonnage comparable et un total de six stations, 19 espèces ont été recensées à l'oued Isser (Bouchelouche *et al.*, 2015). Cependant, l'oued voisin, El Harrach a fourni 13 espèces (Hafiane *et al.*, 2016). Cette différence semble être liée à l'hétérogénéité de l'habitat et aux variations hydrologiques et doit également être prise en compte car les deux influent fortement sur la biodiversité aquatique locale (Hardersen, 2008).

La période de vol enregistrées à l'oued Bouarroug s'est étendue du début avril à la fin décembre. Ce résultat concorde mal avec la période de vol connue de la plupart des odonates méditerranéens (Ferrerias-Romero & Corbet, 1995; Samraoui & Corbet, 2000) et même celle enregistrée plus tôt pour l'oued Bouarroug (mai-novembre) entre 1993-1994 (Benchalel & Samraoui, 2012). De plus, en 2015, des exuvies et des larves échantillonnées en décembre ont révélé plusieurs individus au dernier stade. Cette extension de la période de vol semble être liée aux températures élevées enregistrées durant l'été 2015. La température est un facteur abiotique majeur en raison de son impact sur les œufs, les émergences, la phénologie adulte, ainsi que sur le développement et la croissance des larves (Pilon, & Masseau 1984; Pritchard & Leggott 1987; Pritchard *et al.*, 1996; Corbet, 1999).

Il est bien connu parmi les odonates que le cycle des larves est synchronisé avec la saison sèche pendant laquelle les conditions climatiques et topographiques sont favorables à l'émergence et à la reproduction d'espèces locales (Ferrerias-Romero, 1994; Samraoui & Corbet 2000b; Benchalel & Samraoui, 2012). L'importance de la température de l'eau sur la distribution des odonates est bien connue (Corbet, 1999; Schutte & Schrimpf, 2002; Grand & Boudot, 2007). C'est un facteur qui influence le modèle d'émergence et, en particulier, son apparition. Chaque espèce possède un seuil au-delà duquel l'émergence est déclenchée. (Farkas, *et al.*, 2012) ont montré que, pour une même espèce, le début de l'émergence peut varier d'un site à l'autre ou d'une année à l'autre en raison des différences de fluctuations de température au printemps. L'ombre est également connue pour influencer la distribution et l'abondance des odonates et la sélection du site riverain des odonates (Rensburg, *et al.*, 2008).

Une émergence plus précoce et une extension de l'aire de distribution des odonates ont été enregistrées en Grande-Bretagne où le changement climatique et les printemps tardifs plus chauds sont soupçonnés d'être directement impliqués (Parr, 2010). Ainsi, la section amont (ST1) du cours d'eau, plus riche en végétation, était plus pauvre en espèces que les sections médiane (ST2) et en aval (ST3 et ST4). La ST1 était la partie de la rivière où le zygoptera *Calopteryx haemorrhoidalis* était confiné et où il était le plus abondant. La végétation fluviale et les zones boisées, caractérisées par l'ombre, des températures favorables de l'air et de l'eau avec un débit faible à modéré pendant toute l'année et une eau claire et bien oxygénée, sont particulièrement importantes pour cette espèce.

Ces caractéristiques offrent des zones protégées propices à la dispersion, et de nombreux sites de refuge pour les adultes pour se nourrir, se reproduire et défendre leur territoire parmi la végétation (Samways & Taylor, 2004). C'est le cas de la ST1 et aussi de la partie gauche de la station 2 où les populations de *Calopteryx haemorrhoidalis* ont également été enregistrées en abondance. Les autres espèces (Zygoptera et Anisoptera) occupent la station ST2 (côté droit du pont) en abondance et en aval aux stations ST3 et ST4. Ce tronçon de ce dernier cours d'eau offre des zones subaquatiques relativement grandes caractérisées par une multitude de micro-habitats qui favorisent la coexistence d'un plus grand nombre d'espèces. Le substrat très hétérogène, la forte luminosité, la végétation riveraine et aquatique et le débit moyen ont contribué à la diversification des odonates dans cette partie de l'oued.

Cela se compare bien avec les résultats d'autres études sur de tels types d'habitats (Oertli *et al.*, 2002; Carchini *et al.*, 2003) où des associations significatives entre la richesse spécifique des odonates et les surfaces des plans d'eau ont été notées. La végétation aquatique est particulièrement importante pour la majorité des espèces d'odonates. Des émergences massives de l'endémique *Gomphus lucasii* ont été observées et un nombre important d'exuvies ont été collectées dans la végétation aquatique dense de la ST2 dans des microhabitats où la perturbation de la végétation riveraine est minimisée (Benchalel, observation personnelles).

Les larves émergentes cherchent préférentiellement des zones à végétation émergente rigide et tassée sur ou près du bord de l'eau pour l'émergence et où un maximum de larves complètent avec succès leurs métamorphoses (Pritchard & Leggott, 1996).

Il a également été démontré que les odonates adultes pourraient préférer les plantes rigides pour se percher parce que leur hauteur et leur structure ouverte facilitent la thermorégulation (May, 1976; Pezalla, 1979) ou l'attraction du partenaire (Mckinnon & May, 1994). En revanche, certaines espèces de Gomphidae (contrairement à la plupart des autres familles d'Anisoptères) peuvent émerger sur des surfaces horizontales (Eda, 1963) et la végétation n'est pas toujours essentielle au choix du site d'émergence: à l'oued Bouarroug, des émergences horizontales de *Paragomphus geneii* sur la rive ont été observées pendant la période d'étude (Benchalel, observation personnelles).

Le même phénomène d'émergence massive de *Paragomphus geneii* sur des surfaces horizontales a également été observé à l'oued El-Kébir en septembre 1993 (Benchalel & Samraoui, 2012), mais la localité a été sévèrement dégradée depuis 2013 et l'espèce est maintenant absente (Tabachnick & Fidell, 1996). Pour les autres espèces ayant des cycles de vie plus longs, comme *Onychogomphus uncatius*, il est nécessaire de disposer de plus de données sur la dynamique et le recrutement pour mieux comprendre le cycle de vie complexe et prolongé de cette espèce.

L'écoulement de l'eau, sa constance, ou au moins la permanence de l'eau de surface sont nécessaires à la survie des espèces ayant un développement larvaire prolongé. Cependant, d'autres espèces ont été capables de résister au changement climatique et se sont adaptées à la nature saisonnière de l'habitat; L'assèchement partiel durant l'été à la ST3 a probablement favorisé la croissance de petites espèces de zygoptères à cycle court et où *C.puella*, *I. graellsii* et *P. subdilatata* ont prospéré. L'endémique *Platycnemis subdilatata*, bien que répertorié dans toutes les stations, l'espèce n'est aujourd'hui pas abondante à l'oued Bouarroug. Dans une seule station et un effort d'échantillonnage comparable, elle était plus abondante entre 1993 et 1994 (Benchalel & Samraoui, 2012).

Les stratégies d'adaptation à la sécheresse sont très fréquentes dans la région méditerranéenne où les zones humides peuvent s'assécher pendant la période estivale (Samraoui & Belair, 1998; Aguero-Pelegrin *et al.*, 1999; Samraoui, 2009). et les espèces semi-voltine et partivoltine ne peuvent être trouvées que dans les cours d'eau permanents (Hafiane *et al.*, 2016).

D'autres stratégies adaptatives peuvent également être adoptées par d'autres espèces dont *Lestes viridis* est un bon exemple: les imagos de cette espèce quittent le milieu de leur naissance pour estiver dans les plantations d'aulnes et ripisylves ou d'autres habitats frais et ombragés où ils subissent une diapause pré-reproductive pendant trois à quatre mois (Samraoui, 2009). Ils réapparaissent plus tard, pendant la période de reproduction, lorsque le niveau de l'eau augmente.

La pollution peut être un facteur limitant pour la distribution de nombreuses espèces d'odonates. A l'oued Bouarroug, la diversité des odonates semble être fortement corrélée avec la pollution environnementale de la station ST3. De plus, cette station est proche des rejets des déchets du parc animalier de Brabtia. Cette surface est polluée par les cadavres d'animaux et de multiples déchets organiques (Fig. 75) et (Fig. 76). Les impacts de ces déchets doivent être confirmés, mais sont en ligne avec les résultats de (Ferrerias-Romero *et al.*, 2009) qui ont montré que la pollution urbaine et agricole peut affecter négativement les communautés d'odonates.

Les indices écologiques montrent une certaine stabilité du peuplement durant notre période d'étude. Globalement, le peuplement est diversifié, moyennement équilibré et peu dominé. L'espèce *Calopteryx haemorrhoidalis* prend le dessus et est influencée par les paramètres abiotiques qui constituent un facteur limitant pour la colonisation du milieu chez cette espèce.

La température de l'eau s'avère déterminante, dans la mesure où une eau chaude contient toujours moins d'oxygène qu'une eau fraîche, ce qui pénalise l'odonatofaune plus spécialisée et exigeante quant à la qualité et à la stabilité de son milieu de vie. (*Calopteryx haemorrhoidalis* espèce sténoèce nécessite des conditions d'habitat spécialisées avec des eaux claires et bien oxygénées, à débit régulier durant toute l'année et une température favorable assurée par un rideau végétal approprié comme c'est le cas à oued Bouarroug. Cette espèce peut être considérée comme espèce bio indicatrice. Elle est très révélatrice de la santé du milieu qui l'héberge compte-tenu de son exigence vis-à-vis de l'oxygène dissout.

La présence de *Calopteryx haemorrhoidalis* et le recrutement de *Paragomphus geneii* en nombre plus important témoignent d'un milieu naturel stable et de qualité, capable encore de soutenir une chaîne alimentaire importante, réunissant d'autres prédateurs insectivores comme les poissons, les batraciens, les oiseaux et les plus petits mammifères.

A l'issu de cette étude, nous ne proposons aucun changement dans le statut de conservation (UICN) des espèces. Pour ce cours d'eau, situé à proximité du grand lac Mellah, la diversité des Odonates reste un élément précieux qui ajoute à la vocation de conservation.

La distribution des odonates est déterminée par des facteurs naturels et anthropiques qui affectent les assemblages d'odonates le long du cours d'eau de Bouarroug. La faune odonatologique est dynamique et évolue dans le temps et les changements rapportés ici indiquent l'importance de mener des études de suivi et d'initier un suivi régulier de la qualité de l'habitat. Avec suffisamment d'informations sur les tendances temporelles de la qualité de l'environnement et de l'abondance des espèces, il sera possible de gérer et d'atténuer certains changements environnementaux en mettant en place des mesures de protection. Les populations évoluent dans le temps et l'espace et cette étude montre l'importance d'évaluer les changements des populations à plusieurs échelles spatiales. Bien que les analyses aient été effectuées sur la section de l'oued située dans le parc animalier, il est clair que les travaux devraient être menés dans d'autres secteurs, notamment dans les secteurs en direction du lac Mellah. La section de l'oued est assez diversifiée et soumise à relativement peu de pressions pour suggérer que les zones en aval pourraient être plus ou moins endommagées.



Figure 75. Corps d'animaux (à gauche) et déchets organiques multiples (à droite) déversés dans la réserve de Brabtia.



Figure 76. Animaux domestiques au niveau de la station ST1 de oued Bouarroug.



CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES

CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES

L'étude de l'odonatofaune à l'oued Bouarroug est un premier pas dans la recherche d'une gestion efficace de la conservation de la biodiversité des oueds dans cette zone. En tant que «gardiens du bassin versant» (Clausnitzer & Jodicke, 2004), les odonates pourraient être des indicateurs utiles de la stabilité, de la santé et de l'intégrité des habitats d'eau douce. Cette étude illustre l'intérêt d'utiliser des données biologiques et environnementales à l'échelle spatiale et temporelle pour évaluer l'état de l'habitat et identifier les causes des perturbations et les tendances de changement. Bien que la comparaison de plusieurs efforts d'échantillonnage effectués à des moments différents ne soit pas toujours facile, les observations historiques ont une grande valeur et méritent d'être plus amplement exploitées. Il est également clair que des programmes de surveillance à long terme et des procédures normalisées doivent être encouragés afin d'obtenir une base solide pour la comparaison de la dynamique de la population au fil du temps. Au total, 19 espèces de libellules et de demoiselles ont été observées au cours de la période d'étude et leur distribution spatiale semble être liée à des facteurs environnementaux. Deux zones distinctes d'habitat ont été délimitées. Une partie en amont, dominée par des espèces sensibles à la teneur en oxygène, une eau de qualité relativement bonne et des zones riveraines denses avec de l'ombrage et une partie aval avec la plus grande richesse en espèces dominée par les ubiquistes Zygoptera et Anisoptera, plus tolérants aux conditions environnementales. Une partie de cette section en aval a cependant été affectée par les rejets de déchets du parc animalier. Cependant, les conditions estivales méditerranéennes sèches ont probablement contribué à limiter la contamination de l'oued jusqu'à la saison des pluies. La durabilité de deux décennies de taxons comme Calopterygidae et Gomphidae à l'oued Bouarroug témoigne de la persistance d'un environnement naturel de qualité dans la majeure partie de l'oued qui est encore capable de soutenir une importante chaîne alimentaire, reliant les invertébrés prédateurs, poissons, batraciens, oiseaux et petits mammifères. Pour ce cours d'eau, situé dans un endroit chaud (hot spot), la diversité des odonates est un élément inestimable du biote qui ajoute à la vocation de conservation.

En perspective, une étude plus approfondie concernant les cycles de développement larvaire est à envisager afin de pouvoir répondre et trancher quant au type de développement des espèces autochtones (uni ou bivoltinisme) et à long terme, répondre à des questions clés en terme de gestion:

- Quelles sont les réponses des milieux fluviaux méditerranéens à court et moyen termes aux perturbations qu'ils subissent ?
- Quelles stratégies faut-il développer en vue d'une gestion rationnelle de ces milieux ?



RÉSUMÉS

RÉSUMÉ

La présente étude décrit les odonates enregistrés sur une longue période à l'oued Bouarroug, au sud du lac Mellah, dans la réserve nationale de Brabtia (nord-est de l'Algérie). Des visites hebdomadaires ont été effectuées à quatre stations de l'oued Bouarroug entre janvier 2015 et juin 2016. Un total de 19 espèces d'odonates appartenant à sept familles (Calopterygidae, Lestidae, Plactycnemidae, Coenagrionidae, Gomphidae, Aeshnidae, Libellulidae) ont été enregistrées. Parmi les 19 espèces, le statut autochtone a été confirmé pour 12 espèces. Deux espèces endémiques maghrébines, *Platycnemis subdilata* et *Gomphus lucasii* (espèce «Data Deficient» dans la Liste rouge de l'UICN en Méditerranée) ont été enregistrées. Dans la dernière liste de contrôle de la faune des odonates de l'oued Bouarroug, 11 espèces ont été signalées, en 1993 et 1994. Huit espèces ont été récemment ajoutées (*Lestes virens*, *Erythromma lindinii*, *Erythromma viridulum*, *Paragomphus geneii*, *Onychogomphus uncatus*, *Crocothemis erythraea*, *Trithemis arteriosa*, *Trithemis annulata*) dont *Paragomphus genei* a été enregistré pour la première fois dans la réserve de Brabtia en 2014 et son statut autochtone est confirmé à l'oued Bouarroug à partir de juin 2015. La richesse en espèces le long de l'oued Bouarroug est positivement corrélée avec la densité de la végétation fluviale et le débit de l'eau modéré pendant toute l'année. En revanche, la richesse en espèces varie négativement avec la fragmentation de l'habitat et la destruction causée par l'urbanisation et la pollution. En conséquence à cette étude, nous ne proposons aucun changement de la classification «Liste rouge de l'UICN» des espèces recensées à l'oued Bouarroug. Cependant, la présence de certains taxons comme *Calopteryx haemorrhoidalis* et *Paragomphus geneii* à ouad Bouarroug, témoigne de la persistance d'un environnement naturel de grande qualité capable de supporter une importante diversité d'espèces aquatiques.

Mots-clés: Odonates, écologie, impacts environnementaux, oued Bouarroug, Nord-est algérien.



ملخص

لقد تمت دراسة الرعشات خلال فترة زمنية طويلة امتدت بين جانفي 2015 إلى غاية جويلية 2016 في وادي بوعروق جنوب بحيرة الملاحه على مستوى حظيرة برابطيه (شمال شرق الجزائر). حيث أجريت زيارات أسبوعية لأربعة محطات بالوادي. ومنها تحصلنا على 19 نوع ينتمي الى سبعة عائلات (*Calopterygidae, Lestidae*) بوعروق, و نوعين منها خاصة بالوطن العربي فقط (*Platycnemis subdilata and Gomphus lucasii*) وهما مصنفان ضمن الأنواع الناقصة البيانات في القائمة الحمراء للبحر الأبيض المتوسط, وهذا سجل في احدث قائمة لمراقبة الحياة البرية في واد بوعروق, وبالمقارنة مع سنة 1993 و 1994 تم تسجيل 11 نوع فقط من الرعشات و بالتالي هناك 8 انواع اضافية تتمثل في (*Lestes virens, Erythromma lindinii, Erythromma viridulum,*) *Paragomphus geneii, Onychogomphus uncatius, Crocothemis erythraea, Trithemis arteriosa,* *Trithemis annulata*), وهناك نوع ظهر لأول مرة في وادي بوعروق و هو (*Paragomphus geneii*) في حظيرة برابطيه خلال سنة 2014, وتم تأكيد مكانته من مستوطني وادي بوعروق ابتداء من جوان 2015. ان ثراء انواع الرعشات على طول وادي بوعروق يرتبط ارتباطا ايجابيا بكثافة النباتات النهرية و باعتدال تدفق المياه النهرية طوال العام. ومن ناحية أخرى فان الإفراط في التهديم و البناء العشوائي للعمران يؤدي الى زيادة التلوث و بالتالي ينعكس سلبا على محيط البيئة وعلى جميع أنواع الكائنات الحية. و نتيجة لهذه الدراسة فإننا نقترح بعدم إدخال أي تغييرات على تصنيف القائمة الحمراء للاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة و الموارد الطبيعية المسجلة في وادي بوعروق و مع ذلك فان وجود بعض الاصناف مثل (*Calopteryx haemorrhoidalis et Paragomphus geneii*) يشهد على استمرار وجود بيئة طبيعية عالية الجودة قادرة على دعم مجموعة كثيرة من الانواع المائية.

كلمات المفتاح: الرعشات, علم البيئة, الاثار البيئية, وادي بوعروق, شمال شرق الجزائر.



ABSTRACT

The present study describes odonates recorded over an extended period at wadi Bouarroug, south of lake Mellah, in the national reserve of Brabtia (North-east Algeria). In all, 42 weekly visits were made to four stations at wadi Bouarroug between January 2015 and June 2016. A total of 19 species of odonates comprising seven families (Calopterygidae, Lestidae, Plactycnemidae, Coenagrionidae, Gomphidae, Aeshnidae, Libellulidae) was recorded. Among the 19 species, autochthonous status was confirmed for 12 species. Two Maghrebic endemics species, *Platycnemis subdilatata* and *Gomphus lucasii* ("Data Deficient" species in the Mediterranean IUCN Red-List) were recorded. In the latest check-list of the odonates fauna of wadi Bouarroug, 11 species were reported, during 1993 and 1994. Eight species have been recently added (*Lestes virens*, *Erythromma lindinii*, *Erythromma viridulum*, *Paragomphus geneii*, *Onychogomphus uncatulus*, *Crocothemis erythraea*, *Trithemis arteriosa*, *Trithemis annulata*) of which *Paragomphus geneii* was recorded for the first time in the reserve of Brabtiain 2014 and its autochthonous status is confirmed at wadi Bouarroug from June 2015. Species richness along the wadi Bouarroug is positively correlated with density of riverine vegetation and with weak to moderate water flow during all the year. By contrast, species richness varies negatively with habitat fragmentation and the destruction caused by urbanization and pollution. As a result of this study, we do not propose any change of the "Red List of the IUCN" classification of the recorded species recorded at wadi Bouarroug. However, the presence of some taxa like *Calopteryx haemorrhoidalis* and *Paragomphus geneii* at wadi Bouarroug, testifies to the persistence of high-quality natural environments which are able to still support an important diversity of aquatic species.

Key words: *Odonata, environmental impacts, Bouarroug wadi, Northeastern Algeria*





RÉFÉRENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

BIBLIOGRAPHIE

- **Acreman M. (2000).** Managed flood releases from reservoirs: Issues and guidance. WCD Thematic Review: II-1, 1-88.
- **Agüero-Pelegrín, M., M. Ferreras-Romero y P. S. Corbet (1999).** The Life Cycle of *Lestes viridis* (Odonata: Lestidae) in Two Seasonal streams of the Sierra Morena Mountains (southern Spain). *Aquatic Insects* 21(3): 187-196. 1999.
- **Aguesse P. (1968).** Les Odonates de l'Europe occidentale, du nord de l'Afrique et des îles atlantiques. Masson et Cie éditeur, Paris, 258 p.
- **Aguilar (D') J., Dommagnet J.L. (1985).** Guide des libellules d'Europe et d'Afrique du Nord. Delachaux et Niestlé, Neuchâtel, Paris, 341 p.
- **Aguilar (D') J., Dommagnet J.L. (1998).** Guide des Libellules d'Europe et d'Afrique du Nord : L'identification et la biologie de toutes les espèces, Delachaux et Niestlé, Neuchâtel-Paris, 1985 : 1ère édition, 463 pages.
- **Aguilar(D') J., Dommagnet J.L. & Prechac R. (1985).** Guide des Libellules d'Europe et d'Afrique du Nord.- Neuchâtel und Paris (DELACHAUX & NIESTLÉ); 341 S., 40 Farbtafeln, 125 Verbreitungskarten, zahlreiche Schwarzweißabbildungen. - ISBN 2-603-00566-9.
- **Ait Mouloud S. (1981).** Contribution à l'étude de faune benthique d'un ruisseau de Meurdja. DES Eco-éthologie, Univ.alger :15p.
- **Aliane N. (1986).** Contribution à L'étude des Plécoptères des monts de Tlemcen. DES Biol. Anim., Univ. Tlemcen : 51 p.
- **Angert A.L., Crozier L.G., Rissler L.J., Gilman S.E., Tewksbury J.J., Chuncó A.J. (2011).** Do species' traits predict recent shifts at expanding range edges. *Ecology Letters*, 14: 677-689.
- **Arab A. & Zebdi A. (1983).** Contribution à l'évaluation de la qualité des eaux des oueds de Mitidja. DES Hydrobiologie, Univ. Alger : 106p + 1 pl.
- **Arthington Á. H., Naiman R. J., McClain M. E., Nilsson C. (2010).** Preserving the biodiversity and ecological services of rivers: new challenges and research opportunities. *Freshwater Biology*. 55(1), 1-16.
- **Bain R.E.S., Gundry S.W., Wright J.A., Yang H., Pedley S., Bartram JK. (2012).** Accounting for water quality in monitoring access to safe drinking-water

as part of the Millennium Development Goals: lessons from five countries. *Bulletin of the World Health Organization*; 90:228–235.

- **Barbault M. (1985).** Partage des ressources et organisation des peuplements. *Bull. Ecol.*, 1985. t. 16, 1. P: 63-68.
- **Barbault R. (1995).** Le concept d'espèce clé de voûte en écologie de la restauration : clé ou impasse, In J. Lecomte et al. : *Recréer la nature. Nature-Sciences-Sociétés*, hors série. 26-28.
- **Beasley G. & Kneale P. (2003).** Investigating the influence of heavy metals on macro-invertebrate assemblages using Partial Cononical Correspondence Analysis (pCCA). *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, European Geosciences Union, 2003, 7 (2), pp.221-233.
- **Benchalel W. (1994).** Contribution à l'étude écologique des odonates des eaux courantes (oued El-Kébir et oued Bouarroug) wilaya d'El-Taref. Thèse de magister, université Badji Mokhtar, Annaba. 300 p.
- **Benchalel W. et Samraoui B. (2012).** Caractérisation écologique et biologique de l'odonatofaune de deux cours d'eau méditerranéens : L'oued El-Kébir et l'oued Bouarroug (1993-1994) (Nord-Est de l'Algérie) - *Méditerranée* n° 118 – 2012.
- **Benchalel W (a)*., Merah S (a)., Bouslama Z (a)., Ramdani M (b)., Elmsellem H(e)*., Roger F (c). (2017).** Odonata as indicators of environmental impacts in rivers, case of wadi El-Kébir-East (northeastern Algeria). *Moroccan Journal of Chemistry*. 5 N°4 610-621.
- **Benchalel W^{(a)*}., Bouziane A^(a)., Bouslama Z^(a)., Ramdani M^(b)., Roger F^(c)., Ramdani M^(d). (2018).** Odonata of Wadi Bouarroug (northeastern Algeria), and environmental determinants of their distribution, *Moroccan Journal of Chemistry*., 6 N°1 (2018) 78-91.
- **Belouahem-Abed D. (2012).** Étude écologique des peuplements forestiers des zones humides dans les régions de Skikda, Annaba et El-Tarf (Nord-Est algérien). Thèse de doctorat, Université d'Annaba, 252 p.
- **Belair (de) G. (1990).** Structure, fonctionnement et perspective de gestion de quatre éco-complexe lacustres et marécageux (El Kala, Algérie) extrême orientale), thèse d'université USTL Montpellier II, 193 p. + annexes.

- **Benetti C.J. & Garrido J. (2010).** The influence of water quality and stream habitat on water beetle assemblages in two rivers in North West. *Vie et milieu-life and environment*, 2010, 60 (1): 53- 63.
- **Bentouli Med Y. (2007).** Inventaire et qualité des sources du P.N.E.K Nord-est algérien. Mémoire de Magistère Dprt de Géologie, Univ Annab. 150 p.
- **Benyacoub S. & Chabi Y. (2000).** Diagnose écologique de l'avifaune du Parc National d'El Kala, composition - statut - répartition. Synthèse, *Revue des sciences et technologie*. Publication de l'Université d'Annaba (Algérie). N° 7, juin 2000, 98 p.
- **Benyacoub S. (1996).** Diagnose écologique de l'avifaune du Parc National d'El kala. Composition – Statut – Répartition. Etude individuelle. N° E I 10. Projet Banque Mondiale. 67 p.
- **Bigot L. & Bodot P. (1973).** Contribution à l'étude biocénotique de la garrigue à *Quecus coccifera* – II. Composition biotique du peuplement des invertébrés. *Vie et Milieu*, Vol. 23, Fasc. 2 (Sér. C): 229-249p.
- **Blondel J. (1979).** Biogéographie de l'avifaune algérienne et dynamique des communautés. Sem. Intern. Avif. Algérienne, 5-11 juin 1979, Inst. Nati. Agro., El Harrach, 1-15 p.
- **Bonnet M.P., G. Barroux P., Seyler G., Pecly P., Moreira-Turcq C., Lagane G., Cochoneau J., Viers F., Seyler and J.L Guyot. (2005).** Seasonal links between the Amazon corridor and its flood plain: The case of the varzea of Curuai, in *Dynamics and Biogeochemistry of River Corridors and Wetlands*, IAHS Publication 294, edited by L.Hearthwaite, B.Webb, D. Rosenberry, D. Weaver, and M. Hayash, pp. 69–77.
- **Borcard D., Gillet F., Legendre P. (2011).** *Numerical Ecology with R*. Use R. Series. Springer Science+Business Media LLC. EBook ISBN 978-1-4419-7976-6. Number of Pages XII, 306.
- **Bouchelouche D., Kherbouche-Abrous O., Mebarki M., Arab A. & Samraoui B. (2015).** The Odonata of Wadi Isser (Kabylia, Algeria): Status and environmental determinants of their distribution. *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, 70: 248-260.
- **Boudot J. P. (2010).** *Gomphus lucasii*. In IUCN 2012. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.2. <www.iucnredlist.org>

- **Boudot J. P., Kalkman V.J., Azpilicueta Amorin M., Bogdanovic T., Cordero Rivera A., Degabr iele G., D ommanget J.L., Ferr eira S., Garr igos B., Jovic M., Kotarac M., Lopau W., Marinov M., Mihokovic N., Riservato E., Samraoui B. & Schneider W. (2009).** Atlas of the Odonata of the Mediterranean and North Africa. *Libellula*, Suppt 9: 1-256.
- **Bouguessa S. (1993).** Étude du développement larvaire chez les Odonates du Lac Oubeira. Magister. Université d'Annaba, 200 p.
- **Broquet T. & Petit E. (2009).** Molecular estimation of dispersa of ecology and population genetics. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics*.40: 193-216
- **Bybee R. (2005).** Scientific literacy and the envirenement document préparé pour le Forum PISA de L'OCED sur la science pologne, aoute 2005.
- **Caltechnica S. A. (1973).** Projet de reboisement sur 25.000 ha dans la Wilaya de Annaba et El Kala. *Etudes generales (volumes 1 et 2)* 161 p.
- **Carchini G., Di Domenico M., Pacione T., Solimini A.G., Tanzilli C. (2003).** Species distribution and habitat features in lentic Odonata, *Italian Journal of Zoology*, 70:1, 39-46, DOI: 10.1080/11250000309356494.
- **Castella E. (1987).** Larval Odonata distribution as a describer of fluvial ecosystems: the Rhône and Ain Rivers, France, *Advances in Odonatology* 3, p. 23-40.
- **Chaumont et Paquin C. (1971).** "Carte pluviométrique de l'Algérie du Nord, échelle 1/500 000" (4 feuilles et notice). Société de l'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord, Alger.
- **Chessel. D., Dufour. A.B & Thioulouse. J. (2004).** The ade-4 package. I: One-table methods. *R News*, 4: 5-10.
- **Chovanec A., Waringer J. (2001).** Survey, Regulated Rivers: Research and Management, 17, p. 493-507. Ecological integrity of river-floodplains systems- assesment by dragonfly.
- **Chovanec A., Waringer J., Raab R & Laister G. (2004).** Lateral connectivity of a fragmented large river system: assessment on a macroscale by dragonfy surveys (Insecta: Odonata). *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 14, p. 163-178.

- **Chovanec A., Waringer J., Straif M., Graf W., Reckendorfer W., Waringer Löschenkohl A., Waidbacher H & Schultz H. (2005).** The Floodplain Index – a new approach for assessing the ecological status of river/floodplain – systems according to the EU Water Framework Directive, *Large Rivers*, 15(1-4), Archaeology Hydrobiology suppl. 155/1-4, p. 169-185.
- **Chutter F. M. (1961).** Certain aspects of the morphology and ecology of several species of *Pseudagrion* Selys (Odonata). Arch, Hydrobiol., 57 : 430-463
- **Clausnitzer V., Kalkman V.J., Ram M., Collen B., Baillie J.E.M., Bedjanič M., Darwall, W.R.T., Dijkstra K.D., Dow R., Hawking J., Karube H., Paulson D., Schutte K., Suhling F., Villanueva R., Von Ellenrieder N., Wilson K. (2009).** Odonata enter the biodiversity crisis debate: the first global assessment of an insect group. *Biological Conservation*, 142, 1864–1869.
- **Corbet P. S. (1999).** Dragonflies: Behavior and ecology of Odonata-Harley Books, Martins, ISBN 094658964 X; XXXIX & 830 pp. Aquatic insects 2001, Vol. 23, No. 1, p. 83.
- **Corbet P.S. (1962).** Biology of dragonflies. Entomology Research Institute, Research Branch, Canada Department of Agriculture, Ottawa. Witherby, London: 247 p.
- **D'amico F., Darblade S., Avignon S., Blanc-Manel S., Omerod S.J. (2004).** Odonates as Indicators of Shallow Lake Restoration by Liming: Comparing Adult and Larval Responses. *Restoration Ecology* Vol. 12 No.3. P439-446.
- **Dahil J., Johnson R.K., Sandin. (2004).** Behavioral syndromes: an ecological and evolutionary overview. *Trends Ecol Evol.* 2004 Jul; 19(7):372-8.
- **Dajoz R. (1985).** Précis d'écologie. 5^{ème} édition, Ed. Dunod Paris, 505 p.
- **Davis T.J. (1994).** The Ramsar Convention manual: a guide to the convention on wetlands of international importance especially as waterfowl habitat. Ramsar Convention Bureau. Gland.
- **De Groot R. S., Alkemade R., Braat L., Hein L., Willemen L.(2010).** Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological Complexity.* 7(3), 260-272.
- **Derwiche E., Benaabidate L., Zian L., Sadki O. & Belghity D. (2010).** Caractérisation physico-chimique des eaux de la nappe alluviale du haut Sebou en

aval de sa confluence avec oued Fès. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, N° 08 :101-112.

- **Dijkstar K.D.B. & Lewington R. (2006).** Field Guide of the Dragonflies of Britain and Europe. British Wildlife Publishing, 320 pp.
- **Djeridane Y. et Salhi S. (1983).** Contribution à l'étude de la qualité des eaux des oueds de la Mitidja par application de la l'écologie des Macoinvertébrés. DES Eco-éthologie, Univ. Alger : 83 p.
- **Doledec S. & Chessel D. (1997).** Co-structure de deux analyses en composantes principales. ADE-4/ Fiche thematique 4.1. 20 p.
- **Doledec S. & Chessel D. (1994).** Co-inertia analysis: an alternative method for studying species-environment relationships. Freshwater Biology : 31, 277-294.
- **Dommanget J.L. (1989).** Anax parthenope (Selys, 1839) dansle département des Hauts-de-Seine (92) (Odonata, Anisoptera : Aeshnidae). Martinia, 5 (3) : 74.
- **Doucet G. (2013).** Clé de détermination des exuvies des odonates de France. Société française d'odonatologie. 2 ème édition revue corrigée et augmentée. 68 p.
- **Dumont H.J. (1978).** Odonates d'Algérie, principalement du Hoggar et d'oasis du Sud, Bulletin & annales de la Société royale belge d'entomologie, 114, p. 99-106.
— **(2007).** Odonata from the Mouydir Plateau (North Central Sahara, Algeria). Bulletin & annales de la Société royale belge d'entomologie, 143, p. 164-168.
- **Durand J.R. & L'évêque L. (1981).** Flore et Faune aquatiques de l'Afrique Sahelo-Soudanienne. Editions de L'ORSTOM, Coll. Init. Doc. Tech. 45, Paris. 873 p.
- **Eda S. & Tombo (1963).** Emergence of Epiophlebia superstes Selys. —Tombo 6: 2-7.
- **El Oumlouki K., Moussadek R., Zouahri A., Dakak H., Chati M., El amrani M.J. (2014).** Study of physic-chemical quality of water and soil in the region Souss Massa (Case perimeter Issen), Morocco. Journal of Materials and Environmental Science, 5: 2365-2374
- **Farkas A., Jakab T., Toth A., Kalmar A.F., Devai G. (2012).** Emergence patterns of riverine dragonflies (Odonata: Gomphidae) in Hungary: variations between habitats and years. Aquatic Insects, 34(Suppl. 1), 77–89.

- **Ferreras-Romero M. (1994).** Life history of the species that make up the odonate association characteristics of a permanent stream in the western Mediterranean basin: preliminary results. *Adv. Odonatol.* 6: 45-48.
- **Ferreras-Romero M., Árquez-Rodríguez J., Ruiz-García A. (2009).** Implications of anthropogenic disturbance factors on the Odonata assemblage in a Mediterranean fluvial system. *Int. J. Odonatol.*, 12: 413-428.
- **Ferreras-Romero M., Corbet P.S. (1995).** Seasonal patterns of emergence in Odonata of a permanent stream in southwestern Europe. *Aquat. Insects* 17: 123-127.
- **Gagneur J. (1987).** Sur la vulnérabilité des écosystèmes aquatique en Algérie. *T.S.M.-L'eau*, mai 1987 : 209-212.
- **Gagneur J., Giani N., Martinez-Ansemil E. (1986).** Les Oligochètes d'Algérie. *Bull. Soc. Hist. nat. Toulouse*, 122 : 119-124.

- García-Criado F., Fernández-Aláez C., Fernández-Aláez M. (1999).** Environmental variables influencing the distributiona of Hydraenidae and Elmidae assemblages (Coleoptera) in a moderatly- polluted river basin in north – western Spain – *Europenab Journal of Entomology* 96 (1): 37 – 44.
- **Gausсен H. et Bagnouls M.F. (1948).** Carte des précipitations de l'Algérie (moyenne1913-1947) aux 1/500 000 4 feuilles Paris.
- **Gauthier H. (1928).** Recherches sur la faune des eaux continentales de l'Algérie et de la Tunisie. *Minerva, Alger.* 149 p.
- **Gauthier-Liévre. (1930).** Note d'algologie marocaine. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord* 21, 189-192.
- **Gilliam M., Prest D.B. & Morton H.L. (1974).** Fungi isolated from honey bees *Apis mellifera*, Fed 2,4D and antibiotic. *J. Invert. Pathol.* 24: 213-217.
- **Grand D et Boudot J.P. (2006).** Les Libellules de France, Belgique et Luxembourg. *Biotope, Meze, (Collection Parthenope)*, 480 p
- **Grand D., Boudot J.P (2007).** Les libellules de france,begique et Luxembourg; *Collection Parténope*, ed. Biotope, 840 p.
- **Gregorio C. et Pierre-Marie B. (2007).** Traitement et épuration des eaux industrielles polluées: Procédés, *Presses Univ. Franche-Comté*, 356 p.

- **Gribbin S.D. & Thompson D.J. (1991).** The effects of size and residency on territorial disputes and short-term mating success in the damselfly *pyrrhosoma nymphula* (Sulzer) (Zygoptera: Coenagrionidae). *Animal Behaviour*, 41, 689-695.
- **Hafiane M., Hamzaoui D., Attou F., Bouchelouche D., Arab A., Alfarhan A. H., Samraoui B. (2016).** Impacts des facteurs anthropiques et leur influence sur la distribution spatiale des Odonates de l'oued El Harrach (Centre-Nord de l'Algérie). *Rev. Ecol. (TerreVie)*, 71 (3) 239-249.
- **Hardersen S. (2008).** Dragonfly (Odonata) communities at three lotic sites with different hydrological characteristics. *Italian Journal of Zoology*, 75, 271–283.
- **Harrison T.D. (1991).** A note on the diet and feeding selectivity of juvenile riverbream, *Acanthopagrus berda* (Forsk., 1775), in a subtropical mangrove creek. *South African Journal of Zoology* 23(1):36-42.
- **Heidemann H. & Seidenbusch R. (2002).** Larves et Exuvies des Libellules de France et D'Allemagne (sauf de Corse). *Soci. franç. d'odonatol. France*, 416 p.
- **Holt G.J. (1993).** Feeding larval red drum on microparticulate diets in a closed recirculating water system. *J. World Aquacult. Soc.* 24(2):225-230.
- **Hooper D.U., Adair E.C., Cardinale, B.J., Byrnes, J.E., Hungate B.A., Matulich K.L.... O'Connor M.I. (2012).** A global synthesis reveals biodiversity loss as a major driver of ecosystem change. *Nature*. 486(7401), 105-108.
- **Indermuehle N., Angelibert S., Oertli B. (2008).** IBEM: Indice de Biodiversité des Etangs et Mares. Un outil pour l'évaluation biologique des étangs et mares. Manuel d'utilisation, école d'ingénieurs de Lullier (eil), Hes•so, Genève, 33 p.
- **Joleaud L. (1936).** Etude géologique de la région de Bone et de la Calle. *Bulletin du service de la Carte géologique d'Algérie Imp. Typo – Litho et Cie, Alger*, 2ème série, stat. descriptions régionales, n°12, 185p. 4p. 25 fig et tab.
- **Jourde P. (2004).** Densités remarquables d'odonates en val de Seugne (département de Charente-Maritime- France). *Martinia* 20 (1) : 7-12.
- **Jourde P. (2010).** Les Odonates : biologie et écologie I / *Insectes* n° 157.
- **Jacques M. (2006).** *Océan et climat*, Ed. IRD, 222 p.

- **Kadid Y. (1989).** Contribution à l'étude de la végétation aquatique du lac Tonga. PNEK. Mémoire. Ingénieur. INA. El-Harrach. Alger.100p+carte.
- **Kalkman V., Clausnitzer V., Dijkstra K.D.B., Orr A.G., Paulson D.R. van Tol J. (2008).** Global diversity of dragonflies (Odonata) in freshwater. *Hydrobiologia* 595:351–363.
- **Kalkman V.J., Boudot J.P., Bernard R., Conze K.J., De Knijf G., Dyatlova V., Ferreira S., Jović M., Ott J., Riservato E. & Sahlen G. (2010).** European Red List of Dragonflies. Publications Office of the European Union, Luxembourg
- **Kallis G. & Butler D. (2001).** The EU water framework directive: measures and implications. *Water policy*. 3(2), 125-142.
- **Karrouch L. & Chahlaoui A. (2009).** Bio-evaluation of the quality of water of the Boufekrane River (Meknes, Morocco). *Biomatec Echo*, September, Volume 3, Number 6, 6 – 17
- **Keddy P.A. (2010).** *Wetland ecology: principles and conservation*. 2nd edition. Cambridge University Press. Cambridge.497 p + Plates.
- **Kevan P.G. (1999).** Pollinators as Bioindicators of the State of the Environment: Species, Activity and Diversity. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74, 373-393.
- **Khelifa R., Youcefi A., Kahlerras A., Alfarhan A., Al Rasheid K. et Samraoui B. (2011).** L'odonatofaune (*Insecta : Odonata*) du bassin de la Seybouse en Algérie : intérêt pour la biodiversité du Maghreb. *Rev. Écol. (Terre Vie)*, vol. 66, 1:55-66
- **Kimmins D.E., (1934).** Odonata collected by Colonel R. Meinertzhagen in the Ahaggar Mountains, *Annals and magazine of natural history (Series 10)*, 74, p. 173-175.
- **Kolbe H.J. (1885).** Beitrag zur Kenntniss der Pseudoneuroptera Algeriens und der Ostpyrenäen, *Berliner entomologische Zeitschrift*, 29, p. 151-157.
- **Kristensen N. P. (1975).** The phylogeny of hexapod 'orders'. A critical review of recent account, *Z. Zool. Syst. Evolutionsforsch.*, 13, 1-44.
- **Le Roi O. (1915).** Odonaten aus der algerischen Sahara von der Reise von Freiherrn H. Geyr von Schweppenburg. Mit einer Übersicht der nordafrikanischen Odonaten-Fauna, *Deutsche Entomologische Zeitschrift*, p. 609-634.

- **Lefranc Edmond. (1865).** La Calle : topographie, botanique et climatologie. monographie, la calle, algérie, flore, végétation - 1 tab, p. 415-431
- **Lehmkuhl H.D. & Cutlip R.C. (1984a).** Experimental infection of lambs with ovine adenovirus isolates RTS-151: Clinical, microbiological, and serologie responses. *Am. J. Vet. Res.* 45:260-262.
- **Lehmkuhl H.D., & Cutlip R.C. (1984b).** Characterization of the serotypes of adenovirus isolated from sheep in the central United States. *Am. J. Vet. Res.* 45:562-566.
- **Leynaud G. (1968).** Les pollutions thermiques, influence de la température sur la vie aquatique. B.T.I. Ministère de l'agriculture, 224-881.
- **Leyral G., Ronnefoy C. et Guillet F. (2002).** Microbiologie et qualité des industries agroalimentaire, Paris, 245 p.
- **Lounaci A. (1987).** Recherches hydrobiologiques sur les peuplements d'invertébrés benthiques du bassin de l'oued Aïssi (Grande Kabylie). Thèse Magister, Université d'Alger, 133 p.
- **Lounaci A. (2005).** Recherches sur la faunistiques, l'écologie et la biogéographie des macroinvertébrés des cours d'eau de Kabylie (Tizi Ouzou, Algérie). Thèse de Doctorat d'Etat. Université Mouloud Mammeri. Tizi-Ouzou, 209 p.
- **Lounaci A. & Daoudi D. (1996).** Travaux sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des insectes aquatiques du réseau hydrographique du Sébaou. Thèse Magister, Université de Tizi-Ouzou, 152.
- **Lounaci A. & Vinçon G. (2005).** Les Plécoptères de la Kabylie du Djurdjura (Algérie) et Biogéographie des espèces d'Afrique du Nord [Plecoptera]. *Ephemera*, 6 (2) : 109-124.
- **Lounaci A., Brosse S., Ait Mouloud S., Lounaci-Daoudi D. & Mebarki M. (2000a).** Current knowledge of benthic invertebrate diversity in an Algerian stream: a species check-list of the Sebaou River bassin (Tizi-Ouzou). *Bull. Soc. Hist. Nat.*, Toulouse, 136: 43-55.
- **Lounaci A., Brosse S., Thomas A.G.B. & Lek S. (2000b).** Abundance, diversity and community structure of macroinvertebrates in a Algerian stream : the Sebaou wadi. *Annls Limnol.*, 36(2): 123-133.

- **Lupi D., Semo M., Foster R.G. (2012).** Impact of age and retinal degeneration on the light input to circadian brain structures. *Neurobiol. Aging*.33:383–392. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- **Mace G.M., Norris K., Fitter A.H. (2012).** Biodiversity and ecosystem services: a multilayered relationship. *Trends in ecology & evolution*. 27(1), 19-26
- **Marre A. (1987).** Etude geomorphologique du Tell oriental algerien de Collo a la frontiere tunisienne. Universite Aix –Marseille II. U.E.R de Geographie, 559 p. + cartes.
- **Marre A. (1992).** Étude géomorphologique du Tell Oriental Algérien de Collo à la frontière tunisienne, OPU, Alger, 624 p.
- **Martin R. (1901).** Les odonates en Algérie au mois de mai, *La Feuille des Jeunes Naturalistes*, Paris, 31, p. 249-250.
— **(1910).** Contribution à l'étude des Neuroptères de l'Afrique. II. Les odonates du département de Constantine. *Annales de la Société Entomologique de France*, 79, p. 82-104.
- **Marton-Lefèvre J. (2010).** Biodiversity is our life. *Science*, 327, 1179.
- **Mayer G. (1958).** Libellen des Linzer Gebietes und aus Oberosterreich. I. Anisoptera. – *Naturkundliches Jahrbuch der Stadt Linz 1958*: 211-219.
- **May M.L. (1976a).** Thermoregulation and adaptation to temperature in dragonflies (Odonata: Anisoptera). *Ecol. Monogr*, 46: 1-32.
- **Mckinnon B. et May M.L. (1994).** Mating habitat choice and reproductive success of *Pachydiplax longipennis* (Burmeister) (Anisoptera: Libellulidae). *Advan. In Odonatol*, 6. 59-77.
- **McLachlan R. (1897).** Odonata collected by the Rev. E.A. Eaton in Algeria, with annotations. *The Entomologist's Monthly Magazine (Series 2)*, 8: 152-157, en ligne : [<http://www.biodiversitylibrary.org/item/360263page/162/mode/1up>].
— **(1910).** Contribution à l'étude des Neuroptères de l'Afrique. II. Les odonates du département de Constantine. *Annales de la Société Entomologique de France*, 79, p. 82-104
- **Mebarki M. (2001).** Etude hydrobiologique de trois réseaux hydrographiques de Kabylie (Parc National du Djurdjura, oued Sébaou et oued Boghni) : faunistique,

écologie et biogéographie des macroinvertébrés benthiques. Thèse Magister, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 178 p.

- **Medde. (2014).** Plan national d'action en faveur des zones humides. Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de la Mer.
- **Mendenhall C.D., Daily G.C., Ehrlich P.R. (2012).** Improving estimates of biodiversity loss. *Biological Conservation*. 151(1), 32-34.
- **Miller PL. (1992).** The effects of oxygen lack on egg hatching in an Indian dragonfly, *Potamarcha congener*. *Physiological Entomology* 17: 68-72.
- **Miri Y. (1996).** Contribution à la connaissance des ceintures de végétation du lac Oubeira (Parc National d'El-Kala) : Approche phyto-écologique et analyse de l'organisation spatiale. Thèse. Magistère. INA. El-Harrach. Alger. 99 p.
- **Moore W.N. (Compiler). (1997).** Status Survey and Conservation Action Plan for Dragonflies, IUCN. Gland, Switzerland.
- **Morton K.J. (1905).** Odonata collected by Miss M. Fontaine in Algeria, with description of a new species of *Ischnura*, *The Entomologist's Monthly Magazine* (Series 2), 16, p. 146-149.
- **Moskowitz CH., Nimer SD., Zelenetz AD., Trippett T., Hedrick EE., Filippa DA., Louie D., Gonzales M., Walits J., Coady-Lyons N., Qin J., Frank R., Bertino JR., Goy A., Noy A., O'Brien JP., Straus D., Portlock CS., Yahalom J. A. (2001).** 2-step comprehensive high-dose chemoradiotherapy second-line program for relapsed and refractory Hodgkin disease: analysis by intent to treat and development of a prognostic model. *Blood*. ; 97:616–623.
- **Moubayed-Bril J., Lounaci A. & Lounaci-Daoudi D. (2007).** Non-biting midges from Algeria, North Africa [Diptera: Chironomidae]. *Ephemera*: 8 (2) sous presse. du Nord. *Ephemera*, Vol. 6(2) : 93-99.
- **Muller Y. (1985).** L'avifaune forestière nicheuse des Vosges du Nord - Sa place dans le contexte médio Européen. Thèse Doc. sci., Univ. Dijon, 318 p. Naturelle, p. 93-110.
- **Nielsen C. (1956).** Odonati del Sahara Nord Occidentale, *Revue française d'entomologie*, 23, p. 191-195.

- **Oertli B. (2008).** The use of dragonflies in the assessment and monitoring of aquatic habitats. *In: Cordoba-Aguilar, A. (Ed.). Dragonflies and Damselflies. Model organisms for ecological and evolutionary research.* Oxford University Press. Oxford, UK. 79-95.
- **Oertli B., Auderset-Joye D. A., Castella E., Juge R., Lehmann A., Lachavanne J.B. (2005).** PLOCH: a Standardized Method for Sampling and Assessing the Biodiversity in Ponds, in Conservation and monitoring of pond biodiversity. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, Special issue* vol. 15, (6), p. 665-680.
- **Oertli B., Auderset Joye D., Castella E., Juge R., Cambin D., Lachavanne J.B. (2002).** Does size matter. The relationship between pond area and biodiversity. *Biological Conservation* 104: 59–70.
- **OMS, DECRET N°91-257 DU 7 MARS 1991.**
- **Paulson D. (2011).** Dragonflies and damselflies of the East. Princeton University Press, Princeton, 544 p
- **Parr A.J. (2010).** Monitoring of Odonata in Britain and possible insights into climate change. *In: Ott J (Ed) (2010) Monitoring Climatic Change With Dragonflies.* *BioRisk* 5: 127–139. doi: 10.3897/biorisk.5.846
- **Pavan M. (1986).** Una revolution cultural Europe. la carte sugliivertebrate. *Univ Pavia* 33 :1-15.
- **Pezalla V.M. (1979).** Behavioral ecology of the dragonfly *Libellula pulchella* Drury (Odonata: Anisoptera). *American Midland Naturalist* 102: 1-22.
- **Pilon J.G., Masseur M.J. (1984).** The effect of temperature on egg development in Zygoptera: a preliminary discussion. *Adv. Odonatol.* 2: 177-193.
- **Poitou-Charentes Nature (Ed). (2009).** Libellules du Poitou-Charentes. Poitou-Charentes Nature, Fontaine-le-Comte. 256 p.
- **Pritchard G. & Leggott M. (1987).** Temperature, incubation rates and origins of dragonflies. *Adv. Odonatol.* 3: 121–126.
- **Pritchard G., Harder L.D., Mutch A.R. (1996).** Pritchard Development of aquatic insect eggs in 640 relation to temperature and strategies for dealing with different thermal environments. *Biol J 641 Linn Soc* 58(2): 221–244.

- **Purse B. V. & Thompson D.J. (2003a).** Emergence pattern of the damselflies *Coenagrion mercurial* (Charpentier) and *Ceriagrion tenellum* (Villers) (Odonata: Coenagrionidae), two species at their northern range margins. *European Journal of Entomology* 100, 93–99.
- **Purse B.V. & Thompson D.J. (2003b).** Reproductive morphology and behaviour in *Coenagrion mercurial* (Charpentier) (Zygoptera: Coenagrionidae). *Odonatologica* 32, 29–37.
- **Ramade F. (1984).** Elements d'écologie (Ecologie fondamentale). Ed. McGraw-Hill. Paris 397 p.
- **Ramade F. (1994).** Eléments d'écologie – écologie fondamentale. Ed. Ediscience, 579 p.
- **Rehn A.C. (2003).** Phylogenetic analysis of higher level relationships of Odonata. – *Systematic Entomology* 23:181-239.
- **Rejsek F. (2002).** Analyse des eaux : Aspects réglementaires et techniques. Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine (CRDP). Bordeaux. 358 p.
- **Rensburg A.J., Olson A.C, Samways M.J. (2008).** Shade alone reduces adult dragonfly (Odonata: Libellulidae) abundance. *J. Insect Behav.*, 21, 460–468.
- **Reymond A. (1952).** Insectes de divers ordres récoltés au Sahara central au cours d'une mission du Centre national de la recherche scientifique en 1947-1948. *Bulletin de la Société des sciences naturelles du Maroc*, 32, p. 77-89.
- **Richards R. A. (1996).** Defining selection criteria to improve yield under drought. *Plant Grow. Reg.*, 20: 157- 166.
- **Richards R.A., Rebtzke G. J., Van Herwaardlen A. F., Dugganb B. L., Condon A. (1997).** Improving yield in rainfed environments through physiological plant breeding. *Dryland Agriculture*, 36: 254-66.
- **Richter B.D., Baumgartner J.V., Wigington R., Braun D.P. (1997).** How much water does a river need? *Freshwater Biology* 37:231-249.
- **Ricklefs R. E. & Miller G.L. (1999).** *Ecology*, 4th Ed. W.H. Freeman andCo New York. Un Livre general sur l'écologie.

- **Riservato E., Boudot J.P., Ferreira S., Jovic M., Kalkman V.J., Schneider W., Samraoui B. & Cuttelod A. (2009).** The Status and Distribution of Dragonflies of the Mediterranean Basin. IUCN report, Gland, Switzerland & Malaga, Spain, 33 p.
- **Rodier J. (1984).** L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 8ème édition, Edit. Dunod, Paris. 1365p.
- **Rodier J., Bazin C., Broutin J. P., Chambon P., Champsaur H., Rodi L. (1996).** L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8ème édition. Dunod. Paris. 1383 p.
- **Rodier J., Legube B., Merlet N. (2009).** L'analyse de l'eau. 9ème édition, Dunod, Paris, 1579 p.
- **Rosenberg D.M., Danks H.V. & Lehmkuhl D.M. (1986).** Importance of insects in environmental impact assessment. *Environmental Management* 10, p. 773 - 783.
- **Russell M.A., Ostafichuk L., Scanga S. (1998).** Lethal P-lacZ insertion lines expressed during pattern respecification in the imaginal discs of *Drosophila*. *Genome* 41(1): 7--13.
- **Samraoui B. (2009).** Seasonal ecology of Algerian Lestidae (Odonata), *International Journal of Odonatology*, 12, p. 383-394.
- **Samraoui B., Belair (de) G. (1997).** The Guerbes Senhadja wetlands: Part I. An overview, *Écologie*, 28, p. 233-250.
— (1998). Les zones humides de la Numidie orientale : Bilan des connaissances et perspectives de gestion, *Synthèse (numéro spécial)*, 4, p. 1-90.
- **Samraoui B., Bouzid S., Boulahbal R. & Corbet P.S. (1998).** Postponed reproductive maturation in upland refuges maintains life-cycle continuity during the hot, dry season in Algerian dragonflies. *Int. J. Odonatol.*, 1: 119-135.
- **Samraoui B. & Menai R. (1999).** A contribution to the study of Algerian Odonata. *International journal of odonatology* 2: 145-165.
- **Samraoui B., Corbet P.S., (2000A).** The Odonata of Numidia. Part I: status and distribution. *International Journal of Odonatology*, 3, p. 11-25. (1865), *Odonates de l'Algérie (Libellula de Linné)*, *Bulletin de l'Académie d'Hippone*, 1, p. 31-34.

- (1866), Additions aux odonates de l'Algérie, Bulletin de l'Académie d'Hippone, 2, p. 40-41.
- **Samraoui B. & Corbet P.S. (2000b)**. The Odonata of Numidia. Part II: Seasonal ecology. *Int. J. Odonatol.*, 3: 27-39.
 - **Samways J. & Taylor S. (2004)**. Impacts of invasive alien plants on red-listed South African dragonflies (Odonata). *South African Journal of Science*, 100, 78–80.
 - **Schmidt E. (1985)**. Habitat inventarization, characterization and bioindication by a “representative spectrum of Odonata Species (RSO)”, *Odonatologica*, 14, p. 127-133.
 - **Schutte C. & Schrimpf I. (2002)**. Explaining species distribution in running water systems; larval respiration and growth of two Calopteryx species. (Odonata: Zygoptera). *Arch Hydrobio* 135:217–229.
 - **Selys-Longchamps (de) E. (1849)**. Libellulinae, in P.H. Lucas (ed.), *Exploration scientifique de l'Algérie. Zoologie 2, Histoire naturelle des animaux articulés, Part. 3, Insectes*. Paris, p. 110-140.
 - (1865). Odonates de l'Algérie (Libellula de Linné), *Bulletin de l'Académie d'Hippone*, 1, p. 31-34.
 - (1866). Additions aux odonates de l'Algérie, *Bulletin de l'Académie d'Hippone*, 2, p. 40-41.
 - (1871). Nouvelle révision des odonates de l'Algérie, *Bulletin & annales de la Société royale belge d'entomologie*, 14, p. 9-20.
 - (1902). Odonates d'Algérie. Recueillis en 1898 par M. le Professeur Lameere, *Bulletin & annales de la Société royale belge d'entomologie*, 46, p. 430-431
 - **Seurat L.G. (1922)**. Faune des eaux continentales de la berbérie. *Bull. Soc. Hist. nat. Afr. N.*, 13:43-60, 77-92, 109-140.
 - (1930). *Exploration zoologique de l'Algérie 1830 à 1930*. Collection du centenaire de l'Algérie, Masson, Paris : 708 p
 - **S.E.E.E. (2007)**. Classification marocaine des eaux piscicoles
 - **Seltzer P. (1946)**. *Le climat de l'Algérie*. Carbonel Alger. 1 vol., 219 p.
 - **Shannon C. E. & Weaver W. (1949)**. *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana, IL: University of Illinois Press.

- **Silby J. (2001).** Dragonflies of the World. Washington, D.C., Smithsonian Institution Press. 216 pp.
- **Stenseth N. C. & W. Z. Lidicker J.r. (Eds.). (1992).** Animal Dispersal: Small Mammals as a Model. Chapman & Hall, London, United Kingdom, xiii + 365 pp.
- **Stoks R. & Córdoba-Aguilar A. (2012).** Evolutionary ecology of Odonata: a complex life cycle perspective. *Annu Rev Entomol* 57: 249–26
- **Strayer D.L. & Dudgeon D. (2010).** Freshwater biodiversity conservation: recent progress and future challenges. *Journal of the North American Benthological Society*. 29(1), 344-358.
- **Tabachnick B. G. & Fidell L. S. (1996).** Using multivariate statistics (3rd Ed.). New York: Harper Collins
- **Tachet H., Richoux P., Bournaud M. & Usseglio-polatera P. (2000).** Invertébrés d'eau douce. Systématique, biologie, écologie. CNRS Editions, 588pp.
- **Tachet H., Richoux P., Bournaud M. & Usseglio-Polatera P. (2002).** *Invertébrés d'Eau Douce (2nd corrected impression)*. CNRS editions, Paris.
- **Testard. (1981).** Ecologie du Lac de Créteil (val-de-Marne), Edit. Département du Val-de-Marne, 77pp.
- **Thomas J. P. (1975).** Ecologie et dynamisme de la vegetation des dunes littorales et des terrasses sableuses quaternaires de Jijel a El Kala (Est algerien). These de specialite en ecologie vegetale, U.S.T.L, Montpellier, 113 p.
- **Tillyard R.J. (1928).** The Evolution of the Order Odonata. – *Rec. Indian Mus.*, 30: 151-172.
- **Tir K. (2008-2009).** Climagramme d'Emberger. Analyse et correction dans quelques stations meteorologiques de l'Est algerien. These de Magistere en Ecologie et Environnement. Universite Mentouri de Constantine. 99 p.
- **Trueman J.W.H. (1996).** A preliminary cladistic analysis of Odonate wing venation. *Odonatologica* 25: 59Ð72.
- **Ueda H. (1989).** U.S. Patent 4,810,608
- **Vaillant F. (1955).** Recherches sur la faune madicole de France, de Corse et d'Afrique du Nord. *Mém. Mus. Hist. nat. Paris(Zool.)*, 11 : 1-258 + VI pl.

- **Vilain M. (1989).** La production végétale: la maîtrise de technique de la production. ED. Lavoisier (ed.J. Bailliére). Vol 2. Paris- France. voisines.- Cartes et coupes Géologiques, 491.
- **Ward L. & Mill P. (2007).** Long range movements by individuals as a vehicle for range expansion in *Calopteryx splendens* (Odonata: Zygoptera). European Journal of Entomology, 104: 195-198.
- **Wheeler W.C., Whiting M., Wheeler Q.D. & Carpenter J.M. (2001).** The phylogeny of the extant hexapod orders. Cladistics, 17, 113–169.
- **Wilson O. (1988).** Biodiversité. P.3-18. Washington D C National Academy press. Parasitologie. Oenithlogia, Entomologia. Institue of ecology, Vilinus.ISSN13926 wing venation. Odonatologica 25, 59–72.
- **Yalles S. A. & Samraoui B. (2017).** Environmental factors influencing Odonata communities of three Mediterranean rivers: Kebir-East, Seybouse, and Rhumel wadis, northeastern Algeria. Revue d'Écologie - 2017 N°3
- **Zaafoure M. djalil. (2012).** Impact des décharges sauvages sur les Zones Humides de la région d'El-Tarf. Mémoire doc p 1
- **Zebba R. (2016).** Ecologie et statut des Gonphidae (Odonata aouad seybouse). These de doctorat .Université d'annaba. 112 p.



ANNEXES



Certificate of Participation

Awarded to:

Benchalel Wafa

PAPER

ID 232: Cycle biologique de *Platycnemis subdilata* (SELYS, 1949) Espèce endémique du Maghreb et bio indicatrice de pollution (Odonata

Zygoptera: Platycnemididae)

Benchalel Wafa, Samraoui Boudjema, Bouziane Akila
presented as Poster

For participation in the First Edition of the

International Conference in Integrated Management of Environment
September 25-28, 2014, Hammamet – Tunisia

Awarded this 28 of September, 2014

Certificate Number : 91



Pr Boubaker Elleuch





Université Mohamed Cherif Messaadia-Souk Ahras
 Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
 Laboratoire des Écosystèmes Aquatiques et Terrestres



1^{er} SEMINAIRE NATIONAL " SANTE ET BIO-SURVEILLANCE DES ÉCOSYSTEMES AQUATIQUES "SBSEA - 2014

ATTESTATION DE PARTICIPATION

Je Soussigné, Président du comité d'organisation du 1^{er} Séminaire National " Santé et Bio-Surveillance des Écosystèmes Aquatiques ", organisé par la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et le Laboratoire des Écosystèmes Aquatiques et Terrestres de l'Université Mohamed Cherif Messaadia de Souk Ahras, le 26 et 27 Novembre 2014 atteste que :

M^{me} / M^{lle} / M^r : BOUZIANE Akila.

A présenté(e) : une communication orale.

Co-auteurs : BENCHALEL Wafa, MENAI Rachid et BOUSLAMA Zihad.

Intitulée : Mise à jour de l'odonatofaune autochtone de l'Oued Bouarroug dans la réserve naturelle de Brabtia (Numidie Orientale).



Le Président du Comité d'Organisation



Président du comité d'organisation du Premier
 Séminaire National « Santé et Bio-Surveillance
 des Écosystèmes Aquatiques »
BOUJALLEG Charimez

4^{ème} Congrès Franco-Maghrebin de Zoologie &
5^{èmes} Journées Franco-Tunisiennes de Zoologie

ATTESTATION DE PARTICIPATION
Korba - Tunisie 13 -17 novembre 2014

Akila BOUZIANE

EVOLUTION DE LA POPULATION DE CALOPTERYX HEAMORRHODALIS (VANDER LINDEN, 1825) (ODONATA,
ZYGOPTERA : CALOPTERYGIDAE) DANS LA RESERVE NATURELLE DE BRABTIA (NUMIDIE ORIENTALE)

Communication : **Poster**

Wafa BENCHALEL, Akila BOUZIANE & Zihad BOUSLAMA



Président de la SZF

Comité International de Zoologie
Novembre 2014

Jus
Comité d'Organisation
Jamila Ben Soussi



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
UNIVERSITÉ MOHAMED CHERIF MESSAADIA - SOUK-AHRAS
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

1^{ER} SÉMINAIRE INTERNATIONAL SUR LA
**BIODIVERSITÉ ET GESTION
DES RESSOURCES NATURELLES**
Passé - Présent - Futur DU 19 AU 21 AVRIL 2016



ATTESTATION DE PARTICIPATION

Mme Akila BOUZIANE

A présenté une communication

Affiche

Intitulée

**Mise en œuvre d'un suivi par bioindicateurs
basé sur les populations de *Platycnemis
subdilata* (Selys, 1949) Odonata,
Platycnemididae, dans la région d'el Kala**

Université Badji Mokhtar, Annaba

Cette attestation est délivrée pour valoir ce que de droit

Présidente du séminaire

Dr. Hana SOUALAH ALILA



CERTIFICATE OF ATTENDANCE

The Organization Committee of the 10th Maghrebian Congress on Marine Sciences and the 5th Franco-Maghrebian Congress of Zoology & Ichthyology, held at Fèz from 08th to 10th December 2016, hereby certify that:

BEDDIAR Marwa

has attended the conference with a Poster presentation:

Biodiversité odonatologique et réchauffement climatique : Premières données sur l'oued Demet Rihen affluent du lac Oubeira (Nord-Est de l'Algérie)

BEDDIAR Marwa, BENCHALEL Wafa, BOUZIANE Akila & BOUSLAMA Zihad
Laboratoire d'Ecologie des Systèmes Terrestres et Aquatiques- Université Badji Mokhtar - Annaba B.P 12 Algérie



President of the Congress

A handwritten signature in blue ink, appearing to be "M. Ramdani".

Prof. Mohammed RAMDANI



Odonata of Wadi Bouarroug (northeastern Algeria) and environmental determinants of their distribution

BENCHALEL Wafa^(a), BOUZIANE Akila^(a), BOUSLAMA Zihad^(a), RAMDANI Mohamed^(b), ELMSELLEM Hicham^{(e)*}, Roger FLOWER^(c), RAMDANI Mohammed^(d)

(a). Laboratory of Ecology of Terrestrial and Aquatic Systems. University Badji Mokhtar, Annaba, Algeria

(b). Laboratory of Water, Environment and Sustainable Development, Faculty of Sciences, Mohammed Premier University, Oujda, Morocco

(c). Department of Geography, University College London, UK

(d). Université Mohammed V de Rabat, Institut Scientifique, BP 703, Rabat Agdal, Maroc

(e). Laboratoire de chimie analytique appliquée, matériaux et environnement (LC2AME), Faculté des Sciences, B.P. 717, 60000 Oujda, Morocco.

Abstract

The present paper describes odonates recorded over an extended period at wadi Bouarroug, south of lake Mellah, in the national reserve of Brabtia (North-east Algeria). In all, 42 weekly visits were made to four stations at wadi Bouarroug between March 2015 and February 2016. 19 species of odonates comprising seven families was recorded. Among the 19 species, autochthonous status was confirmed for 12 species. Two Maghrebian endemics species, *Platycnemis subdilata*, *Gomphus lucasii* ("Data Deficient" species in the Mediterranean IUCN Red-List) were recorded. In the latest check-list of the odonates fauna of wadi Bouarroug, 11 species were reported, during 1993 and 1994. Eight species have been recently added of which *Paragomphus genei* was recorded for the first time in the reserve of Brabtia in 2014 and its autochthonous status is confirmed at wadi Bouarroug from June 2015. Species richness along the wadi Bouarroug is positively correlated with density of riverine vegetation and with weak to moderate water flow during all the year. By contrast, species richness varies negatively with habitat fragmentation and the destruction caused by urbanization and pollution. As a result of this study, we do not propose any change of the "Red List of the IUCN" classification of the recorded species recorded at wadi Bouarroug. However, the presence of some taxa like *Calopteryx haemorrhoidalis* and *Paragomphus genei* at wadi Bouarroug, testifies to the persistence of high-quality natural environments, which are able to still support an important diversity of aquatic species.

* Corresponding author:

h.elmsellem@gmail.com

Received 01 April 2017,

Revised 20 Sept 2017,

Accepted 31 Oct 2017

Keywords: Odonata, ecology, Anthropogenic, environmental impacts, Bouarroug wadi, Northeastern Algeria.

1. Introduction

Ecosystems and their biological diversity provide goods and services that remain essential to our economic prosperity and other aspects of our welfare [1]. However, these systems are vulnerable to the effects of climate change and other environmental changes, especially those related to disturbances of anthropogenic origin [2-3]. One of the most pervasive impacts of current global change is the rapid decline in species and habitat diversity and its replacement with biologically poorer and more homogenous human-dominated landscapes. The loss of species constitutes in itself a mass extinction [4-5]. The pollution of waters by both domestic and industrial waste [6], the intensive use of fertilizers and pesticides [7] and modification of streams by building dams, reservoirs [8] and climate change are the greatest threats to aquatic ecosystems. In the countries of the Maghreb, the quality and quantity the drinking water remain major concerns, To provide good water resources the preservation of all aquatic environments becomes an essential issue, consequently the management of running waters is of great importance for today's society and the aspirations of future generations. Monitoring and bio assessment of aquatic ecosystem programmers provide good tools to prioritize and inform management policy for water and aquatic environments, thereby ensuring habitat quality and contributing to important natural heritage and to issues related to the sustainability of water resources, both qualitatively and quantitatively. In this regard, dragonflies and damselflies are frequently used as bio-indicators to determine the characteristics of aquatic environments [6-9-10]. Because of their narrow ecological requirements, they are very useful for monitoring the ecological integrity of freshwater ecosystems [11-12], the ecological degradation of aquatic ecosystems [13-14-15-16-17-18-19-20] and assessing habitat restoration [21]. In Algeria, waterways of oriental Numidia are home to a much diversified odonatofauna [22]; and although the populations are categorized as 'low concern' (LC) on a global scale (International Union for Conservation of Nature -UICN-); they are nevertheless very vulnerable to climate warming and anthropic disturbances of their habitats. This study is devoted to odonates of wadi Bouarroug as it crosses the animal park of Brabtia. It is part of several bio evaluation projects on lotic ecosystems located in eastern oriental Numidia. The work was undertaken as important habitat degradation was noticed in the past decade (including waterway modifications in the animal park area of the Brabtia reserve). In flows of wastewater, continuous water pumping, intense pasture and accumulation of organic waste downstream in the sampling stations all threaten aquatic habitats in the area. Prior to conducting this study, the available data on this waterway was limited to observations and imago captures during the 1990s [23-24]. The objectives of this study are multiple, to: (1) obtain a new recently completed check-list of the odonates of wadi Bouarroug, (2) record the autochthonous species (3) describe the environmental factors and their influence on the spatial distribution of the species, and (4) estimate the environment's health.

2. Materiel and methods

2.1 Study area

Wadi Bouarroug is part of the waterway system within that protected El-Kala national park area (36° 43' AND to 36° 57' AND and from 7° 43'E to 8° 37'E) an area of 78 400 ha. It crosses, for a greater part of its length (ca.5kms) the Brabtia natural reserve (an area of 30 ha located 800 meters from departmental road (W109). Starting from its source, wadi Bouarroug then runs along 3.7 km before flowing in to lac Mellah (**Fig. 1**) where it forms a delta on the southern side of this lake. From the southern side it joins wadi Mellah and receives wastewater from the purification station that forms part of lac Mellah's water supply. The lake and the lower wadi are part of an ancient fluvial valley that was formerly evaded by the sea and turned the area into a lagoon [23-24]. From the North, wadi Reguibet and wadi Boumalek make small contributions to lac Mellah's water supply. The wadi Bouarroug is characterized by the

irregularity of its flow and particularly by powerful flash floods in winter. The annual cycle is characterized low flow in summer and autumn and by high flows in winter and spring. The wadi flows throughout the year and even during years of great drought [25]. The poplar, the ash and the alder, which are common along the Bouarroug Valley, dominate riverside vegetation. The herbaceous vegetation in wet or shaded areas is represented by patches of *Juncus maritimus*, *Iris pseudacorus*, *Laurus nobilis*, *Osmonda regalis*, and *Potamogeton nodosus*. Pollution in the wadi Bouarroug catchment is mainly by urban organic waste (as unregulated discharge near the watercourse), decaying animal carcasses and pollution of the river by sewage from the animal park (where most of the infrastructure is not connected to a sewage system).

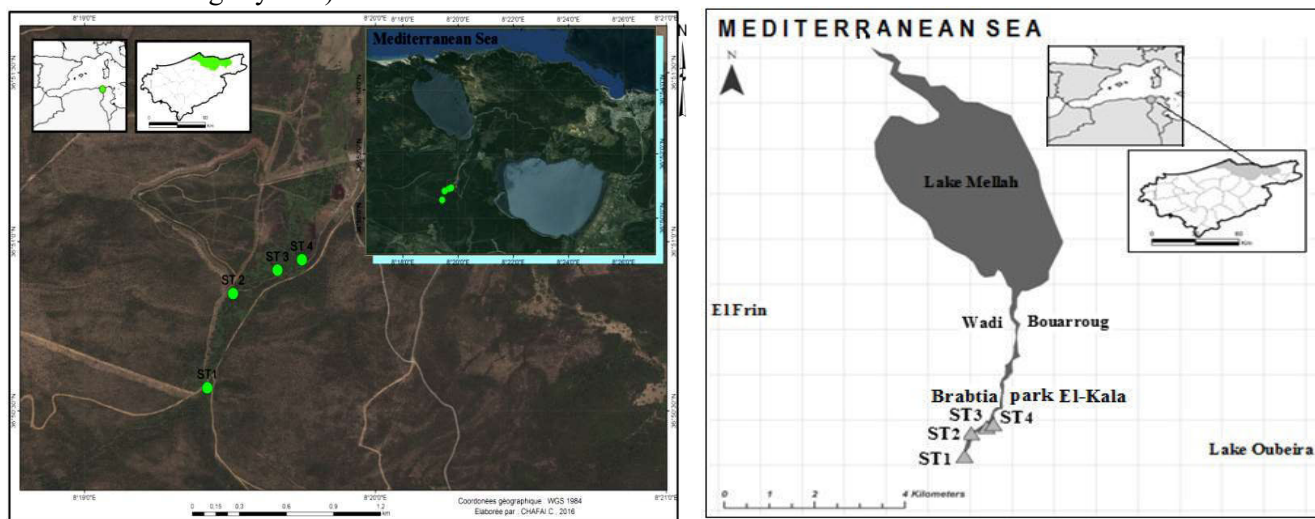


Figure1. Localization of sampling stations at wadi Bouarroug

2.2 Sampling stations

Wadi Bouarroug was regularly sampled every week from March 2015 to February 2016. Four stations (ST1, ST2, ST3, and ST4) located in the Brabtia nature reserve and Animal Park were sampled along the watercourse. The choice of stations was mainly based on ease of access. From upstream to downstream, ST1 ($36^{\circ} 50.337'N$, $8^{\circ} 19.253'E$) is the least accessible station because it has more vegetation cover. The substrate is very homogeneous (dominated by sand) and water flows during the year. The depth of water varied between 0.45- 0.65 cm and the width between 2.5 - 4.5 m. ST2 ($36^{\circ}50,514'N$, $8^{\circ}19,311'E$) is the broadest stream. It has also a very heterogeneous substrate (dominated by sand, blocks and pebbles). River margin and aquatic vegetation are very dense, offering multiple microhabitats. A small bridge divides SP4 into two, the left northern part provided conditions for specialized habitats with clear and well-oxygenated water. With regular flow during all the year, good shading by trees and favorable temperatures ensured well-developed aquatic habitats. In contrast, the right part of the bridge, very sunny and less rich in vegetation, provided other types of microhabitats, which were favorable to the distribution of other less sensitive species. The depth varied between 0.39 -0.45 and the width between 2.78 - 4.37 m. ST3 ($36^{\circ}50,952'N$, $8^{\circ}19,724'E$) is very close to the animal park discharge. This part of the river was characterized by dense river vegetation and substrate dominated by the sand. In summer, the stream dries up to leave only small pools of water. ST4 ($36^{\circ}50,571'N$, $8^{\circ}19,451'E$) shallow is characterized by a very heterogeneous substrate and a bed of average width 0.83-1.29 m which includes a multiplicity of microhabitats. In spite of the lack of arboreal shade, the site supports an abundance of riparian and aquatic vegetation. The environmental features were recorded by arrange of descriptors: Water depth, bed's width,

nature of the substratum, abundance of aquatic and riverside vegetation (0 = Absent, 1 = Low, 2 = Medium, 3 = Dense), degree of pollution (abundance of solid waste: 0 = absence; + = Presence; ++ = dominant) were also measured. Physical and chemical variables (air and water temperatures, conductivity, salinity, dissolved oxygen, pH) were measured using a multipara meter (WTW: Wissenschaftlich-Technische Workstation GmbH). Adult of dragonflies were searched above the water, in and above the vegetation and in the surroundings of each station along a transect of 100 m. Most species were identified with the naked eye. The imagos that are difficult to identify like females and teneral were caught with an insect net or were photographed for identification at the laboratory [26-27]. Information about their maturity (Teneral, Immature/Mature) and reproductive behavior (Tandem, Copulation and Oviposition) were noted. To confirm the indigeneity, larvae were sampled using a kick net directly along the watercourse, specimens were later identified using identification keys of [28]. They represent a synthesis of several works [29-30-31] and the keys [32]. We only searched sporadically for exuviated because of the larva's fragility.

2.3 Data analysis

Data were analyzed to characterize the distribution of different species along the four stations of the study area, and to evaluate potential association between species assemblages and abiotic factors. Structure of the Odonata assemblages was evaluated using different indices of diversity: richness (S), frequency (Fi), Shannon Wiener diversity index (H') and Equitability (E). Spearman's correlation tests were carried out to identify possible associations between species richness and descriptors. We performed a co-inertia analysis to look for a common structure between two matrices: a "species" table and an "abiotic factors" table [33]. The overall correlation of Pearson Rank between the recorded species and the abiotic parameters was measured by the vectorial correlation coefficient «RV» which varies between 0 (all the species are independent of environmental variables and indicates that both tables are homothetic [34]. All the statistical analyses were performed using the Facto Mine R extra version (3.2.2). Data were standardized and analyzed by multivariate techniques, such as principal component analysis (PCA) [35]. Nine hundred ninety-nine permutations were simulated: the p-value was highly significant when differences between groups were detected. PCA is a statistic technique belonging to the so-called "unsupervised pattern recognition methods," helpful for performing exploratory data analysis when there is no preliminary knowledge about the characteristics (i.e., distribution and structure) of the data to be analyzed [36].

3. Results

3.1. Environmental conditions

Table 1 summarizes the environmental variables recorded in the rival sampling stations during the study period. The monthly average air temperatures include the maximum values during the hottest months (July-August) with a peak of 36.2° C recorded in July in ST3 station, and 35.5° C in ST4 station. The minimal values are recorded during the coldest months (January-February). In February, the temperature reached 10.9° C in ST4 station and 10.73°C in ST3 and ST1 stations. The temperature of water fluctuates in the year according to the same rhythm as air temperature although slightly lower, reaching a highest value in August of 27.45° C at ST3 in August, and 29.8 ° C at ST4 in July. The monthly averages of water pH do not show strong intra-annual variability and remained alkaline, oscillating between pH 7.07 and 8.05 along the four stations. The waterway was well oxygenated upstream (ST1 and ST2) more so than downstream (ST3 and ST4). Concerning the salinity, the recorded range (0.30-0.53 ppm) indicated that there was no marked variation in time and place. The depth of water showed significant fluctuations located between 65 cm in the ST2 station in March and 11cm in the ST3 station during June. The width of the bed was also subjected to

marked fluctuations during the study period and reached in February 5.85m in ST1 and 5.36 m in ST2 in December. A minimum of 65cm was recorded in summer at ST3.

Table I. Variations of the environmental and chemistry parameters along the wadi Bouarroug

Season / station interaction	Substratum	Aquatic vegetation	Riverside vegetation	Width (m) (S.D)	Depth (cm) (S.D)	Air T(°C) (S.D)	Water T(°C) (S.D)	PH (S.D)	O ₂ %	O ₂ mg/l	Salinity ppm	Pollution
JAN-APR (ST1)	blocks pebbles sand +	2	3	4.36 (1.02)	0.43 (0.16)	16.01 (5.45)	11.56 (2.56)	8.17 (0.22)	117.70	8.77	0.40	0
JAN-APR (ST2)	blocks pebbles sand	2	3	2.78 (0.68)	0.45 (0.05)	16.81 (5.72)	12.89 (3.36)	8.05 (0.60)	128.33	9.90	0.47	0
JAN-APR (ST3)	sand +++ silt ++	2	2	2.25 (1.69)	0.41 (0.26)	16.55 (5.49)	13.64 (3.56)	7.89 (0.09)	99.23	7.50	0.40	+
JAN-APR (ST4)	blocks gravel pebbles sand	1	1	0.83 (0.97)	0.4 (0.03)	17.01 (17.00)	14.38 (4.78)	7.68 (0.09)	120.49	8.30	0.30	+
MAY-DEC (ST1)	blocks pebbles sand +	3	3	2.67 (0.78)	0.64 (1.11)	25.58 (6.09)	19.09 (4.24)	7.27 (0.52)	110	7.90	0.50	0
MAY-DEC (ST2)	blocks pebbles sand	3	3	4.37 (0.68)	0.39 (0.04)	24.57 (5.50)	18.67 (4.47)	7.64 (0.60)	117.87	8.19	0.53	0
MAY-DEC (ST3)	sand +++ silt ++	1	2	1.102 (0.25)	0.22 (0.12)	27.26 (6.93)	22.26 (5.52)	7.07 (0.64)	106.16	7.20	0.47	+
MAY-DEC (ST4)	blocks gravel pebbles sand	2	2	1.29 (0.27)	0.25 (0.04)	26.80 (6.87)	22.23 (6.11)	7.12 (0.49)	101.10	7.90	0.30	+

Aquatic and Riverine vegetation: 0 =Absent; 1 = Low; 2 = Medium; 3=Dense; Pollution: 0=absence; + =Presence; ++ = dominant; SD: Standard deviation.

3.2. Odonata communities

3.2.1. Specific richness, frequency and phenology

A total of 1810 individuals was counted during the sampling period. The total number of species was 19, assigned to nine families : Calopterygidae (*Calopteryx haemorrhoidalis*), Lestidae (*Lestes virens*, *Lestes viridis*), Platycnemidae (*Platycnemis subdilatata*), Coenagrionidae (*Ischnura graellsii*, *Coenagrion puella*, *Erythromma lindinii*, *Erythromma viridulum* and *Ceragrion tenellum*), Aeshnidae (*Anax imperator*, *Boyeria irene*), Gomphidae (*Gomphus lucasii*, *Paragomphus geneii*, and *Onychogomphus uncatius*), Libellulidae (*Orthetrum cancellatum anceps*, *Sympetrum*

striolatum, *Crocothemis erythraea*, *Trithemis arteriosa* and *Trithemis annulata*). Nine species belong to the suborder of willing zygoptera and 10 in Anisoptera. Autochthony is confirmed for 12 species out of the 19 inventoried species (*Calopteryx haemorrhoidalis*, *Lestes viridis*, *Platycnemis subdilatata*, *Ischnura graellsii*, *Coenagrion puella*, *Ceriagrion tenellum*, *Anax imperator*, *Boyeria irene*, *Gomphus lucasii*, *Paragomphus geneii*, *Onychogomphus uncatatus* and *Orthetrum cancellatum*) (Tab. II).

Table II. Status and species richness in the study zone (Survey period: 2015/2016).

Check-list	Autochthonous confirmed	Sampling stations				IUCN Status
		ST1	ST2	ST3	ST4	
<i>Calopteryx haemorrhoidalis</i> (Vander Linden, 1825)	*	++++	+++	+	++	LC
<i>Lestes viridis</i> (Vander Linden, 1825)	*	++	+++	+	++++	LC
<i>Lestes virens</i> (Charpentier, 1825)			++++			LC
<i>Platycnemis subdilatata</i> (Selys, 1849)	*	+++	+	++	++++	LC
<i>Ischnura graellsii</i> (Rambur, 1842)	*	+	+++	++	++++	LC
<i>Coenagrion puella</i> (Linnaeus, 1758)	*	+	++++	++	+++	LC
<i>Erythromma lindinii</i> (Selys, 1840)		+	++++	++	+++	LC
<i>Erythromma viridulum</i> (Charpentier, 1840)				++++	+++	LC
<i>Ceriagrion tenellum</i> (de Villers, 1789)	*	++	++	+	++++	LC
<i>Anax imperator</i> (Leach, 1815)	*	+++	++++	++	+	LC
<i>Boyeria irene</i> (Fonscolombe, 1839)	*				++++	LC
<i>Gomphus lucasii</i> (Selys, 1849)	*	++	++++	++	+++	VU
<i>Paragomphus geneii</i> (Selys, 1841)	*				++++	LC
<i>Onychogomphus uncatatus</i> (Selys, 1841)	*					LC
<i>Orthetrum cancellatum</i> (Linnaeus, 1758)	*	++	+++	+	++++	LC
<i>Sympetrum striolatum</i> (Charpentier, 1840)		++	+++	++++	++++	LC
<i>Crocothemis erythraea</i> (Brullé, 1832)		+++	++++	+++	++	LC
<i>Trithemis arteriosa</i> (Burmeister, 1839)			+++	+	++++	LC
<i>Trithemis annulata</i> (Palisot de Beauvois, 1807)			+++		++++	LC
Total richness :	19	12	12	15	14	17

*: Autochthony confirmed; (IUCN: International Union for Conservation of Nature); LC: low concern, VU: vulnerable; Number of adults : +: low; ++: medium; +++: strong; ++++: very strong.

In the stations sampled, the number of species varied between 12 to 17 (Tab. II). At the richest station, ST4, 17 species were recorded. It is the only station where *Paragomphus geneii* was recorded and where its larvae were sampled. At ST2, 15 species were recorded. The left part of the bridge of ST2 is sheltered exclusively, and supports in abundance a population of *Calopteryx haemorrhoidalis*. It provided specialized habitat conditions with low favorable temperature and with suitable vegetation for this species. In contrast, the right part of the bridge, which was very exposed and very sunny, was home to the other species in abundance. At ST3, 14 species were inventoried, and the presence of ubiquitous species (*Sympetrum striolatum*, *Crocothemis erythraea*) was most pronounced. The ST1 was

relatively the poorest with 12 species noted. ST1 accommodated a large number of *Lestes viridis* from September until December, which marks the end of the odontological season

3.2.2. Frequency

In terms of frequency, *Ischnura graellsii* with 383 individuals, representing 21.16% of the total population, was the most represented, followed by *Lestes viridis* with 364 individuals (20.11%), *Calopteryx haemorrhoidalis* with 292 individuals (16.13%) and *Platycnemis subdilatata* with 205 individuals (11.33%). Species with less than 1% of the total population were *Lestes virens* (0.05%), *Erythromma viridulum* (0.22%) and *Trithemis annulata* (0.33%). The remaining nine species (*Orthetrum anceps*, *Sympetrum striolatum*, *Coenagrion puella*, *Trithemis arteriosa*, *Ceriagrion tenellum*, *Crocothemis erythraea*, *Paragomphus genei*, *Erythromma lindinii*, *Gomphus lucasii*) are represented according to the respective percentages of 5.47%; 5.41%; 4.64%; 2.04%; 1.81%; 1.55%; 1.5% and 0.77% (**Fig. 2**).

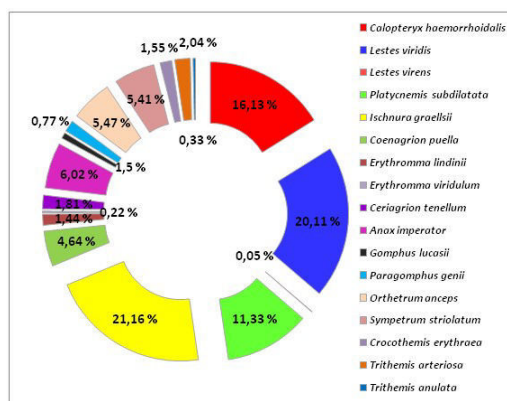


Figure 2. Distribution of frequency abundances of the different species of Odonata sampled at wadi Bouarroug (Survey period: 2015/2016).

3.2.3. Phenology

Table III illustrates the adult phenology of the species inventoried during the 2015 season. Overall, the majority of species began to emerge from April and emergences are gradual over time. With the exception of *Lestes viridis* and *Paragomphus genei* whose peak was recorded in September and October 2015, the numbers of all other species increased between May and June and the peak was noted in July and August. From September, the presence of imagoes decreased gradually until December which is the end of the odonological season 2015. *Paragomphus genei* is a new species for the site of Brabtia. Imagoes were recorded for the first time in spring 2014. At wadi Bouarroug, the first imagoes were recorded from June 2015. Adults of both *Boyeria irene* and *Onychogomphus uncatus*, were not observed on the site, but the presence of larvae, exuviae and emergences in the laboratory confirmed the autochthony of the two species at wadi Bouarroug. Only one species (*C. haemorrhoidalis*) was observed in flight during every month of the emergent season (April-Dec) most species were however observed over this period except in the hot month of August (**Table III**). Several species, *L. virens*, *G. lucasii*, *P. genei*, appeared to have only short flying season of one or two months.

3.3. Structure of settlement by ecological indices

The Shannon diversity index ($H' = 3.17$) reflects the high diversity of the sample area. The latter is moderately balanced (equitability index $E = 0.77$) and weakly dominated ($D = 0.13$). Likewise, in each sampling station, the Shannon index shows good diversity, average Equilibility, and low dominance (**Tab. VI**).

Table III. Adult Odonata flight periods at wadi Bouarroug (Survey period: 2015/2016).

Family	Species	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Calopterygidae	<i>C. haemorrhoidalis</i>										
Lestidae	<i>L. viridis</i>										
	<i>L. virens</i>										
Platycnemidae	<i>P. subdilatata</i>										
Coenagrionidae	<i>I. graellsii</i>										
	<i>C. puella</i>										
	<i>E. lindinii</i>										
	<i>E. viridulum</i>										
	<i>C tenellum</i>										
Aeshnidae	<i>A. imperator</i>										
	<i>B. irene</i>										
Gomphidae	<i>G. lucasii</i>										
	<i>P. geneii</i>										
	<i>O. uncatus</i>										
Libellulidae	<i>O.cancellatum anceps</i>										
	<i>S. striolatum</i>										
	<i>C.erythraea</i>										
	<i>T arteriosa</i>										
	<i>T. annulata</i>										

Table VI. Ecological indices of diversity and stand structure (Survey period: 2015/2016).

	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Total number N = 1810
Shannon-Weaver Index (H')	2.42	2.83	2.64	2.61	H' = 3.17
Equitability (E)	0.73	0.76	0.69	0.75	E = 0.77
Simpson Index (D)	0.22	0.16	0.17	0.18	D = 0.13

3.4. Variation of the species richness with environmental factors

The results of the principal component analysis (PCA) are presented on **Figure 3**. Stations ST1, ST2, ST3 and ST4 are placed according to their “statistical” weight. The first two axes (Dim1×Dim2) account for **35.5%** and **24.3%** of the original variance, namely **59.8%** cumulated variance. The pH, the rate of oxygen (dissolved compared to saturation) are strongly dependent on the ecological indices (Equitability and Shannon index) on the first axis corresponding Dim1 has station ST3. Moreover, the odonates diversity is strongly correlated with the environment pollution that is shown by station ST3. These condaxis represents air and water temperature of the studied stations in the positive part (R=0.98***), and the index of Shannon in the negative part (R=-0.53*) corresponding to station ST1. Moreover, the index of Simpson was positively correlated with salinity, the vegetation (watery and bordering), and the hydro morphology of the bed of the wadi characterizing station ST4. On the other hand, the correlation is negative with the

index of Simpson ($R=-0.94^{**}$). The latter is inversely proportional to diversity (H') corresponding to station3. Finally, only station4 has the highest rate of odonatological diversity.

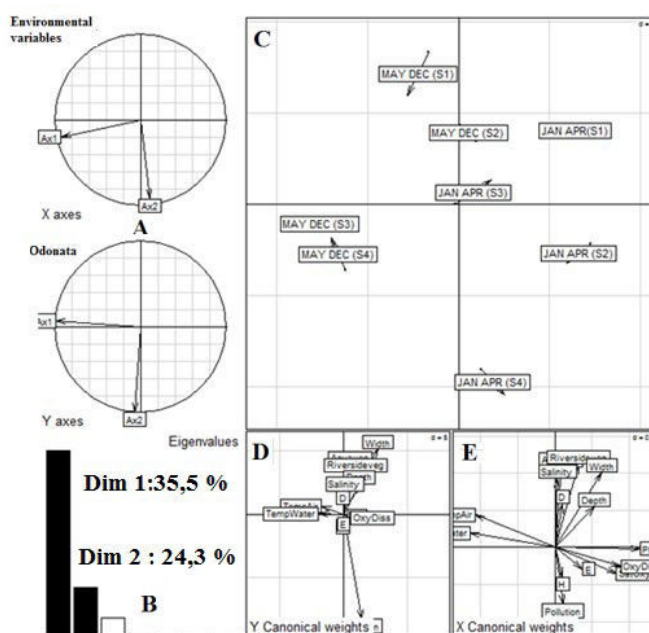


Figure 3. Principal component analysis (PCA) performed between recorded Odonata (coded as presence/absence) and abiotic parameters variables.

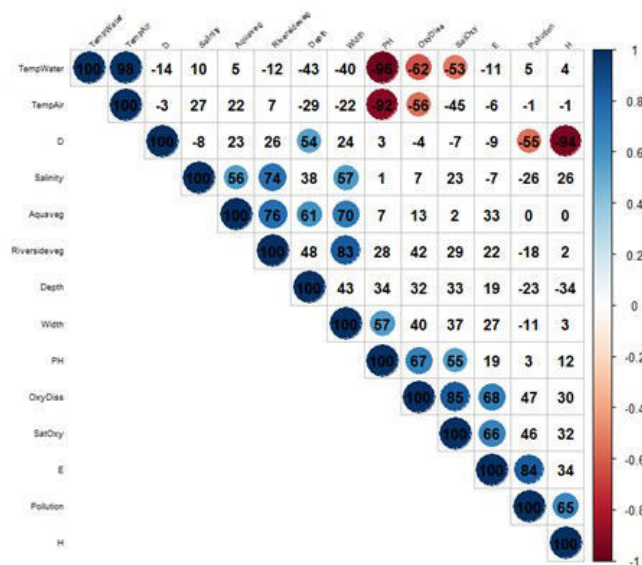


Figure 4. Results of the Correlation of Pearson's Rank of all environmental parameters, and Odonates ecological index in all study stations throughout an annual cycle 2015/2016.

The figure (3) was composed by section (A) Components of the standardized principal component analysis of the environmental data set projected on to the co-inertia axes (top) and components of the centered principal component analysis of the odonatological data set projected on to the co-inertia axes (bottom). B) Distribution of Eigen values of PCA. C) Dim 1 x Dim 2 factorial plane of PCA with arrows linking stations according to physico-chemical variables (base of arrows) and Odonata (end of arrows). D) Distribution of species on the Dim1 x Dim 2 factorial plan of PCA.

E) Distribution of environmental descriptors on the Dim1 x Dim 2 factorial plan of PCA. These axes represents air and water temperature of the studied stations in the positive part ($R=0.98^{***}$), and the index of Shannon in the negative part ($R=-0.53^*$) corresponding to station ST1. Moreover, the index of Simpson was positively correlated with salinity, the vegetation (watery and bordering), and the hydro morphology of the bed of the wadi characterizing station ST4. On the other hand, the correlation is negative with the index of Simpson ($R=-0.94^{**}$). The latter is inversely proportional to diversity (H') corresponding to station 3. Finally, only station 4 has the highest rate of odonatological diversity (Fig. 4).

4. Discussion

The Odonata of eastern Numidia are threatened by the loss and disturbance of their habitats. Climate change is an aggravating factor for aquatic ecosystems. It adds to the many anthropogenic pressures that negatively affect the Odonata of this area and it can only be expected that their habitats are already suffering from environmental damage and this will continue without management interventions. The distribution of Odonates assemblages is influenced by both biological and physical factors [37] and in the study area; the Mediterranean climate (dry summers and relatively cold winters) with particularly high monthly average summer temperatures imposes considerable stresses. Thus, the year 2015 ranked well ahead of the hottest previous years, and ahead of the year 2014. The months of October and November themselves have broken all records, exceeding ($27.26 \pm 6.93^{\circ}\text{C}$), which exceptionally favored the prolongation of the odontological season in 2015. Water pH was slightly alkaline and the salinity increased downstream than upstream. The depth and the width of the bed showed major fluctuations in time, more marked in January because of winter flood episodes and reduced water availability in July and August, with the watercourse partially drying out in places. 19 species of odonates spread over nine families (Calopterygidae, Lestidae, Plactycnemidae, Coenagrionidae, Gomphidae, Aeshnidae, and Libellulidae) was recorded. Among the 19 species, the autochthonous status was confirmed for 12 of them. In the latest checklist for the wadi Bouarroug, [24] recorded 11 species and reproduction was confirmed for five of them. In total, 8 species have been recently added to the list (*Lestes virens*, *Erythromma lindinii*, *Erythromma viridulum*, *Paragomphus geneii*, *Onychogomphus uncatus*, *Crocothemis erythraea*, *Trithemis arteriosa*, *Trithemis annulata*). A comparison with other Algerian wadis revealed a clear difference in biodiversity with 13 species recorded at wadi Kébir-East in a single station and comparable sampling effort in 1993 [24] but this wadi is currently degraded and now sports only seven recorded species [38]. Likewise, at wadi Seybouse, 35 species were recorded after a two-year survey [39]. Whereas, with a comparable sampling effort and six stations, 19 species were recorded at wadi Isser [40]. However, nearby wadi El Harach provided 13 species [41]. This difference seems to be in relation to the heterogeneity of the habitat and hydrological variations and must be taken into account because both influence local aquatic biodiversity strongly [42]. The flying period in wadi Bouarroug extended from the beginning of April to the end of December. This result agrees poorly with the known flight period of most Mediterranean odonates [43-44] and even that recorded earlier for wadi Bouarroug (May-November) between 1993-1993 [24]. In addition, in 2015 exuviated and larvae sampled during December revealed several individuals in the last stage. This extension of the flight period seems to be related to the high temperatures recorded in the summer 2015. Temperature is a major abiotic factor because of its impact on eggs, emergences, adult phenology, as well as on larva development and growth [45-46-47-48]. It is well known among the odonates that the larvae cycle is synchronized with the dry season during which the climate and topographic conditions are suitable for the emergence and breeding of local species [49-50-24]. The importance of water temperature on the distribution of odonates is well known [48-51-27]. It is a factor that influences the emergence pattern and, particularly, its onset. Each species possesses a threshold beyond which the emergence is triggered. [52] Have shown that, for the same species,

the beginning of the emergence may vary from one site to another or from one year to another because of the differences in temperature fluctuations during spring. Shade is also known to influence the distribution and abundance of odonates and riparian site selection of odonates [53]. Earlier emergence as well as range expansion of odonates have been recorded in Britain where climate change and warmer late springs are suspected as involved in the cause [54]. Thus, the upstream section (ST1) of the stream, which is richer in vegetation, was poorer in species than the median (ST2) and downstream (ST3 and ST4) sections. ST1 was the part of the river where the zygoptera *Calopteryx haemorrhoidalis* was confined and where it was most abundant. Riverine vegetation and forested zones, characterized by shade, favorable air and water temperatures with weak to moderate flow during all the year and clear and well-oxygenated water, are particularly important to this species. These features offer suitable protected areas for dispersal, and numerous refuge sites for the adults to feed, breed and defend their territory amongst vegetation [21]. This is the case for ST1 and the left part of station 2 where the populations of *Calopteryx haemorrhoidalis* were also recorded in abundance. The other species (Zygoptera and Anisoptera) occupied station 2 (right side of the bridge) in abundance and downstream at stations ST3 and ST4. This stretch of the latter watercourse offers relatively large subaquatic areas characterized by a multitude of microhabitats that encourages the coexistence of a greater number of species. The very heterogeneous substrate, high light, riparian and aquatic vegetation and the average flow have contributed to the diversification of odonates in this part of wadi. This inference compares well with the results of other studies on such habitat types [55-56] where significant associations between the specific richness of odonates and the surface areas of the ponds was found. Aquatic vegetation is particularly important for the majority of odonates species. Massive emergences of the endemic *Gomphus lucasii* have been observed and a significant number of exuviae were collected in the dense aquatic vegetation of ST2 in microhabitats where disturbance of riparian vegetation is minimized. Emerging larvae preferentially seek areas with rigid stemmed emergent vegetation on or near the water's edge for emergence; more larvae complete ecdysis successfully in these areas [46]. It was also demonstrated that adult odonates might prefer rigid plants for perching because their height and open structure facilitate thermoregulation [57-58] or mate attraction [59]. In contrast, some species of Gomphidae (unlike most other Anisoptera families), can emerge on horizontal surfaces [60] and vegetation is not always essential to the selection of the emergence site: at wadi Bouarroug, horizontal emergences on the shore of *Paragomphus geneii* were observed during the period of study. The same phenomenon of massive emergence of *Paragomphus geneii* on horizontal surfaces was also noted at wadi El-Kébir in September 1993 [24], but the locality has been severely degraded since 2013 and the species is now absent [36]. For other species with longer life cycles, such as *Onychogomphus uncatus*, there is a need for more data on dynamics and recruitment to better understand the complex and extended life cycle of this species. Water flow, its constancy, or at least permanence of surface water is needed for the survival of species with a protracted larval development. However, other species have been able to withstand climate change and have adapted to the seasonal nature of their habitat; partial drying up during the summer at ST3 likely promoted small zygoptera species with a short cycle and *C. puella*, *I. graellsii* and *P. subdilatata* have prospered. The endemic *Platycnemis subdilatata*, although recorded at all stations, the species is today not abundant at wadi Bouarroug. In a single station and comparable sampling effort, the species was more abundant between 1993/1994 [24]. Adaption strategies to desiccation are very common in the Mediterranean region where wetlands may dry in the summer period [61-62-63] and semi-voltine and partivoltine species can only be found in perennial streams [41]. Other adaptive strategies can also be adopted by other species one example of which is *Lestes viridis*: the imagoes of this species leave the medium of their birth for estivation in the alder plantations ripisylves or other fresh and shaded habitats where they undergo a pre-reproductive diapause for three to four months [63]. They reappear later, during the reproduction period, when the water level rises. Pollution may be a limiting factor to the distribution of many species of odonates. At wadi

Bouarroug, the diversity of the odontates appears to be strongly correlated with environment pollution of station ST3. Moreover, this station is close to the waste discharges from the animal park at Brabtia. This surface is polluted by the corpses of animals and multiple organic wastes (**Fig. 5**). The impacts of these wastes need confirming, but are in line with findings of [12] who showed that urban and agricultural pollution may negatively affect odonata communities. The distribution of odonates is determined by both natural and anthropogenic factors, which affect the odonates assemblages along the Bouarroug watercourse. Odonatologic fauna is dynamic and evolves in time and the changes reported here indicate the importance of carrying out follow-up surveys and initiating regular monitoring of habitat quality. With sufficient information on time trends in environmental quality and species abundances, it will be possible to manage and mitigate some environmental changes through installation of protection actions. Populations evolve in time and space and this study shows the importance of assessing population changes on several space scales. Although the analyses were carried out on the section of the wadi located in the animal park, it clear that work should be carried out in other sectors, especially to wards and including lake Mellah. The section of the wadi is diversified enough and subjected to relatively few pressures, to suggest that the downstream areas could be more or less damaged



Figure 5. Corpses of animals (left) and multiple organic waste (right) dumped in the Brabtia reserve (Survey period: 2015/2016).

5. Conclusion

The survey of the odonatofauna in wadi Bouarroug is a first step in the effort to bring about effective biodiversity conservation management of wadis in this area. As "guardians of the watershed" [64], Odonata could be useful indicators of the stability, health and integrity of freshwater habitats. This study illustrates the value using biological and environmental data on both spatial and temporal scales to assess habitat status and identify the causes of disturbances and change trends. Although the comparison of several sampling exercises carried out at different times, is not always easy, historical observations have a great value and deserve to be more amply exploited. It also clear that long term monitoring programs and standardized procedures must be encouraged to obtain a solid foundation for comparison of population dynamics over time. 19 species of dragonflies and damselflies was recorded during the study period and their spatial distribution appears to be related to environmental factors. Two distinct habitat areas were delimited, an upstream part dominated by species sensitive to the oxygen content, relatively good water quality and dense riverine vegetation zones with shade and a downstream part with the highest species richness and dominated by the ubiquitous Zygoptera and Anisoptera, more tolerant of environmental conditions. Part of this downstream section was however affected by waste discharges from the animal park. However, dry Mediterranean

summer conditions probably helped restrict contamination of the wadi until the wet season. Sustainability over two decades of taxa like Calopterygidae and Gomphidae at wadi Bouarroug testifies to the persistence of natural environmental of quality in most of the wadi which is still able to support an important food web, linking predatory invertebrates as well as fish, batrachians, birds and small mammals. For this waterway, located in a hot area spot, the diversity of the odonates is an invaluable element of the biota that adds to the vocation of conservation.

Acknowledgments

We are most grateful to director and all staff of Brabtia Nature Reserve for their cooperation. This research was supported in part by the Algerian "Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique".

References

- [1] G. C. Daily, *Island Press, Washington, D.C.* (1997).
- [2] G. Beasley, P. Kneale, *Hydrology and Earth Syst Sci*, 7 (2) (2003) 221-233.
- [3] J. Dahil, R.K. Johnson, L. Sandin, *Hydrobiologia*, 516 (2004) 161-172.
- [4] N. Stork. *Columbia University Press, New York.* (1999).
- [5] R. Dirzo, P. Raven, *Ann Rev of Envi and Res.* 28 (2003) 137-167.
- [6] C.J. Benetti, J. Garrido, *Vie et milieu*, 60(1) (2010) 53-63.
- [7] F. García-Criado, C. Fernández-Aláez, M. Fernández-Aláez. *Eur. J. Entomol.* 96 (1999) 37-44.
- [8] B.D Richter, J.V Baumgartner, R. Wigington, D.P. Braun. *Freshwat. Biol*, 37 (1997) 231-249.
- [9] M. Fernandez-Diaz, C. J. Benetti, J. Garrido, *Lim.* 27 (2) (2008) 285-298.
- [10] A. Pérez-Bilbao, J. Garrido, *Lim.* 28 (2009) 11-22.
- [11] B. Oertli, *Oxford University Press, Oxford* (2008).
- [12] M. Ferreras-Romero, J. Arquez-Rodriguez, A. Ruiz-Garcia, *Int. J. Odonatol.*, 12 (2009) 413-428.
- [13] W.N. Moore, *Status Survey & Conservation Action Plan for Dragonflies, IUCN. Gland, Switzerland.*
- [14] A. Chovanec, J. Waringer, *Regulated Rivers: Resea and Manag*, 17 (2001) 493-507.
- [15] A. Chovanec, J. Waringer, R. Raab, G. Laister, *Mari and Freshwat. Ecosy*, 14 (2004) 163-178.
- [16] A. Chovanec, J. Waringer, M. Straif, W. Graf, W. Reckendorfer, A. Waringer-Lösch, H. Waidbacher, H. Schultz, *Large Rivers, Archaeol Hydrobiol suppl.* 155 / 1-4 (2005) 169-185.
- [17] E. Schmidt, *Odonatol*, 14 (1985) 127-133.
- [18] E. Castella, *Advan in Odonatol.* (1987) 23-40.
- [19] B. Oertli, D.A. Auderset-Joye, E. Castella, R. Juge, A.A. Lehmann, J. B. Lachavanne, *Mari and Freshwat. Ecosy, Special issue vol. 15* (6) (2005) 665-680.
- [20] N. Indermuehle, S. Angelibert, B. Oertli, *Manuel d'utilisation, école d'ingénieurs de Lullier* (eil), Hesso, Genève, (2008) 33.
- [21] M.J. Samways, S. Taylor, *Afr. J. Sci*, 100 (2004) 78-80.
- [22] E. Riservato, J. P. Boudot, S. Ferreira, M. Jovic, V. J. Kalkman, W. Schneider, B. Samraoui, A. Cuttelod, *Statut de conservation et répartition géographique des libellules du bassin méditerranéen.* Gland. (2009).
- [23] B. Samraoui, R. Menai, *Inter. J. of Odonatol*, 2 (1999) 145-165.
- [24] W. Benchalel, B. Samraoui, *Méditerranée*, 118 (2012) 19-27.
- [25] G. De. Belair, *Thèse de doctorat, Univ Montpellier II (FR)* : 193 p. (1990) 122.
- [26] K. Dijkstra, R. Lewington, *British Wildlife Publi*, (2006) 1-320.
- [27] D. Grand, J. P. Boudot, *Biotope, Mèze* (2007).

- [28] H. Tachet, P. Richoux, M. Bournaud, P. Usseglio-Polatera, *Cnrs Edts, Paris*, (2002) 585 p.
- [29] P. Aguesse, *Les Odonates de l'Europe occidentale, du nord de l'Afrique et des îles atlantiques, Paris, Masson*, 262 p. *Bassin Méditerranéen*, vol. 4 (1968) 258 p.
- [30] J. Aguilar D', J. L. Dommaget, *Delachaux et Niestlé, Neuchâtel, Paris*, (1985)341 p.
- [31] J.Aguilar D',J. L. Dommaget, *Delachaux et Niestlé, Neuchâtel-Paris, 1985 : 1ère édition*, (1998) 463 pages.
- [32] H. Heindemann, R. Seidenbusch, *Soci. franç. d'odonatol.* France, (2002) 370 p.
- [33] S. Doledec, D. Chessel, *Freshwat. Biol*, 31 (1994) 277-294.
- [34] D. Borcard, F. Gillet, P. Legendre, *Nume ecol with R. Springer*, New York. (2011).
- [35] D. Chessel, A.B. Dufour, J. Thioulouse, The ade4 package - I : *One-table methods. R News*, 4(1) (2004).5-10.
- [36] B.G.Tabachnick, L.S. Fidell, *Using multivariate statistics (3rd ed.)*. New York: *Harper Collins* (1996).[37]P.S. Corbet, *Cornell University Press, Ithaca* (1999).[38]W. Benchalel, S. Merah, Z. Bouslama, M. Ramdani, R. Flower, *Mor. J. Chem.* 5 N°4 (2017) 610-621
- [39] R. Khelifa, A. Youcefi, A. Kahlerras, A.H. Alfarhan, K.A.S. Al-Rasheid, B. Samraoui, *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, 66 (2011) 55-66
- [40] D. Bouchelouche, O. Kherbouche-Abrous, M. Mebarki, A. Arab, B. Samraoui, *Rev. Ecol. (Terre Vie)*,70 (2015) 248-260.
- [41] M. Hafiane, D. Hamzaoui, F. Attou, D. Bouchelouche, A. Arab, A. H. Alfarhan, B. Samraoui, *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, 71 (3) (2016) 239-249.
- [42] S. Hardersen, *Ital. J. Zool.*, 75(2008) 271-283.
- [43] M. Ferreras-Romero, P.S. Corbet, *Aquat. Insc*, 17(1995) 123-127.
- [44] B. Samraoui, P.S. Corbet, *Int. J. Odonatol.*, 3 (2000) 27-39.
- [45] J.G .Pilon, M. J. Masseau, *Adv. in Odonatol*, 2 (1984) 177 – 193.
- [46] G. Pritchard, M. Leggott, *Adv. in Odonatol*, 3 (1987) 121-126.
- [47] G. Pritchard, L.D. Harder, R.A. Mutch, *Adv in Odonatol*, 58 (1996) 221- 244.
- [48] P.S. Corbet, *Cornell University Press, Ithaca* (1999).
- [49] M. Ferreras-Romero, *Adv. Odonatol*, 6(1994) 45-48.
- [50] B. Samraoui, P.S. Corbet, *Int. J. Odonatol.*, 3 (2000b) 27-39.
- [51] C.Schutte, I. Schrimpf, *Arch. Hydrobiol*, 153 (2002) 217-229.
- [52] A. Farkas, T. Jakab, A. Toth, A.F. Kalmar, G. Devai, *Aquat. Insec*, 34(2012) 77-89.
- [53] A.J. Remsburg, A.C.Olson, M.J. Samways, *J. Insc. Behav*, 21 (2008) 460-468.
- [54] A.J. Parr, *BioRisk* 5 (2010) 127-139.
- [55] B. Oertli, D. Auderset Joye, E. Castella, R. Juge, D. Cambin, J.B. Lachavanne, *Biol. Conserv*, 104 (2002) 59-70.
- [56] G.Carchini, M. Di Domenico, T. Pacione, A.G. Solimini, C. Tanzilli, *Ital. J. Zool.*, 70 (2003) 39-46.
- [57] M.L. May, *Ecolo. Monogr*, 46 (1976) 1-32.
- [58] V.M. Pezalla, *Americ. Midland Natural*, 102 (1979) 1-22.
- [59] B. Mckinnon, M. L. May. *Advan. in Odonatol*, 6 (1994) 59-77.
- [60] S. Eda, *Tombo*, 5 (1963) 1-3 (*in Japanese*) (reviewed by Corbet 1999).
- [61] B. Samraoui, G. De Belair, *Synthèse (numéro spécial)*, 4 (1998) 1-90.
- [62] M. Aguero-Pelegrin, M. Ferreras-Romero, P. S. Corbet, *Aquat. Insectes*, 21 (1999) 187-196.
- [63] B. Samraoui, *Int. J. Odonatol*, 12 (2009) 383-394.
- [64] V. Clausnitzer, R. Jodicke, *Int. J. Odonatol*,7 (2004) 111-140.

Titre : Contribution à la connaissance et à la mise à jour des Odonates des cours d'eau de la région d'El-Kala : Bioécologie des populations bio indicatrices de pollution, cas de l'oued Bouarroug.

Diplôme : Thèse de Doctorat en Sciences Biologique. Université d'Annaba.

Auteur : BOUZIANE Akila.

Année : 2017 -2018.

RÉSUMÉ.

La présente étude décrit les odonates enregistrés sur une longue période à l'oued Bouarroug, au sud du lac Mellah, dans la réserve nationale de Brabtia (nord-est de l'Algérie). Des visites hebdomadaires ont été effectuées à quatre stations de l'oued Bouarroug entre janvier 2015 et juin 2016. Un total de 19 espèces d'odonates appartenant à sept familles (Calopterygidae, Lestidae, Plactycnemidae, Coenagrionidae, Gomphidae, Aeshnidae, Libellulidae) ont été enregistrées. Parmi les 19 espèces, le statut autochtone a été confirmé pour 12 espèces. Deux espèces endémiques maghrébines, *Platycnemis subdilatata* et *Gomphus lucasii* (espèce «Data Deficient» dans la Liste rouge de l'UICN en Méditerranée) ont été enregistrées. Dans la dernière liste de contrôle de la faune des odonates de l'oued Bouarroug, 11 espèces ont été signalées, en 1993 et 1994. Huit espèces ont été récemment ajoutées (*Lestes virens*, *Erythromma lindinii*, *Erythromma viridulum*, *Paragomphus geneii*, *Onychogomphus uncatius*, *Crocothemis erythraea*, *Trithemis arteriosa*, *Trithemis annulata*) dont *Paragomphus genei* a été enregistré pour la première fois dans la réserve de Brabtia en 2014 et son statut autochtone est confirmé à l'oued Bouarroug à partir de juin 2015. La richesse en espèces le long de l'oued Bouarroug est positivement corrélée avec la densité de la végétation fluviale et le débit de l'eau modéré pendant toute l'année. En revanche, la richesse en espèces varie négativement avec la fragmentation de l'habitat et la destruction causée par l'urbanisation et la pollution. En conséquence à cette étude, nous ne proposons aucun changement de la classification «Liste rouge de l'UICN» des espèces recensées à l'oued Bouarroug. Cependant, la présence de certains taxons comme *Calopteryx haemorrhoidalis* et *Paragomphus geneii* à ouad Bouarroug, témoigne de la persistance d'un environnement naturel de grande qualité capable de supporter une importante diversité d'espèces aquatiques.

Mots-clés: Odonates, écologie, impacts environnementaux, oued Bouarroug, Nord-est algérien.

