

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

BADJI MOKHTAR -ANNABA
UNIVERSITY
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR
ANNABA



جامعة باجي مختار
- عنابة -

Faculté des Sciences

Année : 2020

Département de Biologie

THÈSE

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat (troisième cycle)

**Caractérisation Bio écologique et statut des populations de
Calopteryx haemorrhoidalis (Vander Linden, 1825) (Odonata)
des cours d'eau du Parc National d'El-Kala (Numidie Orientale)
Application à la conservation des espèces et des zones humides à enjeux**

Option

Biodiversité, Evolution et Ecologie de la santé



Par

Marwa BEDDIAR



DIRECTEUR DE THÈSE : BENCHALEL Wafa

Prof. U.B.M. ANNABA

Devant le jury

PRESIDENT :	ROUAG-ZIANE NADIA	M.C.A	U.B.M. ANNABA
EXAMINATEUR :	CHAKRI KHEMISSA	Prof	U.B.M. ANNABA
EXAMINATEUR :	AICHA TADJINE	Prof	U.C.B. EL-TARF
EXAMINATEUR :	BAHROUN SOFIA	M.C.A	U.C.B. EL-TARF
CO-DIRECTEUR :	BOUCETTA SABRINE	M.C.B	U. 20 AOUT 1955 SKIKDA

*Cette thèse a été réalisée au sein du laboratoire
d'Ecologie des Systèmes Terrestres & Aquatiques « EcoStaQ »,
(Université de Annaba)*



« Soyons reconnaissants envers les gens qui nous rendent heureux. Ils sont les jardiniers qui font fleurir notre âme »

Marcel Proust



Remerciements

Mon plus grand remerciement revient à Dieu qui m'a ouvert les portes du Savoir

Je voudrais tout d'abord remercier grandement ma directrice de thèse madame **BECHALEL Wafa** (Professeure à l'université Badji Mokhtar-Annaba) pour toute son aide, son accompagnement et ses encouragements qui m'ont permis de me dépasser et d'évoluer en permanence, je reconnais en elle un véritable « guide scientifique ». Il me sera difficile de lui rendre le quart de ce que j'ai reçu gratuitement et en abondance de sa part au cours de l'élaboration de cette thèse.

Je tiens aussi à remercier ma co-directrice de thèse madame **BOUCETTA Sabine** (MCB à l'université 20 Août 1955 - Skikda) pour son précieux savoir scientifique et humain qu'elle m'a transmis avec tant de générosité....

J'exprime ma gratitude à madame **BOUSLAMA Zihad** (Professeure à l'université Badji Mokhtar-Annaba et directrice du laboratoire d'Écologie des systèmes terrestres et aquatiques "EcoSTAq") pour l'intérêt qu'elle a manifesté en participant en qualité de membre invité à ce jury. Je voudrais remercier également tout les membres du laboratoire d'écologie des systèmes terrestres et aquatique « **EcoSTAq** » pour la gentillesse et le soutien qu'ils m'ont offert.

Je remercie chaleureusement et particulièrement Mesdames les membres du jury d'avoir accepté de juger ce travail. Merci pour le temps consacré à la lecture de cette thèse et pour les suggestions et les remarques judicieuses qu'elles m'ont indiquées.

En premier, je remercie madame **ROUAG-ZIANE Nadia** (MCA à l'université Badji Mokhtar-Annaba) pour l'honneur qu'elle me fait en acceptant de présider mon jury de soutenance.

Je remercie infiniment madame **CHAKRI Khemissa** (Professeure à l'université Badji Mokhtar-Annaba) d'avoir accepté d'examiner mon travail avec gentillesse et considération.

Je remercie également madame **TADJINE Aicha** (Professeure à l'université Chadli Bendjedid -El-Tarf) pour l'honneur qu'elle me fait en acceptant de juger ce travail.
Je lui exprime ma profonde gratitude.

Je remercie bien évidemment madame **BAHROUN Sofia** (MCA à l'université Chadli Bendjedid -El-Tarf) pour avoir accepté d'évaluer mon travail. Qu'elle soit vivement remerciée.

Un grand merci à monsieur **Abaci** de m'avoir accompagné à chaque sortie sur terrain



Il m'est impossible de terminer mes remerciements sans exprimer une immense gratitude aux personnes si chères à mon cœur et qui veillent sur moi quotidiennement depuis toujours :

Mes parents, je vous remercie d'avoir été et de continuer à être mon principal soutien dans la vie. Merci pour votre aide dans les meilleurs moments comme dans les plus durs.

Mes frères et sœurs, merci pour votre amour et votre soutien bienveillant

Mes remerciements vont aussi à **mes chères tantes et à tous mes amis**, en particulier ceux ayant apporté leur contribution directe ou indirecte à cette thèse. En dernier, à toi **ma moitié**, je te remercie surtout pour ton soutien moral ininterrompu et tes nombreux conseils tout le long de ma thèse.

À tous ces intervenants, je présente mes remerciements, mon respect et ma gratitude.

 *Pour finir, un dernier clin d'œil,
partageons également ensemble une pensée
complice pour ces belles libellules et jolies demoiselles* 

LISTE DES FIGURES		
N°	Titre	Page
01	Comparaison anatomique entre Libellule et Demoiselle. (Source: site internet dessin modifié).	06
02	Schéma de l'organisation anatomique d'une libellule adulte (Site internet de la Société française d'odonatologie (Sfo) : http://www.libellules.org).	07
03	Larves de Zygoptère et d'Anizoptère. (Source: http://www.kenwildman.com/insects.htm).	08
04	Cycle de vie des odonates. <i>Suivis des libellules – ESTRAN Pôle Environnement</i>	09
05	Schéma de l'émergence de libellule (d'après : G. Jurzitza – Libellules d'Europe).	10
06	Evolution dans le temps du nombre de publications scientifiques traitant des libellules d'Algérie.	15
07	Localisation géographique de la région d'étude (source: PNEK).	17
08	Carte des pentes de la région d'El-Kala (Bentouili.2007).	20
09	Carte du réseau hydrographique du Parc National d'El-Kala (CENEAP 2010-2012).	21
10	Système lacustre de la région d'El-Kala (modifié de : https://docplayer.fr/55567090-Etat-des-lieux-des-zones-humides-et-des-oiseaux-d-eau-en-algerie.html ,	23
11	Diagramme pluvi-thermique (Gausсен – Bagnouis) du parc national d'El Kala (1971-72-2009-10).	28
12	Localisation géographique du secteur de Brabtia dans le Parc National d'El-Kala.(Source : extrait carte Parc National d'El-Kala).	35
13	Localisation géographique des cinq Oueds échantillonnés dans le secteur Brabtia	36
14	Photos de deux stations caractéristiques de l'habitat St 1 "Oued Bouarroug" secteur Brabtia (<i>Cliché EcoSTq, 2016</i>).	38
15 (aetb)	Photos de deux stations caractéristiques de l'habitat St2 "Oued Demat Rihane" secteur Brabtia. (<i>Cliché, M. Beddiar. 2018</i>).	39
16 (aetb)	Photos de deux stations caractéristiques de l'habitat St3 "Oued El- Melha" secteur Brabtia. (<i>Cliché, M. Beddiar. 2018</i>).	40
17 (aetb)	Photos de deux stations caractéristiques de l'habitat St4 " Oued El-Nhal" secteur Brabtia. (<i>Cliché, M. Beddiar. 2018</i>).	41
18 (aetb)	Photos de deux stations caractéristiques de l'habitat St5 "Oued Reguibet" secteur Brabtia. (<i>Cliché, M. Beddiar. 2018</i>).	43
19	Variation de la température de l'air et de l'eau durant les deux saisons (basse et haute eau) à Oued Bouarroug.	55
20	Variation du Potentiel d'hydrogène de l'eau durant les deux saisons (basse et haute eau) à Oued Bouarroug.	56
21	Variation de l'oxygène dissout de l'eau durant les deux saisons (basse et haute eau) à Oued Bouarroug.	57

22	Variation de la conductivité de l'eau durant les deux saisons (basse et haute) à Oued Bouarroug.	58
23	Carte de la corrélation du Rang de Pearson de l'ensemble des paramètres physico-chimiques.	59
24	Variation de la température de l'air et de l'eau durant les deux saisons (basse et haute eau) à Oued Demet Rihane.	60
25	Variation du pH de l'eau durant les deux saisons (basse et haute eau) à Oued Demet Rihane.	61
26	Variation de la conductivité de l'eau durant les deux saisons (basse et haute eau) à Oued Demet Rihane.	62
27	Variation de l'oxygène de l'eau durant les deux saisons (basse et haute eau) à Oued Demet Rihane.	63
28	Carte de la corrélation du Rang de Pearson de l'ensemble des paramètres Physico-chimiques à Oued Demat Rihane.	64
29	Variation de la température de l'air et de l'eau durant les deux saisons (basse et haute eau) à Oued El-Melha.	65
30	Variation du Potentiel d'hydrogène de l'eau durant les deux saisons (basse et haute eau) à Oued El-Melha.	66
31	Variation de l'oxygène dissout de l'eau durant les deux saisons (basse et haute eau) à Oued El-Melha.	67
32	Variation de la conductivité de l'eau durant les deux saisons (basse et haute eau) à Oued El-Melha.	68
33	Carte de la corrélation du Rang de Pearson de l'ensemble des paramètres Physico-chimiques à Oued Melha.	69
34	Variation de la température de l'air et de l'eau durant les deux saisons (basse et haute eau) à Oued El-Nhal.	70
35	Variation du pH de l'eau durant les deux saisons (basse eau et haute eau) à Oued El-Nhal.	71
36	Variation de l'oxygène dissout de l'eau durant les deux saisons (basse eau et haute eau) à Oued El-Nhal.	72
37	Variation de la conductivité de l'eau durant les deux saisons (basse eau et haute eau) à Oued El-Nhal.	73
38	Carte de la corrélation du Rang de Pearson de l'ensemble des paramètres physico-chimiques à Oued El-Nhal.	74
39	Variation de la température de l'air et de l'eau durant les deux saisons (basse et haute eau) à Oued Reguibet.	75
40	Variation du pH de l'eau durant les deux saisons (basse eau et haute eau) à Oued Reguibet.	76
41	Variation de l'oxygène dissout de l'eau durant les deux saisons (basse eau et haute eau) à Oued Reguibet.	77
42	Variation de la conductivité de l'eau durant les deux saisons (basse eau et haute eau) à Oued Reguibet.	78
43	Carte de la corrélation du Rang de Pearson de l'ensemble des paramètres physico-chimiques à Oued Reguibet.	79
44	Variations spatio-temporelles des teneurs des paramètres de pollution enregistrés dans les cinq oueds étudiés au cours des deux saisons (basse eau et haute eau).	81
		82

45	Variations spatio-temporelles des paramètres bactériologiques dans les cinq oueds étudiés au cours des deux saisons (basse eau et haute eau).82	
46	Variations spatio-temporelles du débit dans les cinq oueds étudiés au cours des deux saisons (basse eau et haute eau).	83
47	Distribution des imagos des espèces inventoriées à oued Bouarroug au cours de la saison odonatologique 2018.	92
48	Distribution des imagos des espèces inventoriées à oued Demat Rihane au cours de la saison odonatologique 2018.	93
49	Distribution des imagos des espèces inventoriées à oued El-Melha au cours de la saison odonatologique 2018.	94
50	Distribution des imagos des espèces inventoriées à oued El-Nhal au cours de la saison odonatologique 2018.	95
51	Distribution des imagos des espèces inventoriées à oued Reguibet au cours de la saison odonatologique 2018.	96
52	Variations mensuelles des indices écologiques (Richesse spécifique, Indices de Shannon_H, Indice de Margalef , Simpson D-1 et Indice d'équitabilité_J) durant la période d'étude à oued Bouarroug.	97
53	Variations mensuelles des indices écologiques (Richesse spécifique, Indices de Shannon_H, Indice de Margalef , Simpson D-1 et Indice d'équitabilité_J) durant la période d'étude à oued Demat Rihane.	98
54	Variations mensuelles des indices écologiques (Richesse spécifique, Indices de Shannon_H, Indice de Margalef , Simpson D-1 et Indice d'équitabilité_J) durant la période d'étude à Oued El-Melha.	99
55	Variations mensuelles des indices écologiques (Richesse spécifique, Indices de Shannon_H, Indice de Margalef , Simpson D-1 et Indice d'équitabilité_J) durant la période d'étude à oued El-Nhal.	100
56	Variations mensuelles des indices écologiques (Richesse spécifique, Indices de Shannon_H, Indice de Margalef , Simpson D-1 et Indice d'équitabilité_J) durant la période d'étude à oued Reguibet.102	101
57	Analyse en Composante Principale de la variation des paramètres biotiques et abiotiques des cinq sites étudiés.	104
58	Aire de distribution et focus sur les eaux douces africaines: points chauds de diversité des libellules et préoccupations en matière de conservation. <i>Frontiers in Ecology</i> 2018. <i>Calopteryx haemorrhoidalis</i> . La Liste rouge de l'UICN des espèces menacées. Version 2020- Clausnitzer, et al., (2012) .	121
59	Localisation des sites d'échantillonnage (Bouarroug, El-Mellah, Demat Rihane, El-Nhal et Reguibet) dans le secteur Brabtia.	122
60	Mesures prises sur les larves examinées de <i>C. haemorrhoidalis</i> . Longueur totale (Lt); Largeur de la tête (Lar T); Longueur des fourreaux d'ailes (Lf); segments d'antennes (Seg/Ant / seg); segments du tarse (Seg/Tar).	125
61	Box plot montrant la variation du potentiel d'hydrogène (conductivité) au cours de la période d'étude (2017-2018) tout au long de la zone d'étude de Brabtia (St.1: Oued Bouarroug, St.2: Oued Demat Rihane, St.3: Oued Malha, St .4: Oued Nhal et St.5: Oued Reguibette). (H: haute eau [A-17; N]; L: basse eau [M-18-S]; w: eau).	128

62	Mâle et femelle de <i>C. haemorrhoidalis</i> 1: Aile sombre noire ; 2: Base de l'aile transparente ;3: thorax et abdomen ; 4: S8 , S9 et S10 zone rouge "le catadioptré" ; 5: bande de bout d'aile brune ; 6: pseudo stigma, tâche allaire blanche ; 7: thorax et abdomen avec des reflets métalliques verts ou cuivrés.	129
63	Périodes de vol de <i>C. haemorrhoidalis</i> dans les cinq sites d'échantillonnage du secteur Brabtia. (Période de suivi: 2017/2018).	130
64	Abondance relative (%) de <i>C. haemorrhoidalis</i> pendant la période d'étude dans le secteur Brabtia. (St.1: oued Bouarroug, St.2: oued Demat Rihane, St.3: oued El-Melha St.4: oued El-Nhal et St.5: oued Reguibette).	131
65	Comportement reproducteur chez <i>C. haemorrhoidalis</i> (copulation, ponte et émergence) (<i>Cliché EcoSTAq</i>).	133
66	Photos des "Habitat type" chez <i>C. haemorrhoidalis</i> le long des cours d'eaux du secteur Brabtia.	135
67	Larves de <i>C. hémorrhoidalis</i> (<i>Cliché, W. Benchalel</i>).	136
68	Abondance des larves de <i>Calopteryx hémorrhoidalis</i> prélevées durant la période d'étude (2017-2018).	137
69	Phénologie larvaire de <i>C. haemorrhoidalis</i> dans le secteur de Brabtia (suivi 2017-2018). St. = Stade croissance : (type 11 et type12).	139
70	Histogramme de fréquence des mesures relatives de la longueur totale pour le type (type 12) de développement observé. En abscisse, longueur totale (classes de taille) en ordonnée, nombre d'individus (N).	140
71	Evolution des cinq caractères larvaires étudiés pour la croissance de type 1 stades et de type 12 stades.	141
72	Variation du taux de croissance entre les stades pendant le développement larvaire des cinq caractères étudiés pour le type de croissance à 11 stades et 12 stades.	143
73	Analyse en composantes principales (ACP) entre les facteurs environnementaux et l'abondance relative de <i>C. haemorrhoidalis</i> . (H: haute eau; B: basse eau).	144

LISTE DES TABLEAUX		
N°	Titre	Page
01	Classification taxonomique actuelle des familles d'odonates de l'Algérie (Selon D'aguillard, 1998).	5
02	Différence morphologique entre les Zygoptères et les Anisoptères.	6
03	Les principaux cours d'eau du PNEK (Benyacoubé <i>et al.</i> , 1998).	22
04	Noms des sites, codes, longueurs, coordonnées géographiques et débouchés des cours d'eau.	37
05	Exemple de classification de la pollution à partir de la valeur de H', dans les habitats sableux/vaseux (d'après Simboura & Zenetos, 2002).	51
06	Seuils pour cinq classes proposées pour l'évaluation des cours d'eau selon Korbaa <i>et al.</i> , 2015 en supposant une relation linéaire avec la pertinence de la conservation odonatologique.	53
07	Test des comparaisons multiples par paires pour saison hydrologique (T°C air et eau) (Tukey (HSD)).	56
08	Test des comparaisons multiples par paires pour saison hydrologique (T°C air et eau) (Tukey (HSD)).	61
09	Test des comparaisons multiples par paires pour saison hydrologique (T°C air et eau) (Tukey (HSD)) à Oued El-Melha.	66
10	Test des comparaisons multiples par paires pour saison hydrologique (T°C air et eau) (Tukey (HSD)) à Oued El-Nhal.	71
11	Test des comparaisons multiples par paires pour saison hydrologique (T°C air et eau) (Tukey (HSD)) à Oued Reguibet.	76
12	Liste des espèces d'odonates inventoriées au niveau des cinq oueds au cours de la période d'étude.	84
13	Phénologie adulte des espèces inventoriées dans les cinq sites étudiés au cours de la saison odonatologique (avril-novembre 2018).	91
14	La classification de la pollution et l'état écologique des cinq sites échantillonnés à partir de la valeur de H', d'après Simboura et Zenetos, 2002.	105
15	Coordonnées et caractéristiques des cinq sites d'étude dans la réserve de Brabtia au nord de l'Algérie.	105
16	Caractérisation de 5 sites d'étude dans le nord de l'Algérie. SR - Richesse en espèces, nombre d'espèces trouvées; Ab - résumé de l'abondance des larves; Espèce endémique E - Maghreb, S - espèce semiivoltine. Pour les codes de site, voir le tableau 1.	106
17	Liste des espèces d'odonates sur les 5 sites d'étude dans le nord de l'Algérie où des larves, des exuvies ou les deux ont été vues/collectées; (ad) - seuls les adultes ont été recueillis.	106
18	Nombre de familles, F et genres, G, particularité taxonomique relative (Σ), RDT, statut de conservation régional de l'UICN (Σ), scores de RLC, ASOI et classes obtenues sur chaque site d'étude dans la réserve de Brabtia.	107

LISTE DES TABLEAUX ANNEXES		
I	ANOVA à un facteur contrôlé des variations de la température de l'eau et de l'air à oued Bouarroug	187
II	ANOVA à un facteur contrôlé des variations du pH de l'eau à oued Bouarroug	187
III	ANOVA à un facteur contrôlé des variations de l'oxygène dissout à oued Bouarroug.	187
IV	ANOVA à un facteur contrôlé des variations de la conductivité de l'eau à oued Bouarroug.	187
V	Matrice de la corrélation de Rang de Pearson à oued Bouarroug.	188
VI	ANOVA à un facteur contrôlé des variations de la température de l'air et de l'eau à oued Demet Rihane.	188
VII	ANOVA à un facteur contrôlé des variations du pH de l'eau à oued Demet Rihane.	188
VIII	ANOVA à un facteur contrôlé des variations de la conductivité à oued Demet Rihane	188
IX	ANOVA à un facteur contrôlé des variations de l'oxygène dissout à oued Demet Rihane.	189
X	Matrice de corrélation de Rang de Pearson à oued Demet Rihane.	189
XI	ANOVA à un facteur contrôlé des variations de la température des eaux et la température de l'air à oued El-Melha	189
XII	ANOVA à un facteur contrôlé des variations du pH des eaux à oued El-Melha	189
XIII	ANOVA à un facteur contrôlé des variations de l'oxygène dissout à oued El-Melha.	190
XIV	Matrice de corrélation de Rang de Pearson à oued El- Melha.	190
XV	ANOVA à un facteur contrôlé des variations de la température de l'eau et de l'air à oued El-Nhal.	190
XVI	ANOVA à un facteur contrôlé des variations du pH des eaux à oued El-Nhal.	190
XVII	ANOVA à un facteur contrôlé des variations de l'oxygène dissout à oued El-Nhal.	191
XVIII	ANOVA à un facteur contrôlé des variations de la conductivité à oued El-Nhal .	191
XIX	Matrice de corrélation de Rang de Pearson à oued El-Nhal .	191
XX	ANOVA à un facteur contrôlé des variations de la température de l'eau et de l'air à oued Reguibet	191
XXI	ANOVA à un facteur contrôlé des variations du pH des eaux à oued Reguibet.	192
XXII	ANOVA à un facteur contrôlé des variations de l'oxygène dissout à oued Reguibet	192
XXIII	ANOVA à un facteur contrôlé des variations de la conductivité à Oued Reguibet	192
XXIV	Matrice de corrélation de Rang de Pearson à oued Reguibet	192
XXV	Description des variables environnementales mesurées sur 5 sites d'étude dans la réserve de Brabtia au nord de l'Algérie.	193
XXVI	Résultat de la typologie et de la physico-chimie des paramètres de pollution.	193
XXVII	Résultat des paramètres bactériologiques	194
XXVIII	Descripteurs écologiques de diversité et des peuplements sur les cinq sites.	194




Sommaire général



INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	1
1. Problématique générale de l'étude	1
2. Données générales sur la biologie et l'écologie des odonates.....	3
2.1. Histoire évolutive, étymologie et systématique des odonates.....	3
2.2. Morphologie des odonates.....	5
2.2.1. Morphologie des adultes.....	6
2.2.2. Morphologie des larves.....	8
2.3. Cycle évolutif des odonates.....	9
2.3.1. La ponte et le développement larvaire.....	9
2.3.2. La métamorphose et l'émergence.....	10
2.3.3. La maturation sexuelle.....	10
2.3.4. Le comportement territorial.....	11
2.3.5. L'accouplement.....	11
2.3.6. La colonisation de nouveaux milieux.....	11
2.4. Ecologie et importance des odonates.....	11
2.4.1. Bio indicateurs.....	11
2.4.2. Menace et facteurs limitant les populations d'odonates.....	12
2.4.2.1. Le climat.....	12
2.4.2.2. Les Parasites d'odonates.....	12
2.4.2.3. Les facteurs d'origine anthropique.....	12
2.4.3. Réseau trophique, nourriture et chasse.....	12
2.4.3.1. Les proies des odonates.....	12
2.4.3.2. Les prédateurs d'odonates.....	13
2.4.3.3. Les habitats des odonates.....	13
3. Odonates de Numidie orientale : État des connaissances régionales.....	13
3.1. Historique des travaux et publications.....	13


4. Contexte régional de la Numidie orientale.....	16
4.1. Cadre de l'étude : le Parc National d'El-Kala (PNEK).....	16
4.1.1. Situation générale et géographie.....	16
4.1.2. Caractères géologiques et géomorphologiques.....	17
4.1.3. Le Relief.....	18
4.1.4. Hydrologie.....	20
4.1.5. Le paysage lacustre du PNEK.....	22
4.2. Les Caractères climatiques et bioclimatiques.....	25
4.2.1. Les facteurs climatiques.....	26
4.3. Richesses patrimoniales du Parc national d'El-Kala.....	28
5. Approche et orientation de la thèse.....	29



Chapitre I. Contribution à l'actualisation des connaissances générales sur le peuplement des odonates de Numidie et caractérisation du secteur Brabtia (P.N.E.K)

1. Introduction.....	33
2. Matériel et méthodes.....	34
2.1. Sites d'étude.....	34
2.2. Description des cinq sites d'échantillonnage.....	36
2.2.1. Oued Bouarroug : (code : St 1).....	37
2.2.2. Oued Demat Rihane : (code : St 2).....	38
2.2.3. Oued El-Melha: (code : St 3).....	40
2.2.4. Oued El-Nhal : (code : St 4).....	41
2.2.5. Oued Reguibet: (code : St 5).....	42
2.3. Méthodologie d'échantillonnage.....	44
2.3.1. Échantillonnage des variables environnementales.....	44
2.3.2. Échantillonnage et inventaire des populations d'odonates.....	45
2.3.3. Analyse des donnée.....	46
2.3.3.1. Tests statistiques et ACP.....	46
2.3.3.2. Les indices écologiques de diversité et de structure du peuplement.....	48
2.3.3.3. Classification de la pollution et l'état écologique (d'après Simboura et Zenetos, 2002).....	50
2.3.3.4. Classification de l'intégrité écologique des habitats par le ASOI (Algerian Stream Odonatological Index (d'après le modèle proposé par Korbaa et al., 2018)).....	51

3. Résultats.....	53
3.1. Variables environnementales des cinq hydro-systèmes du secteur Brabtia.....	53
3.1.1. Variables environnementales à oued Bouarroug (St.1).....	53
3.1.2. Variables environnementales à Oued Demat Rihane (St.2).....	58
3.1.3. Variables environnementales à Oued El-Melha (code : St.3).....	63
3.1.4 Variables environnementales à Oued El-Nhal (St.4).....	68
3.1.5 Variables environnementales à Oued Reguibet (St.5).....	73
3.1.2. Variables environnementales de pollution " <i>in vitro</i> "	78
3.1.3. Paramètres bactériologiques.....	80
3.1.4. Estimation des débits.....	82
3.2. Caractérisation du peuplement odonatologique dans les cinq stations d'étude.....	82
3.2.1. Inventaire des espèces.....	82
3.2.2. Description et statut des espèces autochtones composant le peuplement.....	84
3.2.3. Période de vol des espèces inventoriées.....	90
3.2.4. Distribution et fréquence relative des espèces inventoriées dans les cinq oueds.....	91
3.2.4.1. Fréquence relative globale à oued Bouarroug	91
3.2.4.2. Fréquence relative globale à oued Demat Rihane.....	92
3.2.4.3. Fréquence relative globale à oued El-Melha.....	93
3.2.4.4 Fréquence relative globale à oued El-Nhal.....	94
3.2.4.5. Fréquence relative globale à oued Reguibet.....	95
3.2.5. Structure du peuplement par les descripteurs écologiques.....	96
3.2.5.1. Variation des indices de diversité biologique à oued Bouarroug.....	96
3.2.5.2. Variation des indices de diversité biologique à oued Demat Rihane.....	97
3.2.5.3. Variation des indices de diversité biologique à oued El-Melha.....	98
3.2.5.4. Variation des indices de diversité biologique à oued El-Nhal.....	99
3.2.5.5. Variation des indices de diversité biologique à oued Reguibet.....	100
3.2.6. Variation de la richesse spécifique avec des facteurs environnementaux.....	101
3.2.7. Classification des cinq hydro systèmes en fonction du potentiel écologique.....	104
3.2.8. Classification de l'intégrité écologique des habitats par l'application de l'indice odonatologique des cours d'eau ASOI; d'après le modèle proposé par Korbaa et al., 2018	104
4. Discussion.....	107
4.1. Analyse des facteurs environnementaux.....	107
4.2. Diversité et structure communautaire des odonates.....	110



Chapitre II. *Monitoring et caractérisation des populations de Calopteryx haemorrhoidalis (Vander Linden, 1825) du secteur Brabtia (Numidie orientale)*

1. Introduction.....	116
1.1. Fiche d'identification de l'espèce.....	119
1.2. Aire de répartition de <i>Calopteryx haemorrhoidalis</i>	120
2. Sites, matériel et méthodes.....	121
2.1 Sites d'étude.....	121
2.2. Échantillonnage des variables environnementales.....	122
2.3. Échantillonnage des imagos et comportement reproducteur.....	122
2.4. Phénologie larvaire.....	123
2.5. Analyse des données.....	125
3. Résultats.....	125
3.1. Analyse des facteurs environnementaux.....	125
3.2. Phénologie adulte.....	128
3.2.1. Dimorphisme sexuel.....	128
3.2.2. Période de vol.....	129
3.2.3. Abondance relative.....	130
3.2.4. Comportement reproducteur.....	131
3.2.5. Habitat type.....	133
3.3. Phénologie larvaire.....	134
3.3.1. Autochtonie.....	134
3.3.2. Abondance des larves.....	136
3.3.3. Voltinisme et modalités de croissance larvaire.....	137
3.3.4. Etude morphométrique des stades larvaires.....	140
3.4. Variation de l'abondance des espèces avec les paramètres physico-chimiques.....	143
4. Discussion.....	144
4.1. Caractérisation des stations, qualité et disponibilité de l'eau.....	144
4.2. Reproduction et climat.....	147
4.3. Abondance de l'espèce avec des paramètres physico-chimiques.....	149
4.4. Plan de Gestion.....	150
CONCLUSION GÉNÉRALE.....	153



RÉSUMÉS.....158
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....165
ANNEXES.....181





Introduction générale



Introduction générale

1. Problématique générale de l'étude

L'analyse de l'extinction des espèces et de l'influence de l'homme sur celle-ci est un phénomène qui a été étudié depuis fort longtemps. La prise de conscience individuelle et collective de l'ampleur des problèmes environnementaux liés à la disparition des espèces et des écosystèmes à l'échelle mondiale a suscité depuis longtemps la volonté de tisser des liens particuliers entre nature et société (Deléage, 1992).

Dans les années 1980, le mot «biodiversité» a pris place dans l'usage scientifique, en intégrant une plus large gamme d'interactions entre les sociétés et les écosystèmes. L'UICN (union internationale de la conservation de la nature) a alors lancé un message à travers la stratégie mondiale de la conservation, qui confirmait que la résolution des questions environnementales de nature systémique exigeait une solidarité planétaire, des stratégies à long terme, une action cohérente et la participation de tous les pays et de tous les groupes sociaux. Les problèmes de l'environnement ne pouvaient être résolus que par un effort à long terme et par la conciliation active des objectifs de l'environnement et du développement (UICN, PNUE & WWf, 1980).

La relation entre biodiversité et fonctionnement des écosystèmes s'est alors imposée comme un thème majeur des sciences de l'environnement. Cette complicité joue un rôle d'assurance pour le fonctionnement de l'écosystème, en stabilisant celui-ci face à des changements de l'environnement. En effet une perte massive de biodiversité risque de bouleverser le fonctionnement des systèmes naturels sur lesquels reposent, de façon largement invisible, le développement et la pérennité des sociétés humaines. Aujourd'hui la diversité biologique est en recul sur l'ensemble de la planète et ce déclin s'accélère dans certaines régions (Pimm *et al.*, 1995) et menace la stabilité et le fonctionnement des écosystèmes (Naeem *et al.*, 1994 ; Tilman, 2000 ; Baillie *et al.*, 2008).

Parmi les dynamiques représentant une source de menaces pour la biodiversité, deux vont connaître une forte augmentation au cours des cinquante prochaines années selon le Millenium Ecosystem Assessment (MEA, 2005) : l'intensification agricole et le changement climatique. La totalité des écosystèmes de la planète est désormais affectée d'une façon ou d'une autre par ces deux sources de menace ainsi que par le développement des sociétés humaines, les rejets agricoles, urbains et industriels qui peuvent mener à de hauts niveaux de pollution (D'Adamo *et al.*, 2008 ; Rao *et al.*, 2007 ; Smolders *et al.*, 2003) et qui altèrent les communautés et affectent les organismes qui les composent (Boening, 1999 ; Viaroli *et al.*, 2005 ; Warwick, 2005).

Les écosystèmes aquatiques, considérés par de nombreux scientifiques comme les plus riches et productifs de la planète, comptent parmi les plus gravement touchés par cette crise (Arthington *et al.*, 2010 ; Strayer & 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).

Pendant de nombreuses années, les méthodes d'évaluation de la qualité des écosystèmes aquatiques reposaient presque exclusivement sur des mesures de paramètres chimiques de l'eau et des sédiments (Munawar *et al.*, 1995). Cependant ces méthodes traditionnelles ne permettent pas de mesurer l'impact des contaminants sur les différents organismes, populations et communautés peuplant un milieu donné (Kaiser, 2001). Pour cela, d'autres méthodes plus récentes utilisant les paramètres biologiques, physiques et biochimiques des organismes vivants, tant à l'échelle du simple individu que des écosystèmes entiers, sont venues combler les lacunes inhérentes aux analyses strictement chimiques (Daby, 2006 ; Kaiser, 2001 ; Markert *et al.*, 2003).

Certaines espèces sont en effet, plus sensibles que d'autres et nécessitent des conditions particulières pour se maintenir dans leur milieu naturel en raison de leur capacité à permettre de détecter ou prévoir des changements significatifs pouvant survenir à l'intérieur de ce même écosystème (Kaiser, 2001 ; Sammarco *et al.*, 2007).

La préservation de taxons ciblés et en particulier leurs habitats privilégiés, constitue aujourd'hui le véritable challenge de la communauté scientifique mondiale (Blondel, 2003 ; Davis, 1994 ; Kallis & Butler, 2001 ; Medde, 2014). Plusieurs organisations mondiales jouent un rôle très important dans la gestion, la maintenance et la conservation de la faune, la flore et de leurs habitats telles que : l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN), Le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (UNEP), et Le Fonds Mondial pour la Nature dont le but est la conservation de la diversité biologique (Robinson, 1993).

Parmi de nombreux groupes faunistiques qui caractérisent le plus les écosystèmes aquatiques, les odonates, communément appelés « libellules » sont un groupe « intégrateur » qui réagit aux nombreux paramètres de leur milieu (Merlet & Itrac, 2016). Ils constituent d'ailleurs un groupe indicateur actuellement très prisé et dont l'emploi s'est largement développé au cours des dernières décennies pour le suivi de la qualité des zones humides (Oertli, 2008 ; Kutcher & Bried, 2014 ; Monteiro-Junior *et al.*, 2015 ; Chovanec *et al.*, 2015 ; Benchalel *et al.*, 2017 ; Benchalel *et al.*, 2018) grâce à leur rôle écologique fondamental au sein de la chaîne trophique des écosystèmes aquatiques et terrestres (Corbet, 2004 ; Simaika & Samways, 2009). D'après Dommanget, (1989), ces insectes sont de bons témoins biologiques pour estimer la qualité d'un milieu naturel ou sa biodiversité. Ceci leur confère le statut de bio-indicateur de choix de l'équilibre ou de la dégradation des écosystèmes (Moore, 1997 ; Chovanec *et al.*, 2001, 2004 et 2005 ; Schmidt, 1985 ; Castella, 1987 ; Oertli *et al.*, 2005 ; Indermuhele *et al.*, 2008).

2. Données générales sur la biologie et l'écologie des odonates

2.1. Histoire évolutive, étymologie et systématique des odonates

L'origine des odonates remonte à plus de 280 millions d'années et font partie des plus anciens insectes ailés apparus sur terre (Corbet, 2004 ; Grand & Boudot, 2006). Le retraçage paléontologique de l'histoire évolutive de cet ordre à partir de nombreux fossiles retrouvés fait aujourd'hui remonter leur origine au Permien (Petrulevičius *et al.*, 2011 ; Dijkstra *et al.*, 2014). A cette époque, il était notamment représentés par plusieurs espèces géantes dont *Meganeuropsis permiana*, pouvant atteindre 70 cm d'envergure et considéré comme le plus grand insecte ayant jamais existé (Grimaldi & Engel, 2005 ; Beckemeyer & Hall, 2007).

Du point de vue étymologique, c'est [Réaumur](#) en 1742 qui utilise pour la première fois le vocable de « demoiselles » mais la forme définitive revient à [Linné](#), créateur de la systématique moderne qui l'applique en 1758 à toutes les espèces d'odonates.

En 1792, le naturaliste [Fabricius](#) donna le nom d'odonata aux libellules qui par la suite s'est francisé en odonate. Ce nom est la contraction des mots Grecs « Odonto » (dent) et gnathos (mâchoire) et signifie « mâchoire dentée » qui est une particularité anatomique induite par la forme des mandibules des adultes.

Le nom libellule dérivé des mots latins libellula et libellus, signifiant « petit livre », rappelle la position des ailes tenues fermées comme les pages d'un livre ([Ternois, 2003](#)). C'est un groupe qui se trouvent dans tous les continents à l'exception de l'antarctique, avec une richesse spécifique dans les forêts tropicales ([Kalkman *et al.*, 2008](#)).

Depuis maintenant plusieurs années, les odonates sont classés par les systématiciens en 2 grands sous-ordres (Figure 1) : les Zygoptera ou « demoiselles » et les Epiproctophora composés de l'infra-ordre des Anisoptera ou « vraies libellules » et des Anisozygoptera, représentés uniquement par quelques espèces tropicales ([Bechly, 1996 ; Kalkman *et al.*, 2008 ; Dijkstra *et al.*, 2013](#)).

➤ **Systématique :**

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). Les Anisozygoptères ne constituent pas un véritable sous-ordre et sont rattachés aux anisoptères depuis une dizaine d'années.

En 2010, la base de données « *Dragonfly & Damselfly World Catalog* » (www.odonatacentral.org) identifiait 10 super-familles, 30 familles, 652 genres et 5952 espèces. Cette diversité reste modeste comparativement à celle d'autres ordres d'insectes tels que les Coleoptera (300 000 espèces), les Diptera (150 000 espèces), les Hymenoptera (125 000 espèces) ou encore les Lepidoptera (120 000 espèces) (Grand & Boudot, 2006).

De nouveaux taxons de libellules sont encore régulièrement découverts, notamment dans les régions équatoriales où la diversité spécifique de cet ordre est maximale (Grand & Boudot, 2006 ; Kalkman *et al.*, 2008). En revanche, la faune d'odonates du paléarctique occidental est considérée comme l'une des plus pauvres du monde (Askew, 2004 ; Grand & Boudot, 2006 ; Dijkstra & Lewington, 2007).

Tableau 1: Classification taxonomique actuelle des familles d'odonates de l'Algérie (Selon D'aguillard, 1998).

Ordre des Odonata		
Sous-ordre des Zygoptera		
Famille	Calopterygidae	(1 genre, 3 espèces)
	Lestidae	(2 genres, 5 espèces)
	Platycnemididae	(1 genre, 1 espèce)
	Coenagrionidae	(6 genres, 13 espèces)
Sous-ordre des Epiroctophora		
Infra-ordre des Anisoptera		
Famille	Aeshnidae	(4 genres, 9 espèces)
	Gomphidae	(4 genres, 7 espèces)
	Cordulegastridae	(1 genre, 1 sous-espèce)
	Corduliidae	(1 genre, 1 espèce)
	Libellulidae	(11 genres, 25 espèces)

2.2. Morphologie des odonates

L'ordre des odonates se divise en deux sous-ordres principaux (Tableau 2) et (Figure 1):

- **Les Zygoptères** : sont des individus petits et grêles, au vol peu soutenu. Au repos, les ailes sont le plus fréquemment jointes au-dessus de l'abdomen ou entrouvertes à l'oblique vers l'arrière.

- **Les Anisoptères** : dont le corps est beaucoup plus massif, ont un vol puissant et soutenu. Au repos, les ailes sont écartées du corps en position horizontale.

Tableau 2 : Différence morphologique entre les Zygoptères et les Anisoptères.

ZYGOPTERES	ANISOPTERES
Adultes	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Petite taille ✓ Yeux petits et non contigus ✓ Ailes repliées au repos, pétiolées à peu près égales ✓ 2 paires d'ailes semblables, fermées au repos ✓ Abdomen fin et élancé ✓ Vol plus lent 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Grande taille ✓ Yeux énormes et contigus ✓ Ailes étendues à plat, non pétiolées et inégales ✓ 2 paires d'ailes différentes, ouvertes au repos ✓ Abdomen trapu et robuste ✓ Vol rapide
Larves	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Larves à branchies terminales lamelleuses ✓ Larves minces, allongées ✓ Masque toujours plat ✓ Larves trapues surtout fouisseuses ✓ Nage par ondulation du corps 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Larves sans branchies (chambre respiratoire rectale) ✓ Larves de formes plus massives ✓ Masque plat ou concave ✓ Larves élancées, grêles surtout nageuses ✓ Nage par expulsion du contenu rectal

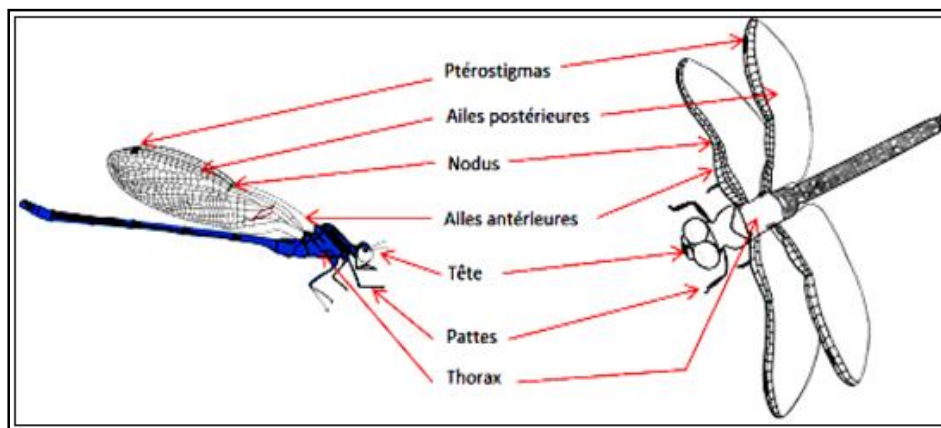


Figure 1 : Comparaison anatomique entre Libellule et Demoiselle.
(Source: site internet, dessin modifié).

2.2.1. Morphologie des adultes

Contrairement à de nombreux adultes d'insectes aquatiques, les formes adultes sont souvent très colorées, la coloration concerne le corps et parfois les ailes (Tachet *et al.*, 2000). Comme tous les insectes, le corps est divisé en trois parties : la tête, le thorax et l'abdomen (Figure 2).

Les critères morphologiques les plus utilisés pour l'identification des adultes concernent le type de nervation alaire (surtout pour le genre), la coloration de l'abdomen, la forme des pièces copulatrices.

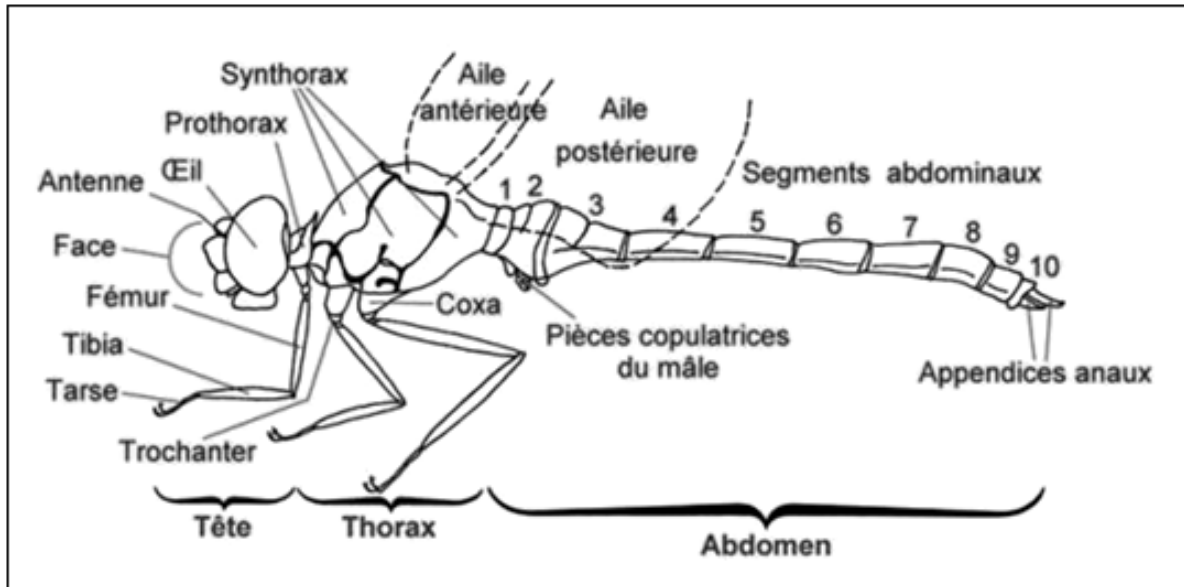


Figure 2 : Schéma de l'organisation anatomique d'une libellule adulte (Site internet de la Société française d'odonatologie (Sfo) : <http://www.libellules.org>).

- **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). La tête est reliée au thorax par un cou très fin qui lui confère une très grande mobilité (Legrand, 2001).

- **Le thorax :** Le thorax se subdivise en deux parties inégales : à l'avant un prothorax très réduit, porte la tête et la paire antérieure de pattes ; un sythorax, très volumineux résultant de la fusion du méso- et du métathorax, porte les ailes et les pattes médianes et postérieures (D'Aguilar & Dommanget, 1998). Le thorax, classiquement constitué de trois segments, est ici composé de deux parties très distinctes, le prothorax et le ptérothorax parfois dénommé synthorax. Le prothorax est très petit et parfois même indistinct car caché par la tête (Legrand, 2001).

- **L'abdomen** : Habituellement, cylindrique il peut parfois être très aplati. Il est constitué de 10 segments (Ternois & Martin, 2003); bien distincts avec les vestiges d'un 11^{ème}. Le 1^{er} segment, imbriqué dans le synthorax, est très court, le 2^{ème} est plus allongé, les 3 à 7 sont les plus longs, les 8 et 9 sont assez courts et le 10^{ème}, généralement très réduit. Il porte à l'extrémité différentes pièces de l'armature génitale et des cerques courts unis articulés (D'Aguilar & Dommaget, 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 & Lévêque, 1981).

2.2.2. Morphologie des larves

Le plan d'organisation est le même chez les larves et chez les adultes. Cependant, les larves ont une silhouette ramassée (Figure 3) et possèdent un « masque » caractéristique formé par le labium (lèvre inférieure) et une coloration cryptique (mimétique) qui est une adaptation à leur milieu et leur régime alimentaire (Ndiaye, 2010).

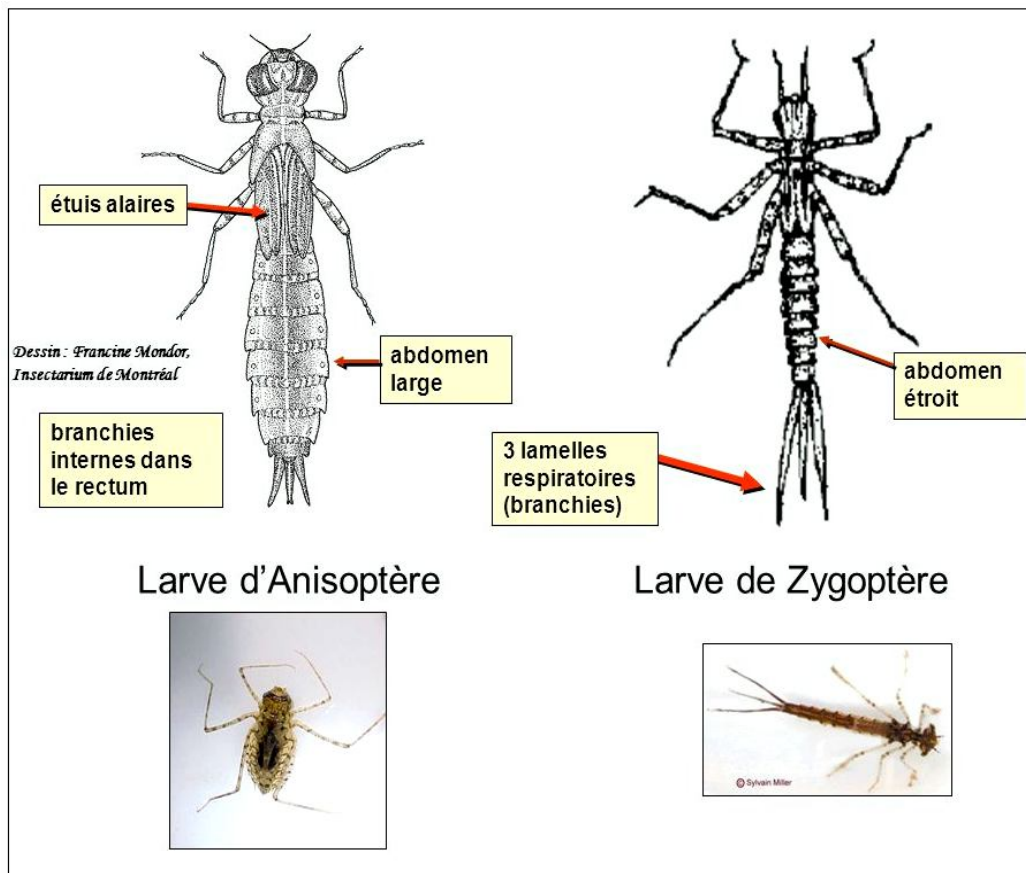


Figure 3 : Larves de Zygoptère et d'Anisoptère.
(Source: <http://www.kenwildman.com/insects.htm>).

2.3. Cycle évolutif des odonates

2.3.1. La ponte et le développement larvaire

D'une façon générale, après l'accouplement, la femelle dépose ses œufs soit en les insérant dans les plantes (type endophyte) ou sur les plantes immergées ou émergées (type épiphyte) qui leur servent de support (Amisoptères), soit en les abandonnant dans l'eau (type exophyte). Les œufs donnent naissance à une pro-larve, puis à une larve qui va subir un certain nombre de mues avant d'atteindre la forme adulte (en général de 9 à 16 mues). La croissance peut s'effectuer en quelques mois, avant l'hiver ou sur un an et plus mais toujours en milieu aquatique (Figure 4).

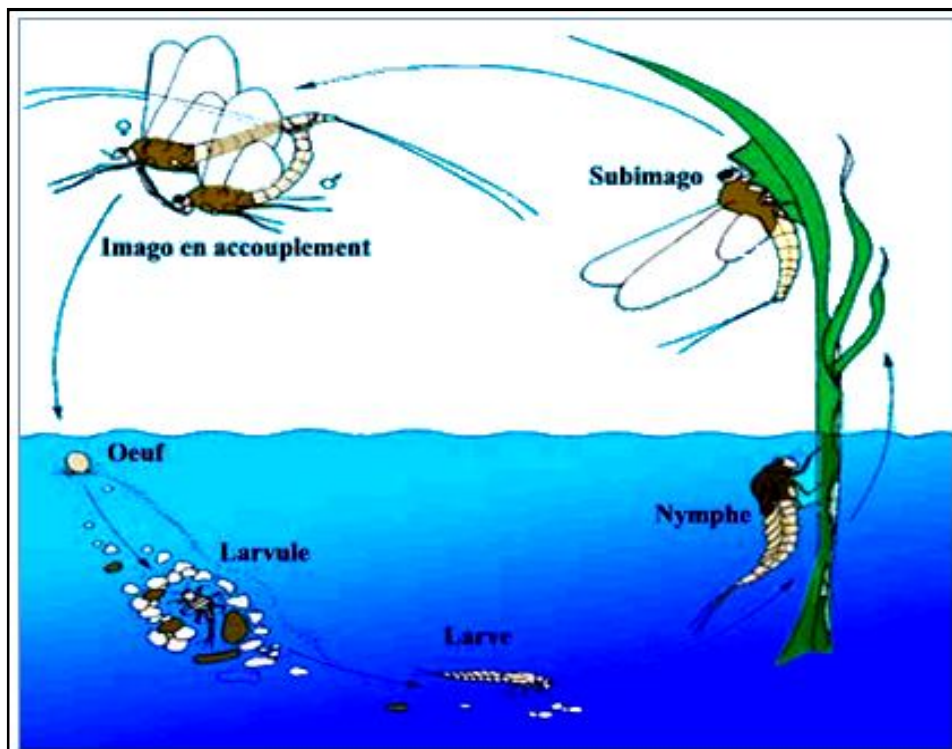


Figure 4 : Cycle de vie des odonates.

Suivis des libellules – ESTRAN Pôle Environnement

2.3.2. La métamorphose et l'émergence

Arrivée au terme de sa croissance, la larve quitte le milieu aquatique (souvent progressivement en quelques jours), grimpe sur une plante ou tout autre support aérien, et opère une dernière mue ou mue imaginale qui la métamorphose en adulte ailé, c'est l'émergence (Figure 5). L'imago reste alors sur place près de la dépouille larvaire nommée exuvie.

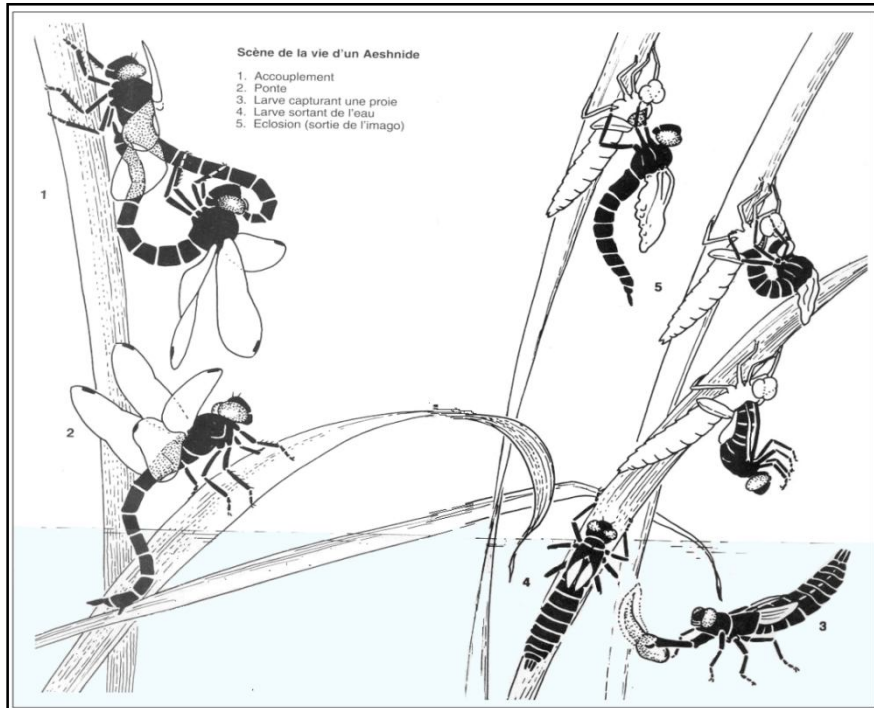


Figure 5 : Schéma de l'émergence de libellule (d'après : G. Jurzitza – Libellules d'Europe).

2.3.3. La maturation sexuelle

L'insecte qui vient de se transformer n'est pas immédiatement apte à la reproduction puisque les gonades des individus fraîchement émergés sont immatures (Needham & Betten, 1901 in Corbet 1962). Il se passe alors une période de maturation pendant laquelle les individus s'éloignent des milieux qui les ont vu naître. Pendant une période plus au moins prolongée (allant de 2 à 45 jours) en fonction de la température, ils vont subir des changements profonds notamment le développement des organes sexuels tandis que les modifications visibles portent, entre autres, sur la couleur du corps. Lorsque la température est basse, cette période est prolongée par une estivation ou une hibernation durant une ou plusieurs semaines.

2.3.4. Le comportement territorial

Les odonates sont des prédateurs au comportement territorial marqué. Le territoire est surtout lié à la sexualité, mais il peut être aussi un simple terrain de chasse. Il comprend un ou plusieurs perchoirs (plantes à feuilles surplombantes, pierres...) dont un seul est préféré et à partir duquel les mâles chassent des proies et repoussent les autres mâles, ainsi qu'une zone, avec des végétaux immergés et flottants, qui constitue un lieu de ponte pour la femelle.

2.3.5. L'accouplement

L'accouplement est original du fait de la conformation des mâles. Le pore génital est situé à l'extrémité de l'abdomen mais ne peut assurer la fécondation. Le mâle doit transférer le sperme à l'intérieur de pièces copulatrices situées sous le deuxième segment. Cette particularité a pour effet que la femelle doit appliquer son orifice génital situé au 9ème segment au niveau de celui du mâle au 2ème segment. Il se forme alors un cœur dit « cœur copulateur ».

2.3.6. La colonisation de nouveaux milieux

Il faut ajouter à cela qu'entre les vols de maturation qui s'effectuent à courte distance et les vols de migration, continus et dirigés dans une même direction, il existe toute une gamme de déplacements permettant à l'espèce de coloniser de nouveaux milieux (Dommanget, 1985).

2.4. Ecologie et importance des odonates

2.4.1. Bio indicateurs

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; Chovanec *et al.*, 2001, 2004 et 2005, Schmidt, 1985; Castella, 1987; Oertli *et al.*, 2005; Indermuhele *et al.*, 2008, Benchalel & Samraoui, 2012), ils 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).

2.4.2. Menace et facteurs limitant les populations d'odonates

2.4.2.1. Le climat

Le climat joue un rôle décisif dans la survie des libellules. Durant les vagues de froid, certains sites de développement larvaires peuvent geler. La survie des espèces les plus thermophiles est dès lors compromise. Durant l'émergence, le vent, la pluie, la grêle peuvent totalement décimer la cohorte d'une journée. L'impact des gouttes suffit à faire tomber un insecte en cours de métamorphose (Jourde, 2010).

2.4.2.2. Les Parasites d'odonates

On ne connaît que très peu de parasites spécifiques aux odonates (Corbet, 1999). Des acariens parasites s'attaquent aux adultes de certaines espèces d'odonates, et certains types d'ooparasites (hyménoptères et chalcidiens) ont également été décrits (Walker, 1953).

De petits hyménoptères, essentiellement des Chalcidoïdés, pondent directement dans les œufs de libellules à ponte endophytique, que leurs larves dévorent. Ces espèces sont qualifiées de parasitoïdes car leur infestation se traduit invariablement par la mort de l'espèce hôte (Jourde, 2010).

2.4.2.3. Les facteurs d'origine anthropique

Destruction et dégradation des milieux aquatiques qui entraînent une disparition des sites de reproduction (eaux closes végétalisées, berges et autres habitats humides) ainsi que l'introduction de poissons dans les plans d'eau qui limitent le développement de la végétation aquatique indispensable à la reproduction des libellules, la fragmentation des habitats : réseau de zones humides insuffisamment dense qui limite les déplacements, l'utilisation de biocides (ex : la démoustication) qui induit une diminution du nombre de proies et fragilise les espèces prédatrices et la pollution des eaux (Poitou, 2009).

2.4.3. Réseau trophique, nourriture et chasse

Les odonates occupent une place importante dans le réseau trophique des milieux humides en tant que proies mais aussi et surtout en tant que prédateurs. L'impact des larves est cependant plus significatif que celui des adultes dans le fonctionnement des écosystèmes humides.

2.4.3.1. Les proies des odonates

Les larves sont carnassières et se nourrissent d'animaux vivants qu'elles repèrent à vue mais aussi vraisemblablement grâce à des poils sensibles aux vibrations engendrées par le déplacement des proies (Bybee, 2005). Elles se nourrissent aussi de larves d'insectes, de vers et de petits crustacés. La libellule se nourrit de presque tous les insectes volants comme les moucheron, les moustiques, les agrions, les papillons et les abeilles. La libellule adulte chasse en volant: elle fait une sorte de panier avec ses pattes et grâce auquel elle attrape les insectes qui lui servent de nourriture.

2.4.3.2. Les prédateurs d'odonates

Les prédateurs des libellules adultes comprennent les oiseaux (plus particulièrement les petits rapaces tels que la Crécerelle d'Amérique, le Faucon émerillon et l'Épervier brun), les grenouilles, les libellules plus grosses et les araignées (Walker, 1953). Les poissons sont probablement les plus importants prédateurs de larves de libellules (Corbet, 1999). Pour les Insectes, on notera les Diptères Asilidae ainsi qu'un certain Cannibalisme entre espèces d'odonates (Legrand, 2001).

2.4.3.3. Les habitats des odonates

Des bassins saumâtres aux lacs de montagne, des zones de source aux stations de retraitements 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).

3. Odonates de Numidie orientale : État des connaissances régionales

3.1. Historique des travaux et publications

La faune odonatologique du nord de l'Algérie a été relativement bien étudiée au 19^{ème} siècle et mise en avant par plusieurs chercheurs (Selys-Longchamps, 1849, 1865, 1866, 1871 et 1902 ; Kolbe, 1885 ; Mc Lachlan, 1897 ; Martin, 1901 ; Morton, 1905 ; Martin, 1910 ; Le Roi, 1915 ; Kimmins, 1934 ; Reymond, 1952 ; Nielsen, 1956 ; Dumont, 1978 ; Samraoui & Menai, 1999 ; Dumont, 2007) et une compilation a été publiée par Martin (1910). Au début du 20^e siècle, les efforts sont passés du nord de l'Algérie au Sahara, qui à cette époque a attiré l'attention principale des naturalistes (par exemple, Le Roi, 1915). Après une période de relative négligence, l'intérêt renouvelé, dans les années 1990, pour les odonates algériens a conduit à une vague de travaux (Souache, 1993 ; Cheriak, 1993 ; Bouguessa, 1993 ; Benchalel, 1994) et publications (Samraoui & Menai 1999; Samraoui & Corbet 2000; Samraoui *et al.*, 2003).

Une liste de 65 espèces a été établie dont 10 (*Calopteryx exul* ; *Calopteryx splendens* ; *Calopteryx virgo meridionalis* ; *Pseudagrion hamoni* ; *Lindenia tetraphylla* ; *Cordulegaster boltonii algerica* ; *Cordulia aenea* ; *Orthetrum brunneum* ; *Pantala flavescens* et *Rhyothemis semihyalina*) avaient été notées dans des travaux antérieurs. Parmi ces 10 espèces, quatre (*C. exul* ; *C. splendens* ; *C. virgo meridionalis* ; *Cordulegaster boltonii algerica*) inféodées aux milieux lotiques, n'ont plus été trouvées depuis un siècle pour cause principale probablement la dégradation de leurs habitats privilégiés (Samraoui & Menai, 1999). *L. tetraphylla* ; *C. boltonii algerica* ; *C. aenea* et *R. semihyalina* ont été considérées comme localement éteintes (Samraoui & Corbet, 2000a).

Toutes les informations recueillies ont fourni une assez bonne connaissance de la répartition des espèces à partir de 1990. Dès lors, des documents récents ont également été publiés (Figure 6).

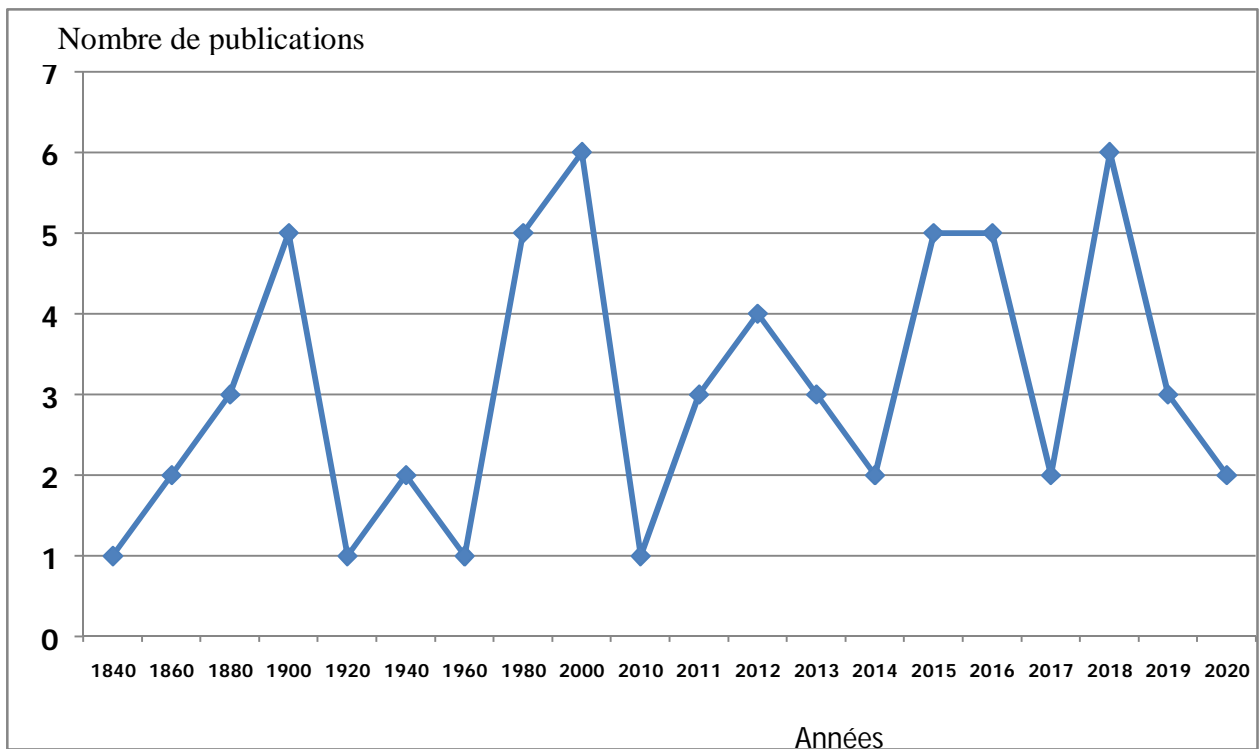


Figure 6 : Evolution dans le temps du nombre de publications scientifiques traitant des libellules d'Algérie.

Néanmoins, plusieurs lacunes de connaissances identifiées par les principaux travaux de synthèse régionale de chercheurs déjà cités apparaissent cependant importantes à combler afin de pouvoir proposer des mesures d'évaluation et de conservation adaptées. Elles concernent en particulier le manque d'informations sur la dynamique des populations et "l'état de santé" des habitats de reproduction de certaines espèces rares, vulnérables ou sensibles inféodées aux écosystèmes lentiques et lotiques.

C'est ainsi, qu'à partir de 2016, les odonates de la Numidie orientale ont bénéficié en Algérie d'une attention particulière dans le cadre d'un Projet National de Recherche et d'évaluation bio-écologique (CNEPRU, Code: D01N01UN230120150004) (Benchalel, 2016), afin d'atteindre un niveau de connaissance permettant d'envisager la mise en œuvre d'une politique publique régionale efficace et ambitieuse en faveur des odonates et de leurs habitats lotiques en Numidie orientale.

La Numidie orientale, où se situe le Parc National d'El-Kala (PNEK) est un des principaux *hotspots* mondiaux de biodiversité. Elle dispose d'une riche palette de zones humides exclusives au sein du bassin méditerranéen et abrite une biodiversité odonatologique exceptionnelle (Samraoui & Belair, 1997et1998). Les espèces qui y sont répertoriées représentent presque les $\frac{3}{4}$ des espèces algériennes (Samraoui & Corbet, 2000) avec un taux d'endémisme très élevé (Riservato *et al.*, 2009). Le PNEK constitue le complexe le plus diversifié d'Algérie et pour une bonne gestion administrative sur le terrain, ce dernier a été divisé en 03 secteurs de gestion : Le secteur de Bougous, le secteur de Brabtia et le secteur d'Oum Teboul (Oulmouhoub, 2002).

A savoir, que dans le secteur de Brabtia, un constat de dégradation importante des habitats lotiques a été enregistré au cours des deux dernières décennies (Benchalel & Samraoui, 2012; Benchalel *et al.*, 2017 ; Benchalel *et al.*, 2018). Cette dégradation se caractérise essentiellement par la modification des cours d'eau, flux d'eaux usées, pompage continu de l'eau, pâturages intenses et accumulation de déchets organiques en aval des cours d'eau menaçant tous les habitats aquatiques de tout le secteur.

4. Contexte régional de la Numidie orientale

Le Nord-est algérien ou Numidie recèle en son sein un important et vaste éco-complexe de zones humides. On estime l'étendue de cet ensemble de territoire humide à plus de 2000 hectares. L'intérêt biologique majeur de ces régions a suscité la création du Parc National d'El-Kala ([Belouahem-Abed, 2012](#)).

4.1. Cadre de l'étude : le Parc National d'El-Kala (PNEK)

La présente étude a pour cadre le parc national d'El-kala (PNEK), qui constitue un patrimoine naturel important par la richesse biologique de ses habitats. Il a été créé par décret le 23 juillet 1983 et depuis 1990, il est classé Réserve de la Biosphère dans le réseau des réserves du programme MAB (Man And Biosphère) de l'UNESCO pour l'étude et le suivi des modifications qui affectent la planète.

D'une superficie de 80.000 ha, il est composé d'une mosaïque particulière d'écosystèmes, caractérisée par des zones humides dont l'ensemble constitue un complexe considéré comme unique dans le bassin méditerranéen ([De Belair, 1990 & Benyakoub, 1993](#)). Ce territoire est caractérisé par l'existence de cinq grands types d'habitats de haute valeur écologique. L'habitat forestier, les zones humides (les Lacs Oubeira, Tonga et des Oiseaux sont classés sites Ramsar), l'habitat rupicole, l'habitat dunaire et l'habitat littoral. Caractérisé par une importante mosaïque d'écosystèmes, le PNEK abrite une richesse faunistique et floristique diversifiées.

4.1.1. Situation générale et géographie

Le Parc National d'El-Kala appartient à la partie Nord-est du Tell algérien. Il est situé entre 36°55' et 36°90' N et 08°16' et 08°43' E et limité au Nord par la mer Méditerranée, à l'Est par la frontière algéro-tunisienne et au Sud par les monts de la Medjerda (Figure 7). La limite Ouest du Parc est tracée de façon à englober le bassin versant de l'Oued Bougous vers le sud et la ville d'El Tarf plus au nord, puis continue vers l'ouest parallèlement à la route N44 jusqu'au village de Bouteldja, et se prolonge vers le nord jusqu'à l'ouest immédiat du Cap Rosa ([Benyakoub, 1993](#)).



Figure 7 : Localisation géographique de la région d'étude (source: PNEK).

4.1.2. Caractères géologiques et géomorphologiques

D'une manière générale, le relief du parc national d'El-Kala se compose dans sa partie septentrionale d'un cordon dunaire qui s'étend le long de la côte sur une distance de 40 Km, mais aussi vers le sud jusqu'au pied du Djebel Segleb, s'introduisant parfois jusqu'à 24 km dans l'arrière-pays, avec de petites éminences de relief gréseux de faible altitude. Un ensemble de collines ne dépassant pas 600 m de hauteur se situe au Nord, à l'Est et à l'Ouest de la région d'étude. Une plaine alluviale et marécageuse est adossée à ces collines (Joleaud, 1936). Le substratum géologique de la région présente essentiellement des terrains datant du Tertiaire et du Quaternaire.

- **Formations secondaires**

Elles sont schisteuses plus ou moins argileuses de couleur bleue ardoise avec des passages calcaireux est une microfaune d'âge Sénonien supérieur. Ces formations affleurent en plusieurs endroits surtout dans la forêt d'El-Ghorra (Menzel beldi), au niveau du Cap Rosa, sur la rive Ouest du lac Tonga (Daia Zitoune) et à El-Aïoun au lieu dit oued Djenan (Benyacoub *et al.*, 1998).

- **Formations Tertiaires**

Elles sont surtout représentées par les éléments de L'Eocène moyen qui est caractérisé par les argiles de Numidie sur une épaisseur de 300 m environ. Ces argiles occupent les fonds de vallées, les bordures de plaines ; par l'Eocène supérieur qui est caractérisé par les grès de Numidie qui se déposent sur les argiles sur 150 m d'épaisseur. Présents au niveau des monts d'El-Kala, ils sont généralement couverts de forêts de Chêne liège ; et enfin par le Miocène qui est caractérisé par les sables, conglomérats, argiles rouges ou grises, localisés particulièrement dans la région Sud-Est.

- **Formations quaternaires**

Elles sont constituées pour la plupart de dépôts marins et fluviaux. Les limons, sables et galets sont des dépôts fluviaux déposés par les oueds Kebir, Mellila et Bougous. Les dépôts marins éolisés sont des amas dunaires issus de l'érosion par la mer des falaises gréseuses, alors que les dépôts actuels sont des alluvions formant le fond des oueds.

4.1.3. Le Relief

Le relief du PNEK se compose d'une série de dépressions, dont les fonds sont occupés par des formations lacustres ou palustres, et des hautes collines aux formes variées ; des dômes, des escarpements, et des alignements de crêtes généralement couverts par une végétation dense ([De Belair, 1990](#)). Du Nord au Sud, on distingue :

- **Un cordon dunaire littoral**

Le cordon dunaire littoral s'étend d'ouest en est sur une longueur de 40 km et se prolonge vers le sud jusqu'au pied du Djebel Segleb. Il est formé essentiellement de sable quaternaire. En se dirigeant de la mer vers l'intérieur des terres, quatre degrés de formations dunaires peuvent être identifiés ([Joleaud, 1936](#)) :

- 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.

Elles sont colonisées par une végétation dense (Chêne kermès). Bien stabilisées même en cas de destruction du couvert végétal par le feu, elles sont remises en mouvement lorsque l'homme y intervient par l'exploitation immodérée du sable et la destruction de tout le chevelu racinaire qui constitue son principal élément de cohésion (Benyacoub, 1993).

Les principales dunes sont celles du Cap Rosa, de Mezira et de la Messida. Les plaines sublittorales présentent un relief plat à ondulé marqué surtout par les dépressions lacustres et marécageuses (Lacs Tonga, Mellah, Oubeira). L'altitude n'y dépasse pas 60 m.

- **Les plaines sublittorales**

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 d'oued Kébir-Est.. 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 – Est, 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. (Bentouli, 2007 ; Brahimi.2002)

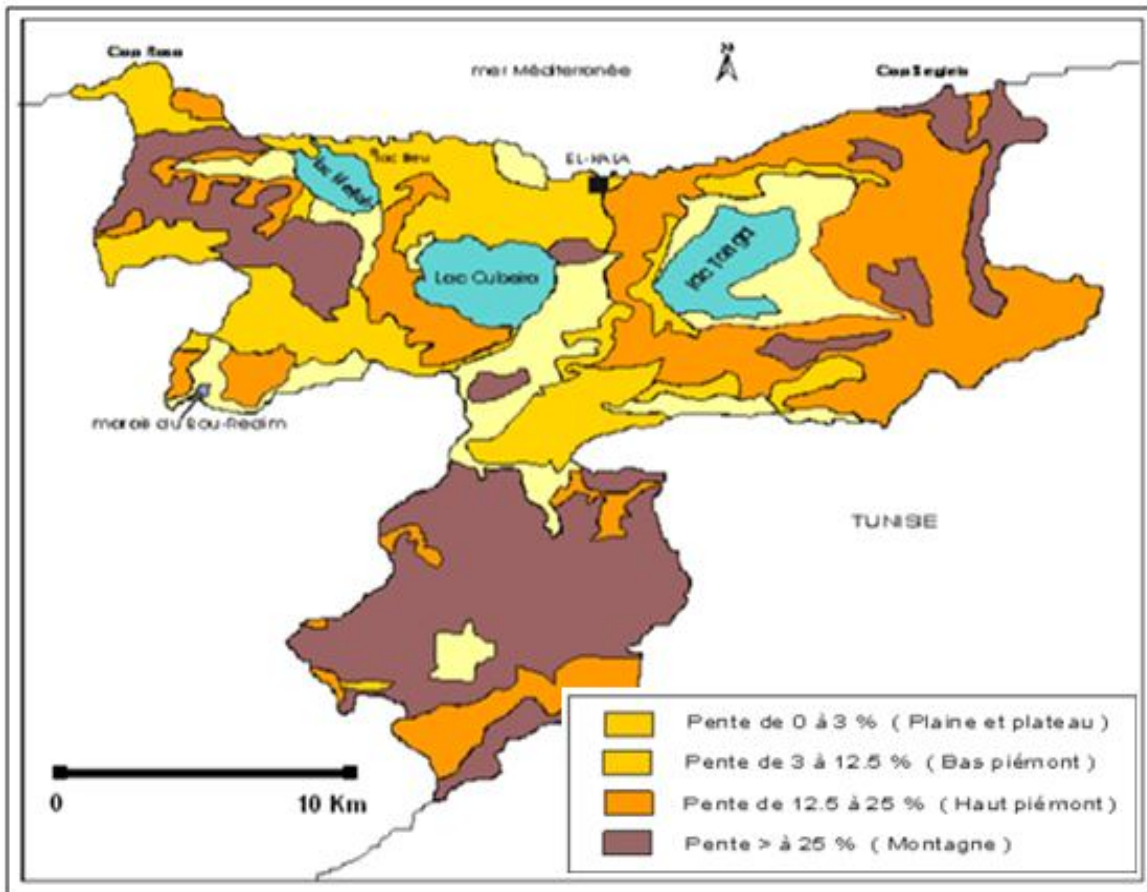


Figure 8 : Carte des pentes de la région d’El-Kala (Bentouili,2007)

4.1.4. Hydrologie

La configuration du terrain de la région d’El-Kala détermine trois systèmes d’organisation hydrographiques (Figure 9) et (Tableau 3) :

- 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) ; il alimente les nappes alluviales et dunaires. Lors des crues, les eaux s’accumulent au niveau des dépressions inter-dunaires ;
- La partie orientale est caractérisée par plusieurs oueds en général à faible débit, ils s’écoulent en majorité dans la plaine d’Oum Teboul;
- La partie Ouest est également parcourue par de nombreux oueds (El-Aroug, Mellah, Reguibet, Boumerchen, Dai El-Graa ...), qui se déversent pour la plupart dans les lacs Mellah et Oubeira (Bouazouni, 2004).

Le parc national d'El-Kala est constitué de sous bassins versants exoréiques et endoréiques. Les bassins versants exoréiques (ouverts et possédant un exutoire) sont soit inclus dans le sous bassin versant de oued Mafragh soit inclus dans le sous bassin versant de Remel Souk. Le seul bassin versant endoréique (fermé), correspond au sous bassin versant de oued la Kale, est inclus dans les bassins versants côtiers d'El-Kala.

L'étude hydrologique d'un bassin versant repose surtout sur l'interprétation des cartes topographiques qui nous permettent de déterminer les lignes de crêtes des bassins où tout écoulement prend naissance à l'intérieur. Le comportement hydrologique d'un bassin versant est évalué en déterminant ses caractéristiques géométriques, orographiques et hydrographiques. Onze bassins ou sous bassins versants :

- Pour le bassin versant de la Mafragh : nous avons distingué le bassin versant de oued El-Kébir- amont, le bassin versant de l'oued Ballouta , le bassin versant de l'oued Bougous , le bassin versant de l'oued Sebaa , le bassin versant de l'oued Bou Redim et le bassin versant du lac Noir qui représentent des affluents de l'oued El-Kebir vers oued Mafragh .
- Pour le bassin versant d'El-Kébir (En Tunisie) : nous pouvons distinguer le sous bassin versant de l'oued Sidi Salem qui s'écoule depuis les territoires algériens vers la mer méditerranée à Tabarka en Tunisie
- Pour les bassins versants côtiers d'El-Kala : nous avons distingué le bassin versant du lac Mellah , le bassin versant du lac Oubeïra , le bassin versant du lac Tonga et un ensemble de sous bassins versants du littoral d'El-Kala d'ordre 1 et 2 et qui se déversent dans la mer ; citant comme exemple le sous bassin versant de oued El-Nahal et le sous bassin versant de oued El-Ksob.

4.1.5. Le paysage lacustre du PNEK :

La région lacustre du PNEK est constituée principalement comme suit (Figure 10) :

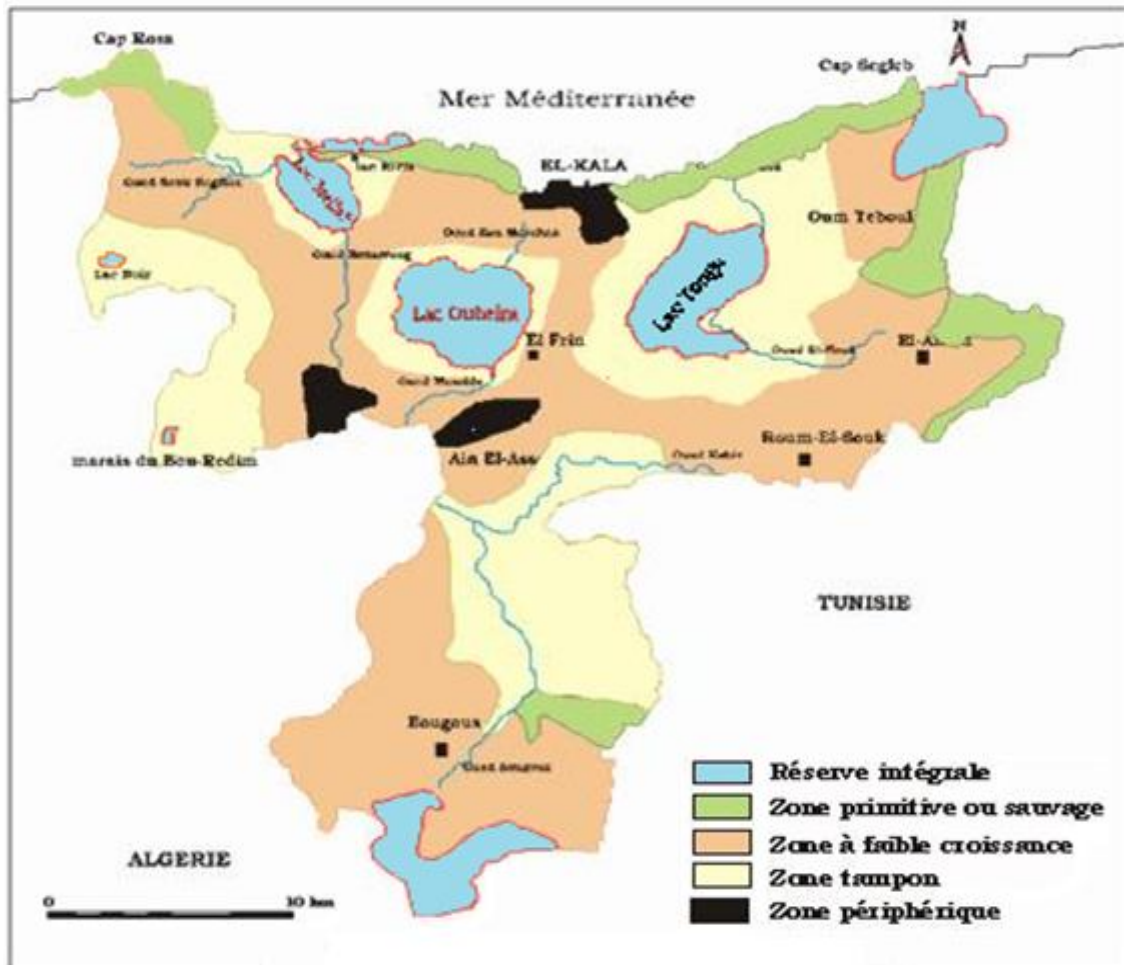


Figure 10 : Système lacustre de la région d’El-Kala (modifié de : <https://docplayer.fr/55567090-Etat-des-lieux-des-zones-humides-et-des-oiseaux-d-eau-en-algerie.html>)

- **Le lac Mellah**

C’est une ancienne vallée fluviale envahie par la mer et qui s’est transformée en lagune, d’une superficie de 860 ha. De forme ovoïde allongée, orienté nord ouest- sud est, le lac Mellah est l’unique lac d’eau saumâtre d’Algérie.

Relié à la mer par un chenal long de 900 m et large de 20 à 40 m, le lac Mellah est alimenté surtout par Oued El-Aroug, Oued Mellah et Oued Reguibet et son bassin versant couvre une superficie de 77 Km². Ce lac recèle une diversité spécifique assez importante. Les groupes systématiques les mieux représentés sur ces fonds sont les polychètes, les crustacés et les mollusques.

- **Le lac Tonga**

Le lac Tonga est classé site Ramsar en 1982, il occupe une vaste dépression côtière d'une superficie de 2600 ha environ. Il communique avec la mer grâce à un chenal artificiel près de la plage de la Messida et s'étend sur 7,5 km de long et 4 km de large. Ce lac appelé aussi Garat El hout, du nom de l'oued El Hout qui s'y déverse avec l'oued Erez . Son bassin versant plus important que celui de l'Oubeira s'étend sur 155 Km². Ce lac héberge une faune et une flore relativement bien diversifiées. Il se singularise par la présence d'espèces rares à rarissimes telles que *Marsilea diffusa*, *Nyphaea alba* et *Utricularia exoleta*. Le lac Tonga est également un site de nidification de nombreuses espèces aviaires avec des effectifs assez importants tel que *Rallus aquaticus*, érismaure à tête blanche, *fuligule nyroca*, *talève sultane*, *blongios nain* *Ixobrychus minimus*, la guifette moustac *Chlidonias hybridus*, *l'ibis falcinelle* *Plegadis falcinellus* (Benyacoub & Chabi , 2000).

- **Le lac Oubeira**

Le lac Oubeira est un étang, c'est-à-dire un plan d'eau douce avec une profondeur maximale autour de 4.2 m et un fond uniforme à très faible pente. Situé à 5 km au sud ouest d'El-Kala, il occupe une surface totale de 2200 ha et il est classé site Ramsar en 1982. Il est alimenté par quatre cours d'eau importants : oued Demat Rihane au Nord, oued Boumerchene au Nord-Est, oued Dey L'Graa à l'est et oued Messida au Sud. En hiver, à l'occasion des fortes précipitations, les eaux de 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, oued Messida ayant cette singularité de couler dans les deux sens selon la crue ou l'étiage. Son bassin versant a une surface de 125 Km². Sa végétation est essentiellement constituée d'halophytes, de scirpes, de roseaux, de châtaignes d'eau et de nénuphars jaunes.

- **Le lac des oiseaux**

C'est un lac d'eau douce d'une superficie de 120 hectares en période hivernale et 70 en période sèche. De par sa localisation au nord de la route nationale 44, le lac des Oiseaux est très favorable pour l'éducation Environnementale. Malgré sa taille réduite, il abrite la nidification de nombreuses espèces rares comme l'Érismaure à tête blanche (*Oxyura leucocephala*), le Fuligule (*nyroca Aythya nyroca*) et la Talève sultane (*Porphyrio porphyrio*) et plusieurs espèces d'odonates. Sa flore est également très riche, pour certaines espèces végétales dont c'est l'unique station (Menai, 2004).

- **Le marais de la Mekhada**

Zone humide palustre d'une surface de 8900 15 000 ha, classée site Ramsar en 2003 ce lac occupe les parties basses de la cuvette de remplissage alluvionnaire de la plaine de la Mafragh. Marais d'eau douce sur sa plus grande partie, sauf la zone de contact avec la mer, où l'eau est saumâtre. Au nord, le marais est bordé par des dunes littorales le séparant de la méditerranée. C'est une immense zone marécageuse d'une profondeur de 0,5 à 1 m. Caractérisé par une végétation émergente sur près de 80 % de sa surface, principalement constituée de trois associations végétales : *l'Oleo-lentiscetum*, *le Scirpetum maritimi* et *le Stuedetum fruticosea*. (Gana, 2013).

- **La tourbière du lac noir**

D'une surface de 5 ha et d'une altitude moyenne de 35 m, la tourbière du lac noir est l'unique tourbière de l'Algérie. Classée site Ramsar en 2003, cette Tourbière prend siège à l'emplacement d'un ancien lac asséché accidentellement. Elle offre le gîte au cerf de Barbarie, à la genette, à la mangouste et à l'hyène rayée. Ce lac était l'habitat du nénuphar jaune et d'un certain nombre de populations délictuelles d'odonates, et il est entouré par plusieurs forages.

- **Le lac bleu**

Petite dépression inter-dunaires d'eau douce d'une superficie de 04 Ha avec une altitude moyenne de 05 m et une de profondeur de 35 m. C'est un site très riche en espèces d'odonates notamment pour une espèce rélictuelle d'affinité Afro tropicale. Classé réserve intégrale au sein du parc et site Ramsar (Belhadj, 1996).

- **Les Sources**

De nombreuses sources existent sur le territoire du parc. Les plus importantes sont celles de Bouglez, Bouredim et El-Bhaim qui totalisent un débit de 150 l/s soit un débit de 12.700m³/j. Nous pouvons citer : Ain Boumalek, Boulif, Ain Darrdara, Khanguet-Aoun, El-Hammam, Ain-Laiche, Ain-Melloul, Ain Sidi-Boutribicha (Samraoui & De Belair, 1997).

4.2. Les Caractères climatiques et bioclimatiques

La zone d'étude est sous l'influence d'un climat subhumide, variant à hiver tempéré à chaud (Emberger, 1955). Il se caractérise par une pluviométrie généreuse dont le total annuel varie entre 710 et 910 mm. Ce climat est de type méditerranéen.

On peut distinguer une saison pluvieuse qui se concentre de novembre à avril avec un bilan hydrique positif et une longue saison sèche et chaude, de mai à octobre, avec un bilan hydrique négatif. La température moyenne annuelle est de l'ordre de 18,08C (Toubal, 1986). Les mois les plus chauds sont juillet et août où la température moyenne oscille autour de 25 C. Ceci est lié généralement au sirocco (De Belair, 1990). Les mois les plus froids sont décembre et janvier. La pluviométrie fort généreuse de la zone d'étude permet non seulement l'entretien du couvert forestier, mais surtout le maintien du réseau hydrographique important existant au sein du Parc.

4.2.1. Les facteurs climatiques

- **Les températures**

Selon Toubal, 1986, ce paramètre est en fonction de l'altitude, de la distance à la mer et de la position topographique. D'une manière générale, la température situe la région d'El-Kala dans le méditerranéen chaud. Elle est caractérisée par une température moyenne annuelle d'environ 18° C. Les mois les plus froids sont décembre et janvier alors que juillet et août sont les plus chauds. Ceci est lié généralement au sirocco (De Belair, 1990). Les températures les plus douces sont observées en octobre, novembre, avril et mai.

- **La pluviosité :**

La région d'El-Kala compte parmi les zones les plus arrosées d'Afrique du Nord (1300 mm/an). La pluviosité, présentant un régime typiquement méditerranéen, est caractérisée par une grande variabilité mensuelle, avec une concentration de la totalité des précipitations sur quelques mois de l'année, soit 50% des précipitations enregistrées en hiver et le reste est partagé équitablement entre l'automne et le printemps. Ce phénomène est à l'origine d'une grande violence et un caractère orageux des chutes de pluies. (Brahimi, 2002).

- **Humidité**

La proximité de la mer jouant le rôle de condensateur des masses d'air tropical et les zones humides depuis les marais de la Mekhada jusqu'au lac Tonga subissant une évaporation parfois intense du fait de l'ensoleillement, durant la saison sèche favorise le maintien d'une végétation éprouvée par un important déficit hydrique. Mesurée en pourcentage, l'humidité de l'air varie entre 74.2% et 78.7% durant l'hiver et au début de l'été. Elle oscille entre 69.9% et 74.2 % en été.

- **Les vents**

Le vent est l'un des éléments le plus caractéristiques du climat. Il a un effet sur les précipitations et les températures activant ainsi l'évaporation (Bahroun, 2006). Ce facteur est susceptible d'influencer les processus d'évaporation et d'évapotranspiration (Maoui, 2006). Les vents dominant du Nord-Ouest avec une vitesse moyenne de 3,35 m/s véhiculent les précipitations les plus importantes venues de l'Atlantique. A l'opposé les vents Sud-Est (le Sirocco) assèchent l'atmosphère et favorisent les températures élevées et les incendies de forêts.

- **Les précipitations**

La pluie est un facteur climatique très important conditionnant l'écoulement saisonnier et par conséquent le régime des cours d'eau ainsi que celui des nappes (Khelfaoui, 2014). La précipitation moyenne mensuelle permet d'avoir une idée sur la variation mensuelle et pluriannuelle des précipitations. Elle est le calcul de la moyenne arithmétique des hauteurs des précipitations du mois considéré sur une période d'années.

- **Diagramme pluvio-thermique**

Appelé aussi le diagramme ombro-thermique, il a été mis au point par Bagnouls & Gaussen (1953). Pour eux, un mois sec est un mois où les précipitations sont inférieures à deux fois les températures moyennes ($P < 2T$).

Le diagramme pluvio-thermique est le mieux placé pour visualiser les mois secs et les mois humides. La courbe des précipitations se positionne au-dessus de celle des températures durant les mois humides.

Ce diagramme nous révèle deux saisons consécutives, l'une humide qui s'étale du mois de septembre jusqu'au mois de mai et l'autre sèche coïncide avec les mois de mai, juin, juillet et août (Figure 11).

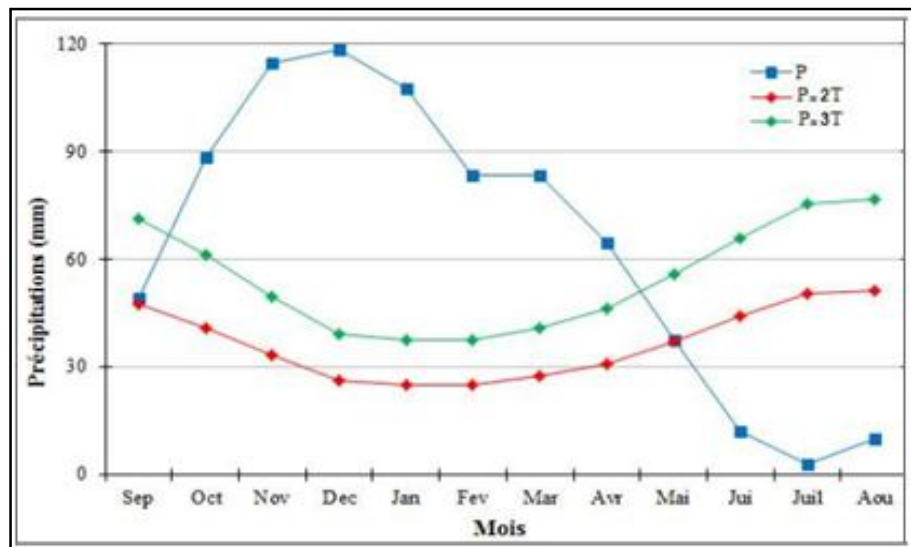
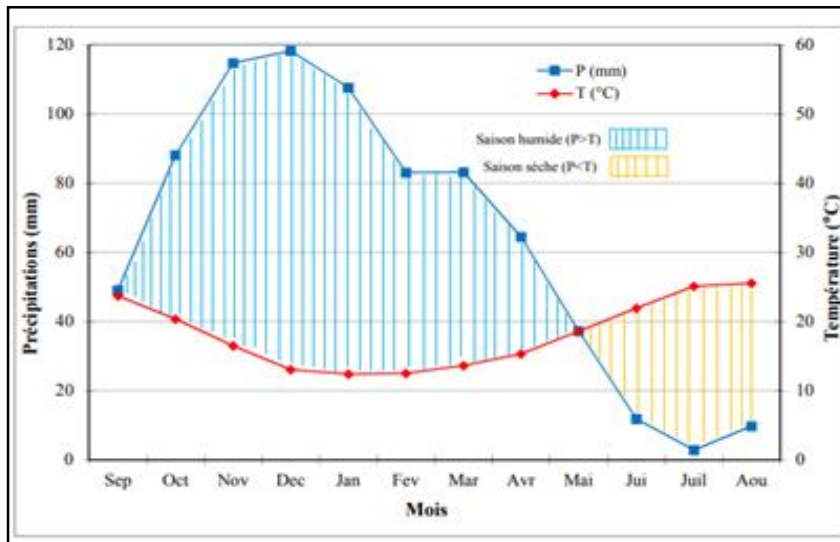


Figure 11 : Diagramme pluvi-thermique (Gausсен – Bagnouis) du parc national d'El-Kala (1971-72-2009-10).

4.3. Richesses patrimoniales du Parc national d'El-Kala

- **Patrimoine floristique**

La région d'El-Kala abrite près du tiers de la flore algérienne avec environ 850 espèces (De Belair, 1990). 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, *Jussieua 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).

- **Patrimoine faunistique**

La diversité des habitats rencontrés au sein du parc a pour conséquence la présence d'une faune particulièrement riche et diversifiée. Les principaux groupes systématiques y sont rencontrés, à savoir les mammifères, les reptiles et les oiseaux. Ces derniers sont incontestablement ceux qui constituent la richesse faunistique la plus spectaculaire du parc. 189 espèces d'oiseaux, dont 21 rapaces. 61 espèces sont protégées par le décret présidentiel du 20 Août 1983 complété le 17 janvier 1995 (Benyacoub *et al.*, 1998). Les mammifères sont représentés par 37 espèces : 14 d'entre-elles sont protégées par la loi et constituent de ce fait un patrimoine réel à préserver. Parmi ces espèces, le cerf de Barbarie constitue le mammifère le plus précieux de la région. Ce dernier, relique des grands cervidés africains, se trouve confiné dans les subéraies qui représentent son habitat idéal. Pour éviter son extinction définitive et assurer son élevage continu, une réserve cynégétique a été installée au sein de la réserve de Brabtia du PNEK. Quant aux reptiles, 3 espèces protégées sont signalées : la tortue grecque qui fréquente surtout les zones voisines des cours d'eau, la tortue Clemmyde observée près du lac noir et le caméléon commun.

5. Approche et orientation de la thèse

Ce document préconise notamment le recueil des connaissances nécessaires à l'évaluation, au suivi et à l'amélioration de l'état de conservation des odonates d'Algérie et de leurs habitats de reproduction. Parmi les enjeux de ce projet, figure en bonne place la conservation des espèces à faible valence écologique notamment les odonates comme le zygoptère, *Calopteryx haemorrhoidalis* (Vander Linden, 1825), une espèce sténoèce dont les larves se développent principalement dans les eaux courantes claires et riches en oxygène.

Les espèces du genre *Calopteryx* se révèlent être de bons bio-indicateurs de la qualité du milieu et d'excellents modèles pour diverses études éco-éthologiques. Leur utilisation comme agents dans la lutte biologique peut s'avérer potentiellement importante, car ce sont des espèces prédatrices polyphages dont le régime alimentaire est basé essentiellement sur les insectes fréquentant les milieux humides (Diptères, trichoptères, Ephémères....) qui sont parfois nuisibles à l'homme (D'aguilar *et al.*, 1985). La réalisation de cette étude a un double objectif :

✓ caractériser les différents cortèges odonatologiques présents au sein de cinq sites de cours d'eau (oued Bouarroug, oued Demat Rihane, oued El-Melha, oued El-Nhal et oued Reguibet) préalablement choisis dans le secteur Brabtia. A travers la détermination du spectre odonatologique, l'étude de la qualité physico-chimique et microbiologique du milieu d'échantillonnage et son influence sur les assemblages d'odonates, nous évaluerons "l'état de santé" actuel du secteur Brabtia dans le Parc national d'El-Kala.

✓ décrire les habitats larvaires utilisés par les différentes espèces autochtones avec un intérêt particulier pour l'espèce *Calopteryx haemorrhoidalis* choisie pour son statut sténoèse et bio indicateur de l'état de santé du secteur de Brabtia. Une caractérisation de son cycle de vie et des différents stades larvaires sur le plan morphométrique (caractères métriques et numériques) sont abordés pour cette espèce. Le présent travail sera la première contribution qui vise à donner une image fidèle sur la distribution et le cycle de vie de cette espèce dans le secteur de Brabtia et dont les seules données disponibles aujourd'hui se limitent aux observations et aux captures d'imagos effectuées par (Samraoui & Menai 1999 ; Benchalel & Samraoui 2012) et aux aspects de sa phénologie à oued Bouarroug (Benchalel *et al.*, 2018).

Après une introduction richement documentée, passant en revue i) les caractéristiques biologique et écologique de l'ordre des odonates, ii) l'état des connaissances régionales sur les odonates d'Algérie et iii) le contexte régional de la région d'étude : la Numidie orientale, ce document est structuré en deux grands chapitres :

- le premier chapitre est une contribution à l'actualisation des connaissances générales sur le peuplement des odonates de Numidie et la caractérisation du secteur Brabtia (P.N.E.K),

- le second chapitre est consacré au monitoring et à la caractérisation de l'espèce *Calopteryx haemorrhoidalis*, à son cycle de vie, à son statut bio-indicateur de qualité des cours d'eau et à la gestion et la conservation de l'espèce et ses habitats naturels.

Une discussion générale à la fin de chaque chapitre reprend de manière synthétique les principaux résultats obtenus et pour terminer, une conclusion générale est présentée et des éléments de perspectives sont ensuite proposés. Les publications et communications issues de ce travail, figurent dans l'annexe.





Chapitre I.

*Contribution à l'actualisation des connaissances
générales sur le peuplement des odonates
du secteur de Brabtia (Numidie orientale)*



Chapitre I.

Contribution à l'actualisation des connaissances générales sur le peuplement des odonates de Numidie et caractérisation du secteur Brabtia (P.N.E.K)

1. Introduction

L'utilisation durable des ressources en eau pour leur exploitation sous différents aspects est essentielle pour la vie de notre société et elle est l'un des défis à relever par les générations futures. Ainsi, la gestion des eaux courantes est d'une grande importance pour le maintien d'une bonne qualité de l'eau, à la fois sanitaire et environnementale. Elle dépend largement de la conservation de la biodiversité dans ces eaux courantes (Fernández Díaz *et al.*, 2003). Les écosystèmes fluviaux supportent des assemblages très riches et diversifiés, avec des adaptations développées qui leur permettent de prospérer dans ces milieux, et qui, en même temps, les rendent très vulnérables à d'éventuelles altérations de l'habitat. Il a été prouvé que la détérioration de la biodiversité altère les performances des écosystèmes en raison de la perte, en nombre, des niveaux trophiques dans les écosystèmes aquatiques (Duffy *et al.*, 2000).

Les rivières et ruisseaux de la région d'El-Kala sont des écosystèmes d'une grande valeur biologique et écologique. Cependant, ils sont parmi les plus fragiles et vulnérables aux changements environnementaux, en particulier ceux liés aux perturbations d'origine anthropique. Au cours des dernières décennies, l'un des impacts majeurs sur l'eau courante a été la modification délibérée des cours d'eau par la construction de barrages et de réservoirs qui altèrent les caractéristiques écologiques de leurs bassins (Benchalel & Samraoui, 2012 ; Benchalel *et al.*, 2017). En outre, la pollution de leurs eaux par les déchets domestiques et industriels, l'utilisation intensive d'engrais et de pesticides dans l'agriculture, ont également largement contribué à l'eutrophisation et à la contamination des écosystèmes d'eau courante (Miller, 1992). Les odonates sont un groupe d'insectes phare qui constitue une partie importante des écosystèmes aquatiques.



Leur sensibilité aux conditions environnementales fait des odonates d'excellents indicateurs des impacts humains, en particulier de la contamination (Clark & Samways, 1996 ; Samways & Sharratt 2010).

Ils sont donc largement utilisés pour surveiller l'intégrité écologique ou la dégradation des écosystèmes aquatiques (Schmidt, 1985 ; Castella, 1987 ; Chovanec & Waringer, 2001,2004 ; Ferreras-Romero, 2009). Longtemps restées peu étudiées en Algérie, les connaissances sur les cours d'eau et leur faune d'odonates n'ont pas augmenté de manière significative jusqu'au début des années 1990. Le nombre de données a ensuite augmenté à partir de 1993 grâce aux travaux de plusieurs chercheurs qui ont principalement ciblé les eaux douces de la région orientale du pays (voir introduction).

Pour contrôler la qualité de l'eau, un suivi biologique et physico-chimique a été mis en place au niveau du secteur Brabtia entre avril 2017 et mai 2018. Plusieurs variables abiotiques ont été enregistrées et la faune odonatologique a été échantillonnée simultanément. L'analyse des spécimens collectés et de leurs indices de diversités biologiques (Shannon-Wiener ou Margalef, équitabilité ...), la classification de Simboura & Zenetos (2002), les paramètres physico-chimiques de la zone d'échantillonnage et un indice odonatologique des cours d'eau algériens (ASOI) ont été utilisés pour étudier la qualité de l'habitat et pour fournir des informations sur les tendances de la pollution des eaux courantes de la région.

A travers la détermination du spectre odonatologique des espèces autochtones et l'étude de la qualité physico-chimique et microbiologique du milieu d'échantillonnage et son influence sur les assemblages d'odonates, nous évaluerons ainsi, "*l'état de santé*" actuel du secteur Brabtia dans le Parc national d'El-Kala. Sensibiliser les gestionnaires et les décideurs pour la conservation des milieux lotiques de la région et de toute l'Algérie ainsi que les populations bio indicatrice qu'ils hébergent est notre souhait.

2. Matériel et méthodes

2.1. Sites d'étude

Dans le cadre de cette étude, cinq cours d'eaux (oued Bouarroug, oued Demat Rihane, oued El Melha, oued El-Nhal et oued Reguibet sur la Figure 12) représentatifs des habitats d'odonates situés dans le Parc National d'El-Kala en Numidie orientale ont été sélectionnés au sein du réseau d'espaces naturels du secteur de Brabtia. Ce dernier couvre une superficie de 26,000 ha du parc contre 24,500 ha du parc pour le secteur de Bougous et 25,938 ha du parc pour le secteur d'Oum Teboul Figure 12).

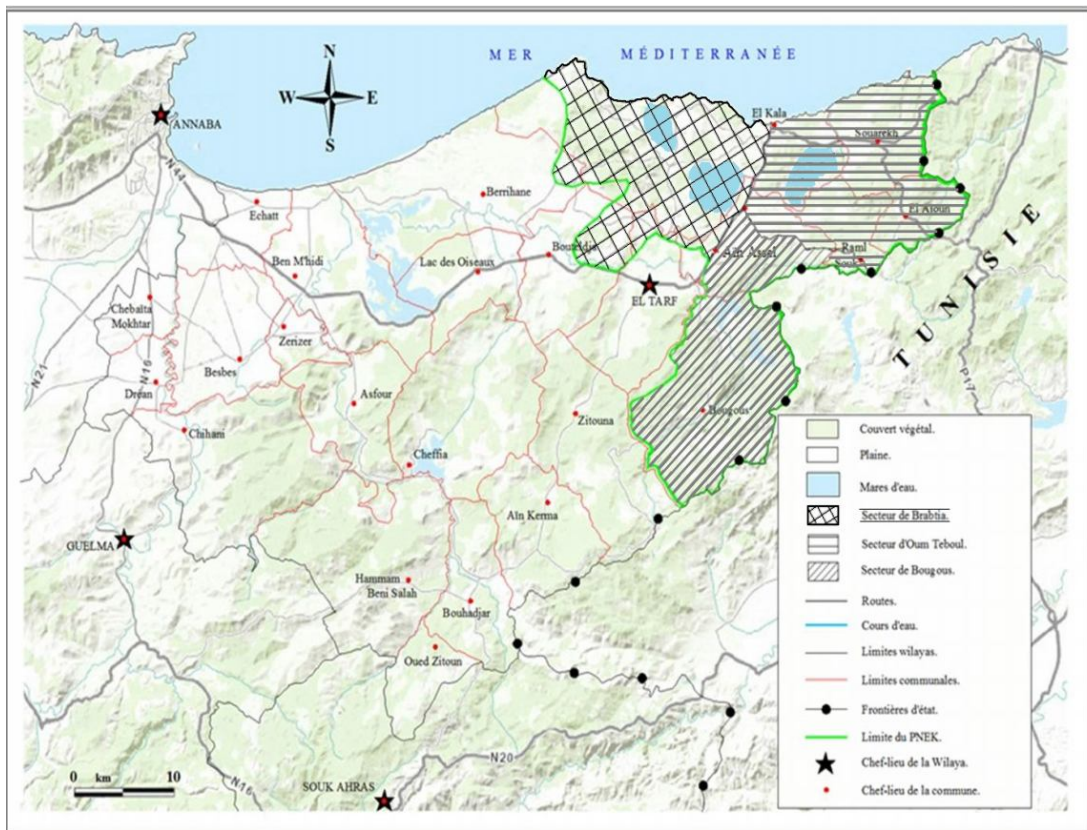
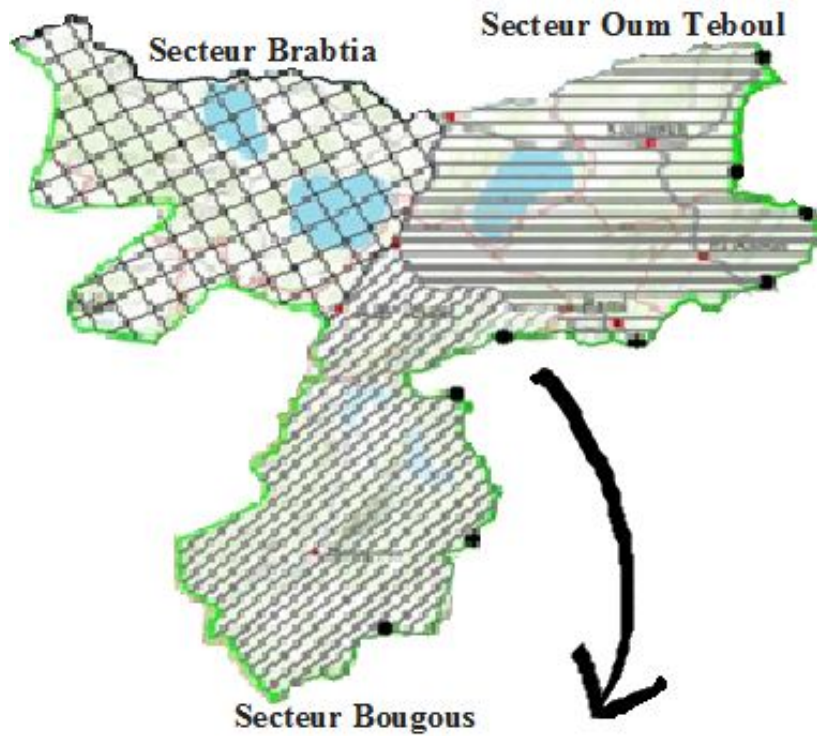


Figure 12 : Localisation géographique du secteur de Brabtia dans le Parc National d'El-Kala.
(Source : extrait carte topographique du Parc National d'El-Kala).

Le système hydrique de ce secteur se présente sous forme de masses d'eau de différentes tailles et de différentes natures essentiellement le lac Oubeira (2200 ha) et la lagune El-Mellah (860 ha.), d'aquifères souterrains et de sources (source de Bouglèz, source de Bourdim et source de Bhaim), ainsi qu'un important réseau de différents oueds (au Sud-est, se trouvent oued Bougous, oued Melloula qui rejoignent oued El-Kébir; oued El-Hout, oued El-Eurg, oued Messida à l'Est, oued Bouarroug, oued El-Mellah, oued Reguibet, oued El-Nhal, oued Boumerchene, oued L'Gràa, oued Demat Rihane à l'Ouest). Les chaabas sont creusées par érosion (Benyacoub *et al.*, 1998).

2.2. Description des cinq sites d'échantillonnage

Durant un cycle annuel complet (2017/2018), l'ensemble des sites pré-identifiés a été prospecté. Les stations d'échantillonnage sont choisies en fonction de l'importance hydrologique et de l'accessibilité au cours d'eau. Les informations présentées ici ont été recueillies dans cinq oueds (oued Bouarroug, oued El-Mellah, oued Demat Rihane, oued El-Nhal et oued Reguibet) (Figure 13). Les détails des habitats échantillonnés durant la période d'étude sont mentionnés dans le tableau 4.

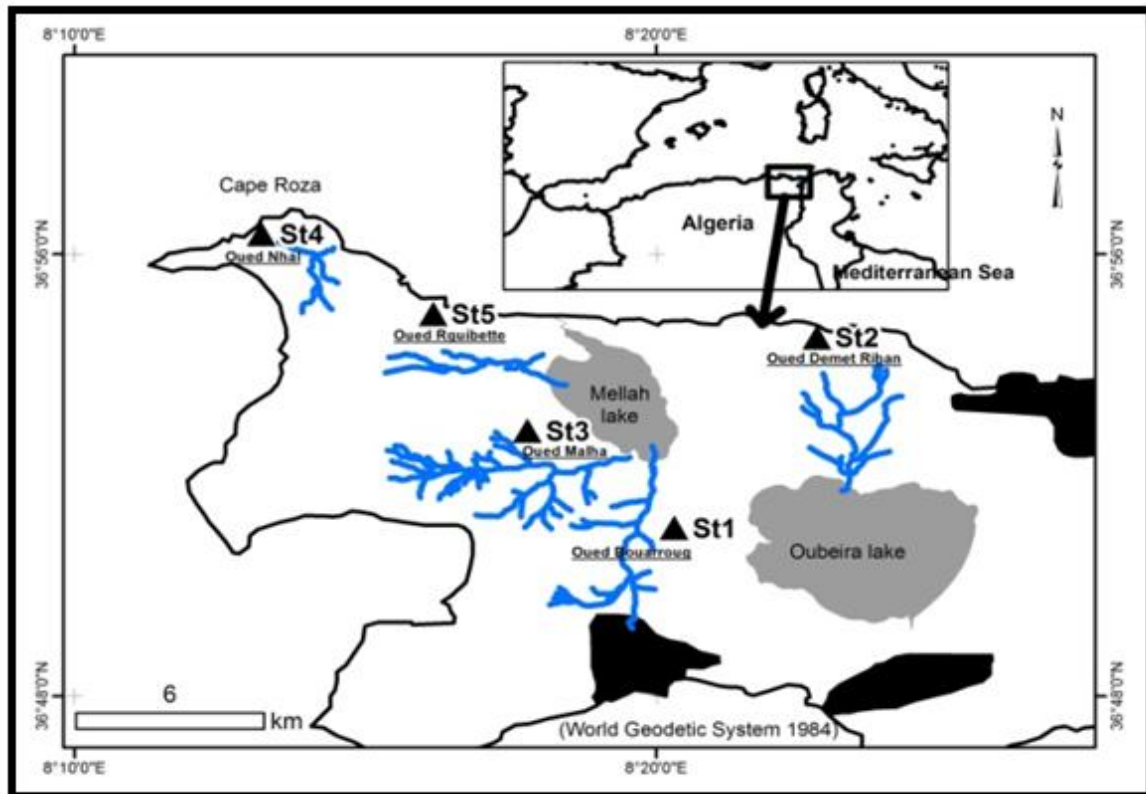


Figure 13. Localisation géographique des cinq Oueds échantillonnés dans le secteur Brabtia

**Tableau 4:** Noms des sites, codes, longueurs, coordonnées géographiques et débouchés des cours d'eau.

Sites	Code	Longueur(km)	longitude	latitude	exutoires
Oued Bouarroug	St.1	5	8,32767	36,8484	Lac Mellah
Oued Demat Rihane	St.2	1.5	8,38334	36,8689	Lac Oubeira
Oued El-Melha	St.3	7	8,31057	36,8683	Lac Mellah
Oued El-Nhal	St.4	3.5	8,23553	36,9325	Plage Cap Rosa
Oued Reguibet	St.5	8	8,26402	36,9027	Lac Mellah

2.2.1. Oued Bouarroug : (code : St 1)

A partir de l'extrême partie méridionale et marécageuse du lac Mellah, l'oued Bouarroug (Figure 14) long de 5 km environ traverse successivement selon une direction Nord-sud un banc de dunes littorales (Neopleistocene), puis poursuit sa traversée à travers des couches argileuses dites de Numidie (Eocene 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 (Neopleistocene) pour déboucher dans l'oued El-Kébir. Depuis sa source, oued Bouarroug traverse, dans une plus grande partie de sa longueur, le parc animalier de Brabtia (30 ha situé à 800 mètres de la route départementale W109).

Oued Bouarroug (St.1) à débit moyen à rapide, un substrat de sable et de gravier, une profondeur moyenne de 0,17 à 0,38 m et une largeur de lit moyenne de 3 à 7 m au niveau des stations d'échantillonnage.

Le site abrite une abondance de végétation riveraine et aquatique variée (*Acacia mimosa* ; *Rubus ulmifolius*; *Alnus glutinosa* ; *Osmunda regalis* ; *Callitriche obtusangula* ; *Quercus coccifera*).



Figure 14 (a et b). Photos de deux stations caractéristiques de l'habitat St 1 "Oued Bouarroug" secteur Brabtia (*Cliché EcoSTq, 2016*).

2.2.2. Oued Demat Rihane : (code : St 2)

Oued Demat Rihane est un des affluents du lac Oubeïra (*Messerer, 1999*). Ce dernier se situe près des lacs Mellah et Tonga (Figure 15). C'est un lac endoréique, d'eau douce et permanente. Il est en forme de cuvette à fond plus ou moins plat légèrement incliné vers le Nord, d'origine naturelle ayant une profondeur maximale de 4 m. Le lac, avec la région d'El-Kala, se place dans l'étage subhumide à hiver chaud, avec des vents permanents à dominance Nord-Ouest.



C'est le seul grand site du complexe humide de la région qui présente une organisation spatiale typique en ceintures de végétation (Hélophytes) avec une importante superficie colonisée par des herbiers flottants d'Hydrophytes.

Avec une longueur de 1.5 Km, ce cours d'eau est échantillonné sous un pont routier qui le divise en deux parties. Son eau se caractérise par une vitesse d'écoulement moyenne, bien oxygénée et bien claire. Le substrat est de sable, de gravier et de limon, la profondeur moyenne de 21,5 à 61,5 cm et la largeur de lit moyenne est de 3,1 à 4,7 m.

Les deux rives sont surmontées par *Acacia mimosa* ; *Hedera algeriensis* ; *Mentha x rotundifolia* ; *Rubus ulmifolius* et *Alnus glutinosa*. et une végétation riveraine dominée par : *Nasturtium officinale* ; *Verbena officinalis* ; *Polygonum senegalae* et *Rubus ulmifolius*.



Figure 15 (a et b). Photos de deux stations caractéristiques de l'habitat St2 "Oued Demat Rihane" secteur Brabtia. (Cliché, M. Beddiar. 2018).



2.2.3. Oued El-Melha: (code : St 3)

Est issu de la bordure méridionale du lac Mellah (Figure 16). 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 kms, 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'infiltré enfin au niveau de Rass el Fedja en un réseau de nappes aquifères pour surgir ça 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.



Figure 16 (a et b). Photos de deux stations caractéristiques de l'habitat St3 "Oued El-Melha" secteur Brabtia. (Cliché, M. Beddiar. 2018).



Le cours d'eau est caractérisé par un courant moyen. Le substrat est constitué de : sable, cailloux, blocs et de gravier. Sa profondeur varie entre 52,5 et 27,2 cm et la largeur du lit oscille entre 5 et 9 m. Ce site est très ensoleillé avec une couverture végétale dégagée, dominée essentiellement par : *Bruyère Erica arborea* ; *Laurus nobilis* ; *Pteridium aquilinum* ; *Alnus glutinosa* et *Polygonum senegalense* pour la ripisylve et de : *Cyperus corymbosus* ; *Salix pedicellata* ; *Carex distachya* ; *Poa trivialis* ; *Tamu scommunis* ; *Juncus effusus* et *Erigeron canadensis* pour la végétation aquatique et semi-aquatique.

2.2.4. Oued El-Nhal : (code : St 4)

Ce cours d'eau est l'un des principaux Oueds situés au sein du Parc National d'El-Kala (Figure 17 (a et b)).



Figure 17 (a et b). Photos de deux stations caractéristiques de l'habitat St4 " Oued El-Nhal" secteur Brabtia. (Cliché, M. Beddiar. 2018).



D'une longueur de 3.5 Kms, il est en communication avec le Cap Rosa à une vingtaine de kilomètres à l'Ouest d'El-Kala , qui s'avance franchement dans la Méditerranée où ce dernier marque sa limite entre le golfe d'Annaba et celui d'El-Kala..

Cet habitat correspond à des milieux lotiques d'eau douce à vitesse de courant moyennement rapide, Les variations du niveau d'eau sont modérées au cours de l'année et les assèchements sont rares. Le site est dominé par le sable, le gravier et le limon comprend une multiplicité de micro habitats de différentes caractéristiques.

La profondeur moyenne est de 88,5 à 21,4 cm et la largeur moyenne du lit est de 4 à 6,8 m Le site se caractérise par une eau claire bien oxygénée, un bon ombrage assuré par une végétation dense, bien variée dominée par *Laurus nobilis* ; *Pteridium aquilinum* ; *Alnus glutinosa* ; *Rubus ulmifolius* pour la ripisylve et de : *Ampelodesmos mauritanicus* ; *Pistacia lentiscus* ; *Nasturtium officinale* ; *Apium nodiflorum* ; *Callitriche obtusangula* ; *Carex sylvatica* pour la végétation aquatique et semi-aquatique.

2.2.5. Oued Reguibet : (code : St 5)

Prenant naissance au niveau d'une région marécageuse située a l'extrémité Nord-Ouest de la dépression du lac Mellah dans la forêt du Koursi, l'oued Reguibet, issu d'un véritable réseau chevelu de chaabates et de petits Oueds (Chaaba ben dermim , chaaba Benrahma , Chaaba ben chaouata, oued Ben Zexe, oued el Kleb , oued Bouhadjla ..). Il traverse selon une boucle de direction Ouest–Est longue de près 8 Kms (Figure 18).



Figure 18 (aetb). Photos de deux stations caractéristiques de l'habitat St5 "Oued Reguibet" secteur Brabtia. (Cliché, M. Beddiar. 2018).



Ce cours d'eau est ensoleillé avec un substrat de sable, de blocs, galets et limon. Sa profondeur varie entre 14,4 et 51,7 tandis que la largeur du lit varie entre 1,2–3,3 m, la vitesse de l'eau est variable le long de l'année et présente un débit moyennement rapide. Ses rives sont garnies de plantes telles que *Laurus nobilis* ; *Pteridium aquilinum* ; *Alnus glutinosa* pour la ripisylve et : *Ranunculus repens* L. ; *Pistacia lentiscus* ; *Potamogeton nodosus* ; *Polygonum senegalae* ; *Apium nodiflorum* ; *Callitriche obtusangula* pour les plantes aquatiques et semi aquatiques.

2.3. Méthodologie d'échantillonnage

La notion d'intégrité ou de santé des écosystèmes nécessite de prendre en compte simultanément des paramètres abiotiques (chimiques et physiques) et biotiques (biologiques) (Genin *et al*, 1997).

2.3.1. Échantillonnage des variables environnementales

Différentes variables environnementales pouvant influencer le développement des populations d'odonates ont été relevées sur les mêmes stations précédemment choisies afin de pouvoir identifier les principales exigences et habitats écologiques.

Les données relevées par les services de météorologie de la région ont également été consultées afin de déterminer si les conditions au cours de l'étude étaient conformes à la tendance climatique générale observée ces dernières années dans la région d'étude. Entre avril 2017 et mai 2018, lors de chaque sortie sur le terrain ont été enregistrés, *in situ* en utilisant un paramètre multi-champ au niveau des emplacements géographiques choisis de l'amont vers l'aval sur chaque cours d'eau, les paramètres suivants:

- les températures de l'air et de l'eau,
- le pH,
- l'oxygène dissous,
- la conductivité,
- la profondeur de l'eau et largeur du lit,
- la vitesse du débit de l'eau,
- la description des habitats (substrat et végétation rivulaire).



Deux échantillons d'eau ont été, ensuite, prélevés à une profondeur de 30 cm sous la surface de l'eau et sont stockés à 4°C dans des flacons en polyéthylène, propres et stérilisés pour l'analyse *in vitro* au sein des laboratoires de l'agence ADE de la wilaya d'Annaba.

Les deux prélèvements d'eau ont été effectués le premier pendant la haute eau (mois de Janvier 2018) et le second pendant la basse eau (mois de juillet 2018) et ont fait l'objet de différents examens :

*dans un premier temps d'une analyse de certains paramètres de pollution :

- les nitrates (NO₃-),
- les nitrites (NO₂-),
- le phosphore (P)
- la turbidité conformément au manuel de procédure HACH (Bellil *et al.*, 2016).

*dans un second temps, une analyse pour la recherche de bactéries et de coliformes microscopiques (coliformes totaux, coliformes fécaux et des streptocoques fécaux). Les résultats des analyses sont traités ensuite pour tirer des conclusions.

2.3.2. Échantillonnage et inventaire des populations d'odonates

Des sorties hebdomadaires ont été effectuées tout au long de l'année d'échantillonnage (avril 2017 – mai 2018). Les relevés ont uniquement été réalisés lorsque les conditions météorologiques étaient considérées comme optimales pour le vol des imagos (Corbet, 2004 ; Lambret & Stoquert, 2011). Ces conditions ont été définies dans le cadre de travaux antérieurs (Bouziane, 2018) par les paramètres suivants : [Vent : < 20 km/h ; Nébulosité : <50% ; Température : 23-30°C ; Pluviosité = 0mm]. Lorsque ces contraintes ne pouvaient pas être respectées, l'échantillonnage a été décalé dans la mesure du possible d'un ou plusieurs jours.

La période la plus propice au suivi des odonates dans la journée, est située entre 10 et 14 heures. L'inventaire repose sur l'observation des espèces dont l'identification s'effectue à vue d'œil à une distance égale ou inférieure à 5 m le long des cours d'eau et tout imago observé est noté ou photographié pour identification au laboratoire (Dijkstra & Lewington, 2006 ; Grand & Boudot, 2007) notamment certains comportements (accouplements, pontes, territorialité) qui peuvent apporter des informations utiles sur le statut des espèces inventoriées. Notons que la recherche des odonates adultes ne doit pas uniquement être effectuée dans les milieux aquatiques mais également aux abords immédiats (haies, prairies, arbres...), constituant des zones de chasse et de maturation où les odonates passent de 2 à 35 ou 50 jours selon les espèces (Grand & Boudot, 2006).



L'étude des larves a demandé plus de travail car cette approche amène la preuve de l'indigénat (SFO, 2006). Pour obtenir une estimation de la productivité de ces espèces *in situ* on s'intéresse bien à leur développement larvaire. L'échantillonnage des larves se fait à l'aide d'un filet troubleau et elles 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 nom de station et l'identification est faite en se basant sur une synthèse de plusieurs travaux (Aguesse, 1968; Aguilar & Dommanget, 1985, 1998) et des clés d'identification (Heindemann & Seidenbusch, 2002). La récolte des exuvies n'était pas aisée mais très informative car, ces dernières nous donnera des informations complémentaires sur des espèces plus discrètes ou difficiles à capturer et confirme le statut résident des espèces (autochtonie).

2.3.3. Analyse des données

2.3.3.1. Tests statistiques et ACP

La méthode de traitement employée est basée sur l'analyse de la variance (ANOVA) utilisée pour analyser les différences entre les moyennes de groupes dans un échantillon. Les indices écologiques de la diversité et de la structure des peuplements ont été utilisés et sont les expressions mathématiques qui fournissent les meilleures informations sur la structure et la diversité des peuplements. La mesure de la richesse taxonomique, de la diversité et de l'équitabilité est utile pour caractériser un peuplement, la comparaison globale de différents peuplements ou l'état d'un même peuplement étudié à différents moments.

L'indépendance et la linéarité des relations entre les variables environnementales relevées sur les stations d'échantillonnage ont été vérifiées à l'aide de matrices de corrélation de Rang de Pearson (Jolliffe, 2002). Le coefficient de corrélation de Pearson est une mesure de la force de la relation linéaire entre deux variables, et prend des valeurs dans l'intervalle fermé $[-1, +1]$, pour témoigner d'une forte corrélation positive de la variable dépendante avec la variable indépendante.

L'application d'indices écologiques, en tant que descripteurs de "*l'état de santé*" de l'environnement, a été déterminée à l'aide du modèle proposé par (Simboura *et al.*, 2002). Les paramètres de pollution sont classés selon cinq classes de qualité correspondant aux couleurs standards.



Une Analyse en Composante Principale (ACP) normée sans rotation des axes a été réalisée avec le logiciel « XLSTAT 2014 » sur l'ensemble des variables environnementales relevées (Pearson, 1901 ; Balzan, 2012 ; Van Praet *et al.*, 2012). Seules les variables les mieux corrélées avec les axes factoriels retenus ont été sélectionnées pour la représentation graphique finale de l'ACP.

- **l'analyse de la variance (ANOVA) :**

Est un modèle statistique utilisé pour comparer les moyennes des échantillons. Procédure de calcul d'une ANOVA

- Déterminer si les échantillons varient de la même manière.
- Si nous démontrons l'homogénéité des variances, alors nous pouvons comparer les moyennes de ces échantillons.

Problèmes liés à l'égalité des variances

Test de l'homogénéité des variances

- $(H_0)_\sigma$: les variances sont homogènes
- $(H_1)_\sigma$: Au moins une des variances est différente des autres

→ Utilisation d'un test de comparaison de plusieurs variances

Conclusion :

- Si $(H_0)_\sigma$ est rejetée : il est théoriquement impossible de comparer des échantillons qui ne varient pas de la même manière.
- Si $(H_0)_\sigma$ n'est pas rejetée : par conséquent, il est possible de comparer les moyennes de tels échantillons.

- **La Corrélation de Rang de Pearson**

Est le sens de la relation linéaire entre les deux variables : Le coefficient de **corrélacion**, qui présente finalement la covariance standardisée, varie entre - 1 et 1. Un coefficient de 1 indique une **corrélacion** positive parfaite entre les deux variables.



- **Le débit**

Le débit d'un cours d'eau est la quantité d'eau qui s'écoule, exprimée en mètres cubes par seconde (notées m³/s), il est calculé selon la formule suivante :

$$D = d \text{ (m}^3\text{) / t (s)}$$

2.3.3.2. Les indices écologiques de diversité et de structure du peuplement

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 de l'état d'un même peuplement étudié à des moments différents (Barbault, 1995).

- **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). Pour la présente étude, la richesse totale est le nombre total des espèces obtenu à partir du nombre total des relevés.

- **Abondance**

Quantité relative au 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).

$$Fr (\%) = 100 \times n_i / N$$



• **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 & 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 Equitabilité.

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

$$Pi = n_i / N$$

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

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

S : Richesse totale de ce peuplement.
H' Max : La diversité théorique maximale.

• **Equitabilité**

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

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



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

Cet indice ne tient pas compte de l’abondance relative des taxons, il est défini par la relation suivante :

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

n_i : nombre d’individus d’une espèce de rang i.

N : nombre total d’individus.

- **Indice de Simpson**

L’étude de l’indice de diversité de Simpson représenté par 1-D, dont le maximum de diversité est représenté par la valeur 1, et le minimum de diversité par la valeur 0 (Schlaepfer & Bütler, 2002). Il donne plus de poids aux espèces abondantes qu’aux espèces rares. Le fait d’ajouter des espèces rares à un échantillon, ne modifie pratiquement pas la valeur de l’indice de diversité.

L’indice d’équitabilité de Simpson permet de traduire la dominance d’une espèce (ED tend vers 0) ou la codominance de plusieurs espèces (ED tend vers 1).

$$D = \sum N_i (N_i - 1) / N (N - 1)$$

N_i : nombre d’individus de l’espèce donnée. N : nombre total d’individus

2.3.3.3. Classification de la pollution et l’état écologique d’après Simboura & Zenetos, (2002)

La classification de la pollution et l’état écologique des cinq sites échantillonnés a été réalisée à partir de la valeur de H' .

Tableau 5 : Exemple de classification de la pollution à partir de la valeur de H' , dans les habitats sableux/vaseux d’après Simboura & Zenetos, (2002).

	Etat écologique	valeur de H'	Classification de la pollution
	mauvais	$0 < H' < 1,5$	Azoïque, très pollué
	médiocre	$1,5 < H' < 3$	Fortement pollué
	moyen	$3 < H' < 4$	Modérément pollué
	bon	$4 < H' < 5$	zone de transition
	très bon	$H' > 5$	site de référence



2.3.3.4. Classification de l'intégrité écologique des habitats par le ASOI (Algerian Stream Odonatological Index d'après le modèle proposé par [Korbaa et al., \(2018\)](#)).

Nous avons utilisé un nouvel indicateur, l'indice odonatologique des cours d'eau, pour évaluer les aspects de la conservation de la biodiversité des odonates dans les cours d'eau africains méditerranéens en analysant les communautés de libellules selon le modèle proposé par [Korbaa et al., \(2018\)](#).

Cet indice odonatologique des cours d'eau opère au niveau des espèces. La richesse taxonomique, le voltinisme, l'endémisme, le caractère distinctif taxonomique et l'état de conservation régional (UICN) sont des éléments pris en compte pour concevoir cet indice. En conséquence, la présence d'espèces tant endémiques que semi-voltines du Maghreb (*Calopteryx exul*, *Platycnemis subdilatata*, *Aeshna cyanea*, *Boyeria irene*, *Gomphus lucasii*, *Onychogomphus costae*, *O. forcipatus* et *O. uncatius*) peut fournir des informations utiles sur la qualité du refuge de chaque habitat.

L'indice proposé s'appuie sur des données de présence / absence d'espèces et comprend deux éléments :

Le premier repose sur le principe intuitif selon lequel un assemblage d'espèces éloignées est plus diversifié qu'un assemblage d'espèces étrangères apparentées ([Warwick & Clark, 2001](#)). Le seconde est basée sur une évaluation différenciée des espèces semi-voltines, chaque génération a évolué en deux années complètes. Les individus de ces espèces doivent passer au moins un été au stade larvaire. Les espèces endémiques du Maghreb vivant dans les cours d'eau sont également classées différemment. Les sections des cours d'eau où se reproduisent des espèces endémiques doivent être préservées des perturbations dues aux activités humaines et leur conservation doit donc être considérée comme une préoccupation prioritaire.

Deux autres éléments que nous avons pris en compte pour évaluer positivement un cours d'eau donné où est hébergée d'une association de libellules comprenant des espèces à caractère taxonomique relatif élevé et la présence d'espèces menacées selon l'état de conservation régional de UICN. Pour une évaluation différenciée des espèces semi-voltines et endémiques, le facteur 3 est appliqué au nombre de ces espèces trouvées. Ce facteur est le plus petit nécessaire pour parvenir à une discrimination claire des localités abritant un nombre important d'espèces d'odonates présentant un intérêt pour la conservation.



Cela contribuera à la préservation des tronçons de cours d'eau pertinents en les séparant des tronçons accueillant principalement des espèces généralistes sans pertinence pour la conservation. De plus, l'application d'un facteur de 3 permet d'obtenir une plage de valeurs pour l'indice comprise entre 1 et 20, similaires aux plages envisagées dans d'autres indices multimétriques pour l'évaluation des communautés de faune aquatique méditerranéenne par exemple, [Munné & Prat, \(2009\)](#); [Berquier *et al.*, \(2016\)](#).

Le résultat de la multiplication des deux éléments arrive à un site de score ASOI donné, calculé par l'équation suivante:

$$\text{ASOI} = (\mathbf{F} + \mathbf{G}) / 2 (\mathbf{3S} + \mathbf{3E} + \mathbf{R} + \sum \mathbf{RTD} + \sum \mathbf{RLC}) / \mathbf{N}$$

F : nombre de familles.

G : nombre de genres.

E : nombre d'espèces endémiques de Maghreb.

R : nombre d'espèces restantes.

$\sum \mathbf{RTD}$: distinctivité (somme) relative taxonomique. Le caractère distinctif axé sur la nature de chaque espèce a été calculé comme suit ([Freitag & Van Jaarsveld, 1997](#); [White *et al.*, 2014](#)): $\text{RTD} = 1 / \sqrt{(\text{famille} \times \text{genre} \times \text{espèce})}$.

$\sum \mathbf{RLC}$: somme des scores attribués aux espèces menacées par la région ([Samraoui *et al.*, 2010](#)). Les espèces «menacées» obtiennent un score de **2,0**

Les espèces «vulnérables» ont un score de **1,0**

les espèces «quasi-menacées» obtiennent un score de **0,5**

N : nombre total d'espèces.

Il n'y a pas de restriction à l'application de cet index car il est conçu pour les sites où au moins quatre espèces ont été collectées; un faible nombre d'espèces pourrait conduire à une concentration constante.

Tableau 6 : Seuils pour cinq classes proposées pour l'évaluation des cours d'eau selon [Korbaa et al., \(2018\)](#) en supposant une relation linéaire avec la pertinence de la conservation odonatologique.

Classe de pertinence de la conservation		Valeurs du ASOI
Elevé	(High)	=14.6
Bon	(Good)	=12.2? ≈14.6
Modéré	(Moderate)	=9.8? ≈12.2
Pauvre	(Poor)	=7.4? ≈9.8
Nulle	(Null)	<7.4

3. Résultats

3.1. Variables environnementales des cinq hydro-systèmes du secteur Brabtia

Sur une période d'étude de douze mois (avril 2017-mai 2018) cinq paramètres physico-chimiques en plus de la profondeur de l'eau et la largeur du lit mineur ont été enregistrés *in situ* tout le long des cinq cours d'eau dans le secteur Brabtia au niveau des stations identifiées pour abriter une biodiversité d'odonates.

Les résultats obtenus ont révélé deux périodes écologiquement séparées : une période de basse eau (**mai - octobre**) et une période de haute eau (**novembre - avril**). Les variations des paramètres physico-chimiques (températures de l'air et de l'eau, pH, oxygène dissout et conductivité) enregistrés au niveau des cinq hydro systèmes sont représentées par des box plots basés sur les maxima, les minima et les moyennes.

3.1.1. Variables environnementales à oued Bouarroug (St.1)

Température de l'eau et de l'air

L'évolution spatio-temporelle de la température des eaux superficielles est directement liée à celle de l'air, selon un rythme saisonnier (basse eau et haute eau). Ce facteur joue un rôle majeur dans la répartition des espèces et la limitation de certaines activités biologiques.

La température de l'eau fluctue durant l'année selon le même rythme que la température de l'air. Le long du cours d'eau, elle a été d'une valeur maximale de 22,7° C en basse eau et une valeur minimale de 12,3° C en haute eau. Pour la température de l'air, la valeur maximale a été observée en basse eau et elle est de 28.6° C tandis que la valeur minimale en haute eau est de 17,9° C (Figure 19).

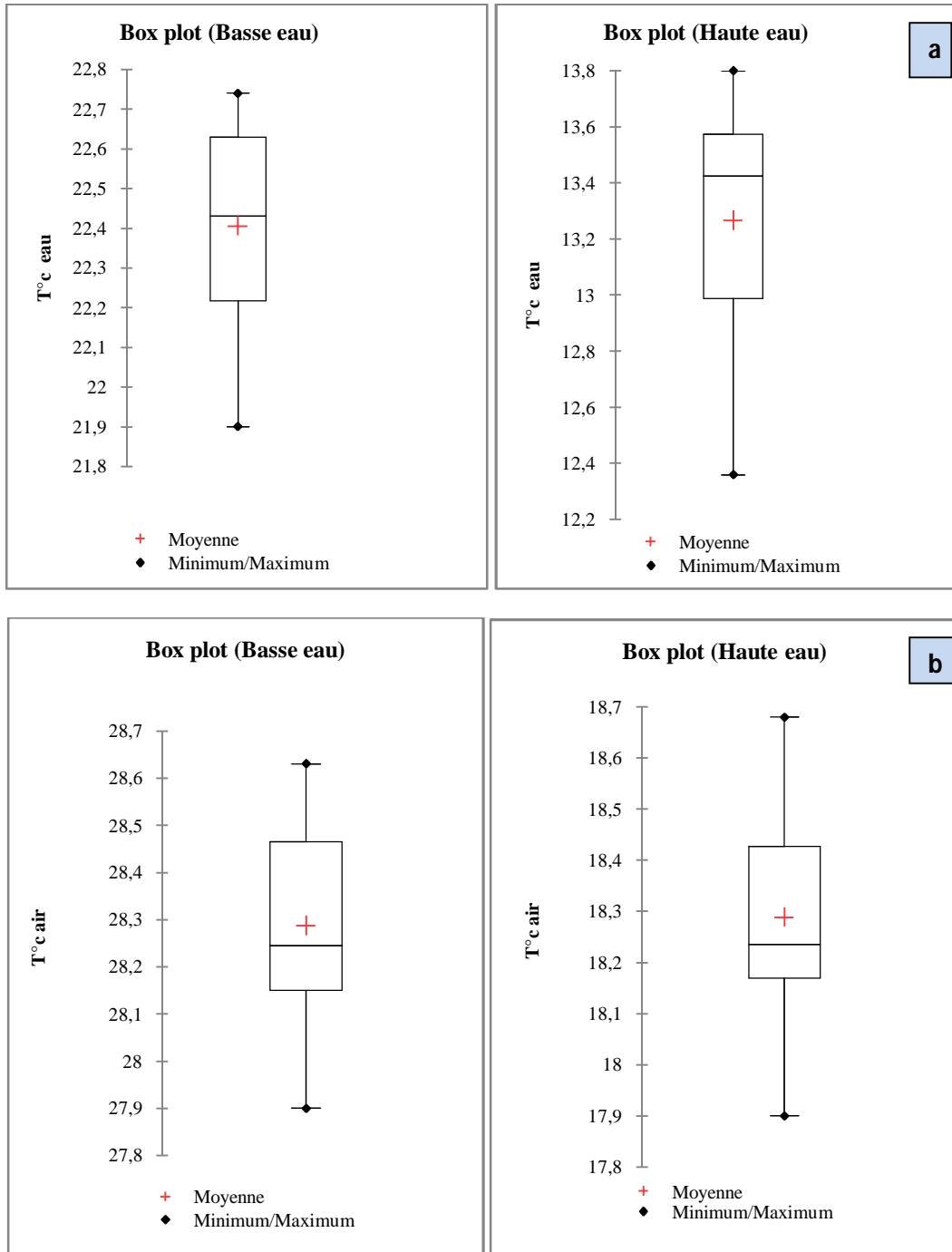


Figure 19 (a et b) : Variation de la température de l’air et de l’eau durant les deux saisons (basse et haute eau) à oued Bouarroug.

• **Analyse de la variance (T° C air et T° C eau)**

L’analyse de la variance à un critère de classification ($\alpha \leq 0,05$) a montré une différence très hautement significative entre les deux saisons hydrologiques (haute eau et basse eau) pour la température de l’eau et de l’air (Tableau I annexe).

- Le test des comparaisons multiples par paires pour saison hydrologique (Tukey (HSD) montre et confirme bien deux groupes séparés, un groupe (A) et un groupe (B).

Tableau 7 : Test des comparaisons multiples par paires pour saison hydrologique (T°C air et eau) (Tukey (HSD)).

Modalité	Moyenne estimée (T°C eau)	Groupes	
Basse eau	22,33	A	
Basse eau	22,47	A	
Haute eau	13,20		B
Haute eau	13,33		B
Modalité	Moyenne estimée (T°C air)	Groupes	
Basse eau	28,43	A	
Basse eau	28,3	A	
Haute eau	18,34		B
Haute eau	18,23		B

Le Potentiel Hydrogène

Les valeurs du pH observées au cours de la période d'étude n'ont pas montré d'importantes fluctuations sur les dix points échantillonnés. On note un pH neutre à faiblement basique avec une valeur minimale moyenne de 6,4 en haute eau et un maximum 7,6 en basse eau (Figure 20).

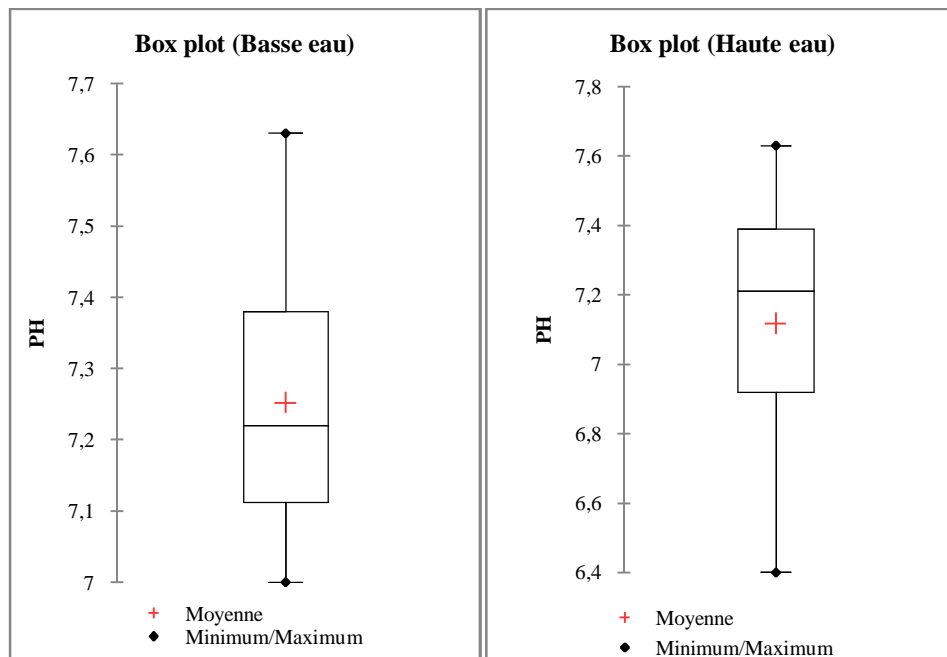


Figure 20 : Variation du Potentiel d'hydrogène de l'eau durant les deux saisons (basse et haute eau) à oued Bouarroug.

- **Analyse de la variance (pH)**

Concernant le pH, l'analyse de la variance à un critère de classification ($\alpha \leq 0,05$) n'a pas montré une différence significative entre les deux saisons hydrologiques, haute eau et basse eau (Tableau II annexe).

- **L'oxygène dissout**

Durant la période d'étude, les teneurs en oxygène enregistrées oscillent entre un maximum de 8,74 mg.l⁻¹ en haute eau et un minimum de 8,12 mg.l⁻¹ en basse eau (Figure 21).

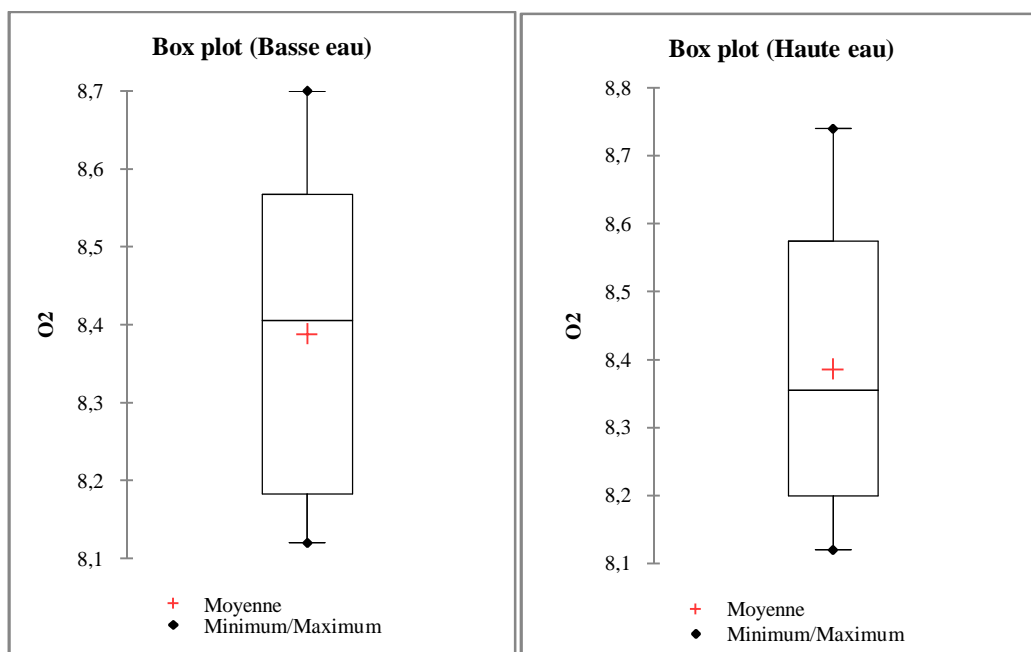


Figure 21. Variation de l'oxygène dissout de l'eau durant les deux saisons (basse et haute eau) à oued Bouarroug.

- **Analyse de la variance (O2)**

Concernant l'oxygène dissout, l'analyse de la variance à un critère de classification ($\alpha \leq 0,05$) n'a pas montré une différence significative entre les deux saisons hydrologiques, haute eau et basse eau (Tableau III annexe).

- **La conductivité**

Sur les dix points échantillonnés, les valeurs moyennes enregistrées fluctuent entre 230,1µs/cm en basse eau et 274µs/cm en haute eau (Figure 22).

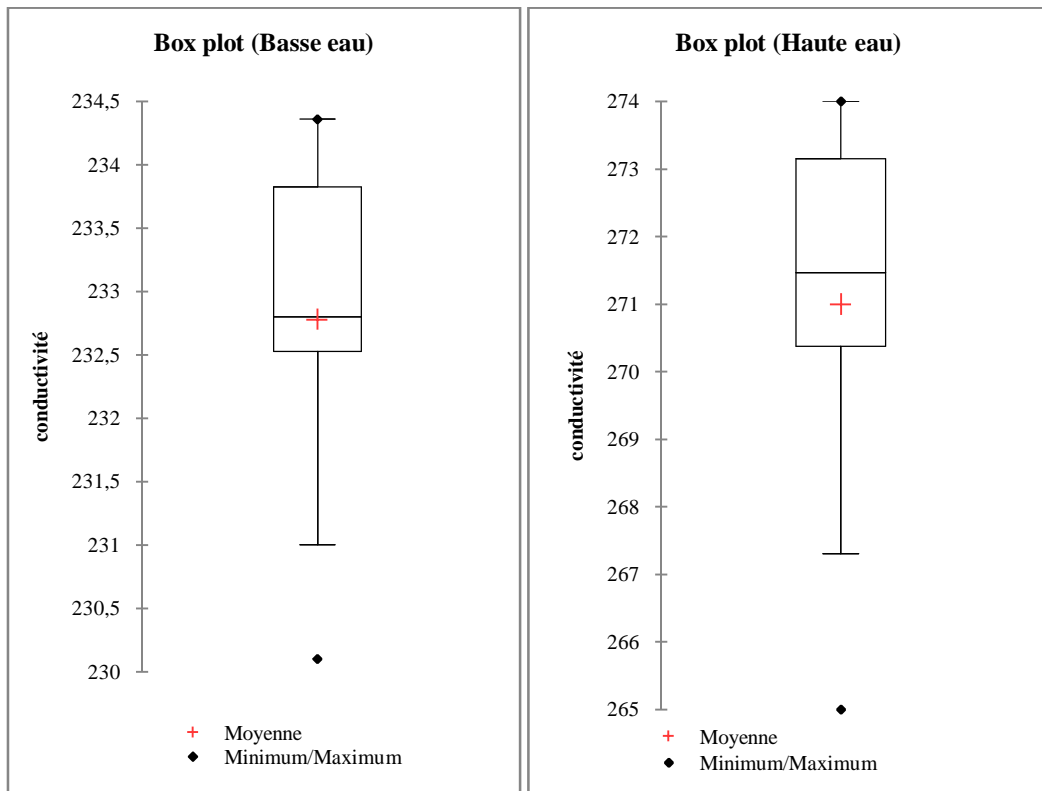


Figure 22 : Variation de la conductivité de l'eau durant les deux saisons (basse et haute) à oued Bouarroug.

- **Analyse de la variance (conductivité)**

L'analyse de la variance à un critère de classification ($\alpha \leq 0,05$) a montré une différence très hautement significative entre les deux saisons hydrologiques (haute eau et basse eau) pour la conductivité (Tableau IV annexe).

- Corrélation de Rang de Pearson

L'étude de la corrélation du Rang de Pearson entre les cinq paramètres physico-chimiques au niveau des dix points d'échantillonnages est résumée dans la carte qui suit (Figure 23 et tableau V annexe).

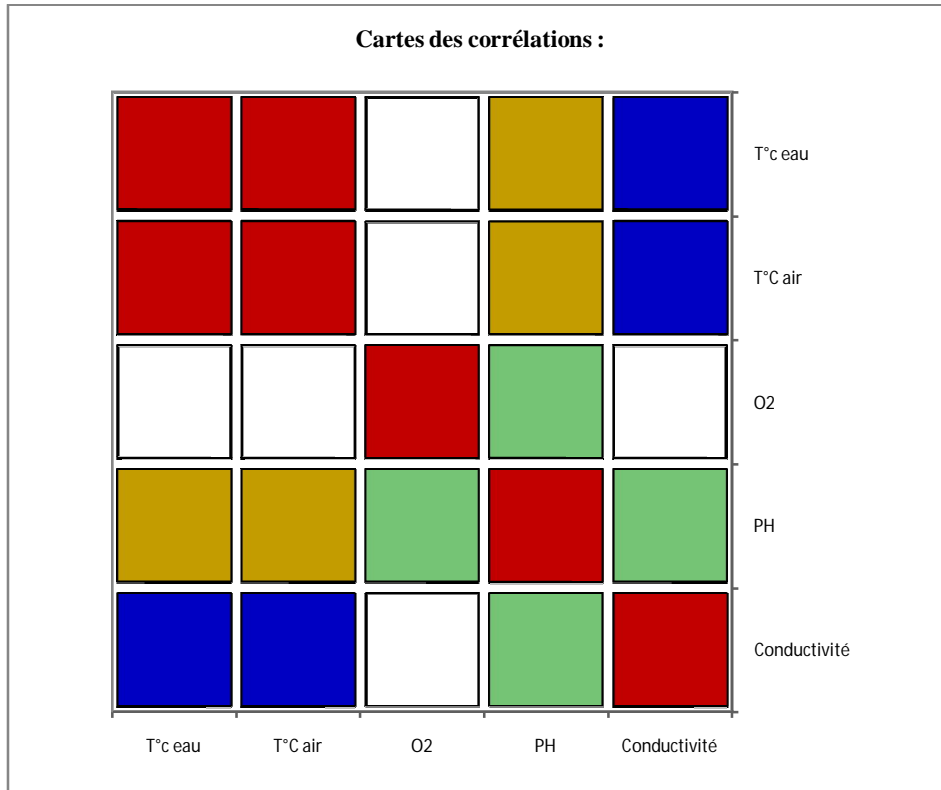


Figure 23 : Carte de la corrélation du Rang de Pearson de l'ensemble des paramètres physico-chimiques.

- Les résultats obtenus indiquent :

- une corrélation positive très hautement significative entre la Température de l'air et de l'eau, ($r = 0,99$; $p < 0,0001$)
- une corrélation négative très hautement significative avec la conductivité et la température de l'eau et de l'air ($r = - 0,98$; $p < 0,0001$).

3.1.2. Variables environnementales à Oued Demat Rihane (St.2)

✚ La température de l'air et de l'eau

Les résultats obtenus ont révélé que les températures de l'air et de l'eau ont varié selon un même rythme sur les deux saisons hydrologiques au niveau des dix points d'échantillonnage. Pour la température de l'eau, la valeur maximale est observée en basse eau et elle est de 24,9° C et la valeur minimale est obtenue en haute eau et elle est de 13,4° C. Pour la température de l'air, une valeur maximale de 32,2° C a été enregistrée en basse eau et une valeur minimale de 19,6° C en haute eau (Figure 24 a et b).

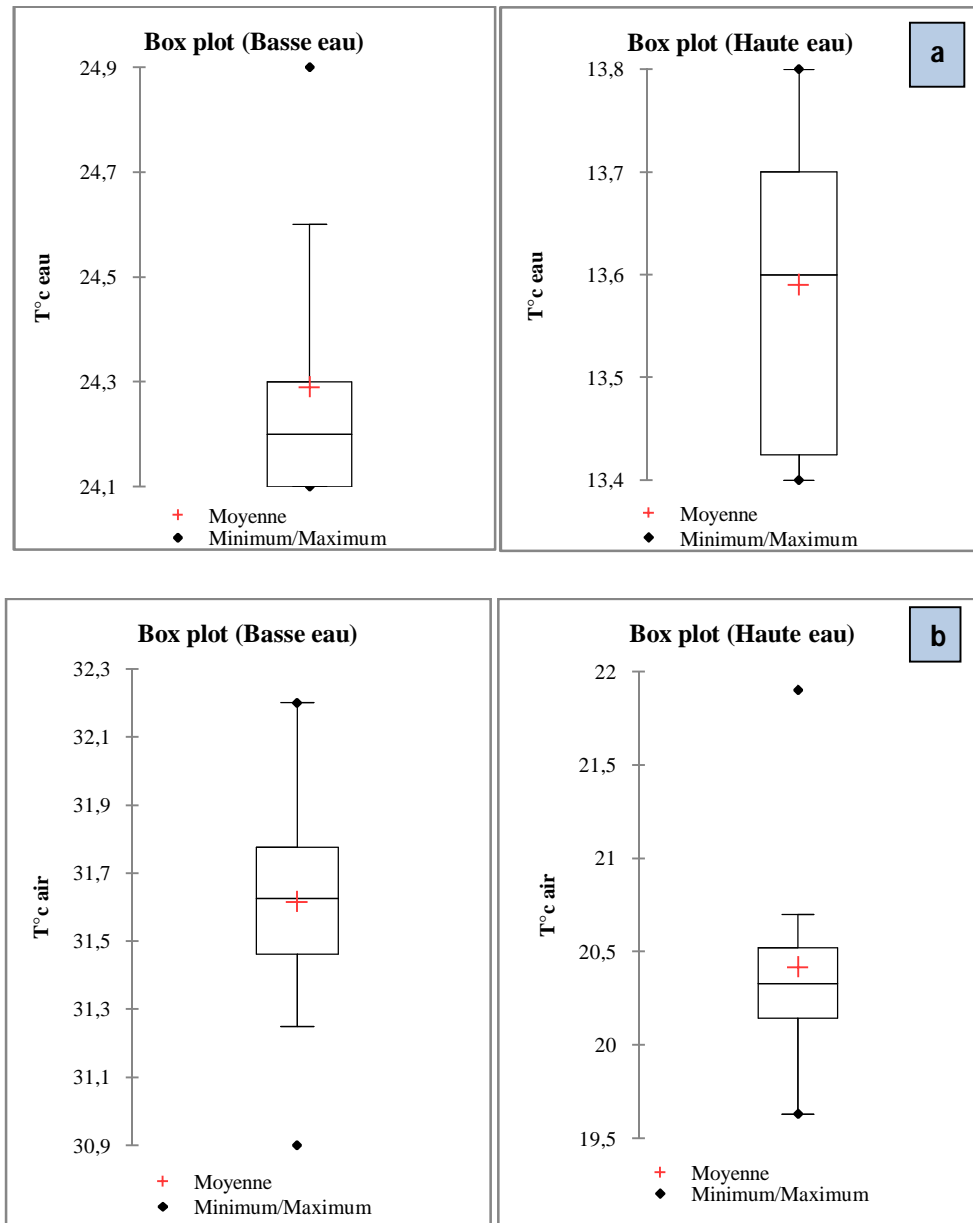


Figure 24 (a et b) : Variation de la température de l’air et de l’eau durant les deux saisons (basse et haute eau) à oued Demet Rihane.

• **Analyse de la variance (T° C eau et T° C air)**

L’analyse de la variance à un critère de classification ($\alpha \leq 0,05$) a montré une différence très hautement significative entre les deux saisons hydrologiques (haute eau et basse eau) pour la température de l’eau et de l’air (Tableau VI annexe).

- Le test des comparaisons multiples par paires pour saison hydrologique (Tukey (HSD) montre et confirme bien deux groupes séparés, un groupe (A) et un groupe (B).

Tableau 8 : Test des comparaisons multiples par paires pour saison hydrologique (T° C air et eau) (Tukey (HSD)).

Modalité	Moyenne estimée (T°C eau)	Groupes	
Basse eau	24.38	A	
Basse eau	24.20		
Haute eau	13.70		B
Haute eau	13.48		
Modalité	Moyenne estimée (T°C air)	Groupes	
Basse eau	31.47	A	
Basse eau	31.76		
Haute eau	20.39		B
Haute eau	20.43		

Le Potentiel Hydrogène

Les données enregistrées durant la période d'étude révèlent que presque tous les points échantillonnés sont caractérisés par des médianes de pH situées entre de 9,7 en basse eau et 9,1 en haute eau. Cet oued se caractérise par un pH très alcalin (Figure 25).

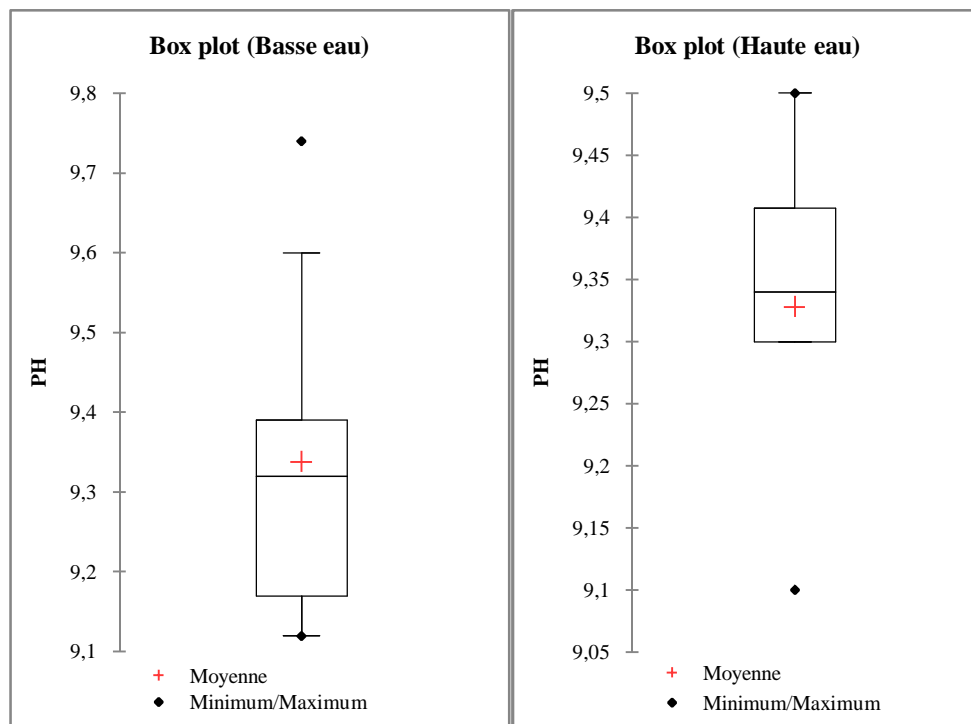


Figure 25 : Variation du pH de l'eau durant les deux saisons (basse et haute eau) à oued Demet Rihane.



- **Analyse de la variance (pH)**

Concernant le pH, l'analyse de la variance à un critère de classification ($\alpha \leq 0,05$) n'a montré aucune différence significative entre les deux saisons hydrologiques considérées, (haute eau et basse eau) (Tableau VII annexe).

- **La conductivité**

Les mesures de la conductivité au niveau des différents points échantillonnés montrent des valeurs comprises entre 270,1 $\mu\text{s}/\text{cm}$ en haute eau et de 323,2 $\mu\text{s}/\text{cm}$ en basse eau (Figure 26).

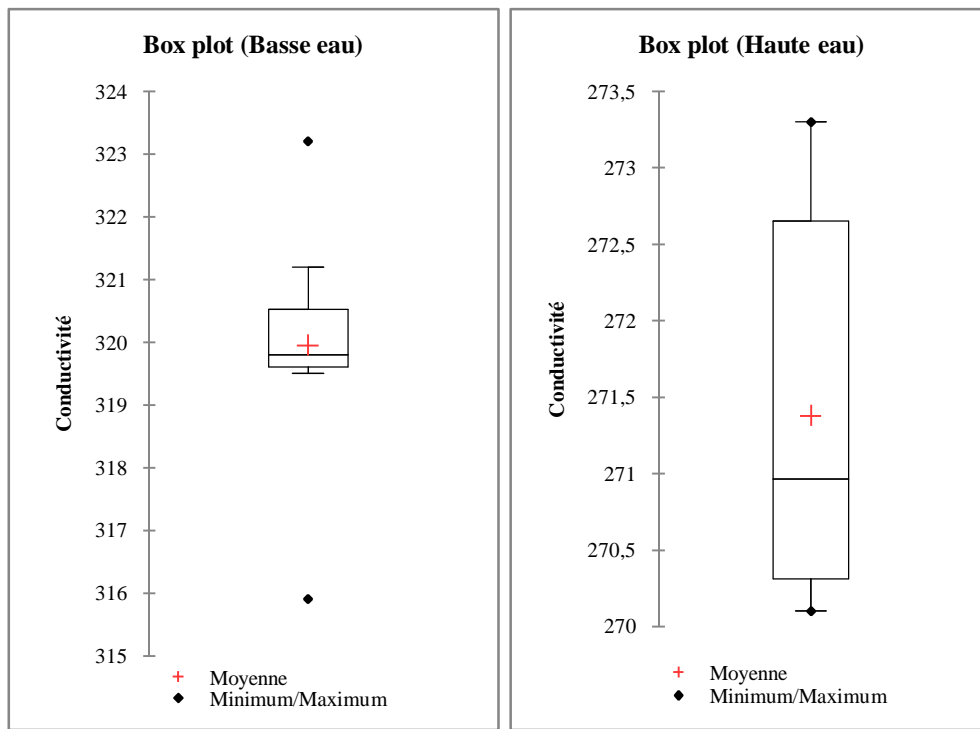


Figure 26 : Variation de la conductivité de l'eau durant les deux saisons (basse et haute eau) à oued Demet Rihane.

- **Analyse de la variance (la conductivité)**

L'analyse de la variance à un critère de classification ($\alpha \leq 0,05$) a montré une différence très hautement significative entre les deux saisons hydrologiques, haute eau et basse eau concernant la conductivité (Tableau VIII annexe).



L'oxygène dissout

Les valeurs de l'oxygène dissout enregistrées au cours du cycle annuel complet ont fluctué entre 8 mg.l⁻¹ et 8,9 mg.l⁻¹ (Figure 27).

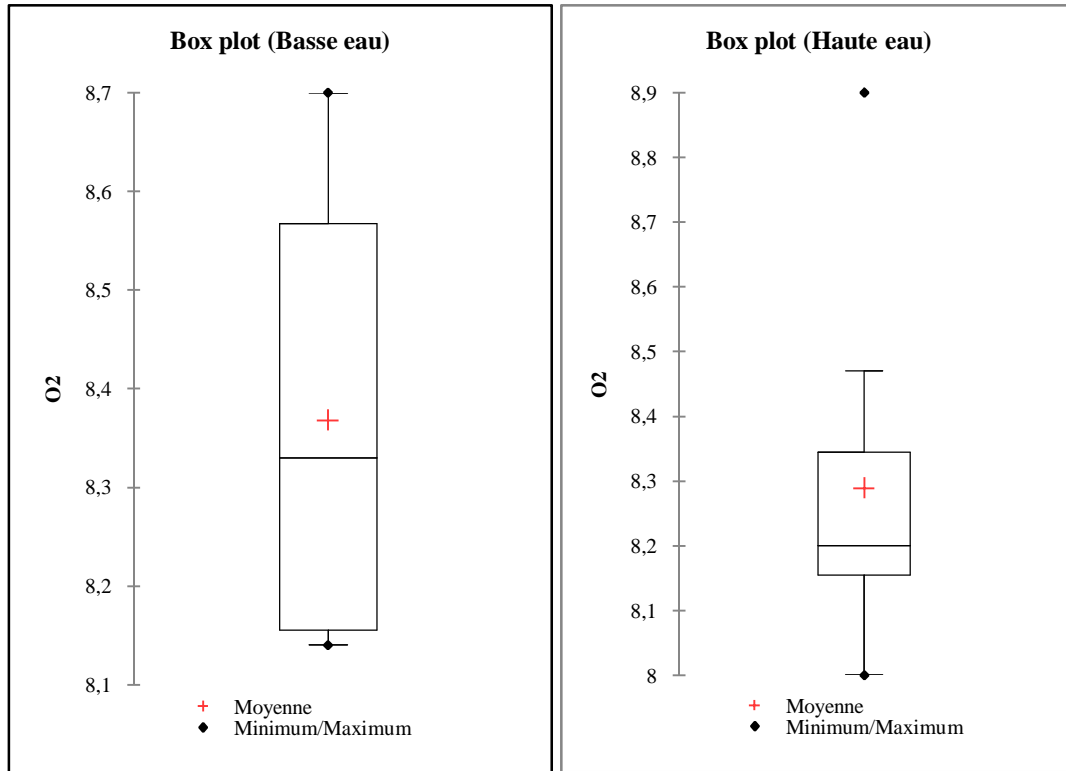


Figure 27 : Variation de l'oxygène de l'eau durant les deux saisons (basse et haute eau) à oued Demet Rihane.

- **Analyse de la variance (O2)**

L'analyse de la variance à un critère de classification n'a pas montré de différence significative entre les dix points de prélèvement pour la saturation en oxygène dissout (Tableau IX annexe).

- Corrélation de Rang de Pearson

L'étude de corrélation du Rang de Pearson entre les cinq paramètres physico-chimiques au niveau des dix points d'échantillonnage sont résumés dans la carte de corrélation qui suit (Figure 28 et X annexe).

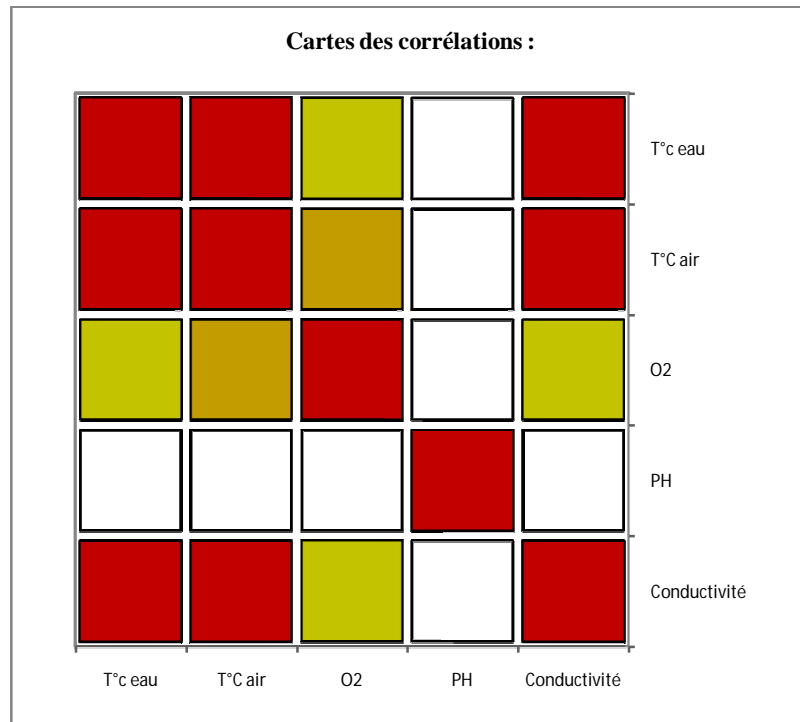


Figure 28 : Carte de la corrélation du Rang de Pearson de l'ensemble des paramètres Physico-chimiques à oued Demat Rihane.

- Les résultats obtenus indiquent :

- une corrélation positive très hautement significative entre la température de l'air et de l'eau ($r = 0,99$; $p < 0,0001$)
- une corrélation positive très hautement significative entre la conductivité et la température de l'eau et de l'air ($r = - 0,99$; $p < 0,0001$).
- Une dé-corrélation du pH et la température de l'air ($r = 0.04$).

3.1.3. Variables environnementales à Oued El-Melha (code : St.3)

✚ La température de l'eau et l'air

Les résultats obtenus durant la période d'étude montrent que la température de l'air présente des variations similaires au niveau des dix points d'échantillonnage. La valeur maximale est observée en basse eau et elle est de 32,8° C et la valeur minimale est obtenue en haute eau et elle est de 20,2° C. L'évolution spatio-temporelle de la température de l'eau indique une valeur minimale de 16,2° C en haute eau et une valeur maximale de 23,9° C en basse eau (Figure 29).

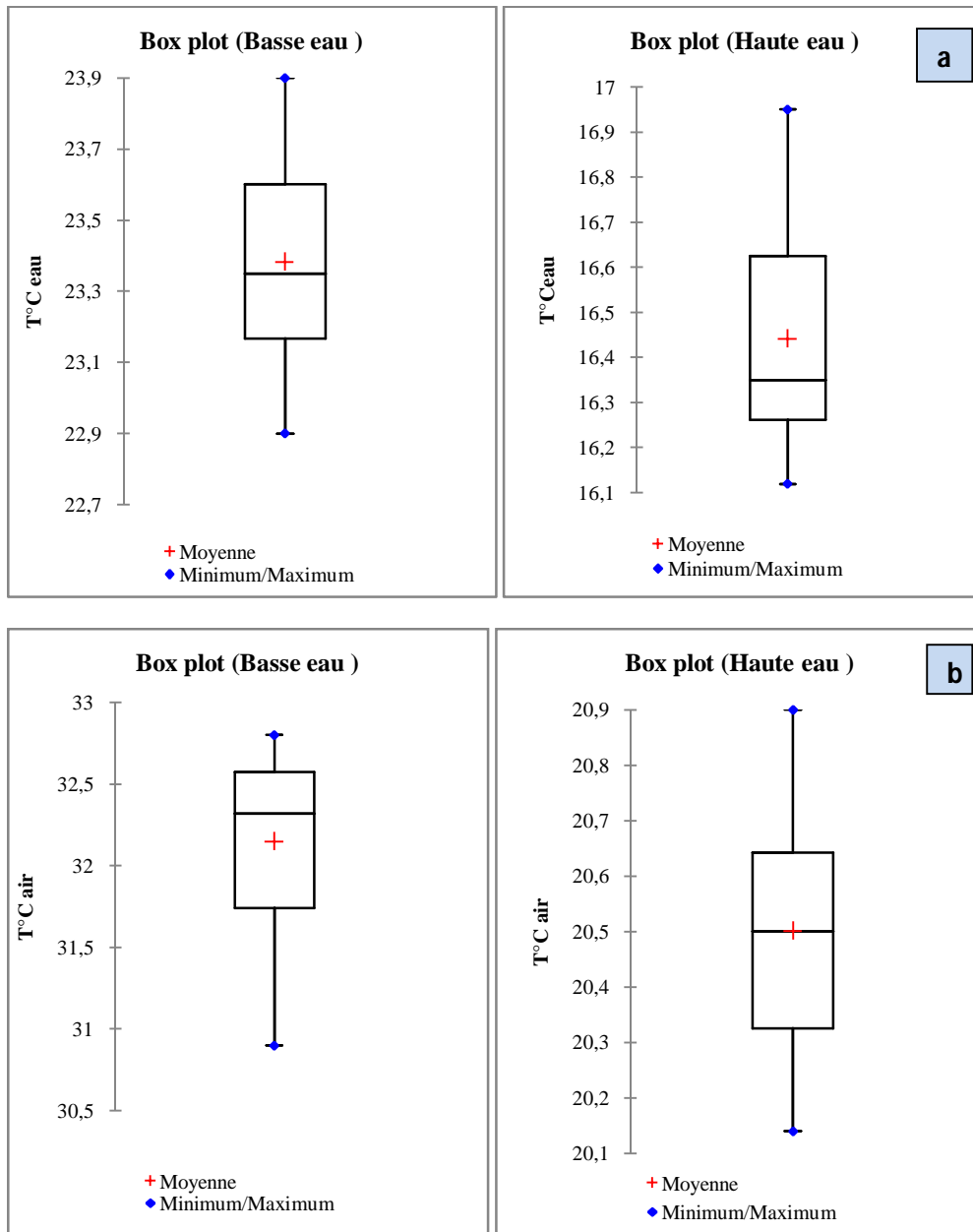


Figure 29 (a et b) : Variation de la température de l'air et de l'eau durant les deux saisons (basse et haute eau) à oued El-Melha.

- Analyse de la variance (T° C air et T° C eau)**

L'analyse de la variance à un critère de classification ($\alpha \leq 0,05$) a montré une différence très hautement significative entre les deux saisons hydrologiques (haute eau et basse eau) pour la température de l'eau et de l'air (Tableau 9 et XI annexe).

- Le test des comparaisons multiples par paires pour saison hydrologique (Tukey (HSD)) montre et confirme bien deux groupes séparés, un groupe (A) et un groupe (B).

Tableau 9 : Test des comparaisons multiples par paires pour saison hydrologique (T°C air et eau) (Tukey (HSD) à Oued El-Melha.

Modalité	Moyenne estimée (T° C eau)	Groupes	
Basse eau	23,4140	A	
Basse eau	23,3500	A	
Haute eau	16,4640		B
Haute eau	16,4200		B
Modalité	Moyenne estimée (T° C air)	Groupes	
Basse eau	32,2440	A	
Basse eau	32,0520	A	
Haute eau	20,5580		B
Haute eau	20,4440		B

 **Le Potentiel Hydrogène**

Les mesures du pH durant la période d'étude n'ont pas montré d'importantes fluctuations durant la période d'étude. Par ailleurs, on note un pH alcalin avec une valeur minimale moyenne de 8,4 en basse eau et un maximum 9,5 en haute eau (Figure 30).

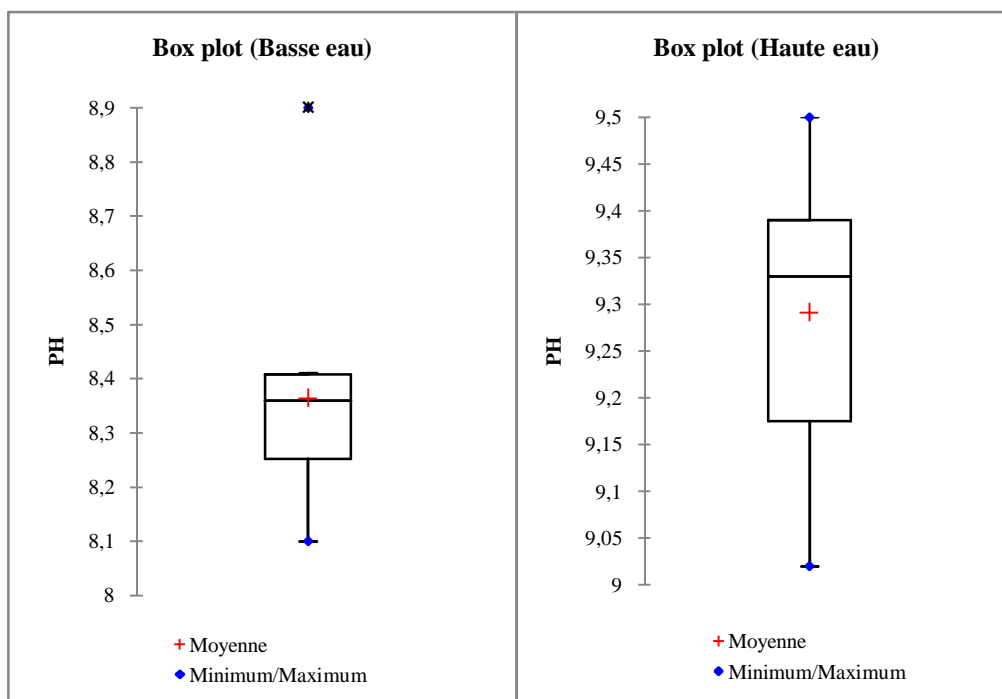


Figure 30 : Variation du Potentiel d'hydrogène de l'eau durant les deux saisons (basse et haute eau) à oued El-Melha.

- **Analyse de la variance (pH)**

Concernant le pH, l'analyse de la variance à un critère de classification ($\alpha \leq 0,05$) a montré une différence très hautement significative entre les deux saisons hydrologiques, haute eau et basse eau (Tableau XII annexe).

- **L'oxygène dissout**

Les variations de l'oxygène dissout au cours du cycle annuel, a atteint un maximum de 8,96 mg.l⁻¹ en haute eau. Puis, on assiste à une diminution progressive de la teneur de ce facteur pour atteindre les valeurs minimales de 8,1mg.l⁻¹ relevée en basse eau (Figure 31).

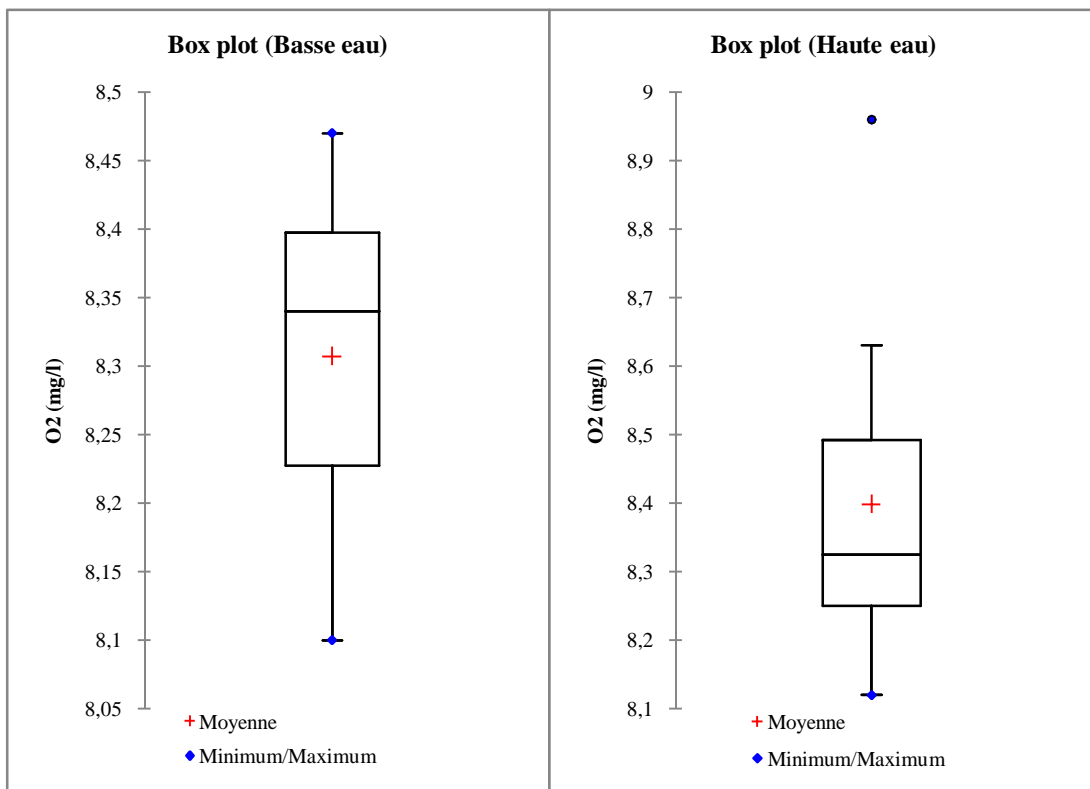


Figure 31 : Variation de l'oxygène dissout de l'eau durant les deux saisons (basse et haute eau) à oued El-Melha.

- **Analyse de la variance (O2)**

L'analyse de la variance à un critère de classification n'a pas montré de différence significative entre les dix points de prélèvement pour la saturation en oxygène dissout (Tableau XIII annexe).

La conductivité

Les valeurs moyennes enregistrées durant la période d'étude fluctuent entre 265,1 $\mu\text{s/cm}$ (en haute eau) et 306,2 $\mu\text{s/cm}$ (en basse eau) (Figure 32) et en raison des valeurs très rapprochées, l'ANOVA n'est pas nécessaire.

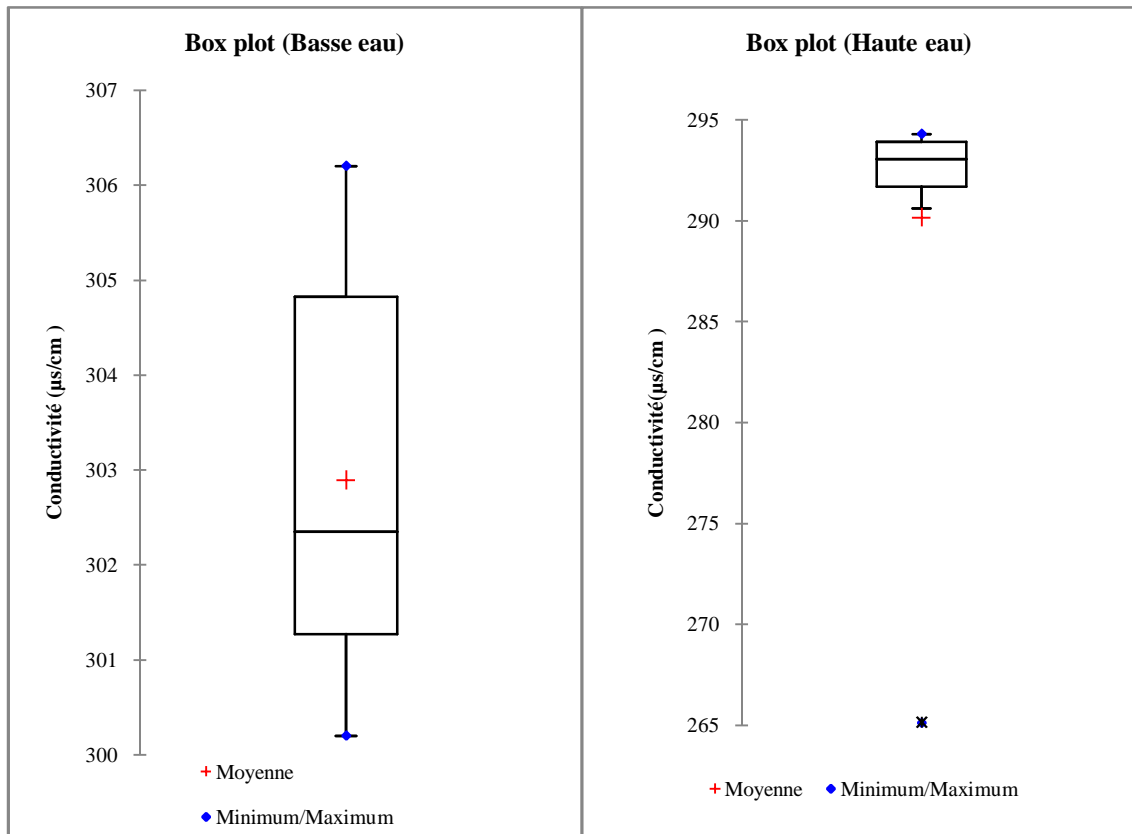


Figure 32 : Variation de la conductivité de l'eau durant les deux saisons (basse et haute eau) à oued El-Melha.

- Corrélation de Rang de Pearson

L'étude de corrélation du Rang de Pearson entre les cinq paramètres physico-chimiques au niveau des dix points d'échantillonnage sont résumés dans la carte de corrélation qui suit (Figure 33 et XIV annexe).

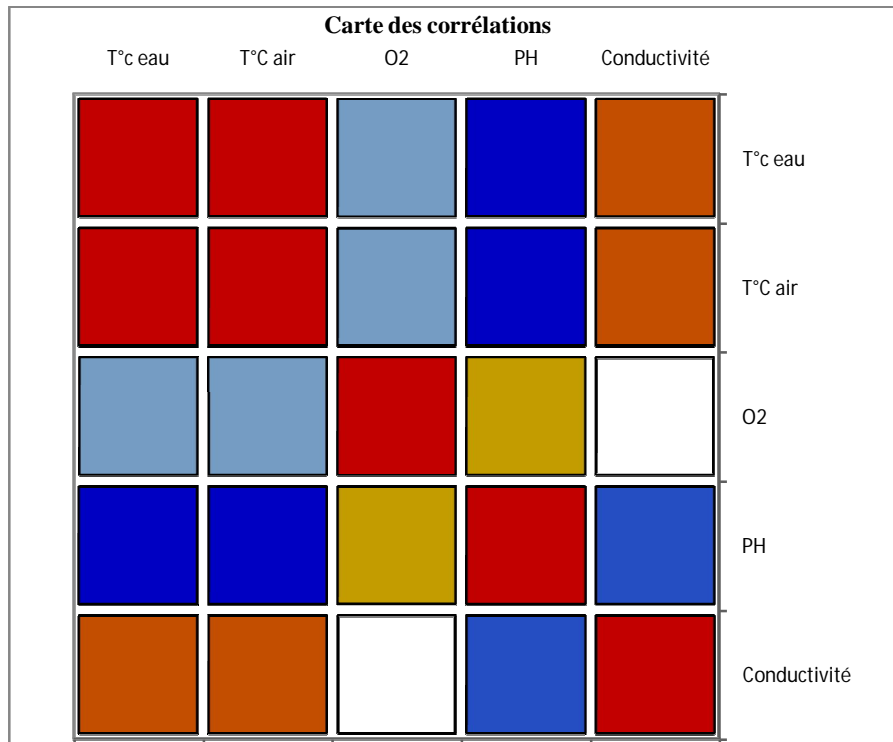


Figure 33 : Carte de la corrélation du Rang de Pearson de l'ensemble des paramètres Physico-chimiques à oued Melha.

- Les résultats obtenus indiquent :

- Une corrélation positive entre la Température de l'air et de l'eau, ($r = 0,99$; $p < 0,001$) et la conductivité ($r = 0,712$; $p < 0,001$).
- Une corrélation négative entre le pH et les deux températures (de l'air et l'eau ($r = -0,92^{**}$; $p < 0,001$) et l'oxygène dissout ($r = -0,25^{**}$; $p < 0,001$).

3.1.4. Variables environnementales à Oued El-Nhal (St.4)

✚ La température de l'eau et l'air

Les valeurs enregistrées de la température de l'eau et la température de l'air oscillent entre 11.7° C (haute eau) et 18.3° C (basse eau) pour la température de l'eau, tandis que la température de l'air varie entre 16.5° C (haute eau) et 26.9° C (basse eau) (Figure 34 a et b).

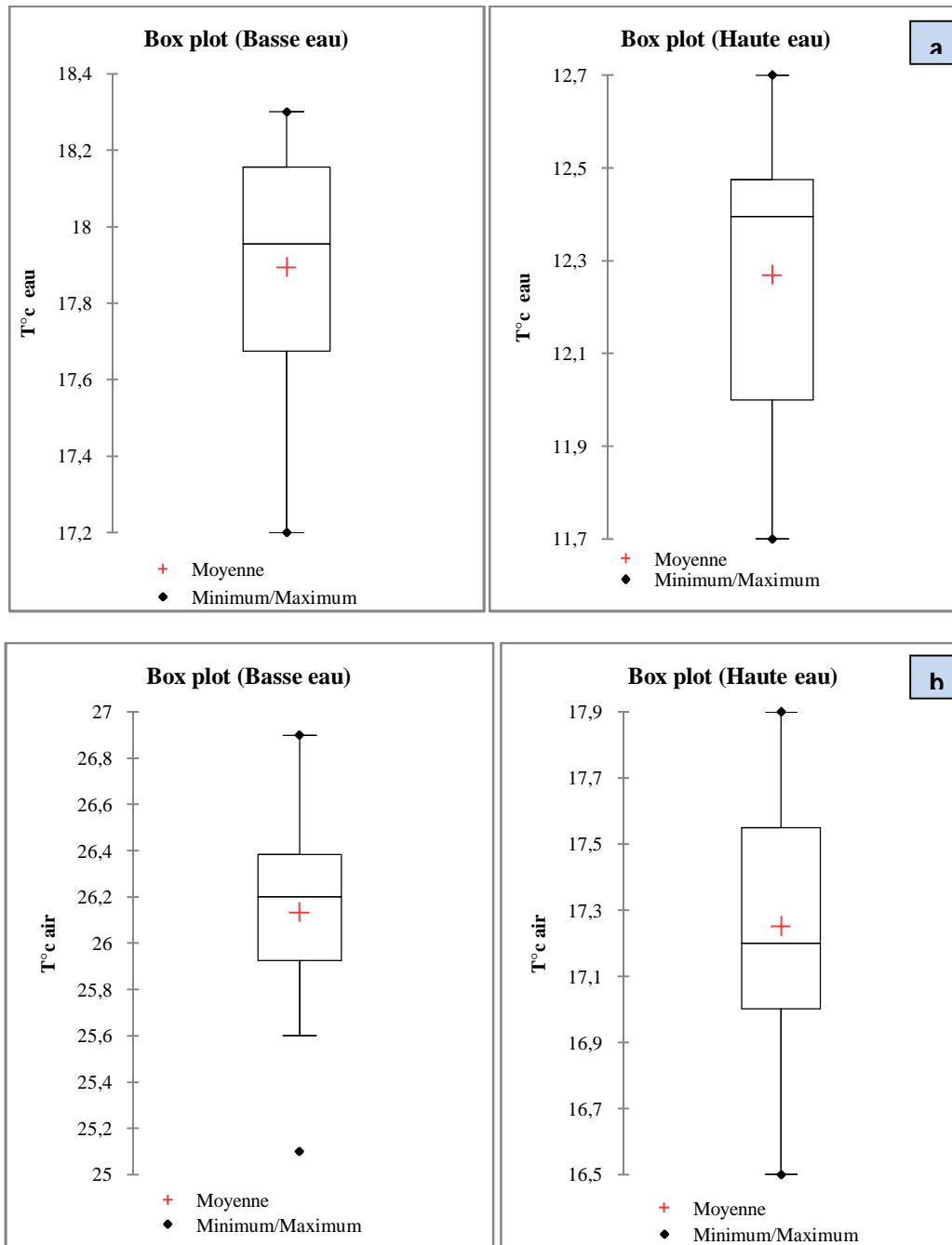


Figure 34 (a et b) : Variation de la température de l'eau et de l'air durant les deux saisons (basse et haute eau) à oued El-Nhal.

- Analyse de la variation (T° C eau et T° C air)**

L'analyse de la variance à un critère de classification ($\alpha \leq 0,05$) a montré une différence très hautement significative entre les deux saisons hydrologiques (haute eau et basse eau) pour la température de l'eau et de l'air (Tableau 10 et XV annexe).

- Le test des comparaisons multiples par paires pour saison hydrologique (Tukey (HSD)) montre et confirme bien deux groupes séparés, un groupe (A) et un groupe (B).

Tableau 10 : Test des comparaisons multiples par paires pour saison hydrologique (T° C air et eau) (Tukey (HSD) à Oued El-Nhal.

Modalité	Moyenne estimée (T° C eau)	Groupes	
Basse eau	17,94	A	
Basse eau	17,84	A	
Haute eau	12,19		B
Haute eau	12,34		B
Modalité	Moyenne estimée (T° C air)	Groupes	
Basse eau	26,38	A	
Basse eau	25,88	A	
Haute eau	17,28		B
Haute eau	17,22		B

Le Potentiel Hydrogène

Les valeurs enregistrées le long de cet hydrosystème se maintient dans une fourchette de 7,9 en haute eau et 8,9 en basse eau ce qui indique un pH moyennement basique à alcalin. (Figure 35).

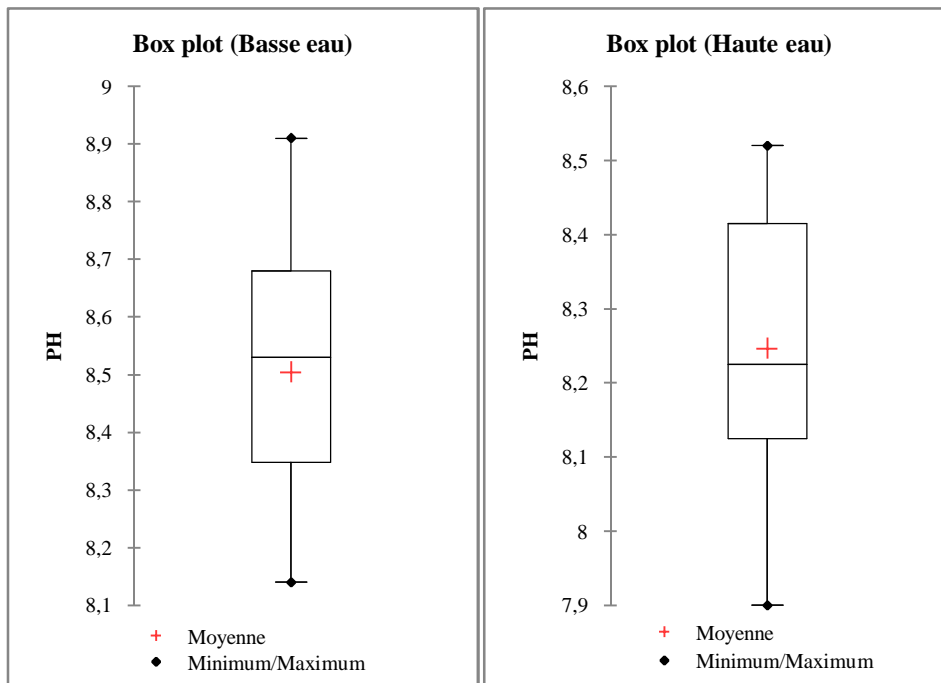


Figure 35 : Variation du pH de l’eau durant les deux saisons (basse eau et haute eau) à oued El-Nhal.



- **Analyse de la variance**

L'analyse de la variance à un critère de classification ($\alpha \leq 0,05$) n'a pas montré une différence significative entre les deux saisons hydrologiques (haute eau et basse eau) pour le pH (Tableau XVI annexe).

- **L'oxygène dissout**

Les valeurs en oxygène dissout enregistrées durant la période d'étude oscillent entre 8,9 mg.l en basse eau et 8,1 mg.l⁻¹ en haute eau (Figure 36).

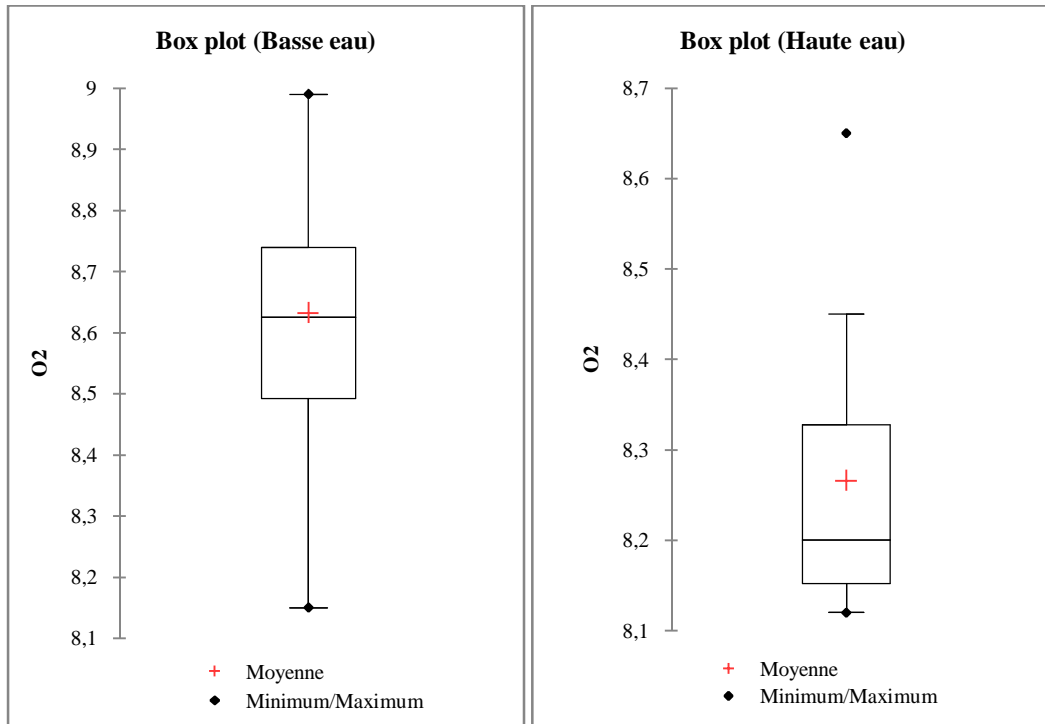


Figure 36 : Variation de l'oxygène dissout de l'eau durant les deux saisons (basse eau et haute eau) à oued El-Nhal.

- **Analyse de la variance**

L'analyse de la variance à un critère de classification a montré une différence très hautement significative entre les dix points de prélèvement pour la saturation en oxygène dissout (Tableau XVII annexe).

La conductivité

L'évolution temporelle de la conductivité est similaire sur les dix points échantillonnés. Les valeurs moyennes enregistrées fluctuent entre 240 µs/cm (basse eau) et de 356,3 µs/cm (haute eau) (Figure 37).

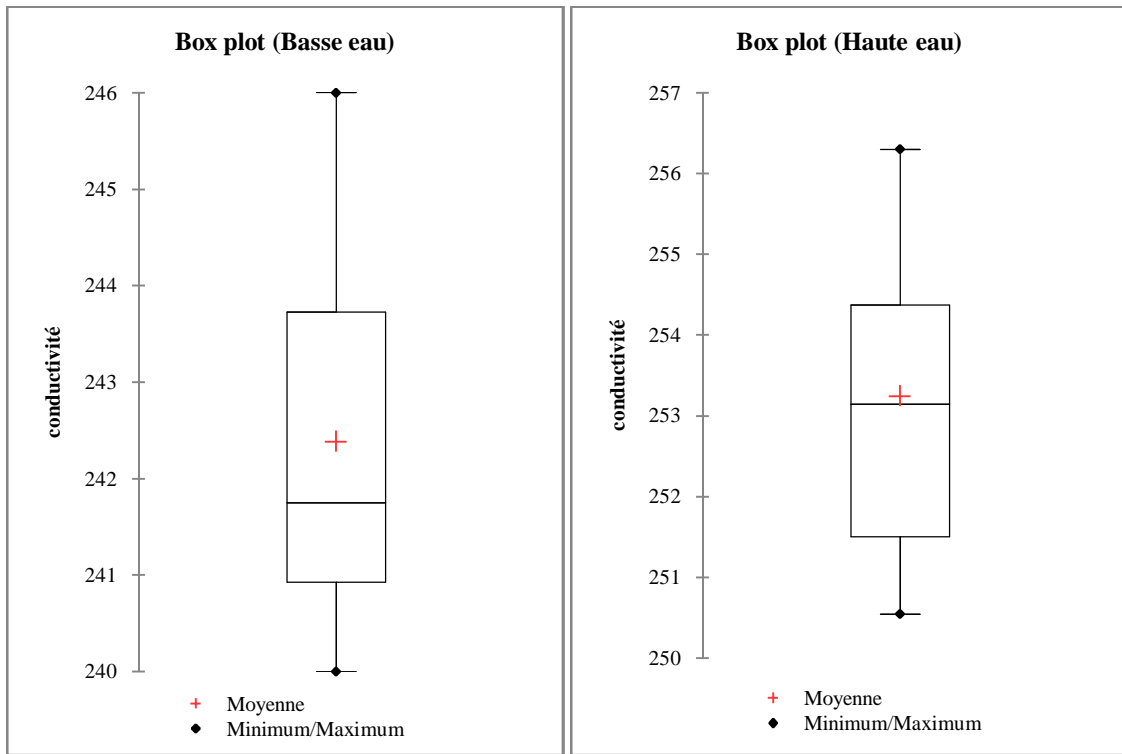


Figure 37 : Variation de la conductivité de l'eau durant les deux saisons (basse eau et haute eau) à oued El-Nhal.

• Analyse de la variance (la conductivité)

L'analyse de la variance à un critère de classification ($\alpha \leq 0,05$) a montré une différence très hautement significative entre les deux saisons hydrologiques (haute eau et basse eau) pour la conductivité (Tableau XVIII annexe).

- Corrélation de Rang de Pearson

L'étude de corrélation du Rang de Pearson entre les cinq paramètres physico-chimiques au niveau des dix points d'échantillonnage sont résumés dans la carte qui suit (Figure 38 et XIX annexe).

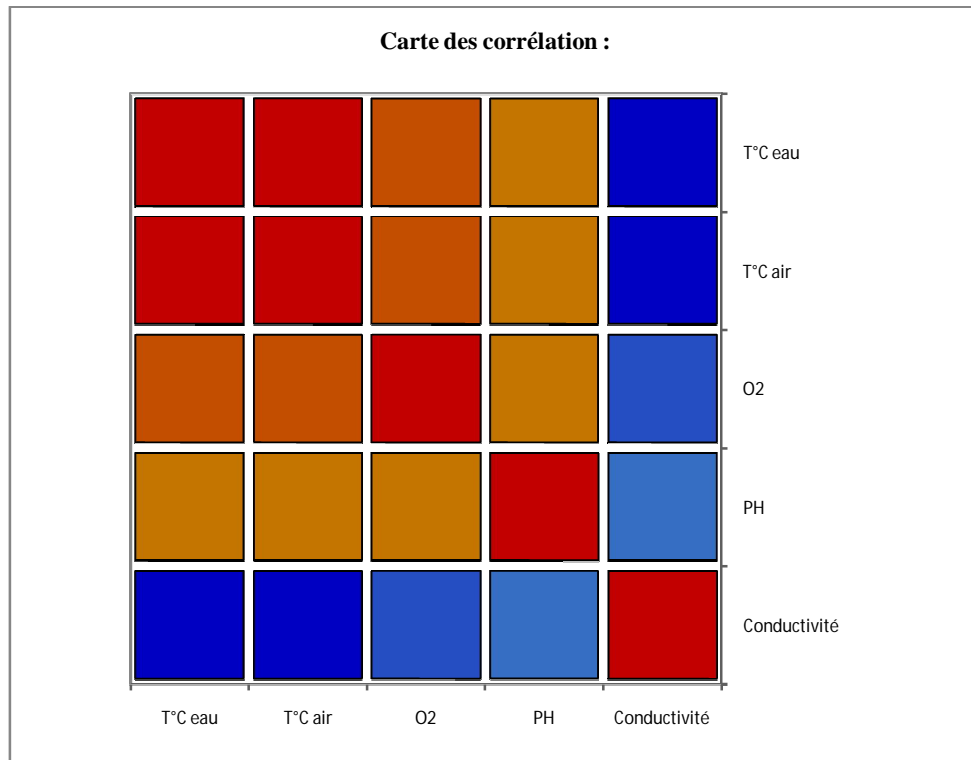


Figure 38 : Carte de la corrélation du Rang de Pearson de l'ensemble des paramètres physico-chimiques à oued El-Nhal.

- Les résultats obtenus indiquent :

- Une corrélation positive entre la Température de l'air et de l'eau, ($r = 0,98$; $p < 0,0001$) et l'oxygène dissout ($r = 0,64$; $r = 0,66$; $p < 0,001$).
- Une corrélation négative entre la conductivité et les deux températures (de l'air et de l'eau ($r = -0,94$; $p < 0,0001$)).
- Une corrélation négative entre l'oxygène dissout et la conductivité ($r = -0,66$; $p < 0,001$).

3.1.5. Variables environnementales à Oued Reguibet (St.5)

✚ La température de l'eau et de l'air

Pour la température de l'eau la valeur maximale est observée en basse eau et elle est de 19,9° C et la valeur minimale est obtenue en haute eau et elle est de 11,9°C. Pour la température de l'air, le maximum est 32,6°C en basse eau et le minimum est 22,1°C en haute eau. (Figure 39 a et b).

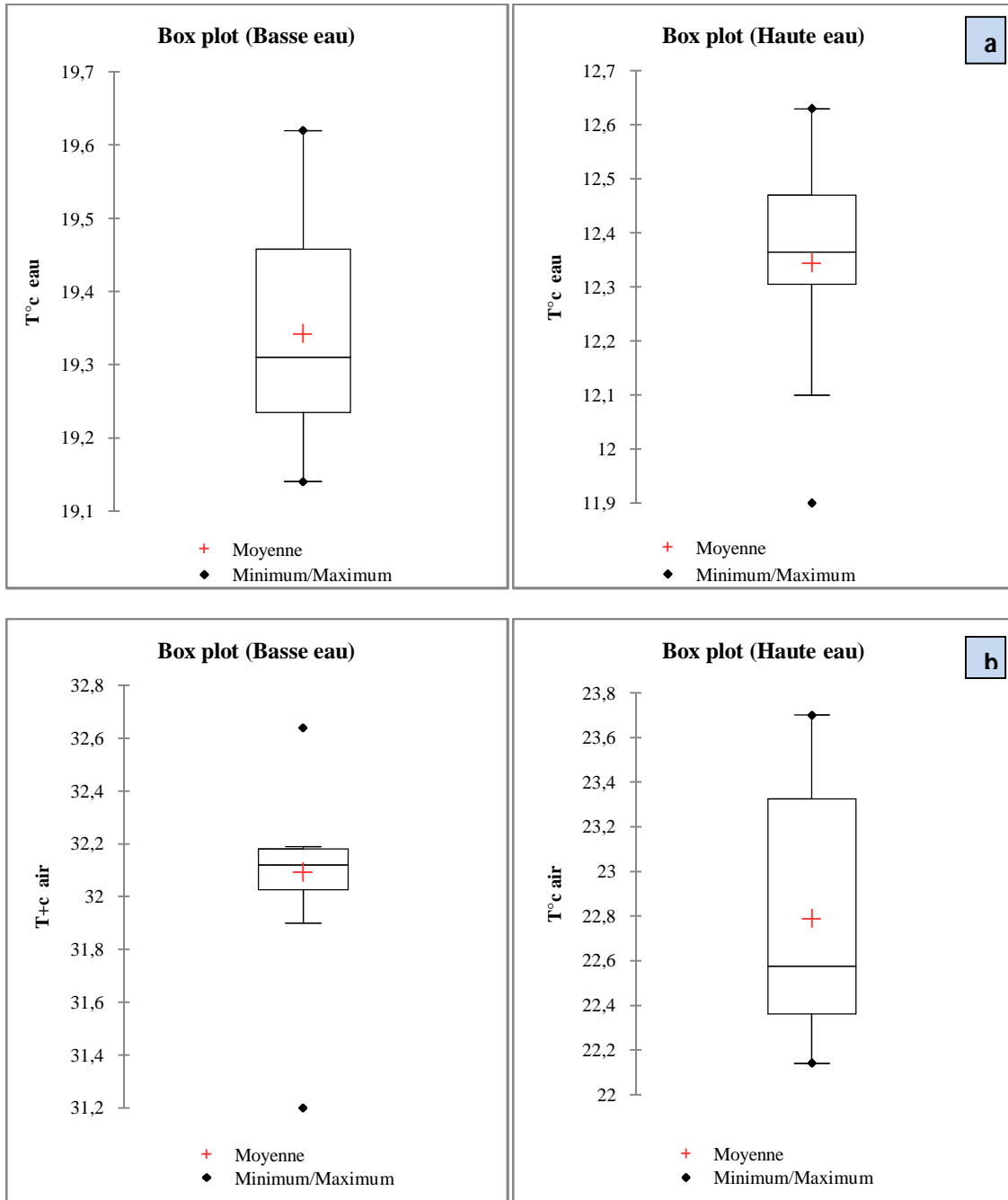


Figure 39 (a et b) : Variation de la température de l’air et de l’eau durant les deux saisons (basse et haute eau) à oued Reguibet.

- Analyse de la variance (T° C eau et T° C air)**

L’analyse de la variance à un critère de classification ($\alpha \leq 0,05$) a montré une différence très hautement significative entre les deux saisons hydrologiques (haute eau et basse eau) pour la température de l’eau et la température de l’air (Tableau 11 et XX annexe).

- Le test des comparaisons multiples par paires pour saison hydrologique (Tukey (HSD)) montre et confirme bien deux groupes séparés, un groupe (A) et un groupe (B).

Tableau 11 : Test des comparaisons multiples par paires pour saison hydrologique (T° C air et eau) (Tukey (HSD)) à Oued Reguibet.

Modalité	Moyenne estimée (T° C eau)	Groupes	
Basse eau	19,30	A	
Basse eau	19,38		
Haute eau	12,29		B
Haute eau	12,39		
Modalité	Moyenne estimée (T° C air)	Groupes	
Basse eau	31,92	A	
Basse eau	32,25		
Haute eau	22,75		B
Haute eau	22,82		

Le Potentiel Hydrogène

Les valeurs enregistrées du pH indiquent que les eaux de ce cour d'eau sont à tendance alcaline. La valeur minimale moyenne enregistrée est de 8,1 en basse eau et une valeur maximale de 8,9 en haute eau (Figure 40)

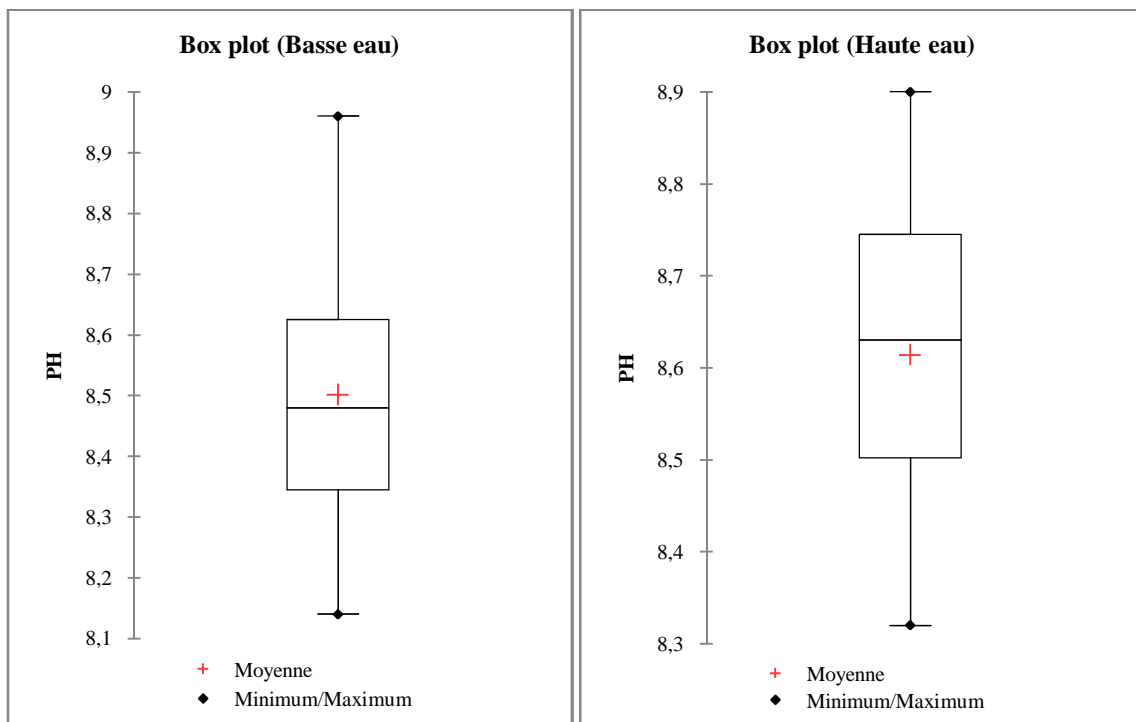


Figure 40 : Variation du pH de l'eau durant les deux saisons (basse eau et haute eau) à oued Reguibet.



- **Analyse de la variance (pH)**

Concernant le pH, l'analyse de la variance à un critère de classification ($\alpha \leq 0,05$) n'a pas montré de différence significative entre les deux saisons hydrologiques, haute eau et basse eau (Tableau XXI annexe).

- **L'oxygène dissout**

Les variations de l'oxygène dissout au cours de la période d'étude ont atteint un maximum de 8,6 mg.l⁻¹ en basse eau et un minimum de 7,7 mg.l⁻¹ relevée en haute eau (Figure 41).

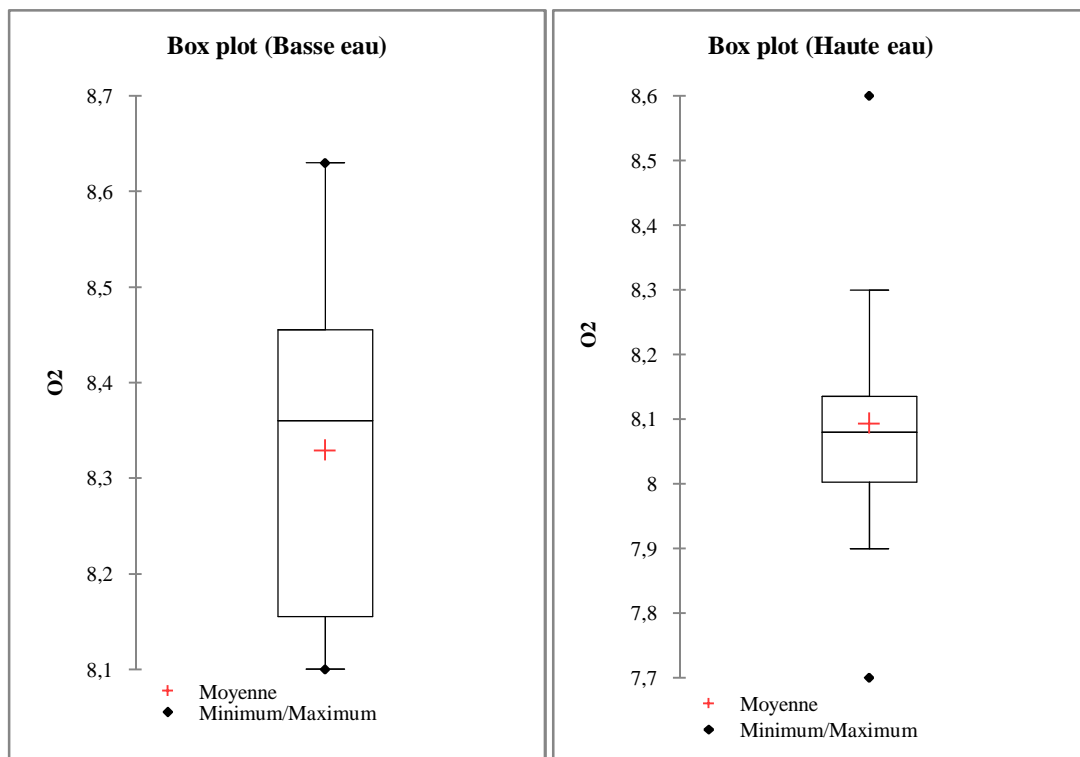


Figure 41 : Variation de l'oxygène dissout de l'eau durant les deux saisons (basse eau et haute eau) à oued Reguibet.

- **Analyse de la variance (O2)**

L'analyse de la variance à un critère de classification n'a pas montré de différence significative entre les dix points de prélèvement pour la saturation en oxygène dissout (Tableau XXII annexe).



La conductivité

Les valeurs moyennes de la conductivité enregistrées lors de cette étude oscillent entre 251,3 $\mu\text{s}/\text{cm}$ (haute eau) et 263,1 $\mu\text{s}/\text{cm}$ (basse eau) (Figure 42).

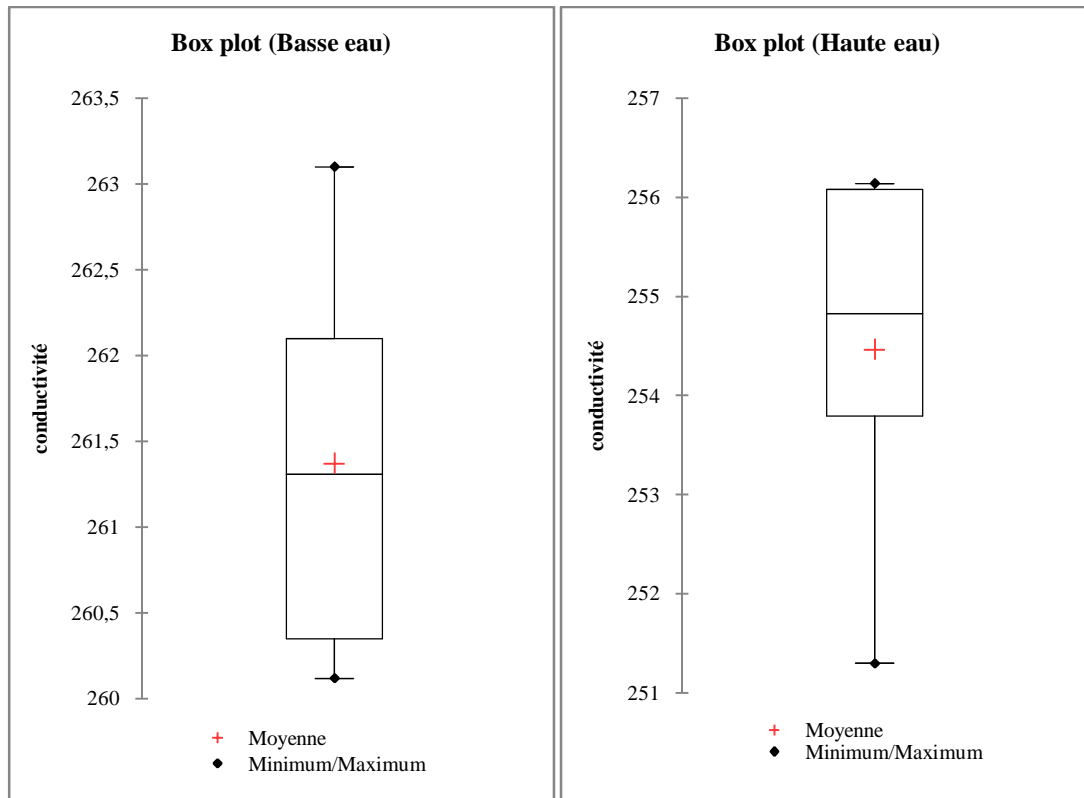


Figure 42 : Variation de la conductivité de l'eau durant les deux saisons (basse eau et haute eau) à oued Reguibet.

- **Analyse de la variance (Conductivité)**

L'analyse de la variance à un critère de classification ($\alpha \leq 0,05$) a montré une différence très hautement significative entre les deux saisons hydrologiques (haute eau et basse eau) pour la température de l'eau et de l'air (Tableau XXIII annexe).

- Corrélation de Rang de Pearson

L'étude de corrélation du Rang de Pearson entre les cinq paramètres physico-chimiques au niveau des dix points d'échantillonnage sont résumés dans la carte qui suit (Figure 43 et XXIV annexe).

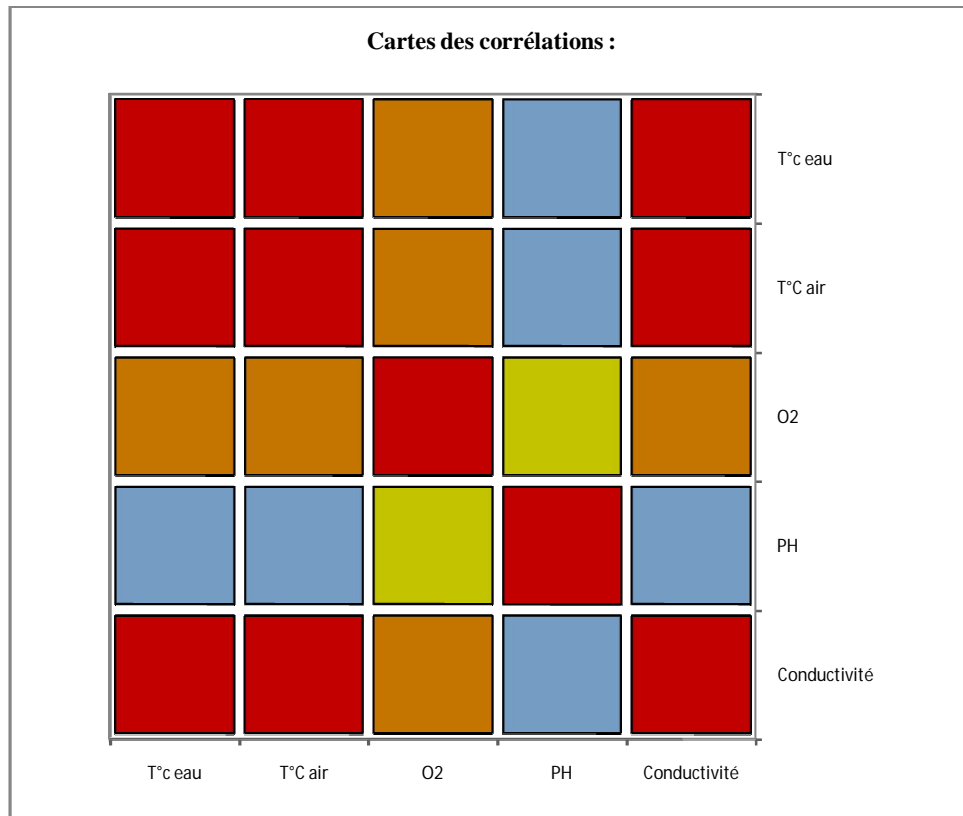


Figure 43 : Carte de la corrélation du Rang de Pearson de l'ensemble des paramètres physico-chimiques à oued Reguibet.

- Les résultats obtenus indiquent :

- Une corrélation positive très hautement significative entre la température de l'air et la température de l'eau, ($r = 0,99$; $p < 0,0001$) et la conductivité ($r = 0,91$; $p < 0,0001$).

3.1.2. Variables environnementales de pollution "in vitro"

La figure 44 illustre les résultats d'analyse des différents paramètres physico-chimiques des échantillons d'eau prélevés durant les deux saisons (haute saison et basse saison).

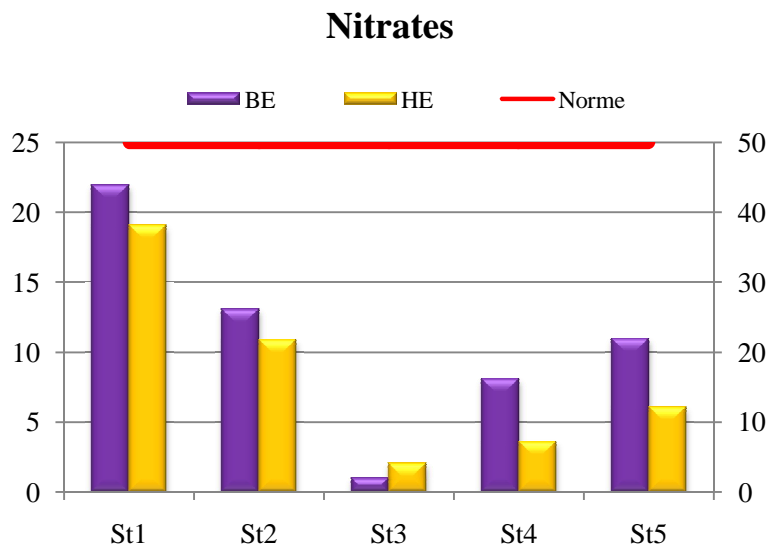
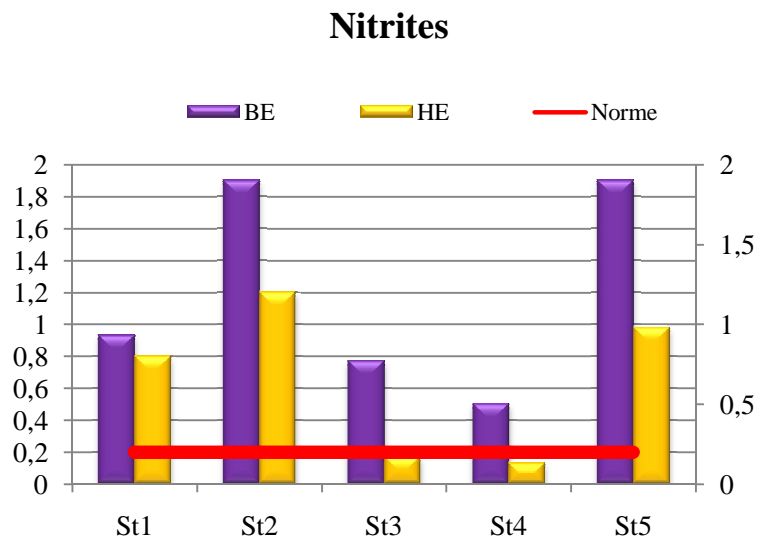
Les teneurs en nitrites (NO₂⁻) enregistrées dans les cinq sites échantillonnés sont comprises dans un intervalle de 0,5–1,9 mg/L pour la basse eau et de 0,13–0,98 mg/L pour la haute eau. Ces valeurs sont supérieures à la norme algérienne pour les eaux de surface (inférieure à 0,2 mg/l). Cet élément fertilisant est le résultat de la décomposition des acides aminés, urée, ammoniacque (NH₄) et il indique l'état de fertilisation de l'eau et sa présence favorise le développement du phytoplancton (eau verte).



Les nitrates (NO₃⁻) sont assez volatiles, ou assimilés rapidement par les plantes c'est le résultat de la décomposition des nitrites. Les teneurs en nitrates enregistrées dans les cinq sites sont inférieures à la norme algérienne pour les eaux de surface (inférieure à 50 mg/l).

Les teneurs en phosphore (P) enregistrées fluctuent entre 3,6 mg/L et 11,6 mg/L en basse eau et 2,1-11,25 mg/L pour la haute eau ce qui est supérieure à la norme algérienne pour les eaux de surface (inférieure à 5 mg/l). Ces fortes teneurs en phosphore pourraient provenir des rejets industriels ou de l'utilisation des engrais phosphatés dans les zones limitrophes urbaines.

Les valeurs enregistrées de la turbidité sur les sites échantillonnés sont supérieures à la norme algérienne pour les eaux de surface (inférieure à 5 mg/l) ce qui témoigne d'une eau trouble causée principalement par les déversement des eaux usées domestiques riches en matières en suspension principalement au niveau du site St3 (Figure 44).



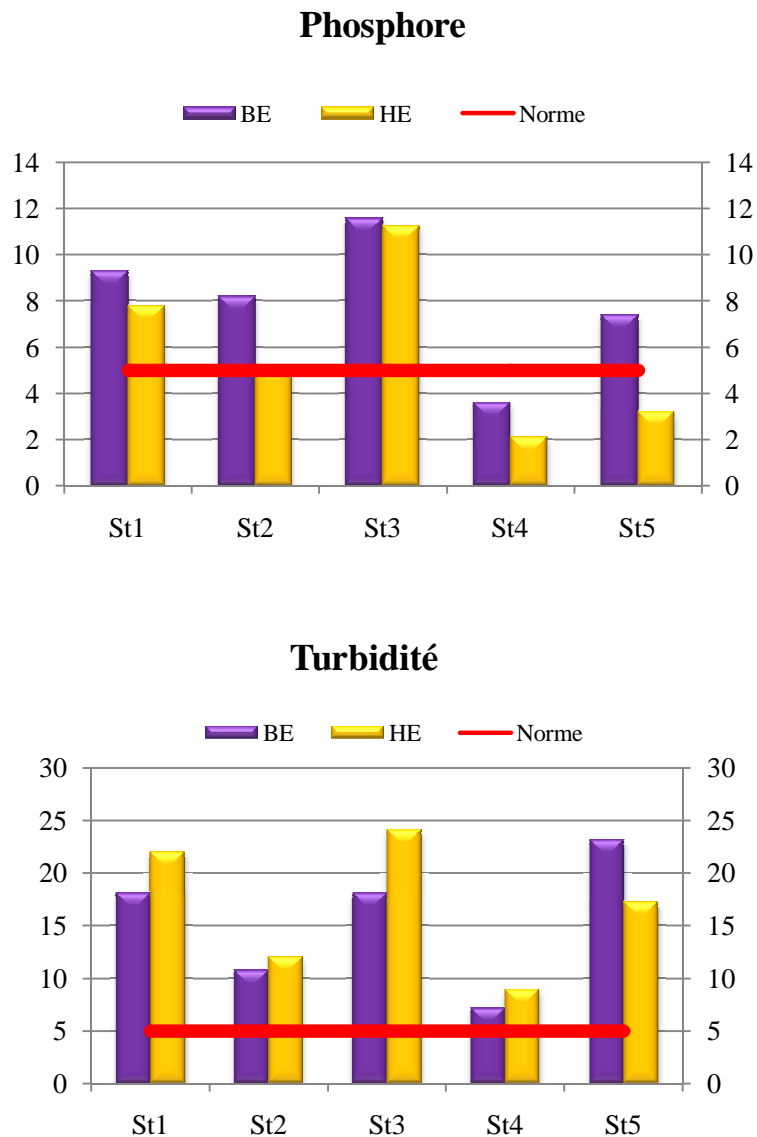


Figure 44 : Variations spatio-temporelles des teneurs des paramètres de pollution enregistrés dans les cinq oueds étudiés au cours des deux saisons (basse eau et haute eau).

3.1.3. Paramètres bactériologiques

Les résultats de l'analyse bactériologique des échantillons d'eau prélevés durant les deux saisons (haute eau et basse eau) sont représentés par la figure 45.

Dans l'ensemble, les valeurs enregistrées révèlent une importante charge en Coliformes totaux et fécaux et en Streptocoques essentiellement durant la saison haute eau, ce qui va en faveur d'une mauvaise qualité des eaux sur le plan microbiologique.

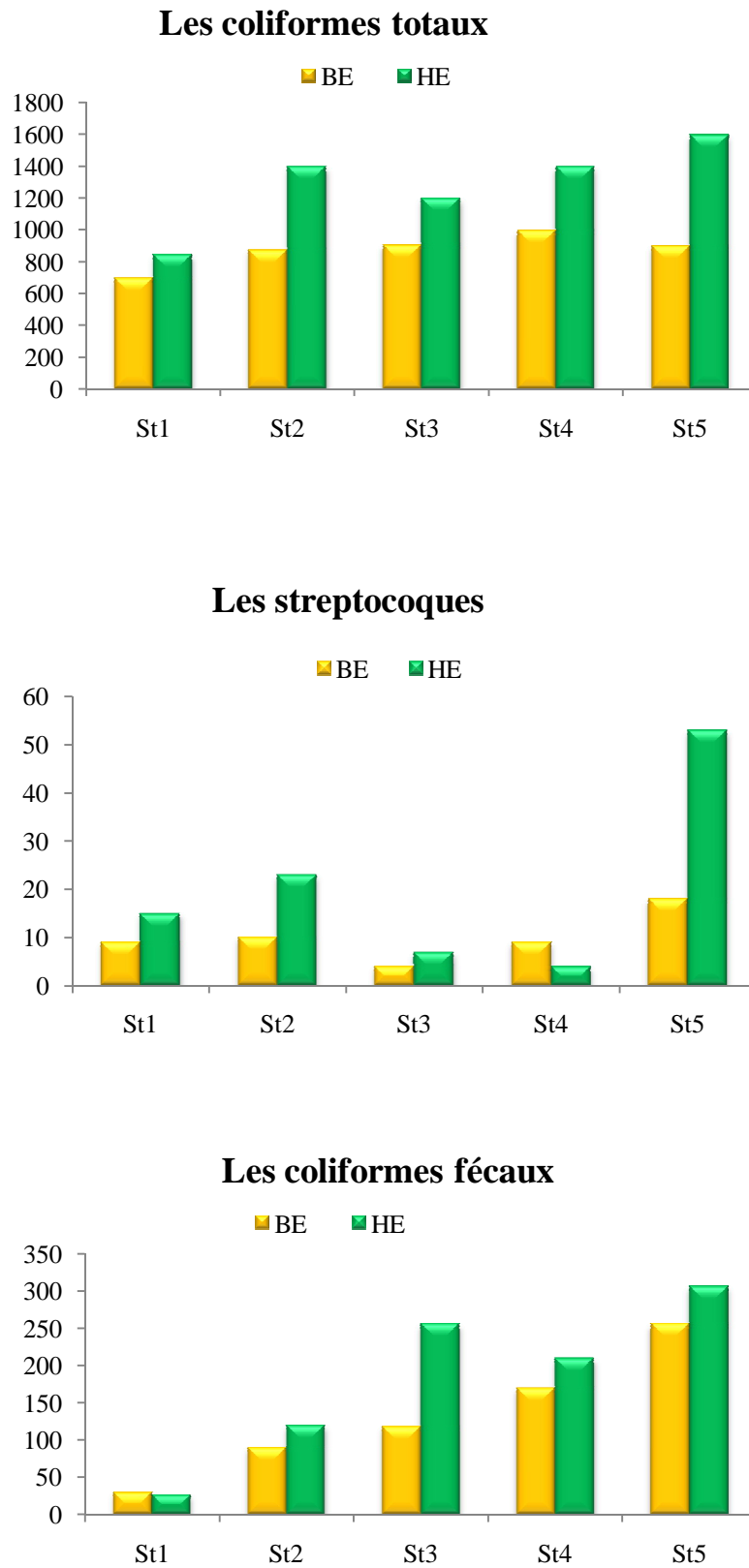


Figure 45 : Variations spatio-temporelles des paramètres bactériologiques dans les cinq oueds étudiés au cours des deux saisons (basse eau et haute eau).



3.1.4. Estimation des débits

Les valeurs du débit enregistrées au cours des deux saisons (basse eau et haute eau) sont illustrées par la figure 46. Ces valeurs présentent d'importantes fluctuations saisonnières en haute eau sur les cinq sites étudiées.

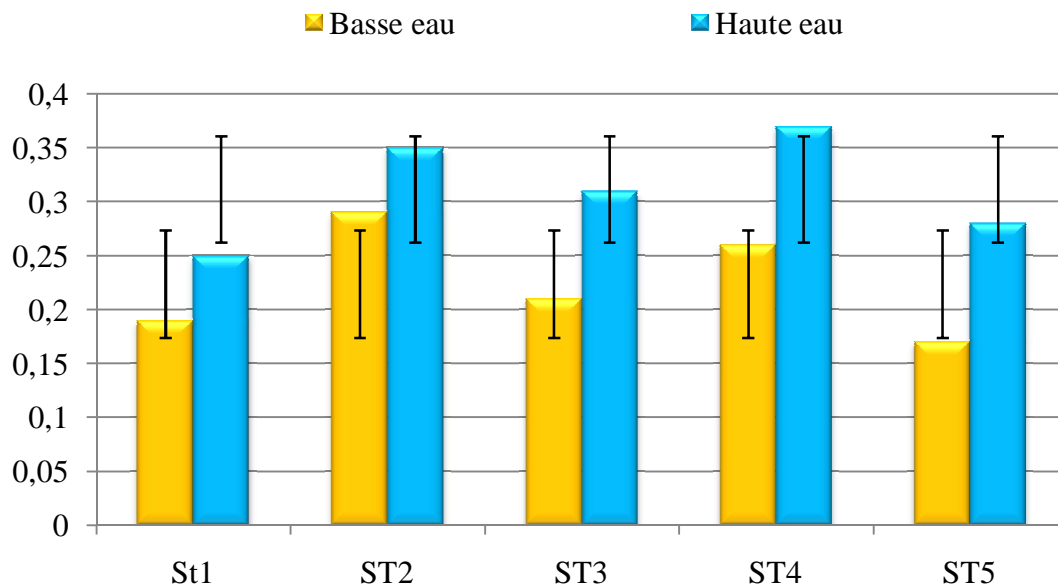


Figure 46 : Variations spatio-temporelles du débit dans les cinq oueds étudiés au cours des deux saisons (basse eau et haute eau).

3.2. Caractérisation du peuplement odonatologique dans les cinq stations d'étude

3.2.1. Inventaire des espèces

Le tableau 12 regroupe la check liste des espèces dénombrées durant la période d'étude (avril 2017 – mai 2018) au niveau des cinq sites échantillonnés. Au total 27 espèces sont inventoriées dont 12 sont autochtones confirmées. Sur les sept familles dénombrées, la famille des Libellulidae est la plus diversifiée (9 espèces) suivie par les Coenagrionidae (6 espèces), les Gomphidae (4 espèces), les Lestidae (3 espèces), les Aeshnidae (3 espèces), les Calopterygidae (1 espèce) et les Platycnemididae (1 espèce).

Tableau 12 : Liste des espèces d'odonates inventoriées au niveau des cinq oueds au cours de la période d'étude.

	Statut (IUCN)	Oued Bouarroug (St.1)	Oued Demet -Rihane (St.2)	Oued El-Melha (St.3)	Oued El-Nhal (St.4)	Oued Reguibet (St.5)
Zygoptera						
Calopterygidae						
<i>C. haemorrhoidalis</i> (Vander Linden, 1825)	LC	1*	1*	1*	1*	1*
Lestidae						
<i>L. numidicus</i> (Samraoui, Weekers & Dumont, 2003)	DD	1	0	0	0	0
<i>L. virens</i> (Charpentier, 1825)	LC	1	0	0	1	0
<i>C. viridis</i> (Vander Linden, 1825)	LC	1*	1*	1*	1*	1*
Platycnemididae						
<i>P. subdilatata</i> (Selys, 1849)	LC	1*	1*	1*	1*	0
Coenagrionidae						
<i>I. graellsii</i> (Rambur, 1842)	LC	1*	1*	1*	1*	0
<i>C. mercuriale</i> (Charpentier, 1840)	EN	0	0	0	1	0
<i>C. puella</i> (Linnaeus, 1758)	LC	1*	0	0	1*	0
<i>E. lindenii</i> (Selys, 1840)	LC	1	0	0	0	0
<i>E. viridulum</i> (Charpentier, 1840)	LC	1	0	0	0	0
<i>C. tenellum</i> (De Villers, 1789)	LC	1*	1*	1*	0	0
Anisoptera						
Aeshnidae						
<i>A. mixta</i> (Latreille, 1805)	LC	0	1	0	0	0
<i>B. irene</i> (Fonscolombe, 1839)	LC	1*	1*	1*	1*	0
<i>A. imperator</i> (Leach, 1815)	LC	1*	1*	1*	1*	1
Gomphidae						
<i>G. lucasii</i> (Sélys, 1849)	VU	1*	1*	1*	1*	1*
<i>O. uncatus</i> (Charpentier, 1840)	VU	1*	0	0	0	0
<i>O. costae</i> (Selys, 1885)	NT	0	0	0	1*	0
<i>P. genei</i> (Selys, 1841)	LC	1*	0	0	1*	1*
Libellulidae						
<i>O. chrysostigma</i> (Burmeister, 1839)	LC	0	0	0	0	1
<i>O. coerulescens</i> (Fabricius, 1798)	LC	1*	1*	1*	1*	1*
<i>C. erythraea</i> (Brullé, 1832)	LC	1	1	1	1	0
<i>D. lefebvrei</i> (Rambur, 1842)	LC	0	0	0	1	0
<i>S. fonscolombii</i> (Sélys, 1840)	LC	0	0	0	0	1
<i>S. meridionale</i> (Sélys, 1841)	LC	0	1	0	1	0
<i>S. striolatum</i> (Charpentier, 1840)	LC	1	1	1	1	0
<i>T. annulata</i> (Palisot de Beauvois, 1807)	LC	1	0	1	1	0
<i>T. arteriosa</i> (Burmeister, 1839)	LC	1	0	0	0	0

IUCN: Union Internationale de Conservation de la Nature ; **LC:** préoccupation mineure ; **DD :** Données insuffisantes ; **EN :** Espèce en danger ; **NT :** Espèce quasi menacée ; **VU:** Espèce vulnérable ; **1 :** présence ; **0 :** absence ; *****: autochtonie confirmée.

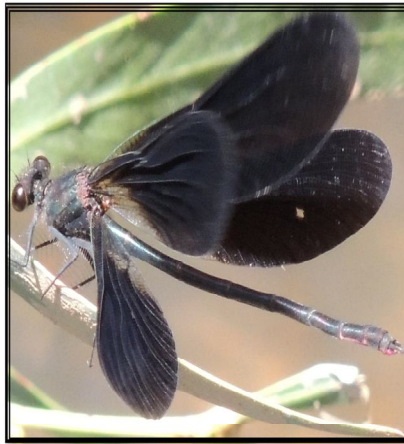
3.2.2. Description et statut des espèces autochtones composant le peuplement (Cliché EcoSTA).

Calopteryx haemorrhoidalis (Vander Linden, 1825)

Statut de conservation UICN



Mâle



Femelle



LC : Préoccupation mineure

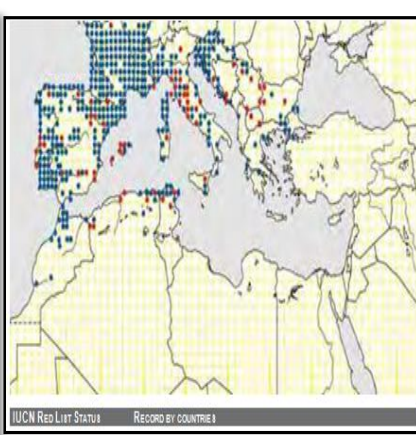
Cette espèce endémique de l'ouest méditerranéen est fréquente sur les cours d'eau d'Europe sud-occidentale. L'espèce se rencontre dans les ruisseaux à eau claire partiellement ensoleillés. Elle est sensible à l'oxygénation et à la pollution de l'eau. L'espèce est présente dans les cinq sites.

Lestes viridis (Vander Linden, 1825)

Statut de conservation UICN



Mâle



Femelle

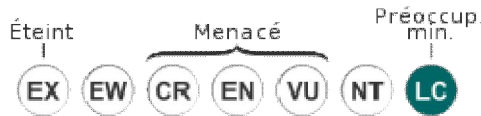


LC : Préoccupation mineure

Espèce répandue et commune en Europe et au Maghreb. En Italie et dans de grandes parties des Balkans, Les deux sexes sont caractérisés par une couleur vert-métallique, comme les autres demoiselles de lestes mais leur taille est plus grande avec une couleur plus foncée. L'espèce est présente dans les cinq sites.

Platycnemis subdilatata (Selys, 1849)

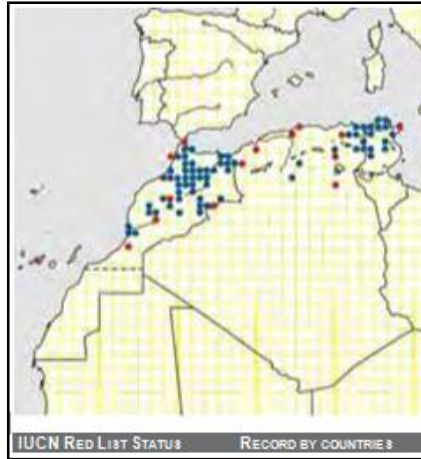
Statut de conservation UICN



Mâle

LC : Préoccupation mineure

Femelle



Espèce endémique du Maghreb. Un spécimen de cette espèce, détecté par [Kalkman & Smit \(2002\)](#) dans la collection ZMA et étiqueté «Iles Canaries, Tenerife, Puerto de la Cruz, 28 mars 1971, J.H. Stocks »fait probablement référence à un vagabond unique favorisé par les vents africains. L'espèce est présente dans tous les sites sauf au ST.5.

Ischnura graellsii (RAMBUR, 1842)

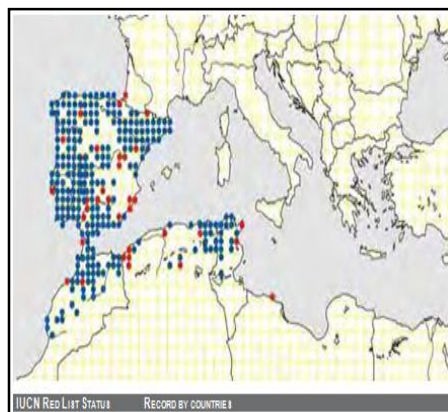
Statut de conservation UICN



Mâle

LC : Préoccupation mineure

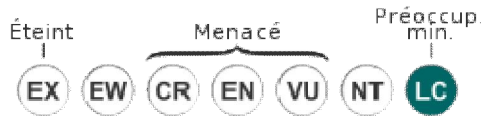
Femelle



Occupe différents types d'eaux stagnantes et faiblement courantes même saumâtres. Elle réalise entre deux et quatre générations par an selon la latitude. Avec une tache bleue sur l'abdomen. La ponte se fait souvent dans une tige de plante aquatique. L'espèce est présente dans tous les sites sauf au ST.5.

Ceriagrion tenellum (De Villers, 1789)

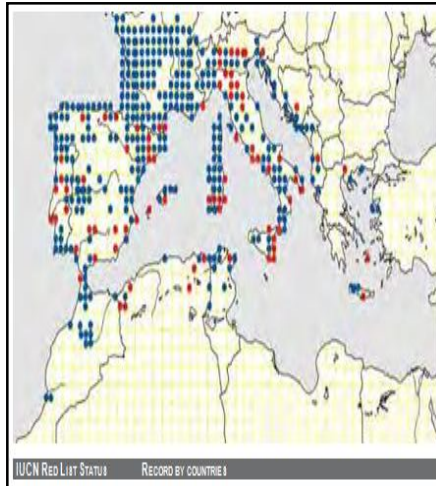
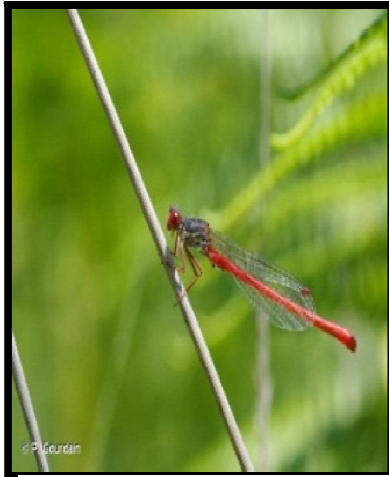
Statut de conservation UICN



Mâle

LC : Préoccupation mineure

Femelle



Occupe différents types d'eaux stagnantes à courantes. Pour la reproduction, elle privilégie les milieux bien ensoleillés et riches en végétation immergée et flottante. Après l'accouplement, la ponte est effectuée en tandem, Les œufs insérés dans les tiges ou les feuilles des plantes aquatiques. L'espèce est présente dans les St.1, St.2 et St.3.

Cenagrion puella (Linnaeus, 1758)

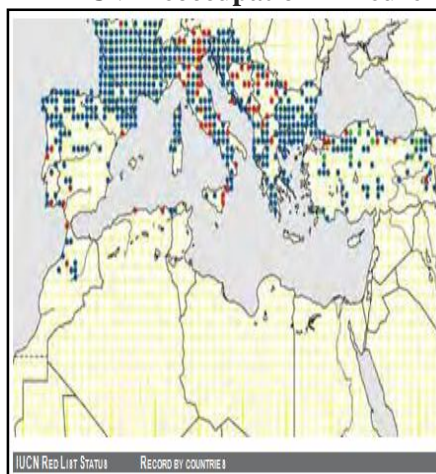
Statut de conservation UICN



Mâle

LC : Préoccupation mineure

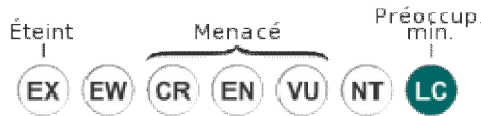
Femelle



Espèce commune et répandue dans de grandes parties de l'Europe et de la Méditerranée. Elle n'a pas été trouvée en Tunisie depuis 1906 (Gadeau De Kerville 1908) et y est considérée comme éteinte. L'espèce est présente dans les St.1 et St.4.

Boyeria irene (Fonscolombe, 1839)

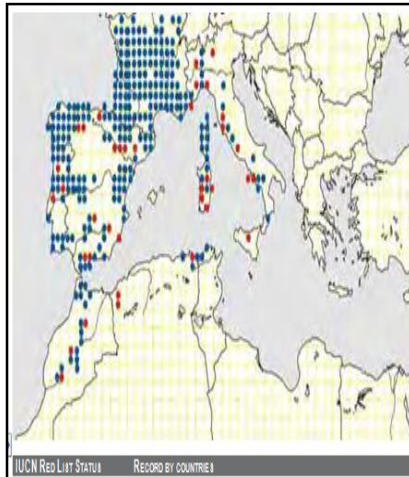
Statut de conservation UICN



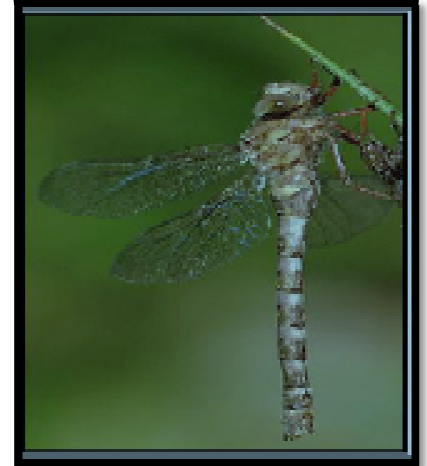
Mâle



LC : Préoccupation mineure



Femelle



Espèce endémique de la Méditerranée occidentale, répandue dans le sud-ouest de la France, en Corse, dans la péninsule ibérique et au Maroc, mais devient plus dispersée dans les autres parties de son aire de répartition. Cette espèce est classée NT dans la liste rouge nord-africaine. De mœurs crépusculaires, la forme adulte n'a pas été observée sur terrain.

Anax imperator (Leach, 1815)

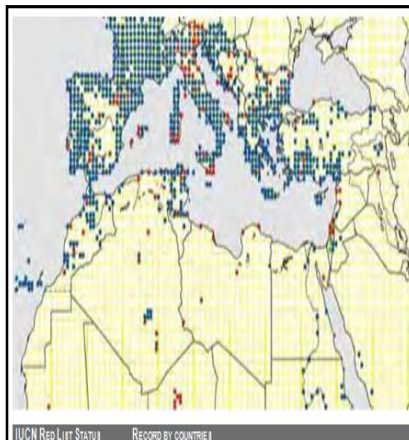
Statut de conservation UICN



Mâle



LC : Préoccupation mineure



Femelle



Espèce commune et répandue en Europe, en Asie occidentale et dans certaines régions d'Afrique. 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. L'espèce est présente dans les St.1 St.2 St.3, St.4 et St.5

Gomphus lucasii (Sélys, 1849)

Statut de conservation UICN

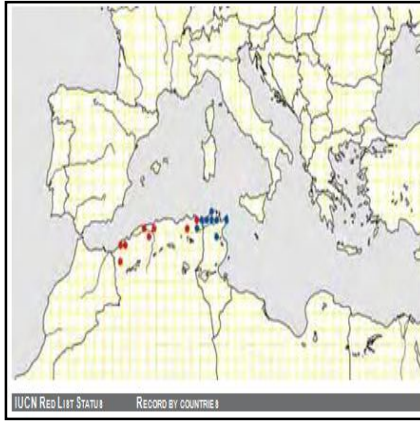


LC : Préoccupation mineure

Mâle



Femelle



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. 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. L'espèce est présente dans les cinq sites.

Onychogomphus uncatius (Charpentier, 1840)

Statut de conservation UICN

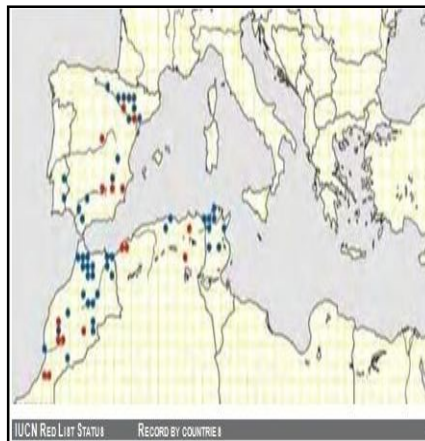


LC : Préoccupation mineure

Mâle



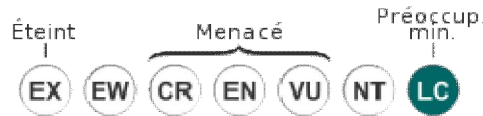
Femelle



Les yeux des adultes sont clairs ou d'un 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. L'espèce est observée dans le site St1.

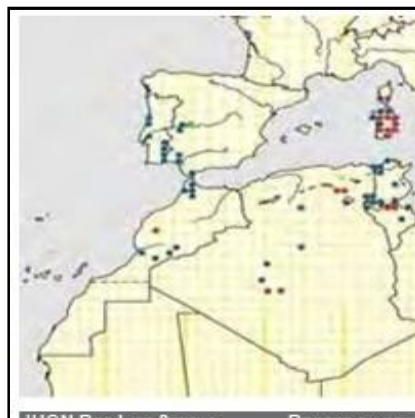
Paragomphus genei (Selys, 1841)

Statut de conservation UICN



LC : Préoccupation mineure

Mâle



Femelle



Espèce présente à la fois près des eaux courantes végétalisées aux berges nues. 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. Elle est caractérisée par un thorax vert clair avec quelques rayures brunes. Les ailes sont transparentes. L'espèce est présente dans St.1, St.4 et St.5.

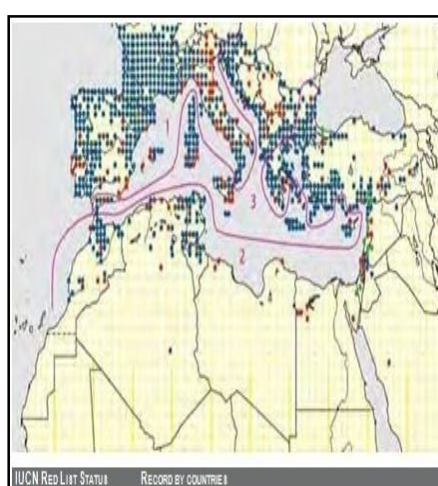
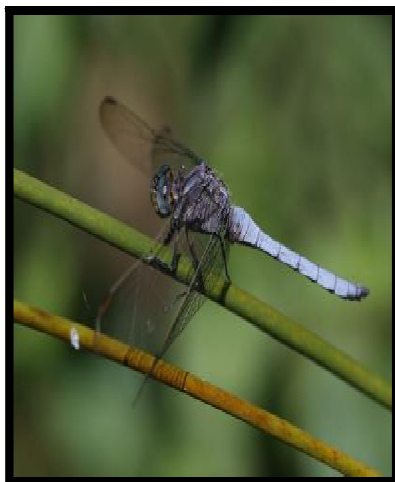
Orthetrum cancellatum anceps (Schneider, 1845)

Statut de conservation UICN

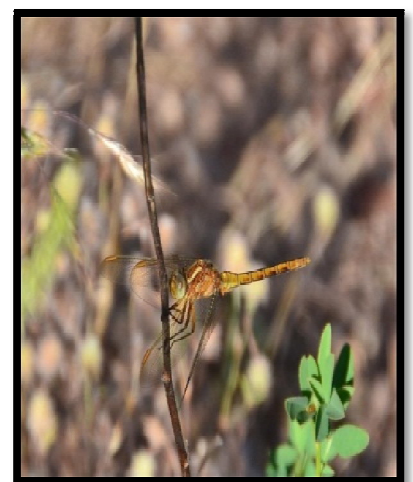


LC : Préoccupation mineure

Mâle



Femelle



Les sous-espèces nominales d'*Orthetrum coerulescens* et *O. c. anceps* (Schneider, 1845) sont reliées par un continuum de phénotypes intermédiaires. Cette espèce se distingue par ses délicates couleurs bleu turquoise. De taille fine, elle vit près de cours d'eau ou de marais. L'espèce est présente dans les cinq sites.

3.2.3. Période de vol des espèces inventoriées

Dans l'ensemble et sur les cinq sites étudiés, la grande majorité des espèces inventoriées ont une période de vol comprise entre le mois d'avril et le mois de novembre (Tableau 13). On note une augmentation du nombre des imagos entre les mois de mai et juin et le pic des émergences est atteint au mois d'août pour la majorité des espèces et dans la plupart des sites étudiés. Puis, on observe une diminution progressive de la présence des adultes jusqu'au mois de novembre, ce qui indique la fin de la saison odonatologique.

Tableau 13 : Phénologie adulte des espèces inventoriées dans les cinq sites étudiés au cours de la saison odonatologique (avril-novembre 2018).

Familles	Espèces	Avr	Mai	Jui	Juil	Aoû	Sep	Oct	Nov	
Calopterygidae	<i>C. haemorrhoidalis</i>	■								
Lestidae	<i>L. numidicus</i>		■							
	<i>L. virens</i>				■					
	<i>C. viridis</i>		■							
Platycnemididae	<i>P. subdilatata</i>		■							
	<i>I. graellsii</i>	■								
	<i>C. mercuriale</i>				■					
Coenagrionidae	<i>C. puella</i>	■								
	<i>E. lindenii</i>		■							
	<i>E. viridilum</i>		■							
	<i>C. tenellum</i>	■								
Aeshnidae	<i>A. mixta</i>				■					
	<i>B. irene</i>	■								
	<i>A. imperator</i>	■								
Gomphidae	<i>G. lucasii</i>	■								
	<i>O. uncatus</i>	■								
	<i>O. costae</i>				■					
	<i>P. genei</i>		■							
Libellulidae	<i>O. chrysostigma</i>			■						
	<i>O. coerulescens</i>			■						
	<i>C. erythraea</i>		■							
	<i>D. lefebvrii</i>			■						
	<i>S. fonscolombii</i>		■							
	<i>S. meridionale</i>		■							
	<i>S. striolatum</i>		■							
	<i>T. annulata</i>	■								
<i>T. arteriosa</i>		■								

3.2.4. Distribution et fréquence relative des espèces inventoriées dans les cinq oueds

3.2.4.1. Fréquence relative globale à oued Bouarroug

Un total de 20 espèces a été enregistré à oued Bouarroug sur un effectif total de 1966 imagos observés. Nous avons noté dès la fin du mois d'avril l'apparition des premiers imagos de *C. haemorrhoidalis* ; *I. graellsii* ; *C. puella* ; *C. tenellum* et *A. imperator*. Les effectifs ont ensuite augmenté au cours de la saison estivale pour atteindre le pic au mois de juillet (634 individus pour *I. graellsii*). A partir du mois d'août, on assiste à une diminution progressive des effectifs jusqu'à la fin de la saison odonatologique. En termes de fréquence, l'espèce *I. graellsii* représente 19,97% de la population totale, suivie par *C. viridis* (18,78%) suivie par *C. haemorrhoidalis* (15,75%) et *Platycnemis subdilatata* avec 10,69%. Les autres espèces ont été représentées avec des pourcentages faibles, moins de 10% de la population globale (Figure 47).

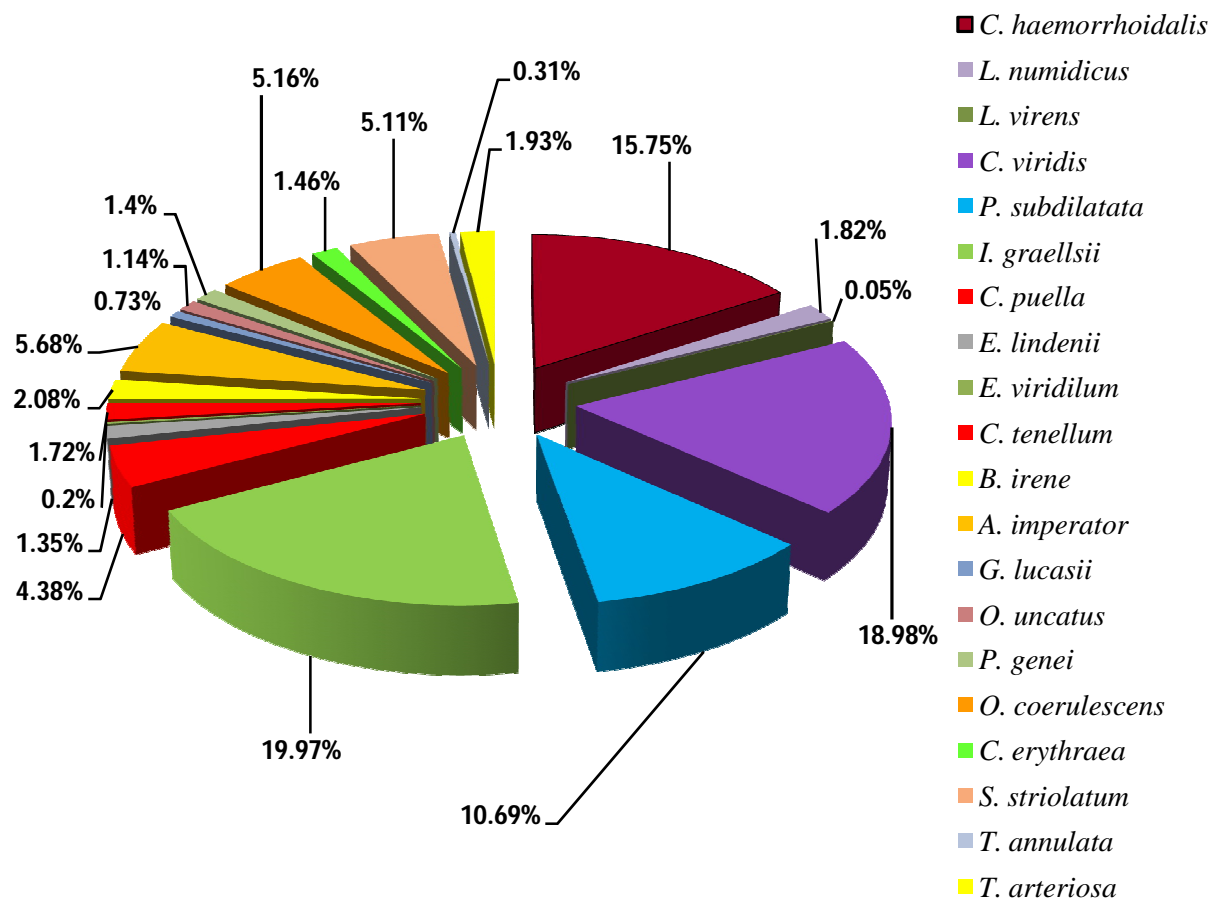


Figure 47 : Distribution des imagos des espèces inventoriées à oued Bouarroug au cours de la saison odonatologique 2018.

3.2.4.2. Fréquence relative globale à oued Demat Rihane

Sur un total de 1556 imagos, 13 espèces ont été enregistrées à oued Demat Rihane. Les espèces : *C. haemorrhoidalis*, *I. graellsii* et *O. coerulescens* apparaissent en premier au début de la saison odonatologique (fin avril) et le pic des émergences est atteint au mois de juillet avec 737 individus. Ce nombre diminue progressivement atteignant 23 individus en novembre. En termes de fréquence, l'espèce *C. haemorrhoidalis* est la plus abondante (1000 individus). Elle représente 42,99 % de la population globale, Les autres espèces ont été représentées avec de faibles pourcentages moins de 10 % de la population globale (Figure 48).

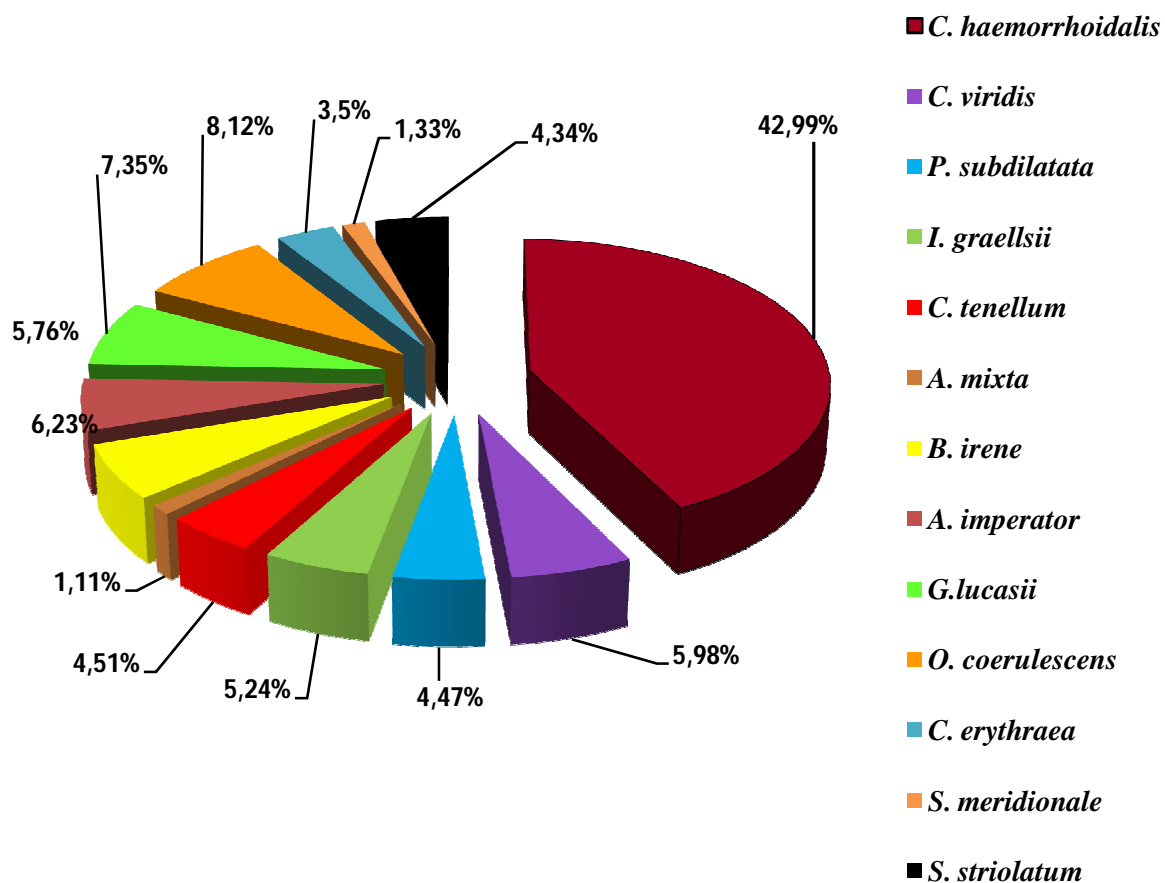


Figure 48 : Distribution des imagos des espèces inventoriées à oued Demat Rihane au cours de la saison odonatologique 2018.

3.2.4.3. Fréquence relative globale à oued El-Melha

Un total de 12 espèces a été enregistré sur 1937 adultes observés à oued El-Melha. La saison odonatologique a commencé dès la fin avril avec l'apparition des premiers imagos de *C. haemorrhoidalis* ; *I. graellsii* ; *C. viridis* et *C. tenellum*. Le pic des émergences est de 734 individus atteint au mois d'août, après on assiste à une diminution des effectifs jusqu'à la fin de la saison odonatologique. En ce qui concerne l'abondance relative, l'espèce *I. graellsii* s'est révélée la plus représentative avec 24,57% de la population globale, suivie de *O. coerulescens* avec (15,69 %), *C. haemorrhoidalis* (12,13%), *C. tenellum*(8,36 %), *A. imperator* (7,84%), *P. subdilatata* (7,12 %), *G. lucasii* (5,21 %) et *C. viridis* avec 5,16 % . Les 5 autres espèces (*C. erythraea* ; *T. annulata* ; *S. striolatum* et *B. irene*) sont représentées selon les pourcentages respectifs de 3,82 %; 3,66%; 3,51% et 2,89% (Figure 49).

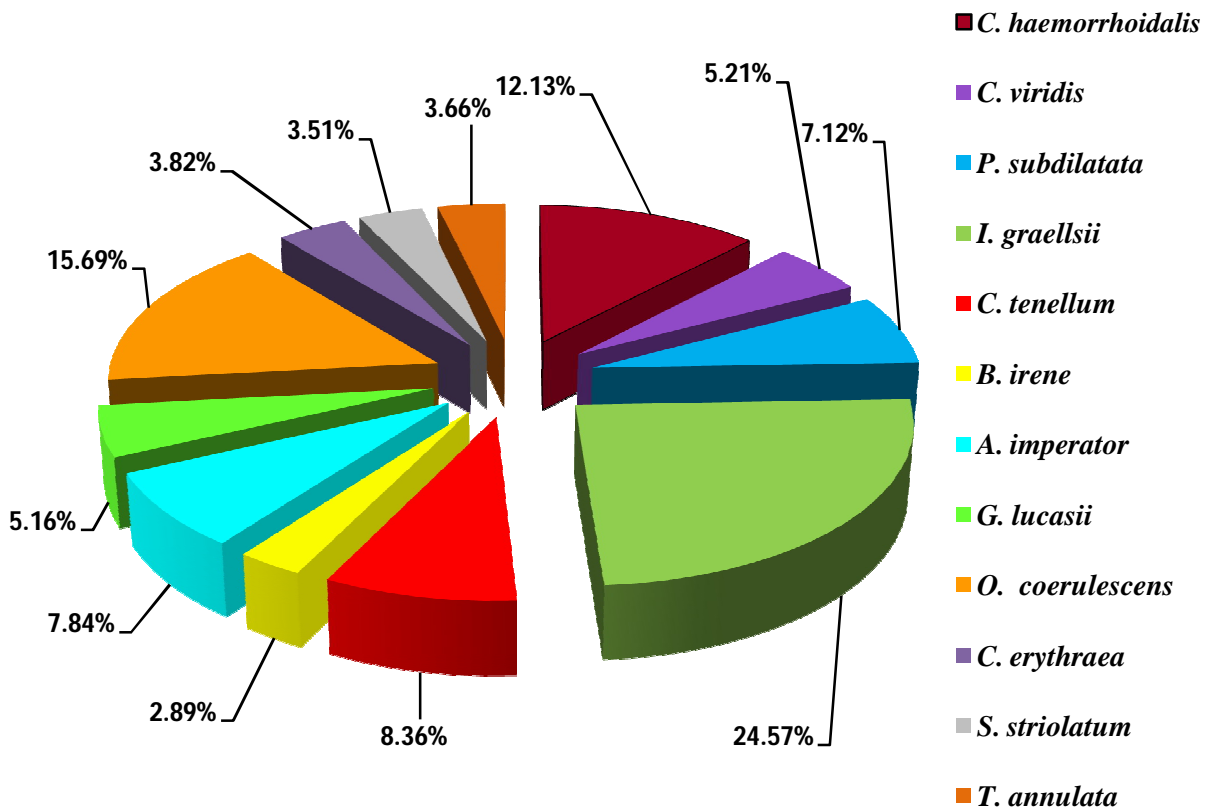


Figure 49 : Distribution des imagos des espèces inventoriées à oued El-Melha au cours de la saison odonatologique 2018.

3.2.4.4. Fréquence relative globale à oued El-Nhal

Un total de 2306 imagos repartit en 18 espèces a été enregistré à oued El-Nhal. L'espèce *C. haemorrhoidalis* était la première à émerger, puis le taux d'émergence a augmenté pour atteindre un pic de 1115 individus au mois d'août. En terme de fréquence, l'espèce *C. haemorrhoidalis* s'est révélée la plus représentative avec 43,84% de la population globale, suivie par *A. imperator* (12,79 %), *G. lucasii* (9,62 %) puis *O. coerulescens* (8,41 %). Les autres espèces ont été représentées avec des pourcentages faibles de moins de 10% de la population globale (Figure 50).

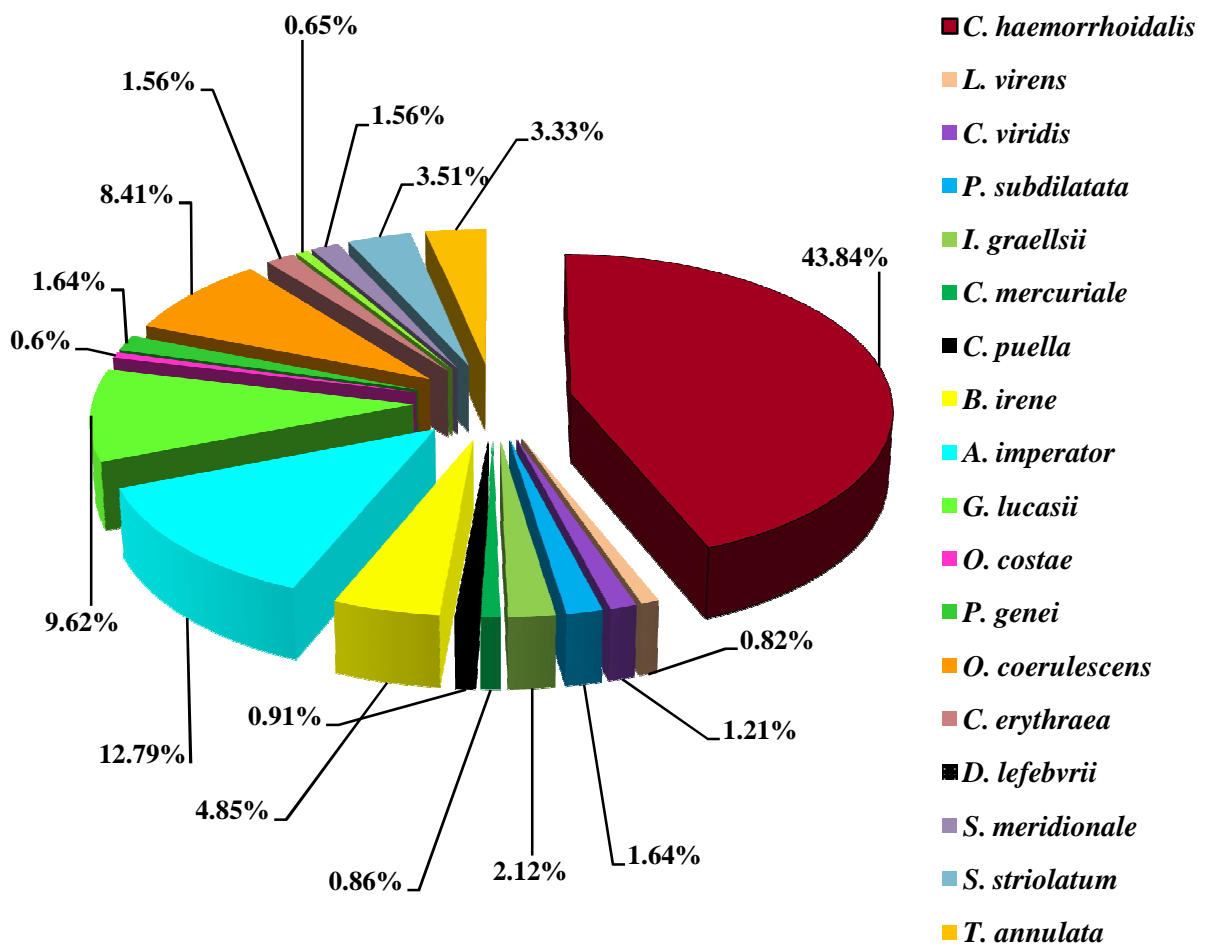


Figure 50. Distribution des imagos des espèces inventoriées à oued El-Nhal au cours de la saison odonatologique 2018.



3.2.4.5. Fréquence relative globale à oued Reguibet

Un total de 8 espèces a été enregistré à oued Reguibet sur 1099 imagos observés. L'espèce *C. haemorrhoidalis* a été la plus représentée avec 61,69 % de la population globale, suivie par *A. imperator* avec 11,73 %, puis par *G.lucasii* (8,18 %), *S. fonscolombii* et *C. viridis* (4,64 % chacune), *P. genei* (4,36 %), *O. coerulescens* (2,82 %) et enfin *O. chrysostigma* avec 1,91 % (Figure 51).

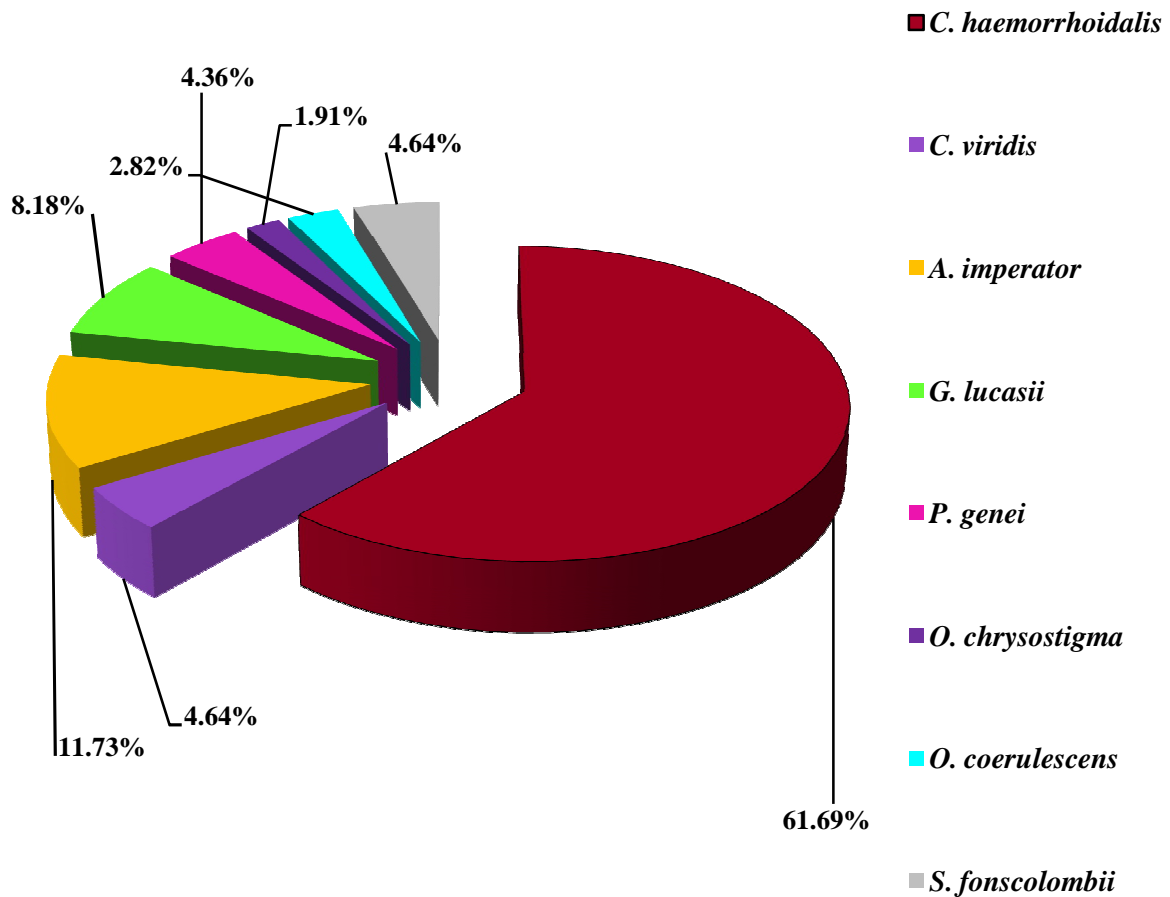


Figure 51. Distribution des imagos des espèces inventoriées à oued Reguibet au cours de la saison odonatologique 2018.



3.2.5. Structure du peuplement par les descripteurs écologiques

3.2.5.1. Variation des indices de diversité biologique à oued Bouarroug

Le traitement statistique par l'indice écologique a révélé un peuplement diversifié en espèces avec une équirépartition des individus sans aucune espèce dominante. Leur variation durant la saison odonatologique n'est pas tellement différente (Figure 52).

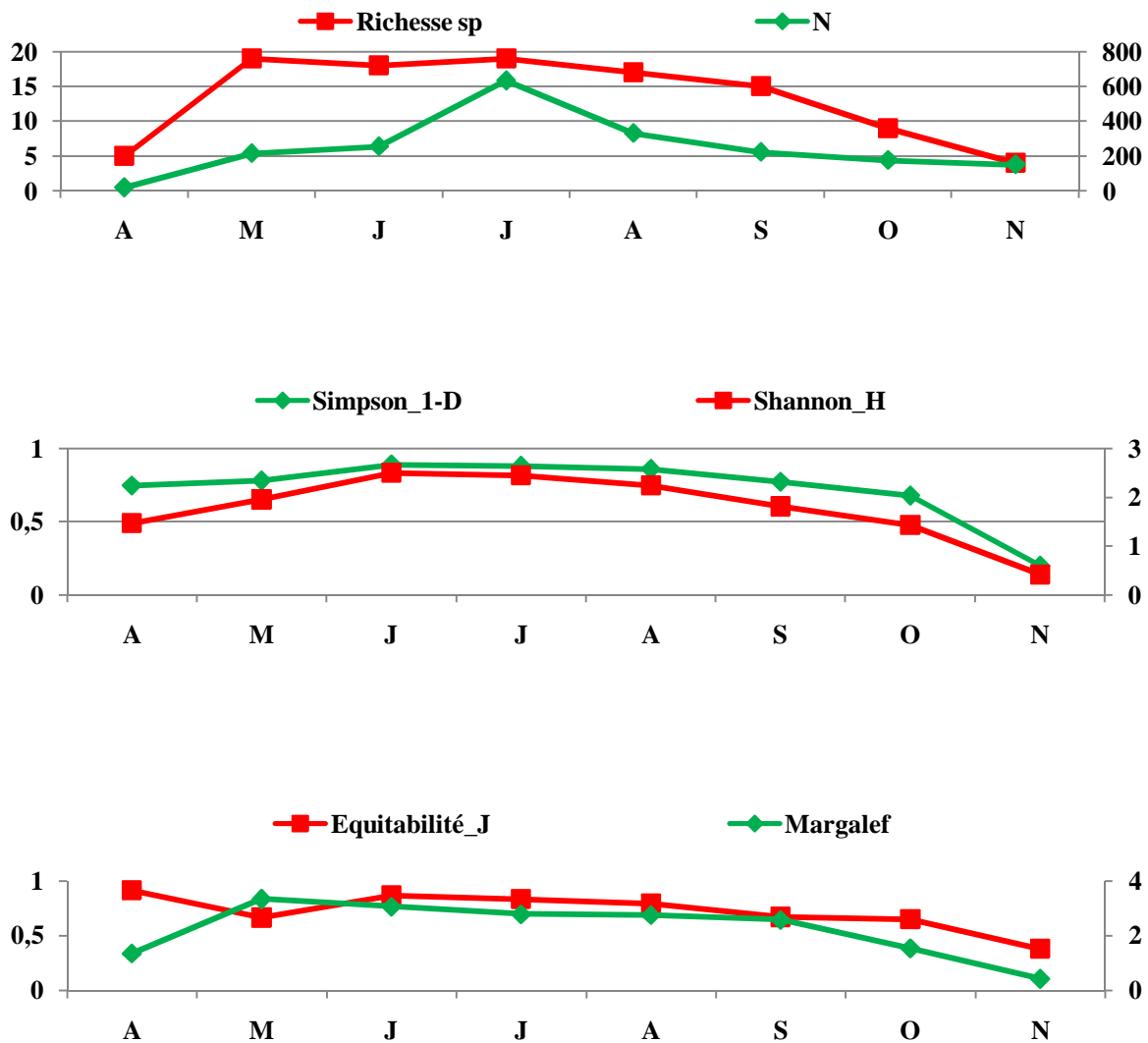


Figure 52 : Variations mensuelles des indices écologiques (Richesse spécifique, Indices de Shannon_H, Indice de Margalef , Simpson D-1 et Indice d'équitabilité_J) durant la période d'étude à oued Bouarroug.



3.2.5.2. Variation des indices de diversité biologique à oued Demat Rihane

L'étude des indices écologiques a révélé un peuplement faiblement diversifié, en déséquilibre avec une espèce dominante *C. haemorrhoidalis* (Figure 53).

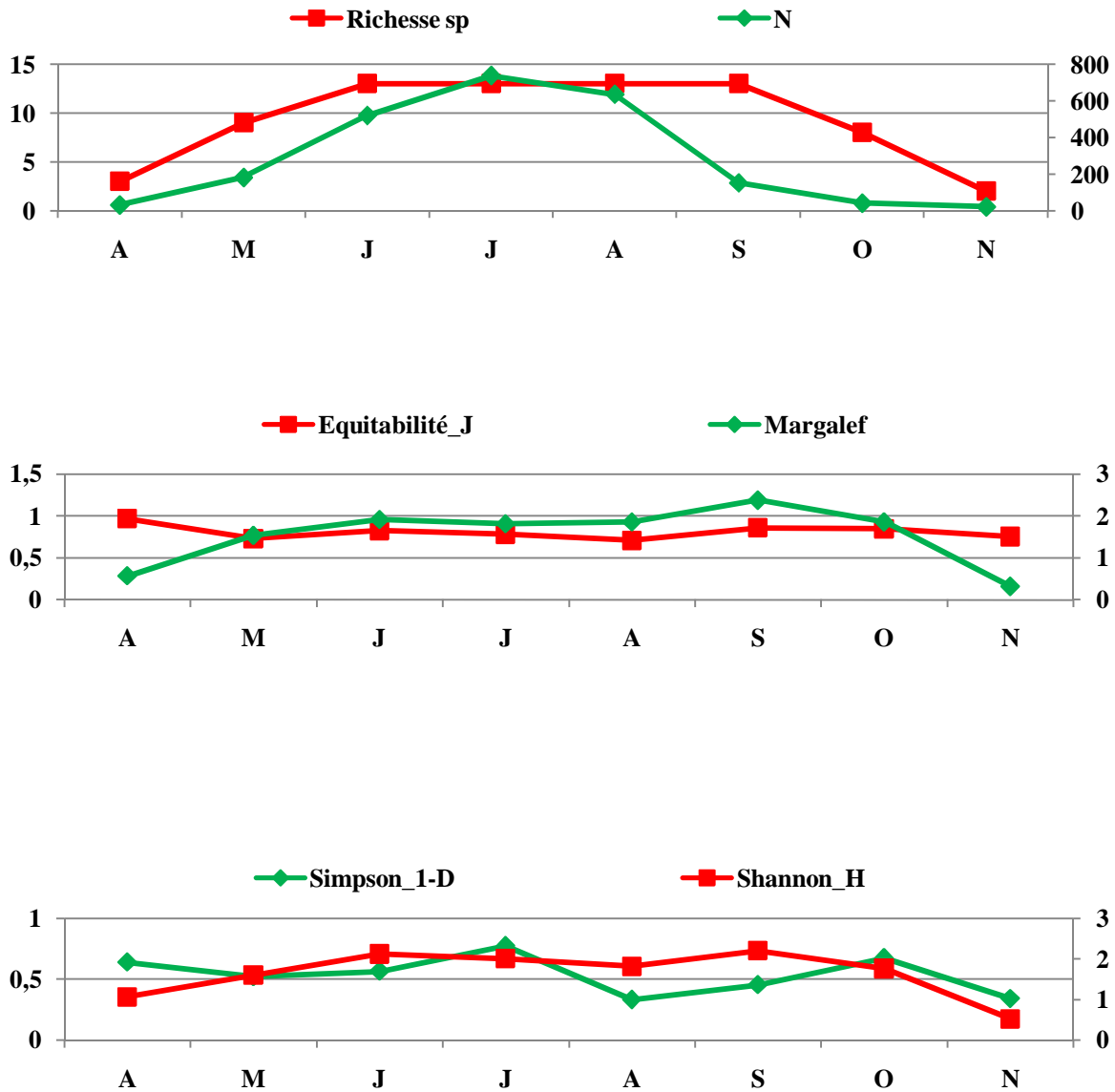


Figure 53 : Variations mensuelles des indices écologiques (Richesse spécifique, Indices de Shannon_H, Indice de Margalef , Simpson D-1 et Indice d'équitabilité_J) durant la période d'étude à oued Demat Rihane



3.2.5.3. Variation des indices de diversité biologique à oued El-Melha

L'étude statistique des indices écologiques a révélé un peuplement moyennement diversifié, en équilibre et sans aucune espèce dominante (Figure 54).

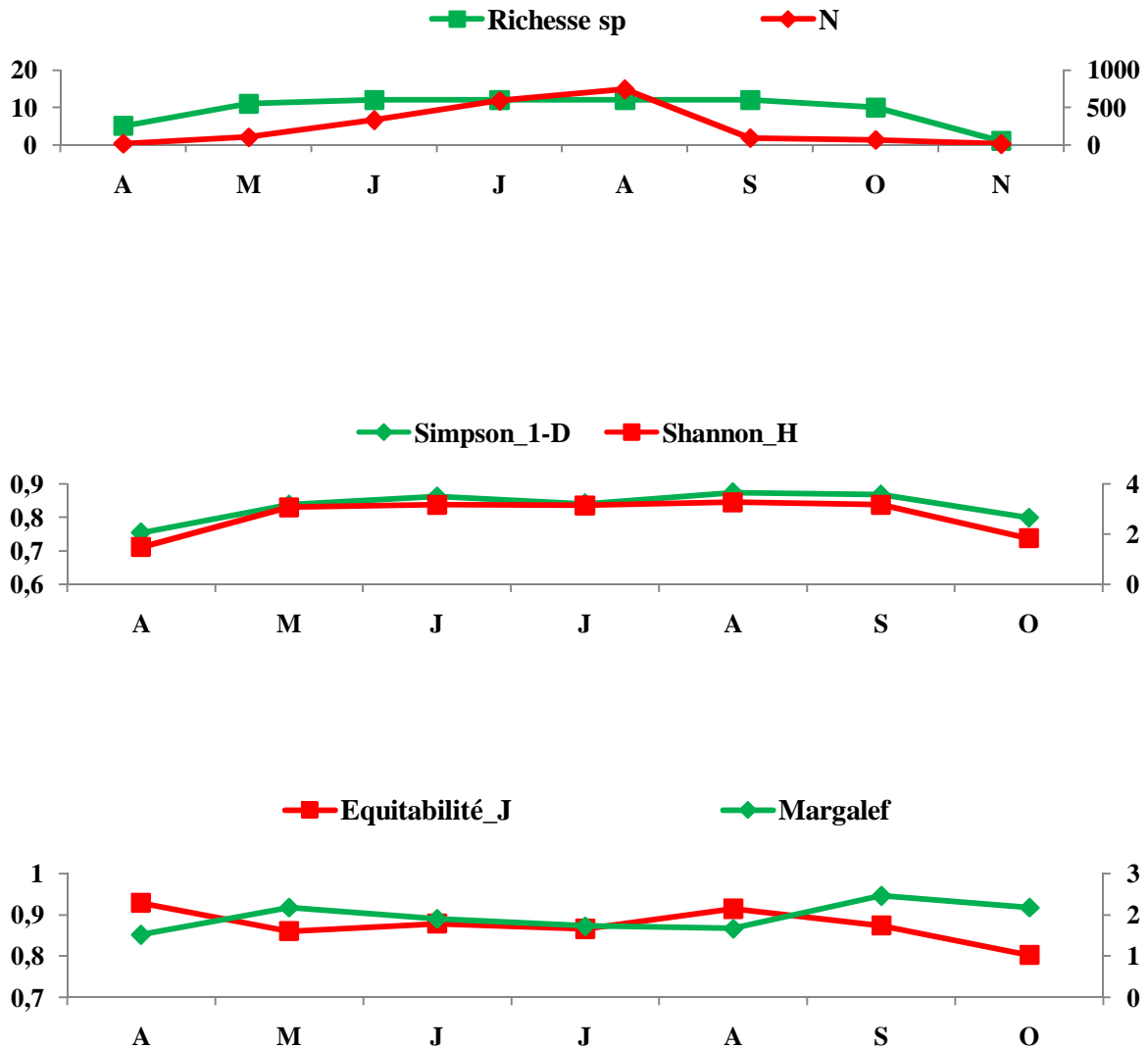


Figure 54 : Variations mensuelles des indices écologiques (Richesse spécifique, Indices de Shannon_H, Indice de Margalef , Simpson D-1 et Indice d'équitabilité_J) durant la période d'étude à oued El-Melha.



3.2.5.4. Variation des indices de diversité biologique à oued El-Nhal

L'étude statistique des indices écologiques a révélé un peuplement diversifié, moyennement équilibré avec une dominance de l'espèce *C. haemorrhoidalis* (Figure 55).

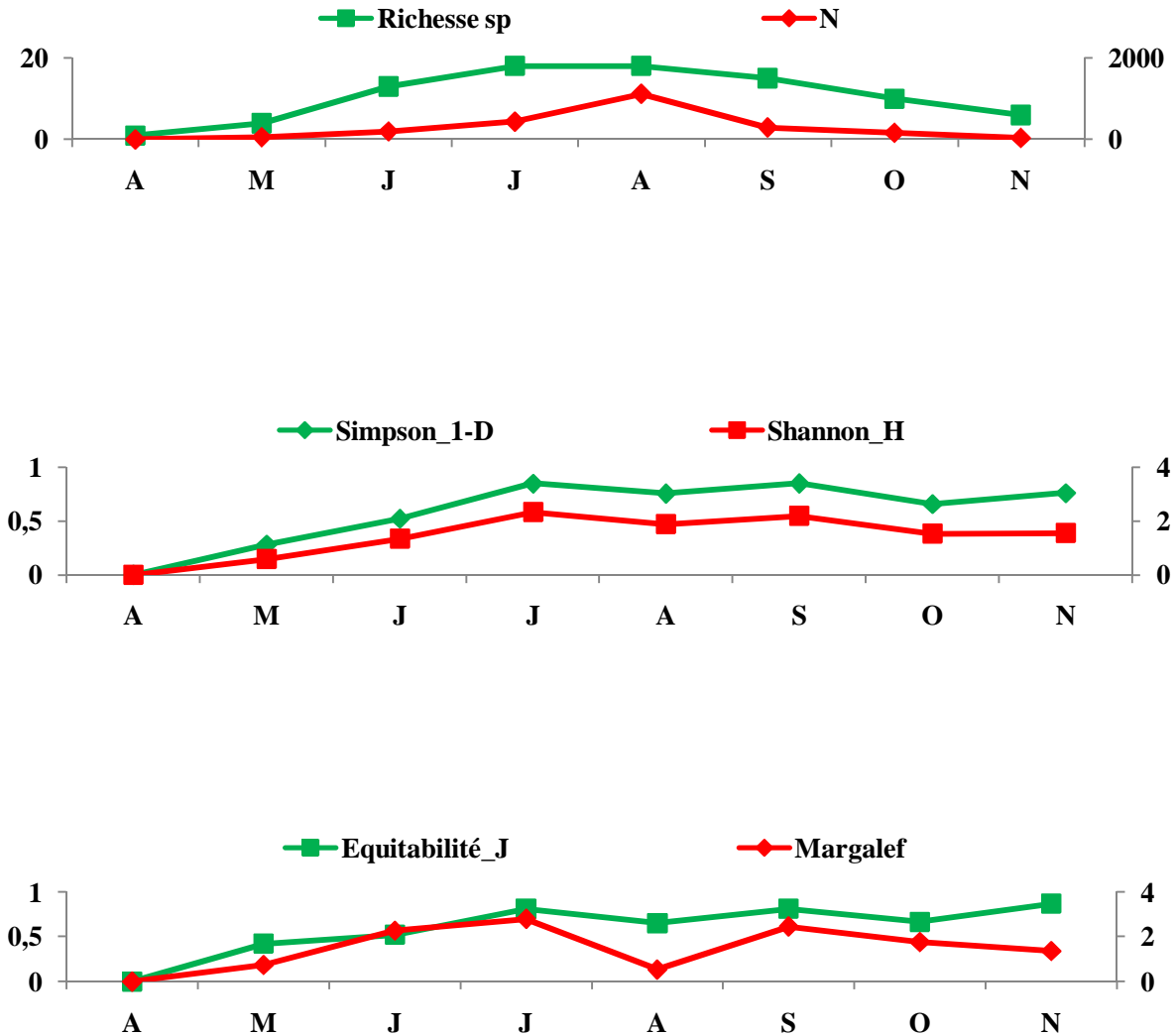


Figure 55 : Variations mensuelles des indices écologiques (Richesse spécifique, Indices de Shannon_H, Indice de Margalef , Simpson D-1 et Indice d'équitabilité_J) durant la période d'étude à oued El-Nhal



3.2.5.5. Variation des indices de diversité biologique à oued Reguibet

L'étude statistique des indices écologiques a révélé un peuplement faiblement diversifié, en déséquilibre avec une espèce dominante *C. haemorrhoidalis* (Figure 56).

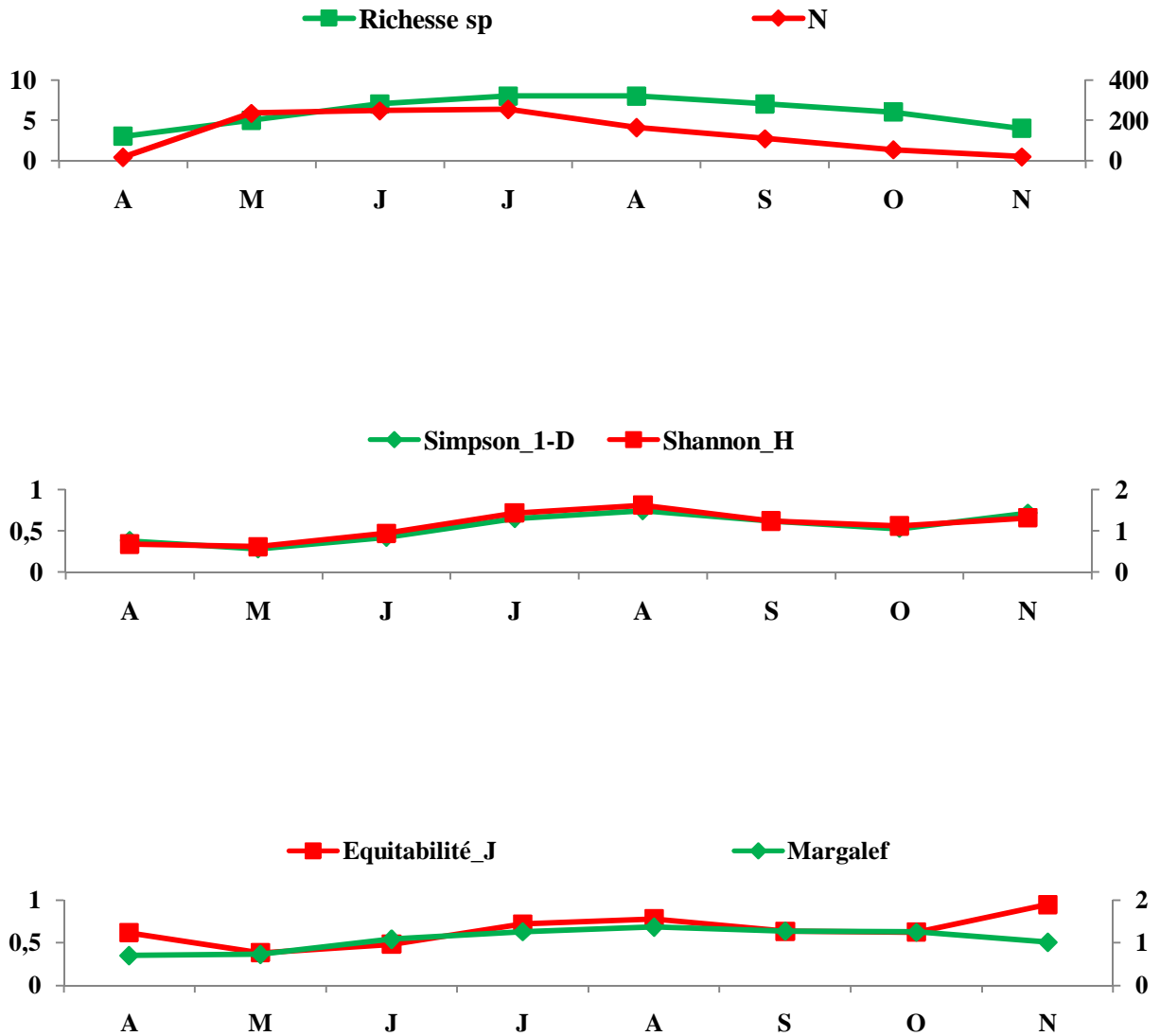
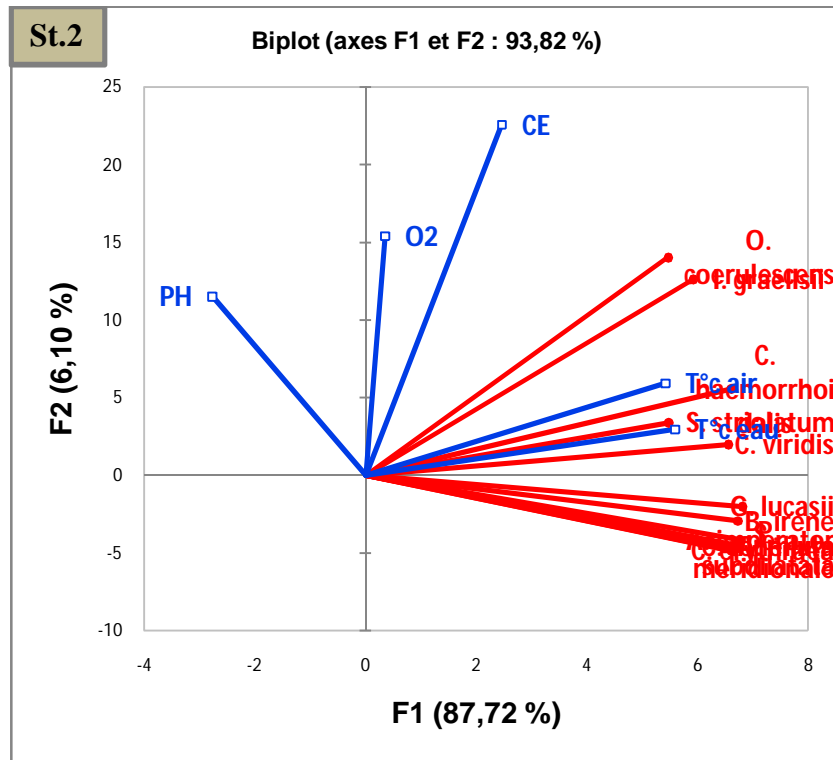
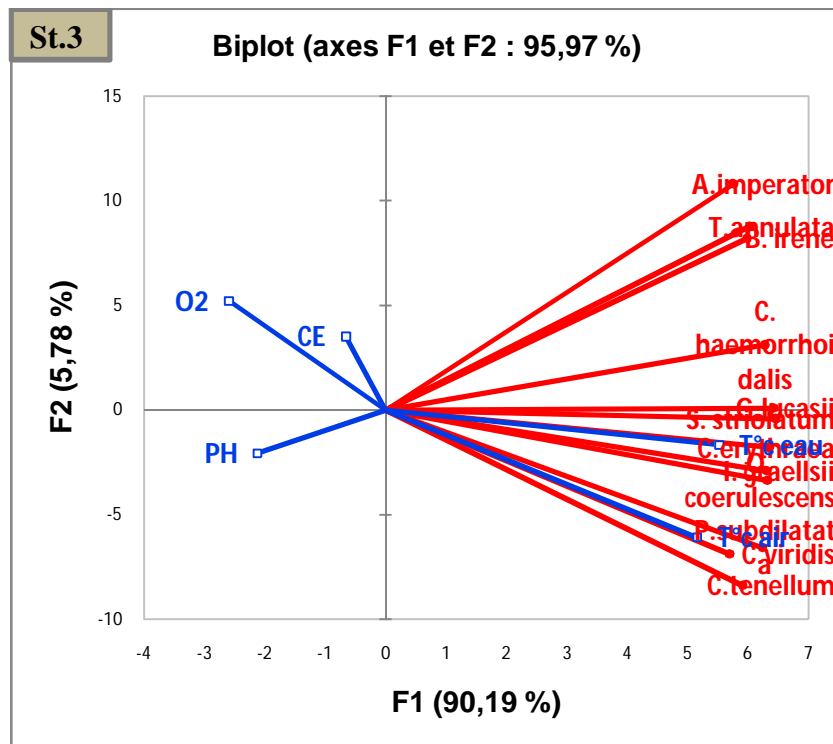


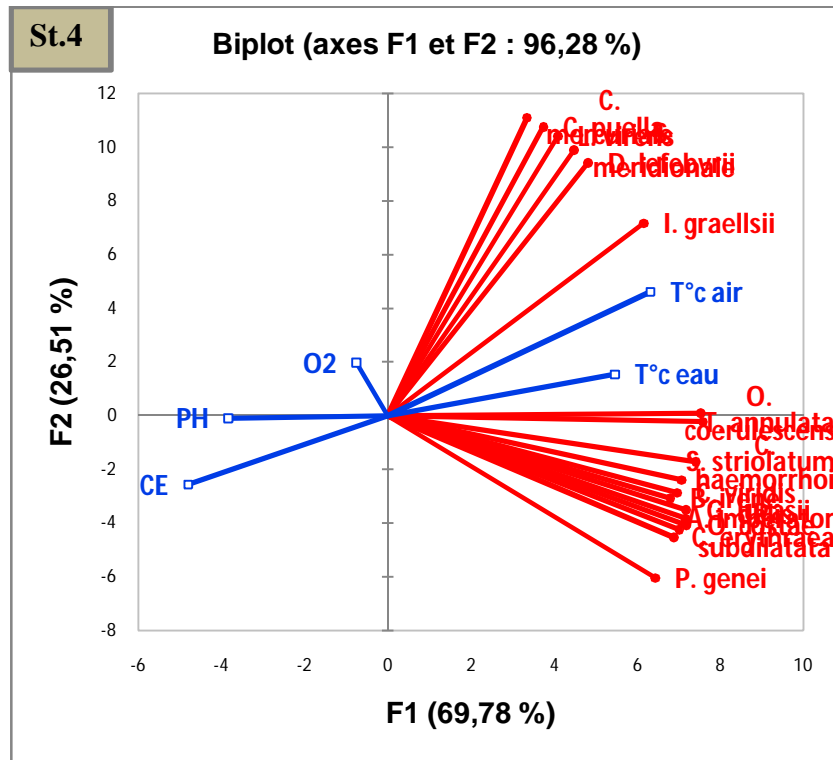
Figure 56 : Variations mensuelles des indices écologiques (Richesse spécifique, Indices de Shannon_H, Indice de Margalef, Simpson D-1 et Indice d'équitabilité_J) durant la période d'étude à oued Reguibet



- Pour oued El-Melha 95,97 % de la variation totale. Le premier axe explique F1 (90,19%) et le deuxième axe explique F2 (5,78%).



- Pour oued El-Nhal 96,28 % de la variation totale. Le premier axe explique F1 (69,78%) et le deuxième axe explique F2 (26,51%).



- Pour oued Reguibet 87,98 % de la variation totale. Le premier axe explique F1 (64,88%) et le deuxième axe explique F2 (23,10%).

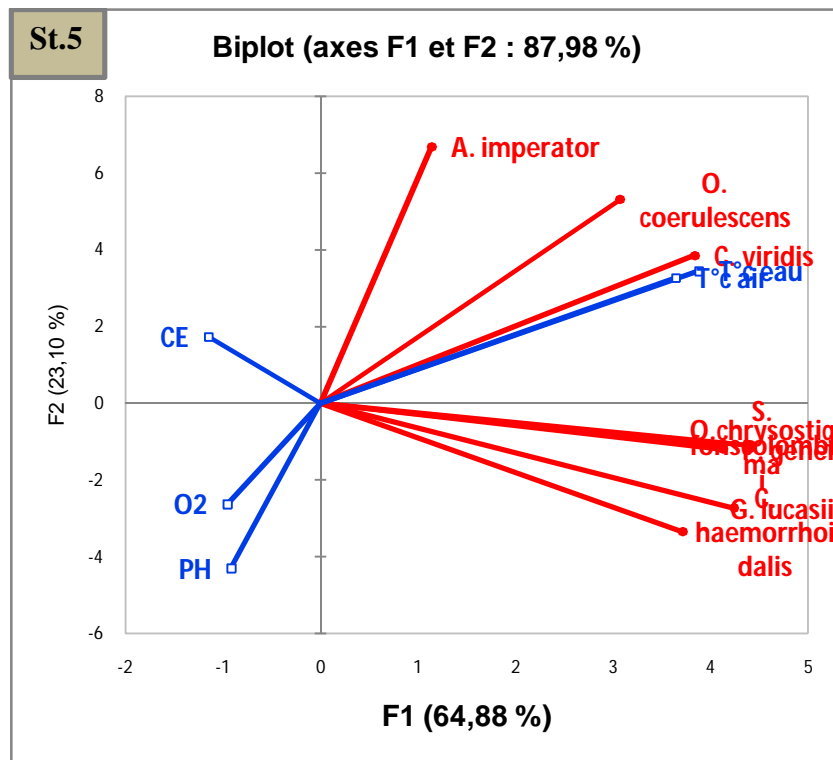


Figure 57 : Analyse en Composante Principale de la variation des paramètres biotiques et abiotiques dans les cinq sites étudiés.

3.2.7. Classification des cinq hydro systèmes en fonction du potentiel écologique

L'indice de Shannon Wiener utilisé pour étudier les changements temporels de diversité liés à l'augmentation ou à la réduction de la pollution [Simboura & Zenetos \(2002\)](#).

Les valeurs de l'indice Shanon H' obtenus décrivent et classent l'état écologique des cinq oueds du secteur de Brabtia (Tableau 14).

Tableau 14 : La classification de la pollution et l'état écologique des cinq sites échantillonnés à partir de la valeur de H', d'après [Simboura et Zenetos, \(2002\)](#).

Sites	Code	valeur de H'	Etat écologique	Classification de la pollution
O. Bouarroug	St.1	2,36	médiocre	Fortement pollué
O. Demat Rihane	St.2	2,04	médiocre	Fortement pollué
O. El-Melha	St.3	3,26	moyen	Modérément pollué
O. El-Nhal	St.4	2,02	médiocre	Fortement pollué
O. Reguibet	St.5	1,35	mauvais	Azoïque, très pollué

3.2.8. Classification de l'intégrité écologique des habitats par l'application de l'indice

odonatologique des cours d'eau ASOI; d'après le modèle proposé par [Korbaa et al., \(2018\)](#).

Tableau 15 : Coordonnées et caractéristiques des 5 sites d'étude dans la réserve de Brabtia au nord de l'Algérie. Débit, p - permanent; i - intermittent. Texture du substrat du cours, B - blocs; G - rouleaux; Gr - gravier; S-sable; L - limon. LU -Utilisation du sol, environnement, forêt-F; A - agriculture; Alt - Altitude.

Code du site	Coordonnées DD [Degrés décimaux]	Alt [m a.s.l.]	Débit	Substrat	UL	La largeur du lit
St.1	36,8484 N 8,32767 E	23	p	S, Gr	F-A	moyen (3–7 m)
St.2	36,8689 N 8,38334 E	25	p	S, Gr, L	A	petit (3,1–4,7m)
St.3	36,8683N 8,31057 E	64	p	S, G, Gr,	A	moyen (5–9 m)
St.4	36,9325 N 8,23553 E	68	p	S,Gr, L	F-A	moyen (4 – 6,8m)
St.5	36,9027 N 8,26402 E	80	P	S, L,B,	A	petit (1,2–3,3 m)



Tableau 16 : Caractérisation des 5 sites d'étude dans le nord de l'Algérie. RS - Richesse en espèces, nombre d'espèces trouvées; Ab - résumé de l'abondance des larves; Espèce endémique E - Maghreb, S - espèce semivoltine.

Code du sites	RS	Ab	E	S
St.1	20	291	2	2
St.2	13	256	2	1
St.3	12	292	2	1
St.4	18	330	2	2
St.5	8	209	1	1

Tableau 17 : Liste des espèces d'odonates sur les 5 sites d'étude dans le nord de l'Algérie où des larves, des exuvies ou les deux ont été vues/collectées; (ad) - seuls les adultes ont été recueillis.

RDT - particularité taxonomique relative de chaque espèce;

RLC - Catégories de menaces selon l'IUCN (Samraoui *et al.*, 2010) et scores attribués ici aux espèces menacées au niveau régional.

(List of odonates species at 5 study sites in northern Algeria where larvae, exuviae or both were collected; (ad) – only adults were collected. RTD – relative taxonomic distinctiveness of each species; RLC – Threat categories according to IUCN (Samraoui *et al.*, 2010) and scores assigned here to regionally threatened species).

Liste globale de la région	Sites					RTD	RLC
Zygoptera							
Calopterygidae							
<i>C. haemorrhoidalis</i> (Vander Linden, 1825)	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	1	LC
Lestidae							
<i>L. numidicus</i> (Samraoui, Weekers & Dumont, 2003)	St.1					0,577	DD
<i>L. virens</i> (Charpentier, 1825)	St.1			St.4		0,577	LC
<i>C. viridis</i> (Vander Linden, 1825)	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	0,577	LC
Platycnemididae							
<i>P. subdilatata</i> (Selys, 1849=)	St.1	St.2	St.3	St.4		1	LC
Coenagrionidae							
<i>I. graellsii</i> (Rambur, 1842)	St.1	St.2	St.3	St.4		1	LC
<i>C. mercuriale</i> (Charpentier, 1840)				St.4		0,707	2
<i>C. puella</i> (Linnaeus, 1758)	St.1			St.4		0,707	LC
<i>E. lindenii</i> (Selys, 1840)	St.1					0,707	LC
<i>E. viridulum</i> (Charpentier, 1840)	St.1					0,707	LC
<i>C. tenellum</i> (de Villers, 1789)	St.1	St.2	St.3			1	LC



Anisoptera								
Aeshnidae								
<i>A. mixta</i>	(Latreille, 1805)		St.2				1	LC
<i>B. irene</i>	(Fonscolombe, 1839)	St.1	St.2	St.3	St.4		1	0,5
<i>A. imperator</i>	(Leach, 1815)	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	1	LC
Gomphidae								
<i>G. lucasii</i>	(Sélys, 1849)	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	1	1
<i>O. uncatus</i>	(Charpentier, 1840)	St.1					0,707	LC
<i>O. costae</i>	(Selys, 1885)				St.4		0,707	0,5
<i>P. genei</i>	(Selys, 1841)	St.1			St.4	St.5	1	LC
Libellulidae								
<i>O. chrysostigma</i>	(Burmeister, 1839)					St.5	0,707	LC
<i>O. coerulescens</i>	(Fabricius, 1798)	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	0,707	LC
<i>C erythraea</i>	(Brullé, 1832)	St.1	St.2	St.3	St.4		1	LC
<i>D. lefebvreii</i>	(Rambur, 1842)				St.4		1	LC
<i>S. fonscolombii</i>	(Sélys, 1840)					St.5	0,577	LC
<i>S. meridionale</i>	(Sélys, 1841)		St.2		St.4		0,577	LC
<i>S. striolatum</i>	(Charpentier, 1840)	St.1	St.2	St.3	St.4		0,577	LC
<i>T. annulata</i>	(Palisot de Beauvois, 1807)	St.1		St.3	St.4		0,707	LC
<i>T. arteriosa</i>	(Burmeister, 1839)	St.1					0,707	LC

Tableau 19 : Nombre de familles, F et genres, G, particularité taxonomique relative (Σ), RDT, statut de conservation régional de l'UICN (Σ), scores de RLC, ASOI et classes obtenues sur chaque site d'étude dans la réserve de Brabtia.

Sites	code	F	G	Σ RTD	Σ RLC	ASOI	Class
Oued Bouarroug	St.1	7	17	0,43	2	15,88	Haute
Oued Demat Rihane	St.2	7	12	0,39	1	16,14	Haute
Oued El-Melha	St.3	7	12	0,37	1	16,73	Haute
Oued El-Nhal	St.4	7	15	0,42	0,5	14,62	Bonne
Oued Reguibet	St.5	5	7	0,47	1	11,55	Modérée



4. Discussion

4.1. Analyse des facteurs environnementaux

Les zones humides du nord-est de l'Algérie sont très vulnérables, car elles sont indirectement menacées par la perte ou la modification sévère de leurs habitats d'eau douce (Samraoui, 2010).

Les paramètres environnementaux des habitats et les indicateurs physico-chimiques de la qualité de l'eau sont souvent soumis à des perturbations anthropiques qui modifient les caractéristiques de l'eau et affectent sa qualité (Moussa *et al.*, 2013).

La nécessité d'interpréter les données de macro-invertébrés benthiques et leur utilisation pour détecter les stress, perturbations et changements anthropiques a conduit au développement d'un grand nombre de concepts et techniques numériques: indices de diversité, outils multivariés, représentations graphiques, espèces indicatrices, indices biotiques..etc (Elliott, 1993, 1994).

Les odonates sont une composante importante de l'écosystème des milieux aquatiques, et sont très sensibles aux conditions physico-chimiques de l'environnement. Leur présence est donc une indication certaine de la richesse faunistique de l'eau douce (D'Aguillar & Dommanget 1998).

Parmi les indicateurs physico-chimiques de la qualité de l'eau, la température est un facteur environnemental important pour la vie aquatique et elle a d'importantes implications écologiques (Leynaud, 1968). Ainsi, elle contrôle tous les processus biologiques (reproduction, croissance, préférence thermique, etc.) liés à un environnement donné (Aminot & Chaussepied 1983). Chez les odonates, son impact est important sur les œufs, les émergences, la phénologie des adultes ainsi que sur le développement et la croissance des larves (Pilon & Masseur 1984 ; Pritchard & Leggott, 1987). Des pics de température répétés peuvent favoriser le développement de micro-organismes et donc la consommation d'oxygène et, par conséquent, la réduction de la teneur en oxygène dissout qui est indispensable à la vie des organismes dans les cours d'eau (Jacques, 2006).

Les températures de l'air et de l'eau enregistrées dans le secteur de Brabtia à travers la caractérisation des cinq sites d'échantillonnage (St1; St2 ; St3 ; St4 et St5) pendant la période d'étude (basse et haute eaux) suivent les normes saisonnières de la région et indiquent que l'eau de ces cours d'eau est favorable à la vie aquatique.



Le potentiel hydrogène (pH), caractérise l'acidité ou l'alcalinité de l'eau. C'est un indicateur de la quantité et de la nature des ions minéraux en solution dans l'eau. Ce paramètre permet d'estimer le degré d'agressivité de l'eau et son aptitude à la vie animale supérieure. Les valeurs enregistrées pendant la période d'étude n'ont pas montré de variations significatives.

L'eau au niveau des oueds échantillonnés est moyennement basique à tendance alcaline, ce qui est favorable à la vie aquatique. L'augmentation de l'acidité influence la distribution des espèces et leur composition, par exemple le pH pour *Calopteryx virgo* (5,1-5,4), *Somatochlora metallica* (5,1-5,8), *Cordulegaster boltonii* (5,6-6,1). Pour *Ischnura elegans*, l'augmentation de l'acidification est accompagnée d'un succès moindre de l'émergence (Blatmen, 1990 in Corbet, 1999).

La quantification de la concentration d'oxygène dissout dans l'eau d'un système hydraulique est un facteur assez important, car elle est impliquée dans la majorité des processus chimiques et biologiques dans ces milieux aquatiques (Rodier, 1984). C'est aussi l'un des paramètres les plus sensibles à la pollution, car il nous renseigne sur l'étendue de la pollution et, par conséquent, sur l'étendue de l'auto-épuration dans une rivière.

L'oxygène varie selon les habitats et est fonction de variables telles que : la profondeur, la proximité de la rive et la durée du cycle circadien. Une variable importante affecte l'oxygène dissout dans les habitats aquatiques, c'est le mouvement de l'eau (débit ou vitesse de l'eau). Il y a donc une ségrégation des espèces selon la vitesse de l'eau (in Corbet, 1999). Les larves habitant les eaux lotiques peuvent être délogées de leurs habitats particulièrement lors des crues et sont par la suite charriées vers des habitats inconvenables, il y a alors une contre adaptation (St Quentin, 1973 in Corbet, 1999) : En s'agrippant, en se dissimulant ou en s'enfouissant dans le substrat. Certaines espèces s'agrippent aux roches qui sont difficilement déplacées (Jhonson, 1968 in Corbet, 1999).

Les valeurs enregistrées (8,1 mg / l - 8,96 mg / l) indiquent une bonne oxygénation et un bon débit des cours d'eau du secteur Brabtia favorables au maintien des espèces et même celles à faible valence écologique et exigeantes d'une bonne qualité du milieu en oxygène dont *Calopteryx heamorrhoidalis* et les espèces de Gomphidés telles *Gomphus lucasii* (Benchalel et al., 2018).



La conductivité est utilisée pour évaluer la quantité de sels dissouts dans l'eau (Rodier, 2009). Elle est également fonction de la température de l'eau et elle est plus élevée à mesure que la température augmente (Rejsek, 2002). Ses valeurs enregistrées dans le secteur Brabtia restent en faveur d'une eau de bonne qualité pour la vie animale.

Globalement, les niveaux des paramètres de pollution (turbidité, nitrites, nitrates et phosphore), ont montré une légère augmentation des cours d'eau de l'amont vers l'aval, principalement en saison de basse eau, et les valeurs enregistrées sont supérieures à la norme algérienne pour les eaux de surface. Les valeurs de la turbidité ont indiqué la présence de particules en suspension, révélateurs d'une eau trouble le long des tronçons en aval des sites échantillonnés. Les nitrites indiquent l'état de fertilisation de l'eau et leur présence favorise le développement du phytoplancton. La variation temporelle des nitrates semble être liée aux apports atmosphériques et au lessivage des sols environnants.

En effet, certains auteurs ont constaté que l'évolution des nitrates est étroitement dépendante des précipitations (Romdhane, 1986 ; Ben Rejeb Jenhani, 1989 ; Turki, 2002 ; Labroue *et al.*, 1995) et ont également rapporté que les apports d'azote dans les environnements lacustres sont liés aux précipitations, aux eaux de surface ou souterraines des affluents, et à la fixation biologique par des micro-organismes procaryotes. Ces apports des eaux de surface dépendent de leur débit et de leur proximité avec les sources de pollution (en aval des villes et des terres agricoles).

Le phosphore des milieux aquatiques est rapidement assimilé par les plantes, mais il est également rapidement recyclé (Pourriot, 1995). Sa concentration dans les écosystèmes aquatiques est causée par les rejets urbains et est principalement conditionnée par la nature lithologique du bassin versant, le pH du milieu et l'équilibre de sa consommation et de son excrétion par les organismes vivants (Pourriot, 1995). Dans cette étude, les niveaux maximaux des paramètres de pollution sont plus marqués sur les petits tronçons en aval des cours d'eau, où les concentrations d'habitations et les rejets urbains et agricoles sont les plus élevés, principalement au niveau des stations d'échantillonnage St2, St3 et St5.

Du point de vue bactériologique, les coliformes totaux et fécaux sont retenus et considérés comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau parce qu'ils sont directement associés à la pollution dite d'origine fécale (Leyral *et al.*, 2002). L'analyse bactériologique enregistrée pour cette étude a révélé la présence de germes indicateurs de pollution du type Coliformes totaux et fécaux et les Streptocoques fécaux témoignant d'une eau de mauvaise qualité sur le plan microbiologique.



4.2. Diversité et structure communautaire des odonates

Un tel suivi pour classer les cours d'eau est toujours associé à des outils biologiques sensibles aux changements physico-chimiques et hydro-morphologiques. Ainsi, un groupe d'espèces indiquant une perturbation ou une pollution concernant un écosystème peut être assemblé pour être utilisé dans des méthodes de classification.

La nécessité d'interpréter les données biologiques et leur utilisation dans la détection des perturbations anthropiques a conduit à l'utilisation d'indices biotiques pour détecter les perturbations dans les écosystèmes aquatiques. Parmi eux, les indices de diversité sont essentiellement une approche de la qualité biologique à travers la structure communautaire (Elliott, 1993).

Cette étude a donné une grande quantité d'informations sur les communautés d'odonates des cours d'eau algériens du secteur Brabtia et a amélioré la connaissance régionale globale des écosystèmes lotiques. Les imagos ont commencé à voler à partir du mois d'avril et leur présence dans la zone riveraine devient de plus en plus importante avec l'augmentation des températures et le début de la saison chaude, ce qui est cohérent avec les observations sur deux décennies dans la même région (Duffy, 2000 ; Menai, 1993 ; Samraoui & Menai, 1999, Benchalel *et al.*, 2012). Après l'acquisition de la maturité sexuelle, les imagos matures se rassemblent sur les rives pour se reproduire.

Au total 12 espèces sur 27 enregistrées dans cette étude ont été considérées comme se reproduisant, représentant 50% de la diversité spécifique actuellement répertoriée pour le secteur. Six espèces supplémentaires ont été enregistrées uniquement à l'âge adulte.

La richesse moyenne des espèces reproductrices sur les sites d'échantillonnage est supérieure à celle enregistrée dans des études similaires précédemment menées dans la même région (Benchalel *et al.*, 2018). Cependant, la richesse en espèces est très variable d'un site à l'autre.

Parmi les zygoptères, *C. haemorrhoidalis*, *I. graellsii*, *P. subdilatata* et *L. viridis* se sont clairement démarqués en raison de leur abondance et de leur large répartition plus fréquente dans trois oueds (St .2, St .4, St 5) sur cinq. De même pour *A. imperator*, *G. lucasii*, et *O. anceps* parmi les anisoptères. *O. uncatius*, *O. costae* et *B. irene* ont été surtout collectés sous forme de larves dans plus de la moitié des sites étudiés. Ces espèces sont généralement spécialistes des milieux forestiers des petits cours d'eau peu minéralisés avec un débit permanent et des eaux bien oxygénées.



Des assemblages similaires sont connus dans les petits ruisseaux des zones boisées du sud de la péninsule ibérique (Ferrerias-Romero & Corbet 1995). La couverture dense de la canopée de l'habitat forestier fournit un environnement propice à la plupart des spécialistes forestiers de cette zone qui sont plus préoccupants en matière de conservation que les espèces généralistes.

Les cours d'eau, hautement minéralisés traversant des milieux agricoles abritent principalement les espèces généralistes principalement des Libellulidae à haute tolérance écologique, à savoir *O. coerulescens anceps*, *C. erytraea*, *S. striolatum*, *T. anulata* et *T. arteriosa*. La forte abondance d'espèces de Libellulidae dans l'habitat agricole est probablement due à la prépondérance des perturbations anthropiques (Seidu et al., 2017).

Cette découverte concorde avec d'autres études selon lesquelles la richesse en espèces d'odonates est plus élevée dans les habitats agricoles (Samways 1989 ; Ferreira Peruquetti & Fonseca-Gessner, 2003) et où les espèces de moindre valeur de conservation sont dominantes.

Les Gomphidés représentent la composante clé des assemblages des cours d'eaux chez les odonates (Corbet 1999 ; Ferrerias-Romero et al., 2009 ; Farkas et al., 2012 ; Golfieriet al., 2016). L'endémique Maghrébin *G. lucasii* avec *P. genei* sont associés à de grands cours d'eau permanents à basse altitude traversant des environnements agricoles fortement altérés. Une gamme tout aussi large que celle de *G. lucasii* a été trouvée pour une autre espèce endémique, *P. subdilatata*. Cette dernière persiste même dans des cours d'eau tels que oued El-Kébir qui s'assèche par endroit durant la saison estivale (Benchalel et al., 2017). Ces deux endémiques peuvent être considérées comme bien adaptées aux conditions actuellement dégradées des eaux de ruissellement méditerranéennes, à la fois dans les zones agricoles et forestières.

En général, les habitats forestiers sont réservés à la plupart des espèces uniques et spécialisées, tandis que les habitats perturbés étaient principalement habités par des espèces généralistes eurytopiques (Clausnitzer, 2003; Seidu et al., 2017).

L'indice de diversité de Shannon-Wiener est, sans aucun doute, l'un des indices de diversité les plus largement utilisés dans l'évaluation de la pollution des communautés aquatiques malgré que son utilisation et l'interprétation de cet indicateur et d'autres (Simpson, nombre d'espèces..) aient fait l'objet de nombreux débats (Clarke & Warwick, 1994 ; Jennings & Reynolds, 2000).



Dans cette étude, les indices écologiques ont montré une certaine stabilité du peuplement. Faiblement à moyennement diversifiés les sites St .2, St .4, St 5, semblent offrir un habitat favorable pour le recrutement des espèces plus au moins sensibles comme les Gomphidés et essentiellement l'espèce *C. heamorrhoidalis* (voir chapitre 2). Les sites St.1, St.3 ont révélé un peuplement plus diversifié, en équilibre mais sans aucune espèce dominante favorisant les espèces généralistes moins exigeantes dont l'espèce *I. graellsii* s'est avérée la plus fréquente et celles ubiquistes comme les sympétrums et *C. erythraea*.

Néanmoins, les indices écologiques restent dépendants de la taille de l'échantillon et du type d'habitat. Leur valeur est relativement faible dans les eaux de transition telles que les lagunes, les deltas ou les estuaires, même lorsqu'elles ne sont pas perturbées. Il est donc difficile de les utiliser comme descripteur de l'état d'un environnement à moins que des valeurs seuil nesoient préalablement déterminées pour chaque type d'habitat et pour une zone d'échantillonnage donnée.

Ainsi, et sur la base de la classification proposée par [Simboura & Zenetos, \(2002\)](#), les principaux oueds échantillonnés se sont révélés «médiocre» pour St1, St2, St4, à «moyen» pour St3, ce qui signifie une classification entre «Modérément à Fortement pollué» pour la plupart à l'exception de oued Reguibet (St5) qui s'avère «mauvais» signifiant une classification «Azoïque, très pollué».

Le ASOI est ajusté à partir de l'indice odonatologique des cours d'eau appliqué en Tunisie et spécifiquement développé et applicable aux systèmes fluviaux dans tous les pays maghrébins. Cet indice a pour objectif d'encourager la conservation des espèces endémiques et de contribuer à l'évaluation de la qualité de l'environnement de façon adéquate avec des données de deux ou trois campagnes au cours de la même année hydrologique (fin de l'automne, fin de l'hiver et fin du printemps ou début de l'été) ([Ferrerias-Romero, 2013](#)).

L'évaluation réalisée selon le ASOI souligne qu'en majorité les sites échantillonnés sont classés de bonne qualité écologique " haute" ou "bonne". Les sites classés comme ayant une pertinence de conservation de la biodiversité des odonates "médiocre" (selon ASOI) ou "mauvais" selon classification de [Simboura & Zenetos, \(2002\)](#) sont situés à proximité des zones littorales et des habitations riveraines où les activités humaines sont plus intenses (zones d'élevage et de pompage d'eauetc); similaires aussi aux zones de la Méditerranée ([Berquier et al., 2016](#)).

Les dommages causés aux sites présentant un intérêt pour la conservation pourraient être principalement liés à l'activité humaine croissante, qui a un impact négatif sur les zones humides et les cours d'eau en particulier. Comme elles sont fragiles, les espèces qui y vivent sont particulièrement touchées. Les modifications profondes que subissent ces zones dépassent les capacités d'adaptation de nombreuses espèces spécialisées. Bien qu'ils soient considérés comme des bio-indicateurs peu sensibles car ils sont assez tolérants aux changements environnementaux, le déclin de ces populations de libellules reflétera le mauvais état général de notre patrimoine naturel.

De plus, le changement global ne se limite pas exclusivement aux changements naturels (conditions abiotiques et climatiques). C'est en grande partie le résultat d'une empreinte écologique humaine importante et croissante. La fragmentation et la destruction de l'habitat sont étroitement liées à l'intensification agricole et à l'urbanisation. Ces deux phénomènes contribuent également au déclin voire à l'extinction de nombreuses espèces.

L'évaluation quantitative des populations d'odonates se reproduisant dans des tronçons spécifiques des cours fluviaux "habitat type" pourrait ajouter des informations complémentaires aux évaluations obtenues grâce à des indices biotiques spécifiques aux odonates, indispensables et hautement acceptés, basés sur l'existence d'espèces sensibles à des quantités d'oxygène dissout, de température de l'eau et à la densité du couvert végétal parmi d'autres paramètres étroitement liés entre eux.





Chapitre II.

***M**onitoring et caractérisation des populations de
Calopteryx haemorrhoidalis (Vander Linden, 1825)
du secteur *Brabtia*(Numidie orientale)*



Chapitre II.

Monitoring et caractérisation des populations de Calopteryx haemorrhoidalis (Vander Linden, 1825) du secteur Brabtia (Numidie orientale)





1. Introduction

La complexité des hydrosystèmes et la multiplicité des sources de dégradations anthropiques ont nécessité, pour évaluer la qualité des eaux, des indicateurs biologiques en plus des paramètres physiques et chimiques. En effet, il est apparu que les variables biologiques étaient de bons intégrateurs des perturbations des milieux aquatiques (Verneaux, 1973; Reyjol, *et al.*, 2012).

La bio-indication reposait au préalable sur la recherche de présence/absence d'organismes et éventuellement leur abondance, ceci permettant d'apporter des informations précises sur la qualité du milieu (Blandin, 1986). Blandin stipule que les bio-indicateurs sont définis comme des espèces animales ou végétales permettant de donner une indication du niveau de dégradation d'un milieu par le biais de leurs caractéristiques physiologiques, éthologiques ou écologiques. Ils mettent ainsi en évidence des modifications naturelles ou provoquées des milieux (Blandin, 1986).

Calopteryx haemorrhoidalis (Vander Linden, 1825) est un zygoptère qui forme avec *Calopteryx exul* (Selys, 1853) les deux seules espèces de la famille des caloptérygides présentes dans le nord-est de l'Algérie et la troisième dans tout le Maghreb (Samraoui & Corbet, 2000; Dijkstra & Lewington, 2007; Boudot *et al.*, 2009; Khelifa *et al.*, 2011). Leur sensibilité aux conditions environnementales fait de ces espèces d'excellents bio-indicateurs des conditions environnementales. Par conséquent, elles sont très utiles pour surveiller l'intégrité écologique ou la dégradation des écosystèmes aquatiques et l'évaluation des mesures de restauration de l'habitat (Beddiar *et al.*, 2020 ; Benchalel *et al.*, 2020).

Connue sous les noms communs de demoiselle de cuivre et de demoiselle méditerranéenne, *C. haemorrhoidalis*, est une demoiselle courante dans une grande partie de son aire de répartition. Endémique de l'ouest méditerranéen, elle est fréquente sur les cours d'eau d'Europe sud-occidentale, des îles (Baléares, Corse, Sardaigne, Sicile), du Maroc, du nord de l'Algérie et du nord de la Tunisie (Figure 58 a et b). L'espèce n'habite généralement que dans les parties de rivières et ruisseaux où la vitesse du courant d'eau est relativement faible, alimentées par des sources, également dans les grands cours d'eau ensoleillés originaires des zones montagneuses (Riservato, 2009). Sa période de vol s'étend de mai jusqu'à octobre (Dijkstra & Lewington, 2007) et d'avril jusqu'à décembre en Numidie orientale (Benchalel *et al.*, 2018).



La Numidie représente le territoire le plus oriental de l'aire de répartition mondiale de *C. hea* et abrite de bonnes populations algériennes connues (Benchalel *et al.*, 2018). Ces populations se développent en sympatrie avec *C. exul* exclusivement dans la partie occidentale de la Numidie (Khelifa, 2013). La biologie et l'écologie de nombreuses espèces dans cette région restent inconnues et *C. haemorrhoidalis*; (Vander Linden, 1825) en fait partie.

Même si l'espèce est classée préoccupation mineure (LC) au niveau mondial par la liste rouge de l'UICN (Samraoui *et al.*, 2010), son habitat est sous une haute pression anthropogénique dans le Nord-est de l'Algérie (rejets et perturbations de l'eau) et ceci pourrait avoir des conséquences sur les populations naturelles très vulnérables au réchauffement climatique et aux perturbations anthropiques de leurs habitats de reproduction de part son statut sténose et son exigence vis à vis de la qualité du milieu (Benchalel & Samraoui, 2012).

Avant de mener cette étude, l'espèce n'a fait l'objet d'aucune étude approfondie auparavant et donc peu de connaissances sont disponibles sur son cycle de développement adulte et larvaire. Les seules données disponibles se limitaient aux observations et aux captures d'imagos au cours des années 1990 (Samraoui & Menäï, 1999; Benchalel & Samraoui, 2012), et aux aspects de sa phénologie à oued Bouarroug à partir de 2015 (Benchalel *et al.*, 2018 ; Bouziane, 2018). Un effort d'étude plus important est alors mis en œuvre dans le contexte de cette étude, afin de combler les lacunes de connaissances sur cette espèce et d'établir un plan de conservation efficace.

Ce chapitre d'étude est consacré à l'actualisation et aux compléments des connaissances sur *C. haemorrhoidalis* du secteur Brabtia dans les limites du parc national d'El-Kala. Cinq sites ont été localisés (chap. 2.) dans le but de collecter des informations liées à la distribution, l'abondance, le cycle de vie et le comportement de reproduction pour aider à soutenir une base de données d'informations pour cette zone patrimoniale régionale. Des informations spécifiques sur la mesure dans laquelle les populations et leurs habitats de reproduction ont changé sont nécessaires pour aider à leur préservation et prioriser les mesures de conservation.

Dans ce cadre, les principaux objectifs poursuivis sont comme suit :

- ✓ le complément et l'actualisation des connaissances disponibles sur la répartition et la phénologie de *C. haemorrhoidalis* en Numidie orientale;



- ✓ l'évaluation de l'abondance des différentes populations du secteur Brabtia comme secteur représentatif de toute la Numidie orientale;
- ✓ l'identification des habitats caractéristiques et les préférences écologiques de *C. haemorrhoidalis* par rapport à *C. exul* ainsi que les principaux facteurs écologiques influant sur la distribution de l'espèce sur la base d'une analyse multivariée de certains paramètres physico-chimiques collectés pendant la période d'étude dans l'un des plus grand secteur hotspot d'Algérie.



1.1. Fiche d'identification de l'espèce

Calopteryx haemorrhoidalis



Le « caloptéryx méditerranéen »
(*Calopteryx haemorrhoidalis* - mâle et femelle).

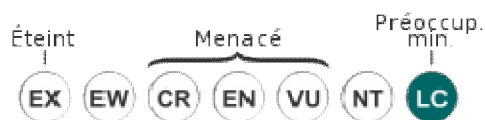
Classification

<u>Règne</u>	<u>Animalia</u>
<u>Embranchement</u>	<u>Arthropoda</u>
<u>Sous-embr.</u>	<u>Hexapoda</u>
<u>Classe</u>	<u>Insecta</u>
<u>Ordre</u>	<u>Odonata</u>
<u>Sous-ordre</u>	<u>Zygoptera</u>
<u>Super-famille</u>	<u>Calopterygoidea</u>
<u>Famille</u>	<u>Calopterygidae</u>
<u>Genre</u>	<u>Calopteryx</u>

Espèce

Calopteryx haemorrhoidalis (Vander Linden, 1825)

Statut de conservation UICN



LC : Préoccupation mineure



1.2. Aire de répartition de *Calopteryx haemorrhoidalis* (Figure 58 a et b)

L'espèce occupe l'ouest du bassin méditerranéen :

- Au Nord de la Méditerranée : Espagne, Sud de la France et Italie.
- Au Sud de la Méditerranée : les pays du Maghreb (Maroc, Algérie et Tunisie).

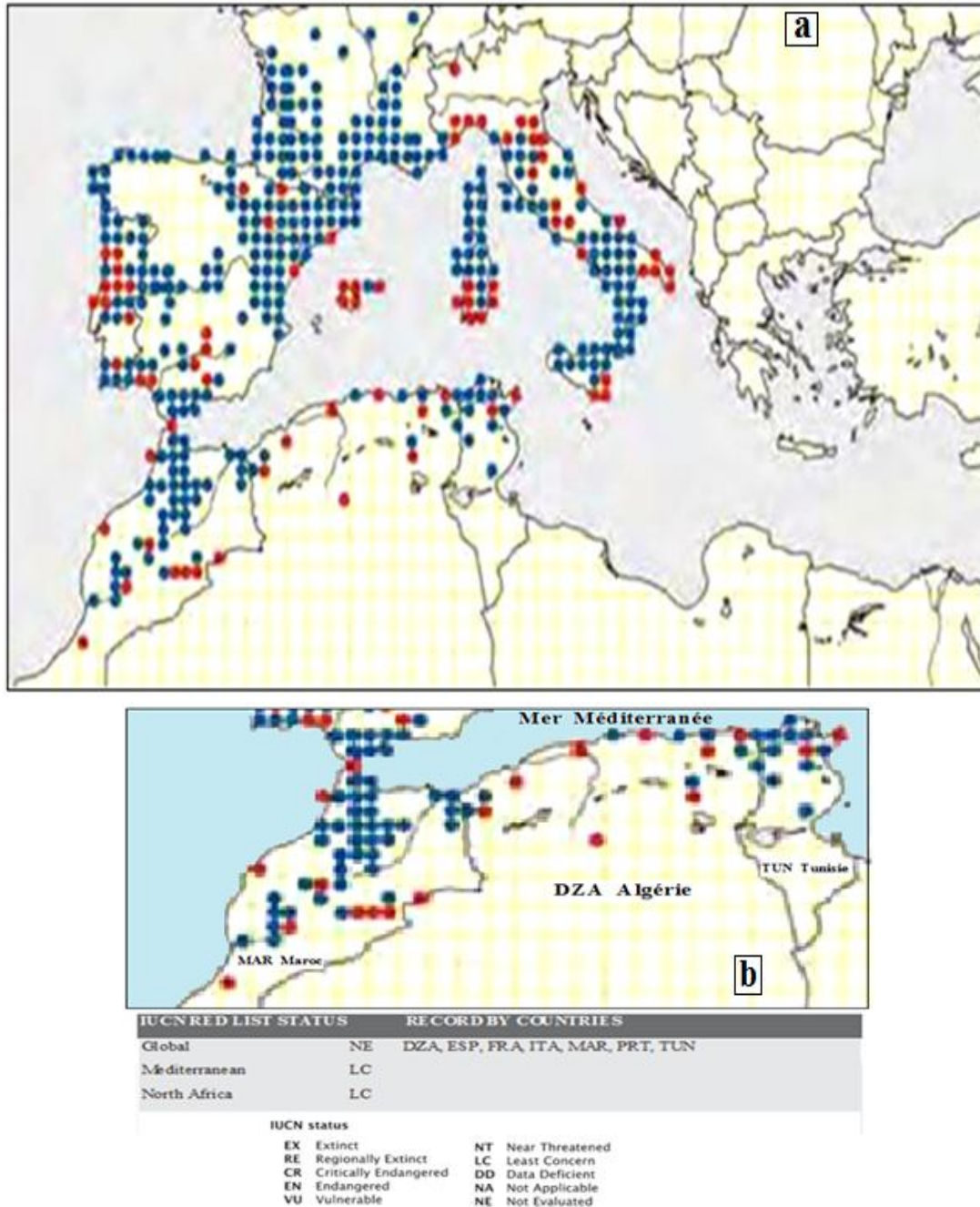


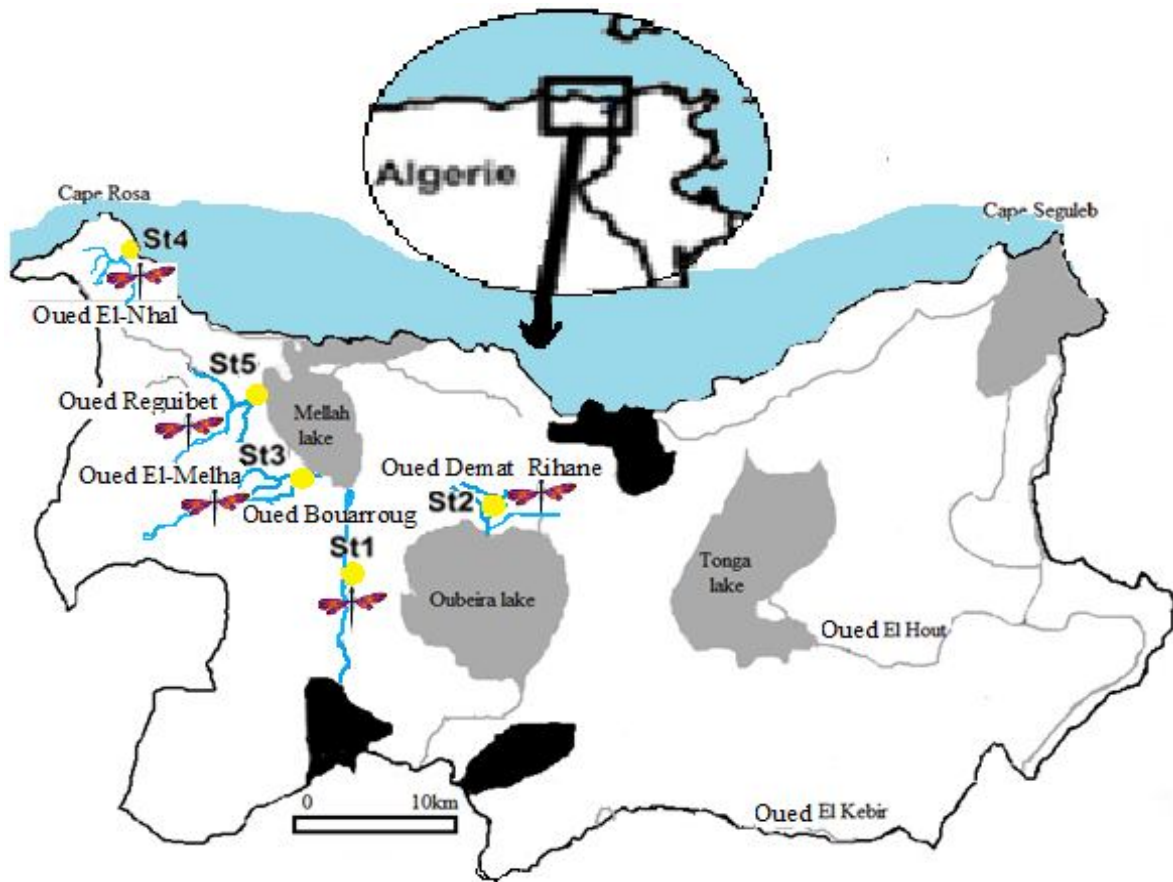
Figure 58 (a et b) : aire de distribution et focus sur les eaux douces africaines: points chauds de diversité des libellules et préoccupations en matière de conservation. *Frontiers in Ecology* 2018. *Calopteryx haemorrhoidalis*. La Liste rouge de l’UICN des espèces menacées. *Version* 2020- Clausnitzer, *et al.*, (2012).



2. Sites, matériel et méthodes

2.1. Sites d'étude

L'échantillonnage a été réalisé dans le parc national d'El-Kala, Les informations présentées ici ont été collectées dans les cinq oueds (Bouarroug, Demat Rihane, El-Mellah, El-Nhal et Reguibet) du secteur Brabtia (Figure 59) sur une période d'un an entre 2017 et 2018. Les détails des habitats sont donnés dans le chapitre 2 (Tableau 4).



(Figure 59) : Localisation des sites d'échantillonnage (Bouarroug, Demat Rihane, El-Mellah, El-Nhal et Reguibet) dans le secteur Brabtia.

Cet écosystème unique présente une grande diversité d'espèces végétales. Avec environ 80 espèces, dont une dizaine sont rares et / ou confinées à la seule région d'El-Kala. Parmi lesquelles on peut citer: *Alnus glutinosa*, *Salix pedicellata*, *Salix triandra*, *Ranunculus flammula*, *Rhynchospora glauca*, *Cyperus flavescens*, *Carex pendula*, *Heliosciadum crassipes*, *Linaria cirrhosa*. La Ripisylve est dominée par *l'Alnus glutinosa*, le *Fraxinus sp.* et le *Populus sp.*



D'autres parties des cours d'eau sont dominées par une végétation herbacée comprenant des parcelles de *Juncus maritimus*, *Iris pseudacorus*, *Laurus nobilis* et *Osmunda regalis*; plantes qui offrent peu d'ombre et de protection. Les plantes aquatiques comprennent *Potamogeton nodosus*, *Carex distachya*, *Callitriche obtusangula*, *Scirpus supinus* et *Poa trivialis* (Benchalel *et al.*, 2018).

2.2. Échantillonnage des variables environnementales

Différentes variables environnementales pouvant influencer le développement des populations de *C. haemorrhoidalis* (Tableau XXVIII annexe) ont été relevées sur les mêmes stations échantillonnées précédemment afin de pouvoir identifier les principales exigences et habitats écologiques type de l'espèce en Numidie.

Les eaux ont été échantillonnées à une profondeur de 30 cm sous la surface pour des analyses physico-chimiques (Hunt *et al.*, 1992). L'échantillonnage a eu lieu à un intervalle de 7 jours au cours d'un cycle annuel complet. La fréquence d'échantillonnage est plus régulière pendant la «saison des basses eaux» (mai à octobre) que celles pendant la «saison des hautes eaux» (novembre à avril).

Les prélèvements d'eau sont effectués sur chaque site le matin entre 9 et 10 heures, période où les prélèvements d'Odonates sont plus faciles. Ils sont conservés à 4 ° C dans des flacons en polyéthylène, propres et stérilisés pour analyse en laboratoire conformément au manuel de procédure HACH (Bellil *et al.*, 2016). Les paramètres physico-chimiques (conductivité, pH, température, oxygène dissout) sont immédiatement analysés in situ respectivement avec un conductimètre WTW LF 318 / SET (précision 2 µs / cm); un pH-mètre WTW 330i / SET (précision 0,1) et un oxymètre WTW Multiline P3 pH / Oxi-SET (précision 0,1 mg l-1 ° C). Les nitrates et nitrites sont analysés en laboratoire respectivement selon la méthode de diazotation, et la méthode Nessler. Les caractéristiques environnementales agissant sur chaque site d'échantillonnage ont été établies selon le modèle décrit en détail par (Natuurtijdschriften, 2019).

2.3. Échantillonnage des imagos et comportement reproducteur

Les cinq (05) oueds choisis dans le secteur de Brabtia ont été prélevés régulièrement le long des sections des rivières où *C. haemorrhoidalis* était le plus répandu.



La tendance saisonnière de l'émergence des espèces a été étudiée du 1er mai au 15 août 2017, selon le recensement des individus ténéraux. Cette procédure a également été adoptée pour les plus petites espèces de zygoptères et de gomphidés qui émergent, souvent en grand nombre, et restent autour des sites d'émergence pendant quelques jours.

Nous ne traitons pas la reconnaissance des exuvies, car c'est très difficile pour les caloptérygides tant les exuvies sont si fragiles. Notre méthode de comptage sur les «transects temporels» est très similaire à celle utilisée par (Tourne *et al.*, 2014). Le comptage des ténéraux a été entrepris de manière semi-quantitative en marchant le long du bord de l'eau pendant env. 30 minutes. vers midi à chaque occasion. Les journées de recensement ont été sélectionnées lorsque la vitesse du vent était égale ou proche de zéro (voir chapitre 2).

Afin d'avoir une perspective sur l'abondance relative et la phénologie de *C. haemorrhoidalis* pendant la période de reproduction, le recensement des individus matures au sein de leurs sites de reproduction a été effectué de nouveau chaque semaine vers midi pendant les journées chaudes du 1er mai au 25 septembre 2017. L'heure du comptage coïncidait approximativement avec le pic d'activité quotidienne de l'espèce (11: 00-13: 00).

Des individus actifs ont également été recherchés entre 15 et 30 minutes d'intervalle, au-dessus de l'eau, dans et au-dessus de la végétation autour de chaque oued. Chaque individu immature / mature identifié a été compté et enregistré en fonction du sexe, de l'incidence et de la performance du tandem ou de la copulation. Les informations sur leur comportement reproducteur (territorialité, tandem, copulation et ponte), les substrats choisis pour la ponte et le temps de ponte ont été enregistrés. Les plantes submergées, sur lesquelles les femelles déposent leurs œufs dans les cavités faites par l'ovipositeur, ont été ramenées au laboratoire et utilisées dans les études de suivi du cycle larvaire.

2.4. Phénologie larvaire

Les prolarves fraîchement émergées d'œufs insérés par les femelles dans des plantes aquatiques *in situ*, ont été séparées et dispersées dans de petits aquariums de laboratoire. La méthode d'élevage utilisée en laboratoire (Pellerin & Pilon, 1978) permet de suivre individuellement les larves dans des conditions contrôlées, de la ponte à l'émergence. L'élevage a été réalisé en laboratoire à une température de 20 ° C ± 1 ° C, avec un cycle lumière-obscurité de 12h + 12h.



Une étude biométrique de cinq structures morphologiques a été réalisée sur les larves de *C. haemorrhoidalis* à différents stades de leur développement. Il s'agit de la longueur totale (Lt), la largeur de la tête ou capsule céphalique (Lar T), longueur des fourreaux allaires (Lf), nombre de segments des antennes (Seg /Ant) et nombre des tarse (Seg /Tar) (Figure 60).

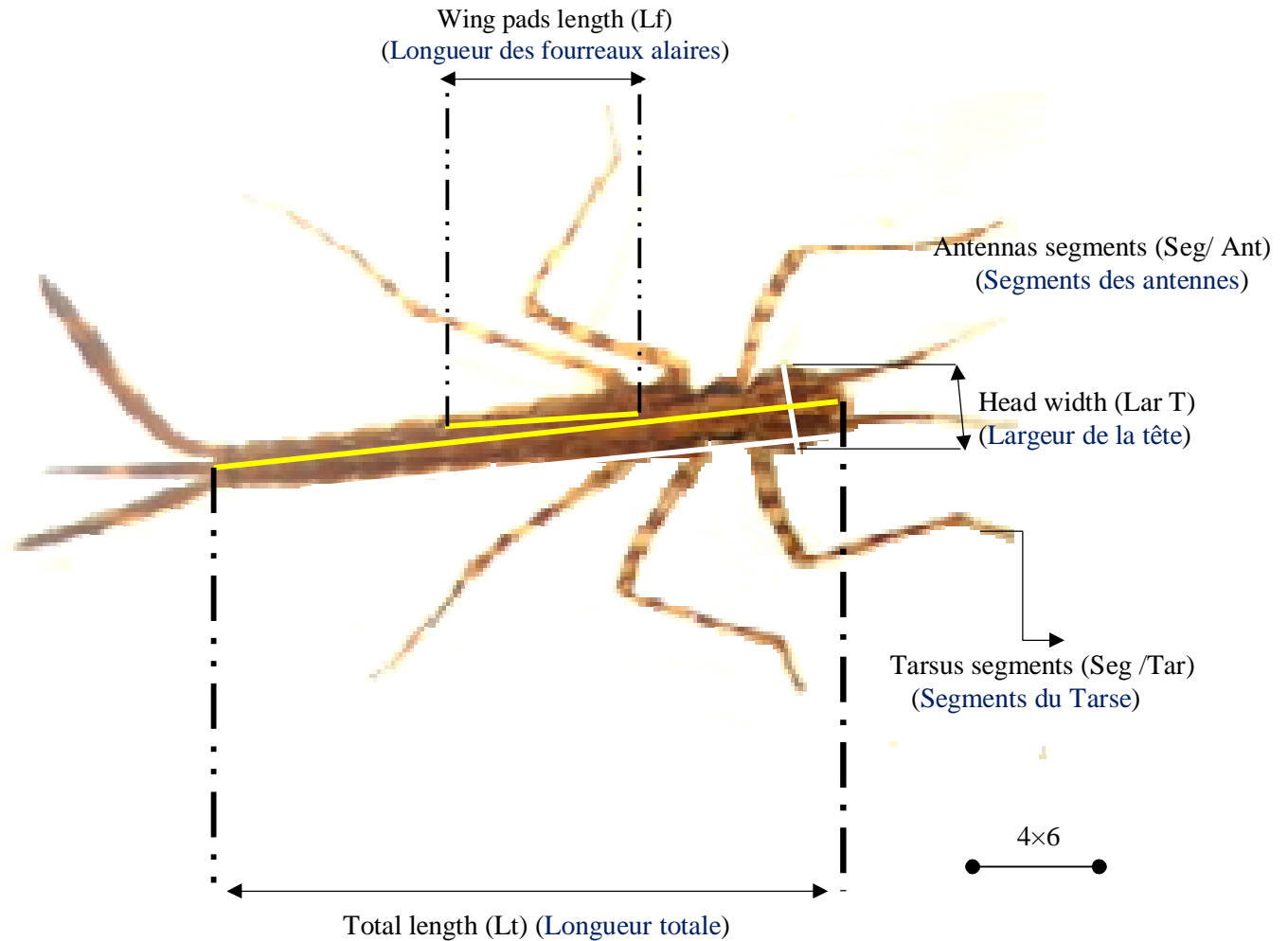


Figure 60 : Mesures prises sur les larves examinées de *C. haemorrhoidalis*. Longueur totale (Lt); Largeur de la tête (Lar T); Longueur des fourreaux d'ailes (Lf); segments d'antennes (Seg/Ant / seg); segments du tarse (Seg/Tar).



2.5. Analyse des données

Trois approches sont utilisées pour analyser les données :

i) l'analyse de variance avec deux critères de classification (AV2) grâce au package XL Stat 2018 (STATSOFT France, 2018) est utilisée sur des données transformées pour tester l'inter-variation des paramètres de qualité de l'eau mesurés (Rodier, 1971). Le Hartlet test permet de vérifier l'homogénéité des variances. Les différences significatives entre les sites sont déterminées à l'aide du test de Tukey (SNK).

ii) Les données d'abondance d'odonate (*C. haemorrhoidalis*) ont été transformées dans XL STAT 2018 en une transformation $\log(x + 1)$ pour normaliser et stabiliser la variance. L'abondance relative correspond au nombre total d'individus dénombrés par station et par mois.

iii) L'analyse des correspondances principales (ACP) utilisant le package XL stat 2018 pour établir des corrélations significatives entre l'abondance et les variables environnementales. Le test Tukey (SNK) a permis de sélectionner tous les facteurs environnementaux qui contribuent de manière significative à la distribution de *C. haemorrhoidalis* le long de la réserve de Brabtia. Cette méthode élimine toutes les variables environnementales avec un facteur d'inflation supérieur à 10 (Ter Braak & Smilauer, 1999). Ces variables corrélées avec d'autres variables ont une faible influence sur la distribution des individus.

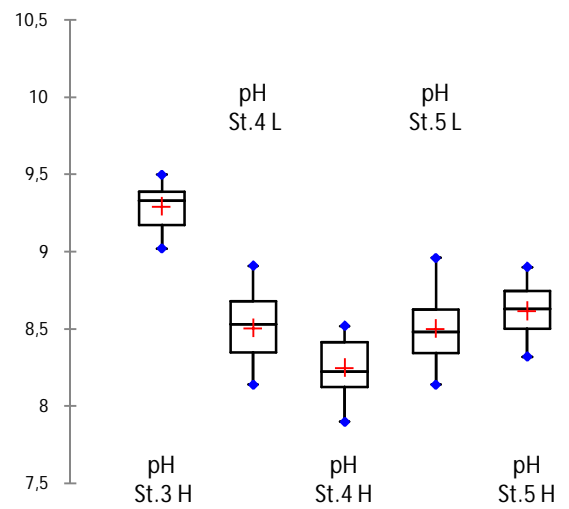
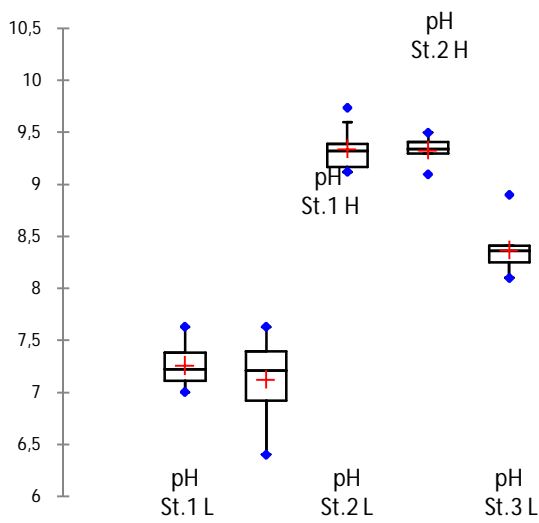
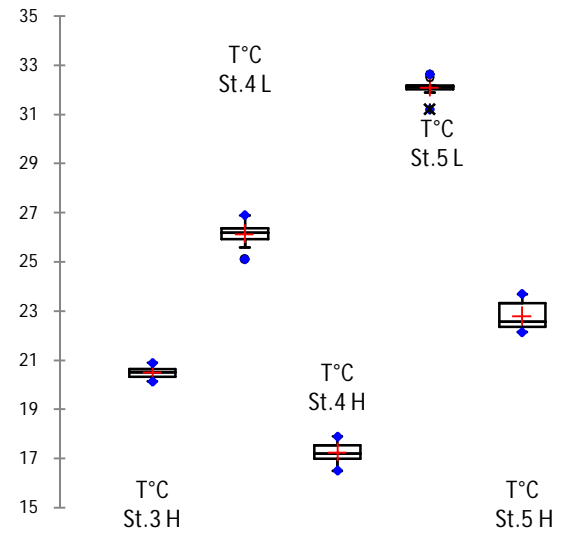
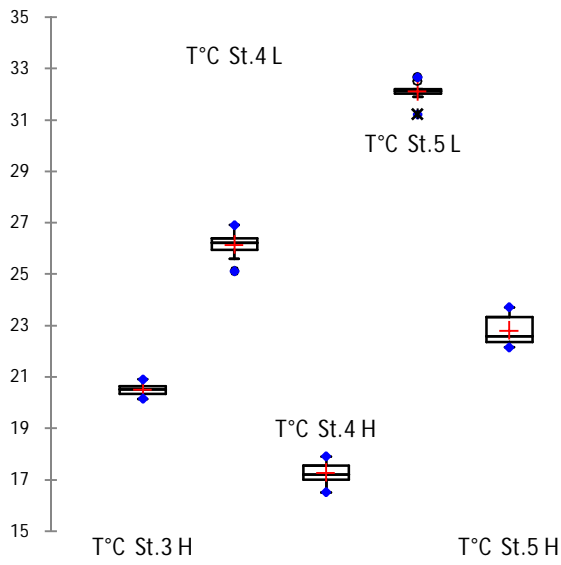
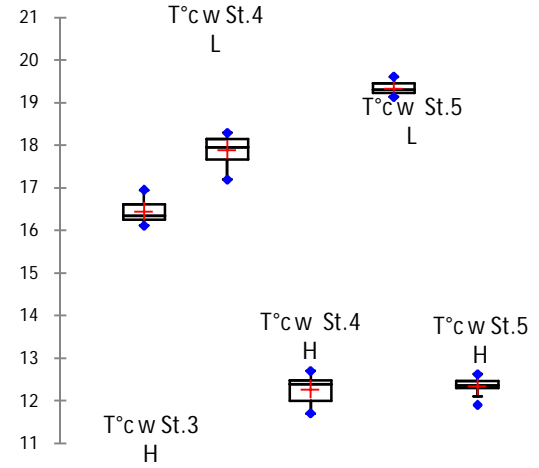
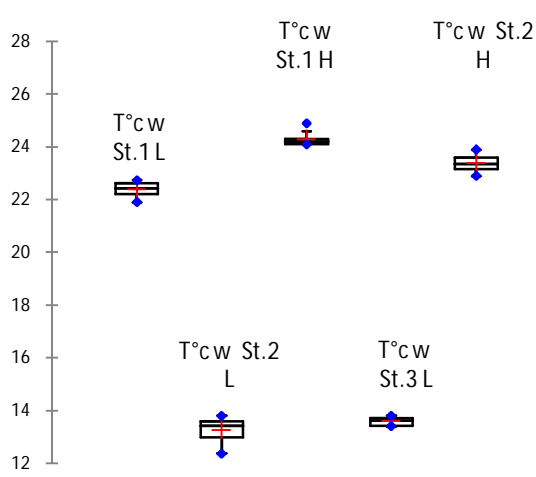
3. Résultats

3.1. Analyse des facteurs environnementaux

Les résultats de l'analyse des caractéristiques physico-chimiques de la qualité de l'eau des cinq stations sont résumés dans la Figure 61. A l'exception du pH, avec une valeur minimale de 6,5 à la St.1 et un maximum de 9,50 à la station St.2 en «haute eau», les autres paramètres montrent des différences très hautement significatives ($P < 0,05$) inter-stations.

Les relevés mensuels de la température de l'air et de l'eau ont révélé une chaleur minimale enregistrée pendant la «saison de haute eau» de 17 ° C et 11,7 ° C à la St.4 respectivement. Ensuite, une augmentation progressive de la température est enregistrée pendant la «saison de basse eau» avec un maximum de 32,8 ° C à la St.3 et de 24,3 ° C à la St.2 respectivement.

Les valeurs d'oxygène dissout ont atteint un maximum de 8,99 mg.l-1 à la St.4 lors de la basse eau. Ensuite, il y a une diminution progressive de la teneur en oxygène pour atteindre la valeur minimale de 7,7 mg.l-1. Les valeurs de conductivité vont de 240 $\mu\text{s} / \text{cm}$ dans la St.4 à 315,9 $\mu\text{s} / \text{cm}$ dans la St.2 en basse eau.



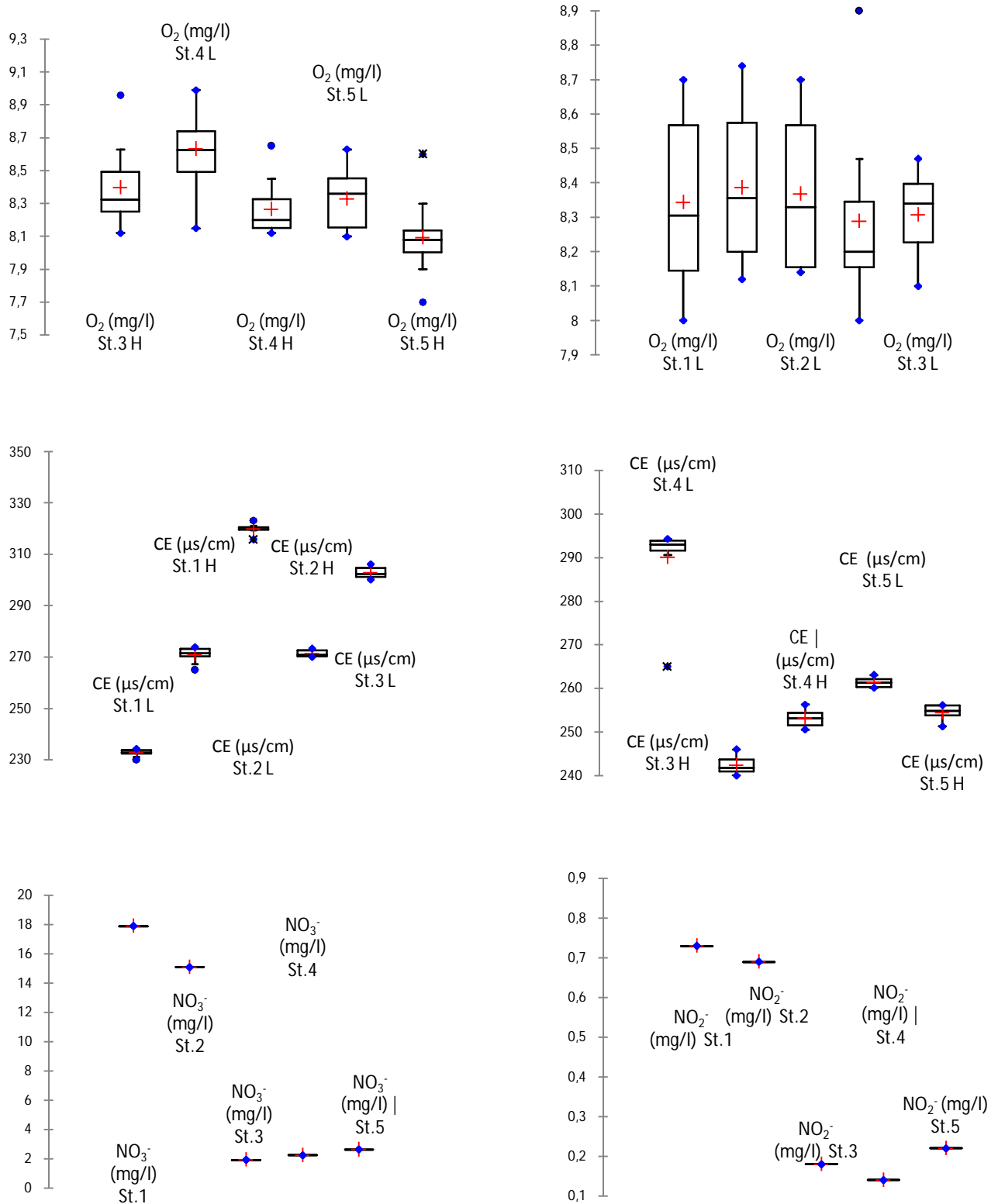


Figure 61 : Box plot montrant la variation du potentiel d'hydrogène (conductivité) au cours de la période d'étude (2017-2018) tout au long de la zone d'étude de Brabtia (St.1: Oued Bouarroug, St.2: Oued Demat Rihane, St.3: Oued Malha, St.4: Oued Nhal et St.5: Oued Reguibette). (H: haute eau [A-17; N]; L: basse eau [M-18-S]; w: eau).



3.2. Phénologie adulte

3.2.1. Dimorphisme sexuel

Les caloptéryx se distinguent de toutes les autres espèces par les reflets métalliques de leur corps et la vive coloration de leurs ailes. Contrairement aux autres familles, les Caloptéridés ne présentent pas de ptérostigma, caractère commun à toutes les libellules. Seules les femelles présentent ce qu'on appelle un pseudo stigma, tâche allaire généralement claire et traversée de nervures. Les ailes des femelles ont une bande de bout d'aile brune et un corps bronze métallique.

Le mâle de *C. haemorrhoidalis* possède des ailes uniformément d'un sombre noir chez les mâles adultes. Sur la face inférieure des trois derniers segments abdominaux, il y a une zone rouge, la soi-disant «lanterne rouge» (d'où le nom latin espèces *haemorrhoidalis*, signifie «flux sanguin»). : c'est le catadioptré, il est utilisé en tant que signal dans les comportements nuptiaux et antagonistes. La teinte varie selon les espèces (Figure 62).

C. haemorrhoidalis peut atteindre une longueur corporelle d'environ 45 à 48 millimètres. La longueur de l'abdomen est d'environ 34 à 43 mm chez les mâles, 31 à 43 mm chez les femelles. La longueur des ailes est de 29 à 31 millimètres chez les mâles, de 26 à 32 millimètres chez les femelles.

Le pourcentage de mâles dans la population émergente (Immature / Mature ; N = 170) observée au mois août (pic saisonnier d'émergence) dans le site le plus abondant était en faveur des mâles, avec un sex ratio de (78♀, 92♂) 54,11%).

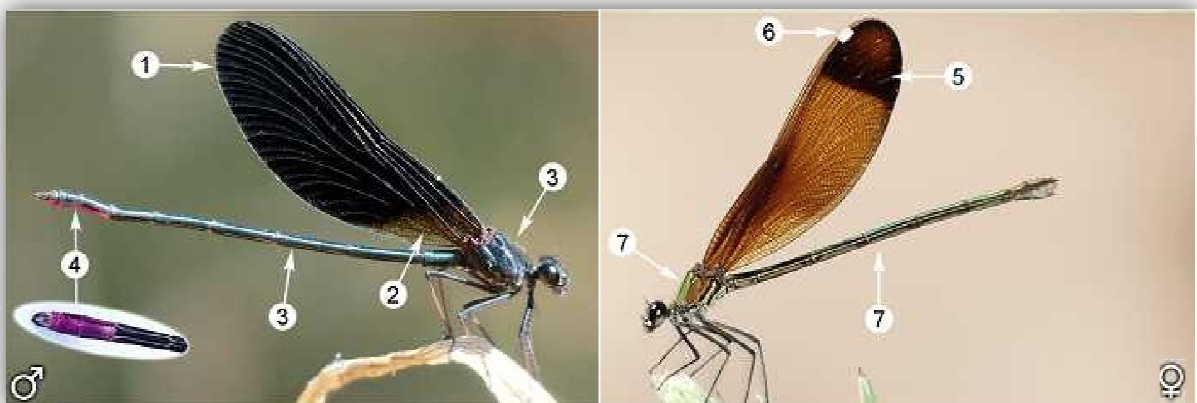


Figure 62 : Mâle et femelle de *C. haemorrhoidalis* 1: Aile sombre noire ; 2: Base de l'aile transparente ;3: thorax et abdomen ; 4: S8 , S9 et S10 zone rouge "le catadioptré" ; 5: bande de bout d'aile brune ; 6: pseudo stigma, tâche allaire blanche ; 7: thorax et abdomen avec des reflets métalliques verts ou cuivrés



3.2.2. Période de vol

Le temps de vol de cette espèce s'est étendu d'avril à novembre 2017 au cours de la période d'étude (Figure 63). Les premiers ténéraux ont été observés à partir d'avril lorsque la température moyenne a atteint 28,3°C. Cependant, la plupart des imagos ont été principalement observés entre juillet et août, les chiffres ayant culminé lorsque la température moyenne a soudainement augmenté à 32,08 ° C en juillet à St.2.

Cette phase d'émergence principale a également été le moment le plus propice pour trouver l'espèce dans les différents sites de cette zone de la Numidie.

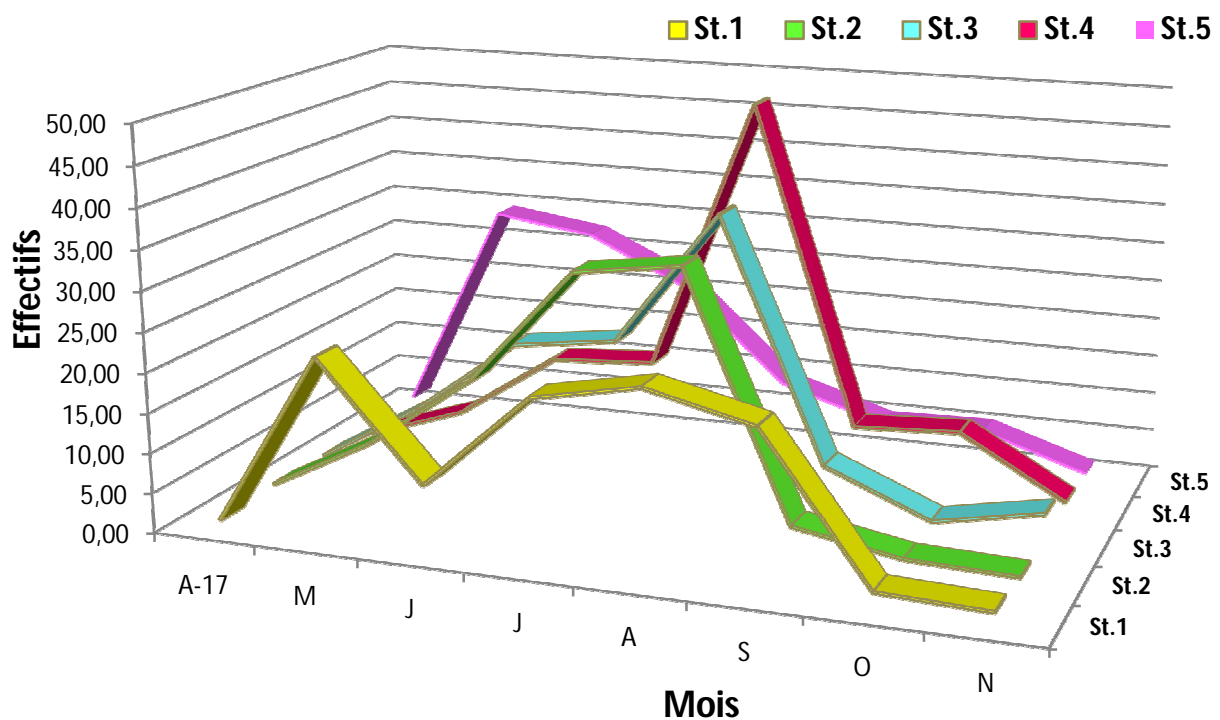


Figure 63 : Périodes de vol de *C. haemorrhoidalis* dans les cinq sites d'échantillonnage du secteur Brabtia. (Période odonatologique 2017).

Les imagos n'atteignent la maturité sexuelle qu'environ 10 jours après la métamorphose. Pendant ce temps, appelé période de maturation, les imagos sub-adultes se tiennent dans des endroits ensoleillés en respectant entre eux un écart appelé distance individuelle et forment souvent des groupements importants dont chaque membre est orienté d'une manière télotaxique en direction du soleil. De temps à autre, ils quittent leurs perchoirs pour attraper de petits insectes au passage. Ils reviennent presque toujours à la même place.



Pendant cette période de maturation, les mâles et les femelles se tiennent très proches et ne montrent aucune réaction les uns envers les autres. L'écartement des ailes et le redressement léger de l'abdomen constituent un mouvement de menace engageant le congénère qui vient d'arriver à respecter la distance individuelle.

En phase de maturation, l'imago peut s'écartier aussi de l'eau. On le rencontre le long des haies, des lisières forestières, dans des zones ensoleillées et abritées du vent. Les mâles matures se cantonnent le long de petites rivières, souvent dans des secteurs où la végétation rivulaire est importante et très étagée.

3.2.3. Abondance relative

Un total de 3275 individus de *C. haemorrhoidalis* ont été inventoriés. En termes d'abondance relative, les taux maximaux ont été enregistrés en août avec une fréquence de 48,66% observée en St.4 (Figure 64).

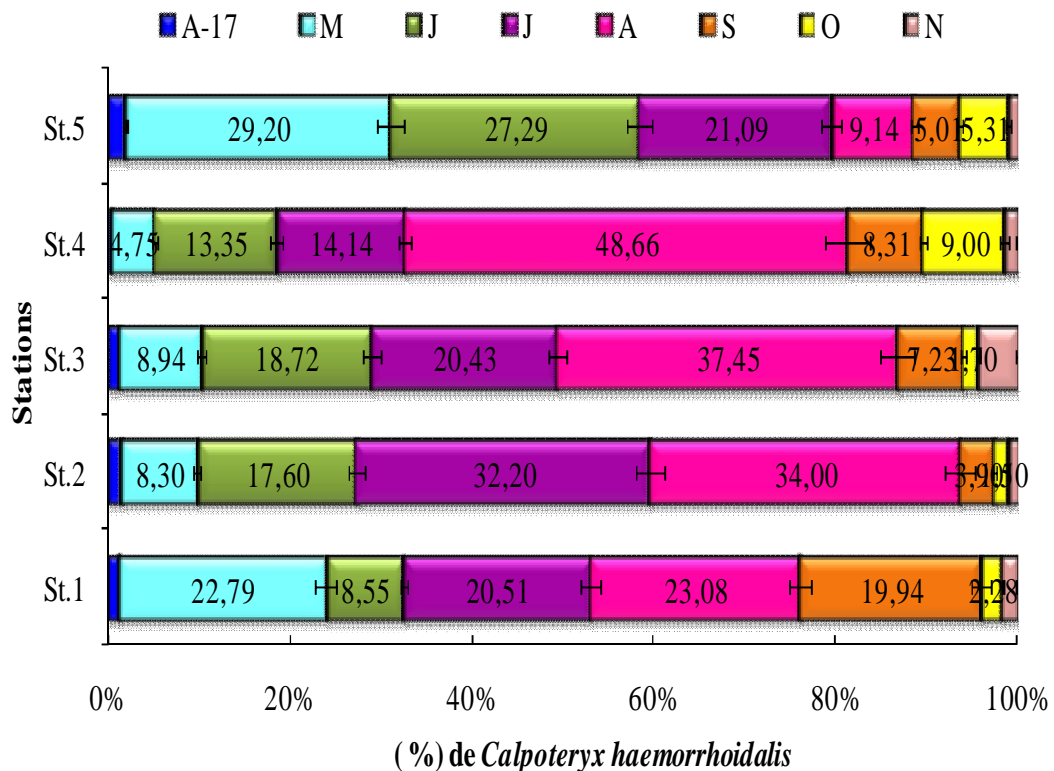


Figure 64 : Abondance relative (%) de *C. haemorrhoidalis* pendant la période d'étude dans le secteur Brabtia. (St.1: oued Bouarroug, St.2: oued Demat Rihane, St.3: oued El-Malha St.4: oued El-Nhal et St.5: oued Reguibette).



Selon la station, l'analyse de la variance unidirectionnelle (AV1) a montré une différence très significative ($P < 0,0001$) pour la distribution numérique de *C. haemorrhoidalis*.

En fonction des mois de la saison odonatologique (A-17-N), l'analyse de variance unidirectionnelle (AV1) a montré une différence très hautement significative ($P < 0,0001$).

Ainsi, les fréquences les plus élevées de l'espèce sont observées en plein été (juillet et août) avec des pics par ordre décroissant, $St.4 \geq St.3 \geq St.2 \geq St.1 \geq St.5$ observés en août. En avril et novembre, des basses fréquences ont été observées pour toutes les stations étudiées.

3.2.4. Comportement reproducteur

En période de reproduction, les mâles ne s'éloignent pas du bord de l'eau et défendent une zone de reproduction contre leurs rivaux (mâles territoriaux) et où les femelles peuvent choisir de pondre leurs œufs.

Les mâles ont une danse d'accouplement caractéristique, qui montre l'extrémité de l'abdomen et écarte les ailes. Le mâle et les femelles s'accouplent en volant en position «tandem», où la femelle est fermement tenue par le mâle. Ainsi, les mâles rivaux ne peuvent pas participer. Le transfert de sperme du mâle vers la femelle se fait lorsque les deux partenaires prennent une position particulière et forment le «cœur copulatoire» (Figure 65).

Le dépôt des œufs (oviposition) est endophytique et se produit en tandem ou sous la surveillance du mâle immédiatement après l'accouplement. Le temps de ponte moyen observé est de $41,8 \pm 65,20$ minutes ($N = 15$ paires) avec une préférence pour les tiges de plantes molles (par exemple *Juncus maritimus*) et les branches mortes presque entièrement immergées dans l'eau (Figure 65).

Dans des conditions de laboratoire, les œufs, insérés dans des tiges creuses et tendres, ont éclos après deux semaines donnant naissance à des pro larves libres, c'est le premier stade larvaire du cycle de développement. Néanmoins, en raison de leur fragilité et le manque de source de nourriture appropriée, le pourcentage de la mortalité des pro larves d'élevage a augmenté avec le temps: il était de 48% à $J = 7$ jours après l'éclosion (pour $n = 70$ larves) et 100% à $J = 15$ jours.



Figure 65 : Comportement reproducteur chez *C. haemorrhoidalis* (copulation, ponte et émergence) (Cliché EcoSTAq).



3.2.5. Habitat type

Calopteryx haemorrhoidalis est une espèce des milieux courants. Le long des cours d'eaux, les imagos se regroupent en petit nombre et occupent principalement, les micro-habitats partiellement ensoleillés et bien ombragés. Cela est assuré par un rideau végétal approprié principalement par la végétation herbacée et en particulier les plantes aquatiques émergentes constituant ainsi, de petites cavernes de végétation par endroit le long des tronçons du cours où l'eau est moyennement courante, limpide et bien oxygénée.

Cet "habitat type" pour cette espèce le long des berges des cours d'eau offre un abri important aux imagos et aux ténéraux durant la période de reproduction et de la ponte (Figure 66). Les larves à leur tour, profitent des caractéristiques de cet "habitat type" choisi par les imagos de l'espèce et vivent dans la végétation aquatique, souvent près du fond. L'émergence est favorisée et se fait verticalement ou en rétroversion sur la végétation rivulaire ou sur des plantes émergentes.





Figure 66: Photos des "Habitat type" chez *C. haemorrhoidalis* le long des cours d'eaux du secteur Brabtia

3.3. Phénologie larvaire

3.3.1. Autochtonie

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.



Pour *C. haemorrhoidalis*, l'autochtonie a été confirmée dans les cinq sites étudiés du secteur Brabtia, principalement à partir de l'observation du comportement reproducteur *in situ* et ensuite confirmée à partir du suivi du développement larvaire jusqu'à l'émergence de larves prélevées sur le terrain. Les pro larves issues d'éclosions *in vitro* n'ont pu passer que les deux premiers stades après quoi, la phénologie larvaire de l'espèce a été établie à partir de larves collectées *in situ* et élevées en laboratoire. Les larves collectées étaient petites et minces (Figure 67).



Figure 67 : Larves de *C. hémorrhoidalis* (cliché, W. Benchalel).



Le corps de la larve est protégé par une membrane très solide et à mesure que la larve grandit, cette membrane devient trop petite, et la larve doit perdre la membrane régulièrement pour atteindre le stade pré-imaginal. Après cette étape, la larve est prête à émerger et à quitter le milieu aquatique.

3.3.2. Abondance des larves

L'abondance des larves au cours de la période d'étude est illustrée par la Figure 68. Elle révèle les plus grands effectifs par ordre décroissant chez *Calopteryx haemorrhoidalis* comme suit : $St.4 \geq St.3 \geq St.2 \geq St.1 \geq St.5$.

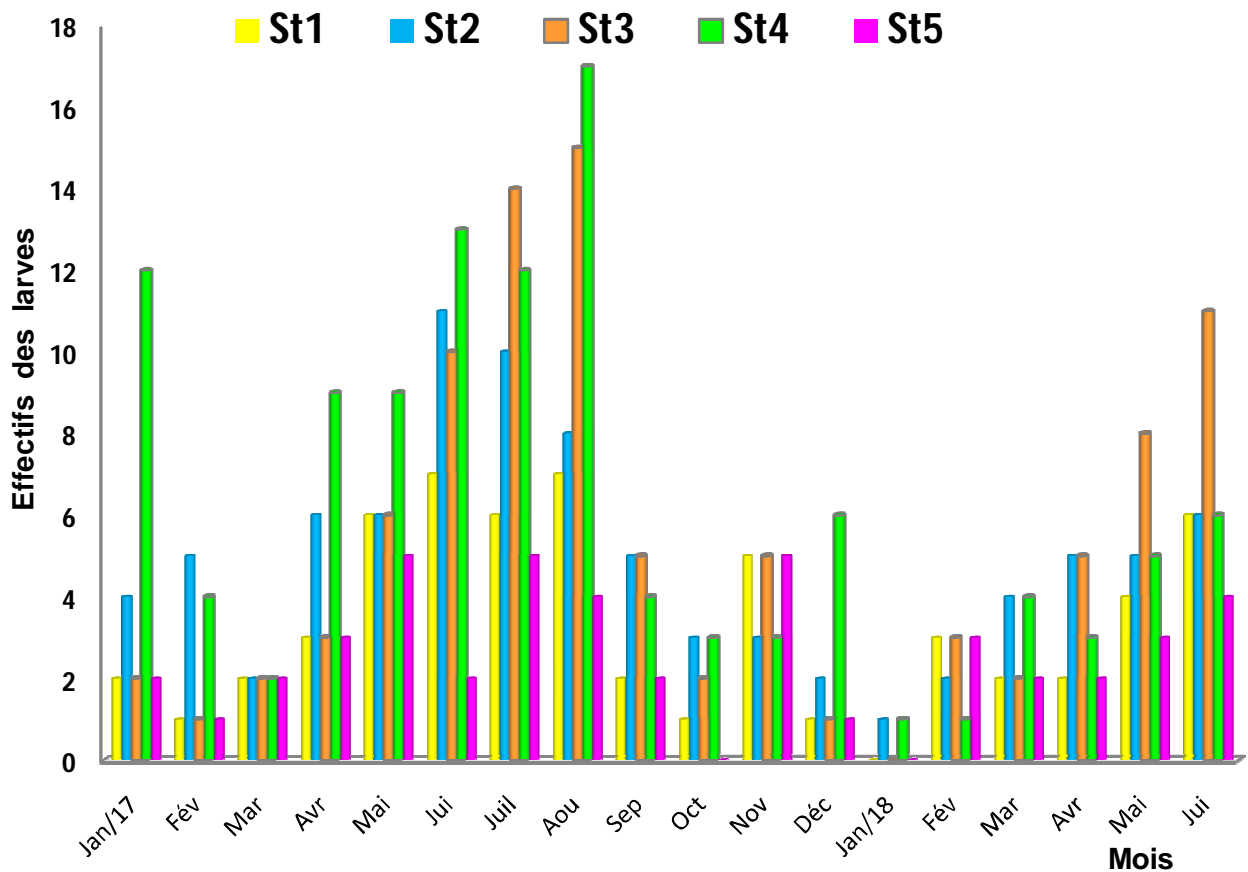


Figure 68 : Abondance des larves de *Calopteryx hémorrhœidalis* prélevées durant la période d'étude (2017-2018).



3.3.3. Voltinisme et modalités de croissance larvaire

La connaissance du voltinisme, c'est-à-dire le nombre de générations achevées en un an dans le domaine, est nécessaire pour comprendre comment les cycles de vie sont adaptés aux conditions environnementales dans différentes régions, notamment en ce qui concerne la latitude et, par conséquent, la régulation saisonnière.

Une estimation du voltinisme pour une espèce donnée dans une latitude donnée (ou un habitat) sera sujette à une variation qui reflètera le manque d'uniformité de l'état temporel des membres de chaque population, elle-même une expression de variables telles que les temps d'émergence, le taux de croissance des œufs et des larves et l'impact de la prédation.

Calopteryx haemorrhoidalis est autochtone et univoltine dans le secteur Brabtia (une génération par an), donc les larves récoltées au début de la saison odontologique d'avril à août sont principalement des stades tardifs de la même cohorte (stades 7, 8, 9 et 10). Cela coïncide avec la période d'émergence. A partir de fin septembre et tout au long de l'hiver, la population est principalement constituée de jeunes larves issues de la récente activité de ponte (Figure 69 a et b).

Le suivi de la croissance larvaire a mis en évidence deux types de croissances larvaire (type 11 stades et type 12 stades). Les histogramme de fréquence des mesures de la longueur totale de chaque stade larvaire sont présentés et sont facilement identifiables sur les (Figure.70 a et 70 b).

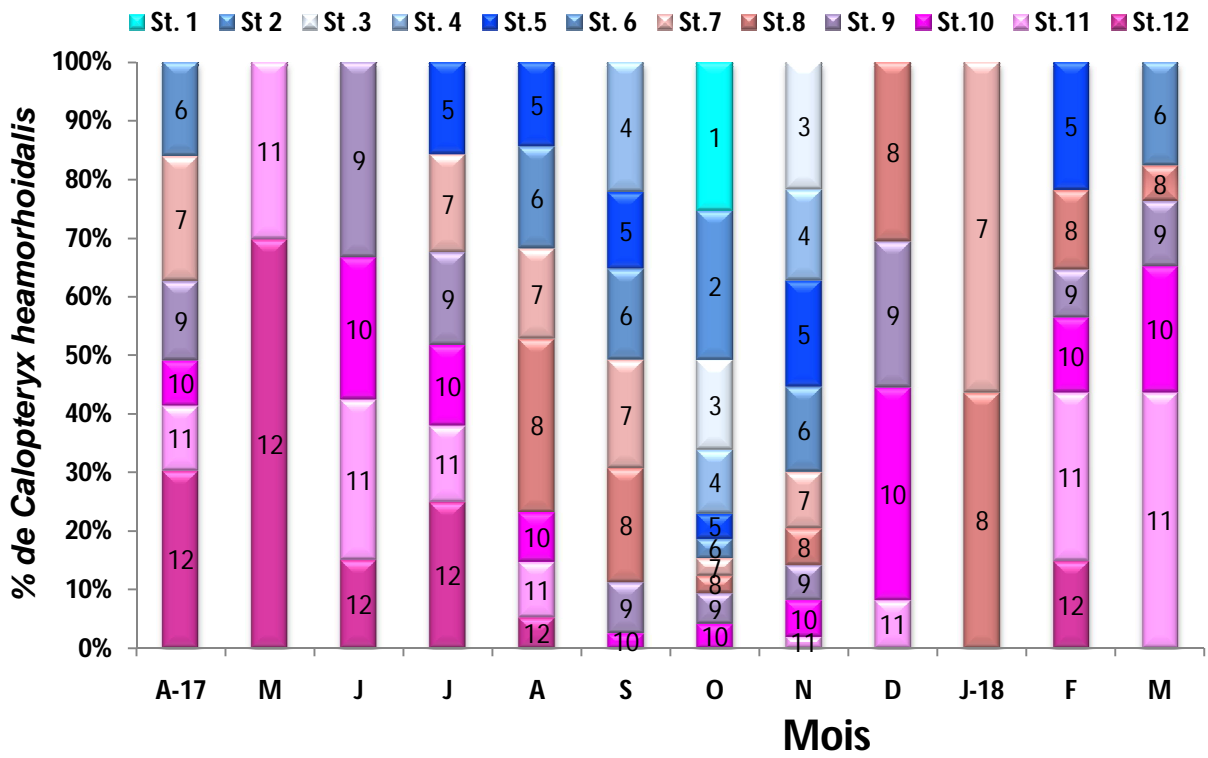
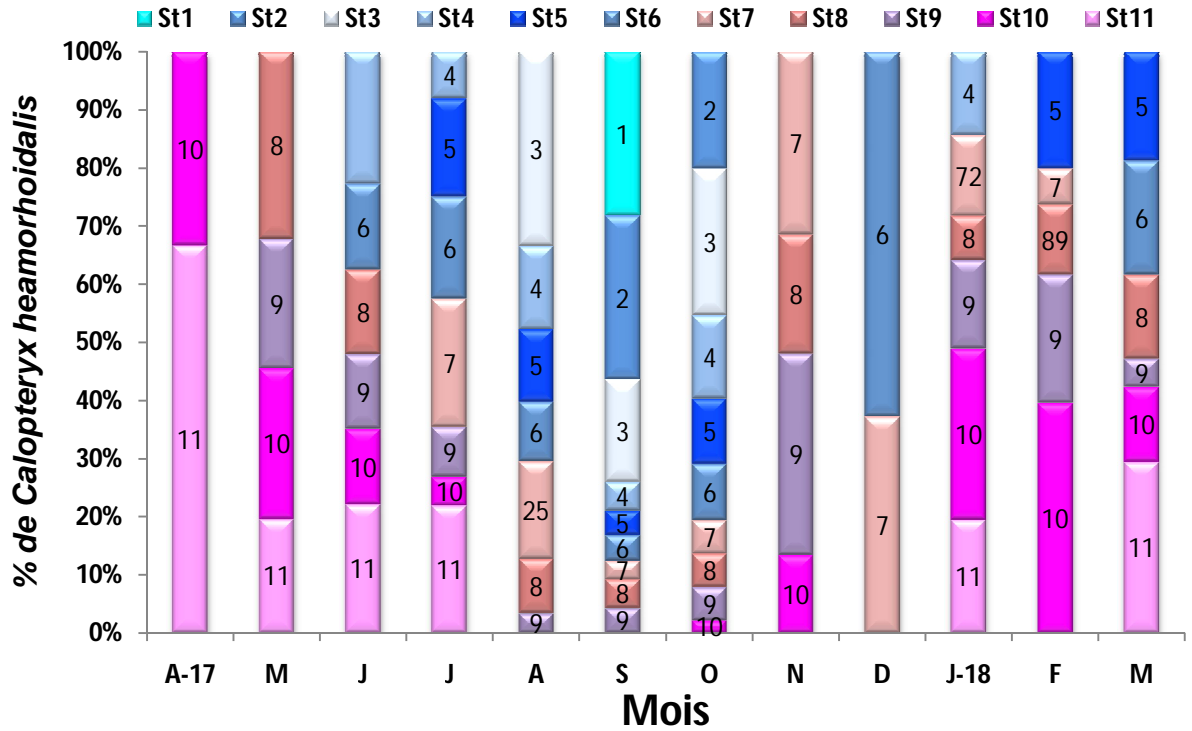


Figure 69 (a et b) : Phénologie larvaire de *C. haemorrhoidalis* dans le secteur de Brabtia (suivi 2017-2018). St. = Stade croissance : (type 11 et type12).

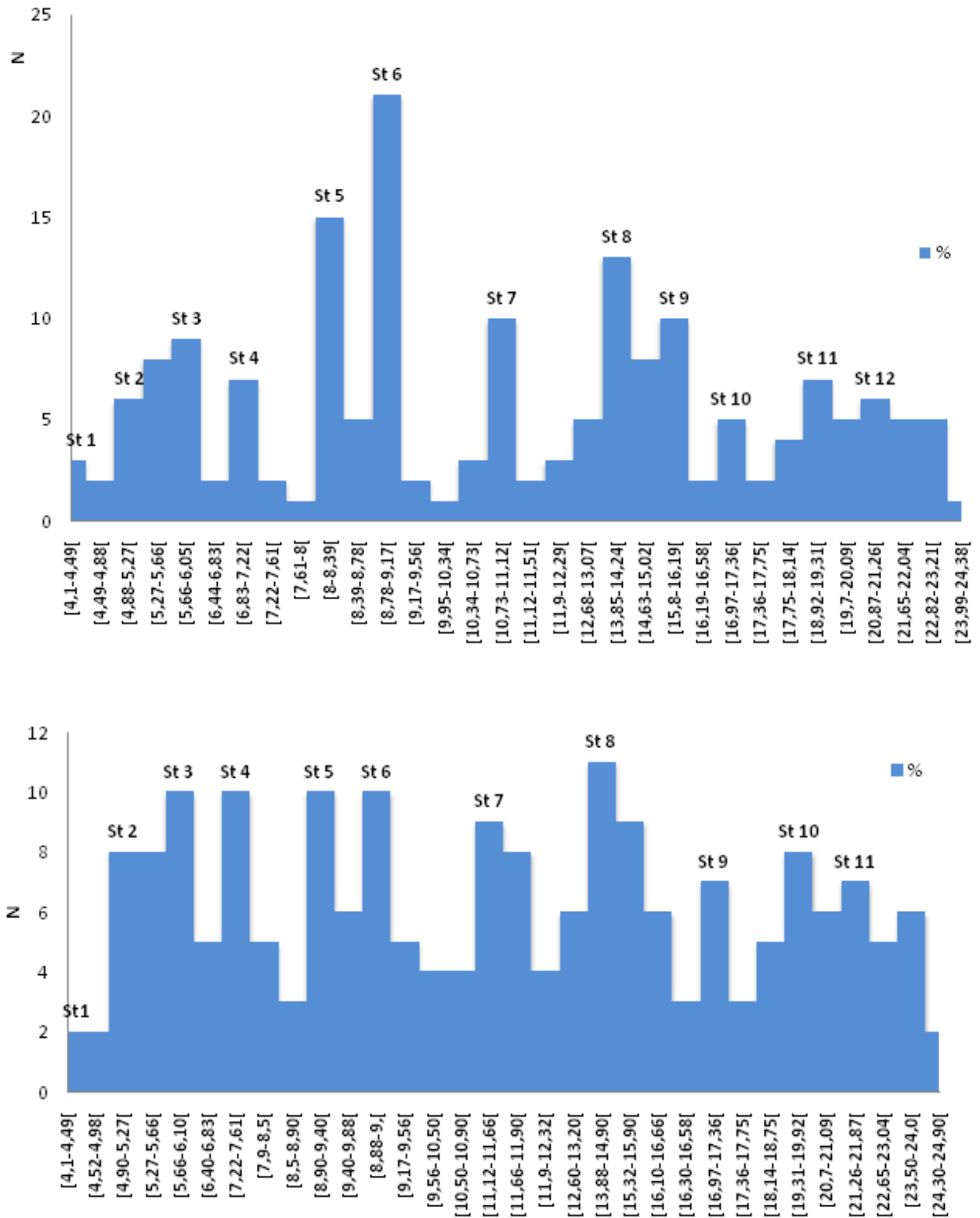


Figure 70 (a et b) : Histogramme de fréquence des mesures relatives de la longueur totale pour le type (type 12) de développement observé. En abscisse, longueur totale (classes de taille) en ordonnée, nombre d'individus (N).



3.3.4. Etude morphométrique des stades larvaires

La description morphométrique des stades larvaires est regroupée dans la figure 71 (a, b, c, d et e) et la figure 72 (a et b) qui montrent la représentation des moyennes calculées des quatre structures (Larg t, Lf, Seg/Ant et Seg /Tar) en fonction de la longueur totale (T1), pour les type de croissance à 11 stades et 12 stades déterminés chez *C. haemorrhoidalis*.

Une relation curviligne croissante entre la croissance des quatre caractères et celle de la longueur totale (TL) est détectable sur les nuages de points. Les courbes obtenues donnent l'apparence de deux lignes de pentes différentes. Le changement de pente marque le passage d'une phase de développement à une autre, et selon [Fontaine & Pilon, \(1979\)](#), le point d'intersection des deux lignes détermine un stade critique de développement.

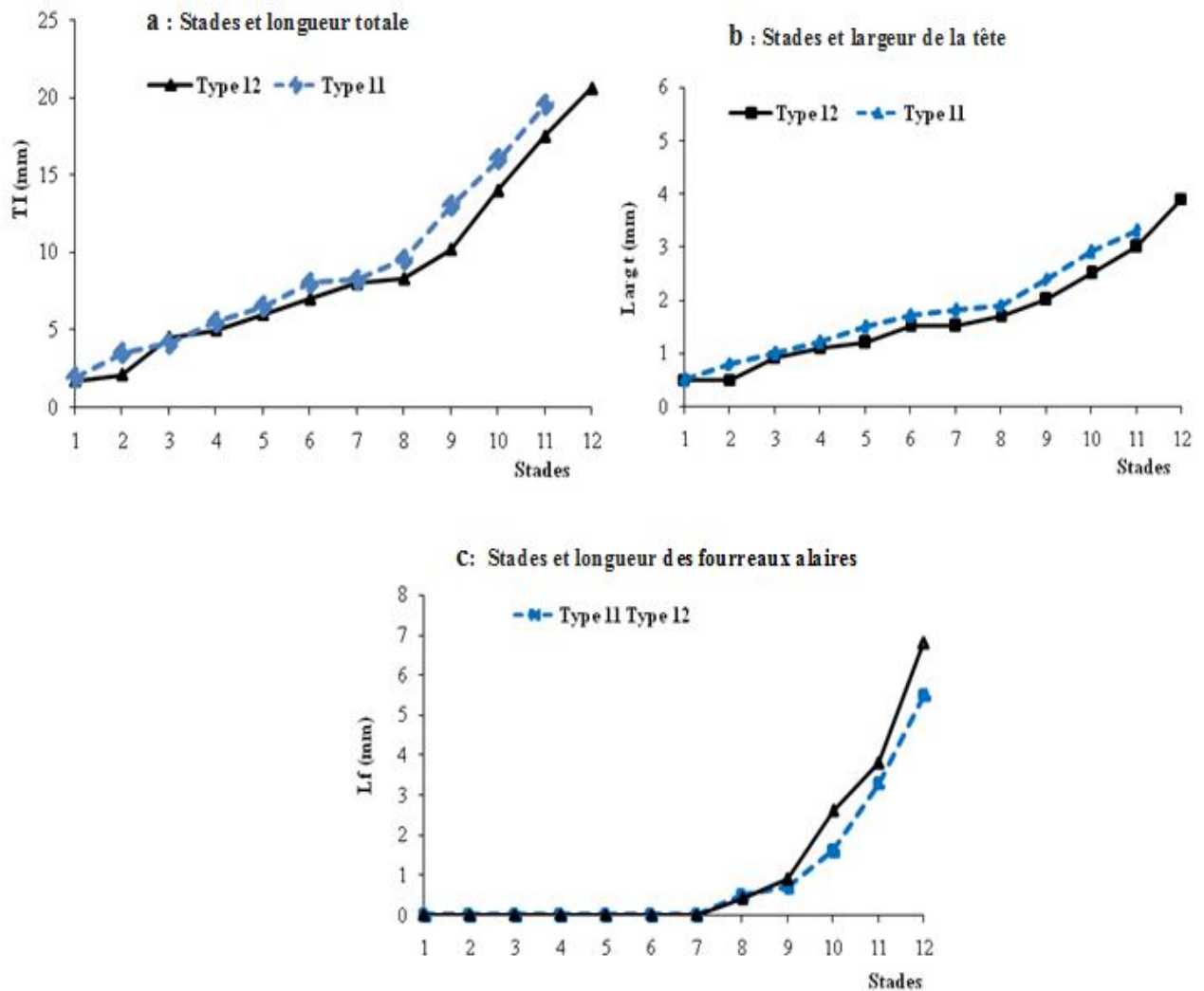
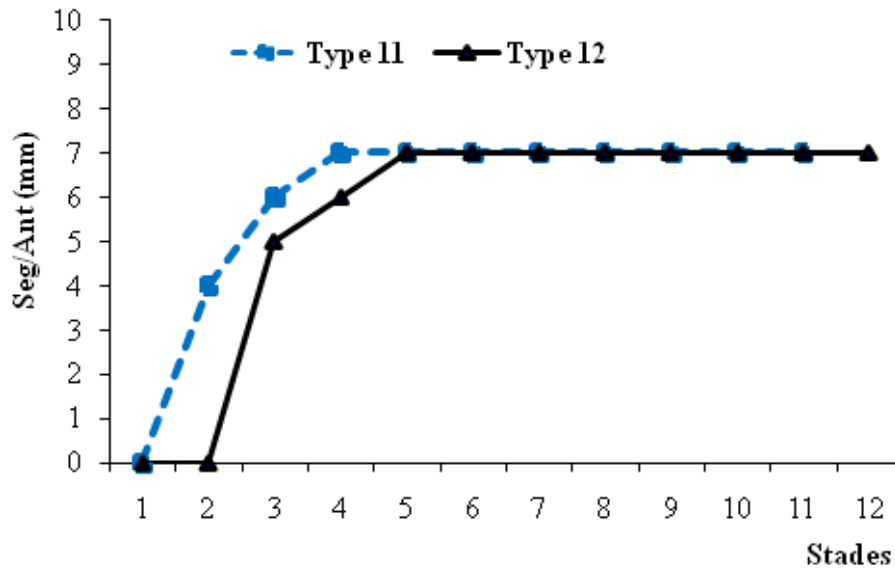


Figure 71a (a,b,c) : Evolution des trois caractères larvaires mesurés pour la croissance de type 11 stades et de type 12 stades.



d : nombre de segments des antennes



e: nombre de segments du tarse

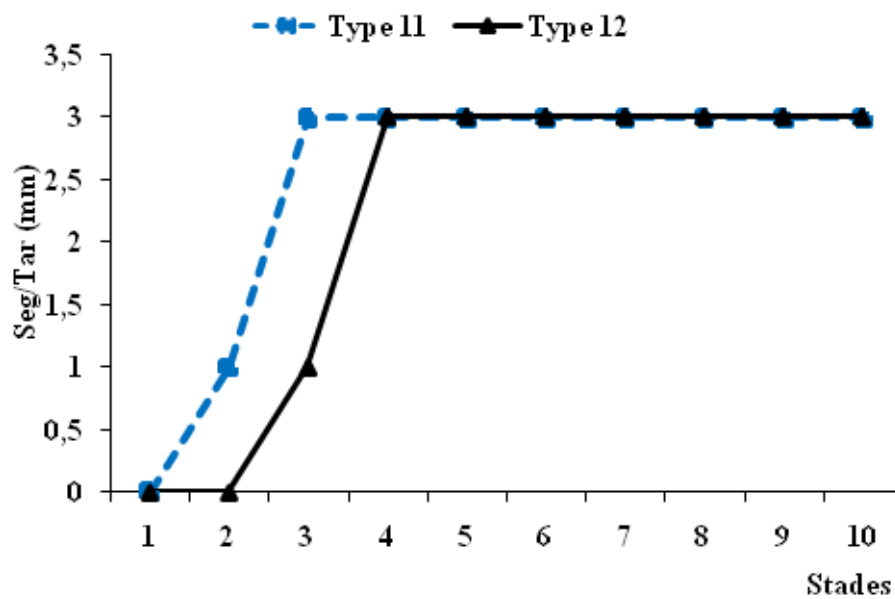


Figure 71b (d,e) : Evolution des deux caractères larvaires comptés pour la croissance de type 11 stades et de type 12 stades.

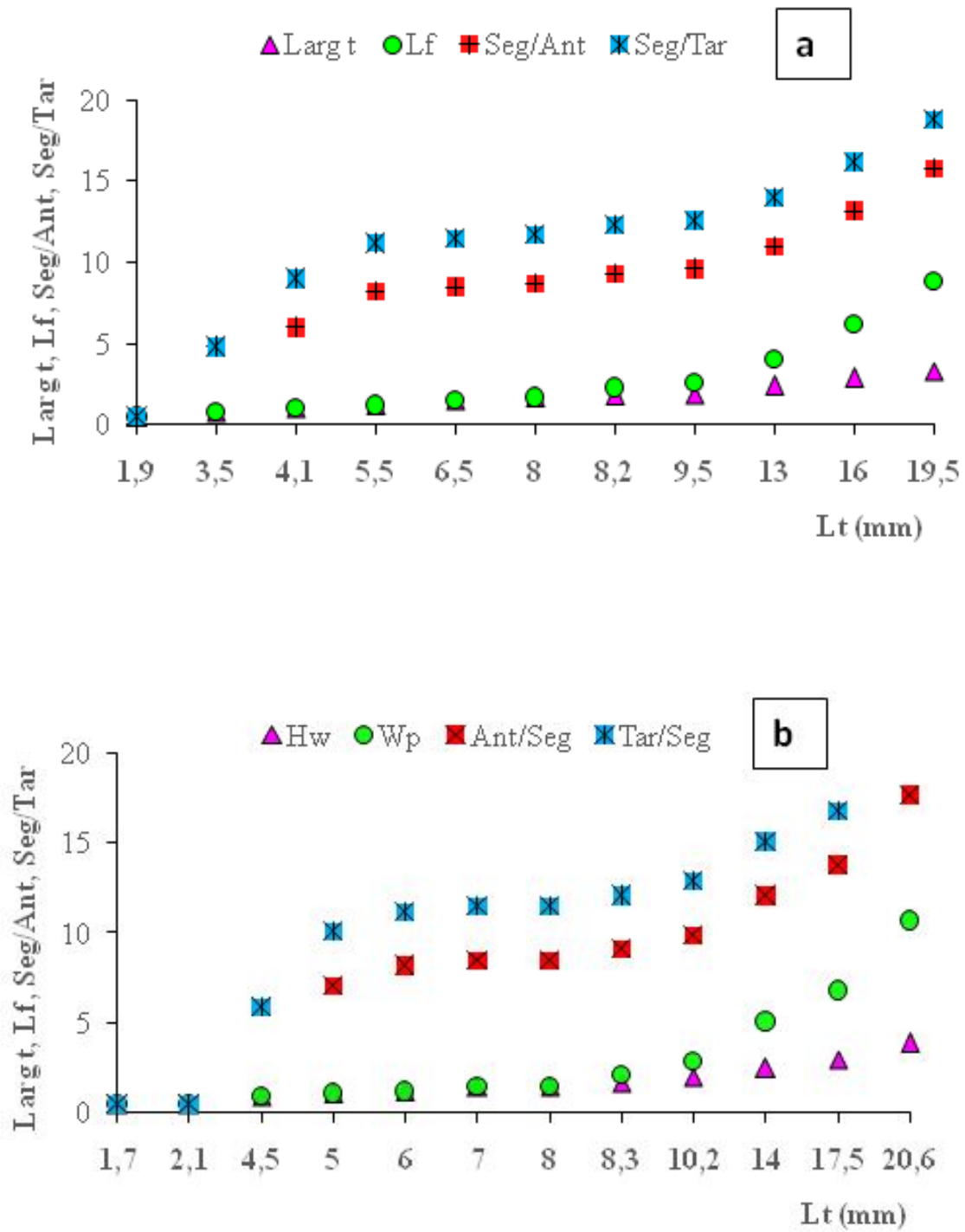


Figure 72 (a et b) : Variation du taux de croissance entre les stades pendant le développement larvaire des cinq caractères étudiés pour le type de croissance à 11 stades et 12 stades.



3.4. Variation de l'abondance des espèces avec les paramètres physico-chimiques

Les deux premiers axes de l'ACP représentent 51,48% de variance (Figure 73 a). L'inertie totale expliquée par les deux axes est de 1,59. En plus de ces trois facteurs (O₂ et températures «eau et air»), l' ACP révèle que le pH et la conductivité favorisent une bonne fréquence de *C. haemorrhoidalis*, ceci est observé au site St.3 B (Figure.73 b). La part d'inertie significativement expliquée par les facteurs environnementaux représente 26,91%.

Ces facteurs sont l'oxygène dissout, la température de l'eau et de l'air. L'ACP montre des corrélations très positives entre l'abondance relative de *C. haemorrhoidalis* et l'oxygène dissout, la température de l'eau et la température de l'air pour les sites (St.5, St.4, St.3 et St. 2) dans les basses eaux (mai-septembre).

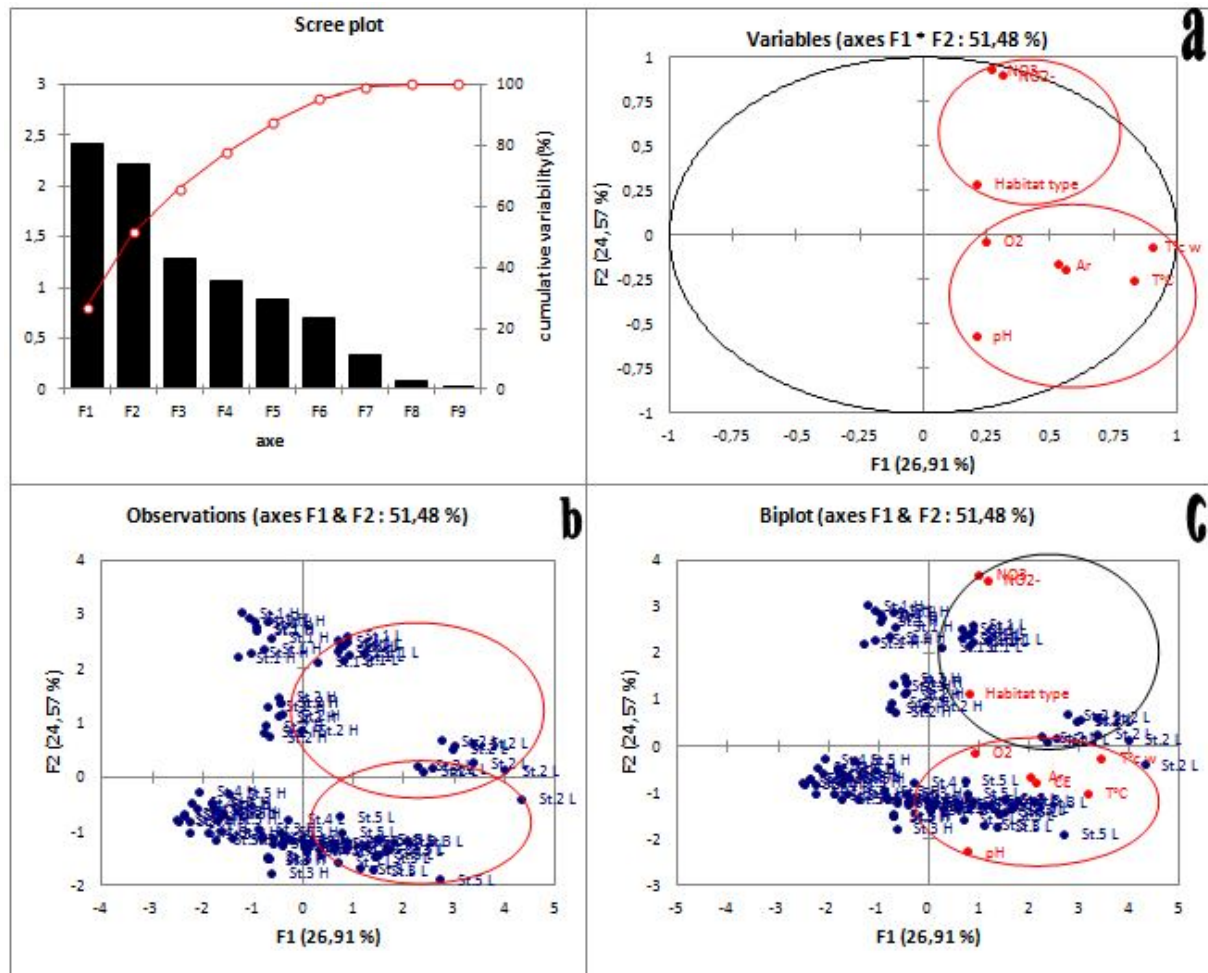


Figure 73 : Analyse en composantes principales (ACP) entre les facteurs environnementaux et l'abondance relative de *C. haemorrhoidalis*. (H: haute eau; B: basse eau).



Quant au site St.2 B, il est marqué par le taux élevé d'oxygène dissout, et il avait un bon type d'habitat de l'odonate (*C. haemorrhoidalis*) (Figure 73 c).

La figure 73 b nous a permis de hiérarchiser toutes les stations d'échantillonnage le long de la réserve de Brabtia en utilisant le bio-indicateur «bon état écologique» des eaux courantes (*C. haemorrhoidalis*). Cette dernière est observée sur l'axe F2 (24,57%) de variance par ordre décroissant de: St.2 B > St.1 B > St.4 B > St.5 B = St.3 B.

4. Discussion

Les odonates d'Algérie sont indirectement menacées par la perte ou la modification sévère de leurs habitats. Les paramètres environnementaux de l'habitat et les indicateurs physico-chimiques de la qualité de l'eau sont souvent soumis à des variations spatio-temporelles induites par les activités anthropiques qui modifient les caractéristiques de l'eau et affectent sa qualité comme cela a été démontré par (Moussa *et al.*, 2013).

La présente étude est une première caractérisation écologique ainsi qu'une contribution à l'étude de la qualité physico-chimique de cinq rivières du secteur de Brabtia (Numidie Orientale) caractérisée par une riche abondance de *C. haemorrhoidalis* depuis plus de deux décennies (Benchalel & Samraoui, 2012). Elle fournit la première révision des changements de la phénologie de *C. haemorrhoidalis* en relation avec le climat actuel et les pressions anthropiques. Corbet & Hoess, 1998, ont mis en évidence trois réponses potentielles au changement climatique persistant: (i) l'espèce peut disparaître, (ii) l'espèce peut s'adapter in situ, (iii) l'espèce peut migrer vers des zones au climat plus tolérable.

4.1. Caractérisation des stations, qualité et disponibilité de l'eau

La qualité des eaux de surface est caractérisée par les différentes substances qu'elles contiennent, leur quantité et leurs effets sur les écosystèmes aquatiques et la santé humaine. Ces substances peuvent être soit d'origine naturelle (bicarbonates, sulfates, sodium, calcium, magnésium, potassium, azote, phosphore ...), soit provenir de la présence humaine (eaux usées) ou d'activités industrielles et agricoles. C'est la concentration de ces différents éléments qui détermine la qualité de l'eau et permet de savoir si elle est adaptée à un usage particulier (Dussart, 1966; Thioulouse & Dray, 2007).



D'un point de vue physico-chimique, les concentrations de nitrites et de nitrates enregistrées sont significativement plus élevées ($P < 0,001$) au niveau du site St.3 (oued El-Malha), situé en aval du lac El-Mellah souffrant de pollution minérale et agricole. L'eau contenant des nitrates est à considérer comme suspecte car une détérioration de la qualité microbiologique y est souvent associée (Kherifi & Kherici-Bousnoubra, 2017). Dans l'ensemble, les concentrations de nitrites sont faibles ($< 0,5 \text{ mg.l}^{-1}$) et comparables à celles rapportées par (Derradji *et al.*, 2007) à oued El-Kebir. Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniac (la nitrification n'est pas terminée), soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiante.

L'eau de surface étudiée est oxygénée pour tous les sites dont St.1 (oued Bouarroug) et St.4 (oued Nhal). Ces derniers ont un débit plus élevé que les autres sites (Kherifi *et al.*, 2019). Les concentrations d'oxygène dissout sont bien supérieures à 5 mg l^{-1} , ce qui est nécessaire à la survie des organismes vivants aquatiques (Izonfuo & Bariweni, 2010).

Quant aux pHs, ils sont aux alentours de 7 à toutes les stations et reflètent bien la lithologie au niveau du secteur Brabtia et le faciès bicarbonate de sodium de ses eaux courantes (Chaïb & Samraoui, 2011). La seule augmentation significative du pH enregistrée au site St.5 (oued Reguibett) est due à sa proximité avec les eaux marines. Il est à noter qu'une forte augmentation du pH dans l'eau peut être toxique pour la faune aquatique en induisant une augmentation des concentrations d'ammoniac toxique (Coimbra *et al.*, 1996).

Dans l'ensemble, les paramètres abiotiques enregistrés au cours de la période d'étude n'étaient pas très variables dans les cinq stations d'étude, à l'exception du "type d'habitat", qui est plus stable et plus diversifié le long du site St.2 (oued Demet Errihane) et du site St.1 (oued Bouarroug). En effet, dans le secteur de Brabtia, on assiste à une dégradation de la forêt riveraine provoquant non seulement une érosion des berges et une déstabilisation des arbres, arbustes et faune qui leur sont associés, mais aussi une augmentation de la température de l'eau. Les eaux chaudes augmentent la production primaire et réduisent ainsi la dépendance des réseaux trophiques aquatiques vis-à-vis des sources de carbone non indigènes (Clapcott & Barmuta, 2010). Chez les odonates, la température est un facteur abiotique majeur en raison de son impact sur les œufs, le moment de l'émergence et la phénologie des adultes, ainsi que sur le développement des larves (Pritchard *et al.*, 2000). La température de l'eau influence également le schéma d'émergence et, en particulier, son début (Corbet *et al.*, 2006; Boudot, 2008).



Elle est également déterminante, car l'eau chaude contient toujours moins d'oxygène que l'eau froide, ce qui pénalise l'odonatofaune qui est plus spécialisée et exigeante en termes de qualité et de stabilité de son cadre de vie. Les résultats obtenus ont révélé que *C. haemorrhoidalis* se distingue des autres espèces des mêmes sites par ses exigences concernant le choix de «l'habitat typique». L'espèce est plus abondante selon le modèle: St.4≥St.3≥St.2≥St.1≥St.5 et semble très révélatrice de la santé du milieu qui l'abrite au vu de son exigence vis-à-vis de l'oxygène dissout. Espèce sténoèce, elle nécessite des conditions d'habitat spécialisées avec des eaux claires et bien oxygénées, avec un débit régulier tout au long de l'année et une température favorable assurée par un rideau végétal dense et approprié des différentes ripisylves (Aulne, Frêne, Peuplier, Saule et Orme) le long des vallées qui sont nombreuses dans le secteur de Brabtia et dont la plus importante est celle de oued El-Kébir (Benchalel *et al.*, 2017).

La période de vol de *C. haemorrhoidalis* a varié d'avril à novembre 2017, mais cela n'est pas en parfait accord avec la période de vol connue (mai-août) enregistrée sur le même site, il y a deux décennies (Benchalel & Samraoui, 2012). Il est également à noter que l'espèce en question a été observée en vol dans le secteur de Brabtia jusqu'à la fin du mois de décembre de l'année 2015 (Benchalel *et al.*, 2018). Chaque espèce possède un seuil au-delà duquel l'émergence est déclenchée (Farkas *et al.*, 2012).

Dans la zone d'étude, la température moyenne variait sensiblement d'une année à l'autre. Ses valeurs révèlent un gradient fortement croissant, particulièrement accentué au cours de l'été 2015. Ainsi, l'année 2015 est bien en avance sur les années les plus chaudes. Le mois de septembre lui-même a dépassé les 27°C, taux le plus élevé jamais enregistré pour ce mois (22°C enregistrés en 1993) et expliquant l'allongement de la période d'émergence et donc la phénologie de l'espèce. (Benchalel *et al.*, 2018). Dans cette étude, l'émergence et l'apparition des premiers ténéraux ont été observées à partir d'avril 2017 lorsque la température moyenne a atteint 28 ° C. Cependant, la majorité de la population était principalement visible de juillet à fin août, période considérée comme la plus favorable pour trouver les espèces dans cette région.

Des études 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 printanière (Farkas *et al.*, 2012). L'ombre est également connue pour influencer la distribution et l'abondance et la sélection des sites riverains des odonates (Samways & Sharratt, 2010).



Une émergence plus précoce, ainsi qu'une extension de l'aire de répartition des odonates ont été enregistrées en Grande-Bretagne où le changement climatique et les printemps plus chauds et tardifs sont soupçonnés d'être impliqués dans ce sens (Parr, 2010).

Suite à un pic d'émergence en juillet et août, les individus immatures ont progressivement disparu des berges pour se réfugier dans les zones adjacentes et ensoleillées à la recherche de nourriture et pour l'acquisition de la maturité sexuelle. Les signes de maturité sont plus visibles chez les mâles, en particulier pendant les mois les plus chauds. Ils se matérialisent par la coloration du bas des derniers segments abdominaux, du rose au rouge vif.

4.2. Reproduction et climat

Les imagos matures volent au-dessus de l'eau de branche en branche, et ne s'en éloignent presque jamais. La territorialité détermine la capacité des mâles à défendre un tronçon de rive le long du ruisseau. *C. haemorrhoidalis* a particulièrement montré une territorialité au niveau des sites de reproduction, contrairement à certains zygoptères du même cours, tels que *Platycnemis subdilatata*, *Ischnura graellsii* (Benchalel & Samraoui, 2012).

Le sexe ratio en faveur des mâles est probablement lié au comportement reproducteur, car on sait que les mâles territoriaux attendent généralement les femelles à un lieu de «rendez-vous» (Boudot, 2008) et que ces dernières l'utilisent pour la ponte. Ce comportement territorial est une stratégie adoptée dans le genre *Calopteryx* pour permettre un accès plus facile à la reproduction. En effet, les mâles *Calopteryx* survivant dans le site d'étude et restant plus longtemps dans les territoires étaient plus susceptibles d'être territoriaux et d'obtenir plus d'accouplement.

La ponte est endophyte et se fait sous le contrôle du mâle. La femelle peut pondre même en étant complètement immergée (Benchalel observation personnelle). La copulation chez les odonates nécessite la coopération de la femelle car elle doit soulever son abdomen pour permettre l'intromission. Néanmoins, dans le cas de *C. haemorrhoidalis*, en général, ce sont les mâles qui forcent apparemment la copulation et saisissent les femelles pour pondre.

La réduction du temps de copulation et de la ponte caractérisant l'espèce et d'autres espèces locales, contrairement à d'autres zygoptères européens comme *P. pennipes* (Martens, 1996), semblent être un moyen d'adaptation adopté face aux fortes températures locales. Ce type de stratégie d'adaptation est très répandu dans la région méditerranéenne en raison des températures estivales particulièrement élevées (Benchalel *et al.*, 2012 ; Benchalel *et al.*, 2018).



Des études ont montré que l'activité des odonates dépend de leur température ambiante et de leur capacité à réguler leur température corporelle (May, 1980; Hilfert-Rüppel, 1998; Dem & Resende, 2002; Sformo & Doak, 2006; Mckay & Herman, 2008). D'autres études ont montré que l'adoption de stratégies de reproduction supplémentaires peut aussi dépendre de la taille de la population, de l'âge et des réserves énergétiques (Forsyth & Montgomerie, 1987; Plaistow, 1997; Plaistow & Siva-Jothy, 1996).

Toutes les prolarves issues d'œufs éclos au laboratoire sont mortes au bout de 15 jours, probablement en raison des conditions expérimentales d'élevage qui ne correspondent pas à celles de la nature. *C. haemorrhoidalis* est autochtone et univoltine car les larves collectées *in situ* au début du printemps ont atteint le stade pré-imaginal avant la fin de l'été. Cette cohorte a ensuite progressivement disparu au début de l'automne alors qu'une nouvelle cohorte de jeunes larves, en l'occurrence les stades 1, 2, 3, 4 et 5, commence à les remplacer.

Les études morphométriques sur les larves des deux types de développement (type 11 et type 12) révèlent, dès le premier stade, un léger retard de développement des larves de type 12 par rapport aux larves de type 11. Un phénomène similaire a déjà été signalé chez d'autres espèces d'odonates comme: *Enallagma erbijum* (Fontaine & Pilon, 1979) et *Aeshna mixta* (Schaller & Mouze, 1970). Ces auteurs attribuent cette différence dans le type de développement à des conditions externes défavorables après l'éclosion et incluent même des facteurs de pré-éclosion, c'est-à-dire pendant l'ovogénèse.

D'autres études ont montré que les larves, qui ont un coefficient thermique intrinsèquement élevé pour la croissance (Krishnara & Pritchard, 1995) et un coefficient d'attaque intrinsèque élevé (Pickup & Thompson, 1990), se développent anormalement et émergent rapidement au début de la fin de l'été-début de la période de reproduction avant l'arrivée de l'automne lorsque les adultes meurent.

La croissance relative est un bon interprète de la variation du taux de croissance entre les stades. Le dernier changement de phase critique est marqué par l'apparition de structures externes (fourreaux allaires), caractéristiques du futur imago. Le taux de croissance des ailettes métathoraciques (fourreaux allaires) est très accentué dans les derniers stades larvaires lorsque l'insecte se prépare à la vie adulte. Les étapes critiques sont échelonnées en fonction du type de stratégie de croissance puisque l'étape supplémentaire se situe avant le changement de stade dans lequel toutes les larves atteindront le même point de développement, quelle que soit la stratégie de croissance.



Le cycle larvaire de type court (type 11) adopté par les espèces locales est essentiel à la vie dans la région méditerranéenne où les zones humides peuvent sécher pendant la période estivale (Agüero-Pelegrin *et al.*, 1999 ; Samraoui, 2009). Il est bien connu parmi les odonates que le cycle larvaire est synchronisé avec la saison estivale sèche, alors que les conditions climatiques et topographiques conviennent au développement des espèces locales (Samraoui *et al.*, 1998 ; Ferreras-Romero *et al.*, 2009 ; Benchalel & Samraoui, 2012). Un mécanisme similaire à l'origine de l'univoltinisme est connu pour *Aeshna mixta*, *Sympetrum meridional* et *Sympetrum striolatum* en Algérie et *Sympetrum sinaiticum* en Tunisie (Jödicke *et al.*, 2004).

4.3. Abondance de l'espèce avec des paramètres physico-chimiques

Parmi les odonates, les changements climatiques peuvent affecter à la fois la distribution et les caractéristiques des habitats d'eau douce (Blenckner *et al.*, 2007). Cette étude a révélé que l'espèce étudiée occupe des micro-habitats très ensoleillés, peu profonds, avec des substrats hétérogènes et avec une densité de végétation riveraine suffisante pour assurer des pourcentages d'ombrage indispensables pendant la saison de reproduction.

Cette préférence pour la sélection de l'habitat a également été signalée dans le genre *Calopteryx* dans le bassin versant de Seybouse (Khelifa *et al.*, 2016). Les résultats de cette étude confirment l'éventuelle cohabitation de *C. haemorrhoidalis* dans les sites préférés de son congénère exogène, mais l'inverse ne semble pas encore confirmé. L'absence de *C. exul* troisième endémique du Maghreb du secteur Brabtia notée dans cette étude confirme sa tendance pour les cours d'eau permanents rapides à peine altérés au-dessus de 200 m.s.l. Ceci souligne pourquoi cette espèce est actuellement attribuée au niveau de menace le plus élevé, «en danger» par rapport à *C. haemorrhoidalis* qui maintient son statut «de préoccupation mineure» par UICN (Riservato *et al.*, 2009).

La qualité et la quantité de l'eau semblent être un facteur restrictif pour la colonisation environnementale par *C. haemorrhoidalis* parce que l'espèce est incapable de tolérer une certaine quantité de stress similaire aux espèces d'eau stagnante. Il est également à noter que le cycle de vie de l'espèce ne peut réussir dans les rivières et les ruisseaux qui atteignent de grandes profondeurs en hiver (plus d'un mètre), suivie d'une sécheresse en été, comme oued El-Kébir-est (Benchalel *et al.*, 2017).



La corrélation établie entre l'abondance de *C. haemorrhoidalis* et les paramètres physico-chimiques de l'analyse des correspondances canoniques montre un gradient écologique, dans la distribution de l'espèce, significativement ($P < 0,001$) expliqué par l'ACP montre par un besoin en oxygène dissout, à la fois en température et en pH.

La durabilité à long terme et la persistance de cette espèce dans les rivières du secteur de Brabtia pendant plus de deux décennies témoigne d'un environnement naturel stable et de haute qualité qui peut soutenir une grande chaîne alimentaire, rassemblant d'autres prédateurs insectivores tels que poissons, amphibiens, oiseaux et petits mammifères. Pour ces rivières, situées à proximité de grands lacs (Mellah et Oubeira), la diversité en odonates est un élément précieux qui ajoute à la vocation de conservation.

Comme il est courant dans l'est de la Numidie, des modifications du réseau hydrographique de la réserve naturelle de Brabtia, associées à d'autres travaux de restructuration dans la région de oued Bouarroug, ont probablement contribué à une réduction de la qualité des écosystèmes aquatiques. Cela justifie des mesures de protection, notamment pour les habitats aquatiques de reproduction, qui incluent une gestion hydrologique pour atténuer le changement climatique et pour garantir que l'espèce persiste actuellement dans les zones où elle a été enregistrée à des abondances plus élevées, maintenant et dans le passé (deux décennies auparavant).

4.4. Plan de Gestion

Les impacts sur la subsistance des populations sont directs et déjà palpables. Ils sont différents selon les écosystèmes. Les écosystèmes humides ont beaucoup souffert des changements structurels dans leurs modes de fonctionnement. A cela s'ajoutent les problèmes liés à la pollution de ces zones. En effet, une partie des oueds reçoit des eaux usées. Quand leurs exutoires sont endoréiques comme certaines zones humides, cette pollution détruit une partie de la faune et de la flore associées à ces écosystèmes. La biodiversité diminue. Une des conséquences est que les rendements de la pêche en eau douce diminuent, en sus du danger liés à la consommation de produits pollués. Des plans d'action des Ministères de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement devraient se consolider par :

- le renforcement des structures existantes : dans ce cadre plusieurs actions doivent se concrétiser et ce à travers la mise en place d'un :



- **conservatoire national des métiers de l'environnement** qui a pour mission d'assurer la formation, la promotion de l'éducation environnementale et la sensibilisation.

- **observatoire national de l'environnement et du développement durable** dont le but est d'améliorer les capacités opérationnelles de l'Observatoire et la mise en œuvre du système national d'information environnementale. L'objectif général vise également à soutenir l'effort engagé par l'Algérie pour assurer la mise en œuvre de la politique environnementale dans le cadre de la Stratégie Nationale pour l'Environnement (SNE) et du Plan National d'Action pour l'Environnement et le Développement Durable (PNAEDD). Il s'agit également du renforcement de ses capacités en matière de traitement et d'interprétation des données environnementales.

- **centre national de développement des ressources biologiques** dont l'objectif est la connaissance, le suivi, la valorisation, la conservation et le développement des ressources et du patrimoine biologique national. Concrètement, cela signifie, centraliser l'ensemble des inventaires de la faune, de la flore, des habitats et des écosystèmes.

➤ Le plan d'action national pour la mise en place des aires protégées continentales

En vue d'une meilleure protection, gestion et création d'aires protégées dans le cadre du développement durable. Les aires protégées constituent la pierre angulaire de la conservation *in situ* de la diversité biologique. Une commission nationale des aires protégées sera mise en place. Elle regroupera les représentants de tous les secteurs concernés, des experts en la matière et les représentants d'ONGs (organisations non gouvernementales) et sera chargée d'émettre un avis sur les propositions et l'opportunité de déclaration de nouvelles aires protégées après validation des études de leur classement. Au futur, ce sont plus d'une vingtaine d'aires protégées qui doivent être programmées, une demi dizaine de parcs nationaux, une dizaine de réserves naturelles et une dizaine de réserves de chasse. Dans le cadre de la mise en œuvre du programme d'aménagement côtier (PAC), plusieurs sites ont été retenus pour bénéficier du statut d'aires protégées. D'une façon globale, les scientifiques estiment que 80 % de la diversité biologique algérienne est représentée dans les aires protégées actuelles.





Conclusion générale



Conclusion générale

La Numidie abrite une grande diversité de zones humides soumises à des pressions et menaces d'origine anthropique qui n'ont cessé de croître et de se diversifier au cours de ces dernières décennies. La conservation de ces milieux à forte valeur patrimoniale et du peuplement d'odonates original qui s'y développe, représente aujourd'hui d'importants enjeux environnementaux et sociétaux afin de préserver les services écologiques essentiels rendus par ces éléments clefs des écosystèmes aquatiques et terrestres.

Nous avons procédé à l'amélioration des connaissances disponibles sur le peuplement des libellules de Numidie avec un intérêt particulier accordé au Zygoptère *C. haemorrhoidalis* comme espèce sensible et bio-indicatrice de la santé du milieu car, il est supposé que les espèces les plus sensibles aux caractéristiques de l'habitat (spécialistes de l'habitat) ne peuvent être trouvées sur un site donné que si l'environnement correspond à leurs besoins en matière d'habitat.

Dans cette évaluation, nous avons estimé dans un premier temps, l'influence de la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau des cinq cours d'eau sur les assemblages d'odonates et sur *C. haemorrhoidalis* à titre particulier en tant que bons indicateurs de la santé des écosystèmes et de son changement.

Dans un second temps, l'évaluation du potentiel écologique des cinq cours d'eau a été effectuée en se basant sur la classification proposée par [Simboura & Zenetos, \(2002\)](#) et en intégrant un Indice odonatologique des cours d'eau algériens: ASOI (Algerian Stream Odonatological Index).

Notre souhait consiste d'une part, à sensibiliser les gestionnaires et les décideurs pour la conservation des milieux lotiques d'Algérie et des populations de ces espèces vulnérables et dont la valeur patrimoniale est incontournable et d'autre part, proposer des mesures de conservation et de gestion en faveur de ce groupe d'insectes et de ses principaux habitats naturels menacés.

Une importante quantité d'informations a notamment pu être produite sur de nombreux paramètres essentiels pour la conservation du peuplement dans ce secteur notamment des paramètres physico-chimiques (températures de l'air et de l'eau, pH, oxygène dissout, conductivité, profondeur de l'eau, vitesse du débit de l'eau, description des micros habitats (substrat et végétation rivulaire), des paramètres de pollutions (turbidité, nitrites, nitrates et phosphates) et bactériologiques (coliformes totaux, coliformes fécaux et des streptocoques fécaux) et leur influence sur la répartition des espèces, les exigences écologiques ou encore le biotope des différents taxons à travers le fonctionnement des populations d'odonates (richesse spécifique, abondance, phénologie des populations, autochtonie, indices de diversité etc...) dans ce secteur de Numidie.

Deux périodes écologiquement séparées ont été mises en évidence au cours de la période d'étude : une période de basse eau (mai - octobre) et une période de haute eau (novembre - avril). L'analyse de la qualité de l'eau a révélé généralement une eau de bonne qualité malgré les perturbations reconnues dans certaines sections en aval. Ces perturbations sont essentiellement liées à des altérations par des polluants (nitrites, nitrates et phosphates) et des bactéries (coliformes totaux, fécaux et streptocoques fécaux) qui ont influencé par endroits la qualité des cours d'eau.

La nouvelle check liste d'espèces dénombrées au cours de cette étude est de 27 espèces dont 12 sont confirmées autochtones. Sur les sept familles dénombrées, la famille des Libellulidae est la plus diversifiée (9 espèces) suivie par les Coenagrionidae (6 espèces), les Gomphidae (4 espèces), les Lestidae (3 espèces), les Aeshnidae (3 espèces), les Calopterygidae (1 espèce) et les Platycnemididae (1 espèce).

Les indices écologiques ont montré une stabilité dans le peuplement. Les sites St.2, St.4, St.5, se sont révélés faiblement à moyennement diversifiés offrant globalement un habitat favorable pour le recrutement des espèces sensibles, par excellence *C. heamorrhoidalis* et les espèces de gomphidés (*gomphus lucasi*, *Onychogomphus uncatus*, *Onychogomphus costae* *Paragomphus genei*). Les sites St.1 et St.3 ont révélé un peuplement plus diversifié et en équilibre sans aucune espèce dominante favorisant des espèces moins sensibles (*L. numidicus* *L. virens* *C. viridis* *P. subdilatata* *I. graellsii* *C. mercuriale* *C. puella* , *E. lindenii* *E. viridilum* *C. tenellum*, *A. mixta*, *B. irene* , *Anax imperator*, *O. chrysostigma* , *O. coerulescens*, *D. lefebvreii*) ainsi que les espèces ubiquistes (*C. erythraea* *S. fonscolombii*, *S. meridionale*, *S. striolatum*, *T. annulata* *T. arteriosa*).

Le potentiel écologique selon la classification proposée par [Simboura & Zenetos, \(2002\)](#) basée sur la valeur de l'indice de diversité de Shannon range les principaux oueds échantillonnés dans la catégorie des cours d'eau «médiocre», pour St1, St2, St4, à moyen pour St3, ce qui signifie une classification entre «Modérément à Fortement pollué» pour la plupart à l'exception de oued Reguibet (St5) qui s'avère «mauvais» signifiant une classification «Azoïque, très pollué». Dans le même sens, l'indice odonatologique des cours d'eau algériens (ASOI), conçu à partir de l'analyse des communautés de libellules dans les cours d'eau traversant ce pays africain, est proposé comme une nouvelle approche permettant d'évaluer les aspects de l'intégrité écologique des cours d'eau du nord de l'Algérie. Les résultats d'une première application de cette approche classe les sites St.1, St.2, St.3 comme potentiel écologique "élevé", le site St.4 comme "bon" et St.5 comme "Modéré".

Les travaux menés dans le cadre de cette thèse ont permis de faire progresser les connaissances sur la répartition et la phénologie des adultes et des larves de *C. haemorrhoidalis* dans ce secteur de Numidie. Cette demoiselle jusqu'alors considérée comme très commune depuis plus de deux décennies, apparaît désormais moins répandue sur l'ensemble du secteur Brabtia mais, se développe dans une grande diversité de zones humides de basse altitude et possède une période de vol plus longue et en léger décalage par rapport aux populations déjà enregistrées dans le même secteur durant la décennie 90.

La qualité et la quantité de l'eau semblent être un facteur restrictif pour la colonisation environnementale par *C. haemorrhoidalis*. La colonisation spatiale de cette demoiselle apparaît très spécifique au sein des sites d'étude. En effet, les individus observables se concentrent principalement au niveau des tronçons d'ombrage sur des cours d'eau peu profonds, assez ensoleillés, gardés par les mâles territoriaux et favorables à la ponte des femelles. La corrélation établie entre l'abondance de *C. haemorrhoidalis* et les paramètres physico-chimiques a montré un gradient écologique significatif dans la distribution de l'espèce, expliquée par un besoin en oxygène dissout, à la fois en température et en pH.

L'espèce est autochtone et univoltine avec deux types de développement larvaire (type 11 et type 12). La survie locale et la durée de vie de cette espèce apparaissent également assez importantes pour un Zygoptère. Tout comme la phénologie larvaire de l'espèce, ces paramètres sont fortement impactés par les conditions environnementales locales.

Malgré la pollution enregistrée en aval des cours d'eau, la durabilité à long terme et la persistance de cette espèce dans les rivières du secteur de Brabtia pendant plus de deux décennies témoignent d'un environnement naturel toujours stable qui peut encore soutenir une grande chaîne alimentaire.

Les prospections menées dans le cadre de ces travaux devront être poursuivies et étendues afin de détecter d'éventuelles petites populations locales se développant au niveau de zones humides de très petite taille et/ou difficiles d'accès. L'amélioration des connaissances concernant les particularités du peuplement et des populations odonatologiques de Numidie apparaît également être un objectif primordial à poursuivre, notamment dans l'optique du développement et de la mise en œuvre d'une politique de gestion et de conservation adaptée.

L'effort d'étude devra être amélioré au cours des prochaines années, notamment sur certaines espèces dont les cycles larvaires durent plusieurs années comme *Onychogomphus uncatatus*, *Paragomphus genei* ou d'autres parmi les plus rares comme *Boyeria irene* dont le statut d'autochtonie est prouvé mais dont le type de voltinisme reste à déterminer.

Une partie des connaissances issues de cette thèse ont fait l'objet ou/et vont faire l'objet d'une diffusion scientifique large. Dans ce cadre, 2 articles sur chacune des parties de ces travaux ont notamment été publiés dans des revues scientifiques internationales à comité de relecture et diffusées aussi sous forme de communications orales ou par affiches à l'occasion de six rencontres internationales.





Résumés

Résumé

Les zones humides de Numidie constituent aujourd'hui un patrimoine naturel précieux qu'il convient de préserver et de restaurer, et ce, en raison des multiples fonctions qu'il remplit et des bénéfices qui en découlent pour la société.

La problématique développée dans le cadre de cette thèse s'est attachée à évaluer "l'état de santé" actuel du secteur Brabtia via les assemblages d'odonates inféodés à cinq cours d'eau situés dans les limites du parc national d'El-Kala (nord-est de l'Algérie) au cours du suivi 2017/2018. Une analyse des paramètres physico-chimiques et bactériologiques a servi à déterminer les caractéristiques essentielles du milieu d'étude et le degré de pollution dont la présence provoque un déséquilibre de l'écosystème aquatique et entraîne une disparition des espèces les plus sensibles et par la suite une perte rapide de la biodiversité.

La nouvelle check liste d'espèces dénombrées au cours de cette étude est de 27 espèces dont 12 sont confirmées autochtones. Deux périodes écologiquement séparées ont été mises en évidence au cours de la période d'étude (une période de basse eau et une période de haute eau). L'analyse de la qualité hydrique des cours d'eau a révélé globalement une bonne eau malgré les quelques perturbations reconnues dans certaines sections en aval principalement en saison de basse eau. Ces perturbations sont essentiellement liées à des altérations par les paramètres révélateurs de pollution (turbidité, nitrites, les nitrates le phosphate) et des altérations bactériologiques (coliformes totaux et fécaux et streptocoques fécaux).

Les indices écologiques ont montré une stabilité dans le peuplement. Les sites St.2, St.4, St.5, se sont révélés faiblement à moyennement diversifiés offrant globalement un habitat favorable pour le recrutement des espèces sensibles, par excellence *C. haemorrhoidalis* et les espèces de Gomphidés. Les sites St.1 et St.3 ont révélé un peuplement plus diversifié et en équilibre sans aucune espèce dominante favorisant des espèces moins sensibles dont *P. subdilatata* et *I. graellsii* puis les espèces ubiquistes des genres *Crocothemis*, *Sympetrum* et *Trithemis*.

Le potentiel écologique selon la classification proposée par [Simboura & Zenetos, \(2002\)](#) range les principaux oueds dans la catégorie des cours d'eau «médiocre» (St1, St2, St4) «moyen» (St3), ce qui signifie une classification «Fortement pollué» pour la plupart à l'exception de oued Reguibet qui s'avère «mauvais» et signifie une classification «Azoïque, très pollué». Les résultats d'une première application de l'indice odonatologique des cours d'eau algériens (ASOI) classe St.1, St.2, St.3 comme potentiel écologique "élevé", St.4 comme «bon» et St.5 comme «Modéré».

Espèce sténoëse, *C. haemorrhoidalis* apparaît désormais moins répandue sur l'ensemble du secteur Brabtia avec une plus longue période de vol par rapport aux populations déjà enregistrées dans le même secteur il y a deux décennies. L'espèce est autochtone et univoltine avec deux types de développement larvaire (type 11 et type 12) déterminés dans cette étude. Les populations se confinent préférentiellement dans les zones ombragées des cours d'eau peu profonds et ensoleillés, à substrat hétérogène et à végétation de faible hauteur, la plus proche des plans d'eau gardés par le mâle territorial et favorables à la ponte des femelles.

La corrélation établie entre l'abondance de *C. haemorrhoidalis* et les paramètres physico-chimiques montre un gradient écologique significatif dans la distribution de l'espèce, expliquée par un besoin en oxygène dissout, à la fois en température et en pH.

La durabilité à long terme et la persistance de cette espèce sténose dans les rivières du secteur de Brabtia pendant plus de deux décennies témoigne d'un environnement naturel, toujours stable et de bonne qualité qui peut encore soutenir une grande chaîne alimentaire malgré les perturbations enregistrées dans cette étude.

Dans l'optique du développement et de la mise en œuvre d'une politique de gestion et de conservation adaptée, l'amélioration des connaissances concernant les particularités du peuplement et des populations odonatologiques de Numidie apparaît primordiale.

Mots-clefs : Odonata, *C. haemorrhoidalis*, Paramètres physico-chimiques, Potentiel écologique, Conservation, Secteur Brabtia, Nord-est de l'Algérie.



تشكل الأراضي الرطبة في نوميديا اليوم تراثًا طبيعيًا ثمينًا يجب الحفاظ عليه واستعادته ، بسبب الوظائف المتعددة التي تؤديها والفوائد الناتجة عن ذلك على المجتمع.

كانت الإشكالية التي تم تطويرها في إطار هذه الأطروحة تتعلق بتقييم "الحالة الصحية" الحالية لقطاع برابنيتا من خلال تجمعات odonates التابعة لخمس سنوات تقع داخل حدود المنتزه الوطني في القالة (شمال شرق الجزائر) خلال رصد 2018/2017. تم استخدام تحليل للمعايير الفيزيائية والكيميائية والبيئية لتحديد الخصائص الأساسية لبيئة الدراسة ودرجة التلوث الذي يتسبب وجوده في خلل في النظام البيئي المائي ويؤدي إلى اختفاء الأنواع الأكثر حساسية وبالتالي الخسارة السريعة للتنوع البيولوجي.

قائمة التحقق الجديدة للأنواع التي تم إحصاؤها خلال هذه الدراسة هي 27 نوعًا ، تم تأكيد 12 نوعًا منها. تم تسليط الضوء على فترتين منفصلتين بيئيًا خلال فترة الدراسة (فترة انخفاض المياه وفترة ارتفاع المياه). كشف تحليل جودة المياه في المجاري المائية عن وجود مياه جيدة بشكل عام على الرغم من الاضطرابات القليلة المعترف بها في بعض أقسام المصب ، خاصة في موسم المياه المنخفضة. ترتبط هذه الاضطرابات أساسًا بالتغيرات التي تحدث عن طريق العوامل التي تكشف عن التلوث (العكارة، النترا، النترا، والفوسفات) والبيئية (القولونيات الكلية والبرازية والمكورات العقدية البرازية).

أظهرت المؤشرات البيئية الاستقرار في الحامل. المواقع St.2، St.4، St.5، اتضح أنها ضعيفة إلى متوسطة التنوع ، وتوفر بشكل عام موطنًا مناسبًا لتجنيد الأنواع الحساسة ، بامتياز C. gomphid وأنواع *heamorrhoidalis*. كشفت مواقع St.1 و St.3 عن مجموعة أكثر تنوعًا وتوازنًا دون أي أنواع سائدة تفضل الأنواع الأقل حساسية بما في ذلك *P. subdilata* و *I. graellsii* والأنواع المنتشرة في كل مكان من أجناس *Crocothemis* و *Sympetrum* و *Trithemis*.

تصنف الإمكانات البيئية وفقًا للتصنيف الذي اقترحه [Simboura & Zenetos \(2002\)](#) الوديان الرئيسية في فئة المجاري المائية "المتوسطة" ، مما يعني تصنيفًا "شديد التلوث" ل St.1 و St.2 و St.4 متوسط ل St.3 ويعني تصنيف "متوسط التلوث" باستثناء وادي الرقيب "السيئ" ويعني التصنيف "أزويك شديد التلوث". نتائج التطبيق الأول لمؤشر تجمعات odonates للأنهار الجزائرية (ASOI) صنفت St.1، St.2، St.3 على أنها إمكانات بيئية "عالية" و St.4 على أنها "جيدة" و St. 5 كـ "معتدل".

يبدو أن النوع المتضيق ، *C. heamorrhoidalis* الآن أقل انتشارًا في جميع أنحاء قطاع برابنيتا مع فترة طيران أطول مقارنة بالأعداد المسجلة بالفعل في نفس القطاع منذ عقدين من الزمن. هذا النوع هو أصلي ووحيد مع نوعين من تطور اليرقات (النوع 11 والنوع 12). يتم حصر السكان بشكل تفضيلي في المناطق المظللة ذات الإضاءة الشمسية ، والجداول الضحلة ، مع طبقة سفلية غير متجانسة ونباتات منخفضة ، وهي الأقرب إلى المسطحات المائية التي يحرسها الذكر الإقليمي ومواتية لتكاثر الإناث.

يُظهر الارتباط الذي تم تحديده بين وفرة *C. haemorrhoidalis* والمعايير الفيزيائية والكيميائية تدرجًا بيئيًا مهمًا في توزيع الأنواع ، يفسر بالحاجة إلى الأكسجين المذاب ، سواء في درجة الحرارة أو في درجة الحموضة.

تشهد الاستدامة طويلة المدى واستمرار هذا النوع المتضيق في أنهار قطاع برابنيا لأكثر من عقدين من الزمان على بيئة طبيعية ومستقرة دائمًا وذات نوعية جيدة والتي لا تزال قادرة على دعم سلسلة غذائية كبيرة على الرغم من الاضطرابات المسجلة في هذه الدراسة.

من منظور تطوير وتنفيذ سياسة إدارة وحفظ مناسبة ، يبدو أن تحسين المعرفة بخصائص تجمعات *odonates* في نوميديا أمر ضروري.

الكلمات الدالة : *Odonata* ، *C. haemorrhoidalis* ، المعايير الفيزيائية الكيميائية ، الإمكانيات البيئية ، الحفاظ على ، قطاع برابنيتية ، شمال شرق الجزائر.

Abstract

The wetlands of Numidia constitute today a precious natural heritage which should be preserved and restored, because of the multiple functions it fulfills and the resulting benefits for society. The problematic developed within the framework of this thesis was concerned with evaluating the current "state of health" of the Brabtia sector via the assemblages of odonates subservient to five rivers located within the limits of the national park of El- Kala (north-east Algeria) during the 2017/2018 monitoring.

An analysis of the physicochemical and bacteriological parameters was used to determine the essential characteristics of the study environment and the degree of pollution, the presence of which causes an imbalance of the aquatic ecosystem and leads to the disappearance of the most sensitive species and subsequently rapid loss of biodiversity.

The new checklist of species counted during this study is 27 species, 12 of which are confirmed indigenous. Two ecologically separate periods were highlighted during the study period (period of low water and a period of high water). The analysis of the water quality of the watercourses revealed overall good water despite the few disturbances recognized in certain downstream sections, mainly in the low water season. These disturbances are essentially linked to alterations due to parameters revealing pollution (turbidity, nitrites, nitrates, phosphate) and bacteriological alterations (total and faecal coliforms, and faecal streptococci).

Ecological indices have shown stability in the stand. The sites St.2, St.4, St.5, turned out to be weakly to moderately diversified, offering overall a favorable habitat for the recruitment of sensitive species, par excellence *C. haemorrhoidalis* and Gomphid species. The St.1 and St.3 sites revealed a more diverse and balanced population without any dominant species favoring less sensitive species including *P. subdilatata* and *I. graellsii* then ubiquitous species of the genera *Crocothemis*, *Sympetrum* and *Trithemis*.

The ecological potential, according to the classification proposed by [Simboura & Zenetos, \(2002\)](#), ranks the main wadis in the "mediocre" (St1, St2, St4), "medium" (St3) watercourses category, which signifies a mostly "Highly polluted" classification with the exception of wadi Reguibet (St5) which turns out to be "bad", which means an "Azoic, very polluted" classification. The results of a first application of the odonatological index of Algerian rivers (ASOI) classifies St.1, St.2, St.3 as "high" ecological potential, St.4 as "good" and St. 5 as "Moderate".

A stenoetic species, *C. haemorrhoidalis* now appears to be less widespread throughout the Brabtia sector with a longer flight period compared to populations already recorded in the same sector two decades ago. The species is autochthonous and univoltine with two types of larval development (type 11 and type 12) determined in this study. The populations are preferentially confined to shaded areas of sunlit, shallow streams, with heterogeneous substrate and low vegetation, closest to the bodies of water guarded by the territorial male and favorable to the laying of females.

The correlation established between the abundance of *C. haemorrhoidalis* and the physico-chemical parameters shows a significant ecological gradient in the distribution of the species, explained by a need for dissolved oxygen, both in temperature and in pH.

The long-term sustainability and persistence of this stenotic species in the rivers of the Brabtia sector for more than two decades testifies to a natural environment, always stable and of good quality which can still support a large food chain despite the disturbances recorded in this study.

From the perspective of the development and implementation of an appropriate management and conservation policy, improving knowledge about the peculiarities of the settlement and odonatological populations of Numidia appears essential.

Key words: Odonata, *C. haemorrhoidalis*, Physico-chemical parameters, Ecological potential, Conservation, Sector Brabtia, North-East of Algeria.



Références bibliographiques



Références bibliographiques

- 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.
- Aminot, A., & Chaussepied, M. (1983). Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Editions Jouve, CNEXO, Paris, p. 395.
- 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 p.
- Askew, R R. (2004). The Dragonflies of Europe (Revised Edition). ISBN: 0946589755.
- Baillie, J E M., Collen, B., Amin, R., Akcakaya, H R., Butchart, S.H.M., Brummitt, N., Meagher, T.R., Ram, M., Hilton-Taylor, C., & Mace, G.M. (2008). Towards monitoring global biodiversity. *Conservation Letters* 1, 18–26 p.
- Bagnouls, F. & Gaussen, H. (1953). Saison sèche et indice xérothermique. Bull. Soc. Hist. Nat. de Toulouse, 88. 193 - 240 p.
- Bahroun, S. (2006). Objectifs environnementaux de rejet pour les polluants dans le milieu récepteur et optimisation du pouvoir auto-épurateur : cas de l'oued Kébir est (nord est algérien). Thèse de Doctorat, Université Badji-Mokhtar, Algérie.
- Balzan, M V. (2012). Associations of dragonflies (Odonata) to habitat variables within the Maltese Islands: a spatio-temporal approach. *J Insect Sci*. 2012; 12:87.
- Barbault, M. (1985). Partage des ressources et organisation des peuplements. Bull. Ecol., t. 16, 1.63-68 p.
- 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 p.
- Bechly, G. (1996). Morphologische Untersuchungen am Flügelgeader der rezenten Libellen und der ~n tammgruppenvertreter (Insecta; Pte.rygota; Odonata), unter besonderer Berücksichtigung der Phylogeneuschen Systematik und der Grundplanes der Odonata. - *Petalura, spec.* vol. 2: 1-402 p.



- [Beddiar, M., Benchalel, W., Boucetta, S., Bouslama, Z., & Elmsellem, H. \(2020\).](#) Physico-chemical and Biological Evaluation of the Quality of Surface Water in the Wadi El-Melha Watershed (North-East Algeria). *Moroccan Journal of Chemistry*, vol. 8, no 2, (2020). 486-496 p.
- [Beckemeyer, R J., & Hall, J D. \(2007\).](#) The entomofauna of the Lower Permian fossil insect beds of Kansas and Oklahoma, USA. *African Invertebrates* .Vol.48 (1) 23–39 p.
- [Belhadj, G. \(1996\).](#) Atlas des Oiseaux nicheurs dans le Parc National d'El-Kala. Magister.
- [Bellil, M., Benhamana, Z., & Benhamiche, Z N. \(2016\).](#) Contribution à l'étude des qualités physiques des sources karstiques de la région Nord-Ouest de Bejaia.
- [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.
- [Benchalel, W. \(1994\).](#) Contribution à l'étude écologique des Odonates des eaux courantes (Oued El-Kebir et Oued Bouarroug) Wilaya d'Et-Tarf. Thèse de Magister. Université Badji Mokhtar, Annaba. 200 p.
- [Benchalal, W., & Samraoui, B. \(2012\).](#) Caractérisation écologique et Biologique de l'odonatofaune de deux cours d'eau méditerranées : l'oued El Kébir et l'oued Bouarroug (Nord –Est de l'Algérie)- *Méditerranée* n°118.19-27 p.
- [Benchalel, W., Merah, S ., Bouslama, Z ., Ramdani, M ., Elmsellem, H., & Roger, F . \(2017\).](#) 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 p.
- [Benchalel, W., Bouziane, A., Bouslama, Z., Ramdani, M., Roger, F., & Ramdani, M. \(2018\).](#) Odonata of Wadi Bouarroug (northeastern Algeria), and environmental determinants of their distribution, *Moroccan Journal of Chemistry*. 6 N°1 (2018) 78-91.
- [Ben Rejeb Jenhani , A., \(1989\).](#) Le lac IchkeuJ : Conditions du milieu, peuplements et biomasses phytoplanctoniques. Thèse de doctorat. Université de Tunis. 209 p.
- [Bentouili, 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., \(1993\).](#) Ecologie de l'Avifaune forestière nicheuse de la région d'El-Kala (Nord-Est algérien). Thèse. Doct. Univ. Bourgogne, 271 p.



- Benyacoub, S., Lounachi, M., Baba Ahmed, R., Benhouhou, S., Boulahbal, R., Chalabi, B., Haou, F., Rouag, R. & Ziane, N. (1998). Plan directeur de gestion du Parc National d'El-Kala et du complexe des zones humides (Wilaya d'El Tarf), Projet Banque Mondiale 200p +28 cartes.
- Benyacoub, S., & Chabi, Y. (2000). Diagnose écologique de l'avifaune du Parc National d'El-Kala. Composition, Statut et Répartition. Synthèse n° : 7 juin 2000. *Revue des sciences et technologie*. Univ. Annaba. 98 p.
- Berquier, C., Orsini, A., Ferrat, L., & Andrei-Ruiz, M C. (2016). Odonata Community Index – Corsica” (OCIC): A new biological index based on adult odonate populations for assessment of the ecological status of watercourses in Corsica. Vol.66. 163-172 p.
- 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.
- Blondel, J. (1995). Biogéographie : Approche écologique et évolutive. Ed. Masson, Paris, 297 p.
- Boening, D W. (1999). An evaluation of bivalves as biomonitors of heavy metals pollution in marine waters. *Environmental monitoring and assessment* 55, 459-470 p.
- Bouazouni, O. (2004). Parc National d'El Kala : Etude socio-économique du PNEK. Projet Régional pour le Développement d'Aires marines et côtières Protégées dans la région de la Méditerranée (MedMPA). Centre d'Activités Régionales pour les Aires Spécialement Protégées CAR/ASP : 51 p.
- Bouguessa, S, 1993. Contribution à l'étude de la bioécologie des Odonates du Lac Oubeira. Thèse de Magister. Université d'Annaba. 123 p.
- Bouziane, A. (2018). 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. Thèse de Doctorat, Université Badji-Mokhtar, Algérie.
- Brahimi, Z. (2002). Rôle fonctionnel du lac Oubeira et du lac Mellah (parc national d'El-Kala) pour les oiseaux marins. Thèse de Magistère. Université Badji-Mokhtar, Algérie.
- Bybee, R. (2005). Investigation life systems, BSCS (Science and Technology). Dubuque, IA: Kendall/Hunt.
- Castella, E. (1987). Larval Odonata distribution as a describer of fluvial ecosystems: the Rhône and Ain Rivers, France, *Advances in Odonatology* .3. 23-40 p.



- Cheriak, L., (1993). Etude de la reproduction et du développement des Odonates du Lac Bleu (El-Kala) Thèse de Magistère. Université de Constantine. 115 p.
- Clarke, K R., & Warwick, R M. (1994). Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Plymouth Marine Laboratory, Plymouth .144 p.
- Clark, T. E & Samways, M J. (1996). Dragonflies (Odonata) as Indicators of Biotope Quality in the Kruger National Park, South Africa , *J. Appl. Ecol.*, 33(5) 1001.
- Clausnitzer, V. (2003). Dragonfly communities in coastal habitats of Kenya: indication of biotope quality and the need of conservation measures. *Biodiversity and Conservation* 12: 333-356 p.
- Chovanec, A., & Waringer, J. (2001). Ecological integrity of river-floodplains systems assessment by dragonfly survey, *Regulated Rivers: Research and Management*, 17, 493-507 p.
- 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 . 163-178 p.
- 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, 169-185 p.
- Chovanec , A., Schindlerb, M., Waringerc, J., & Wimmerd, R. (2015) . The dragonfly association index (insecta: odonata) a tool for the type-specific assessment of lowland rivers. *River Res. Applic.* 31: 627–638 p.
- Corbet, P S. (1962). A biology of dragonflies. Witherby, London.
- Corbet, P S. (1999). Dragonflies: Behavior and ecology of Odonata. Comstock Publishing Associates, Cornell University Press. Ithaca, New York.
- Corbet, P S. (2004). Dragonflies: behaviour and ecology of Odonata - Revised edition. Harley Books, Colchester, 829 p.
- D'Adamo, R., Di Stasio, M. & Fabbrochini, A. (2008). Migratory crustaceans as biomonitors of metal pollution in their nursery areas. The Lesina lagoon (SE Italy) as a case study. *Environmental monitoring and assessment*, 143, 15-24 p.



- D'Aguilar, J., & Dommanget, 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 p.
- D'Aguilar, J., & Dommanget, J L. (1985). Guide des libellules d'Europe et d'Afrique du Nord. Delachaux et Niestlé, Neuchâtel, Paris, 341 p.
- Daby, D. (2006). Coastal pollution and potential biomonitors of metals in Mauritius. *Water, Air and soil pollution*, 174, 63-91 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 Belair, G. (1990). Structure, fonctionnement et perspectives de gestion de quatre écosystèmes lacustres et marécageux (El-Kala, Est Algérien). Thèse de Doctorat 3em cycle. Université. De Montpellier II U. S. T. Languedoc ; 193 p. Blondel J., 1979. Biogéographie et écologie. Masson ed., Paris. 173 p.
- De Belair, G. (1996). Une poche phytogénétique tropicale relictuelle : la Numidie algérienne. Communication présentée au séminaire national sur la biodiversité phytogénétique à l'Univ. de Constantine : 8p.et 4 tableaux et 5 figures.
- 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 p.
- Deléage, J P. (1992). Histoire de l'écologie, une science de l'homme et de la nature. Paris.
- Dijkstar, K D B., & Lewington, R. (2006). Field Guide of the Dragonflies of Britain and Europe. British Wildlife Publishing, 320 p.
- Dijkstar, K D B. & Lewington, R. (2007). Field Guide of the Dragonflies of Britain and Europe. British Wildlife Publishing, 320 p.
- Dijkstra, K D B., Kalkman, V J., Dow, R A., Stokvis, F R., & Van Tol, J. (2013). Redefining the damselfly families: the first comprehensive molecular phylogeny of Zygoptera (Odonata). *Systematic Entomology*, 39. 68–96 p.
- Dijkstra, K D B., Kalkman, B., Dow, V J., Stokvis, R A., & Van Tol, J. (2014). 247 Redefining the damselfly families: a comprehensive molecular phylogeny of 248 Zygoptera (Odonata). *Systematic Entomology*, 39: 68–96 p.



- Dommanget, J.-L. & Préchac, 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.
- Dommanget, J.L. (1989). Utilisation des Odonates dans le cadre de la gestion de zones humides, in Utilisation des inventaires d'invertébrés pour l'identification et la surveillance d'espaces de grand intérêt faunistique, Paris, Muséum national d'histoire.
- Duffy, J E., & Hayet, E M. (2000). The functional role of biodiversity in ecosystems: incorporating trophic complexity, *Ecol. Let.*, 10 (200) 522–538 p.
- Dumont, H. (1978). Odonates d'Algérie, principalement du Hoggar et d'oasis du Sud. In: *Bulletin et Annales de la Société Entomologique de Belgique*, Vol. 114. pp. 99-106 p.
- Dumont, H. (2007). Odonata from the Mouydir plateau (north Central sahara, algeria). In: *Bulletin et Annales de la société Royale Entomologique de Belgique*, Vol. 143. pp. 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.
- Elliott, M. (1993). Recent developments in marine macrobenthic community analysis. Proceedings of the 4th National Symposium on Oceanography and Fisheries, Rhodes (isl), Greece), 26-29 April, 144-155.
- Elliott, M. (1994) .The analysis of macrobenthic community data. *Marine Pollution Bulletin*, 28 p (62-64).
- Emberger, L. (1995). Une classification biogéographique des climats. *Rec. Tr. Lab. Bot. Geo. Zool. Fac. Sci. Montpellier*, Ser. Bot., 7: 3-43 p.
- Fabricius. (1792). Note sur la distribution de *Protaetia* (*Liocola*) *marmorata* au Grand-duché de Luxembourg (Coleoptera, Scarabaeidae, Cetoniinae). *Cetonimania*, NS, No 3, décembre.
- Farkas, A., Jakab, T., Tóth, A., Kalmár, A F., & Dévai, G. (2012). Emergence patterns of riverine dragonflies (Odonata: Gomphidae) in Hungary: variations between habitats and years, *Aquatic Insects*, vol. 34, no sup1. 77–89 p.
- 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 p.
- Ferreras-Romero, M., Márquez-Rodríguez, J., & Ruiz-García A. (2009). Implications of anthropogenic disturbance factors on the Odonata assemblage in a Mediterranean fluvial system , *International Journal of Odonatology*, vol. 12, no 2. 413-428 p.



- Ferreras-Romero, M. (2013). Comparative analysis of the conservation state of southern Iberian streams using Odonata as indicators of environmental quality *Métodos en Ecología y Sistemática* Vol. 7(3): 20 ISSN impreso 1659-2182 ISSN digital 1659-3049.
- Fernández Díaz, M. (2003). Estudio faunístico y ecológico de los coleópteros acuáticos (Adephaga y Polyphaga) en la cuenca del río Ávia (Ourense, NO España): Distribución espacial y temporal, Degree Thesis, Universidad de Vigo, Vigo, Spain.
- Ferreira, P. & Fonseca, G. (2003). Comunidade de Odonata (Insecta) em áreas naturais de Cerrado e monocultura no nordeste do Estado de São Paulo, Brasil: Relação entre o uso do solo e a riqueza faunística.. *Revista Brasileira de Zoologia* 20 (2) DOI: 10.1590/S0101-81752003000200008.
- Freitag, S., & Van Jaarsveld, A. (1997). Relative occupancy, endemism, taxonomic distinctiveness and vulnerability: Prioritizing regional conservation actions. *Biodiversity and Conservation* 6(2):211-232 p.
- Genin, A. (1997). Effects of seamount topography and currents on biological process. Dissertation, University of California, San Diego, CA.
- Grand D & 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, Belgique et Luxembourg; Collection Parténope, ed. Biotope, 840 p.
- Grimaldi, D., & Engel, M. (2005). Evolution of the insects. DOI:10.5860/choice.43-2563 Corpus ID: 83663636.
- Golfieri, B., Hardersen, S., Maiolini, B. & Surian, N. (2016). Odonates as indicators of the ecological integrity of the river corridor: Development and application of the Odonate River Index (ORI) in northern Italy. *Ecological Indicators* 61: 234-247 p.
- Heidemann, H., & Seidenbusch, R. (2002). Larves et exuvies des libellules de France et d'Allemagne (sauf de Corse) . Soci. franç. d'odonatol. France, 370 p.
- 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 , Genève, 33 p.
- Jacques, M. (2006). Océan et climat, Ed. IRD, 222 p.
- Jennings, S. & Reynolds, J D. (2000). Impacts of fishing on diversity: from pattern to process. In: Effects of fishing on non-target species and habitats, by MJ. Kaiser & S.J. de Groot, *Blackwell Science*, Oxford 235-250 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.
- Jolliffe, I T. (2002). Principal Component Analysis. Springer, New York.
- Jourde, P. (2004). Densités remarquables d'odonates en val de Seugne (département de Charente-Maritime- France). *Martinia* 20 (1) : 7-12 p.
- Jourde, P. (2010). Les Odonates : biologie et écologie I / Insectes n° 157.
- Kaiser, J. (2001). Bioindicators and Biomarkers of Environmental Pollution and Risk Assessment (Enfield: Sciences publishers Inc).
- 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 p.
- Kallis, G., & Butler, D. (2001). The EU water framework directive: measures and implications. *Water policy*. 3(2), 125-142 p.
- Keddy, P.A. (2010). Wetland ecology: principles and conservation. Cambridge University Press.
- Khelfaoui, F., Zouini, D., & Tandjir, L., (2014). Quantitative and qualitative diagnosis of water resources in the Saf-Saf river basin (north east of Algeria). *Desalination and water Treatment*, 52 (10-12), 2017-2021.
- Kimmins, D E. (1934). Odonata collected by Colonel R. Meinertzhagen in the Ahaggar Mountains, Annals and magazine of natural history (Series 10), k74. 173-175 p.
- Kolbe, H J. (1885). Beitrag zur Kenntniss der Pseudon europtera Algeriens und der Ostpyrenäen, Berliner entomologische Zeitschrift , 29 . 151-157 p.
- Korbaa, M., Ferreras-Romero, M., Ruiz-García, M., & Boumaiza, M., (2018). TSOI - a new index based on Odonata populations to assess the conservation relevance of watercourses in Tunisia. *Odonatologica* 47(1/2): 43-72 47(1/2) 43-72 p.
- Kutcher, T E & Bried, J. (2014) Le conservatisme des adultes Odonata comme indicateur de l'état des zones humides d'eau douce indicateurs écologiques 38: 31-39 . DOI: 10.1016 / j.ecolind.2013.10.028 .
- Labroue, F., Guéblez, R., Marion, M., & Sellier, P. (1995) . Journées Rech. Porcine en France, (27) 175-182 p.
- Lambret, P. & Stoquert, A. (2011). Diel pattern of activity of *Lestes macrostigma* at a breeding site (Odonata: Lestidae). *International Journal of Odonatology*, 14(2):175-191 p.



- Legrand, J. (2001). Ordre des Odonates. Biodiversité et biotypologie des eaux continentales de Madagascar, Institut de Recherche pour le Développement, CNRE, LRSAE .113-130 p.
- Leynaud , G. (1968). Les pollutions thermiques, influence de la température sur la vie aquatique. B.T.I. Ministère de l'agriculture, 224-881 p.
- Leyral, G., Ronnefoy, C. & Guillet, F. (2002). Microbiologie et qualité des industries agroalimentaire, Paris, 245p.
- 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*. 609-634 p.
- Linné, C V. (1758), Système de la nature en français, Bruxelles, Lemaire.
- Margalef, R. (1951). Diversidad de Especies en las Comunidades Naturales,” Publicaciones del Instituto de Biología Aplicada, Vol. 6, No. 1, 1951. 59-72 p.
- Mace, M., Norris, k., & Alastair, H.(2012). Biodiversité et services écosystémiques: une relation multicouche Trends of ecologie Vol 27 . 19-26 p.
- Maoui, A., Kherouf, M ., & Derradji, F. (2006). Évolution de la pollution des eaux de l'Oued El Mellah (Djelfa région steppique de l'Algérie). *Afrique SCIENCE* 07(3) 49 – 54 p.
- Markert, B A., Breure, A M. & Zechmeister, H G. (2003). Definitions, strategies and principles for bioindication/biomonitoring of the environment. Bioindicators and biomonitors: principles, concepts and applications, B.A. Markert, A.M. Breure, H.G. Zechmeister, editors. (Oxford : Elsevier Science Limited). 3-39 p.
- Martin, R. (1901). Les odonates en Algérie au mois de mai. *La feuille des Jeunes Naturalistes*, Paris 3: 249-250 p.
- Martin, R. (1910). Contribution à l'étude des Neuroptères de l'Afrique. II. Les odonates du département de Constantine. In: *Annales de la Société entomologique de France*, Vol. 79. 95-104 p.
- Mc Lachlan, (1897) . .Odonata collected by the Rev. E.A. Eaton in Algeria, with annotations. *The Entomologist's Monthly Magazine* (Series 2), 8: 15157, 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. 82-104 p.

- MEA. (2005). Millennium Ecosystem Assessment, 2005. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington, DC.
- 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.
- Menai, R. (1993). Contribution à la mise à jour de l'odonatofaune, Algérienne, thèse de Magister. Université d'Annaba.
- Merlet, F., & Itrac-Bruneau, R. (2016). Aborder la gestion conservatoire en faveur des Odonates. Guide technique. Office pour les insectes et leur environnement et Société française d'Odonatologie. 96 p.
- Messerer, Y. (1999). Etudes morphométriques et hydrologiques du complexe lacustre d'El Kala (Algérie) cas des lacs El Mellah et Oubeïra. Thèse de magister. Université Badji Mokhtar Annaba, 123 p.
- Miller, P L. (1992). The effects of oxygen lack on egg hatching in an Indian dragonfly, *Potamarcha congener*. *Physi Ento* 17:68-72.
- Monteiro-Junior, C D S., Leandro, J., & Hamada, N. (2014) Effects of urbanization on stream habitats and associated adult dragonfly and damselfly communities in central Brazilian Amazonia *Landscape and Urban Planning* 127:28-40.
- Moore, W N. (1997). Status Survey and Conservation Action Plan for Dragonflies, IUCN. Gland, Switzerland.
- Morton, K J. (1905). Odonata collected by Miss M. Fountaine in Algeria, with description of a new species of *Ischnura*, *The Entomologist's Monthly Magazine* (Series 2), 16. 146-149 p.
- Moussa, A., Chahlaoui, A., & Rour, H. (2013). Évaluation de la pollution physico-chimique des eaux de l'Oued Khoumane (Moulay Idriss Zerhoun, Maroc) , *Int. J. Bio. Chem. Sci*, vol. 6, no 6, p.7096-7111.
- 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*, 93-110 p.
- Munawar, M., Hänninen, O., Roy S., Munawar, N., Kärenlampi, L. & Brown, D. (1995). *Bioindicators of Environmental Health* (New York: SPB Academic Pub).
- Munné, A., & Prat, N. (2009). Use of macroinvertebrate-based multimetric indices for water quality evaluation in Spanish Mediterranean rivers: An intercalibration approach with the IBMWP index. *Hydrobiologia* 628(1):203-225.



- Naem, S., Lindsey, J., Sharon, P., Lawler, J., Lawton, H., & Richard, M. (1994). Le déclin de la biodiversité peut altérer la performance des écosystèmes. *La nature*, vol 368 .734 – 737 p.
- Ndiaye, B A. (2010). Intégration de la biodiversité d'eau douce dans le processus de développement en Afrique: Mobilisation de l'information et sites de démonstration, projet de démonstration Bassin du fleuve Gambie. Module de formation des formateurs sur le suivi des Odonates. 17-23 p.
- Nielsen, C. (1956). Odonati del Sahara Nord Occidentale. *Revue française d'entomologie* 23: 191-195 p.
- 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*, vol. 15, (6) . 665-680 p.
- 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.
- Oulmouhoub, S. (2002). Contribution à l'étude des subéraie de la région d'El-Kala : dynamique post-incendie des successions végétales et leurs biodiversités. Mémoire Magister, INA, Alger.
- Pearson, K. (1901). On lines and planes of closest fit to systems of points in space, *Philosophical Magazine* 2(11):559-572 p.
- Petrulevičius, J F.; Huang, D.Y. & Nel, A. (2011). A new genus and species of damsel-dragonfly (Odonata: Isophlebioidea: Campteroptlebiidae) from the Middle Jurassic of Inner Mongolia, China. *Acta geologica Sinica (English Edition)* 85: 733-738 p.
- Pilon, J G., & Masseur, M J. (1984). The effect of temperature on egg development in Zygoptera: a preliminary discussion. *Adv. Odonatol.* 2: 177-193 p.
- Pimm, L, Gareth, J. Russell, J., Gittleman, L., & Thomas M. (1995). L'avenir de la biodiversité *Science* Vol. 269, N°5222. 347-350 p. DOI: 10.1126.
- Poitou-Charentes Nature (Ed). (2009). *Libellules du Poitou-Charentes*. Poitou-Charentes Nature, Fontaine-le-Comte. 256 p.
- Pourriot, R., & Meybeck, M. (1995). *Limnologie générale*. Masson, Paris, France, .956 p.



- Pritchard, G., & Leggott, M A. (1987). Temperature, incubation rates and origins of dragonflies, *Advan. Odon.*, 3 (1) 121–126 p.
- Ramade, F. (1984). Elements d'écologie (Ecologie fondamentale). Ed. McGraw-Hill. Paris 397p.
- Rejsek, F. (2002). Analyse des eaux : Aspects réglementaires et techniques. Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine (CRDP). Bordeaux. 358 p.
- Rodier, J. (1984). L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 8ème édition, Edit. Dunod, Paris. 1365 p.
- Rodier, J., Legube B., & Merlet N. (2009). L'analyse de l'eau, Ed. Dunod, 78- 1368.
- Romdhane, M.S. (1986). Lagune de Ghar El Melh. Milieu, Peuplement, Exploitation. Thèse, Université de Tunis. 245 p.
- Rao, J.V., Kavitha, P., Srikanth, K., Usman, P.K. & Rao, T.G. (2007). Environmental contamination using accumulation of metals in marine sponges, *Sigmadocia fibulata* inhabiting the coastal waters of Gulf of Mannar, India. *Toxicological and environmental chemistry*, 89, 487-498 p.
- Reymond, A. (1952). Insectes de divers orders 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: 77-89 p.
- Réaumur, R. (1742). Mémoire pour servir à l'histoire des Insectes. Onzième mémoire. Des mouches à quatre aisles nommées Demoiselles. – Imprimerie royale, Paris [Demoiselles] : 387-457 p.
- Riservato, E., Boudot, J. P., Ferreira, S., Joviæ, M., Kalkman, V J., Schneider, W., Samraoui, B., & Cuttelod, A. (2009). The status and distribution of dragonflies of the Mediterranean Basin. IUCN, Gland, Switzerland and Malaga, Spain IUCN. vii + 33 p.
- Robinson, J. G. (1993). The Limits to Caring: Sustainable Living and the Loss of Biodiversity. *Conservation Biology*, 7: 20-28 p.
- Sala, O.E., Chapin, F.S., Armesto, J.J., Berlow, R., Bloomfield, J., Dirzo, R., Huber-Sanwald, E., Huenneke, L. F., Jackson, R. B., Kinzig, A., Leemans, R., Lodge, D., Mooney, H.A., Oesterheld, M., Poff, N. L., Sykes, M.T., Walker, B.H., Walker, M., & Wall, D.H. (2000). Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science*. 287, 1770–1774 p.
- Samraoui, B., & De Belair, (1997). The Guerbes-Senhadja Wetlands (N.E. Algeria) Part 1: *An Overview Ecologie*, t. 28 (3): 233-25 p.



- Samraoui, B., & De Belair, (1997). Les zones humides de la Numidie orientale : Bilan des connaissances et perspectives de gestion. Synthèse (numéro spécial), 4 : 1-90..E.
- Samraoui, B. & Menaï, R. (1999). A contribution to the study of Algerian Odonata. *International Journal of Odonatology* 2: 145-165 p.
- Samraoui, B. & Corbet, P. S. (2000a). The odonata of Numidia, Northeastern Algeria part I: Status and distribution. *International Journal of Odonatology* 3: 11-25.
- Samraoui, B. & Corbet, P.S. (2000b). The Odonata of Numidia. Part II : Seasonal ecology. *Int. J. Odonatol.*, 3 : 27-39 p.
- Samraoui, B., Weekers, P H H. & Dumont, H J. (2003). Two taxa within the North African *Lestes virens* complex. *Odonatologica*, 32: 131-142 p.
- Samraoui, B. (2010). *Platycnemis subdilatata*. IUCN 2014. Retrieved February 16, 2015, from www.iucnredlist.org .
- Samraoui, B., Boudot, J P., Ferreira, S., Riservato, E., Jovič, M., Kalkman, V J. & Schneider W. (2010). Chapter 5. The status and distribution of dragonflies. In: Garcia N., Cuttelod A. & Abdul Malak D. (Eds), The status and distribution of freshwater biodiversity in northern Africa. IUCN, Gland, Cambridge, and Malaga.
- Sammarco, P W., Hallock, P., Lang, J C. & Le Gore, R S. (2007). Roundtable discussion groups summary papers: environmental bio-indicators in coral reef ecosystems: the need to align research, monitoring, and environmental regulation. *Environmental bioindicators*, 2, 35-46 p.
- Samways, M J. (1989). Farm dams as nature reserves for dragonflies (Odonata) at various altitudes in the Natal Drakensberg Mountains, South Africa. *Biological Conservation*, 48: 181-187 p.
- Samways, J. & Taylor, S. (2004). Impacts of invasive alien plants on Red-Listed South African dragonflies (Odonata). *S. Afr. J. Sci.*, 100 .78-80 p.
- Samways, M J., & Sharratt, N J, (2010). Recovery of Endemic Dragonflies after Removal of Invasive Alien Trees. *Conservation Biology*, vol. 24, no 1. 267-277 p.
- Schlaepfer, R., & Bütler, R. (2002). Analyse de la dynamique du paysage, Fiche d'enseignement 4.2, École polytechnique de Lausanne, 1 p.
- Schmidt, E. (1985). Habitat inventarization, characterization and bioindication by a representative spectrum of Odonata Species (RSO). *Odonatologica*, 14.127-133 p.
- Shannon, C E. & Weaver, W. (1949). *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana, IL: University of Illinois Press.



- Simboura, N., & Zenetos, A. (2002). Benthic indicators to use in ecological quality classification of Mediterranean soft bottoms marine ecosystems, including a new biotic index, *Medi. Mar. Scien.*, 3 (2) 77-111 p.
- Selys-Longchamps, E D. (1849). Libellulinae. In: Exploration scientifique de l'Algérie, (Lucas, P. H., ed.). pp. Histoire naturelle des animaux articulés, Paris.
- Selys-Longchamps, E D. (1865). Odonates de l'Algérie (Libellula de Linné). Bulletin Académie d'Hippone 1: 31-34 p.
- Selys-Longchamps, E D. (1866). Additions aux odonates de l'Algérie. Bulletin Académie d' Hippone 2: 40-41 p.
- Selys-Longchamps, E D. (1871). Nouvelle révision des odonates de l'Algérie. Annales de la Société entomologique de Belgique 14: 9-12 p.
- Selys-Longchamps, E D. (1902). Annales de la Société entomologique de Belgique. Annales de la Société entomologique de Belgique 46: 430-431 p.
- Simaika, J P., & Samways, M J. (2009). Un indice d'intégrité écologique facile à utiliser pour hiérarchiser les sites d'eau douce et évaluer la qualité de l'habitat *Biodiversité et conservation*, 18 (5): 1171-1185 DOI: 10.1007 / s10531-008-9484-3.
- Smolders , A J P., Serrure, R A C., Van der Velde , G., Medina Hoyos, R I., & Roelofs, J G M. (2003). Effets des activités minières sur les concentrations de métaux lourds dans l'eau, les sédiments et les macroinvertébrés dans différents tronçons de la rivière Pilcomayo, en Amérique du Sud. *Archives de contamination environnementale et de toxicologie*, vol 44. 0314 – 0323 p.
- Souache, Y. (1993). Étude de la reproduction et du développement larvaire des odonates du Lac Tonga Thèse de magister, Université de Annaba, 150 p.
- 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 p.
- Tachet, H., Richoux, P., Bournaud, M. & Ussiglio-polatera, P. (2000). Invertébrés d'eau douce. Systématique, biologie, écologie. CNRS Editions, 588pp.
- Ter Braak, C J F. & Smilauer, P. (1990). CANOCO for Windows. Software for Canonical Community Ordination (version 4). Microcomputer Power, Ithaca, NY
- Ternois, V. (2003). A la découverte des libellules. Les livrets nature du CPIE du pays de Soulaines , livret n°1 , 11 p.
- Tilman, D. (2000). Causes, consequences and ethics of biodiversity. *Nature*. 405 (6783): 208-11.



- Toubal-Boumaza, O. (1986). Phytoécologie, biogéographie et dynamique des principaux groupements végétaux du massif de l'Edough (Algérie Nord-Orientale). Cartographie au 1/25000ème, U.S.T.M. Université Grenoble, Doct. 3eme cycle, 111 p.
- Turki, S. (2002). Contribution à l'étude bio-écologique des rotifères, cladocères, copépodes des eaux continentales tunisiennes et dynamique saisonnière du zooplancton de la retenue de barrage Bir M'chergua. Thèse de Doctorat en Sciences Biologiques. Université de Tunis El Manar / INSTM .225 P.
- UICN, PNUE et WWf (1980). Stratégie mondiale de la conservation. La conservation des ressources vivantes au service du développement durable. UICN, PNUE, WWF, FAO, UNESCO. Gland, Suisse, 30 pages plus cartes.
- Viaroli, P., Bartoli, M., Giordani, G., Austoni, M. & Zaldivar, J M. (2005). Biochemical processes in coastal lagoons : from chemical reactions to ecosystem functions and properties. Indicators of stress in the marine benthos. IOC workshop report No. 195. 27-30 p.
- 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* - N°3 .
- Praet, V., Covaci, A., Teuchies, J., & De Bryn, L. (2012). Levels of persistent organic pollutants in larvae of the damselfly *Ischnura elegans* (Odonata, Coenagrionidae).
- Walker, E M. (1953). The Odonata of Canada and Alaska. Vol 1: The Anisoptera .Univ. Toronto Press.
- Warwick, R. (2005). Taxonomic distinctness as an indicator of stress in the marine macrobenthos. Indicators of stress in the marine benthos, IOC workshop report No. 195.10-11 p.
- White, E L., Hunt, P D., Schlesinger, M D., Corser, J D. & De Maynadier, P G. (2014) . A conservation status assessment of Odonata for the northeastern United States. New York Natural Heritage Program, Albany, New York.
- **Webographie**
 - <http://www.libellules.org>
 - <http://www.kenwildman.com/insects.htm>
 - www.odonatacentral.org
 - <http://www.libellules.org>
 - <https://docplayer.fr/55567090-Etat-des-lieux-des-zones-humides-et-des-oiseaux-d-eau-en-algerie.html>,



Annexe



Annexes

Liste actuelle des espèces de l'ordre des odonates (libellules)

Sous-ordre des Zygoptères : Comprend 5 familles en Europe et en Afrique du Nord

➤ **Famille des Caloptéridae : 1 genre et 5 espèces**

- *Calopteryx* *haemorrhoidalis* (Vander Linden, 1825)
splendens (Harris, 1776)
virgo (Selys, 1873)
xanthostoma (Charpentier, 1825)
exul (Selys, 1853)

➤ **Famille des Lestidae : 2 genres et 9 espèces**

- *Lestes* *numidicus* (Samraoui, weekers & Dumont, 2003)
viridis (Vander Linden, 1825)
barbarus (Fabricius, 1798)
dryas (Kirby, 1890)
macrostigma (Eversmann, 1836)
sponsa (Hansemann, 1823)
virens (Charpentier, 1825)
- *Sympecma* *fusca* (Vander Linden, 1820)
paedisca (Brauer, 1882)

➤ **Famille des Platycnemididae : 1 genre et 4 espèces**

- *Platycnemis* *latipes* (Rambur, 1842)
acutipennis (Sély, 1841)
pennipes (Pallas, 1771)
subdilatata (Sély, 1849)

➤ **Famille des Epallagidae : 1 genre 1 espèce**

- *Epallage* *fatime* (Charpentier, 1840)

➤ **Famille des Coenagrionidae : 7 genres 26 espèces**

- *Pyrrhosoma* *nymphula* (Selzer, 1776)
- *Ischnura* *elegans* (Vander Linden, 1820)
Fountaini (Morton, 1905)
genei (Rambur, 1842)
pumilio (Charpentier, 1825)
saharensis (Aguesse, 1958)

- graellsii* (Rambur, 1842)
- senegalensis* (Rambur, 1842)
- **Coenagrion** *caerulescens* (Fonscolombe, 1838)
- hastulatum* (Charpentier, 1825)
- lunulatum* (Charpentier, 1840)
- mercuriale* (Charpentier, 1840)
- ornatum* (Selys, 1850)
- puella* (Linnée, 1758)
- pulchellum* (Vander Linden, 1825)
- scitulum* (Rambur, 1842)
- johanssoni* (Wallengren, 1894)
- freyi* (Bilek, 1954)
- armatum* (Charpentier, 1840)
- **Enallagma** *cyathigerum* (Charpentier, 1840)
- deserti* (Selys, 1870)
- **Ceriagrion** *tenellum* (de Villers, 1789)
- **Erythromma** *najas* (Hansemann, 1823)
- viridilum* (Charpentier, 1840)
- lindenii* (Selys, 1840)
- **Nehalennia** *speciosa* (Charpentier, 1840)

Sous ordre des Anisoptères : Comprend cinq (5) familles

➤ Familles des Aeschnidae : 7 genres et 17 espèces

- **Boyeria** *irene* (Fonscolombe, 1838)
- **Caliaeschna** *microstigma* (Schneider, 1845)
- **Brachytron** *pratense* (Müller, 1764)
- **Aeschna** *juncea* (Linné, 1758)
- subarctica* (Walker, 1908)
- caerulea* (Ström, 1783)
- cyanae* (Müller, 1764)
- grandis* (Linné, 1758)
- mixta* (Latreille, 1805)
- affinis* (Vander linden, 1820)
- serrata* (Hagen, 1856)
- crenata* (Hagen 1856)
- viridis* (Eversmann, 1836)
- **Anaciaeshna** *isosceles* (Müller, 1767)
- **Anax** *ephippiger* (Burmeister, 1839)
- imperator* (Leach, 1815)
- parthenope* (Selys, 1839)

➤ Famille des Gomphidae : 5 genres 13 espèces

- **Gomphus** *flavipes* (Charpentier, 1825)
- graslini* (Rambur, 1842)
- pulchellus* (Selys, 1840)
- similimus* (Selys, 1840)

- vulgatissimus* (Linnée, 1758)
- lucasi* (Selys, 1850)
- *Paragomphus genei* (Selys, 1841)
- *Ophiogomphus serpentinus* (Charpentier, 1825)
- *Onychogomphus forcipatus* (Linnée, 1758)
 - uncatus* (Charpentier, 1840)
 - costae* (Selys, 1885)
 - lefebvrii* (Rambur, 1842)
- *Lindenia tetrphylla* (Vander Linden, 1825)

➤ **Famille des Cordulegastridae : 1 genre 8 espèces**

- *Cordulegaster*
 - boltonii* (Donovan, 1807)
 - picta* (Selys, 1854)
 - heros* (Theischinger, 1979)
 - princeps* (Morton, 1915)
 - bidentata* (Selys, 1843)
 - insignis* (Schneider, 1845)
 - trinacriae* (Waterston, 1976)
 - helladica* (Lohmann, 1993)

➤ **Famille des Cordulidae : 5 genres 11 espèces**

- *Cordulia aenea* (Linné, 1758)
- *Oxygastra curtisii* (Dale, 1834)
- *Macromia splendens* (Pictet, 1843)
- *Epitheca bimaculata* (Charpentier, 1825)
- *Somatochlora*
 - alpestris* (Selys, 1840)
 - sahlbergi* (Trybom, 1889)
 - metallica* (Vander linden, 1825)
 - flavomaculata* (Vander Linden, 1825)
 - arctica* (Zetterstedt, 1840)
 - meridionalis* (Nielsen, 1935)
 - borisi* (Marinov, 2001)

➤ **Famille des Libellulidae : 13 genres 45 espèces**

- *Libellula*
 - depressa* (Linné, 1758)
 - quadrimaculata* (Linné, 1758)
 - fulva* (Müller, 1764)
 - pontica* (Selys, 1887)
- *Orthetrum*
 - cancelatum* (Linné, 1758)
 - coerulescens* (Fabricius, 1798)
 - brunneum* (Fonscolombe, 1837)
 - trinacria* (Selys, 1841)
 - chrisostigma* (Burmeister, 1839)
 - nitidinerve* (Selys, 1841)
 - ransonneti* (Brauer, 1865)

- sabina* (Drury, 1773)
- taeniolatum* (Schneider, 1845)
- ***Acisoma*** *panorpoides* (Rambur, 1842)
- ***Diplacopdes*** *lefebvrii* (Rambur, 1842)
- ***Crocothemis*** *erythraea* (Brullé, 1832)
- sevillia* (Drury, 1773)
- ***Brachythemis*** *leucosticta* (Burmeister, 1839)
- fuscopalliata* (Selys, 1887)
- ***Sympetrum*** *pedemontanum* (Müller in Allioni, 1766)
- danae* (Sulzer, 1776)
- depressiusculum* (Selys, 1841)
- sanguineum* (Müller, 1764)
- flaveolum* (Linné, 1758)
- fonscolombii* (Selys, 1840)
- meridionale* (Selys, 1841)
- striolatum* (Charpentier, 1840)
- vulgatum* (Linné, 1758)
- nigrescens* (Lucas, 1912)
- nigrifemur* (Selys, 1884)
- sinaiticum* (Dumont, 1977)
- haritonovi* (Borisov, 1983)
- ***Leucorrhinia*** *dubia* (Vander Linden, 1825)
- pectoralis* (Charpentier, 1825)
- rubicunda* (Linné, 1758)
- caudalis* (Charpentier, 1840)
- albifrons* (Burmeister, 1839)
- ***Pantala*** *flavescens* (Fabricius, 1798)
- ***Zygonix*** *torridus* (Kirby, 1889)
- ***Trithemis*** *annulata* (Palisot de Beauvois, 1807)
- arteriosa* (Burmeister, 1839)
- kirbyi* (Selys, 1891)
- festiva* (Hambur, 1842)
- ***Selysothemis*** *nigra* (Vander Linden, 1825)
- ***Urothemis*** *edwadsii* (Selys, 1849)

Tableau I : ANOVA à un facteur contrôlé des variations de la température de l'eau et de l'air à oued Bouarroug.

	Source	DDL	SCM	CM	F	Pr > F
T°C eau	Modèle	3	417,698	139,233	952,702	<0,0001
	Erreur	16	2,338	0,146		
	Total corrigé	19	420,036			
T°C air	Modèle	3	500,151	166,717	4024,552	<0,0001
	Erreur	16	0,663	0,041		
	Total corrigé	19	500,814			

DDL: Degré de liberté; SCE: Somme des carrés des écarts; CM: Carré moyen; F_{obs}: Test de Fisher; P: Seuil de signification.

Tableau II : ANOVA à un facteur contrôlé des variations du pH de l'eau à oued Bouarroug.

Source	DDL	SCE	CM	F	Pr > F
Modèle	3	0,229	0,076	0,738	0,545
Erreur	16	1,659	0,104		
Total corrigé	19	1,888			

DDL: Degré de liberté; SCE: Somme des carrés des écarts; CM: Carré en; F_{obs}: Test de Fisher; P: Seuil de signification.

Tableau III : ANOVA à un facteur contrôlé des variations de l'oxygène dissout à oued Bouarroug.

Source	DDL	SCM	CM	F	Pr > F
Modèle	3	0,001	0,000	0,007	0,999
Erreur	16	0,851	0,053		
Total corrigé	19	0,853			

DDL : Degré de liberté; SCE: Somme des carrés des écarts; CM: Carré moyen; F_{obs}: Test de Fisher; P: Seuil de signification

Tableau IV : ANOVA à un facteur contrôlé des variations de la conductivité de l'eau à oued Bouarroug.

Source	DDL	SCM	CM	F	Pr > F
Modèle	3	7306,309	2435,436	440,203	<0,0001
Erreur	16	88,520	5,533		
Total corrigé	19	7394,830			

DDL: Degré de liberté; SCE: Somme des carrés des écarts; CM: Carré moyen; F_{obs}: Test de Fisher; P: Seuil de signification

Tableau V : Matrice de la corrélation de Rang de Pearson à oued Bouarroug.

Variables	T°C eau	T°C air	O2	PH	Conductivité
T°C eau	1	0,994	-0,006	0,264	-0,985
T°C air	0,994	1	0,019	0,202	-0,995
O2	-0,006	0,019	1	-0,164	-0,041
PH	0,264	0,202	-0,164	1	-0,169
Conductivité	-0,985	-0,995	-0,041	-0,169	1

Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification $\alpha=0,05$

Tableau VI : ANOVA à un facteur contrôlé des variations de la température de l'air et de l'eau à oued Demet Rihane.

T°C eau	Source	DDL	SCM	CM	F	Pr > F
	Modèle	3	572,652	190,884	4517,964	<0,0001
	Erreur	16	0,676	0,042		
	Total corrigé	19	573,328			
T°C air	Source	DDL	SCM	CM	F	Pr > F
	Modèle	3	627,303	209,101	770,560	<0,0001
	Erreur	16	4,342	0,271		
	Total corrigé	19	631,645			

DDL : Degré de liberté; *SCE*: Somme des carrés des écarts; *CM*: Carré moyen; *F_{obs}*: Test de Fisher; *P*: Seuil de signification.

Tableau VII : ANOVA à un facteur contrôlé des variations du pH de l'eau à oued Demet Rihane.

Source	DDL	SCM	CM	F	Pr > F
Modèle	3	0,010	0,003	0,100	0,959
Erreur	16	0,519	0,032		
Total corrigé	19	0,529			

DDL: Degré de liberté; *SCE*: Somme des carrés des écarts; *CM*: Carré moyen; *F_{obs}*: Test de Fisher; *P*: Seuil de signification

Tableau VIII : ANOVA à un facteur contrôlé des variations de la conductivité à oued Demet Rihane

Source	DDL	SCE	CM	F	Pr > F
Modèle	3	11797,154	3932,385	1427,430	<0,0001
Erreur	16	44,078	2,755		
Total corrigé	19	11841,231			

DDL : Degré de liberté; *SCE*: Somme des carrés des écarts; *CM*: Carré moyen; *F_{obs}*: Test de Fisher; *P*: Seuil de signification.

Tableau IX : ANOVA à un facteur contrôlé des variations de l'oxygène dissout à oued Demet Rihane.

Source	DDL	SCE	CM	F	Pr > F
Modèle	3	0,278	0,093	1,974	0,159
Erreur	16	0,751	0,047		
Total corrigé	19	1,029			

DDL: Degré de liberté; SCE: Somme des carrés des écarts; CM: Carré moyen; F_{obs}: Test de Fisher; P: Seuil de signification

Tableau X : Matrice de corrélation de Rang de Pearson à oued Demet Rihane.

Variables	T°c eau	T°c air	O2	PH	Conductivité
T°c eau	1	0,996	0,174	0,023	0,997
T°c air	0,996	1	0,200	0,042	0,995
O2	0,174	0,200	1	0,081	0,174
PH	0,023	0,042	0,081	1	0,058
Conductivité	0,997	0,995	0,174	0,058	1

Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0,05

Tableau XI : ANOVA à un facteur contrôlé des variations de la température des eaux et la température de l'air à oued El-Melha.

Source	DDL	SCE	CM	F	Pr > F
Modèle	3	240,8331	80,2777	856,0443	< 0,0001
Erreur	16	1,5004	0,0938		
Total corrigé	19	242,3335			

DDL: Degré de liberté; SCE: Somme des carrés des écarts; CM: Carré moyen; F_{obs}: Test de Fisher; P: Seuil de signification.

Tableau XII : ANOVA à un facteur contrôlé des variations du pH des eaux à oued El-Melha.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	3	4,4003	1,4668	42,4200	< 0,0001
Erreur	16	0,5532	0,0346		
Total corrigé	19	4,9536			

DDL: Degré de liberté; SCE: Somme des carrés des écarts; CM: Carré moyen; F_{obs}: Test de Fisher; P: Seuil de signification

Tableau XIII : ANOVA à un facteur contrôlé des variations de l'oxygène dissout à oued El-Melha.

Source	DDL	SCE	CM	F	Pr > F
Modèle	3	0,1058	0,0353	0,8671	0,4784 N.S
Erreur	16	0,6506	0,0407		
Total corrigé	19	0,7564			

DDL : Degré de liberté; *SCE:* Somme des carrées des écarts; *CM:* Carré moyen; *F_{obs}:* Test de Fisher; *P:* Seuil de signification N.S: non significative.

Tableau XIV : Matrice de corrélation de Rang de Pearson à oued El- Melha.

Variables	T°C eau	T°C air	O ₂	PH	Conductivité
T°C eau	1	0,9941	-0,2506	-0,9258	0,7128
T°C air	0,9941	1	-0,2302	-0,9375	0,7185
O ₂	-0,2506	-0,2302	1	0,2241	0,0355
PH	-0,9258	-0,9375	0,2241	1	-0,6720
Conductivité	0,7128	0,7185	0,0355	-0,6720	1

Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0,05.

Tableau XV : ANOVA à un facteur contrôlé des variations de la température de l'eau et de l'air à oued El-Nhal.

T°C eau	Source	DDL	SCE	CM	F	Pr > F
	Modèle	3	158,275	52,758	412,343	<0,0001
	Erreur	16	2,047	0,128		
	Total corrigé	19	160,322			
T°C air	Modèle	3	395,099	131,700	601,644	<0,0001
	Erreur	16	3,502	0,219		
	Total corrigé	19	398,602			

DDL: Degré de liberté; *SCE:* Somme des carrées des écarts; *CM:* Carré moyen; *F_{obs}:* Test de Fisher; *P:* Seuil de signification N.S: non significative.

Tableau XVI : ANOVA à un facteur contrôlé des variations du pH des eaux à oued El-Nhal.

Source	DDL	SCE	CM	F	Pr > F
Modèle	3	0,368	0,123	2,221	0,125
Erreur	16	0,884	0,055		
Total corrigé	19	1,252			

DDL: Degré de liberté; *SCE:* Somme des carrés des écarts; *CM:* Carré moyen; *F_{obs}:* Test de Fisher; *P:* Seuil de signification

Tableau XVII : ANOVA à un facteur contrôlé des variations de l'oxygène dissout à oued El-Nhal.

Source	DDL	SCE	CM	F	Pr > F
Modèle	3	0,818	0,273	6,532	0,004
Erreur	16	0,668	0,042		
Total corrigé	19	1,486			

DDL: Degré de liberté; SCE: Somme des carrés des écarts; CM: Carré moyen; F_{obs}: Test de Fisher; P: Seuil de signification

Tableau XVIII : ANOVA à un facteur contrôlé des variations de la conductivité à oued El-Nhal .

Source	DDL	SCE	CM	F	Pr > F
Modèle	3	615,454	205,151	69,370	<0,0001
Erreur	16	47,317	2,957		
Total corrigé	19	662,771			

DDL: Degré de liberté; SCE: Somme des carrés des écarts; CM: Carré moyen; F_{obs}: Test de Fisher; P: Seuil de signification

Tableau XIX : Matrice de corrélation de Rang de Pearson à oued El-Nhal .

Variables	T°C eau	T°C air	O2	PH	Conductivité
T°C eau	1	0,988	0,646	0,471	-0,944
T°C air	0,988	1	0,669	0,517	-0,948
O2	0,646	0,669	1	0,548	-0,664
PH	0,471	0,517	0,548	1	-0,515
Conductivité	-0,944	-0,948	-0,664	-0,515	1

Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0,05

Tableau XX : ANOVA à un facteur contrôlé des variations de la température de l'eau et de l'air à oued Reguibet.

T°C eau	Source	DDL	SCE	CM	F	Pr > F
	Modèle	3	244,899	81,633	2175,575	<0,0001
	Erreur	16	0,600	0,038		
	Total corrigé	19	245,499			
T°C air	Modèle	3	433,101	144,367	586,274	<0,0001
	Erreur	16	3,940	0,246		
	Total corrigé	19	437,041			

DDL: Degré de liberté; SCE: Somme des carrés des écarts; CM: Carré moyen; F_{obs}: Test de Fisher; P: Seuil de signification

Tableau XXI : ANOVA à un facteur contrôlé des variations du pH des eaux à oued Reguibet.

Source	DDL	SCE	CM	F	Pr > F
Modèle	3	0,067	0,022	0,458	0,715
Erreur	16	0,780	0,049		
Total corrigé	19	0,847			

DDL: Degré de liberté; *SCE*: Somme des carrés des écarts; *CM*: Carré moyen; *F_{obs}*: Test de Fisher; *P*: Seuil de signification.

Tableau XXII : ANOVA à un facteur contrôlé des variations de l'oxygène dissout à oued Reguibet.

Source	DDL	SCE	CM	F	Pr > F
Modèle	3	0,367	0,122	2,711	0,080
Erreur	16	0,722	0,045		
Total corrigé	19	1,090			

DDL : Degré de liberté; *SCE*: Somme des carrés des écarts; *CM*: Carré moyen; *F_{obs}*: Test de Fisher; *P*: Seuil de signification.

Tableau XXIII : ANOVA à un facteur contrôlé des variations de la conductivité à Oued Reguibet.

Source	DDL	SCE	CM	F	Pr > F
Modèle	3	238,796	79,599	29,873	<0,0001
Erreur	16	42,633	2,665		
Total corrigé	19	281,429			

DDL : Degré de liberté; *SCE*: Somme des carrés des écarts; *CM*: Carré moyen; *F_{obs}*: Test de Fisher; *P*: Seuil de signification.

Tableau XXIV : Matrice de corrélation de Rang de Pearson à oued Reguibet.

Variabes	T°C eau	T°C air	O2	PH	Conductivité
T°C eau	1	0,993	0,503	-0,284	0,919
T°C air	0,993	1	0,520	-0,250	0,929
O2	0,503	0,520	1	0,134	0,481
PH	-0,284	-0,250	0,134	1	-0,243
Conductivité	0,919	0,929	0,481	-0,243	1

Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0,05

Tableau XXV : Description des variables environnementales mesurées sur les 5 sites d'étude dans la réserve de Brabtia au nord de l'Algérie. Les paramètres ont été regroupés en trois catégories: les variables topographiques, d'utilisation des terres et physico-chimiques.

Variables	Code	Description
Topographique:		
altitude	Alt	mètres au-dessus du niveau de la mer
Utilisation des sols: P.Env		
perturbations		
environnementales		
		St.1- Milieu forestier et agricole, la ripisylve est dominée par <i>Laurus nobilis</i> . Cours d'eau dans un habitat forestier, il traverse, dans une grande partie de sa longueur, le parc animalier de Brabtia (altérés par les activités humaines).
		St .2- Milieux agricoles à peine altérés avec une végétation rivulaire dégagée discontinue mais abondante le long des berges qui projette un ombrage sur l'eau.
		St.3- Milieu agricole avec un niveau moyen d'altération, peu d'utilisation d'engrais chimiques, la végétation est végétation rivulaire dégagée dominé essentiellement par (<i>Bruyère Erica arborea</i> ; <i>Laurus nobilis</i> ; <i>Pteridium aquilinum</i> .)
		St.4- Milieu forestier et agricole il se caractérise par une eau claire bien oxygénée, un bon ombrage assuré par une végétation dense, bien variée.
		St.5- Milieu agricole fortement touché par l'activité anthropique, (utilisation d'engrais chimiques et élevage).
Physico-chimique:		
température	T	Température de l'air et l'eau [°C]
conductivité	Cd S	Conductivité électrique [μ S/cm]
PH	pH	Unité du pH
l'oxygène dissous	O2	[mg/l]
Nitrites	(N02-)	[mg/l]
Nitrates	(NO3-)	[mg/l]
Phosphore	(P)	[mg/l]
Turbidité		[NTU]

Tableau XXVI : Résultat de la typologie et de la physico-chimie des paramètres de pollution.

Paramètres de pollution	Unité	Normes/Algérie	St.1		St.2		St.3		St.4		St.5	
			B.E	H.E	B.E	H.E	B.E	H.E	B.E	H.E	B.E	H.E
Nitrites	mg/l	0,2	0,93	0,80	1,9	1,2	0,2	0,18	0,5	0,13	0,7	0,13
Nitrates	mg/l	50	22	19,1	13,1	10,9	6,60	1,93	7,83	2,02	9,2	2,86
Phosphore	mg/l	5	2,9	3,1	1,9	2,1	0,83	1,87	0,98	1,18	1,3	1,36
Turbidité	NTU	*	18,1	22	10,7	12	18,1	24,1	7,12	8,88	9,50	14,2

H.E: Haute eau ; B.E: Basse eau; oued. Bouarroug (St.1); St.2 oued Demat Rihane; St.3 ; oued El-Melha; St.4 oued El-Nhal; St.5 oued Reguibet

Tableau XXVII : Résultat des paramètres bactériologiques.

Paramètres et Unité	St.1		St.2		St.3		St.4		St.5	
	H.E	B.H	H.E	B.H	H.E	B.H	H.E	B.H	H.E	B.H
Coliformes totaux UFC/100ml à 37°	800	700	1400	800	1100	797	1300	1000	1600	810
Coliformes fécaux UFC/100ml à 44°	30	40	120	100	250	110	235	200	300	260
Streptocoques fécaux UFC/100ml à 37°	19	8	28	10	5	3	4	9	56	20

H.E: Haute eau ; B.E: Basse eau; oued. Bouarroug (St.1); St.2 oued Demat Rihane; St.3 ; oued El-Melha; St.4 oued El-Nhal; St.5 oued Reguibet

Tableau XXVIII : Descripteurs écologiques de diversité et des peuplements sur les cinq sites.

	St .1	St.2	St.3	St.4	St.5
Simpson	0,87	0,57	0,87	0,76	0,59
Shannon	2,36	2,04	3,26	2,02	1,35
Margalef	2,50	1,63	1,45	2,19	0,99
Equitabilité	0,78	0,58	0,90	0,700	0,65

CERTIFICATE OF ATTENDANCE

The Organization Committee of the 10th Maghrebien Congress on Marine Sciences and the 5th Franco-Maghrebien 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 odonotologique 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 & BOUSLAMMA Zihad

Laboratoire d'Ecologie des Systèmes Terrestres et Aquatiques - Université Badi Mokhtar - Annaba B.P 12 Algérie



President of the Congress

Prof. Mohammed RAMDANI



CERTIFICATE OF ATTENDANCE

The Organizing Committee of the 4th International Congress of Plants Biodiversity,
held at Marrakech from 05th to 08th October 2017, hereby certify that:

BEDDIAR MARWA

Has attended the conference with a Poster presentation:

« Caractérisation floristique des micro-habitats favorables à la biodiversité
larvaire des odonates de l'oued Bouarroug (nord-Est de l'Algérie) »

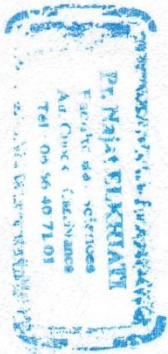
BEDDIAR Marwa, BENCHALEL Wafâ & BOUSLAMA Zihad

Laboratoire d'Ecologie des Systèmes Terrestres et Aquatiques.
Université Badi Mokhtar - Annaba B.P. 12, Algérie

La Présidente du Congrès



Prof. Najat El KHLIATI





Association Tunisienne
de Biotechnologie et
Valorisation des Bio-Ressources

Tunisian Association
of Biotechnology
and Bio-Resources Valorization

AT-BVBR

AT-BVBR
الجمعية التونسية
للبيوتكنولوجيا والموارد
البيولوجية

ATTESTATION DE PARTICIPATION

Le Président de l'AT-BVBR, atteste que


BEDDIAR Marwa

a présenté au V^{ème} congrès international de Biotechnologie et Valorisation des Bio-Ressources,
organisé par l'AT-BVBR du 20 au 23 Mars 2018 à Tabarka - Tunisie,
une communication par Affiche intitulée

C. AFFICHE N°:15.

**ETUDE ECOLOGIQUE DE LA FAUNE ODONATOLOGIQUE EN RELATION AVEC LA VEGETATION
RIVULAIRE PREMIERES DONNEES SUR L'OUED EL-MALHA (NORD-EST DE L'ALGERIE)**
BEDDIAR M, BENCHALEL W ET BOUSLAMAZ

Président de l'AT-BVBR
Prof. Mohamed **MARWA**






 Université Badji Mokhtar Annaba - Algérie
 Laboratoire d'Ecologie des Systèmes Terrestres et Aquatiques


 Eco-STAG


 Université De Carthage - Tunisie
 L'Institut National des Sciences et Technologies de la Mer


 IRCSA


 INSTM


 Université de Carthage

1er colloque international
Bio-ressources et économie bleu et verte

ATTESTATION

Le Comité d'Organisation du Premier Colloque International de Bioressources et Economie Bleue et Verte tenu à Hammamet - Tunisie du 26 au 29 avril 2018, certifie que :

Mme. Wafa BENCHALEL

A présenté une communication Orale intitulée :

“Changements globaux et Biodiversité : les Odonates comme indicateurs d'impact dans les rivières oued El Kebir-Est (Nord-est de l'Algérie)”

Co-auteurs ; Marwa BEDDIAR, M. HAMDI & Zihad BOUSLAMMA

Présidente de Séance

Présidentes du Colloque

Du 26 au 29 Avril 2018
 à l'hôtel les colombes Hammamet - Tunisie



1er colloque international
Bio-ressources et économie bleu et verte

ATTESTATION

Le Comité d'Organisation du Premier Colloque International de Bioressources et Economie Bleue et Verte tenu à Hammamet - Tunisie du 26 au 29 avril 2018, certifie que :

Mme. Marwa BEDDIAR

A présenté une communication Orale intitulée :

“Bio-évaluation physico-chimique et bactériologique d’un écosystème lotique basé sur la population de *Calopteryx hamnothoidalis* cas de l’Oued El Nhal (El Kala, Nord-est Algerien)”

Co-auteurs ; Wafa BENCHALEL et Zihad BOUSLAMMA

Université Badji Mokhtar Annaba - Algérie
 Laboratoire d'Ecologie des Systèmes Terrestres et Aquatiques

Université De Carthage - Tunisie
 L'Institut National des Sciences et Technologies de la Mer

EcoSTaq
 IRESM
 INSTM

Président de Séance

Présidentes du Colloque

Du 26 au 29 Avril 2018
 à l'hôtel les colombes Hammamet - Tunisie

Titre : Caractérisation Bio écologique et statut des populations de *Calopteryx haemorrhoidalis* (Vander Linden, 1825) (Odonata) des cours d'eaux du Parc National d'El-Kala (Numidie Orientale). Application à la conservation des espèces et des zones humides à enjeux.

Diplôme : Thèse de Doctorat 3ème Cycle. Université d'Annaba.

Auteur : BEDDIAR Marwa.

Directrice de thèse : Professeure BENCHALEL Wafa.

Année : 2019 -2020.

RÉSUMÉ.

Les zones humides de Numidie constituent aujourd'hui un patrimoine naturel précieux qu'il convient de préserver et de restaurer, et ce, en raison des multiples fonctions qu'il remplit et des bénéfices qui en découlent pour la société. La problématique développée dans le cadre de cette thèse s'est attachée à évaluer "l'état de santé" actuel du secteur Brabtia via les assemblages d'odonates inféodés à cinq cours d'eau situés dans les limites du parc national d'El-Kala (nord-est de l'Algérie) au cours du suivi 2017/2018. Une analyse des paramètres physico-chimiques et bactériologiques a servi à déterminer les caractéristiques essentielles du milieu d'étude et le degré de pollution dont la présence provoque un déséquilibre de l'écosystème aquatique et entraîne une disparition des espèces les plus sensibles et par la suite une perte rapide de la biodiversité.

La nouvelle check liste d'espèces dénombrées au cours de cette étude est de 27 espèces dont 12 sont confirmées autochtones. Deux périodes écologiquement séparées ont été mises en évidence au cours de la période d'étude (une période de basse eau et une période de haute eau). L'analyse de la qualité hydrique des cours d'eau a révélé globalement une bonne eau malgré les quelques perturbations reconnues dans certaines sections en aval principalement en saison de basse eau. Ces perturbations sont essentiellement liées à des altérations par les paramètres révélateurs de pollution (nitrites, les nitrates le phosphate) et des altérations bactériologiques (coliformes totaux et fécaux et streptocoques fécaux).

Les indices écologiques ont montré une stabilité dans le peuplement. Les sites St.2, St.4, St.5, se sont révélés faiblement à moyennement diversifiés offrant globalement un habitat favorable pour le recrutement des espèces sensibles, par excellence *C. haemorrhoidalis* et les espèces de Gomphidés. Les sites St.1 et St.3 ont révélé un peuplement plus diversifié et en équilibre sans aucune espèce dominante favorisant des espèces moins sensibles dont *P. subdilatata* et *I. graellsii* puis les espèces ubiquistes des genres *Crocothemis*, *Sympetrum* et *Trithemis*.

Le potentiel écologique selon la classification proposée par [Simboura & Zenetos, \(2002\)](#) range les principaux oueds dans la catégorie des cours d'eau «médiocre» (St1, St2, St4) et «moyen» (St3), ce qui signifie une classification «Fortement pollué» pour la plupart à l'exception de oued Reguibet qui s'avère «mauvais» et signifie une classification «Azoïque, très pollué». Les résultats d'une première application de l'indice odonatologique des cours d'eau algériens (ASOI) classe St.1, St.2, St.3 comme potentiel écologique "élevé", St.4 comme «bon» et St.5 comme «Modéré».

Espèce sténoëse, *C. haemorrhoidalis* apparaît désormais moins répandue sur l'ensemble du secteur Brabtia avec une plus longue période de vol par rapport aux populations déjà enregistrées dans le même secteur il y a deux décennies. L'espèce est autochtone et univoltine avec deux types de développement larvaire (type 11 et type 12) déterminés dans cette étude. Les populations se confinent préférentiellement dans les zones ombragées des cours d'eau peu profonds et ensoleillés, à substrat hétérogène et à végétation de faible hauteur, la plus proche des plans d'eau gardés par le mâle territorial et favorables à la ponte des femelles.

La corrélation établie entre l'abondance de *C. haemorrhoidalis* et les paramètres physico-chimiques montre un gradient écologique significatif dans la distribution de l'espèce, expliquée par un besoin en oxygène dissout, à la fois en température et en pH.

La durabilité à long terme et la persistance de cette espèce sténose dans les rivières du secteur de Brabtia pendant plus de deux décennies témoigne d'un environnement naturel, toujours stable et de bonne qualité qui peut encore soutenir une grande chaîne alimentaire malgré les perturbations enregistrées dans cette étude.

Dans l'optique du développement et de la mise en œuvre d'une politique de gestion et de conservation adaptée, l'amélioration des connaissances concernant les particularités du peuplement et des populations odonatologiques de Numidie apparaît primordiale.

Mots-clefs : Odonata, *C. haemorrhoidalis*, Paramètres physico-chimiques, Potentiel écologique, Conservation, Secteur Brabtia, Nord-est de l'Algérie.

