

# THÈSE

Présentée par

**CHELLI Abdelmadjid**

Pour l'obtention du grade de

**DOCTEUR EN SCIENCES**

Filière : Biologie

Option : Ecologie et Environnement

Thème

**Diagnostic écologique et biologique des Odonates des milieux humides de la région de Bejaia**

Soutenue le : 14/11/2019

Devant le Jury composé de :

**Nom et Prénom**

**Grade**

Zouhir RAMDANE  
Riadh MOULAÏ  
El-Hacene BALLA  
Moussa HOUHAMDI  
Mohamed Laid OUKID  
Farid BEKDOUCHE

Professeur	Université de Bejaia	Président
Professeur	Université de Bejaia	Rapporteur
Professeur	Université de Bejaia	Examineur
Professeur	Université de Guelma	Examineur
Professeur	Université d'Annaba	Examineur
MCA	Université de Batna 2	Examineur

**Année Universitaire : 2018/2019**



**REMERCIEMENTS**

Je finalise ce travail de thèse, tout en remerciant toutes les personnes qui m'ont aidée à sa réalisation.

Parmi ces personnes, je tiens avant tout et en particulier à remercier le Professeur DOUMANDJI Salaheddine, avec qui j'ai débuté mes premiers pas dans le monde de l'entomologie. Je lui suis énormément reconnaissant pour ses précieux enseignements qui m'ont permis d'acquérir des connaissances qui m'ont été indispensables pendant la réalisation de ce travail. Il me sera difficile de lui rendre ne serait-ce qu'un petit peu de ce que j'ai reçu gratuitement de sa part. C'est pourquoi, j'aimerais pouvoir lui exprimer ma gratitude en lui disant que je garde espoir de pouvoir peut être moi-même un jour partager à mon tour une part du très précieux savoir scientifique et humain qu'il m'a transmis avec tant de générosité.

Je voudrais exprimer ma sincère gratitude à mon Directeur de thèse le Professeur MOULAÏ Riadh, pour m'avoir permis d'initier et de réaliser ce travail de recherche et de m'avoir accompagné par ses conseils et orientations dans mes choix tout au long de ce travail, qu'il trouve ici ma plus chaleureuse reconnaissance. Merci encore une fois de m'avoir fait confiance. J'espère avoir été à la hauteur de vos attentes.

Mes vifs remerciements vont également au Professeur RAMDANE Zouhir, pour l'honneur qu'il me fait en présidant le jury, ainsi qu'aux examinateurs pour avoir accepté d'examiner mon travail. Je cite ici, Mr BALLA El Hacene, Professeur à l'université de Bejaia, Mr HOUHAMDI Moussa, Professeur à l'université de Guelma, Mr OUAKID Mohamed Laid, Professeur à l'université d'Annaba et Mr BEKDOUCHE Farid, Maître de conférence (A) à l'université de Batna.

Je terminerai en exprimant toute ma gratitude à ma famille, belle famille et aux êtres les plus chers dans ma vie, mon épouse et mes enfants pour leurs soutien et encouragements incessants tout au long de ce travail ; qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde reconnaissance pour tout ce qu'ils m'ont donné, pour leur présence à mes côtés au moment où j'en avais le plus besoin.



Sans les nommer pour n'oublier personne, que mes amis, collègues et l'ensemble des membres du laboratoire LZA , soient assurés de mon affection, et qu'ils sachent que je leur suis reconnaissant pour le soutien moral précieux.

Que tous ceux ayant contribué de près ou de loin, par leurs encouragements, et conseils à l'accomplissement de ce travail, trouvent ici l'expression de ma profonde reconnaissance.

Enfin, que toutes les libellules et demoiselles des milieux humides de Bejaia soient remerciées d'avoir été au rendez-vous !



**Un immense Merci à vous tous, vraiment...**



# Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Acronymes

**INTRODUCTION** .....01

**CHAPITRE I**      **Synthèse bibliographique sur les zones humides et les odonates** ...04

**Partie I : Généralités sur les zones humides** .....04

I.1. Préambule.....	04
I.2. Définitions.....	04
I.2.1. Définition juridique.....	04
I.2.2. Définition scientifique.....	05
I.3. Le contexte règlementaire.....	06
I.3.1. Au niveau international.....	06
I.3.1.1. Convention de Ramsar .....	06
I.3.1.2. Organisation Med Wet .....	07
I.3.2. Au niveau national (Algérie) .....	07
I.4. Caractéristiques des zones humides.....	07
I.5. Fonctions et services rendus par les zones humides.....	08
I.6. Les menaces pesant sur les zones humides.....	09

**Partie II : Généralités sur les odonates.** .....13

1.7. Les odonates entre mythes et croyances.....	13
1.8. Bref historique sur les odonates et l'odonatologie.....	14





1.8.1. Origines des odonates.....	14
1.8.2. Rétrospective sur l'odonatologie.....	15
I.9. Généralités sur les odonates.....	16
I.9.1. Etymologie.....	16
I.9.2. Systématique et classification.....	17
I.9.3. Description des sous-ordres .....	17
I.9.3.1. Les Anisoptères.....	17
I.9.3.2. Les Zygoptères.....	18
I.9.4. Morphologie et anatomie des Odonates.....	18
I.9.4.1. Morphologie des adultes.....	19
I.9.4.2. Morphologie larvaire.....	20
I.9.5. Cycle de vie des odonates.....	20
I.9.6. Les odonates dans la chaîne trophique.....	22
I.9.7. Menaces et facteurs limitant.....	24
I.9.7.1. Climat.....	24
I.9.7.2. Prédateurs.....	25
I.9.7.3. Parasites.....	25
I.9.7.4. Anthropisation.....	25
I.9.7.5. Les menaces naturelles.....	26
I.9.8. Habitat et écologie des odonates.....	26
I.9.9. Mobilité et migration des odonates.....	29
I.10. Intérêt d'étude des odonates.....	31
I.11. Diversité des odonates .....	32
I.12. Aperçu et état de conservation de l'odonatofaune Nord-Africaine.....	33
I.13. Historique et état des lieux des Odonates algérienne.....	36

**CHAPITRE II Description générale de la région d'étude.** .....39

II.1. Situation et limites géographiques de la région de Bejaia.....	39
II.2. Occupation des Sols et végétation.....	40
II.3. Hydrographie.....	41





II.4. Climatologie.....	44
II.4.1. Températures.....	45
II.4.2. Précipitations.....	46
II.4.3. Neige.....	46
II.4.4. Humidité relative.....	47
II.4.5. Vents.....	47
II.5. Synthèse bioclimatique.....	47
II.5.1. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен.....	47
II.5.2. Quotient pluviothermique d'Emberger.....	48

### CHAPITRE III

### Méthodologie

...51

III.1. Protocole d'inventaire.....	51
III.2. Stations d'étude.....	51
III.2.1. Choix des stations d'étude.....	51
III.2.2. Localisation et caractéristiques des stations d'étude.....	53
III.3. Inventaire des odonates.....	55
III.3.1. Matériel utilisé lors de l'observation et l'inventaire des odonates.....	55
III.3.2. Méthodologie suivie lors de l'inventaire.....	58
III.3.3. Indices écologiques appliqués aux odonates recensés.....	61
III.3.3.1. Indices écologiques de composition.....	61
III.3.3.2. Indices écologiques de structures.....	62
III.3.4. Analyses statistiques appliquées aux odonates.....	63

### CHAPITRE IV

### Résultats et discussions

.....64

IV.1. Aperçu sur l'état des sites.....	64
IV.2. Espèces d'odonates recensés.....	66
IV.3. Analyse écologique du peuplement odonatologique.....	69
IV.3.1. Chorologie des espèces répertoriées.....	69
IV.3.2. Fréquence d'occurrences des odonates dans les différentes stations étudiées.....	71
IV.3.3. Abondances relatives et commentaires sur les espèces d'odonates recensées.....	73





IV.3.4. Structure du peuplement odonatologique.....91

IV.4. Analyse statistique du peuplement odonatologique.....93

**CONCLUSION ET RECOMENDATIONS** .....96

**REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES** .....98

**ANNEXES** .....110

**GLOSSAIRE**

**RESUMES**

**PRODUCTION SCIENTIFIQUE**





## LISTE DES FIGURES

N°	Titre	Page
<b>Figure 1</b>	Diversité de zones humides dans un bassin versant	<b>05</b>
<b>Figure 2</b>	Exemple d'une zone humide (réseaux d'interactions entre les organismes)	<b>06</b>
<b>Figure 3</b>	Causes de dégradation des zones humides	<b>09</b>
<b>Figure 4</b>	Origine de la pollution des eaux par les différents agents	<b>10</b>
<b>Figure 5</b>	Diversité odonatologique en fonction du degré d'ouverture de mares intra forestières	<b>11</b>
<b>Figure 6</b>	Etapes de la dynamique de comblement d'une zone humide	<b>12</b>
<b>Figure 7</b>	Fossile de Meganeuridae	<b>14</b>
<b>Figure 8</b>	Les quatre grandes époques de l'histoire de l'odonatologie	<b>16</b>
<b>Figure 9</b>	Morphologie générale des odonates adultes	<b>19</b>
<b>Figure 10</b>	Morphologie générale des larves d'odonates	<b>20</b>
<b>Figure 11</b>	Cycle de développement des Odonates	<b>22</b>
<b>Figure 12</b>	Les odonates dans la chaîne trophique	<b>24</b>
<b>Figure 13</b>	Principaux facteurs écologiques intervenant lors de la colonisation et du développement d'un odonate dans un milieu aquatique	<b>29</b>
<b>Figure 14</b>	Les différentes familles d'odonates d'Algérie	<b>38</b>
<b>Figure 15</b>	Situation et limites géographique de la région de Bejaia	<b>40</b>
<b>Figure 16</b>	les trois bassins versants occupants le territoire de la wilaya de Bejaia	<b>42</b>
<b>Figure 17</b>	Carte hydrographique des principaux oueds de la wilaya de Bejaia.	<b>43</b>
<b>Figure 18</b>	Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson de la région de Bejaia	<b>48</b>
<b>Figure 19</b>	Place de Bejaia dans le climagramme d'Emberger	<b>50</b>





<b>Figure 20</b>	Localisation des stations d'études dans la région de Bejaia	<b>53</b>
<b>Figure 21</b>	Représentation schématique de l'articulation protocole, méthode et paramètres	<b>59</b>
<b>Figure 22</b>	Représentation schématique du protocole d'inventaire des odonates	<b>61</b>
<b>Figure 23</b>	Pressions anthropiques sur certains biotopes de Bejaia	<b>65</b>
<b>Figure 24</b>	Pourcentages par familles des odonates recensés à Bejaia	<b>66</b>
<b>Figure 25</b>	Chorologie des odonates de Bejaia	<b>71</b>
<b>Figure 26</b>	Abondance des espèces d'Odonates dans les eaux courantes permanentes	<b>74</b>
<b>Figure 27</b>	Abondance des espèces d'Odonates dans les eaux stagnantes permanentes	<b>75</b>
<b>Figure 28</b>	Abondance des espèces d'Odonates dans les eaux stagnantes temporaires	<b>76</b>
<b>Figure 29</b>	Richesses et abondances des Odonates des stations d'études de Bejaia	<b>92</b>
<b>Figure 30</b>	Carte factorielle des relations biotopes /espèces d'Odonates issue de l'AFC	<b>94</b>
<b>Figure 31</b>	Carte factorielle de l'apparition et répartition des Odonates en fonction des mois issue de l'AFC	<b>95</b>





## LISTE DES TABLEAUX

N°	Titre	Page
<b>Tableau 1</b>	Fonctions et services rendus par les zones humides	<b>08</b>
<b>Tableau 2</b>	Critères de comparaisons entre les Anisoptères et Zygoptères	<b>18</b>
<b>Tableau 3</b>	Nombre d'espèces d'odonates recensées par pays en Afrique du Nord	<b>34</b>
<b>Tableau 4</b>	Nombre d'espèces d'odonates endémiques d'Afrique du Nord	<b>36</b>
<b>Tableau 5</b>	Les principaux affluents de l'Oued Soummam et leurs débits moyens (m <sup>3</sup> /an).	<b>44</b>
<b>Tableau 6</b>	Températures mensuelles minimales, maximales et moyennes exprimées en degrés Celsius (°C.) dans la région de Bejaia (2008-2018)	<b>45</b>
<b>Tableau 7</b>	Moyennes mensuelles des précipitations en (mm) dans la région de Bejaia de (2008-2018)	<b>46</b>
<b>Tableau 8</b>	Caractéristiques des stations d'études de la région de Bejaia	<b>54</b>
<b>Tableau 9</b>	Liste des espèces d'Odonates recensés dans les différents biotopes de Bejaia	<b>67</b>
<b>Tableau 10</b>	Fréquences d'occurrences des espèces d'Odonates recensées	<b>72</b>
<b>Tableau 11</b>	Abondance relative des odonates recensés dans les milieux humide de la région de Bejaia	<b>76</b>
<b>Tableau 12</b>	Indices de diversité appliqués aux odonates dans les stations d'étude de Bejaia	<b>92</b>





## ACRONYMES

**IUCN** : International Union for Conservation of Nature (Union internationale pour la conservation de la nature)

**IUCN Red List** : Liste rouge de IUCN

**DD** : Data Deficient (Données insuffisantes)

**LC** : Least Concern (Préoccupation mineure)

**NT** : Near Threatened (Quasi menacée)

**VU** : Vulnerable (Vulnérable)

**EN** : Endangered (En danger)

**CR** : Critically Endangered (En danger critique)

**AERM** : Agence de l'eau Rhône-Méditerranée

**ASWB** : Annuaire statistique de la wilaya de Bejaia

**BNDR** : Bureau National de Développement de la Recherche

**DGF** : Direction générale des forêts

**DPAT** : Direction de planification et de l'aménagement de territoire

**ECP** : Eau courante permanente

**ESP** : Eau stagnante permanente

**EST** : Eau stagnante temporaire

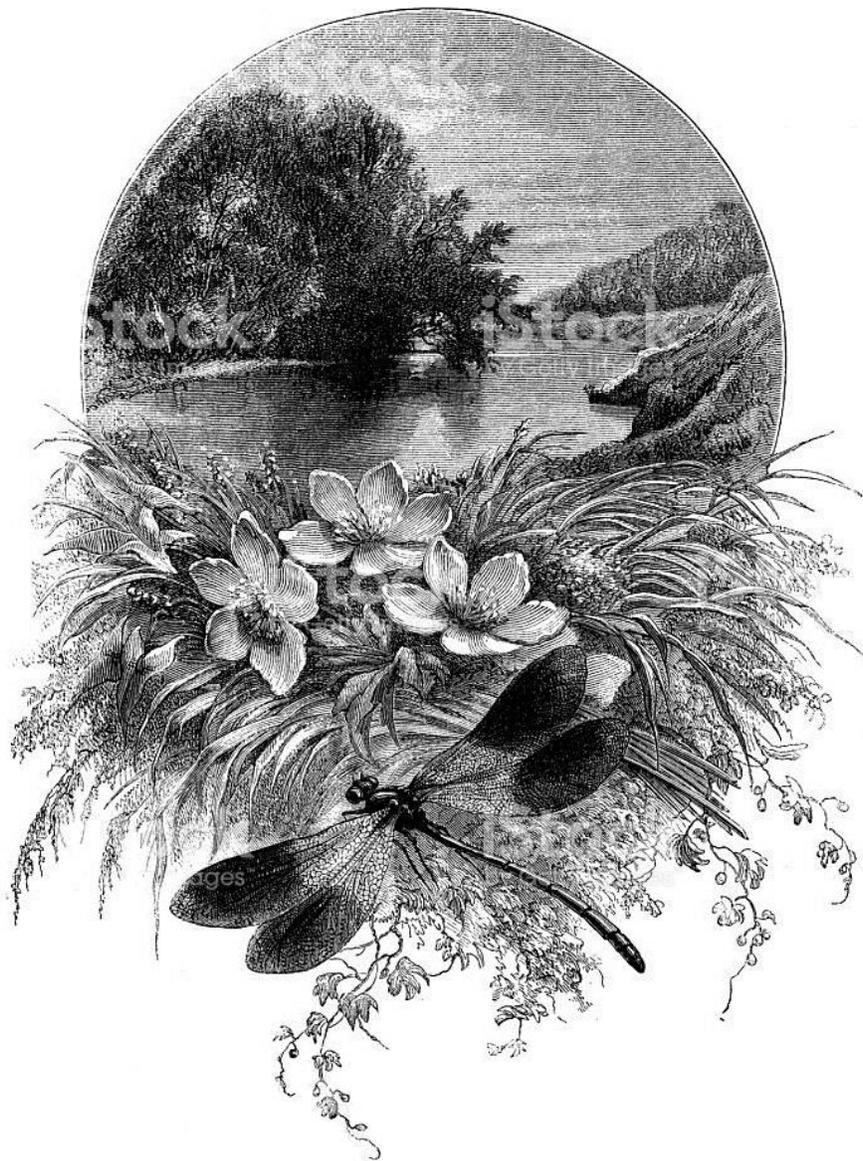
**Med Wet** : Mediterranean wetlands (Zones humides Méditerranéennes)

**PNUD** : Programme des nations unies pour le développement

**SMB** : Station Météorologique de Bejaia



# INTRODUCTION





## INTRODUCTION

Les milieux humides sont généralement reconnus comme étant parmi les écosystèmes les plus productifs et les plus diversifiés sur le plan de la flore et de la faune. Ces écosystèmes aquatiques continentaux jouent un rôle majeur dans le maintien de la biodiversité puisqu'ils abriteraient environ 6 à 8 % des espèces aujourd'hui décrites (Dudgeon *et al.*, 2006). Ils seraient ainsi 10 fois plus riches en moyenne que le reste des écosystèmes présents sur terre (Samways, 2008). La conservation de ces zones humides continentales, représente désormais un enjeu international mobilisant d'importants moyens politiques, humains et financiers (Kallis & Butler, 2001). L'Algérie est un vaste pays doté d'une riche palette de zones humides (Samraoui & Samraoui, 2008). Elle compte actuellement 1451 zones humides dont 50 classées comme sites d'importance internationale sur la liste Ramsar. Par sa Politique de l'eau, l'Algérie reconnaît d'ailleurs l'importance des milieux humides pour leur richesse écologique, leur biodiversité et pour leur fonction d'épuration. Considérant l'importance de ces zones, l'Algérie a déployée un cadre législatif pour leur conservation. Au plan national, on trouve plusieurs textes dont les plus importants sont: la loi portant régime général des forêts ; celle relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable ; la loi portant code des eaux ; la loi relative à la protection et à la préservation de certaines espèces animales menacées de disparition; la loi sur le littoral ; la loi phytosanitaire ; sans oublier le schéma directeur des espaces naturels et aires protégées et le plan national d'actions environnementales (Journal Officiel de la République Algérienne N° 61 du 21 octobre 2010)

[<https://www.joradp.dz> > ftp > jo-francais > 2010 > f2010061].

Au plan international, elle a rejoint la Convention Ramsar sur l'utilisation rationnelle des zones humides dès 1982 ; la convention sur le commerce international des espèces de la faune et de la flore sauvages menacées d'extinction ; la convention sur la diversité biologique et les conventions des Nations unies sur les changements climatiques et celle sur la lutte contre la désertification (P.N.U.D., 2015). Malgré ces lois et règlements, et malgré les programmes et stratégies de conservation mis en œuvre, actuellement en Algérie, les milieux humides ne sont régis par aucune législation spécifique. La problématique demeure bien présente et de fortes pressions s'exercent encore sur ces écosystèmes car ils sont souvent situés en zone agricole près des centres urbains, là où les pressions humaines sont les plus fortes.

Parmi les nombreux groupes taxonomiques abrités par les zones humides, on trouve les odonates. Ce taxon utilise surtout des eaux douces et saumâtres. Certains d'entre eux se



spécialisent dans différents types d'eau lotique (courante), des ruisseaux aux grandes rivières, tandis que d'autres utilisent des plans d'eau lenticques (stagnants), notamment des lacs, des étangs et des réservoirs, ainsi que des plans d'eau temporaires (Corbet, 1999). Malheureusement, ils sont continuellement menacés de pollution et de dégradation de leur habitat (Dudgeon *et al.*, 2006 ; Garcia *et al.*, 2010). Dans le bassin Méditerranéen, 20% des espèces sont menacées d'extinction et environ 2,5% sont actuellement éteintes à l'échelle régionale (Riservato *et al.*, 2009). La proportion d'espèces menacées en Afrique du Nord est plus élevée (31,6 % selon Samraoui *et al.*, 2010) que les 10 % d'espèces évaluées à ce jour dans le monde (Clausnitzer *et al.*, 2009). Les Odonates, comme beaucoup d'autres groupes d'animaux, sont sensibles aux changements environnementaux tels que l'urbanisation, la pollution, la qualité de l'eau (Corbet, 1999 ; Remsburg *et al.*, 2008 ; Garcia *et al.*, 2010). Cette sensibilité fait des Odonates des espèces indicatrices reflétant les impacts et les pressions sur les zones humides. Ils représentent donc un groupe intéressant pour évaluer la santé des habitats aquatiques et leur biodiversité (Ferrerias-Romero *et al.*, 2009).

Bejaia, située dans le nord-est de l'Algérie, est une ville en développement qui a connu une forte croissance démographique et industrielle qui a eu un impact significatif sur les trois matrices de l'environnement ; la terre, l'air et l'eau. Mais le plus touché et qui a des incidences sur la faune aquatique reste le milieu aquatique. Sur le plan socio-économique, la région, connaît une forte pression anthropique où l'agroalimentaire, l'agriculture, l'élevage, la pêche et le tourisme représentent les principales activités économiques. Ces activités, dont la plupart anarchiques et sans contrôles, contribuent à la dégradation de ces milieux aquatiques. Les activités agricoles, principalement les cultures arboricoles, maraîchères et fourragères, sont pratiquées à proximité des zones humides. Quant à l'élevage (bovin, ovin, caprin), il est extensif et se développe à travers les zones humides et les forêts de chênes.

Des études sur la qualité de l'eau et les libellules en termes de biodiversité et de nombre ont été menées dans le monde entier (Catling, 2005). Leur biodiversité, leur écologie et leur biologie évolutive sont bien documentées, ce qui fournit une base solide pour tirer des conclusions générales (Cordoba-Aguilar, 2008). En effet, les Odonates sont actuellement l'un des groupes d'insectes les plus étudiés et les plus connus en raison de leur nombre relativement faible d'espèces (à peine plus de 6000) et de leur identification relativement facile au niveau des espèces. Malgré cela, les connaissances sur ce groupe restent inexistantes ou incomplètes dans plusieurs régions algériennes, et Bejaia, région côtière du nord-est de l'Algérie, en fait partie. Avant la réalisation de la présente étude, les données disponibles sur les libellules de Bejaia se



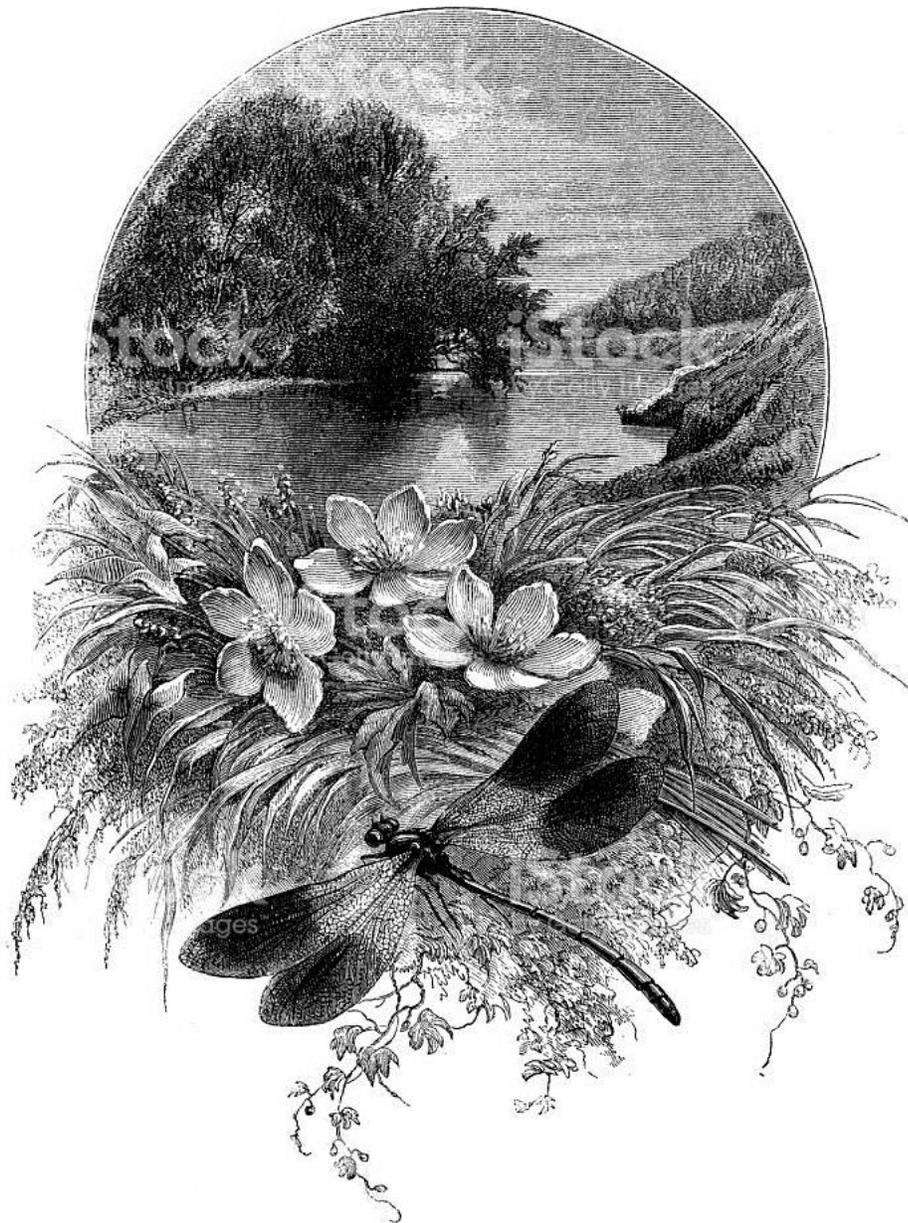
limitaient à quelques prospections sur le lac Mezaia (Moali & Durand, 2015 ; Allegrini *et al.*, 2006). La répartition et le statut des libellules sont assez bien documentés en Afrique du Nord, en particulier au Maroc, grâce à diverses publications importantes, telles que celles réalisées par (Jacquemin, 1984, 1994 ; Jacquemin & Boudot, 1999 ; Boudot, 2008 ; El Haissoufi *et al.*, 2008 ; Boudot *et al.*, 2009 ; Boudot & De Knijf, 2012 ; Boudot & Kalkman, 20015). Toutefois, des connaissances similaires n'ont pu être accumulées en Algérie, sauf dans le nord-est du pays. En effet, au cours des dernières décennies, de nombreuses études sur les Odonates algérien sont apparues, mais la plupart d'entre elles sont concentrées en Numidie, à l'extrême nord-est de l'Algérie (Samraoui *et al.*, 1998 ; Samraoui & Menai, 1999 ; Samraoui & Corbet, 2000 a,b ; Samraoui, 2009, Khélifa *el al.*, 2011, 2013, 2016 ; Zebza *et al.*, 2015 ; Guebailia *et al.*, 2016 ; Khelifa, 2017). C'est pour ces différentes raisons que la présente étude a été menée dans la région de Bejaia pour améliorer les connaissances de la diversité et de l'écologie des Libellules dans les différents biotopes humides. Le but principal est de dresser un état des lieux des zones humides et des libellules et de mettre également à jour la liste des espèces d'Odonates et de compléter leur distribution dans la région.

Après avoir, introduit la problématique et les objectifs assignés à ce travail de recherche. Le document présenté s'organise en quatre chapitres. Le premier chapitre, consacré au contexte de l'étude, présente en premier lieu le rôle écologique des zones humides et en deuxième lieu la bio écologie des odonates. Le deuxième, présente brièvement les caractéristiques physiques et bioclimatiques du site d'étude. Le troisième chapitre décrit la démarche adoptée pour la réalisation de ce travail fondée sur les techniques et méthodes employées pour la réalisation des enquêtes de terrain à savoir : le suivi des odonates et une rétro-observation de l'état des milieux humides sélectionnés. Le quatrième chapitre, fera l'objet d'une synthèse générale où les résultats obtenus seront discutés. Enfin, une conclusion qui tentera de dégager l'intérêt et l'apport que représentent nos analyses et des perspectives pour les travaux à venir.



# CHAPITRE I

## SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE



## Chapitre I. Synthèse bibliographique

Le premier chapitre de cette thèse, est consacré au contexte de l'étude. Il traite la bibliographie relative aux zones humides et les odonates. Il présente en premier lieu le rôle écologique des zones humides et en deuxième lieu la bio écologie des odonates.

### Partie I. Généralités sur les zones humides

#### I.1. Préambule

Marais, tourbières, prairies humides, lagunes, ... entre terre et eau, les zones humides présentent de multiples facettes. Elles ont longtemps été considérées par les spécialistes du développement rural comme des milieux stériles et insalubres, des foyers de maladies et un paradis pour les moustiques. Peu à peu cependant, à mesure que les connaissances des valeurs des écosystèmes humides naturels sont améliorées, les attitudes ont changés car les zones humides sont de grands centres de diversité biologique (Skinner *et al.*, 1994).

Mais suite à leurs régressions spectaculaires par les activités humaines et les changements globaux ; une véritable croisade internationale s'est donc constituée pour leur préservation. Initiée au début par des mouvements associatifs sensibilisés à la préservation de ces milieux, cette prise de conscience de ces milieux fragiles a marqué un changement d'attitude avec l'apparition du premier traité mondial moderne de l'environnement sur les zones humides, sert de cadre à la conservation et à l'utilisation rationnelle de ces espaces, qui doit son nom à la « Convention de Ramsar » [<https://www.ramsar.org>].

#### I.2. Définitions

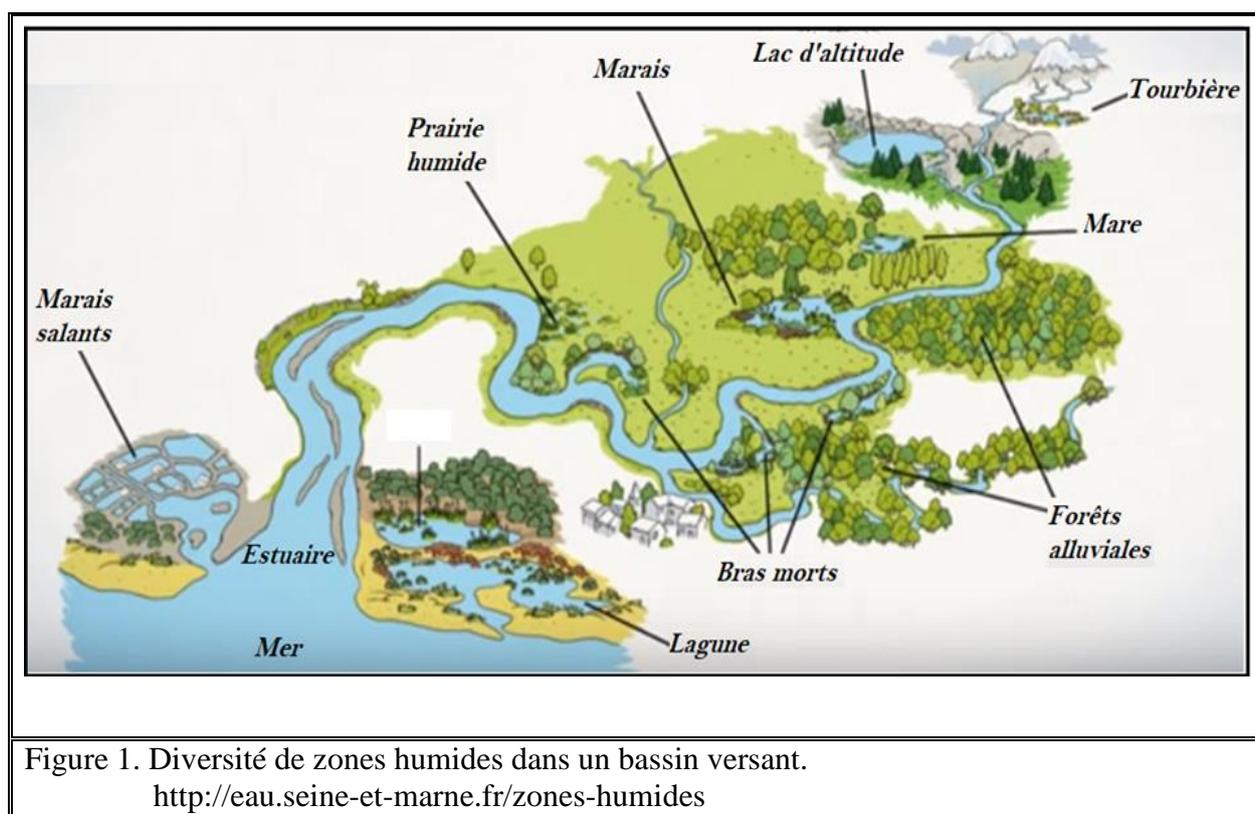
L'expression "zones humides" regroupe toute une gamme d'écosystèmes de transition entre le milieu terrestre et le milieu aquatique. De nombreuses définitions ont été proposées pour préciser ce qu'elle recouvre réellement, mais on retiendra ici que deux, les plus largement adoptées.

##### I.2.1. Définition juridique

Elle a été adoptée en 1986, par la Convention Ramsar :

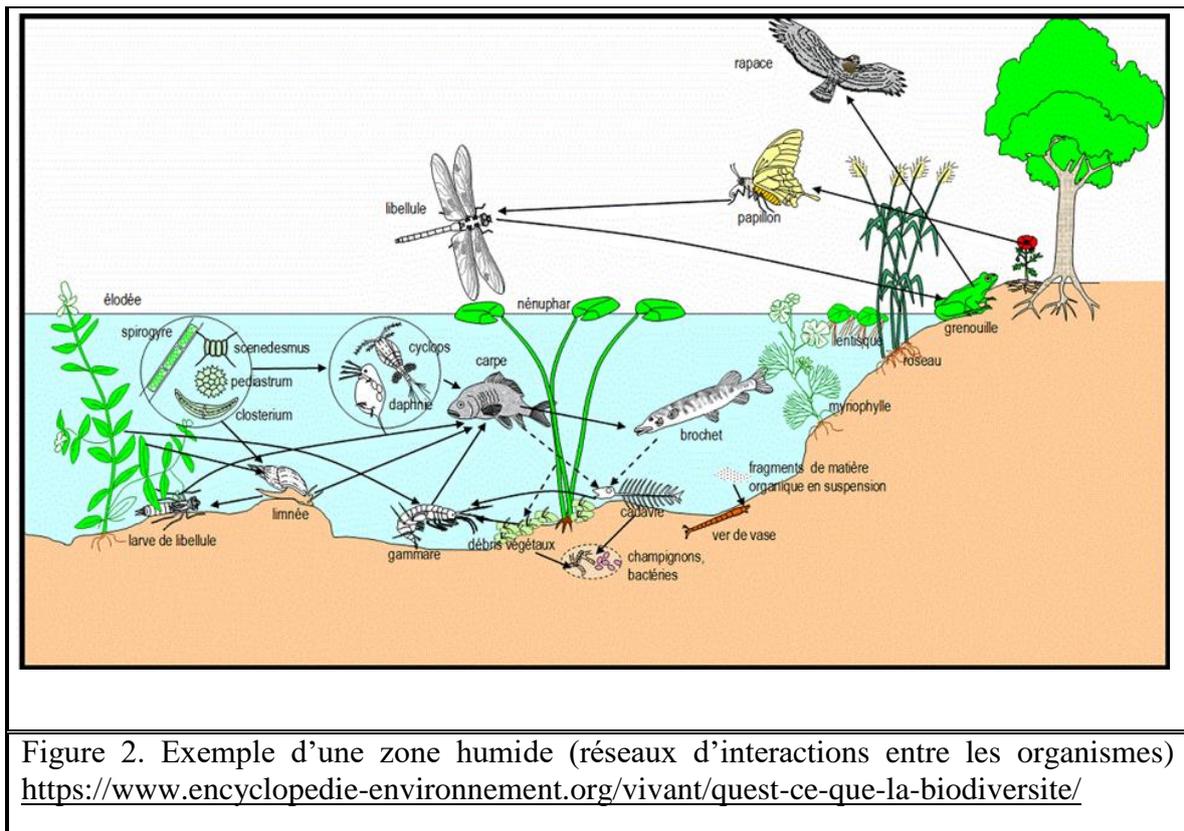
"Les zones humides sont des étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce,

saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres" (fig.1). De plus le texte précise que les zones humides "pourront inclure des zones de rives ou de côtes adjacentes à la zone humide et des îles ou étendues d'eau marine d'une profondeur supérieure à six mètres à marée basse, entourées par la zone humide". (art.1.1). Incluant également : "des zones de rives ou de côtes adjacentes à la zone humide et des îles ou des étendues d'eau marine d'une profondeur supérieure à six mètres à marée basse, entourées par la zone humide". (art.2.1).



### **I.2.2. Définition scientifique**

Une autre définition plus précise a été élaborée en 1991 par un expert français (Barnaud, 1991) "Les zones humides se caractérisent par la présence, permanente ou temporaire, en surface ou à faible profondeur dans le sol, d'eau disponible douce, saumâtre ou salée, souvent en position d'interface, de transition, entre milieux terrestres et milieux aquatiques... Enfin, elles nourrissent et/ou abritent de façon continue ou momentanée des espèces animales inféodées à ces espaces..." (fig.2) ci-dessous.



### I.3. Le contexte réglementaire

Des outils et des réglementations ont été mis en œuvre afin d'instaurer et définir l'objectif d'une gestion équilibrée de la ressource en eau, s'appliquant à toutes les zones humides.

#### I.3.1. Au niveau international

Les zones humides sont prises en charge par des conventions internationales telles que :

##### I.3.1.1 La convention de Ramsar

La convention de Ramsar, nom de la ville d'Iran où elle fut adoptée le 2 février 1971, est un traité intergouvernemental qui constitue le cadre de la coopération internationale en matière de conservation et d'utilisation rationnelle des zones humides. Signée en 1971, la convention est entrée en vigueur en 1975 et compte actuellement 169 parties contractantes avec 2231 sites classés. La convention a pour mission de favoriser la conservation et l'utilisation rationnelle des zones humides par des mesures prises au plan national et par la coopération internationale, comme moyens de parvenir au développement durable dans le monde entier.

Parmi les pays contractants à cette convention, on trouve l'Algérie avec 50 sites classés d'importance internationale. L'adhésion de l'Algérie à la convention de Ramsar le 11 décembre 1982, avec le classement de deux premiers sites sur la liste des zones humides d'importance internationale en 1983 : le lac Tonga et le lac Oubeira situés tous deux dans le

complexe de zones humides d'El Kala (wilaya d'El Tarf). La vallée d'oued Soummam quant à elle, a rejoint la liste le 18 décembre 2009, Situé dans le nord-est du pays (wilaya de Bejaia).

### **I.3.1.2. L'organisation Med Wet**

La convention de Ramsar ne fait référence qu'à un seul critère : la présence de l'eau. Cela s'explique par le fait que l'objectif de cette convention étant de protéger les oiseaux d'eau. C'est pourquoi la méthode Med Wet a proposé et testé des critères plus détaillés pour l'identification et la délimitation des zones humides, tenant compte de la présence d'attributs essentielles, liés à l'hydrologie, aux sols et à la végétation. (Costa *et al.*, 1998).

Fondée en 1991, initié particulièrement pour les zones humides méditerranéennes (Med Wet) rassemble 26 pays méditerranéens et périméditerranéens qui font parties à la Convention sur les zones humides.

La mission de Med Wet, qui s'inscrit dans le cadre de la Convention de Ramsar, est de soutenir la protection effective des fonctions et valeurs des zones humides et l'utilisation durable de leurs ressources et services.

### **I.3.2. Au niveau national (Algérie)**

L'Algérie comme le reste du monde a adhéree aux différentes conventions et chartes relatives à la protection de l'environnement, elle a institué différentes lois dans le cadre de la protection de la nature et des écosystèmes et des différents espaces et espèces important sur son territoire. Dans le cadre de la protection des zones humides l'Algérie a initié la loi n° 11-02 de 17 février 2011 relative aux aires protégées dans le cadre du développement durable. La loi portant régime général des forêts ; la loi portant code des eaux ; la loi relative à la protection et à la préservation de certaines espèces animales menacées de disparition ; la loi sur le littoral ; la loi phytosanitaire ; sans oublier le schéma directeur des espaces naturels et aires protégées et le plan national d'actions environnementales.

Malgré ces lois et règlements, et malgré les programmes et stratégies de conservation mis en œuvre, actuellement en Algérie, les milieux humides ne sont régis par aucune législation spécifique. La problématique demeure bien présente et de fortes pressions s'exercent encore sur ces écosystèmes.

### **I.4. Caractéristiques des zones humides**

Une zone humide est caractérisée par :

- ✈ Le degré de la salinité de l'eau, celle-ci peut être douce, saumâtre ou salée ;
- ✈ Le niveau d'eau (élevé, faible et variable) ;
- ✈ La durée de submersion : une zone humide peut être permanente ou temporaire ;

- ✂ Présence ou absence de végétation hygrophile ;
- ✂ Composée d'espèces adaptées à la submersion ou aux sols saturés d'eau ;
- ✂ La nature de la zone humide (naturelle / artificielle) ;
- ✂ La stabilité de l'eau dont les zones humides continentales comprennent :
  - Eaux dormantes : étangs, lacs, lagunes, mares, retenues collinaires et barrages ;
  - Eaux courantes : fleuves, rivières, ruisseaux et leurs sources ;
  - Zones inondables et/ou hygromorphes : bois marécageux, forêts alluviales ou humides, aulnaies, roselières, saulaies, marécages, prairies alluviales ou humides, ripisylves, plaines et vallées alluviales

### I.5. Fonctions et services rendus par les zones humides

Le (tab.1) ci-dessous présente une liste des principales fonctions et des services rendus par les zones humides. Il pourra être utilisé lors de l'élaboration d'un plan de gestion, pour évaluer la situation du site étudié par rapport à chacun des éléments cités.

Tableau 1. Fonctions et services rendus par les zones humides. (Source : A.E.R.M., 2015)

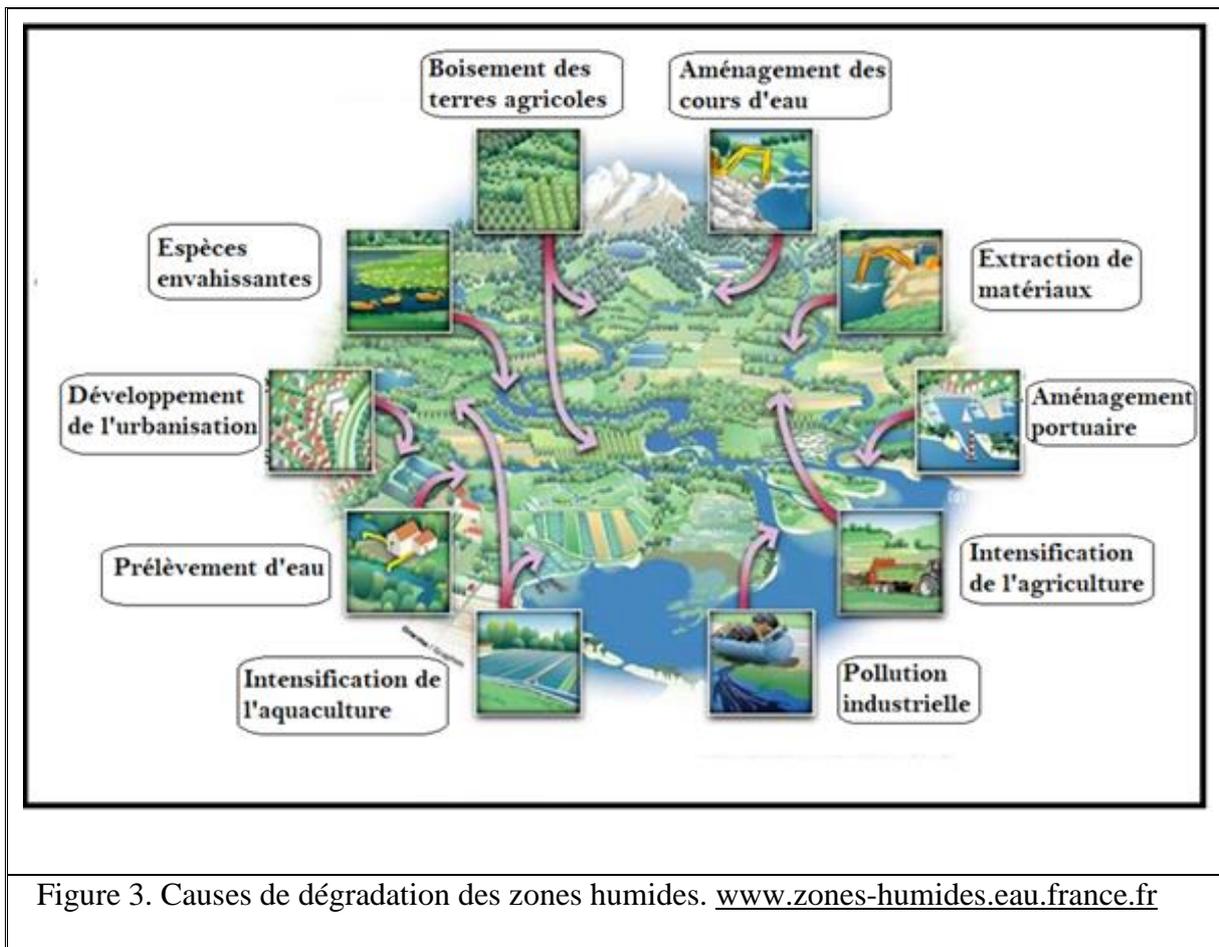
<b>Fonction majeure</b>	<b>Services rendus</b>
<b>Hydrologique / hydraulique</b>	<b>Services de régulation</b>
	Soutien des étiages
	Recharge des nappes souterraines
	Stockage durable des eaux de surface
	Régulation du climat
	<b>Services de production</b>
	Production d'eau (potable, agricole ou industrielle)
	Production d'énergie (hydro-électricité)
	<b>Services culturels</b>
	Patrimoine local
<b>Physique / biogéochimique</b>	<b>Services de régulation</b>
	Protection des sols contre les érosions
	Soutien du débit solide du cours d'eau
	Rétention des polluants (dans les sédiments, les végétaux ou les sols)
	Stockage de matières organique
	Régulation des nutriments (dénitrification - piégeage du carbone etc...)
	<b>Services de production</b>
Production de sel	
<b>Biologique / écologique</b>	<b>Services de régulation</b>
	La biodiversité participe aux services de régulation cités plus haut
	Pollinisation
	Effet sur la santé (rôle du cadre de vie, régulation des maladies)
	<b>Services de production</b>
	Agriculture (élevage, production de foin, riziculture, récolte de roseaux...)
	Sylviculture liée au caractère humide de la zone
	Conchyliculture – Aquaculture - pêche
<b>Services culturels</b>	

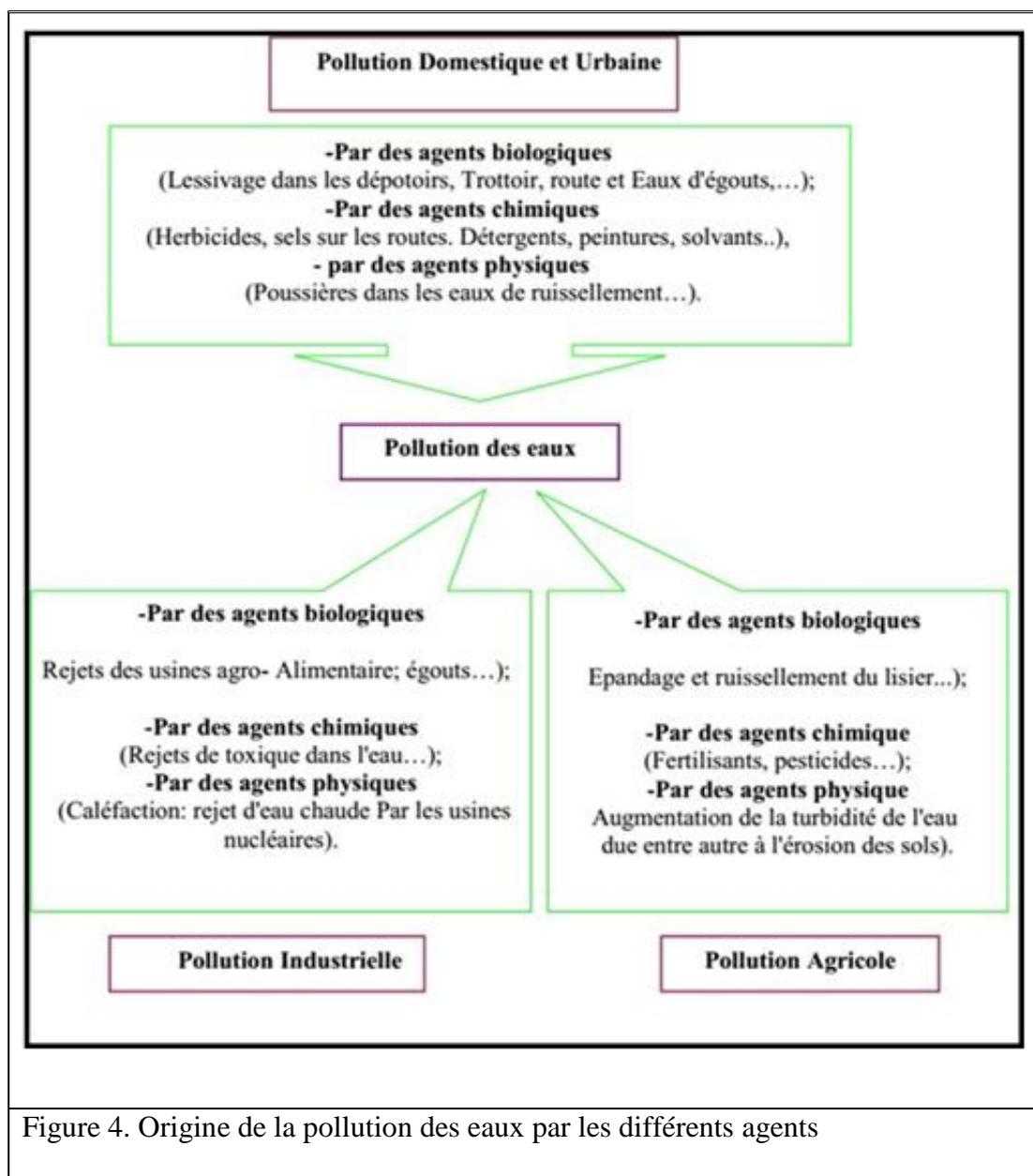
	Chasse et Pêche de loisir
	Activités sportives
	Support d'activités artistiques, éducatives et scientifiques
<b>Remarque :</b> certaines activités peuvent être à la fois un service des zones humides ou un facteur de dégradation des zones humides.	

### I.6. Les menaces pesant sur les zones humides

Les zones humides sont des écosystèmes très complexes, vulnérables, et dont le fonctionnement n'est cependant pas encore bien connues ni bien compris. Ces milieux, malgré les énormes services écologiques et économiques qu'on leur reconnaît, et malgré la prise de conscience de leur valeur et de l'augmentation des moyens mis en œuvre pour les préserver, elles continuent à être fortement impactées par des aménagements qui les dégradent. Il existe un grand nombre de menaces qui pèsent sur ces milieux. La (fig.3) ci-dessous résume les principaux types de pression s'exerçant sur les zones humides.

Mais le facteur qui pèse sérieusement reste la pollution domestique et urbaine (Fig.4).

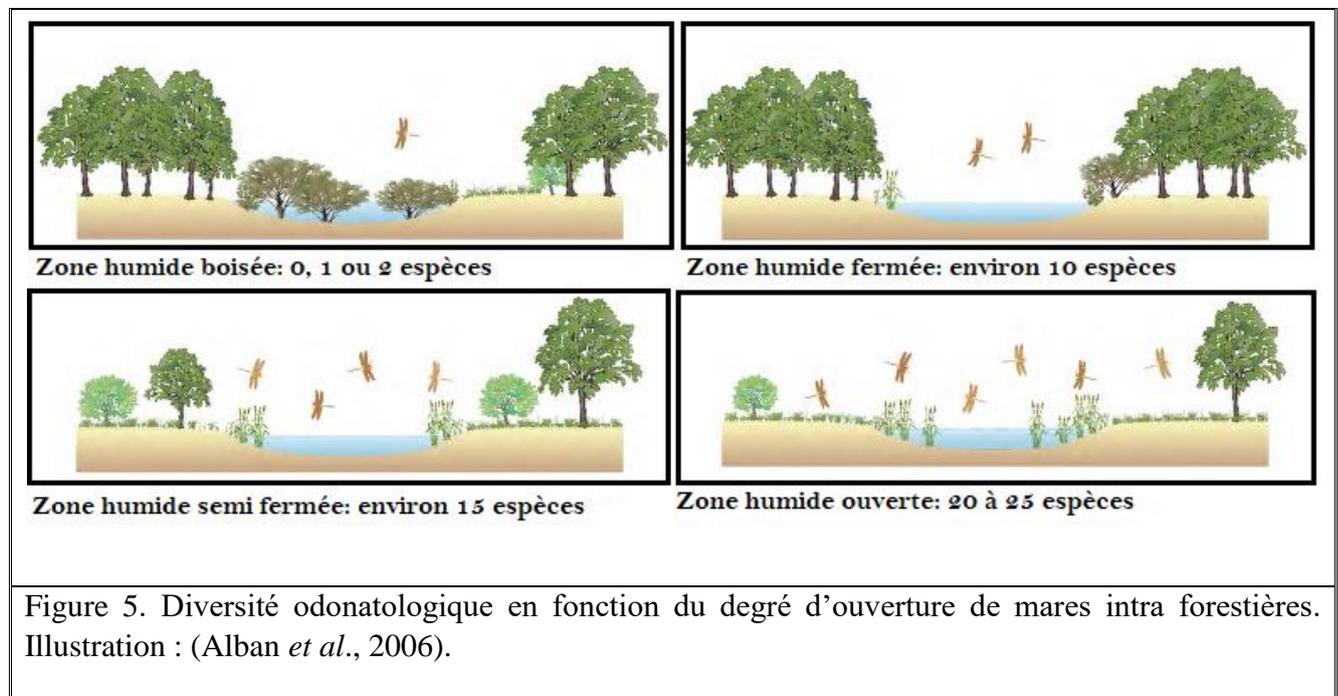


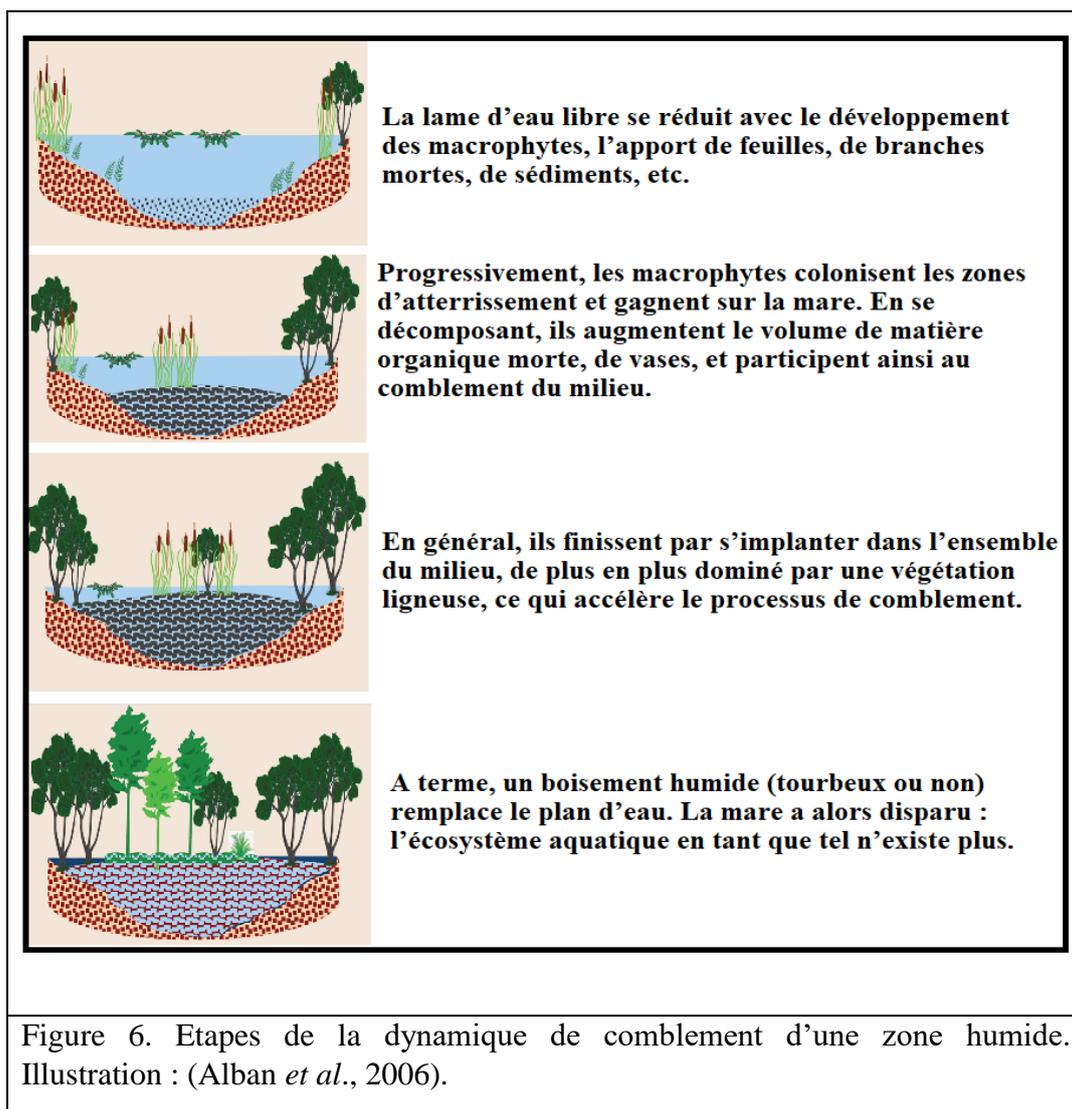


L'altération des zones humides est également accentuée par d'autres conditions naturelles défavorables, comme la fragilité des sols et l'agressivité du climat. Cela a été le cas pour de nombreuses zones humides en Algérie, le lac Haloulla dans la Mitidja, qui a totalement disparu, ou les marais de la Macta, le lac de Fetzara et le lac Tonga qui ont subi plusieurs tentatives d'assèchement, qui heureusement ont toutes échouées (D.G.F., 2004).

Une grande partie des atteintes est aussi liée à l'abandon et à la méconnaissance du statut de certaines zones humides, et des enjeux liés à ces mêmes zones humides. C'est le cas d'ailleurs des étangs et mares temporaires forestières qui se trouvent dans certains cas prisonniers par

une végétation très dense (fig.5). D'autres, disparaissent silencieusement au profit d'autres écosystèmes sous l'effet du comblement par la chute de feuilles et du bois mort et également par l'envahissement de la végétation ligneuse (fig.6). Tout cela, joue en défaveur de la faune inféodée à ces milieux en particulier les odonates qui sont exigeantes aux milieux ouverts et bien ensoleillés riches en végétation aquatique. En effet, les caractéristiques, les conditions biologiques, la situation géographique, l'environnement de ces zones conditionnent le peuplement qui peut aller, suivant les cas, de l'absence d'espèce (mare forestière très fermée) à plus d'une vingtaine dans les meilleures conditions (mare ouverte, mare de lisière, envahie par les héliophytes et les hydrophytes) (Alban *et al.*, 2006).





La préservation de ces habitats passe donc par l'information des acteurs concernés, par la mise en œuvre de mesures de gestion adaptées et par l'intégration des zones humides dans les projets planifiés à l'échelle locale (Alban *et al.*, 2006).

## Partie II. Généralités sur les Odonates

### I.7. Les odonates entre mythes et croyances

Avec ces filles de l'air que sont les libellules, nous avons une longue histoire commune, dont les premiers témoignages remontent à plus de deux millénaires avant notre ère, au Proche-Orient égyptien. Bien que ces insectes n'aient pas d'impacts sur nos modes de vie, nos relations avec eux restent compliquées en Occident. Nous avons encore parfois une attitude méfiante à leur égard, et cela était souvent bien pire dans le passé (Boudot *et al.*, 2017).

La diversité des noms populaires donnés aux libellules reflète l'influence de croyances et de mythes apparus avec force au moyen âge au sein des populations mystiques occidentales. Le mot libellule a longtemps été associé à une image négative. Au Moyen-Age, on les affubla de qualificatifs liés au diable, au dragon. Elles étaient considérées comme des esprits diaboliques. D'ailleurs, la traduction anglaise de cet ordre (Dragonfly) veut dire «dragon volant». Aujourd'hui, même si les mentalités ont changé, on pense toujours que les libellules mordent et sucent le sang « Tire sang » et qu'elles sont capables de crever les yeux « crève-œil », « Aiguille du diable » (Le Quellec, 1990). Mais nos réticences s'estompent bien vite lorsque nous tombons sous le charme de leur beauté naturelle. En effet, dans certaines contrées, les libellules sont symbole de l'élégance et de délicatesse « Dame ou belle dame» appellation liée au charme, « Mademoiselle ou Demoiselles » par référence aux petites espèces remarquables par la longueur de leur corps et leur taille étroite (Boudot *et al.*, 2017). Dans la mythologie Germanique, elle est associée à « Freyja » Déesse de la jeunesse et de l'amour. Dans d'autres contrées les libellules étaient perçues comme étant de bon augure par les pêcheurs (lui indiquant la présence d'eau poissonneuse).

Des croyances plus anciennes font de la libellule un objet de culte. La libellule, symbole de la joie et de la renaissance, est un emblème national au Japon. Elle symbolisait la victoire après la bataille, elles furent utilisées comme emblème sur les casques et les bottes des Samourais (D'Aguilar & Doummanget, 1998). De plus, les Mayas l'utilisaient comme animal spirituel de leur déesse de la créativité, Ix Chel. On pense que la magie de la libellule l'a sauvée de la mort. En plus des Mayas et des Japonais, les Amérindiens utilisent la libellule comme le symbole des âmes disparues [<https://mesanimaux.com/actualites/tout-sur-la-libellule-ce-grand-insecte-aile/>]

En Algérie : on leur donne différentes appellation. Au Nord du pays, on les appelle « Coptères ou l'ecoptère » qui fait allusion à l'hélicoptère et « Chouatanes » qui signifie les diables. Dans

la petite Kabylie, on les surnomme «Timni». Au Sud, les odonates ont d'autres appellations « Semsoumia » ou « Djarad El-Maghreb».

## **I.8. Bref historique sur les odonates et l'odonatologie**

### **I.8.1. Origines des odonates**

Avec les Ephéméroptères, les Odonatoptères sont considérés par les paléontologues comme étant les insectes les plus anciennement apparus sur terre. Ils ont une longue histoire dont témoignent de nombreux fossiles (Testard, 1981). En effet, les odonates actuels sont les descendants d'espèces fossilisées dont les origines remontent au moins au début du Carbonifère. Il y a environ 300 millions d'années, les libellules très archaïques volaient parmi la végétation luxuriante des forêts humides du carbonifère (Mc Gavin, 2000).

Le premier odonate connu est une libellule, *Meganeuropsis permiana*, qui mesurait 30 cm de long pour 70 cm d'envergure (fig.7.). Ce géant des airs est apparu il y a plus de 300 millions d'années au Carbonifère (de 355 à 295 millions d'années avant notre ère). Il est considéré comme le plus grand insecte n'ayant jamais existé (Silsby, 2011 ; Grimaldi & Engel, 2005 ; Beckemeyer & Hall, 2007), ce qui représenterait chez les oiseaux, la taille d'un épervier (Moreno-Benitez & Ripoll, 2018).



Fig.7. Fossile de Meganeuridae (Source : Muséum des Sciences Naturelles de Bruxelles).

Si les libellules que l'on trouve aujourd'hui sont bien plus petites que leur ancêtre, c'est que leur écosystème a beaucoup évolué. L'apparition des premiers dinosaures sous forme de prédateurs volants et la diminution de l'oxygène dans l'air entre la fin du Permien (de 299 à 251 million d'années avant notre ère) et la fin du Trias (de 251 à 200 millions d'années avant notre ère), impactent les populations d'odonates dont la taille diminue (INRA & OPIE, 2014). C'est au Permien, il y a plus de 110 millions d'années, qu'apparaissent, dans des régions froides du Gondwana, les formes les plus proches de nos libellules actuelles, les Permodonates. Ceux-ci regroupent alors trois grands groupes : les Permanisoptères, les Protozygoptères et les Protanisoptères. Ils disparaissent au Trias, il y a entre 70 et 65 millions d'années. Il y a 60 millions d'années se différencient trois grands groupes d'odonates, issus respectivement des trois grands groupes de Permodonates : les Anisoptères, les Zygoptères et les Anisozygoptères. Le groupe des Anisozygoptères ne comporte plus aujourd'hui que deux espèces, véritables fossiles vivants que l'on peut observer au Japon ou dans l'Himalaya (Manolis, 2003).

### **I.8.2. Rétrospective sur l'odonatologie**

L'odonatologie y est en pratique depuis longtemps, le naturaliste Toussaint de Charpentier a publié la première synthèse des libellules d'Europe en 1840.

Au cours des 50 dernières années, des avancées majeures en odonatologie ont été accomplies. En effet, des progrès importants ont été réalisés dans la connaissance des odonates en systématique mais aussi dans divers aspects biologiques, écologiques et comportementaux. Ainsi, l'histoire de l'odonatologie peut se résumer selon Khelifa *et al.* (2017) en quatre époques : Selys (systématique), Tillyard (biologie), Corbet (comportement et écologie) et la période de (bénévolat, phylogénétique et changement climatique) (fig.8).

Chaque époque commence lorsque sa principale contribution à l'odonatologie a été publiée, et s'arrête lorsque la contribution significative suivante est apparue. Cependant, l'influence de chaque époque ne s'arrête jamais puisque les progrès de chaque époque se sont construits sur les connaissances de base des époques suivantes et ont formé la science actuelle de l'odonatologie. Les trois premières époques ont été nommées d'après des scientifiques, mais la quatrième ne l'a pas été. On l'a appelée l'ère de l'épanouissement parce qu'elle se caractérise non seulement par une augmentation extraordinaire de la popularité des odonates dans les études scientifiques, mais aussi par les contributions écrasantes de volontaires et de citoyens scientifiques venant d'horizons différents (Khelifa *et al.*, 2017).

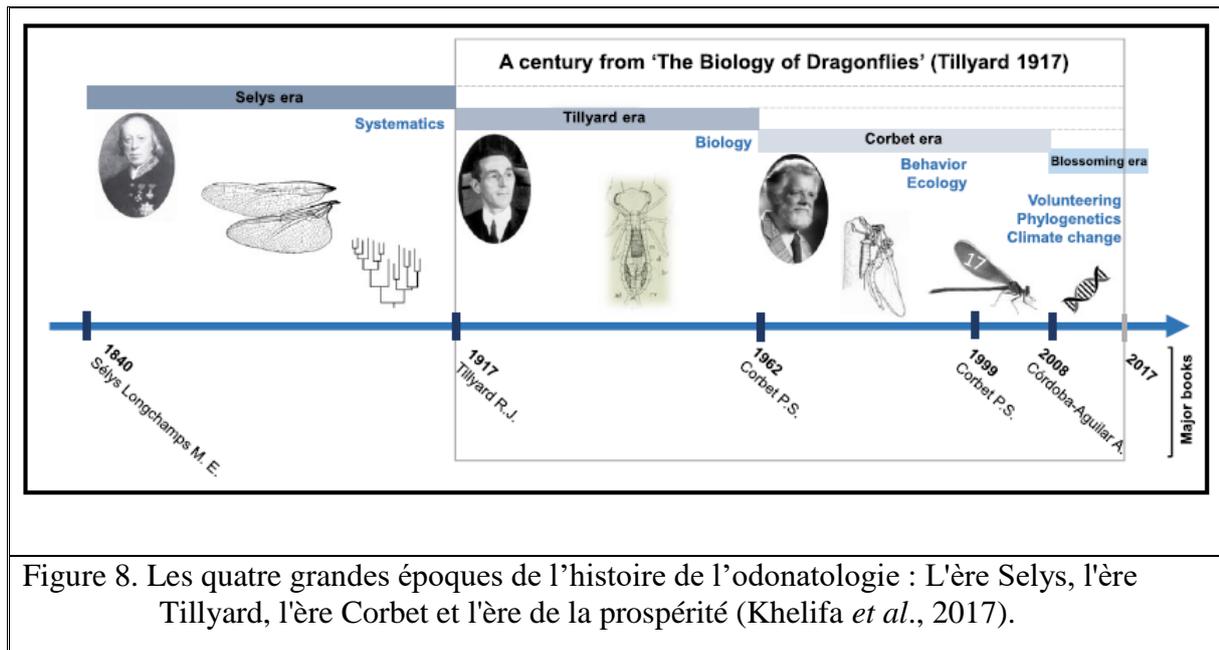


Figure 8. Les quatre grandes époques de l’histoire de l’odonatologie : L’ère Selys, l’ère Tillyard, l’ère Corbet et l’ère de la prospérité (Khelifa *et al.*, 2017).

## I.9. Généralités sur les odonates

### I.9.1. Etymologie

C’est en raison d’une particularité anatomique induite par la forme des mandibules des adultes que le naturaliste Fabricius donna aux libellules le nom d’Odonata en 1792, qui s’est francisé en Odonate. Ce nom est la contraction des mots grecs odonto (dent) et gnathos (mâchoire), et signifie (mâchoire dentée).

En revanche, l’origine du nom libellule est incertaine. C’est Linné lui-même qui a introduit le nom *Libellula* dans son célèbre ouvrage *systema naturae* de 1758. Selon les éditions actuelles des dictionnaires de la langue Française, *Libellula* dérive du latin «libella», qui signifie niveau, par allusion au vol plané horizontal de ces insectes. Alors que «libellule», dérivé des mots latins «libellula» et «libellus», signifiant «petit livre», rappelle la position des ailes tenues fermées comme les pages d’un livre (Boudot *et al.*, 2017). Pour d’autres, le mot Libellule vient du latin signifie «niveau» (comme le niveau du maçon) ou bien « Libra », qui signifie « Balance » probablement en référence au vol plané parfaitement horizontal qu’adopte souvent la libellule. Dans les deux cas, il s’agit d’instrument de mesure et d’équilibre, ce que représente la balance (Ternois, 2003).

## **I.9.2. Systématique et classification**

Ce groupe d'insecte est divisé en trois sous-ordres ; notamment les Anisoptères (libellules) (8 familles vivantes actuellement), les Zygoptères (demoiselles) (17 familles vivantes) et les Anisozyoptères (une seule famille). Seuls les Zygoptères et les Anisoptères ont des représentants africains (Testard, 1981). La quasi-totalité de la diversité de l'ordre est représentée par les Anisoptères et les Zygoptères. Le sous-ordre des Anisozyoptères, cependant, est représenté que par deux espèces appartenant à la même famille ; une vivante dans les montagnes de Himalaya et l'autre au Japon. Cependant, des évidences de fossiles de 10 familles éteintes indiquent une diversité plus grande dans ce sous-ordre. La diversité du groupe d'odonates reste toujours à explorer car 60 nouvelles espèces africaines ont été récemment décrites (Dijkstra *et al.*, 2015).

- ✈ **Règne** : Animalia
- ✈ **Embranchement** : Arthropoda
- ✈ **Sous Embranchement** : Hexapoda
- ✈ **Classe** : Insecta
- ✈ **Sous Class** : Pterygota
- ✈ **Ordre** : Odonata
- ✈ **Sous Ordre** : Anisoptera – Zygoptera

## **I.9.3. Description des sous-ordres**

Les Odonates ou Libellules se distinguent des autres Insectes non seulement par leur morphologie caractéristique tant chez l'adulte que chez la larve, mais surtout par des particularités structurales qui leur sont propres et qui sont, pour l'essentiel : l'existence chez le mâle de pièces génitales (genitalia) accessoires tout à fait à l'écart des voies génitales, et l'existence chez la larve d'un labium articulé : le masque, qui recouvre les autres pièces buccales (Testard, 1981).

Les Odonates regroupent deux sous-ordres : les demoiselles (Zygoptera) et les libellules (Anisoptera). Les deux sous ordres se distinguent par leur anatomie, mais leur cycle de vie et leurs mœurs sont fondamentalement semblables.

### **I.9.3.1. Les Anisoptères**

Les Anisoptères regroupent les Odonates de taille moyenne et grande, à tête sphéroïde, aux yeux globuleux et massifs, A l'abdomen allongé et souvent élargi, au vol puissant et rapide dans la majorité des cas. Au repos, les Anisoptères maintiennent leurs ailes en position

horizontale ou subhorizontale (Testard, 1981). Les ailes antérieures et postérieures sont toujours dissemblables (les ailes antérieures sont plus étroites que les postérieures), ailes toujours écartées du corps (D'Aguilar *et al.*, 1985).

### I.9.3.2. Les Zygoptères

Les Zygoptères sont des Odonates aux formes grêles, le plus souvent de petite taille, aux yeux nettement séparés, rejetés aux extrémités latérales de la tête, à l'abdomen toujours mince, parfois extrêmement long, au vol lent et de faible puissance et portant leurs ailes accolées verticalement au repos (Testard, 1981). Les deux paires d'ailes sont plus ou moins semblables. Celles-ci sont souvent nettement pédonculées à leur base (D'Aguilar & Dommagnet, 1998).

Tableau 2. Critères de comparaisons entre les Anisoptères et Zygoptères (Testard, 1981).	
Les Libellules ou Anisoptères	Les Demoiselles ou Zygoptères
<b>Adultes</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>✈ Grande taille</li> <li>✈ Yeux énormes et contigus</li> <li>✈ 2 paires d'ailes différentes, ouvertes au repos</li> <li>✈ Abdomen trapu et robuste</li> <li>✈ Vol rapide</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✈ Petite taille</li> <li>✈ Yeux petits et largement séparés</li> <li>✈ 2 paires d'ailes semblables, fermées au repos</li> <li>✈ Abdomen fin et élancé</li> <li>✈ Vol léger et lent</li> </ul>
<b>Larves</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>✈ Larves de formes plus massives</li> <li>✈ Masque plat ou concave</li> <li>✈ Nage par expulsion du contenu rectal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✈ Larves minces, allongées</li> <li>✈ Masque toujours plat</li> <li>✈ Nage par ondulation du corps</li> </ul>

### I.9.4. Morphologie et anatomie des Odonates

Les odonates font partie des insectes les plus caractéristiques et facilement identifiables par leur morphologie (fig. 9). Comme tous les insectes, le corps des Odonates est divisé en trois parties : la tête, le thorax, et l'abdomen, ce dernier toujours très allongé est prolongé par les appendices anaux. Sont pourvus de trois paires de pattes et de quatre ailes indépendantes (Grand & Boudot, 2006).

### 1.9.4.1. Morphologie des adultes

- ✈ La tête des Odonates est toujours plus large que le thorax. Elle porte une paire d'yeux, séparés chez les Zygoptères et chez une famille d'Anisoptères les (*Gomphidae*), alors que chez tous les autres Anisoptères ils sont contigus, enveloppant presque toute la tête. Deux antennes sont implantées entre le vertex et le front, et trois ocelles disposés en triangle au centre du vertex (Testard, 1981).
  
- ✈ Le thorax est composé de deux parties inégales : un prothorax très réduit, et un volumineux synthorax, résultant de la fusion du méso- et du métathorax. Ses deux éléments sont inclinés vers l'arrière, tels que les ailes se trouvent rejetées en arrière par rapport aux pattes (Testard, 1981).
  
- ✈ L'abdomen des Odonates comprend dix segments de longueur inégale et un rudiment de onzième. Cylindrique chez les Zygoptères et chez de nombreux Anisoptères. L'ensemble montre une grande flexibilité, indispensable pour la réalisation de la copulation. C'est au niveau de l'abdomen que se différencient le plus nettement les deux sexes (Testard, 1981).

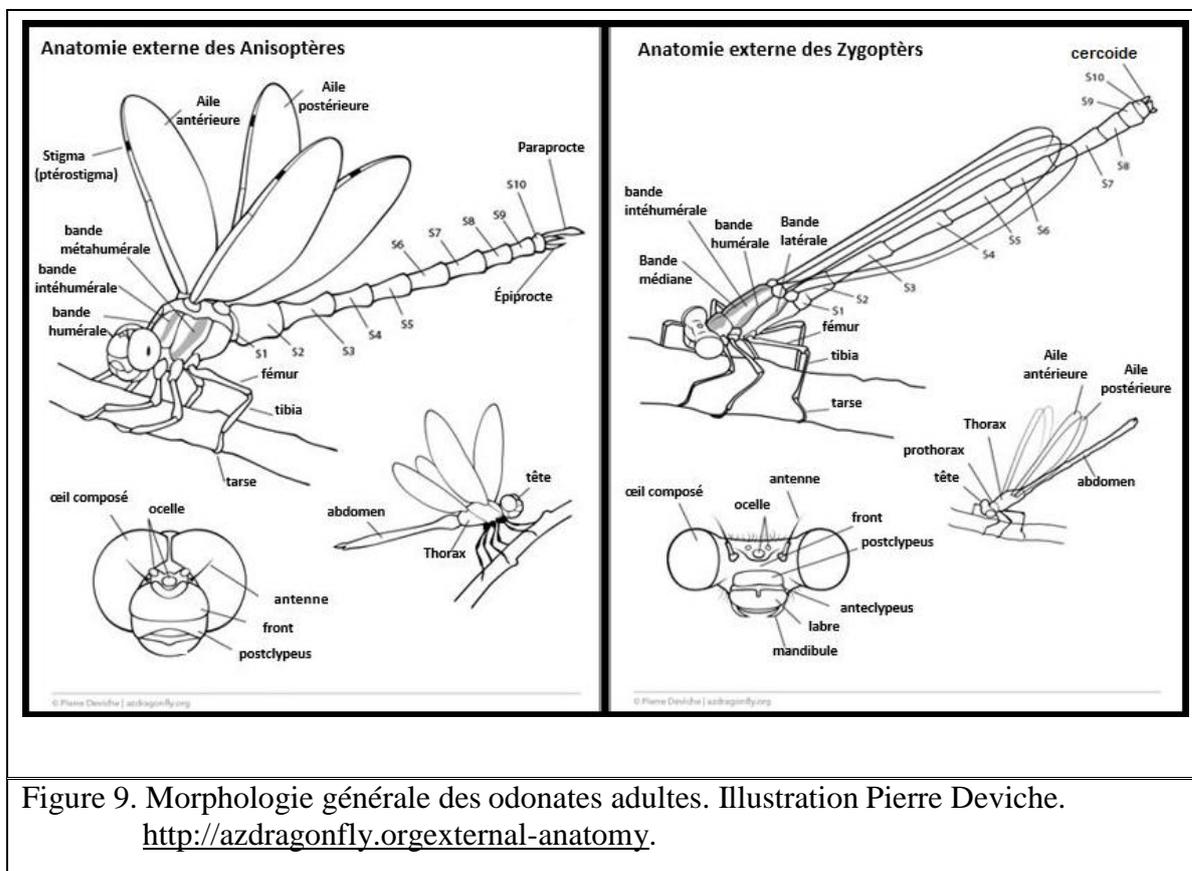


Figure 9. Morphologie générale des odonates adultes. Illustration Pierre Deviche.  
<http://azdragonfly.orgexternal-anatomy>.

### I.9.4.2. Morphologie larvaire

A partir de l'œuf et après un stade prolarve elles grandissent en effectuant des mues variant suivant les espèces (D'Aguilar & Dommanget, 1998). Les larves présentent de notables différences de formes par rapport aux adultes, par leur silhouette plus ramassée (même chez les Zygoptères) et par la forme du labium, comportant deux pièces articulées terminée par deux palpes mobiles qui constituent le masque (Testard, 1981). Leur forme générale est très allongée chez les Zygoptères et porte trois longues lamelles (branchies anales) à l'extrémité de l'abdomen, tandis qu'elle est courte et élargie chez les Anisoptères, les lamelles sont très courtes et forment une pyramide. La partie inférieure de la tête présente la particularité de posséder un organe préhensile spécialisé pour la capture des proies appelé « labium » ou parfois encore « bras mentonnier » (Moisan, 2010) (fig.10).

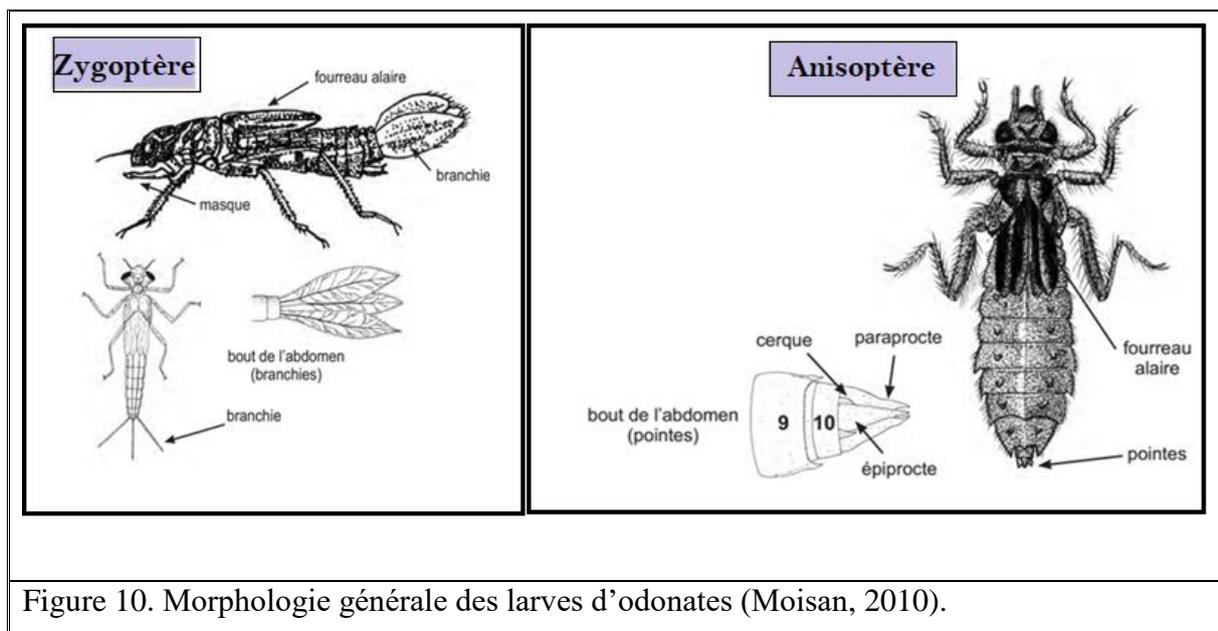


Figure 10. Morphologie générale des larves d'odonates (Moisan, 2010).

### I.9.5. Cycle de vie des odonates

Les libellules sont des insectes amphibiotiques et leur cycle biologique est étroitement lié aux habitats aquatiques (Andrew *et al.*, 2009), et surtout aux habitats d'eau douce comme les rivières, les ruisseaux, les marais, les lacs et même les petits bassins et les rizières (Tiple *et al.*, 2012). Comme la plupart des insectes, ont un cycle de vie complexe avec des stades de vie discrets qui se déroulent dans des habitats distincts (Corbet, 1999). Ce sont à la fois des insectes hémimétaboles dont le développement est dépourvu de stade nymphal immobile et hétérométaboles car l'adulte et la larve ne vivent pas dans le même milieu. Chez les Odonates,

le cycle biologique peut se résumer en trois phases distinctes : l'œuf, la larve, et l'imago (Corbet, 1999). Passant de l'œuf au stade adulte, ces derniers subissent plusieurs changements en regroupant les deux milieux aquatiques et terrestres (fig.11).

Selon les espèces, les œufs peuvent être déposés directement dans l'eau, insérés dans la végétation vivante (5) ou morte (ponte endophyte), enfoncés dans les sédiments (ponte exophyte), ou encore fixés à la végétation immergée ou émergée (ponte épiphyte) (Grand & Boudot 2006). La vie de la libellule débute dans l'œuf. Chez certaines espèces, après la ponte, les œufs entrent dans une phase de diapause pour faire face à des conditions environnementales difficiles (par exemple, de nombreuses espèces de *Lestes* dans les étangs temporaires). Chez d'autres, les œufs amorcent immédiatement leur développement. Après le développement embryonnaire, éclot une larve primaire ou prolarve quasiment immobile qui va rapidement muer pour se transformer en larve mobile (1). Selon les espèces, les individus peuvent rester sous forme de larves pendant des semaines (p. ex. ceux qui occupent des étangs printaniers) ou des années (p. ex. les espèces des eaux permanentes). Animal aquatique, elle nage et respire à l'aide de branchies. Elle se nourrit de petits organismes aquatiques. Au fil du temps, elle grandira par plusieurs mues successives jusqu'au stade de larve mature. Après une lente métamorphose interne, elle sortira de l'eau pour effectuer sa métamorphose (2) sur un support émergé (pierre, végétation...). L'imago s'extrait alors de l'enveloppe chitineuse de la larve, appelée exuvie, puis durcit et sèche à l'air libre. Ce processus s'appelle l'émergence. Une fois son corps et ses ailes déployés, l'imago prend son envol (3), laissant derrière lui son ancienne enveloppe, appelée exuvie (Grand & Boudot, 2006 ; Wildermuth & Küry, 2009 ; Barneix *et al.*, 2016). Après l'émergence, l'imago est encore fragile et ne dispose pas dans la plupart des cas de sa couleur définitive. Il va d'abord passer par une phase de maturation sexuelle plus ou moins longue (de deux jours à cinq mois selon les espèces et les conditions environnementales) où les individus vont renforcer leur constitution et achever le développement de leur appareil reproducteur, avant de retourner sur un site de reproduction en quête d'un partenaire sexuel (4) (Grand & Boudot, 2006).

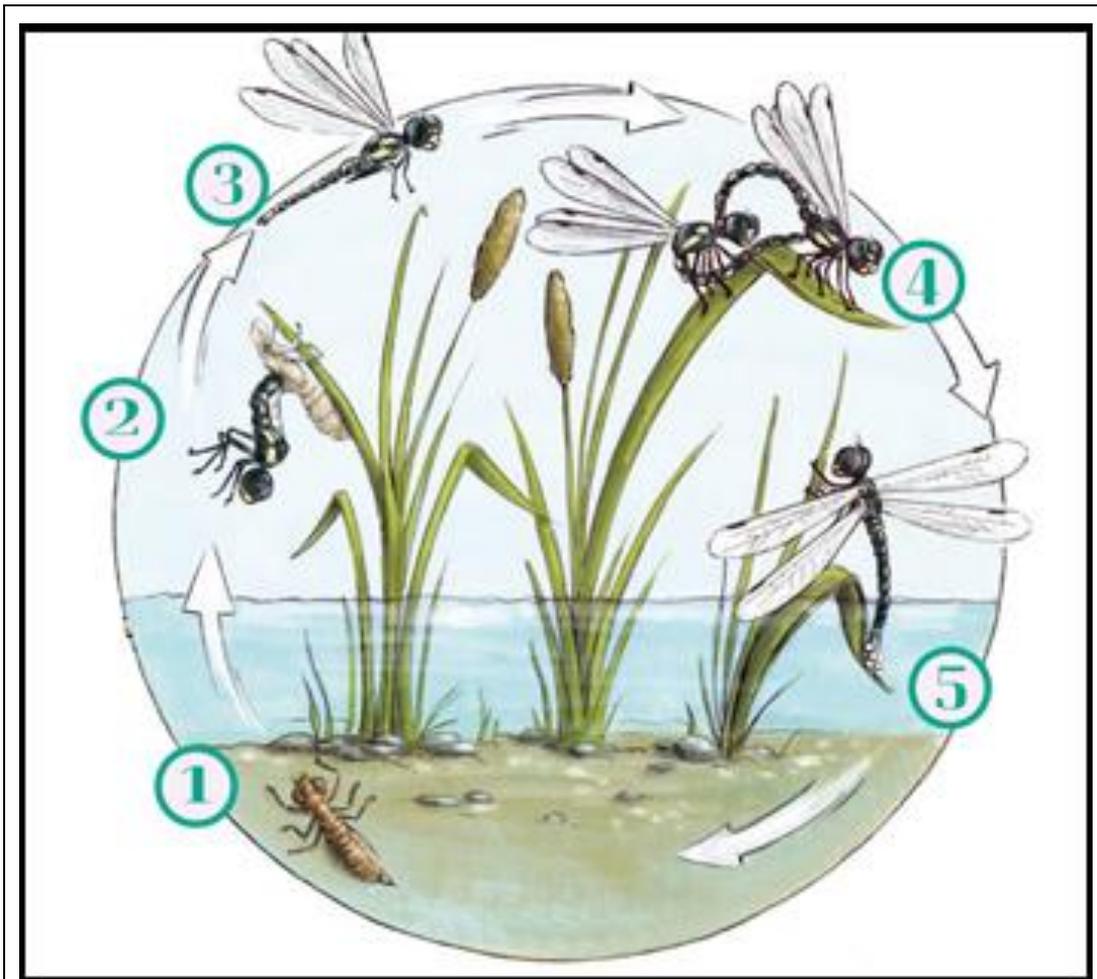


Figure 11. Cycle de développement des Odonates  
<http://www.nicoledevals.ch/portfolio/pro-natura-vaud/>

### I.9.6. Les odonates dans la chaîne trophique

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 (fig.12). L'impact des larves est cependant plus significatif que celui des adultes dans le fonctionnement des écosystèmes humides.

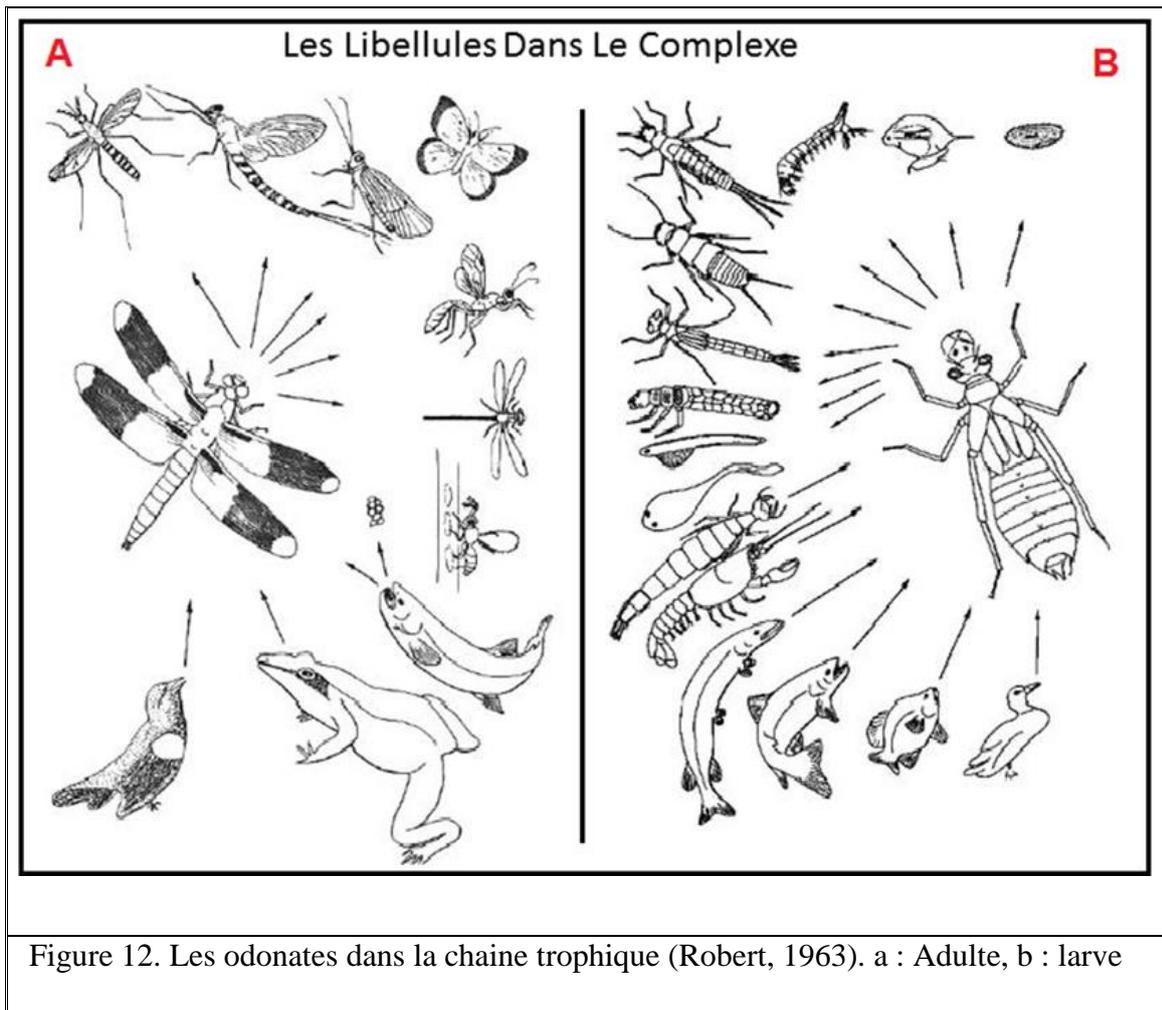
Toutes les libellules, de la larve à l'adulte sont des prédateurs actifs qui se nourrissent de proies vivantes. Mais elles deviennent, à leur tour, les proies d'un grand nombre d'animaux qui les consomment comme partie de leur régime (Robert, 1963).

Durant leur vie larvaire, les libellules sont des prédateurs obligatoires relativement importants qui peuvent avoir un impact considérable sur la structure des communautés des écosystèmes d'eau douce (Woodward & Hildrew, 2001). Elles sont carnassières, extrêmement voraces et

éventuellement cannibales (Testard, 1981). Leur alimentation se compose essentiellement de larves d'autres insectes (Trichoptères, Diptères, Coléoptères,...), de vers et de crustacés. La taille importe peu puisqu'elles sont capables de s'attaquer à des proies aussi grandes qu'elles comme les alevins et les têtards. Elles consomment aussi les larves d'autres espèces de libellules (Robert, 1963 ; Ternois, 2003 ; Jourde, 2010 a). Dès leur envol, les libellules reprennent leurs bonnes habitudes en recherchant inlassablement une proie à se mettre «sous la dent». Ce sont les insectes volants qui sont le plus appréciés, comme les Trichoptères, les Ephémères et surtout les Diptères,... (Testard, 1981). Certains odonates comme les Aeshnidae et les Libellulidae de grande taille (l'Anax empereur) s'attaquent même à des papillons de taille moyenne voire d'autres libellules comme les Zygoptères (Testard, 1981 ; Ternois, 2003).

Bien qu'elles soient de redoutables prédatrices, les libellules trouvent souvent plus fort qu'elles. Aussi bien à l'état larvaire qu'au stade adulte, les Odonates ont de nombreux ennemis, mais ils sont particulièrement vulnérables au moment de l'émergence des adultes (Le Du & Lesparre, 2014).

Pendant la vie aquatique, les larves sont régulièrement inscrites au menu des Dytiques, des Nèpes et autres insectes aquatiques, sans compter les amphibiens, reptiles et les poissons qui ne rechignent pas à les dévorer. Lors de l'émergence, les libellules sont très vulnérables. Incapables de s'envoler, elles sont rapidement capturées par les oiseaux vivant en bordure de l'eau comme les hirondelles, les cigognes, les hérons et les canards. Hafner (1971) in Jakob (2008) a pu montrer que les odonates composaient environ 12% des espèces proies (en poids sec) de quatre espèces d'hérons. Selon Jourde (2010 a) ; Une seule Cigogne blanche a été observée dévorant 850 Sympétrums en 20 minutes lors d'une phase d'émergence massive. La période de ponte est également critique pour les femelles qui sont happées par les grenouilles (Jourde 2010 b).



### I.9.7. Menaces et facteurs limitant les odonates

Mais d'autres facteurs sont tout aussi dangereux. Le vent, par exemple, propulse les imagos dans les toiles d'araignées ou endommage les ailes (Ternois, 2003 ; Jourde, 2010 a).

#### I.9.7.1. 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. Le vent, par exemple, propulse les imagos dans les toiles d'araignées ou endommage les ailes (Ternois, 2003 ; Jourde, 2010 a). Il arrive que le froid empêche les libellules de terminer leur émergence. Les insectes, à bout de force, restent alors prisonniers de l'exuvie où leur cuticule et leurs ailes se solidifient. Durant la période de vol, des orages, de longues périodes de froid et de pluie peuvent réduire sensiblement les effectifs de libellules. À l'inverse, une sécheresse durable peut dessécher de nombreux sites de

reproduction où réchauffer l'eau à un tel point que cette température dépasse le seuil admissible par certaines espèces (Jourde, 2010 a). Le réchauffement climatique qui est considéré, aujourd'hui, comme l'une des principales menaces actuelles et futures (Riservato *et al.*, 2009).

#### **I.9.7.2. Prédateurs**

Malheureusement pour les odonates, la liste de leurs prédateurs est longue et il nous est impossible ici d'en dresser l'inventaire complet.

Les hydracariens consomment les œufs des espèces à ponte exophytique. Il est par ailleurs fréquent de voir des poissons se rassembler sous les sites de ponte pour collecter les œufs, à mesure que les femelles les déposent. Les larves sont souvent prédatées par des Coléoptères et des Hémiptères aquatiques, mais les odonates sont sans pitié les unes envers les autres. Les poissons, les amphibiens, certains reptiles mais aussi des guêpiers en consomment abondamment (Testard, 1981). Lors de l'émergence, le nombre de prédateurs s'accroît. Fourmis, araignées, punaises, limaces, escargots et vertébrées profitent de la manne (Jourde, 2010 b).

#### **I.9.7.3. Parasites**

Les libellules sont soumises à la pression des parasites à tous leurs stades de développement. De petits hyménoptères, essentiellement des Chalcidoïdés, pondent directement dans les œufs de libellules à ponte endophytique, que leur larve dévore. Ces espèces sont qualifiées de parasitoïdes car leur infestation se traduit invariablement par la mort de l'espèce hôte (Jourde, 2010 b). Les larves et adultes sont aussi porteurs de parasites internes tels que des Grégarines, des Trématodes et des Nématodes (Mermithidés) qui sont capables de réduire leur longévité en s'attaquant à leur épithélium intestinal et sont susceptibles d'être des vecteurs occasionnels de maladies parasitaires (trématodiasés) des Oiseaux et Batraciens. D'autres parasites vivent aux dépens des adultes et s'alimentent en prélevant l'hémolymphe des imagos, il s'agit essentiellement des larves d'Hydracariens (Testard, 1981 ; Jourde, 2010 b).

#### **I.9.7.4. Anthropisation**

À toutes ses menaces auxquelles les espèces sont adaptées et réussissent généralement à faire face, se greffent de nombreux périls provoqués par l'homme. En effet, l'homme est la principale cause de disparition des odonates en liaison avec la dégradation des zones humides. Peu valorisables sur le plan économique, les mares sont remblayées ou utilisées comme décharges. Sans compter les méfaits de l'agriculture moderne avec les pesticides et autres

produits phytosanitaires mais aussi le drainage des zones humides au profit du maïs et du peuplier. En ce qui concerne les rivières, ce sont principalement les curages, les recalibrages et les pollutions organiques qui causent le plus de tort aux odonates et aux autres invertébrés aquatiques en général. (Ternois, 2003).

#### **I.9.7.5. Les menaces naturelles**

Parfois, l'absence de gestion des zones humides contribue à l'appauvrissement du patrimoine odonatologique. Les zones humides sont des systèmes naturels en perpétuelles évolutions. Sans intervention de l'Homme, les mares se combleront et les queues d'étangs sont peu à peu colonisées par les saules. On dit souvent qu'«une mare est une forêt en puissance». Selon la taille du site, la zone humide peut rapidement disparaître, entraînant avec elle la faune et la flore spécifiques. (Ternois, 2003).

#### **I.9.8. Habitat et écologie des odonates**

Les larves de toutes les Libellules se développent dans l'eau, où certaines espèces ont des besoins vitaux, parfois très strictes, en ce qui concerne l'acidité, les proportions de sels minéraux et d'oxygène et la flore. Les femelles adultes doivent en tenir compte ; c'est pourquoi à chaque type d'eau correspond une population d'espèce bien déterminée. Ainsi nous retrouverons les odonates dans toutes les zones humides naturelles et également dans les milieux créés par l'Homme (Giraud, 2011).

Chaque odonatologue débutant amateur apprend rapidement le type d'habitat à rechercher s'il veut trouver une espèce particulière. Si l'on recherche un Calopteryx, il faut alors un ruisseau à débit lent avec des structures boisées. Les Gomphes se trouvent autour des eaux sablonneuses et des plages de galets. Parmi les plus fidèles à un biotope déterminé, on compte les Calopterygidae, Gomphidae. A l'opposé, sont susceptibles d'être rencontrés un peu partout, les Aeshnidae bons voiliers, les Libellulidae migrants, et des espèces communes comme : *Ischnura senegalensis*, *Crocothemis erythrea*, *Trithemis arteriosa* et *T. annulata* (Testard, 1981). Cette prédictibilité de la distribution des espèces résulte du fait que différentes espèces ont des besoins écologiques différents pour maintenir leur population. En effet, toutes les espèces de libellules n'ont pas les mêmes besoins. Un habitat sera favorable pour une espèce donnée s'il offre, dans l'espace et dans le temps, une continuité des paramètres conditionnant le bon déroulement de l'ensemble de son cycle de développement. Certaines espèces sont très exigeantes quant à ces conditions alors que d'autres sont plus généralistes. C'est pour cette raison que les libellules sont utilisées par les écologues comme

des « bio-informateurs » caractéristiques de l'état de santé des zones humides (O.S.F.O., 2012).

Des bassins saumâtres aux lacs de montagne, des zones de source aux stations de traitement d'eau polluées, il n'est guère de milieux aquatiques qui ne puissent être colonisé par des odonates. Leurs capacités d'adaptation sont telles qu'elles peuvent vivre dans les tourbières acides ou dans des sources pétifiantes. Certaines sont adaptées aux eaux vives et suroxygénées des accélérations des rivières, d'autres aux eaux stagnantes et eutrophes des marais (Jourde, 2010 b). Elles font donc, preuve d'une grande plasticité écologique. Très opportunistes, les libellules sont capables de se reproduire sur des milieux aussi différents que les rivières, les mares et autres zones humides, c'est généralement les espèces ubiquistes dites généralistes. Elles peuvent se rencontrer un peu partout. On les qualifie également d'espèces «eurytopes». Citons comme exemple *Coenagrion puella* ou bien *Ischnura elegans* qui se rencontre dans une très large gamme d'habitats. Quelques espèces ont développé des exigences particulières, elles ont besoin d'un habitat très particulier pour se développer et se comportent donc en spécialistes. C'est d'ailleurs l'exemple de *Coenagrion ornatum* ne se développant que dans de petits ruisselets ensoleillés. Pour ces espèces dites «sténotopes», il semblerait qu'elles aient des exigences particulières quant à l'acidité de l'eau, sa qualité ou encore en ce qui concerne le profil général de la végétation (Ternois, 2003). Parmi ces espèces spécialistes, certaines peuvent servir d'indicateurs de l'évolution générale de la qualité des milieux aquatiques. De telles espèces, comme l'Agrion de Mercure (*Coenagrion mercuriale*), sont souvent qualifiées de « sentinelles ». Du fait de leur sensibilité, ce sont souvent les premières à disparaître (O.S.F.O., 2012). Quelques espèces encore, se développent exclusivement dans les eaux courantes. C'est le cas des Caloptéryx et des Gomphes qui sont les espèces les plus typiques de nos oueds. Cependant, on trouve également d'autres espèces dite pionnières qui sont extrêmement mobiles, et vagabondes colonisent rapidement les plans d'eau nouveaux ou récemment aménagés ainsi que les plans d'eaux temporaires. La colonisation rapide mais momentanée de telles pièces d'eau temporaires est une caractéristique forte des espèces bien adaptées aux environnements désertiques, qui font preuve d'un nomadisme marqué et peuvent se reproduire un peu partout dans les mares éphémères en profitant d'une phase larvaire très courte. Bon nombre d'espèces correspondent à ce profil : *Ischnura saharensis*, *Hemianax ephippiger*, *Orthetrum chrysostigma*, *Crocothemis erythraea*, *Selysiotthemis nigra*, *Sympetrum fonscolombii*, *Trithemis annulata* (Boudot , 2008)

La connaissance des libellules nous fournit des renseignements sur son environnement, c'est-à-dire sur les facteurs biotiques et abiotiques qui interviennent de manière favorable ou défavorable dans leur développement (Dommanget, 1995). Les milieux aquatiques variés occupés par les Odonates se distinguent donc, par leurs facteurs abiotiques et biotiques (fig.13).

**Les facteurs abiotiques sont :**

- ✈ le climat régional ;
- ✈ les conditions de température, variations journalières et saisonnières ;
- ✈ l'exposition au soleil ;
- ✈ la structure et la texture des berges ;
- ✈ profondeur du milieu ;
- ✈ l'approvisionnement en eau : permanent ou temporaire ;
- ✈ le régime hydraulique : lent ou rapide ;
- ✈ la chimie et la qualité de l'eau : La plupart des espèces préfèrent des milieux aquatiques mésotrophes, acides à légèrement basiques, quelques espèces, mais rares étant adaptées à des conditions plutôt oligotrophes.

**Les facteurs biotiques sont :**

- ✈ la structure et l'importance de végétation : plantes sur les rives (ligneux, roseaux, etc.) ;
- ✈ les plantes aquatiques aux différentes profondeurs ;
- ✈ la disponibilité des proies ;
- ✈ l'importance de la prédation ; surtout poissons et écrevisses ;
- ✈ l'influence anthropique ;
- ✈ la compétition intra- spécifique ;
- ✈ la compétition inter- spécifique.

Une modification de ces facteurs a des effets prévisibles sur la vie des espèces. Pour cette raison, les espèces et le nombre d'individus qui vivent dans un milieu nous fournissent des renseignements sur la nature et la qualité de celui-ci (Dommanget, 1995).

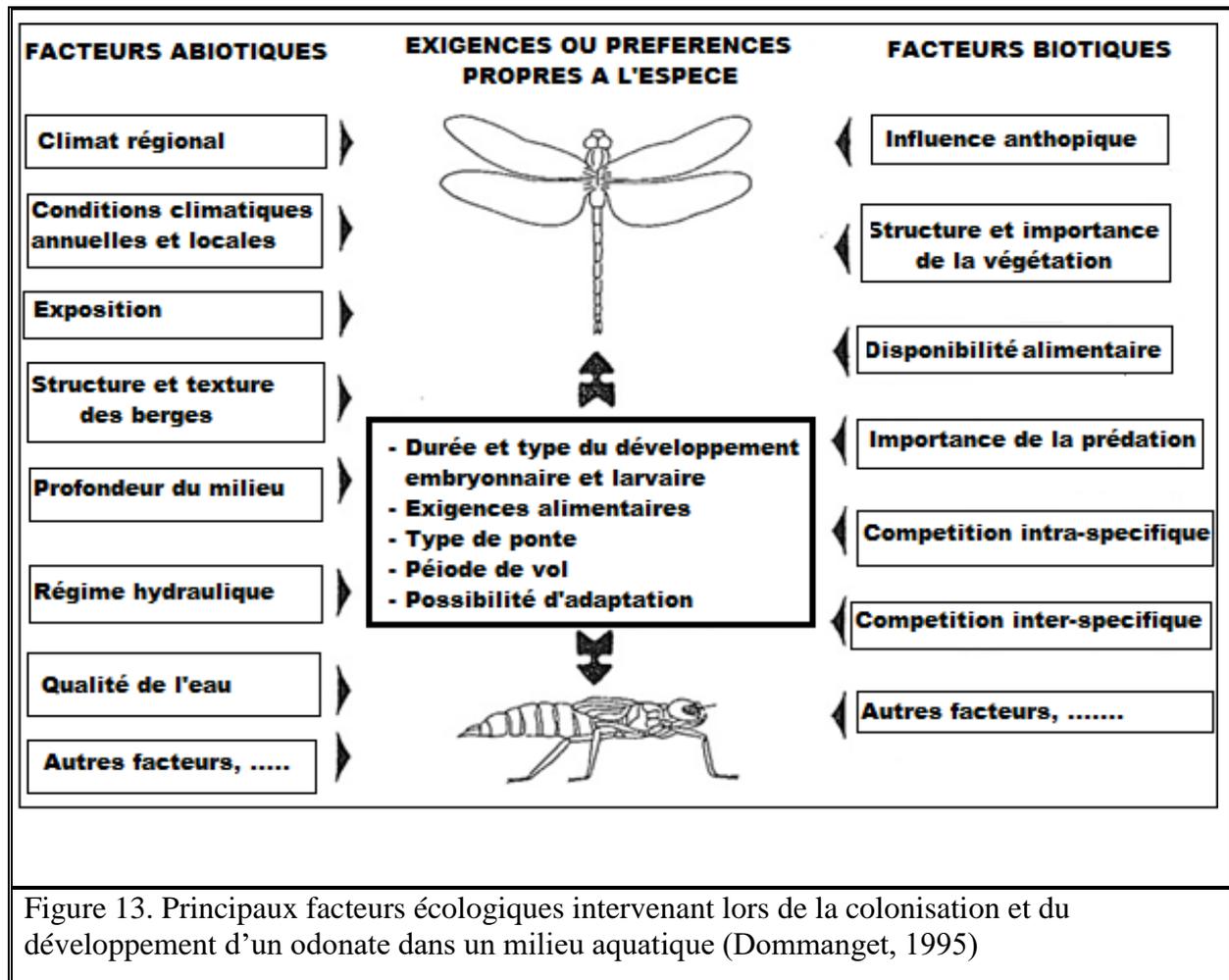


Figure 13. Principaux facteurs écologiques intervenant lors de la colonisation et du développement d'un odonate dans un milieu aquatique (Dommanget, 1995)

### I.9.9. Mobilité et migration

Dès leur émergence, les odonates peuvent rester dans la zone natale ou se disperser dans les habitats adjacents. Un nombre important d'odonates, Anisoptères surtout effectuent des allers et retours entre le milieu aquatique et l'environnement terrestre plus ou moins proche ; outre les migrants et les estivants, nombre d'entre eux s'écartent de l'eau pendant la phase de maturation sexuelle et n'y reviennent que pour s'y reproduire (Testard, 1981). Les Odonates adultes peuvent avoir donc un grand rayon d'action et se déplacer plusieurs fois par jour entre leurs habitats de repos, de chasse et de reproduction.

Les Anisoptères sont généralement de robustes voiliers capables de voler sur de longues distances, lors de migrations semblables à celles des oiseaux. (Corbet, 1999). Il existe cependant aussi des espèces plutôt sédentaires, comme *Aeshna isoceles* ; d'autres espèces au contraire *Aeshna mixta* par exemple se dispersent loin à la ronde. De rares libellules sont capables d'exploits exceptionnels les faisant franchir les océans, comme *Pantala flavescens*, également nommée la « Libellule Globe-trotter », peuvent franchir de grandes distances, y

compris au-dessus des océans. C'est le cas également des Aeschnés qui peuvent entreprendre des déplacements intercontinentaux pouvant les mener de l'Afrique à l'Europe et même de l'Afrique à l'Amérique. Tout récemment, l'afro-tropical *Hemianax ephippiger* vient d'atteindre la Guyane française en Amérique du Sud (Machet & Duquef, 2004). En provenance d'Amérique du Nord, *Anax junius*, un autre grand Aeshnidae, vient de réussir deux incursions en Europe, probablement transporté par les tempêtes automnales qui traversent l'Atlantique Nord (Grand, 2009). Les Zygoptères quant à eux sont beaucoup moins mobiles, certaines espèces ne se dispersent guère autour de leur lieu de naissance, elles restent généralement à proximité des plans d'eau de reproduction, telles *Ceriagrion tenellum* et *Coenagrion mercuriale* ne s'éloignent généralement pas à plus de quelques centaines de mètres de leur site d'émergence. Certaines espèces sont en permanence à la recherche d'habitats adéquats, comme c'est le cas d'*Ischnura pumilio* et du *Lestes barbarus*, tandis que d'autres peuvent entreprendre de grands déplacements pour coloniser de nouveaux sites de reproduction comme les Calopteryx s'observent parfois à des dizaines de kilomètres de tout point d'eau (Jourde, 2010 b).

Les déplacements de certaines espèces peuvent parfois être massifs. Ainsi des milliers de *Sympetrum flaveolum* peuvent apparaître et même se reproduire ponctuellement dans des régions qu'ils ne fréquentent pas classiquement. Les mouvements coordonnés du *Sympetrum striolatum* sont souvent qualifiés de migration (Jourde, 2010 b).

Les raisons qui poussent les odonates à migrer sont nombreuses et encore mal connues, mais les scientifiques mettent souvent en avant, parmi les principaux facteurs de migration, le bouleversement des habitats aquatiques (Wikelski *et al.*, 2006). Ces changements sont souvent les conséquences du réchauffement climatique (Pilon *et al.*, 1995 ; Grand, 2009) et des pressions anthropiques (agriculture, pollution des eaux, assèchement des milieux, urbanisation...). En effet, de nombreux coléoptères, papillons, libellules, sauterelles et punaises aquatiques se sont déplacés vers le nord et en altitude pendant les périodes de réchauffement (Hickiling *et al.*, 2006). D'origine tropicale, les libellules sont des insectes très sensibles aux variations thermiques. Leur promptitude à réagir à ce paramètre et leur exceptionnelle aptitude au vol en font des indicateurs tout désignés pour détecter un éventuel réchauffement climatique (Grand, 2009). Des mouvements d'espèces tropicales vers des zones plus tempérées ont été signalés. Cinq libellules de Cuba et des Bahamas se sont établies avec succès en Floride en 2000 (Paulson, 2001). À l'ouest du bassin méditerranéen, certaines libellules afro-tropicales installées au Maghreb ont entrepris, pendant la deuxième moitié du

XXe siècle, de franchir le détroit de Gibraltar, tandis que d'autres, d'affinité méditerranéenne, s'engageaient largement au-delà des marges septentrionales de leur aire de répartition habituelle, quelques-unes réalisant même des incursions régulières, sur les Iles Britanniques (Grand, 2009). L'exemple bien documenté est la libellule *Trithemis annulata*, une espèce largement répandue en Afrique, a pénétré la zone méditerranéenne. Excellent voilier, cette espèce manifeste un comportement erratique affirmé qui, à partir de la Tunisie, lui a fait coloniser la Sicile en 1840, la Sardaigne en 1905, le sud de l'Italie en 1939 (Roche, 1988), la péninsule ibérique en 1981, la Corse en 1989 et la France en 1994 (Bonet-Betoret, 2004). Une bonne aptitude au vol et une faible spécialisation écologique expliquent la colonisation réussie de cette libellule venues d'Afrique (Grand, 2009).

#### **I.10. Intérêt de l'étude des odonates**

Les Odonates, insectes à l'interface entre le milieu aquatique et le milieu terrestre, représentent un élément important de l'écosystème des milieux aquatiques. Comme prédateurs, ils jouent un rôle non négligeable dans la régulation d'une partie de la faune de ces biotopes. Comme proies, ils contribuent au maintien et au développement d'autres espèces animales. Leur présence est donc un indice sûr de la richesse faunistique des eaux douces (D'Aguilar & Domanget, 1998). La prise en compte des Odonates en biologie de la conservation a débuté à partir des années 80 et n'a cessé d'augmenter depuis (Bried & Samways, 2015). En effet, les Odonates sont identifiés comme un groupe pertinent pour étudier la qualité des écosystèmes aquatiques et les changements que ces derniers subissent (Oertli, 2008 ; Gerlach *et al.*, 2013 ; Kutcher & Bried, 2014). Mais, selon Dommanget (2000), les Odonates, utilisés isolément comme bioindicateurs des milieux aquatiques, ne constituent pas un ordre très pertinent pour orienter à lui seul les mesures conservatoires. Les odonates restent tout de même un taxon intéressant en remplissant un certain nombre de critères qui en font un groupe utile pour répondre à bon nombre de problématiques en écologie appliquée à la conservation (Oertli, 2008) :

- ✈ Les libellules se révèlent être d'excellents outils pour la conservation des milieux d'eau douce car elles permettent de dresser un premier aperçu de la qualité et de la structure des habitats aquatiques ;
- ✈ Elles sont présents sur l'ensemble du globe hormis dans quelques écosystèmes très extrêmes et la plupart des espèces sont sténotopiques et donc spécifiques d'un certain type d'habitat ;

- ✈ Leurs larves colonisent la majorité des écosystèmes aquatiques continentaux mais les adultes sont également dépendants des habitats terrestres pour accomplir l'ensemble de leur cycle de développement. Cela en fait un groupe phare pour l'étude de l'interface entre habitats aquatiques et terrestres ;
- ✈ Elles sont des insectes très sensibles aux variations thermiques. Leur promptitude à réagir à ce paramètre et leur exceptionnelle aptitude au vol en font des indicateurs tout désignés pour détecter un éventuel réchauffement climatique ;
- ✈ Elles sont considérées comme des espèces « clés de voûte » puisqu'ils assurent les rôles de prédateurs et de proies dans la chaîne trophique ;
- ✈ Ce sont également des espèces « parapluies » puisqu'en les préservant c'est l'ensemble de la communauté inféodée au milieu aquatique qui l'est aussi ;
- ✈ elles figurent parmi les insectes les plus populaires et charismatiques, ce qui, d'une part, en font des ambassadrices influentes pour la conservation des milieux d'eau douce et, d'autre part, permet de sensibiliser davantage les non-spécialistes.

L'ensemble de ces caractéristiques devraient mettre les Odonates au-devant de la scène de la conservation.

### **I.11. Diversité des odonates**

L'entité taxonomique des Odonates est assez modeste. En 2003, le nombre total d'espèces d'odonates était estimé à environ 5 500 (Paulson, 2019), alors que les Lépidoptères et les Coléoptères en comptent respectivement 120 000 et 300 000. Silsby (2011) a décrit environ 6000 espèces de libellules dans le monde entier. On peut estimer à 7 500 le nombre d'espèces d'odonates sur terre (Clausnitzer *et al.*, 2009) car le nombre d'espèces restant à décrire est estimé entre 1000 et 1500, et quasiment 40 espèces sont décrites chaque année dans le monde depuis les années 70, notamment dans les régions néotropicales, orientales et australasiatiques (Dijkstra *et al.*, 2015; Suhling *et al.*, 2015). En septembre 2018, 6299 espèces d'odonates modernes avaient été décrites : 3 192 Zygoptères, 3 Anisozygoptères et 3104 Anisoptères (Schorr, 2018 ; Paulson, 2019). De ce nombre, 121 nouvelles espèces ont été décrites dans les régions tropicales seulement en 2016 et 2017. Soixante d'entre eux ont été décrits en Afrique. Notre connaissance de la diversité du groupe augmente si rapidement qu'il est évident que nous avons encore beaucoup à apprendre (Paulson, 2019). Mais, La répartition de ces espèces n'est pas homogène à l'échelle planétaire. La plus grande diversité spécifique se trouve dans les régions tropicales n'ayant jamais subi l'influence des glaciations (Kalkman *et al.*, 2008).

La faune nord-américaine, est composée de 433 espèces avec 138 espèces au Québec (Pilon & Lagacé, 1998). L'Australie héberge à elle seule 324 espèces (Theischinger & Hawking, 2006). L'inventaire préliminaire de Madagascar a déjà révélé la présence d'au moins 175 espèces (Dijkstra, 2007). Celui de l'Inde plus de 500 espèces (Subramanian, 2005).

En Europe le nombre d'espèces recensées n'est que de 143 espèces (Kalkman *et al.*, 2018).

Selon Riservato *et al.* (2009). La région méditerranéenne abrite 165 espèces, parmi lesquelles 61 appartiennent au sous-ordre des Zygoptères et 104 appartiennent au sous-ordre des Anisoptera. Au total, 11 familles sont présentes dans la région. Les plus grandes familles de libellules sont les *Libellulidae* (48 espèces), les *Coenagrionidae* (35 espèces), les *Gomphidae* (21 espèces) et les *Aeshnidae* (16 espèces). Environ une espèce de libellule sur sept présente dans le bassin méditerranéen est endémique à la région, mais le taux d'endémisme est particulièrement élevé au sein des familles *Calopterygidae*, *Platycnemididae*, *Cordulegastridae* et *Coenagrionidae*.

### **I.11. Aperçu et état de conservation de l'odonatofaune Nord-Africaine**

La faune odonatologique d'Afrique du Nord et du Maghreb en particulier (Maroc, Algérie et Tunisie) est relativement bien connue. Les autres pays restent par contre nettement sous-prospectés, soit du fait de contraintes politiques, soit du fait des difficultés de prospection des zones les plus favorables, très isolées et difficiles d'accès (Boudot, 2010).

Les Odonates d'Afrique du Nord sont principalement d'origine eurasienne et tropicale mais la région abrite quelques espèces supplémentaires d'Asie du Sud-Ouest. Il existe des différences marquées dans la faune des libellules à l'intérieur de zones distinctes de la région qui reflètent les climats et la topographie passés et actuels. Trois écorégions distinctes (les chaînes de montagnes du Maroc, les zones humides côtières de Numidie au nord-est de l'Algérie et le delta du Nil en Égypte) offrant un refuge à différentes ensembles d'espèces ont été identifiées en Afrique du Nord (Garcia *et al.*, 2010). Des données couvrant plus d'un siècle et demi sont utilisées pour cartographier la répartition spatiale des Odonates d'Afrique du Nord. Au total, 83 espèces ont été recensées, dont 6 sont aujourd'hui considérées comme éteintes. Le nombre d'espèces recensées pour chaque pays ou territoire d'Afrique du Nord est indiqué dans le tableau 3 ci-dessous.

Tableau 3. Nombre d'espèces d'odonates recensées en Afrique du Nord (Garcia *et al.* 2010).

Pays	Nombre d'espèces	Pays	Nombre d'espèces
Algérie	63	Mauritanie	8
Maroc	62	Tchad	4
Tunisie	53	Mali	0
Égypte	33	Niger	0
Libye	27	Sudan	0

**Remarque :** les signalements douteux et/ou les spécimens vagabonds tels que ceux d'*Erythromma najas* et *Lestes sponsa* au Maghreb, *Sympetrum depressiusculum* au nord-est de l'Algérie et *Urothemis edwardsii* en Tunisie ne sont pas inclus ici.

Selon Garcia *et al.* (2010), la plus grande concentration d'espèces se trouve au Maghreb : Algérie, Maroc et Tunisie. La Tunisie partage la majorité de ses espèces avec l'Algérie alors que le Maroc et l'Algérie ont un certain nombre d'espèces distinctes. *Lestes dryas*, *Pyrrosoma nymphula*, *Pseudagrion sublacteam*, *Oxygastra curtisii*, *Cordulegaster princeps*, *Libellula quadrimaculata* et *Zygonyx torridus* sont présents au Maroc mais pas en Algérie, tandis que *Lestes numidicus*, *Pseudagrion hamoni*, *Gomphus lucasii*, *Lindenia tetraphylla*, *Cordulia aenea*, *Orthetrum sabina*, *Acisoma panorpoides*, *Urothemis edwardsii* et *Rhyothemis semihyalina* sont ou étaient trouvés en Algérie mais non au Maroc. *Orthetrum ransonnetii*, *Selysiothemis nigra* et *Sympetrum sinaiticum* n'étaient jusqu'à récemment pas présents au Maroc, mais tous les trois ont été trouvés dans ce pays en plusieurs endroits (Boudot, 2008, Boudot *et al.*, 2009, Juillerat & Monnerat, 2009).

Les travaux de Samraoui & Menai, (1999), Samraoui & Corbet (2000 a,b), Riservato *et al.* (2009) et puis celles de Garcia *et al.* (2010), ont attribué à l'Algérie le premier rôle en Afrique du Nord en termes de richesse spécifique, avec 63 Odonates, sur un total de 83 connues en Afrique du Nord, suivie du Maroc 62 espèces et 53 espèces pour Tunisie (Garcia *et al.*, 2010).

Au cours des 15 dernières années, la faune maghrébine d'odonates s'est enrichie régulièrement. Avec la récente découverte d'*Onychogomphus boudoti* au Maroc (Ferreira *et al.*, 2014), a porté le Maroc au même rang que l'Algérie. Deux espèces de libellules, *Pyrrhosoma nymphula* et *Aeshna cyanea* dont la présence en Tunisie était inconnue, ont été récemment signalées au nord-ouest du pays ainsi qu'une nouvelle population d'*Onychogomphus uncatius* qui n'a pas été collectée depuis plus d'un siècle en Tunisie. (Korbaa *et al.*, 2014), ce qui hausse la liste à 55 espèces dans ce pays.

Le Maghreb, fait état d'un niveau d'endémisme élevé dans cette région. Les espèces endémiques du Maghreb sont : *Gomphus lucasii* classée comme vulnérable (VU), *Calopteryx exul* en danger (EN), *Cordulegaster princeps* Presque menacée (NT), *Lestes numidicus* comme données insuffisantes (DD), *Enallagma deserti* et *Platycnemis subdilatata* en préoccupation mineure (LC). À l'exception de *C. princeps* qui est endémique du Maroc (Riservato *et al.*, 2009).

Deux sous-ordres sont présents en Afrique du Nord : les Zygoptères (demoiselles) comprennent jusqu'à 35 espèces couvrant quatre familles (*Calopterygidae*, *Lestidae*, *Coenagrionidae* et *Platycnemidae*), et les Anisoptères (libellules) comprennent 48 espèces appartenant à six familles (*Aeshnidae*, *Gomphidae*, *Cordulegastridae*, *Macromiidae*, *Corduliidae* et *Libellulidae*). Le pourcentage d'espèces endémiques est plus élevé chez les demoiselles (14,3%) que chez les libellules (4,2%), ce qui reflète le pouvoir de dispersion supérieur de ces dernières (Garcia *et al.*, 2010).

Sur les 82 espèces de libellules évaluées, près du quart (24,4%) sont menacées d'extinction : 7,3% d'entre eux sont en danger critique d'extinction, 8,5% en danger et 8,5% vulnérables (VU). Alors que 43 espèces (52,4%) sont classées comme Préoccupation mineure (LC), 8 taxons (9,8%) sont classés comme Quasi menacés (NT) (*Boyeria irene*, *Coenagrion scitulum*, *Pyrrhosoma nymphula*, *Cordulegaster boltonii algerica*, *C. princeps*, *Gomphus simillimus maroccanus*, *Onychogomphus costae* et *Zygonyx torridus*), 5 espèces (6,1%) en données insuffisantes (DD) (*Enallagma cyathigerum*, *Ischnura evansi*, *I. senegalensis*, *Lestes numidicus* et *Orthetrum ransonnetii*). L'espèce *Pantala flavescens* est une espèce vagabonde en Afrique du Nord et est donc considérée comme non prise en considération dans cette évaluation régionale (1,2%). Au total, 6 espèces (7,3 %) ont été évaluées comme étant disparues de la région (Garcia *et al.*, 2010).

Tableau 4. Nombre d'espèces endémiques d'Afrique du Nord et nombre total au sein de chaque famille d'odonates (Garcia *et al.*, 2010).

Sous ordre	Famille	Nombre d'espèces	Nombre d'espèces endémiques
Zygoptera	Calopterygidae	3	1
	Lestidae	6	1
	Coenagrionidae	24	2
	Platycnemididae	2	1
<b>Total – Zygoptera (Damoiselles)</b>		<b>35</b>	<b>5</b>
Anisoptera	Aeshnidae	8	0
	Gomphidae	8	1
	Cordulegastridae	2	1
	Macromiidae	1	0
	Corduliidae	2	0
	Libellulidae	27	0
<b>Total – Anisoptera (Libellules)</b>		<b>48</b>	<b>2</b>
<b>Total – Odonata</b>		<b>83</b>	<b>7</b>

### I.12. Historique et état des lieux des Odonates algérienne

L'étude des Odonates de l'Algérie a commencé dès le milieu du XIX<sup>e</sup> siècle, les libellules d'Algérie ont incité l'intérêt des naturalistes et cet attrait s'est maintenue et ne s'est pas estompée jusqu'à ce jour. Des recensements systématiques ont été initiés par Lucas (1849) dans le cadre de l'Exploration scientifique de l'Algérie, qui a suivi la colonisation française de l'Algérie. Lucas a été le premier à visiter la région d'El Kala, où il a réussi à recueillir un ensemble d'espèces les plus intéressantes telles que *Rhyothemis semihyalina*, *Urothemis edwardsii*, *Lindenia tetraphylla*. Une série d'articles de l'un des plus éminents odonatologues a suivi, couvrant principalement l'Algérie mais aussi le Maroc et la Tunisie et couvrant toute la seconde moitié du XIX<sup>e</sup> siècle sous l'impulsion de (Selys-Longchamps, 1849, 1865, 1866, 1871, 1902). A la charnière des XIX<sup>e</sup> et XX<sup>e</sup> siècles, toute une série d'odonatologues éminents ont visité la région ou examiné des documents recueillis par d'ardents naturalistes (Kolbe, 1885 ; Mc-Lachlan, 1897 ; Martin, 1901, 1910 ; Morton, 1905 ; Ris, 1913, 1928).

L'exploration des zones désertique se fera essentiellement au XX<sup>e</sup> siècle, qui coïncide avec la pénétration française au Sahara, qui a ouvert des territoires inexplorés aux naturalistes (Le Roi, 1915 ; Kimmins, 1934 ; Reymond, 1952 ; Nielsen, 1956 ; Dumont, 1978), mais fort peu de choses à la fin de celui-ci. Au début du XIX<sup>e</sup> siècle, la connaissance de la faune odonatologique du pays s'est beaucoup améliorée grâce à plusieurs contributions. Cette époque est marquée par la grande prospection d'Odonates en Algérie où on trouve alors une synthèse générale sous la plume de Samraoui & Menai (1999), clarifiant ainsi le statut de la plupart des espèces dans ce pays. Au cours des quarante dernières années, les Odonates d'Algérie ont fait l'objet d'un examen approfondi (Dumont, 1978, 1988, 2007 ; Samraoui *et al.*, 1993, 2003, 2010 ; Samraoui & Corbet, 2000 a, b ; Samraoui & Dument, 2003 ; Samraoui, 2009 ; Benchalel & Samraoui, 2012 ; Khelifa, 2009, 2012, 2013, 2015, 2017 ; Khelifa *et al.*, 2011, 2012, 2013, 2015, 2016, 2017 ; Hadjoudj *et al.*, 2014 ; Zebza *et al.*, 2014a,b, 2015 ; Mahdjoub *et al.*, 2014, 2015 ; Samraoui & Farhane, 2015 ; Bouchelouche *et al.*, 2015 ; Hamzaoui *et al.*, 2015 ; Guebailia *et al.*, 2016 ; Hafiane *et al.*, 2016 ; Sellam- Bouatoura *et al.*, 2018 ; Khelifa & Zebza, 2018 ).

En Algérie, un total de 63 taxons est répertorié dans la liste de référence nationale (Samraoui & Menai, 1999). Ces auteurs citent alors 53 espèces auxquelles 10 autres taxons supposés authentiques sont ajoutés à partir d'informations historiques (*Calopteryx exul*, *C. splendens*, *C. virgo meridionalis*, *Pseudagrion hamoni*, *Lindenia tetraphylla*, *Cordulegaster boltonii algerica*, *Cordulia aenea*, *Orthetrum brunneum*, *Pantala flavescens* et *Rhyothemis semihyalina*). Parmi ces 10 espèces, seulement quatre sont considérés comme de véritables signalements passés à savoir : *Lindenia tetraphylla* (Gomphidae) ; *Cordulegaster boltonii algerica* (Cordulegastridae) ; *Cordulia aenea* (Corduliidae) et *Rhyothemis semihyalina* (Libellulidae) et ont été considérés comme localement éteintes (Samraoui & Corbet, 2000a). (*C. exul*, *C. splendens* et *C. virgo meridionalis*), inféodées aux milieux lotiques, n'ont plus été trouvées depuis fort longtemps, jusqu'à récemment, où un certain nombre d'espèces commence à faire surface. C'est le cas d'ailleurs de *Calopteryx exul* qui n'avait plus été observée en Algérie depuis plus d'un siècle, et a été observé en 2011 dans l'hydro système de la Seybouse (Khelifa *et al.*, 2011). C'est le cas également de *Lindenia tetraphylla* en danger critique d'extinction, signalée pour la première fois en Algérie au XIX<sup>e</sup> siècle et a été considérée comme éteinte (Boudot *et al.* 2009) et redécouverte en 2018 dans le parc national d'El Kala, au nord-est de l'Algérie, après 170 ans d'absence (Khelifa & Zebza, 2018). La

cause principale de cette absence étant probablement due à la dégradation de leurs habitats privilégiés (Samraoui & Menai, 1999).

Les 63 espèces répertoriées, se répartissent dans 09 familles entre Anisoptères et Zygoptères (fig.14) ci-dessous.

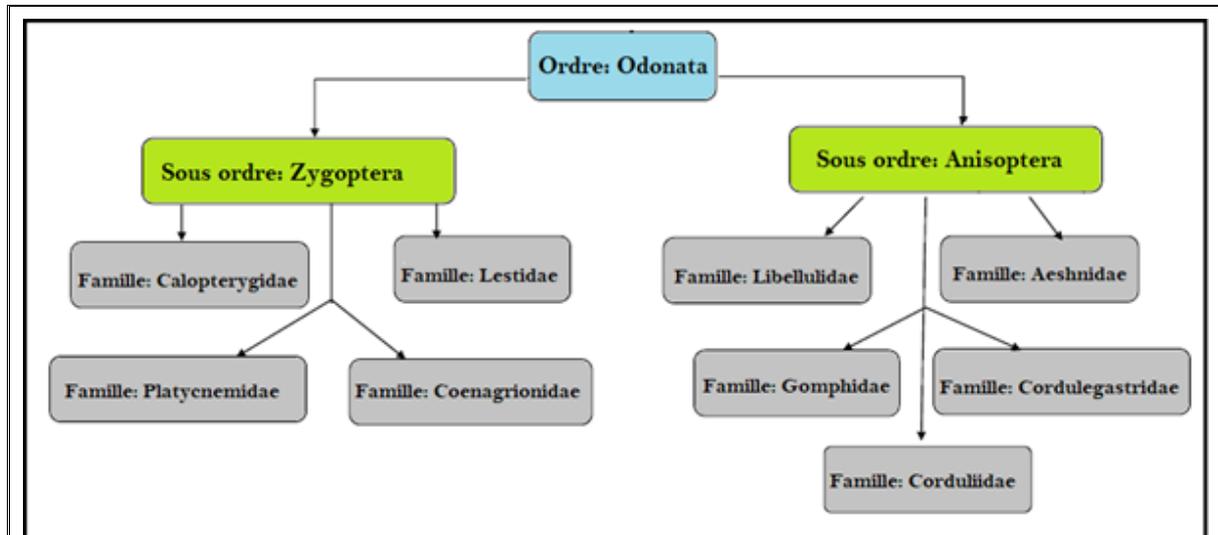


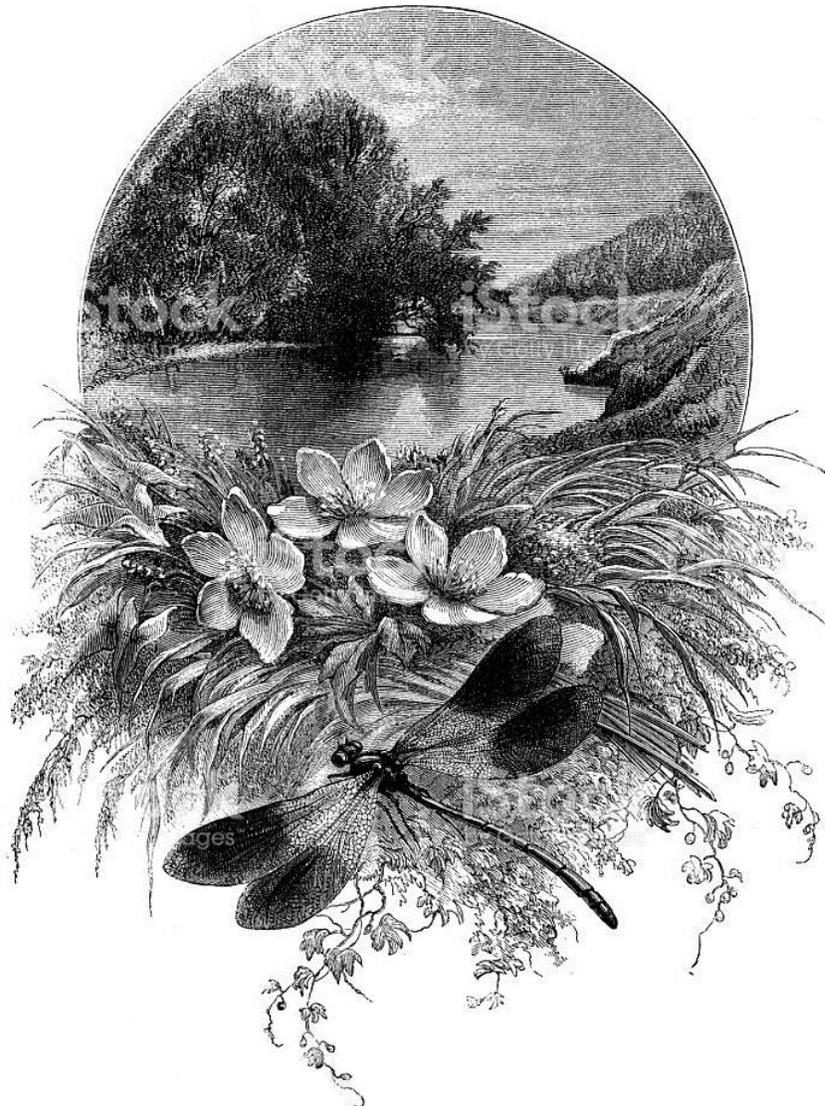
Fig.14. Les différentes familles d'odonates d'Algérie.

Mais sur les 10 taxons non recensés, seuls quatre sont considérés comme de véritables signalements passés à savoir : *Lindenia tetraphylla* (Gomphidae) ; *Cordulegaster boltonii algerica* (Cordulegastridae) ; *Cordulia aenea* (Corduliidae) et *Rhyothemis semihyalina* (Libellulidae) et ont été également considérées comme localement éteintes (Samraoui & Corbet, 2000 a). Notons que la première espèce, *Lindenia tetraphylla* est bel et bien présente au nord-est algérien et redécouverte dans le parc national d'El Kala, après 170 ans d'absence (Khelifa & Zebza, 2018). Ainsi que la redécouverte de *Calopteryx exul* qui n'avait plus été observée en Algérie depuis plus d'un siècle, et a été observé en 2011 dans l'hydro système de la Seybouse (Khelifa et al., 2011).

Donc la faune odonatologique de l'Algérie actuellement recensée sans tenir compte des signalements anciens se résume à 55 espèces [↪ Voir Annexes 1].



**CHAPITRE II**  
**PRESENTATION DE LA REGION**  
**D'ETUDE**



## **Chapitre II. Description générale de la région d'étude**

Une bonne connaissance de la situation géographique, du milieu physique et des conditions climatiques d'une région d'étude relève d'une grande importance lors de toute étude scientifique. Elle permet de mieux appréhender les facteurs influençant la prolifération, le développement et la distribution d'une population animale donnée. Ce présent chapitre consiste à présenter une brève description du site d'étude (sa situation géographique, son réseau hydrographique et sa climatologie).

### **II. Description générale de la région d'étude**

La connaissance de la situation géographique et des conditions climatologiques d'une zone d'étude relève d'une grande importance lors de toute étude scientifique.

#### **II.1. Situation et limites géographiques de la région de Bejaia**

Issue du découpage administratif de 1974, (journal officiel de la république Algérienne n° 55 du 09 Juillet 1974), Bejaia est une wilaya côtière parmi les plus grandes régions littorales d'Algérie, recouvrant une superficie de 3268 km<sup>2</sup> (322.348 ha), est située au nord-est du pays, dans la région de la Kabylie sur sa côte méditerranéenne (fig.15). Elle s'insère entre les grands massifs de Djurdjura, Bibans et Babors et s'ouvre sur la mer Méditerranée avec une façade maritime de plus de 100 Kms. Elle est distante de 181 km de la capitale Alger, à 93 km de Tizi-Ouzou, 81,5 km de Bordj Bou Arréridj, 70 km de Sétif et de 61 km de Jijel (A.S.W.B., 1996). Les coordonnées géographiques au point central de son chef-lieu sont 36° 45' 00" N et 5° 04' 00" E.

Hormis la plaine de la Soummam, la physionomie de cette région est caractérisée par une prédominance de montagnes dont les pentes excèdent 25% pour 82% de la superficie globale et dont les altitudes variaient entre le niveau de la mer et 1600 m avec une moyenne ne dépassant pas 600 m (B.N.D.R., 1980).



## II.2. Occupation des Sols et végétation

La région de Bejaia est constituée essentiellement par la vallée de la Soummam et des reliefs accidentés. La superficie de la région de Bejaia est répartie comme suite (D.P.A.T., 2004) :

- ✂ Superficie agricole utile : 129.848 ha.
- ✂ Pacages et parcours : 29.859 ha.
- ✂ Terres improductives des exploitations : 3.587 ha.
- ✂ Superficie forestière : 122.500 ha.
- ✂ Terres non agricoles : 36.554 ha.

Le domaine forestier couvre 122 500 ha de l'espace de la wilaya de Bejaia (58 700 ha de forêts soit 47,92 % et 63 800 ha de maquis soit 52,08 %) (D.P.A.T., 2004). Où on distingue les formations suivantes :

- ⇒ Formation à olivier, caroubier et lentisque : il s'agit de formations essentiellement pré forestières, qui constituent un paysage arboré plus en moins dense.
- ⇒ Formation à chênes sclérophylles (*Quercus suber*, *Q. ilex* et *Q. coccifera*)
- ⇒ Formation à conifères (Pinèdes à *Pinus halepensis* en basses altitudes et Cédraie à *Cedrus atlantica* en hautes altitudes).
- ⇒ La végétation constituée par les feuillues caducifoliés, cette catégorie est représentée par

- Les groupements de chêne Zeen, (*Quercus canariensis*, *Quercus afares*), de frêne, (*Fraxinus angustifolia*) et de merisier (*Prunus avium*) sont remarquables en altitude.
- Les ripisylves de montagnes à *Alnus glutinosa*, *Populus alba*, *P. nigra* et *Salix pedicellata* parcourent les oueds et autres cours d'eau permanents.

L'agriculture se développe sur les versants et sur la plaine à substrat alluvionnaire fertile. La superficie agricole utile (S.A.U) de la wilaya de Bejaia est de 129 848 ha dont 6 600 ha irriguée, soit 5,08%. Les cultures consistent principalement en céréales et en fruitiers, oliviers, figuiers, agrumes et maraîchage. La majorité des fermes occupent les terrains situés de part et d'autre de l'Oued Soummam (Oued Ghir, El Kseur, Sidi Aich, Akbou, etc), et sur la bande côtière comprise entre l'embouchure de l'oued Soummam à l'embouchure de l'oued Agrioun. L'agriculture intensive et irriguée est pratiquée en plein champ et sous serres, avec usage de fertilisants et de produits phytosanitaire. Par ailleurs, dans les zones de piedmonts, on pratique la multiculture végétale, champs de céréales, de maraîchage, de cultures fourragères et de fruitiers, associée à l'élevage ovin et bovin (D.P.A.T., 2004).

### II.3. Hydrographie

Trois bassins versants occupent notre territoire d'étude : (fig.16).

- ⇒ Le bassin versant Soummam qui occupe la majeure partie ;
- ⇒ Le bassin versant côtiers algérois-Est et,
- ⇒ Le bassin versant côtiers constantinois-Ouest.

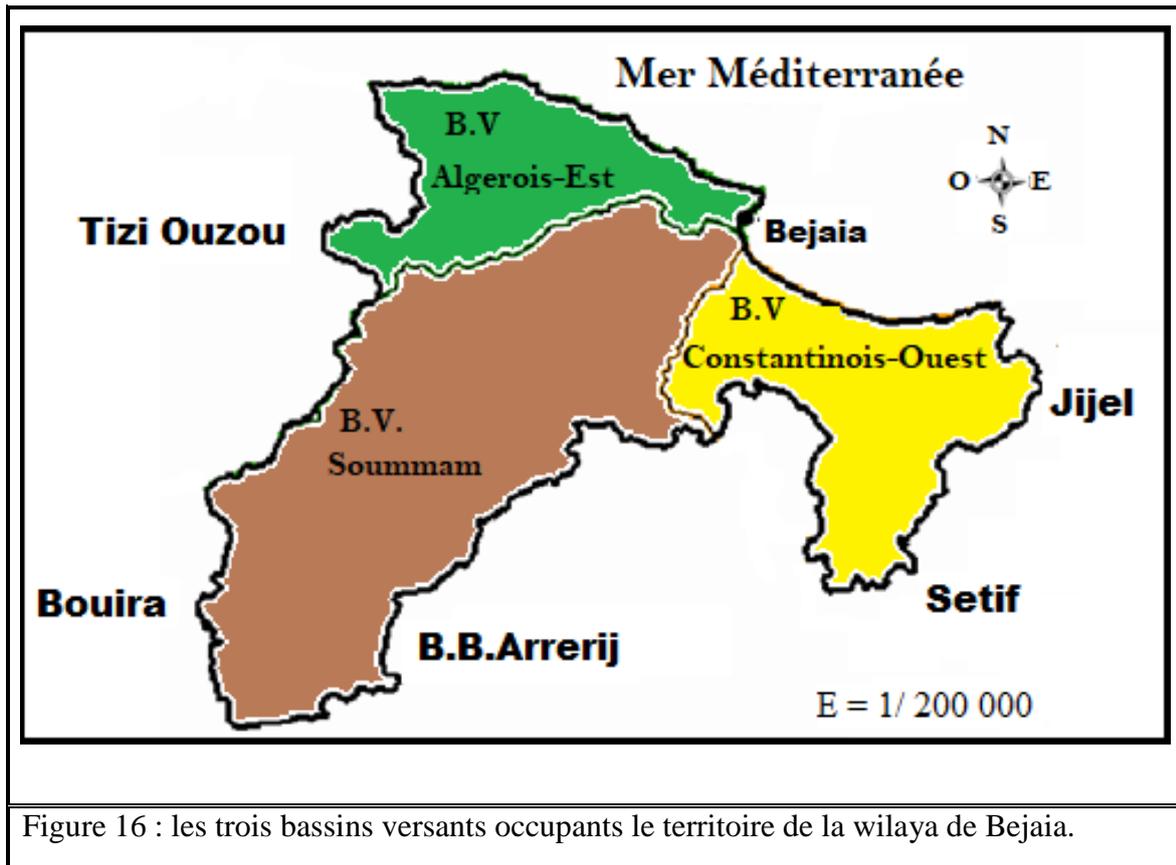


Figure 16 : les trois bassins versants occupants le territoire de la wilaya de Bejaia.

Faisant partie d'une région assez arrosée, la Wilaya de Bejaia est traversée par plusieurs Oueds drainant les eaux superficielles de ruissellement vers la mer (fig.17). Les plus importants sont : Oued Soummam, Oued Aguerioun, Oued Djemaa et Oued Boulzazen (appartenant au bassin versant constantinois Ouest), Oued Das (appartient au bassin versant Côtiers algérois Est. (D.P.A.T., 2004).

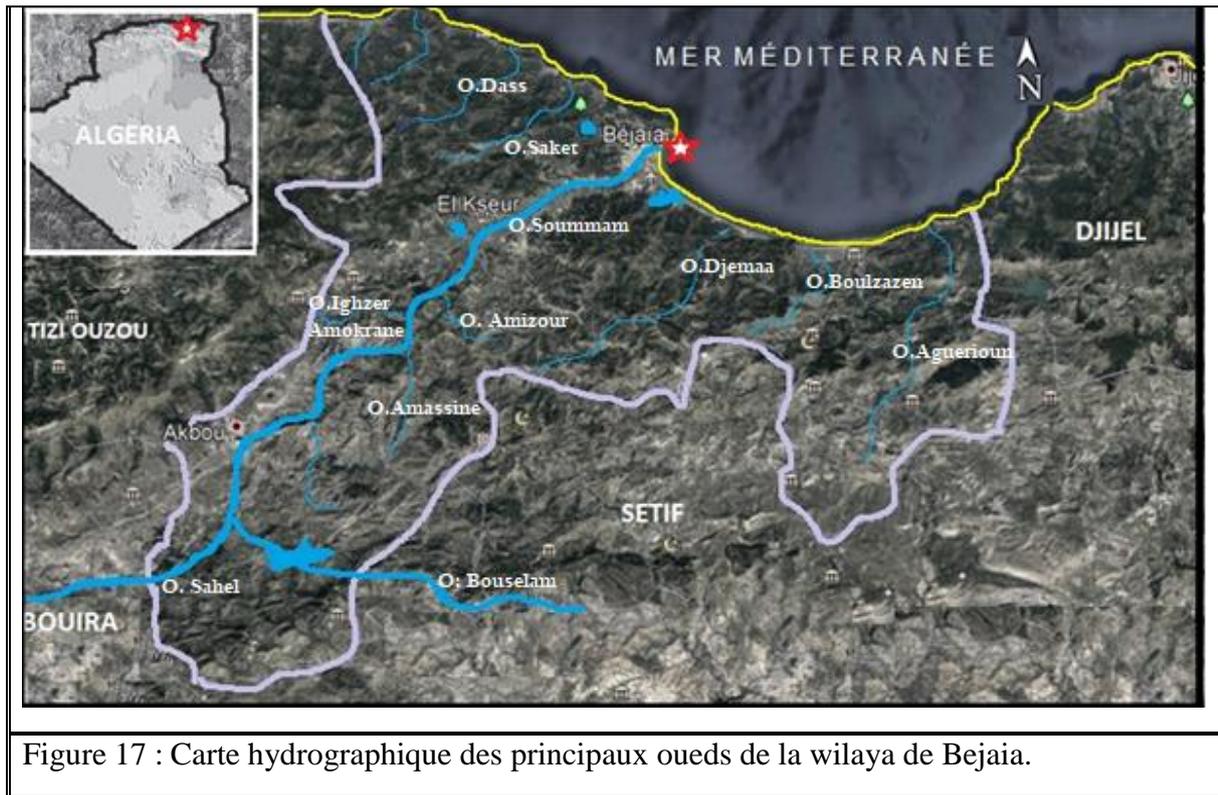


Figure 17 : Carte hydrographique des principaux oueds de la wilaya de Bejaia.

Le bassin versant de la Soummam occupe une aire de 9125 km<sup>2</sup>. Il est composé de deux plateaux, celui de Bouira à l'Ouest celui de Sétif à l'Est et enfin de la vallée de la Soummam. Au Nord il est limité par les monts du Djurdjura puis les djebels Aghbalou-Gouraya, au Sud les monts du Hodna. (Benhamiche, 1997).

De part sa forme irrégulière et son orographie très prononcée, le bassin versant Soummam est drainé par un réseau dense de ruisseaux temporaires et d'oueds dont le plus important est l'Oued Soummam, qui résulte de la jonction en amont d'Akbou de deux oueds importants : de l'oued Sahel occupant une superficie de 3750 km<sup>2</sup> et l'oued Bou-Sellam d'une superficie de 4500 km<sup>2</sup>. L'oued Soummam occupant une superficie de 950 km<sup>2</sup>, un lit de 80 km de long est drainé à son tour par huit principaux oueds à s'avoir (tab.5) : Oued Imoula ; Oued Ighzer Amekrane ; Oued Rmila ; Oued El-Kseur et Oued Ghir par sa rive gauche. Dans sa rive droite, on trouve : Oued Sedouk ; Oued Amassine et Oued Amizour (D.P.A.T., 2004)

Tableau 5. Les principaux affluents de l'Oued Soummam et leurs débits moyens (m<sup>3</sup>/an).

Les rives	Les affluents	Débits (m <sup>3</sup> /an)
<b>Rive gauche</b>	Oued Imoula	4.10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> / an
	Oued Ighzer Amokrane	12.10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> / an
	Oued Rmila	28.10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> / an
	Oued El-Kseur	12.10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> / an
	Oued Ghir	12.10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> / an
<b>Rive droite</b>	Oued Sedouk	10.10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> / an
	Oued Amassine	12.10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> / an
	Oued Amizour	15.10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> / an

A l'instar des autres régions d'Algérie ; Bejaia, en plus de son réseau d'oueds, elle regorge d'une grande diversité d'habitats et d'écosystèmes de zones humides représentés par des lacs, étangs, marais, lagunes, mares temporaires, tourbières, prairies humides, marécages arbustifs. A cette mosaïque s'ajoute neuf retenues collinaires et deux grands barrages qui alimentent la population de la région, celui d'Ighil Mda à Kherata et celui de Tichi Haff à Bouhamza.

D'après l'étude menée par Djoudi (2009) sur les zones humides de Bejaia, complétée par nos différentes investigations de terrain sur presque 80% du territoire de la wilaya, on est arrivé à répertorier 90 zones humides, 11 zones humides artificielles et 79 zones humides naturelles dont 22 oueds (les plus importants de la région). Toutefois, ce recensement reste incomplet du fait que certains territoires de la région ne sont pas encore visités surtout au niveau de Tababourt et la forêt de Kefrida où des randonneurs et bergers nous témoignent de la présence de mares temporaire forestières. Ces zones humides peuvent être scindées en onze (11) types [↪ Voir Annexes 2 et 3].

#### II.4. Climatologie

Le climat est un facteur très important qui se place en amont de toute étude relative au fonctionnement des écosystèmes écologiques. Il représente l'ensemble de conditions météorologiques qui caractérisent l'atmosphère en un lieu donné. Les facteurs climatiques ont des actions multiples sur la physiologie et sur le comportement des animaux, notamment sur

les insectes. Ils ne peuvent se maintenir en vie qu'entre certaines limites bien précises de température, d'humidité relative et de pluviométrie. Au-delà de ces limites les populations sont éliminées (Dajoz, 1975).

Comme toutes les régions du littoral algérien, Bejaia bénéficie d'un climat tempéré avec un hiver doux caractéristique des zones méditerranéennes. Il faut rappeler que le climat de la wilaya de Bejaia varie d'une zone à une autre. La zone littorale et la vallée de la Soummam jouissent d'un climat pluvieux et doux en hiver, sec et chaud en été. Le climat des zones de montagnes est caractérisé par un été sec et chaud et un hiver pluvieux et froid avec parfois des températures négatives et une neige abondante en hiver. La période pluvieuse s'étend de novembre à mars, elle est considérée de ce fait parmi les régions les plus arrosées d'Algérie. Notons par ailleurs, que les données utilisées pour caractériser l'état climatique de notre région d'étude émanent de l' S.M.B. (station météorologique de la wilaya de Bejaia).

#### II.4.1. La température :

La température représente un facteur limitant de toute première importance car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'être vivants dans la biosphère (Ramade, 1984). D'après Dreux (1980), la température est un facteur essentiel pour expliquer certains résultats et comportements des insectes.

Les valeurs mensuelles minimales, maximales et moyennes de la température de l'air, enregistrées durant de la décade (2008-2018) dans la région de Bejaia, sont représentées dans le (tab.6) ci-dessous.

Tableau 6. Températures mensuelles minimales, maximales et moyennes exprimées en degrés Celsius dans la région de Bejaia (2008-2018) (S.M.B., 2018).

Mois	J	F	Mr	Av	Mi	J	Ju	Au	S	O	N	D
<b>Maxima</b>	17,2	17,2	19,1	21,3	23,6	27	30,2	30,9	28,6	26,3	21,7	18,3
<b>Minima</b>	7,6	7,6	9,1	11,2	14,2	17,9	21	21,6	19,5	16,5	12,1	8,7
<b>Moyennes</b>	12,4	12,4	14,1	16,25	18,9	22,45	25,6	26,25	24,05	21,4	16,9	13,5

La température annuelle moyenne à Bejaia est de 18,68°C. Les mois les plus froids sont Janvier et Février avec une température moyenne de 12,4°C. Par contre les mois les plus chauds sont Juillet avec 25,6°C, et Août avec 26,25°C.

#### II.4.2. Précipitations

D'après Dajoz (1971), l'eau exerce une influence sur la vitesse de développement de la faune et de la flore, sur leurs répartitions dans le biotope et sur la densité de leur population.

La pluviométrie constitue un facteur écologique d'importance fondamentale non seulement pour le fonctionnement et la répartition des écosystèmes terrestres et aquatiques, mais aussi pour la répartition des êtres vivants (Ramade, 1984).

D'après Quezel (1957), la pluviométrie en Algérie est sous l'influence de facteurs géographiques : l'altitude, la latitude, la longitude et l'exposition. En effet, la pluviosité augmente avec l'altitude, mais elle est plus élevée sur les versants exposés aux vents humides. Elle augmente d'Ouest en Est, et diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne du littoral vers le Sud.

Les valeurs moyennes mensuelles des précipitations de la région de Bejaia durant la décade (2008-2018) sont représentées dans le (tab.7) ci-dessous.

Tableau 7. Moyennes mensuelles des précipitations en (mm) dans la région de Bejaia de (2008-2018)

Mois	J	F	Mr	Av	Mi	J	Ju	Au	S	O	N	D	Moyenne
P(mm)	113,2	116	93,8	55,6	46,56	17,7	3,02	18,71	58	66,5	110	99	798,09

La région de Bejaia reçoit en moyenne 798,09 mm de pluie par an. Durant cette période, ce sont les mois de Janvier (113.2 mm), Février (116 mm) et de Novembre (110 mm) qui sont les plus pluvieux. Les faibles précipitations sont notées en période estivale, surtout en mois de Juin, avec seulement 3,02 mm (tab.7).

#### II.4.3. La neige

La neige constitue la deuxième forme de précipitation la plus répandue dans la région de Bejaia. Elle est surtout caractéristique des massif de l'Akfadou et la chaine des Babors. Toutefois, en raison d'absence de station d'observation en haute altitude dans notre région, nous empêche de donner plus de précision sur les données. Mais on peut constater qu'au-delà de 1000 m d'altitude environ, l'épaisseur de la couverture est relativement élevée, elle est de l'ordre de 40 à 60 cm en moyenne et les mois de décembre et de janvier sont en général les plus enneigés.

#### **II.4.4. L'humidité relative**

Ramade (1984), signale que la variation des rythmes quotidiens et saisonnière de l'hygrométrie atmosphérique joue un rôle très important dans l'écologie des organismes terrestres et dans les écosystèmes continentaux.

L'humidité présente dans l'atmosphère varie peu dans la région de Bejaia. Les valeurs moyennes fluctuent autour de 75 % et attestent de l'influence du milieu marin (S.M.B., 2019). D'autres formes d'humidité telles que les rosées et les brouillards littoraux, sont assez fréquents à Bejaia, qui pourrait parfois apporter des lames d'eau équivalentes à celles obtenues par les pluies.

#### **II.4.5. Les vents**

D'après Dajoz (1985), le vent a une action indirecte sur les communautés des invertébrés terrestres, l'action la plus importante réside dans la dispersion des animaux.

Le relief de djebel Gouraya et la vallée de Soummam influent sur le régime des vents dans la région de Bejaïa. Elle reçoit dans la majorité du temps des vents modérés qui soufflent du nord-est vers le sud-ouest. Il est à noter que les vents assez forts soufflent durant certaines journées entre janvier et avril, ce qui rend difficile l'échantillonnage de certains invertébrés surtout les libellules. Le sirocco, vent chaud et sec, se manifeste en moyenne pendant 20 à 27 jours par an, notamment au cours des mois de juillet et d'août et quelque fois même durant le printemps entre avril et juin. Il est moins fréquent durant ces dernières années (S.M.B., 2019).

### **II.5. Synthèse bioclimatique**

Les différents facteurs climatiques n'agissent pas indépendamment les uns des autres. Pour tenir compte de cela, divers indices ont été créés et les plus employés font usage de la température (T) et de la pluviosité (P) qui sont les facteurs les plus importants et les mieux connus (Dajoz, 2000).

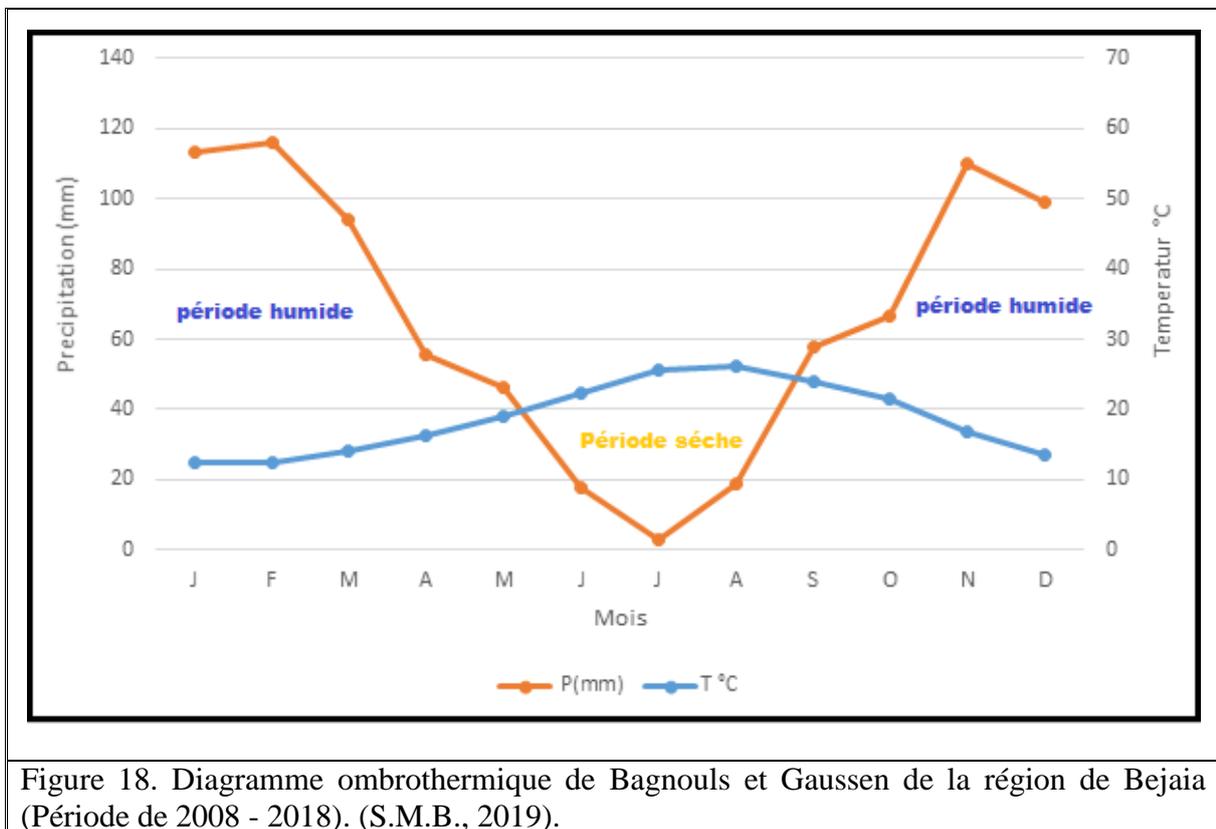
La synthèse des données climatiques est effectuée par plusieurs indices climatiques, les plus utilisés en région méditerranéenne sont : Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen et le quotient pluviométrique d'Emberger.

#### **II.5.1. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen**

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen permet de définir les mois secs. Le diagramme est conçu de telle sorte que l'échelle de la pluviométrie (P), exprimée en millimètres, est égale au double de celle de la température moyenne mensuelle (T) exprimée en degré Celsius (Dajoz, 2000) :  $P = 2 T$

D'après Bagnouls et Gaussen, un mois est considéré comme sec lorsque le total des précipitations P, exprimé en mm, est égal ou inférieur au double de la température moyenne T, du mois, exprimée en degré centigrade. Partant de ce principe, la durée et l'importance de la période sèche peuvent être déterminées par le diagramme ombrothermique proposé par ces deux auteurs. Ce diagramme est obtenu par un graphique où les mois de l'année sont en abscisse, les précipitations moyennes mensuelles (P en mm), en ordonnée de gauche, les températures (T en degrés centigrades), en ordonnée de droite et à une échelle double. La période sèche s'individualise lorsque la courbe des précipitations passe sous celle des températures, c'est à dire lorsque  $P < 2T$ .

Le diagramme ombrothermique obtenu dans la région de Bejaia fait apparaître nettement la saison sèche qui s'étend sur quatre (04) mois. Elle s'étale de la fin du mois de mai jusqu'à fin septembre. Par contre la saison humide s'étend de fin septembre jusqu'à la fin mai. (fig.18).



### II.5.2. Quotient pluviothermique d'Emberger

Le quotient pluviothermique (Q2) permet de déterminer l'étage bioclimatique d'une région méditerranéenne et de la situer dans le climagramme d'Emberger. C'est un quotient qui est fonction de la température moyenne maximale (M) du mois le plus chaud, de la température moyenne minimale (m) du mois le plus froid et de la pluviosité moyenne annuelle (P) en mm.

Ce quotient est d'autant plus élevé que le climat de la région est humide. Il est calculé par la formule suivante :

Où :

$$Q_2 = \frac{P}{M^2 - m^2} \times 2000$$

P : précipitations annuelles exprimées en mm

M : moyenne des températures maximales du mois le plus chaud (°K)

m : moyenne des températures minimales du mois le plus froid (°K)

Stewart a simplifié ce quotient pour l'Algérie et le Maroc. Il se calcule par la formule suivante :

$$Q_2 = 3,43 \frac{P}{M - m}$$

Les valeurs du quotient combinées à celles de m sur le climagramme d'Emberger, permettent de déterminer l'étage et les variantes climatiques. D'une manière générale, un climat méditerranéen est d'autant plus humide que le quotient est plus grand (Daget, 1977).

Pour la région de Bejaia le quotient  $Q_2$  a été calculé à base de ces valeurs :

P = 798,09 mm	M=30,9°C	m=7, 6°C	Q2= 117,487
---------------	----------	----------	-------------

A partir des résultats obtenus, on constate que pour notre région d'étude le  $Q_2$  est égale à 117,487 pour une période de 10 ans (2008-2018), ce qui permet de situer cette zone dans l'étage bioclimatique subhumide à hiver chaud (fig.19).

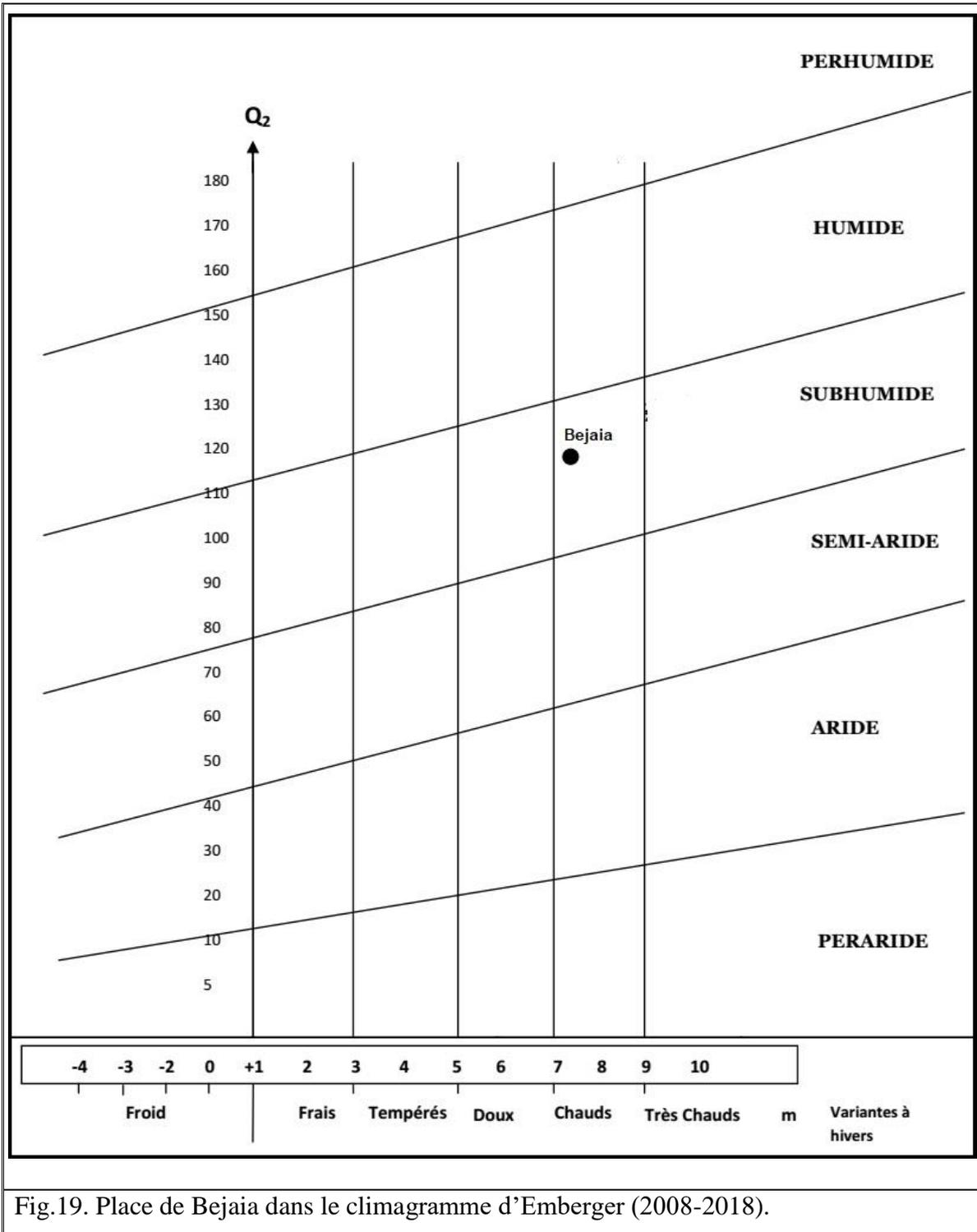
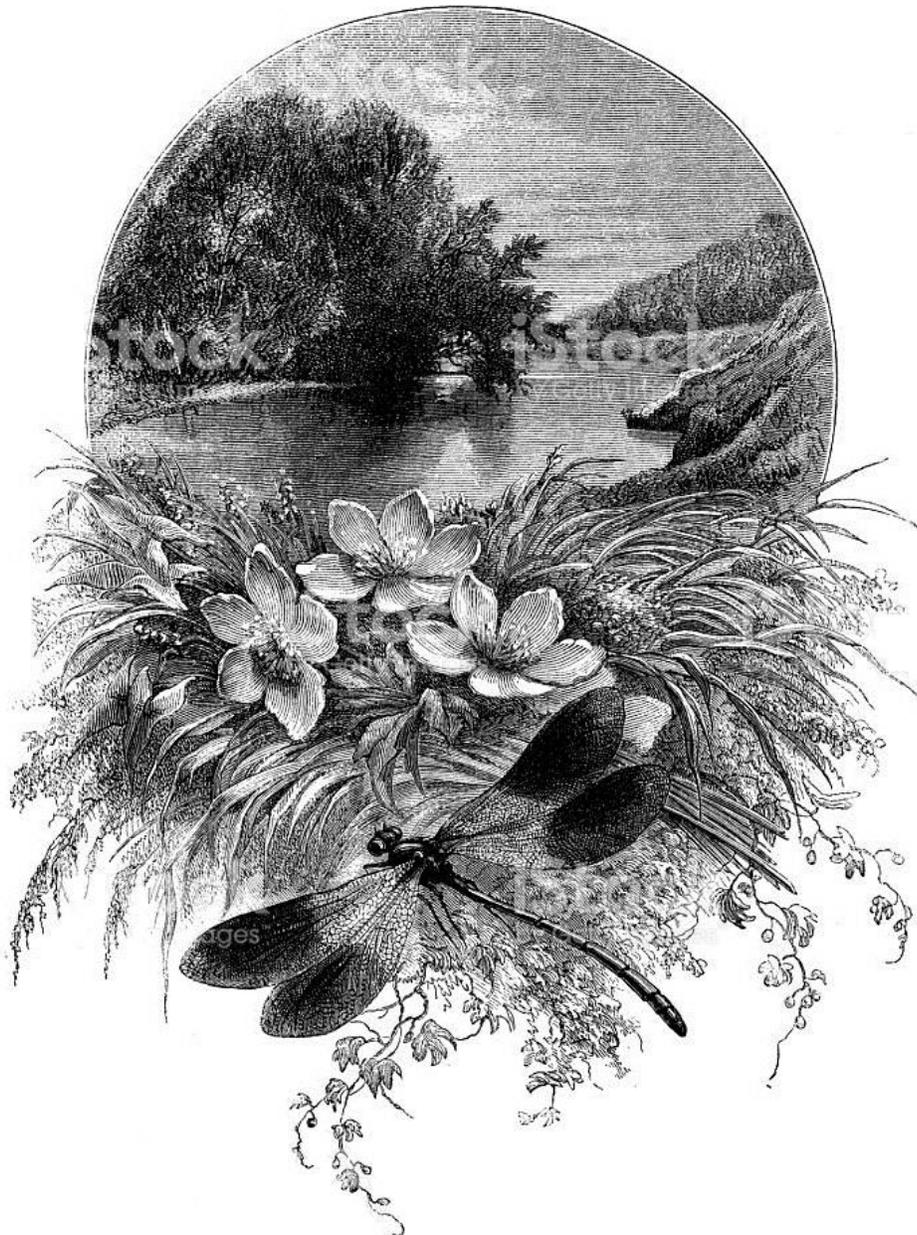


Fig.19. Place de Bejaia dans le climagramme d'Emberger (2008-2018).



# CHAPITRE III

# METHODOLOGIE





## Chapitre III. Méthodologie

Toute étude scientifique nécessite au préalable une mise au point d'une méthodologie et un matériel adéquat afin d'atteindre les objectifs assignés à celle-ci. Ce chapitre décrit la démarche adoptée pour la réalisation de ce travail fondée sur les techniques et méthodes employées pour la réalisation des enquêtes de terrain à savoir : le suivi des odonates et une rétro-observation de l'état des milieux humides sélectionnés.

### III. 1. Protocole d'inventaire

Le concept de point chaud de biodiversité a amélioré les stratégies de conservation. L'ensemble Kabylie-Numidie-Kroumirie, forme un point chaud régional de biodiversité et comprend un nombre élevé d'espèces rares (Vela & Benhouhou, 2007). Dans cet ensemble biogéographique, des zones humides, dont les richesses et intérêts patrimoniaux et écologiques ne sont plus à discuter, sont recensées, voire inscrites sur la liste internationale Ramsar. C'est dans une partie de ce vaste ensemble biogéographique, dans le nord-est de l'Algérie (Bejaia), que nous avons développé notre approche. L'étude a été menée sur trois années consécutives (2015, 2016 et 2017) et plusieurs personnes ont participé à ce travail.

Au cours des différentes prospections de terrain, nous avons sélectionnés quelques milieux humides qui feront objet d'étude d'inventaire et de suivi des peuplements odonatologiques qui leur sont associés. Réaliser l'inventaire des odonates en parallèle d'une évaluation de l'état de conservation des habitats a pour but de déterminer des zones à enjeux où il serait intéressant d'intervenir pour permettre d'améliorer les habitats. La prospection ainsi que l'évaluation de la qualité de l'habitat pour les odonates se fait sur des tronçons homogènes définis sur le terrain. Afin de noter les informations relatives à chacun d'entre eux, nous avons réalisés une fiche de terrain [↪ voir Annexe 4]. Aucune mesure des paramètres de l'eau n'a été réalisée. Cependant, des indices visuels sont facilement identifiables afin de nous informer d'une pollution ou d'une perturbation susceptibles de nuire aux odonates. Il s'agit de la présence de déchets, de produits d'origine ménagère, de mousse ou d'algues filamenteuses et d'une eau turbide ou boueuse.

### III.2. Stations d'étude

#### III.2.1. Choix des stations d'étude

La région de Bejaia a la particularité d'être formé d'un réseau dense de cours d'eau, de lacs, étangs, et de mares. Ce réseau constitue de véritables voies de circulation pour plusieurs



espèces, animales. Ces cours d'eau forment donc ce qu'on appelle des corridors biologiques. Ils permettent aux différentes espèces qui habitent le territoire, liées à ces zones humides, de circuler, de se disperser... C'est notamment le cas des odonates qui utilisent ces cours d'eau pour circuler entre les mares, étangs et autres habitats en zones humides qui composent le paysage.

Compte tenu du nombre important de milieux aquatiques, le peuplement odonatologique des différents milieux de la région de Bejaia est étudié sur 12 stations (fig.20). Un nombre de stations représentatifs pour chaque type de milieu a été choisi et sont présentés dans le (tab.8). La typologie présentée dans le (tab.8) est liée à deux facteurs principaux qui sont ; l'usage qu'il en est fait et l'environnement dans lequel ils se trouvent. Lorsqu'il a fallu faire un choix, celui-ci a toujours été fait en fonction de la contrainte semblant la plus forte. Le choix d'une diversité des stations (mares temporaires, lac, oued ...) est motivé par l'envie de connaître leur réaction en fonction de différents degrés ou modalités d'anthropisation. Nous avons orienté nos choix sur des stations se trouvant dans des contextes fortement anthropisés en distinguant des sites protégés et des sites ne faisant l'objet d'aucune mesure de protection dans un but de comparaison.

Cinq types ont été retenus, chacun en fonction d'une contrainte régissant la présence et le développement des odonates. Ainsi, lors de travaux de gestion ou de restauration futurs, les différents facteurs défavorables aux odonates pourront faire l'objet d'une attention particulière.

- ✈ Zones humides qui ont en commun d'être situées à l'intérieur de boisements, qu'ils soient bosquet ou forêt (cas des mares temporaires d'altitude du massif forestier de l'Akfadou).
- ✈ Zones humides situées dans des parcelles pâturées principalement par des bovins et servent à l'abreuvement des bêtes. Leurs berges sont régulièrement piétinées (cas des mares temporaires de montagne).
- ✈ Zones humides artificielles destinées à l'irrigation. Généralement pourvues de prise d'eau faisant varier artificiellement le niveau (cas de la retenue collinaire de Betlou à El Kseur).
- ✈ Zones humides situées en zones urbaines et ont comme caractéristique commune de subir les nuisances par les visiteurs (cas du Lac Mezaia et du marais de Tamehlaht).
- ✈ Zones humides situées près d'habitations (hameaux, villages) où la pression urbaine et phytosanitaire est très forte (cas des oueds de la région).

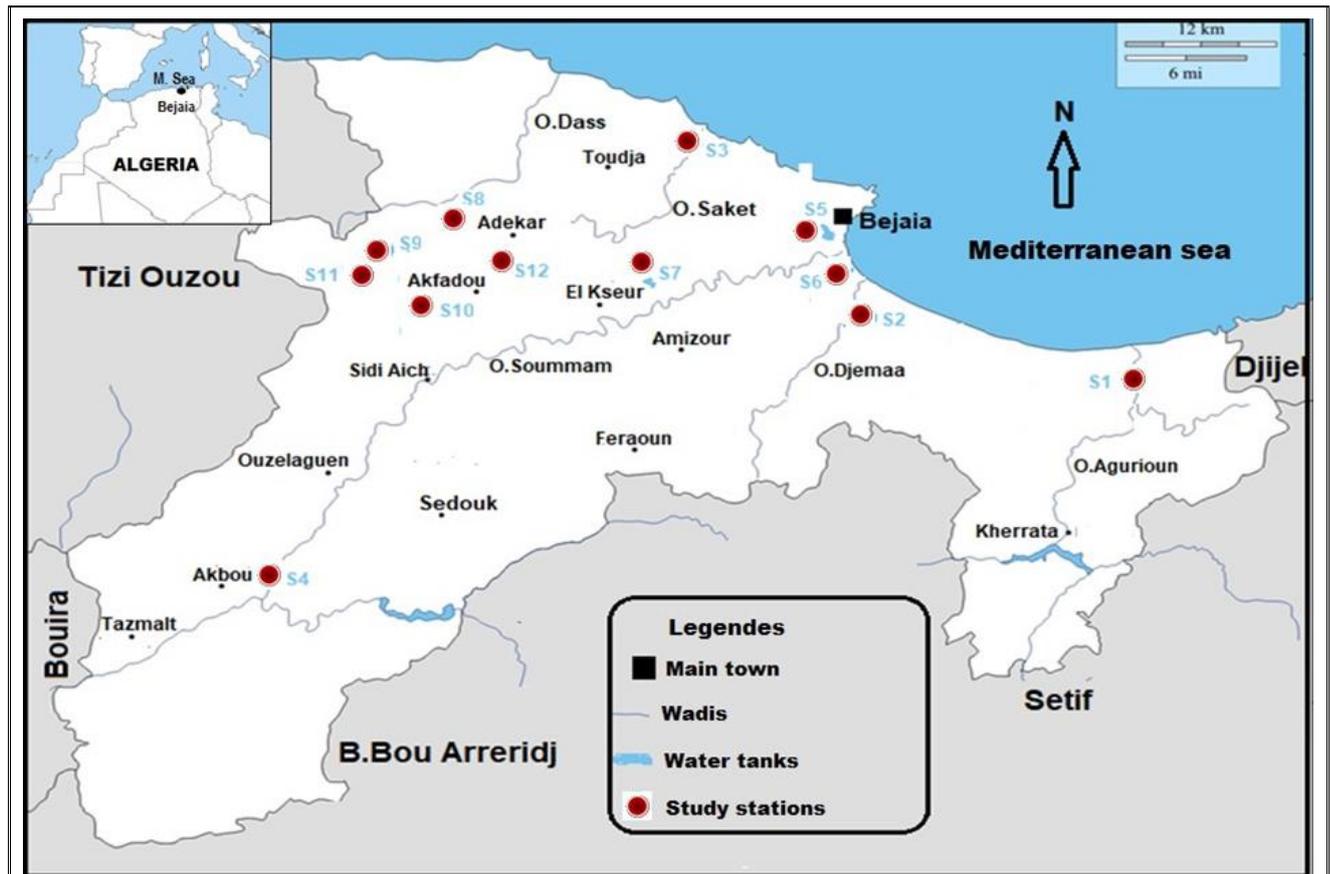


Figure 20. Localisation des stations d'études dans la région de Bejaia

### III.2.2. Localisation et caractéristiques des stations d'étude :

Nos stations d'études sont des zones humides diverses, scindées en trois catégories à savoir : l'eau courante permanente (ECP) ; l'eau stagnante permanente (ESP) et l'eau stagnante temporaire (EST) dont les principales caractéristiques sont mentionnées dans le (tab.8). Pour chaque station, nous avons réalisés une description de la végétation présente ; un état des lieux a été également effectué en notant toute perturbation susceptible de nuire aux libellules. Les quatre oueds (eau courante permanente) étaient entourés de *Populus alba* ; *Alnus glutinosa* ; *Fraxinus excelsior* et *Eucalyptus camaldulensis* et, à certains endroits, de *Nerium oleander* ; *Phragmites communis*, *Arundo donax*, *Rubus ulmifolius* et *Rosa sempervirens*. Des tronçons de berges fortement végétalisées couvertes de *Carex muricata*; *Equisetum ramosissimum* et *Juncus glaucus* ont été observés à certains endroits.

Les eaux stagnantes permanentes représentées par le lac Mezaia, le marais Tamehlaht et la retenue collinaire de Betlou sont entourés de ceintures de *Phragmites communis*, *Juncus maritimus*, *Typha angustifolia*, *Tamarix africana* et *Arundo donax*, surtout sur les bords du lac Mezaia et par divers arbres tels que *Populus alba* et *Eucalyptus camaldulensis* au niveau de



retenue collinaire de Betlou. Les cinq mares temporaires sont situées dans les forêts de chênes du massif forestier d'Akfadou et d'Adekar. Elles sont bordées par une ceinture boisée, formée exclusivement par *Quercus canariensis*, *Q. afares* et accessoirement par *Cedrus atlantica*. La végétation basse près des plans d'eau se compose d'*Erica arborea*, *Calicotome spinosa*, *Rubus fruticosus*, *R. ulmifolius*, *Asphodelus albus*, *Myrtus communis*, *Arbutus unedo*, *Phillyrea angustifolia*, *Erica arborea* et *Pteridium aquilinum* avec la présence marquée de *Cytisus villosus*. Quant aux héliophytes et hydrophytes, il y a une dominance de quelques espèces telles que : *Persicaria amphibia*, *Potamogeton nodosus*, *Myriophyllum alterniflorum*, *Ranunculus aquatilis*, *Corrigiola litoralis*, *Sparganium erectum*, *Elatine alsinastrum* et la dominance du (souchet) *Schoenoplectus lacustris* dans la mare temporaire d'Alsus qui couvre la plus grande partie de la surface d'eau avec des pieds dépassant les 2 mètres.

Tableau 8. Caractéristiques des stations d'études de la région de Bejaia.

Habitat type	Stations d'étude	Code	Localité	Altitude	Latitude	Longitude
<b>Eaux courantes permanente (ECP)</b>	Oued Aguerioune	S1	Darguina	47 m	36°34'46"N	5°20'52"E
	Oued Djemaa	S2	Boukhelifa	39 m	36°37'57"N	5°09'31"E
	Oued Saket	S3	Toudja	06 m	36°49'35"N	4°56'20"E
	Oued Soummam	S4	Akbou	165 m	36°25'35"N	4°32'40"E
<b>Eaux stagnante permanentes (ESP)</b>	Lac Mezaia	S5	Bejaia	17 m	36°44'51"N	5°03'11"E
	Marais Tamelaht	S6	Bejaia	01 m	36°42'59"N	5°04'49"E
	Retenue collinaire Betlou	S7	El Kseur	143 m	36°41'23"N	4°54'18"E
<b>Eaux stagnante temporaires (EST)</b>	Agoulmime Averkane	S8	Adekar	1264 m	36°41'47"N	4°36'09"E
	Agoulmime Ikher	S9	Tibane	1065 m	36°37'09"N	4°38'09"E
	Agoulmime Ouroufel	S10	Akfadou	1360 m	36°38'41"N	4°34'42"E
	Agoulmime Tala Guizane	S11	Chemini	1572 m	36°37'42"N	4°34'03"E
	Agoulmime Alsus	S12	Tifra	590 m	36°40'02"N	4°39'56"E



### III.3. Inventaire des odonates :

#### III.3.1. Matériel utilisé lors de l'observation et l'inventaire des odonates

Les libellules sont pour la plupart des insectes farouches. Il convient donc d'adapter sa tenue vestimentaire en évitant les couleurs trop claires, car ils rendent trop perceptibles les mouvements de l'observateur. La prospection des zones humides nécessite une paire de bottes ou des sandales en caoutchoucs adaptées à ces milieux. Outre la tenue vestimentaire adaptée, l'observation des libellules requiert un minimum de matériel. En effet, l'étude et l'inventaire des libellules nécessitent un équipement de terrain qui permet à la fois de les capturer, de les observer et de noter les informations sur leur comportement dans les différents biotopes. A chaque sortie sur terrain, le prospecteur devrait s'équiper du matériel suivant :





✈ **Le filet entomologique** : se compose souvent d'un manche d'1 à 2 mètres. A l'extrémité de ce dernier, se fixe un cercle métallique de 30 à 50 cm de diamètre, pourvu d'une poche plus ou moins longue, le plus souvent en nylon ou en polyester. Cette poche doit être translucide afin de permettre la localisation de l'insecte et suffisamment profonde pour permettre de bloquer l'insecte dans le fond de la poche en tournant d'un quart de tour le manche immédiatement après la capture, évitant ainsi sa fuite.

[<http://www.poitou-charentes-nature.asso.fr/observer-les-libellules/>]



✈ **La loupe aplanétique** : pour les personnes encore peu familiarisées avec les libellules, l'identification peut être assez délicate et nécessite, dans la grande majorité des cas l'utilisation d'une loupe aplanétique pour contrôler in situ, et après capture, les critères fins de certains individus d'identification délicate. Le grossissement de ces loupes utile à l'observateur va de 8 X à 20 X.

[<http://www.poitou-charentes-nature.asso.fr/observer-les-libellules/>]



✈ **Boîtes de récolte** : les spécimens dont la détermination est douteuse, surtout certaines femelles de Zygoptères, sont mises dans des boîtes en plastique pour un éventuel examen minutieux au laboratoire avec une loupe binoculaire en utilisant des guides et des clés de détermination plus appropriés.





✈ **Une paire de jumelles** : Pour les personnes déjà bien familiarisées à l'identification des libellules, des jumelles à mise au point rapprochée peuvent permettre dans certains cas, la reconnaissance de l'individu observé. Elles sont aussi utiles pour observer les mouvements et autres comportements de ces insectes ou bien encore pour détecter leur présence dans un secteur éloigné de l'observateur.

[<http://www.poitou-charentes-nature.asso.fr/observer-les-libellules/>]



✈ **Un appareil photo numérique** : un appareil photo numérique adapté à la prise de vue rapprochée, peut-être d'une grande aide. Bien sûr pour obtenir des images des habitats aquatiques et de leur environnement, des espèces in situ, mais aussi pour conserver une preuve de la présence de telle ou telle espèce particulière, afin d'en assurer l'éventuelle validation si un doute existe sur son identification.

[<http://www.poitou-charentes-nature.asso.fr/observer-les-libellules/>]



✈ **Guides d'identification de terrain** : il est important de posséder des guides aussi complets que possible englobant un territoire plus vaste que celui étudié. Ainsi, mieux vaut privilégier des guides d'identification des libellules prenant l'ensemble des espèces nord africaines, voire méditerranéens. Il convient également de privilégier des ouvrages comportant des clés d'identification présentant plusieurs critères pour chaque espèce, ainsi que des schémas et illustrations.

[<http://www.poitou-charentes-nature.asso.fr/observer-les-libellules/>]



✈ **Un carnet de terrain** : une feuille de relevé spécifique permet d'indiquer toutes les informations relatives à l'observation (lieux précis, date, nom de l'espèce observée, comportement, effectifs, etc.). Un modèle de formulaire d'observation des Odonates est disponible [→ voir Annexe 4].



### III.3.2. Méthodologie suivie lors de l'inventaire

En fonction de l'état des connaissances, des objectifs et des moyens disponibles à mettre en œuvre ; l'échantillonnage et le suivi des odonates reposent sur différents types de protocoles (Varanguin & Sirugue, 2007).

Dans le cadre d'un protocole de suivi, l'objectif est de détecter des changements et si possible d'en inférer la cause (Ichter *et al.*, 2014). En théorie un protocole devrait correspondre à une question. Une question principale peut être déclinée en plusieurs questions secondaires. Cependant, certains protocoles sont basés sur des questions distinctes. Par exemple le suivi temporel des libellules, doit permettre de répondre à une question sur l'état de santé globale des populations de libellules au niveau national et à des problématiques locales (Gourmand *et al.* 2011).

Pour ce faire, un protocole doit s'articuler autour des étapes suivantes (Ichter *et al.*, 2014) :

- ✈ Une question à laquelle on veut répondre ; celle-ci s'inscrit généralement dans un cadre théorique préalablement défini ;
- ✈ Une définition des paramètres à observer et leurs domaines de valeurs pour avoir une réponse ;
- ✈ Une définition des facteurs écologiques à prendre en compte et leurs domaines de valeurs ; facteurs pouvant expliquer la variation des données liées aux paramètres à observer (facteurs abiotiques, climatiques, écologiques, temporels).

L'ensemble des méthodes de collecte des données d'un protocole associées aux paramètres et aux facteurs, constitue une méthodologie (fig.21).

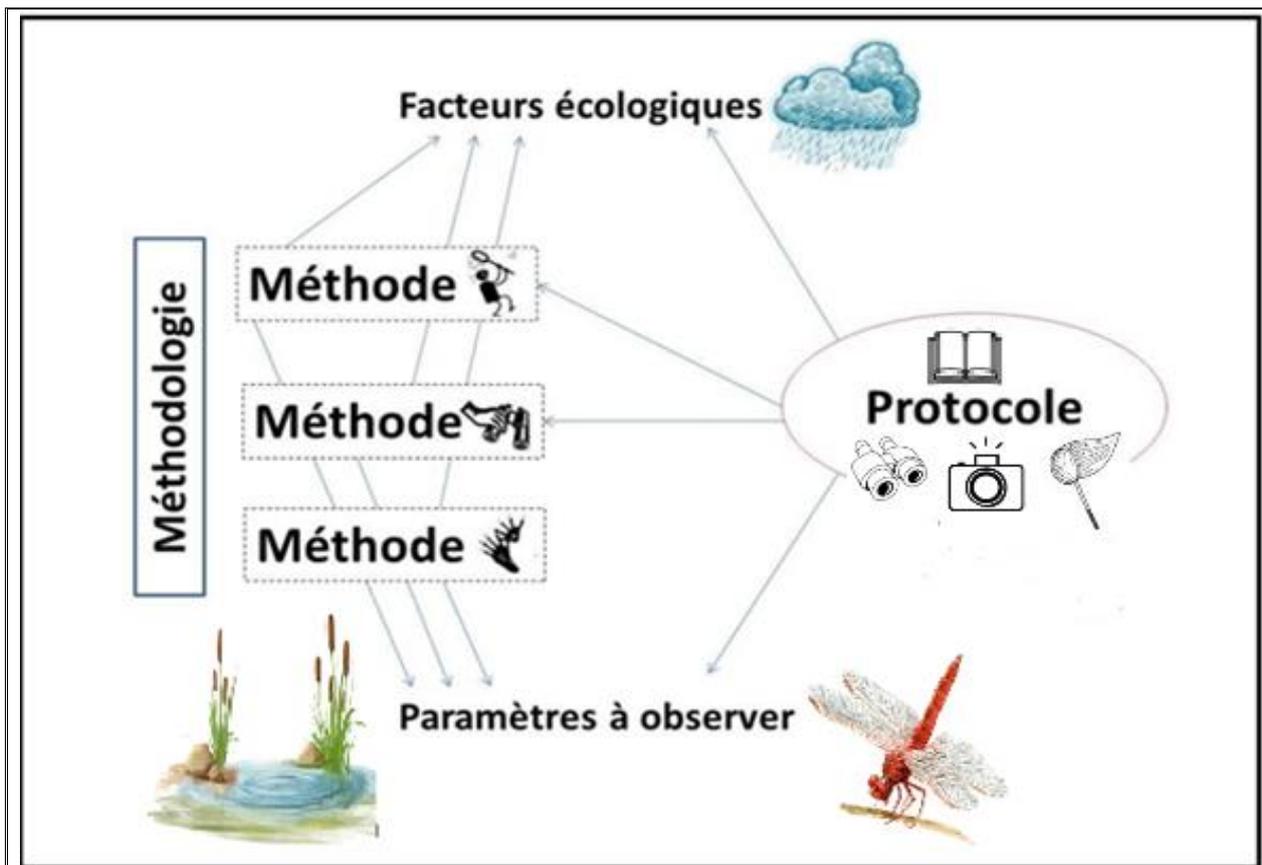


Figure 21. Représentation schématique de l’articulation protocole, méthode et paramètres (Ichter *et al.*, 2014).

Pour pouvoir établir un inventaire odonatologique aussi complet que possible, il est nécessaire de recourir à l’échantillonnage des larves, des exuvies et des imagos. La recherche de larves et d’exuvies, permet à l’observateur de récolter des informations sur l’autochtonie des espèces mais également de récolter des données complémentaires sur les espèces plus discrètes ou difficiles à capturer (Heidemann & Seidenbusch , 2002 ; Raebel *et al.*, 2010 ; Lebrasseur, 2013).

En ce qui concerne notre étude, les prospections sont focalisées uniquement sur la reconnaissance des adultes (imagos). Pour ce faire, nous avons choisi d’appliquer un plan d’échantillonnage systématique et régulier, sur douze (12) stations dans la région de Bejaia.

L’échantillonnage a été effectué pendant trois (03) années successives, de 2015 à 2017 sur les douze stations à une altitude comprise entre le niveau de la mer à 1572 m (tab.8). Chaque station a fait l’objet d’une visite mensuelle sur une période couvrant l’ensemble de la période d’émergence des odonates, soit entre début avril et fin septembre (06 mois).

Les Odonates adultes sont échantillonnés par une stratégie reposant sur l’observation directe des individus dans des secteurs situés le long des rives des plans d’eau (fig.22), selon la



méthode présentée par Oertli *et al.* (2000) et appliquée par Godreau *et al.* (1999) et Oertli (1994). Les prospections ont été réalisées avec deux types de procédés. Dans les cours d’eaux, une section d’échantillonnage de 100 m de long a été délimitée (fig.22 b). Chaque tronçon du cours d’eau est prospecté depuis l’une des berges en marchant d’un pas lent et régulier pour repérer les individus dans la végétation et au-dessus de l’eau. En ce qui concerne les eaux stagnantes, il suffit de parcourir le pourtour de chaque point d’eau (fig.22 a). La durée de chaque visite est d’environ 02 heures à météorologie favorable entre 10 h et 17 h, car les libellules sont très sensibles à la température et aux conditions météorologiques. Elles sont plus actives pendant les heures les plus chaudes de la journée. S’il fait froid, pluvieux ou venteux, leur activité est réduite et ils préfèrent rester cachés, souvent placés haut dans les arbres ou au milieu des herbes hautes (Grand & Boudot, 2006 ; Indermuehle *et al.*, 2008 ; Lebrasseur, 2013). Un supplément de 20 minutes est accordé aux abords immédiats de chaque habitat (végétation herbacée et ligneuse, etc.) où les imagos chassent et effectuent leur maturation comme le préconisent Grand & Boudot (2006).

Les adultes d’odonates ont été recensés et dénombrés selon deux techniques (fig.21) : détection visuelle avec une paire de jumelle et capture-relâché à l’aide d’un filet entomologique afin de déterminer l’espèce en main à l’aide d’une loupe aplanétique. Tout spécimen suscitant un doute **est** conservé pour un examen minutieux au laboratoire à l’aide d’une loupe binoculaire et des clés proposées par (D’Aguilar & Dommanget, 1998 ; Grand & Boudot, 2006 ; Dijkstra, 2007). Les populations de chaque espèce ont fait l’objet d’estimation en fonction du nombre d’individus visibles lors de chaque visite. De plus, dans le cas de certain Zygoptères, il n’est pas possible de donner un nombre précis d’individus étant donné que l’on peut trouver beaucoup d’individus sur une zone restreinte où on ne peut pas les dénombrer précisément. D’autre part, dans le cas où ils sont présents en même temps qu’une autre espèce qui lui ressemble, la capture permet seulement d’estimer la part de chaque espèce. Le but n’est pas de connaître les effectifs précis mais d’estimer les différences d’abondance entre les sites afin de déterminer la structuration des populations sur la zone d’étude. En revanche, il est intéressant de noter les indices de reproduction tels que les accouplements, tandems, pontes, émergences et présence d’immatures car ils apportent des informations utiles sur le statut des espèces.

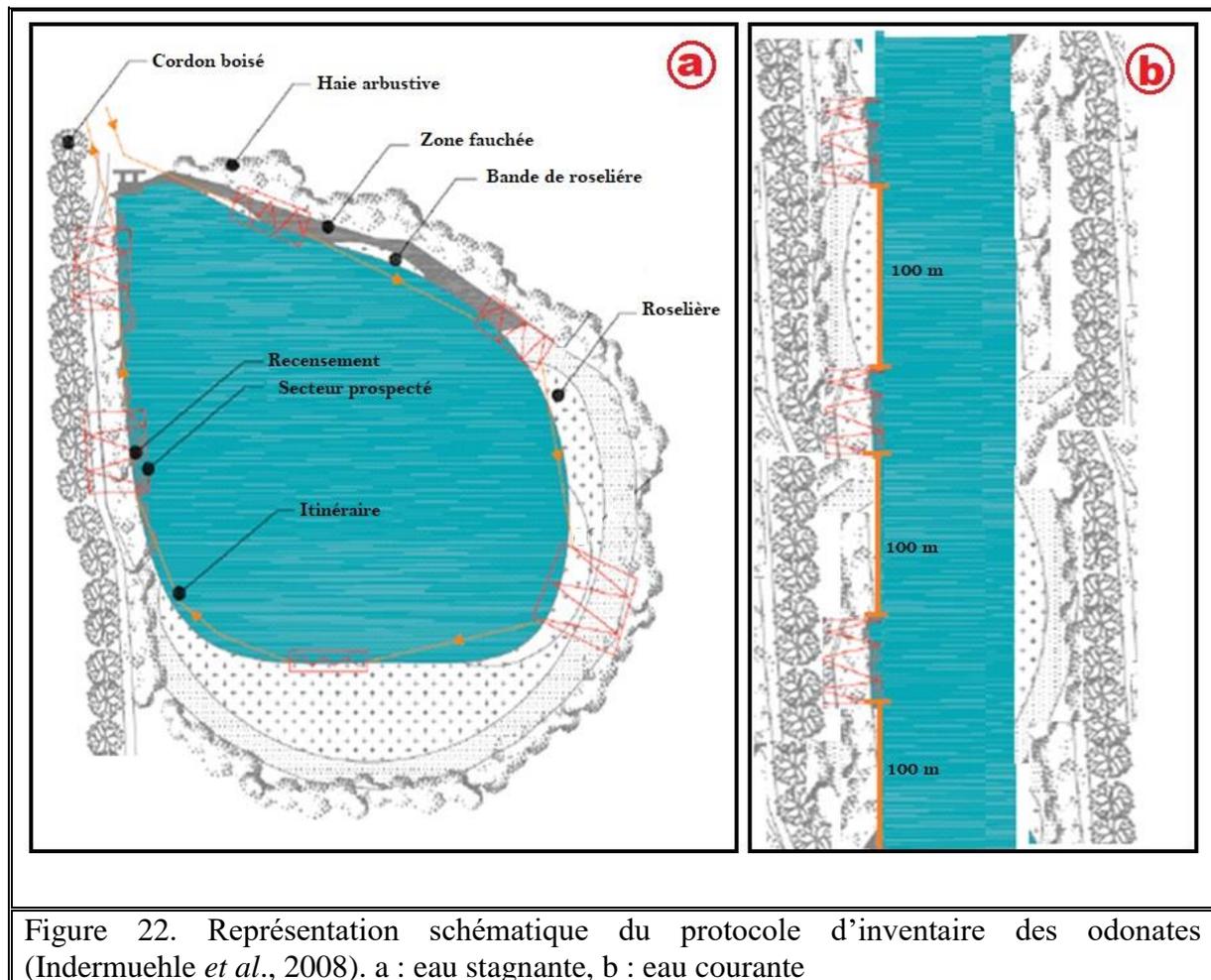


Figure 22. Représentation schématique du protocole d’inventaire des odonates (Indermuehle *et al.*, 2008). a : eau stagnante, b : eau courante

### III.3.3. Indices écologiques appliqués aux odonates recensés

Pour une meilleure analyse de la composition du peuplement odonatologique de la région de Bejaia, nous avons déterminé les catégories chorologiques des espèces rencontrées. Afin de mieux appréhender la structure de l’odonatofaune, un traitement de l’abondance ; de la richesse et de la diversité ont été également réalisés.

#### III.3.3.1. Indices écologiques de composition

##### ✈ Richesse spécifique

Selon Ramade (1984), la richesse spécifique est le nombre total d’espèces qui comporte le peuplement considéré dans un écosystème donné. Pour la présente étude, il s’agit de l’ensemble des espèces d’odonates contactées dans une station durant les six mois d’été.



**✈ Abondance relative (Ar)**

L'abondance relative d'une espèce est le rapport de son abondance spécifique à l'abondance totale. L'abondance totale correspond au nombre d'individus de toutes les espèces du peuplement.

$$F_c (\%) = \frac{n_i}{N} \times 100$$

$n_i$  : est le nombre des individus d'une espèce

$N$  : est le nombre total des individus toutes espèces confondues (Dajoz, 1985).

**✈ Fréquence d'occurrence (Fo)**

La fréquence d'occurrence est le rapport exprimé sous la forme de pourcentage du nombre de relevés contenant l'espèce étudiée, par rapport au nombre total de relevés (Dajoz, 1985). Dans notre cas, il s'agit du rapport du nombre de stations contenant l'espèce prise en considération par rapport au nombre total de stations.

Elle est calculée par la formule suivante :

$$F_o (\%) = \frac{P_i}{P} \times 100$$

$P_i$  : est le nombre de stations contenant l'espèce prise en considération.

$P$  : est le nombre total de stations étudiées (Dajoz, 1985).

**III.3.3.2. Indices écologiques de structures**

Dans les études écologiques, la diversité biologique apparaît comme un concept direct pouvant être évalué d'une manière rapide et facilement compréhensible, il se trouve que les mesures de cette diversité constituent de bons indicateurs de la santé des écosystèmes (Magurran, 1988).

**✈ Diversité**

La diversité d'un peuplement exprime le degré de complexité de ce peuplement. Elle s'exprime par un indice qui intègre à la fois, la richesse du peuplement et les abondances

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i \quad \text{où} \quad P_i = \frac{n_i}{N}$$

spécifiques. Parmi les indices disponibles permettant d'exprimer la structure du peuplement, nous avons retenu celui de Shannon. Il se calcule par la formule suivante :

$S$  : Richesse

$n_i$  : Effectif de l'espèce  $i$

$N$  : Effectif total du peuplement  $H'$  est exprimé en Bit (Binary digit).



Cet indice permet d'évaluer la diversité réelle d'un peuplement dans un milieu. Sa valeur varie de 0 (une seule espèce) à  $\log S$  (lorsque toutes les espèces ont la même abondance). Il mesure le degré de complexité d'un peuplement. Une valeur élevée de cet indice correspond à un peuplement riche en espèces dont la distribution d'abondance est équilibrée. A l'inverse, une valeur faible de cet indice correspond soit à un peuplement caractérisé par un petit nombre d'espèces pour un grand nombre d'individus, soit à un peuplement dans lequel il y a une ou deux espèces dominantes. Selon Magurran (1988), la valeur de cet indice varie généralement entre 1,5 et 3,5, il dépasse rarement 4,5.

A partir de cet indice, on calcule la diversité maximale ( $H'_{\max}$ ) appelée aussi diversité fictive, dans laquelle chaque espèce serait représentée par le même nombre d'individus (Ponel, 1983). Elle se calcule par la formule suivante :  $H'_{\max} = \log_2 S$ .

### ✦ **Équitabilité ou équirépartition**

L'indice d'équitabilité ( $E$ ) est le rapport entre la diversité calculée ( $H$ ) et la diversité théorique maximale ( $H_{\max}$ ). Des peuplements à physionomie très différente peuvent ainsi avoir la même diversité. Il est donc nécessaire de calculer parallèlement à l'indice de diversité  $H'$ , l'équitabilité ( $E$ ) en rapportant la diversité observée à la diversité théorique maximale ( $H'_{\max}$ ).

$$\boxed{E = H' / H'_{\max}} \quad \text{où} \quad H'_{\max} = \log_2 S \quad S = \text{richesse}$$

Cet indice varie de 0 et 1. Lorsqu'il tend vers zéro, cela signifie que la quasi-totalité des effectifs tend à être concentrée sur une seule espèce de peuplement, celui-ci est en déséquilibre. Il est égal à 1 lorsque toutes les espèces ont la même abondance et les populations sont en équilibre (Barbault, 1981).

### **III.3.4. Analyses statistiques**

Pour mieux identifier les cortèges odonatologiques associés aux différents biotopes et aux six mois d'étude, deux analyses factorielles des correspondances (AFC) ont été réalisées, avec la présence absence des espèces. Ces analyses ont été réalisées avec le logiciel XLSTAT- 8.0.



# CHAPITRE IV

## RESULTATS ET DISCUSSIONS



## IV. Résultats et discussions

Le quatrième chapitre, fera l'objet d'une synthèse générale où les résultats obtenus seront discutés. En premier lieu, une rétrospective sur l'état de conservation des biotopes humides étudiés est mise en avant afin d'avoir une idée globale sur leur état de santé et de déceler les perturbations susceptibles de nuire aux peuplements odonatologiques inféodés à ces milieux humides ; en deuxième lieu, la composition et la structure de l'odonatofaune inféodée à ces milieux humides de la région de Bejaia est analysée. A savoir : la chorologie de toutes les espèces inventoriées ; leur répartition dans les habitats ; leur période de vol ; leur abondance ainsi que leur statut de conservation dans la liste rouge de l'UICN pour l'Afrique du Nord.

### IV.1. Aperçu sur l'état des sites

Au cours des différentes prospections de terrain en quête d'inventaire et de suivi des Odonates dans certaines zones humides de la région de Bejaia, nous avons réalisé en parallèle une évaluation et un constat sur l'état de conservation des habitats des libellules. Rappelons que l'évaluation de l'état de santé de ces derniers, s'est faite sans aucune mesure des paramètres de l'eau. Nous, nous sommes contentés uniquement des indices visuels. La situation semble très inquiétante dans certaines localités, surtout dans les cours d'eaux (fig. 23).

La situation dans certains biotopes de la région de Bejaia semble assez déplorable, surtout dans les cours d'eau (fig.23 a,b,c,d). A l'instar de l'oued Soummam (S3) où la pollution a atteint un point culminant, qui résulte : des rejets irresponsables des industries et des déchets domestiques, y compris le plastique ; des rejets des usines municipales de traitement des eaux usées et de transformation alimentaire dans les environs ; des écoulements des champs agricoles dus à l'épandage d'engrais sur les terres environnantes, ainsi que des stations d'épuration des eaux. Cette accumulation a inévitablement entraîné une détérioration de la qualité de l'eau, favorisant l'apparition d'algues filamenteuses (fig.23 a). A l'exception de l'oued Djemaa (S2), qui semble moins touché, la plupart des oueds souffrent de perturbations telles que l'extraction de sable et le pompage d'eau pour l'irrigation des parcelles cultivés aux abords de ces oueds (fig.23 c,d). Les biotopes d'eau stagnante ne sont pas épargnés, mais semblent être moins gravement touchés. Ils sont constamment soumis à des pressions anthropiques dues d'une part à la présence d'activités récréatives, surtout en été, et d'autre part

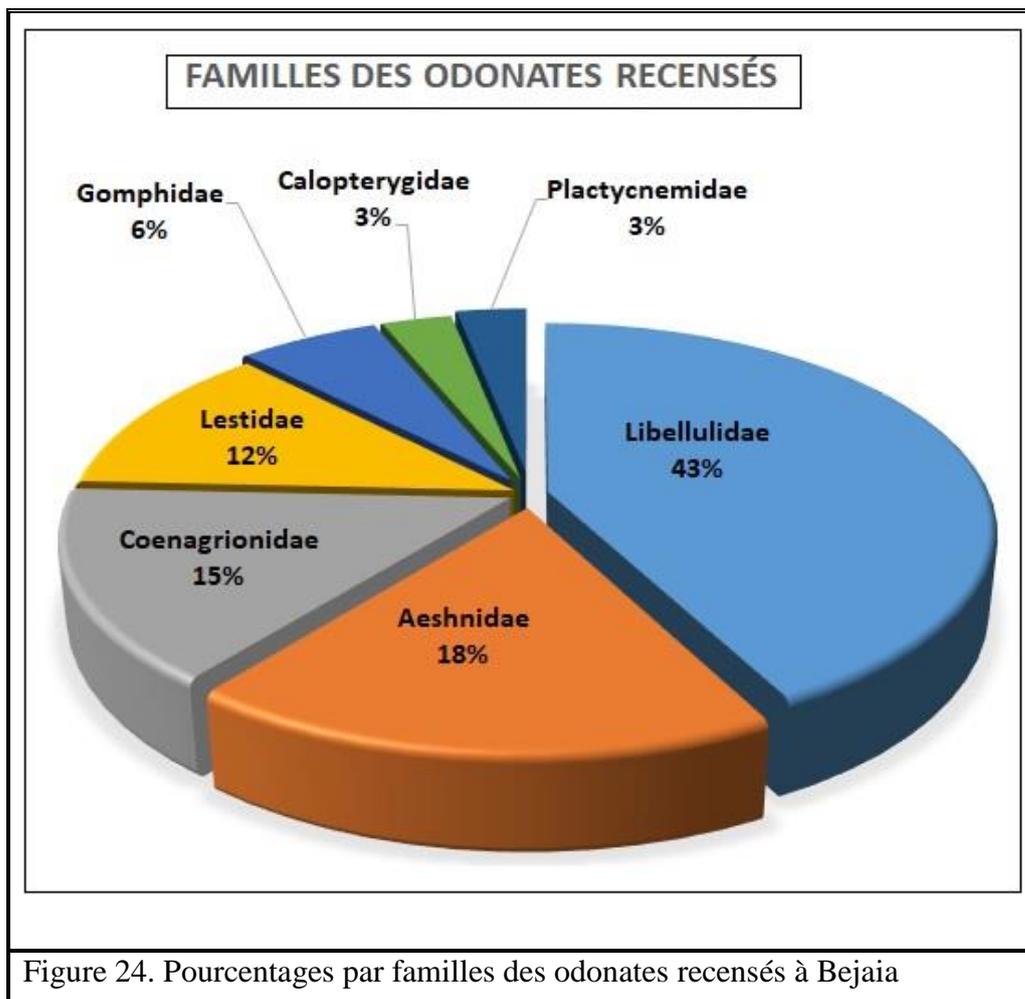
au surpâturage dans les environs immédiats, causant des dégâts. Les berges sont piétinées par les vaches, formant une couche de boue sans végétation (fig.23 e). Un autre cas alarmant est observé dans l'étang forestier (S12), qui a été envahi par le souchet *Schoenoplectus lacustris*, qui est organisé en bandes et progresse vers son centre, réduisant considérablement les zones d'eau libre (fig.23 f). Cette situation pourrait avoir des effets néfastes sur les communautés d'Odonates. En l'absence de mesures adéquates de protection et de conservation, ces habitats perdront progressivement leur biodiversité exceptionnelle.



Figure 23. Pressions anthropiques sur certains biotopes de Bejaia (a,b :Oued Soummam c,d : Oued Aguerioun ; e : Marais de Tamelaht ; f : Mare temporaire Alsous)

#### IV.2. Espèces d'Odonates recensées

Durant les trois années d'étude dans les douze biotopes de la région de Bejaia, nous avons recensés 33 espèces d'Odonates appartenant à deux sous-ordres : Zygoptères (33 %) et Anisoptères (67 %). Au total, sept familles ont été identifiées : Les Libellulidae est la famille la plus diversifiée avec 14 taxons, soit 42 % de l'ensemble des Odonates recensés. Cela peut s'expliquer d'une part par le fait que cette famille renferme le nombre le plus important d'espèces au Maghreb et dans tout le bassin Méditerranéen (Boudot *et al.*, 2009 ; Riservato *et al.*, 2009 ; García *et al.*, 2010 ; Samraoui *et al.*, 2010) ; d'autre part, les Libellulidae disposent d'un avantage évident sur les Zygoptères et les Aeshnidae qui sont des espèces à ponte endophyte. En effet, les femelles des Libellulidae lâchent leurs œufs au contact ou au-dessus de l'eau, comportement qui les libère d'une stricte dépendance à un support végétal (Grand, 2009). Les Aeshnidae arrivent en deuxième position avec 6 taxons, soit 18 % et les Coenagrionidae avec 5 taxons (15 %) chacune, suivis des Lestidae 4 taxons (12 %), des Gomphidae 02 taxons, soit 6 % et enfin des Calopterygidae et des Plactycnemidae avec seulement un taxon, soit 3% chacune (fig.24) ci-dessous.



Avec cette richesse, ce territoire renferme plus de la moitié de l'odonatofaune Algérienne qui est de 63 espèces (Samraoui & Menai, 1999). Les Anisoptères demeurent les plus abondants en nombre d'espèces dans la plupart des biotopes échantillonnés (22 espèces). Cela est dû à leur capacité de dispersion plus élevée, alors que la plupart des Zygoptères (11 espèces), sont considérés comme ayant une capacité de dispersion limitée. Quatre espèces : *Ischnura graellsii*; *Anax imperator*; *Orthetrum cancellatum* et *Sympetrum fonscolombii*, sont communes aux différents types d'eau de la région. Elles sont également abondantes et à très large répartition (tab.9).

Tableau 9. Liste des espèces d'Odonates recensés dans les différents biotopes de Bejaia

Sous Ordre	Famille	Espèces	Code	ECP	ESP	EST
<b>Zygoptères</b> (33%)	Calopterygidae	<i>Calopteryx haemorrhoidalis</i> (Vander Linden, 1825)	Ch	++	-	-
	Lestidae (12%)	<i>Chalcolestes viridis</i> (Vander Linden, 1825)	Cv	-	-	+++
		<i>Lestes barbarus</i> (Fabricius, 1798)	Lb	-	-	++
		<i>Lestes virens</i> (Charpentier, 1825)	Lv	-	+	+++
		<i>Sympetma fusca</i> (Vander Linden, 1820)	Sf	-	-	+
	Platycnemididae	<i>Platycnemis subdilata</i> Selys, 1849	Ps	++	-	-
	Coenagrionidae (15%)	<i>Erythromma lindennii</i> (Selys, 1840)	El	-	-	+
		<i>Ceriagrion tenellum</i> (Villers, 1789)	Ct	-	+	-
		<i>Coenagrion scitulum</i> (Rambur, 1842)	Cs	-	+	++
		<i>Enallagma deserti</i> (Selys, 1871)	Ed	-	+	++
		<i>Ischnura graellsii</i> (Rambur, 1842)*	Ig	++	+++	++++
<b>Anisoptères</b> (67%)	Aeshnidae (18%)	<i>Aeshna affinis</i> Vander Linden, 1820	Aa	+	-	++
		<i>Aeshna isocoles</i> (O. F. Müller, 1767)	Ais	-	+	+
		<i>Aeshna mixta</i> Latreille, 1805	Am	-	-	+
		<i>Anax imperator</i> Leach, 1815*	Ai	++	++++	+++
		<i>Anax parthenope</i> (Selys, 1839)	Ap	+	++	-
		<i>Hemianax ephippiger</i> (Burmeister, 1839)	He	-	-	+
	Gomphidae	<i>Onychogomphus forcipatus</i> (Linnaeus, 1758)	Ogf	+	-	-
		<i>Onychogomphus uncatus</i> (Charpentier, 1840)	Ogu	+	-	-
	Libellulidae (42%)	<i>Brachythemis impartita</i> (Karsch, 1890)	Bi	-	++	-
		<i>Crocothemis erythraea</i> (Brullé, 1832)	Ce	+++	+++	-
		<i>Diplacodes lefebvrii</i> (Rambur, 1842)	Dl	-	+	-
<i>Orthetrum cancellatum</i> (Linnaeus, 1758)*		Oca	+	++	+++	
<i>Orthetrum chrysostigma</i> (Burmeister, 1839)		Och	++	+	-	

	<i>Orthetrum coerulescens</i> (Fabricius, 1798)	Oco	+++	++	-
	<i>Orthetrum trinacria</i> (Selys, 1841)	Otr	-	++	-
	<i>Selysiothemis nigra</i> (Vander Linden, 1825)	Sn	-	+	-
	<i>Sympetrum fonscolombii</i> (Selys, 1840)*	Sfo	++	++	+++
	<i>Sympetrum meridionale</i> (Selys, 1841)	Sm	-	-	++
	<i>Sympetrum sanguineum</i> (O. F. Müller, 1764)	Ss	-	-	+++
	<i>Sympetrum striolatum</i> (Charpentier, 1840)	Sst	-	-	+++
	<i>Trithemis annulata</i> (Palisot de Beauvois, 1807)	Ta	++	+++	-
	<i>Trithemis kirbyi</i> Selys, 1891	Tk	+	+	-
	<b>33</b>		<b>14</b>	<b>19</b>	<b>18</b>
+ Rare ++ Peu commune +++ Assez commune +++++ Très commune - Absence ECP : eau courante permanente ESP : eau stagnante permanente EST : eau stagnante temporaire * - Taxons en commun					

Les résultats de cette étude nous permettent d'affirmer que les zones humides et les oueds de Bejaia contiennent actuellement au moins 33 espèces d'Odonates, ce qui correspond à 52 % de toutes les espèces d'Odonates présentes en Algérie (Samraoui & Menai, 1999) et 73 % des espèces connues de Numidie (Samraoui & Corbet, 2000a,b). Ce pourcentage illustre la grande diversité de la communauté odonatologique de ce territoire, bien que cette région ne représente que 0,13 % de la superficie totale de l'Algérie. Il suggère également que la qualité de l'eau de certains habitats de la région est encore suffisamment acceptable pour soutenir ces espèces malgré les graves dommages causés au paysage environnant et la diminution évidente de la biodiversité qui en résulte. Il est à noter que les plus importantes espèces d'Odonates des milieux lotiques endémiques Maghrébines et Ibéro-Maghrébines telles que *Calopteryx exul*, *Onychogomphus costae*, *Cordulegaster boltonii algerica* et *Orthetrum nitidinerve* qui auraient très probablement dû exister dans la région avant l'impact humain sont absents actuellement et que 50 % des taxons rencontrés le long des oueds sont des espèces ubiquistes (*Platycnemis subdilatata*, *Ischnura graellsii*, *Crocothemis erythraea*, *Orthetrum cancellatum*, *O. chrysostigma*, *Orthetrum coerulescens anceps*, *Sympetrum fonscolombii* et *Trithemis annulata*), ce qui met en évidence la banalisation de la faune régionale. En conséquence, la situation est actuellement alarmante dans de nombreux oueds algériens, comme l'ont déjà souligné Bouchelouche *et al.* (2015), Hafiane *et al.* (2016) et Sellam-Bouattoura *et al.* (2018), en raison des effets cumulés des eaux usées urbaines et industrielles, de la dégradation du lit des oueds et du pompage illicite des eaux pour les activités agricoles. Malgré cette tendance à

l'appauvrissement et à la banalisation de la faune régionale des Libellules, et bien qu'aucune espèce nouvelle pour le nord de l'Algérie n'ait été trouvée, la faune odonatologique de Bejaia comprend malgré tout deux espèces endémiques du Maghreb (*Platycnemis subdilatata* et *Enallagma deserti*).

### IV.3. Analyse écologique du peuplement odonatologique

#### IV.3.1. Chorologie des espèces répertoriées

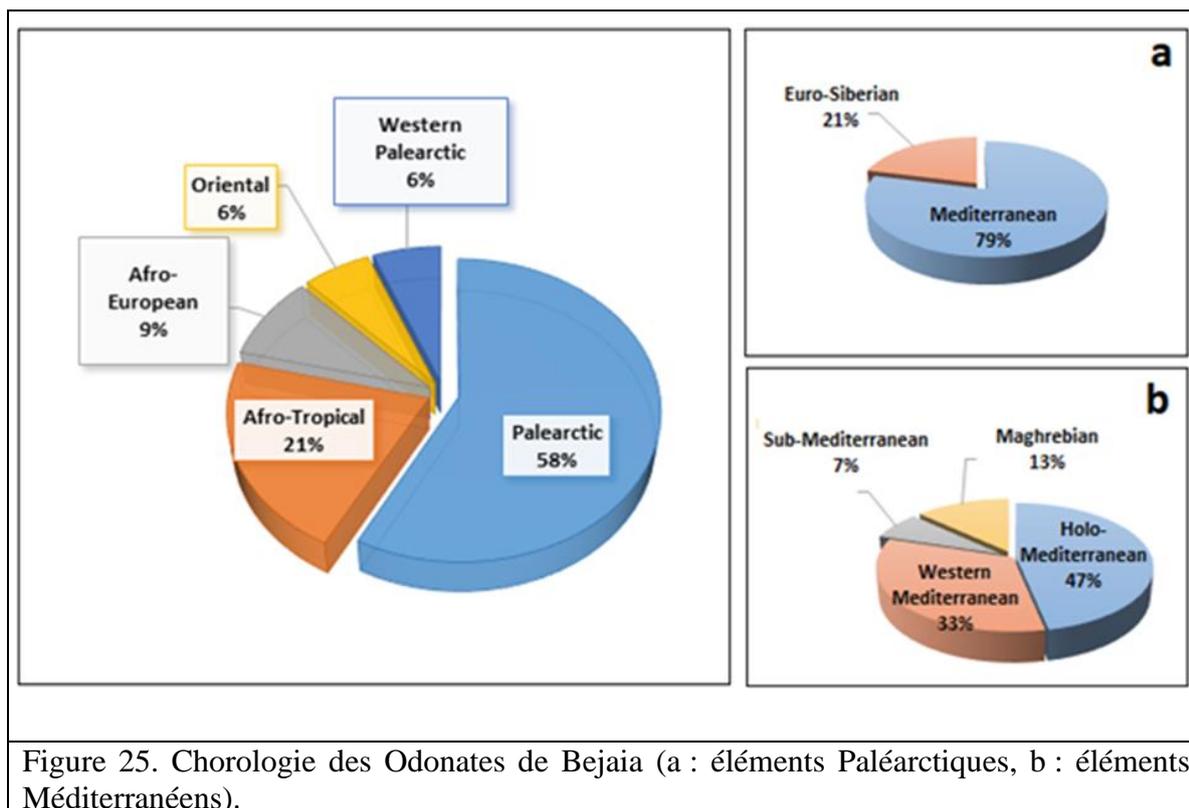
L'analyse de la composition du peuplement odonatologique de la région de Bejaia, basée sur les catégories chorologiques des espèces rencontrées a été dressée en s'appuyant sur les travaux de Jacquemin & Boudot (1999) ; Boudot (2008) ; El Haissoufi *et al.* (2008) ; Boudot & De Knijf (2012). On peut donc classer les Odonates inventoriés dans la région de Bejaia dans cinq (05) ensembles (fig.25) :

- ✈ **Eléments Ouest-Paléarctiques** : espèces restreintes à la partie occidentale du domaine paléarctique. Elles sont représentées par deux taxons (*Chalcolestes viridis* et *Sympetrum striolatum*).
- ✈ **Eléments Paléarctiques** : Espèces présentes dans l'ancien monde et se raréfiant ou disparaissant dans la zone intertropicale. On peut les scinder en deux (02) sous-ensembles :
  - ✓ **Eléments Euro-Sibériennes** : espèces largement répandues de l'Europe moyenne à la Sibérie et ne présentant pas un centre de gravité préférentiellement en méditerranéen. Elles sont représentées par quatre espèces : (*Sympecma fusca* ; *Aeshna mixta* ; *Orthetrum cancellatum* et *Sympetrum sanguineum*).
  - ✓ **Elément Méditerranéennes** : regroupant toutes les espèces ayant leur centre de gravité dans le bassin méditerranéen. On peut les scindés en quatre sous-ensembles :
    - **Espèces Holo-Méditerranéennes** : espèces répandues dans l'ensemble du bassin méditerranéen. On note sept taxons (*Erythromma lindenii* ; *Coenagrion scitulum* ; *Ceriagrion tenellum* ; *Lestes barbarus* ; *Anax parthenope* ; *Aeshna affinis* et *Sympetrum meridionale*).
    - **Espèces Ouest-Méditerranéennes** : espèces dont le noyau de l'aire de répartition est strictement situé dans le bassin Méditerranéen occidental. Cinq espèces font partie de ce groupe, il s'agit de : (*Calopteryx haemorrhoidalis* ; *Lestes virens* ; *Onychogomphus uncatulus unguiculatus* ; *O. forcipatus* et *Ischnura graellsii*).



- **Espèces Sub-Méditerranéennes** : *Aeshna isoceles* présente une affinité méditerranéenne très nette mais s'étend significativement vers le nord depuis les dernières décennies (Boudot & Kalkman, 2015).
  - **Espèces Maghrébines** : Espèces dont la distribution est centrée sur le nord-ouest de l'Afrique. Seules deux espèces sont répertoriées ici, à savoir les deux espèces endémiques maghrébines *Platycnemis subdilatata* et *Enallagma deserti*.
- ✈ **Eléments Afro-Tropicaux** : espèces originaires pour la plupart d'Afrique subsaharienne, mais qui sont présentes secondairement en Afrique du Nord et parfois en Europe du Sud. Sept espèces se rattachent à ce groupe, à savoir : *Orthetrum chrysostigma* ; *O. trinacria* ; *Trithemis annulata* ; *T. kirbyi* ; *Hemianax ephippiger* ; *Brachythemis impartita* et *Diplacodes lefebvrii*.
- ✈ **Eléments Afro-Européens** : espèces dont la répartition est très vaste et englobe au moins l'Afrique et une grande partie de l'Europe, parfois même l'Asie. Elles sont représentées par trois espèces qui sont : (*Anax imperator* ; *Crocothemis erythraea* et *Sympetrum fonscolombii*).
- ✈ **Eléments orientaux** : espèces allant de l'Asie à l'Afrique du Nord et/ou à l'Europe du Sud. Deux espèces devraient être placées ici, à savoir *Orthetrum coerulescens anceps* (qui s'étend du Pakistan au Maroc) et *Selysiotthemis nigra* (qui s'étend de l'Asie centrale et du Pakistan et du nord-ouest de l'Inde à l'ensemble de la péninsule arabique, au sud de l'Algérie, au Maroc, au nord de l'Italie et en Espagne).

La (fig.25) ci-dessous montre que la composition chorologique du peuplement odonatologique de la région de Bejaia est principalement composée d'éléments Paléarctiques (58 %), suivis des éléments Afro- Tropicaux (21 %), puis des éléments Afro-Européens (9 %). Les éléments Orientaux et du Paléarctique occidental viennent en dernier (6 % chacun). Parmi les éléments Paléarctiques, presque 80 % sont des éléments Méditerranéens (fig.25 a). La majeure partie de ces éléments Méditerranéens, sont représentés par des espèces ayant une répartition strictement Holo-Méditerranéennes (47 %) et des éléments Ouest-Méditerranéenne avec (33 %), alors que les espèces Maghrébines ne constituent que (13 %) de cette catégorie chorologique (fig.25 b).



L'analyse de la composition de la communauté d'odonates dans la région de Bejaia, basée sur les catégories chorologiques des espèces rencontrées, montre qu'elle est principalement d'origine Paléarctique et montre une prédominance d'éléments Méditerranéens. Néanmoins, nous avons noté une présence significative de taxons afro-tropicaux (*Orthetrum chrysostigma*; *O. trinacria*; *Trithemis annulata*; *T. kirbyi*; *Hemianax ephippiger*; *Brachythemis impartita* et *Diplacodes lefebvreii*) dont la présence était due pour sa plus grande partie à des variations climatiques passées que le Nord-Africain avait connues depuis les dernières glaciations (Dumont, 1982). Ce schéma est en tous points similaire à ce que l'on connaît sur la majeure partie du Maghreb (Dumont, 1977 ; Jödicke *et al.*, 2000 ; Jacquemin & Boudot, 1999 ; Samraoui & Menai, 1999). Ces oscillations climatiques ne se sont pas interrompues, mais actuellement le réchauffement climatique est largement induit par les activités humaines. Cependant, l'expansion actuelle vers le nord de certaines espèces afro-tropicales telle que la libellule *Trithemis annulata*, une espèce largement répandue en Afrique, a pénétré la zone méditerranéenne, colonisant la péninsule ibérique en 1981, la Corse en 1989 et la France en 1994 (Bonet-Betoret, 2004). L'extension également de *Trithemis kirbyi* vers la côte nord du Maghreb et le sud de l'Europe doit être interprétée plus comme le résultat des interactions et synergies des deux phénomènes (transformations des habitats et changement climatique) que comme le simple changement global du climat (Polette *et al.*, 2017).

**IV.3.2. Fréquence d'occurrences des Odonates dans les différentes stations étudiées**

Les fréquences d'occurrences des Odonates recensés dans les différents biotopes étudiés dans la région de Bejaia sont consignées dans le tableau 10 ci-dessous.

Tableau 10. Fréquences d'occurrences des espèces d'Odonates recensées		
Espèces	P = 12	Fo (%)
	Pi	
<i>Calopteryx haemorrhoidalis</i>	3	25,00
<i>Chalcolestes viridis</i>	3	25,00
<i>Lestes barbarus</i>	4	33,33
<i>Lestes virens</i>	4	33,33
<i>Sympecma fusca</i>	1	8,33
<i>Platycnemis subdilatata</i>	2	16,67
<i>Erythromma lindennii</i>	1	8,33
<i>Ceriagrion tenellum</i>	1	8,33
<i>Coenagrion scitulum</i>	3	25,00
<i>Enallagma deserti</i>	5	41,67
<i>Ischnura graellsii</i>	12	100,00
<i>Aeshna affinis</i>	4	33,33
<i>Aeshna isoceles</i>	4	33,33
<i>Aeshna mixta</i>	1	8,33
<i>Anax imperator</i>	12	100,00
<i>Anax parthenope</i>	4	33,33
<i>Hemianax ephippiger</i>	1	8,33
<i>Onychogomphus forcipatus</i>	2	16,67
<i>Onychogomphus uncatus</i>	1	8,33
<i>Brachythemis impartita</i>	1	8,33
<i>Crocothemis erythraea</i>	7	58,33
<i>Diplacodes lefebvrei</i>	1	8,33
<i>Orthetrum cancellatum</i>	8	66,67
<i>Orthetrum chrysostigma</i>	3	25,00
<i>Orthetrum coerulescens</i>	6	50,00
<i>Orthetrum trinacria</i>	2	16,67
<i>Selysiothemis nigra</i>	2	16,67
<i>Sympetrum fonscolombii</i>	9	75,00
<i>Sympetrum meridionale</i>	2	16,67
<i>Sympetrum sanguineum</i>	4	33,33
<i>Sympetrum striolatum</i>	4	33,33
<i>Trithemis annulata</i>	6	50,00
<i>Trithemis kirbyi</i>	3	25,00

Pi : est le nombre de stations contenant l'espèce prise en considération.  
P : est le nombre total de stations étudiées.

A La lumière des résultats portés dans le tableau 10, quatre cortèges odonatologiques se dessinent. En tête, nous avons le cortège des espèces omniprésentes et constantes. Deux espèces se distinguent du reste du peuplement odonatologique, elles sont omniprésentes (F= 100 %), il s'agit d'*Ischnura graellsii* et d'*Anax imperator*. Ces deux espèces sont les plus fréquentes dans milieux humides prospectés de la région de Bejaia ; elles sont notées dans les 12 biotopes et dans plus de 80 % des relevés mensuels des trois années d'étude. A côté de ces deux espèces, s'ajoute une autre espèce qui semble constante, il s'agit de *Sympetrum fonscolombii* (F= 75 %) qui est notée dans neuf (9) biotopes lotiques et lenticues de la région. Ces trois espèces semblent indifférentes aux types de milieux ce qui les place dans le rang des espèces généralistes à l'inverse de certains espèces dont la présence est intimement liée à la physionomie du milieu et à la chimie de l'eau. Le deuxième cortège, comporte les espèces qui se répartissent d'une manière plutôt régulière. Dans ce cortège, se place en première position l'*Orthetrum cancellatum* (F= 66,67%), suivie par *Crocothemis erythraea* (F= 58,33 %) qui sont notées dans plus de la moitié des biotopes prospectés. A ces deux espèces s'ajoute *Orthetrum coerulescens* et *Trithemis annulata* notées dans 50 % des biotopes. Le troisième cortège renferme les espèces d'Odonates considérés comme accessoires dont la fréquence est < 50 % et ≥ 25 %. Nous avons : *Enallagma deserti*, *Lestes barbarus*, *Lestes virens*, *Aeshna affinis*, *Aeshna isocles*, *Anax parthenope*, *Sympetrum sanguineum*, *Sympetrum striolatum*, *Calopteryx haemorrhoidalis*, *Chalcolestes viridis*, *Coenagrion scitulum*, *Orthetrum chrysostigma* et *Trithemis kirbyi*. Enfin, vient le cortège des espèces accidentelles ou confinées à des biotopes très particuliers. Elles sont notées dans un ou deux biotopes des types de milieux lotiques ou lenticues avec des fréquences < à 25 %, tels que : *Sympecma fusca*, *Erythromma lindennii*, *Ceriagrion tenellum*, *Aeshna mixta*, *Hemianax ephippige*, *Brachythemis impartita*, *Diplacodes lefebvrei* (tab.10).

#### **IV.3.2. Abondances relatives et commentaires sur les espèces d'odonates recensées**

Pour chaque espèce, nous indiquerons : son statut de conservation selon les catégories de la liste rouge de l'UICN (Afrique du Nord) ; son abondance relative dans les trois types de milieux humides ; un indice d'abondance (qui varie de I à IV, de l'espèce la plus rare à l'espèce la plus abondante) ; le code du lieu où l'espèce a été observée et sa période de vol. Un bref commentaire présentant sa distribution locale et sa distribution dans les régions du nord de l'Algérie est également présenté, à partir d'autres travaux réalisés dans d'autres régions du nord de l'Algérie (Samraoui *et al.*, 1992, 1993, 1998, 2003; Samraoui & Menai, 1999;

Samraoui & Corbet, 2000a,b; Samraoui, 2009; Khelifa *et al.*, 2011; Benchalel & Samraoui, 2012; Kabouche, 2013; Bouchelouche *et al.*, 2015; Samraoui & Alfarhan, 2015; Hafiane *et al.*, 2016; Yalles-Satha & Samraoui, 2017; Sellam-Bouattoura *et al.*, 2018).

L'abondance relative des espèces d'Odonates recensées dans les différents milieux humides lotiques et lenticues de la région de Bejaia sont consignés dans le (tab.11) et les (fig.26, 27 et 28) ci-dessous.

Dans les eaux courantes permanentes (oueds), trois espèces dominant en nombre d'individus affichant des effectifs supérieurs à 100 individus (fig.26 et tab.11 ), il s'agit d'*Ischnura graellsii* avec 300 individus (Ar=23,62%), *Crocothemis erythraea* avec 197 individus (Ar=15,51 %), *Platynemesis subdilatata* avec 169 individus (Ar=13,30 %), suivies par *Orthetrum coerulescens*, *Orthetrum chrysostigma* avec respectivement 138 et 127 individus et une (Ar= 10 %) et enfin *Calopteryx haemorrhoidalis* avec 104 individus (Ar=8,18 %). Toutefois dans ces eaux lotiques certaines espèces sont représentées par des effectifs ne dépassant guère une dizaine d'individus (tab.11), c'est le cas de *Trithemis kirbyi* (09 individus) et *Onychogomphus uncatus* (05 individus), cela est dû vraisemblablement à la qualité de l'eau des oueds de la région qui n'est pas assez bonne pour la prolifération surtout pour *Onychogomphus uncatus* en raison des exigences écologiques des larves, qui ont besoin d'eau claire et bien oxygénée (D'Aguilar & Dommanget, 1998).

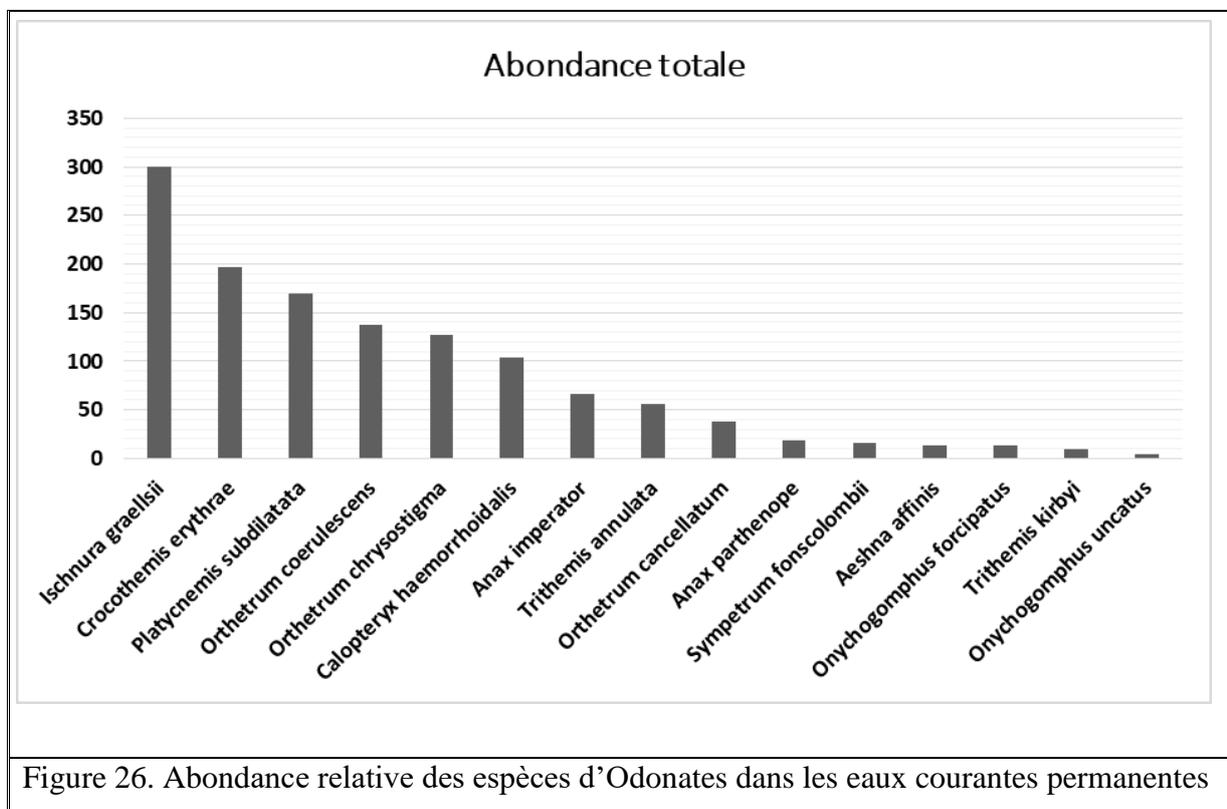


Figure 26. Abondance relative des espèces d'Odonates dans les eaux courantes permanentes

Au niveau des eaux stagnantes permanentes (fig.27 et tab.11), c'est également *Ischnura graellsii* qui affiche la valeur la plus élevée de l'abondance (Ar= 25,15 %) avec 326 individus, suivie toujours par *Crocothemis erythraea* avec 178 individus (Ar=13,73 %) et cette fois ci par *Trithemis annulata* avec 128 individus (Ar= 09,87 %). Certaines espèces par contre, sont notées dans ces eaux lenticques permanentes avec des effectifs très faibles (tab.11), c'est le cas de *Selysiotthemis nigra* (10 individus), *Orthetrum chrysostigma* (09 individus), *Lestes virens* et *Trithemis kirbyi* (04 individus).

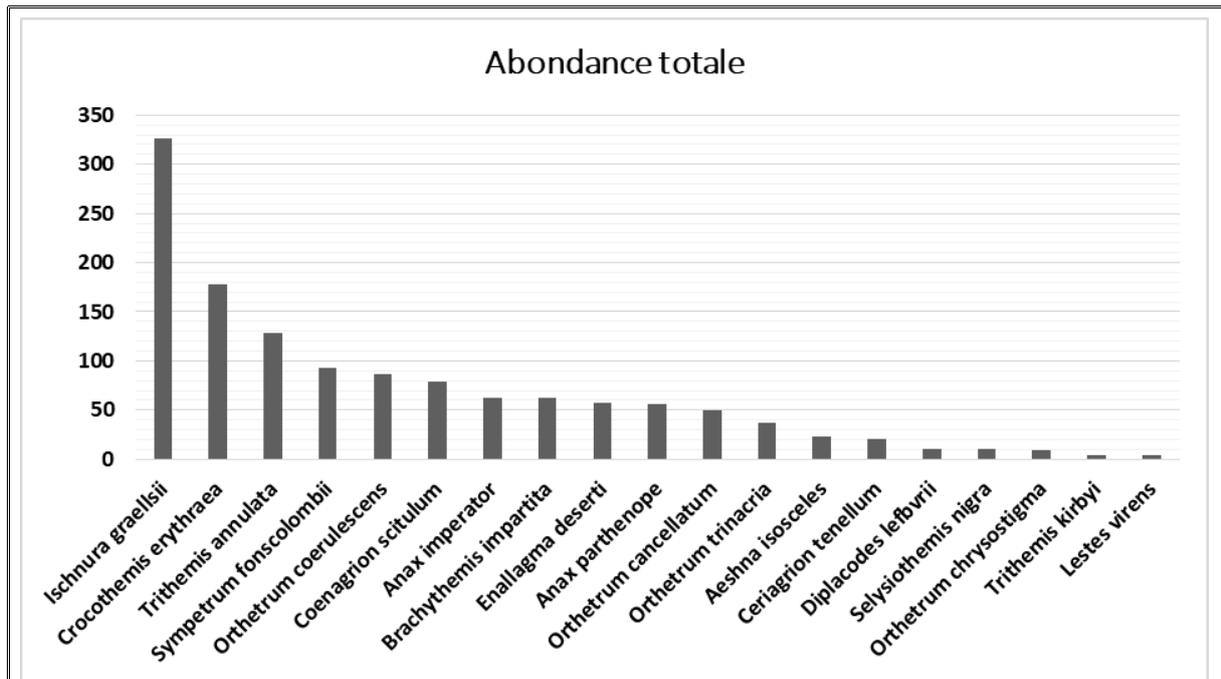


Figure 27. Abondance relative des espèces d'Odonates dans les eaux stagnantes permanentes

L'abondance relative des odonates observés dans les eaux stagnantes temporaires (mares forestière) (fig.28 et tab.11), met en évidence la dominance de trois espèces comptabilisant à elles seules plus de la moitié (60 %) des effectifs totaux recensés sur l'ensemble des mares. En tête, nous avons toujours, *Ischnura graellsii* qui est non seulement la plus fréquente, mais aussi la plus abondante avec 1133 individus (Ar=28,21 %) suivie par *Lestes virens* et *Chalcolestes viridis* avec respectivement 752 et 530 individus et des abondances relatives (Ar= 11,42 %, 8,05 %). Deux espèces, néanmoins, présentent des populations aux effectifs très modestes ne dépassant pas une dizaine d'individus (tab.11), à savoir *Aeshna isosceles* (09 individus) et *Sympecma fusca* (08 individus).

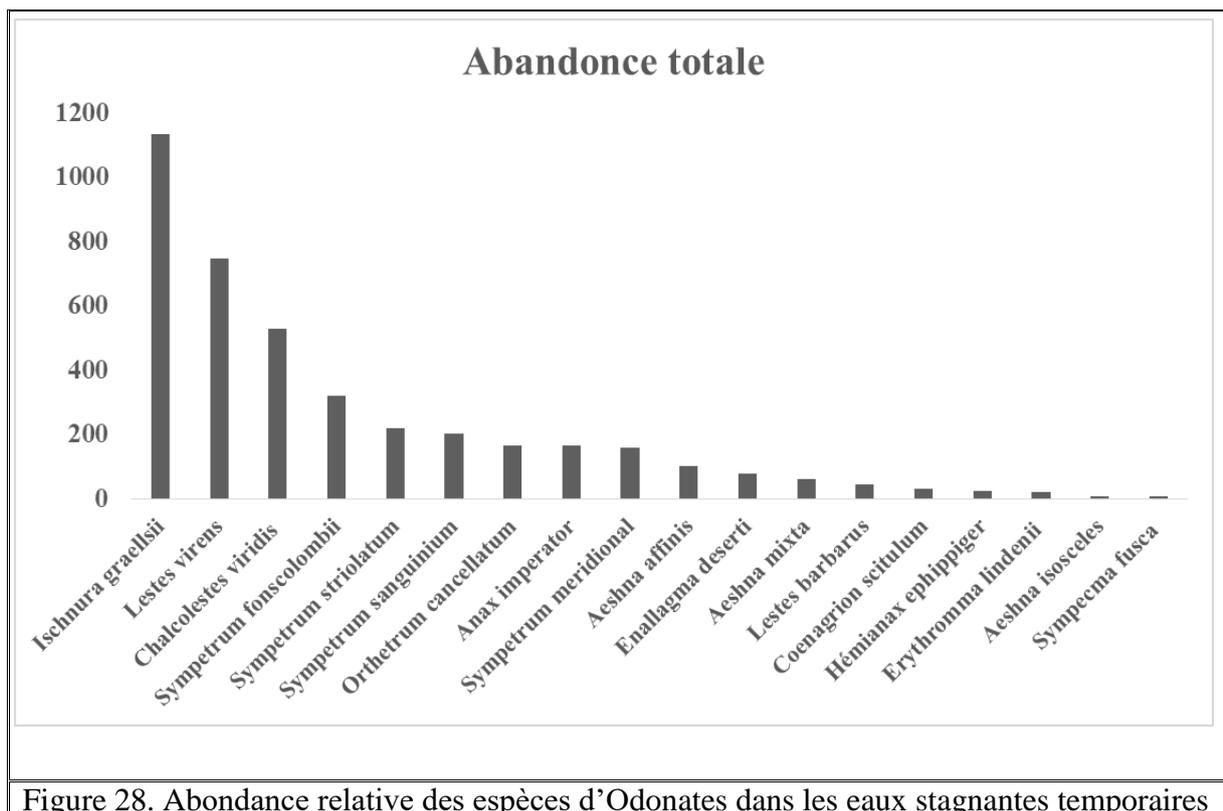


Figure 28. Abondance relative des espèces d'Odonates dans les eaux stagnantes temporaires

Tableau 11. Abondance relative des Odonates recensés dans les différents milieux humide de la région de Bejaia.

Espèces	ECP		ESP		EST		12 Biotopes		I A
	N = 1270		N = 1296		N = 4016		N = 6582		
	ni	Ar%	ni	Ar%	ni	Ar%	ni	Ar%	
<i>Calopteryx haemorrhoidalis</i>	104	8,18	X	X	X	X	104	1,58	II
<i>Chalcolestes viridis</i>	X	X	X	X	530	13,19	530	8,05	IV
<i>Lestes barbarus</i>	X	X	X	X	43	1,07	43	0,65	I
<i>Lestes virens</i>	X	X	04	0,30	748	18,62	752	11,42	IV
<i>Sympetma fusca</i>	X	X	X	X	08	0,19	08	0,12	I
<i>Platycnemis subdilatata</i>	169	13,30	X	X	X	X	169	2,56	II
<i>Erythromma lindennii</i>	X	X	X	X	20	0,49	20	0,30	I
<i>Ceriagrion tenellum</i>	X	X	21	1,65	X	X	21	0,31	I
<i>Coenagrion scitulum</i>	X	X	79	6,09	30	0,74	109	1,65	II
<i>Enallagma deserti</i>	X	X	57	4,39	77	1,91	134	2,03	II
<i>Ischnura graellsii</i>	300	23,62	326	25,15	1133	28,21	1759	30,95	IV
<i>Aeshna affinis</i>	13	1,02	X	X	103	2,56	116	1,76	II
<i>Aeshna isosceles</i>	X	X	23	1,77	09	0,22	32	0,48	I
<i>Aeshna mixta</i>	X	X	X	X	63	1,56	63	0,95	II
<i>Anax imperator</i>	67	5,27	62	4,78	164	4,08	293	4,45	III
<i>Anax parthenope</i>	18	1,41	56	4,32	X	X	74	1,12	II

<i>Hemianax ephippiger</i>	X	X	X	X	24	0,59	24	0,36	I
<i>Onychogomphus forcipatus</i>	13	1,02	X	X	X	X	13	0,19	I
<i>Onychogomphus uncatus</i>	05	0,39	X	X	X	X	05	0,07	I
<i>Brachythemis impartita</i>	X	X	62	4,78	X	X	62	0,94	II
<i>Crocothemis erythraea</i>	197	15,51	178	13,73	X	X	375	5,69	III
<i>Diplacodes lefebvreii</i>	X	X	10	0,77	X	X	10	0,15	I
<i>Orthetum cancellatum</i>	38	2,99	50	3,85	165	4,10	253	3,84	III
<i>Orthetrum chrysostigma</i>	127	10,00	9	0,69	X	X	136	2,06	II
<i>Orthetrum coerulescens</i>	138	10,64	87	6,71	X	X	225	3,41	II
<i>Orthetrum trinacria</i>	X	X	37	2,85	X	X	37	0,56	I
<i>Selysiothemis nigra</i>	X	X	10	0,77	X	X	10	0,15	I
<i>Sympetrum fonscolombii</i>	16	1,25	93	7,17	320	7,96	429	6,51	III
<i>Sympetrum meridionale</i>	X	X	X	X	158	3,93	158	2,40	II
<i>Sympetrum sanguineum</i>	X	X	X	X	201	5,00	201	3,05	II
<i>Sympetrum striolatum</i>	X	X	X	X	220	5,47	220	3,34	II
<i>Trithemis annulata</i>	56	4,40	128	09,87	X	X	184	2,79	II
<i>Trithemis kirbyi</i>	09	0,70	04	0,30	X	X	13	0,19	I

**N** : est le nombre total des individus toutes espèces confondues. **ni** : est le nombre des individus d'une espèce. **X** : Absence de l'espèce

**IA** : Indice d'abondance qui varie entre I et IV (de l'espèce la plus rare à l'espèce la plus abondante)

**I** : ≤ 50 individus (Espèce rare à très faible abondance)

**II** : Compris entre 50 et 250 individus (Espèce modérément abondante)

**III** : Compris entre 250 et 450 (Espèce assez abondante)

**IV** : ≥ 450 (Espèce largement abondante)

#### SOUS-ORDER: ZYGOPTERES

##### CALOPTERYGIDAE

*Calopteryx haemorrhoidalis* (Vander Linden, 1825)



Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept
<b>Indice II</b>		<b>Stations (S1, S2, S3)</b>			



C'est la seule espèce de *Calopteryx* répertoriée à Bejaia, elle est limitée aux cours d'eaux courantes de basse altitude. Cette espèce est peu commune et modérément abondante. Elle est visible à partir du début avril jusqu'à la fin septembre. Par contre en en Numidie, elle est commune et limité aux cours d'eau à débit rapide.

LESTIDAE

*Chalcolestes viridis* (Vander Linden, 1825)



Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept
<b>Indice IV Stations (S8, S9, S12)</b>					



Dans la région de Bejaia, cette espèce est abondante en nombre d'individus mais présente une répartition restreinte, car elle n'a été observée que dans des mares temporaires de haute altitude entourés d'une végétation dense. La densité d'individus dans la localité S12 est remarquable, surtout à la fin août et au début septembre ; à quelques pas, on peut noter des dizaines d'individus. Les premières imagos ont été observées au début de juin et l'espèce est en vol jusqu'à la fin de septembre. Ce *Lestes* est présent dans le nord du pays et est commun en Numidie, où la période de vol s'étend d'avril à début décembre (Samraoui, 2009).

*Lestes barbarus* (Fabricius, 1798)



Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept
<b>Indice I Stations (S9, S10, S11, S12)</b>					



Localement, ce *Lestes* est peu commun et moins abondant que *Lestes virens* et *Chalcolestes viridis* et semble être associée aux mares temporaires forestières de haute montagne. Les adultes sont présents du début juin à la fin septembre. L'espèce est présente dans tout le nord du pays et est abondante en Numidie.

*Lestes virens* (Charpentier, 1825)



Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept
<b>Indice IV Stations (S5, S9, S10, S11, S12)</b>					



Comme les deux autres *Lestes*, il a une affinité pour les eaux stagnantes de notre région, en particulier dans les mares temporaires de haute altitude. Il a été observé avec une population modérée dans la localité S5 et une forte densité dans la S12 au début de septembre. La période de vol pour cette espèce se situe entre juin et octobre. L'espèce est largement répandue et abondante en Numidie mais a été rarement signalée dans le nord-ouest du pays où un seul signalement est disponible (depuis 1990) mentionné par Samraoui & Menai (1999) dans la région de Tlemcen.

*Sympecma fusca* (Vander Linden, 1820)



Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept
Indice I		Station (S8)			



A Bejaia, cette espèce est rare et peu abondante. Elle a été trouvée dans une seule mare temporaire forestière de montagne (1264 m d'altitude) bordé d'une ceinture boisée. Cette espèce hiberne sous forme d'imagos et les premiers individus ont été enregistrés au printemps début mai. L'émergence de la nouvelle génération devrait avoir lieu en été et les dernières imagos ont été trouvées fin septembre. Cette espèce est actuellement commune en Numidie mais la plupart des signalements provenant d'autres régions du nord de l'Algérie sont anciens et dispersés (Boudot *et al.*, 2009 ; Boudot & Kalkman, 2015 ; Bouchelouche *et al.*, 2015).

**PLATYCNEMIDAE**

*Platycnemis subdilatata* Sélys, 1849



Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept
Indice II		Station (S1, S2)			



Cette espèce endémique d'Afrique du Nord est la seule *Platycnemidae* que l'on trouve en Afrique du Nord. Elle est peu fréquente et modérément abondante dans la région de Bejaia et n'a été observé que dans deux oueds avec des effectifs modérés. Les adultes sont visibles de début mai à fin septembre. Cette espèce est associée à différents types d'oueds. Elle est modérément représentée dans le nord de l'Algérie mais assez commun en Numidie, une région bien explorée.

**COENAGRIONIDAE**

*Erythromma lindennii* (Selys, 1840)



Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept
Indice I		Station (S9)			



Cette espèce est rare et peu abondante dans le département de Bejaia. Elle a été collectée en faible nombre dans une seule mare temporaire forestière de montagne (1065 m), qui est la mieux exposée au soleil par rapport aux autres mares. Les adultes sont observés de mai à septembre. L'espèce est modérément représentée dans le nord de l'Algérie mais elle est commune en Numidie.

*Ceriagrion tenellum* (Villers, 1789)



Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept
Indice I Station (S5)					



Cette espèce est rare et peu abondante dans la région de Bejaia. Elle a été trouvée dans le lac Mezaia à basse altitude (17 m). Comme *E. lindenii*, elle est observée de mai à septembre. Elle est relativement commune en Numidie et a été signalée dans le centre et le nord-ouest de l'Algérie dans des localités dispersées anciennes et récentes (Morton, 1905 ; Lacroix, 1925 ; Schmidt, 1953 ; Lieftinck, 1979 ; Samraoui & Menai, 1999).

*Coenagrion scitulum* (Rambur, 1842)



Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept
Indice II Station (S7, S10, S11)					



Dans la région de Bejaia, cette espèce est peu fréquente. Elle n'a été observée que dans des eaux stagnantes, généralement temporaires, avec des populations modérées à basse altitude (S7). Les adultes sont observés de mai à septembre. L'espèce est commune en Numidie mais presque absente du centre et du nord-ouest de l'Algérie, bien que deux anciens signalements soient disponibles au sud de l'Atlas Tellien (Aïn Rich et Laghouat) (Selys-Longchamps, 1902), qui correspondent à une localisation similaire en Tunisie dans la région de Tozeur (Boudot *et al.*, 2009).

*Enallagma deserti* (Selys, 1871)



Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept
Indice II Stations (S7, S8, S9, S10, S11)					



Cette autre espèce endémique Maghrébine. Elle est assez commune dans la région de Bejaia, bien qu'elle soit en faible abondance dans la plupart des localités. Elle est dépendante de l'eau stagnante et est particulièrement présente dans les mares temporaires forestières de montagne jusqu'à une altitude de 1264 m. Les adultes sont observés de mai à septembre en très faibles densités sauf dans la localité S7 où le nombre d'adultes observé avoisine une vingtaine d'individus en juin. Cette espèce est bien distribuée du Maroc à la Tunisie dans les étangs et les lacs peu profonds (Boudot, 2008). Elle est bien présente en Numidie et

montre une deuxième aire de distribution dans le nord-ouest de l'Algérie près de la frontière marocaine (Ris, 1928 ; Samraoui & Menai, 1999).

*Ischnura graellsii* (Rambur, 1842)



Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept
Indice IV Stations (S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9, S10, S11, S12)					



Cette espèce est l'une des libellules les plus communes dans la région de Bejaia et elle est assez bien répartie avec de très grandes populations dans toutes les localités visitées. Elle a été trouvée sur des eaux courantes et stagnantes. Les adultes sont visibles d'avril à septembre, mais le nombre d'individus varie beaucoup selon la saison. Les effectifs sont plus importants à partir de la fin avril et tout au long de l'été, formant une importante foule, surtout dans la localité S12 où plus de 400 individus ont été enregistrés. L'espèce est également très répandue et abondante d'est en ouest dans la partie la plus septentrionale du pays et est bien connue en Numidie ainsi que dans le centre-nord et le nord-ouest de l'Algérie. Au sud de l'Atlas Tellien, elle est remplacée par *Ischnura saharensis* dans la majeure partie du Sahara.

SOUS-ORDRE: ANISOPTERES

AESHNIDAE

*Aeshna affinis* (Vander Linden, 1820)



Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept
Indice II Stations (S2, S9, S11, S12)					



Cette espèce est peu fréquente avec des populations modérées dans la région de Bejaia. Elle est surtout limitée aux étangs temporaires de montagne jusqu'à 1572 m, bien qu'on trouve parfois des individus vagabonds dans les oueds à basse altitude (S2). Les adultes sont observés de mai à août. Cette espèce est apparemment absente du nord-ouest de l'Algérie mais, elle est bien présente dans la Numidie, qui est une région mieux explorée.

*Aeshna isoceles* (O. F. Müller, 1767)



Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept
Indice I Stations (S6, S7, S12)					



Cette espèce est rare à abondance faible dans la région de Bejaia. Elle n'a été observée que dans des eaux stagnantes inférieures à 600 m au-dessus du niveau de la mer. Les quelques individus observés ont été enregistrés de la mi-mai à la fin août. Dans d'autres régions d'Algérie, elle est limitée à la Numidie, où elle n'est pas très abondante.

*Aeshna mixta* Latreille, 1805



Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept
Indice II Station (S12)					



Espèce à répartition restreinte. Elle a été observée dans la région de Bejaia que dans une seule mare temporaire forestière à moyenne altitude (590 m), où elle a montré sa plus forte densité à la fin août. Les adultes ont été observés sur une période relativement courte, du début août à la fin septembre. Plus à l'est, l'espèce est abondante et largement répandue en Numidie, où elle estive pendant 4 mois ou plus dans les forêts de montagne, revenant dans les zones humides de basse altitude pour se reproduire d'octobre à décembre (Samraoui *et al.*, 1998).

*Anax imperator* Leach, 1815



Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept
Indice III Stations (S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9, S10, S11, S12)					



Dans notre zone d'étude, cette *Aeshnidae* est la seule qui soit assez fréquente et largement répandue. Elle est notée dans les 12 localités étudiées avec des effectifs souvent importants. Les adultes sont notés au début de la saison en avril et la période de vol s'étend habituellement jusqu'à la fin septembre et parfois décembre selon Samraoui & Menai (1999). Cette espèce bien connue le long de la partie côtière et subcôtière du nord de l'Algérie, est abondante en Numidie et s'étend plus au sud profondément dans le Sahara algérien et l'Afrique entière (Boudot *et al.*, 2009 ; Boudot & Kalkman, 2015).

*Anax parthenope* (Selys, 1839)



Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept
Indice II Stations (S3, S5, S6, S7)					



Dans la région de Bejaia, cette espèce est relativement commune avec une abondance modérée. Elle est notée beaucoup plus dans les eaux stagnantes que dans les eaux courantes entre avril et septembre. Elle est signalée tout le long de la zone côtière et subcôtière du nord de l'Algérie, et est largement répandue en Numidie, s'étendant plus au sud profondément dans le Sahara algérien, le nord du Tchad et le nord du Soudan (Boudot *et al.*, 2009 ; Boudot & Kalkman, 2015).

*Hemianax ephippiger* (Burmeister, 1839)



Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept
Indice I Station (S9)					



Ce migrateur bien connu reste rare et très peu abondant dans nos localités durant notre travail. Il a été trouvé que dans une seule mare forestière de montagne (1065 m d'altitude) et peu d'individus ont été observés entre début mai et fin août. L'espèce est bien connue en Numidie, mais les signalements dans d'autres localités du nord de l'Algérie sont anciens (Oran, Keddara et Lac Hamiz (Lacroix, 1925 ; Dumont & Desmet, 1990). *Hemianax ephippiger* est surtout une espèce afro tropicale qui migre vers le nord chaque année, profitant de moussons saisonnières pour se reproduire dans des étangs temporaires. Elle passe habituellement l'hiver dans la ceinture saharienne, attendant l'augmentation des températures pour traverser les montagnes de l'Atlas plus au nord (Dumont & Desmet, 1990), où l'espèce atteint l'Europe continentale et parfois l'Islande et les îles Féroé (Lambret & Boudot, 2009).

GOMPHIDAE

*Onychogomphus forcipatus unguiculatus* (Vander Linden, 1820)



Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept
Indice I Stations (S2, S4)					



Ce taxon constitue le représentant méditerranéen occidental de l'espèce polytypique *Onychogomphus forcipatus* (Linnaeus, 1758). Elle est rare et peu fréquente à Bejaia et n'a été trouvée que dans deux oueds avec seulement une

dizaine d'individus entre mai et fin août. Elle est connue tout le long de la partie côtière et sub-côtière du nord de l'Algérie, y compris la Numidie, mais reste rare dans ces régions, en raison probablement de la mauvaise qualité de l'eau des systèmes des oueds. Les signalements du nord-ouest de l'Algérie sont anciens et peu nombreux (Hammam Bou Hadjar et Sebdou) (Morton, 1905 ; Schmidt 1936).

*Onychogomphus uncatus* (Charpentier, 1840)



Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept
Indice I		Stations (S2)			



Cette espèce, qui préfère les eaux vives, semble être très exigeante, rare et peu abondante dans la région de Bejaia. Sur les quatre oueds étudiés, cette espèce n'a été signalée que dans l'oued Djemaa. Elle est beaucoup moins commune que l'*O. forcipatus unguiculatus* en raison des exigences écologiques des larves, qui ont besoin d'eau claire et bien oxygénée (D'Aguilar & Dommanget, 1998). Les quelques individus trouvés ont été enregistrés sur une courte période allant du début juillet à la fin août. Cette espèce est très rare en Numidie et la plupart des signalements en provenance d'autres localités du nord de l'Algérie sont anciens et dispersés, à l'exception d'un signalement moderne dans la région d'Alger (Wadi Aïssi) par Lounaci *et al.*, (2000) (Boudot *et al.*, 2009, Boudot & Kalkman, 2015).

LIBELLULIDAE

*Brachythemis impartita* (Karsch, 1890)



Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept
Indice II		Station (S7)			



Cette remarquable espèce africaine, récemment distinguée de *Brachythemis leucosticta* (Burmeister, 1839) par (Dijkstra & Matushkina, 2009), reste peu fréquente dans la région de Bejaia avec une seule population modérée dans une retenue collinaire de faible altitude (43 m). Les premiers adultes apparaissent au début mai et la période de vol s'étend jusqu'à la fin septembre. Cette espèce est assez répandue, est connue dans la plus grande partie du nord de l'Algérie dans les localités côtières et subcôtières. Elle est abondante en Numidie.

*Crocothemis erythraea* (Brullé, 1832)



Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept
<b>Indice III Stations (S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7)</b>					



C'est une espèce assez fréquente et abondante dans la région de Bejaia, où elle est présente aussi bien dans les eaux courantes que dans les eaux stagnantes à basse altitude. Cette espèce semble complètement absente des eaux temporaires de haute altitude. Les premiers adultes apparaissent très tôt en avril et la période de vol s'étend jusqu'à la fin septembre voir décembre (Samraoui & Menai, 1999). L'espèce est présente dans toutes les régions d'Algérie, et est largement répandue et très abondante en Numidie.

*Diplacodes lefebvrei* (Rambur, 1842)



Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept
<b>Indice I Station (S5)</b>					



Cette espèce est rare et faiblement abondante dans la région de Bejaia. Seuls quelques individus ont été trouvés au lac Mezaia entre mai et août, une localité où Moali & Durand (2015) l'ont déjà signalée en août 2013. Plus à l'est, cette espèce est bien établie et abondante en Numidie alors que dans d'autres localités du nord de l'Algérie un seul signalement ancien est disponible à Alger (Selys-Longchamps in Lucas, 1849).

*Orthetum cancellatum* (Linnaeus, 1758)



Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept
<b>Indice III Stations (S4, S6, S7, S8, S9, S10, S11, S12)</b>					



Dans la région de Bejaia, elle demeure l'espèce la plus abondante et la plus fréquente du genre *Orthetrum* surtout dans les eaux stagnantes de basse et de haute altitude, jusqu'à (1572 m). Les adultes sont observables de mi-avril à mi-septembre. Bien que les quelques signalements provenant de la côte nord-ouest du pays soient tous assez récents (Samraoui & Menai, 1999 ; Sellam-Bouattoura *et al.*, 2017) ; cette espèce est largement répandue en Numidie, où elle est bien associée aux eaux ouvertes stagnantes et est connue depuis plus d'un siècle (Selys, 1871 ; McLachlan, 1897 ; Martin, 1901 ; Le Roi, 1915 ; Samraoui *et al.*, 1992, Samraoui & Corbet, 2000a ; Khelifa *et al.*, 2016 ).

*Orthetrum chrysostigma* (Burmeister, 1839)



Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept
<b>Indice II Stations (S1, S2, S6)</b>					



Dans la région de Bejaia, cet *Orthetrum* est moins commun que l'*O. cancellatum*. Il présente des abondances relativement faibles par rapport à l'*O. cancellatum* et l'*O. coerulescens anceps* dans la zone d'étude. Il n'est observé que dans quelques oueds et dans le marais Tamelaht et il est en vol d'avril à septembre. Cette espèce est répandue et commune dans toute l'Algérie et toute l'Afrique et se reproduit aussi bien dans les oueds saisonniers que dans les habitats lenticques (Samraoui & Corbet, 2000a).

*Orthetrum coerulescens anceps* (Schneider, 1845)



Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept
<b>Indice II Stations (S1, S2, S3, S4, S5, S6)</b>					



Cette espèce est relativement commune dans la région de Bejaia, mais elle reste beaucoup plus localisée dans l'eau lotique que dans l'eau lenticque avec des populations souvent importantes dans certaines localités. Les imagos sont observées de mai à septembre et parfois octobre (Samraoui & Menai, 1999). L'espèce est bien présente dans le nord de l'Algérie et est largement répandue, et abondante en Numidie.

*Orthetrum trinacria* (Selys, 1841)



Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept
<b>Indice I Stations (S5, S7)</b>					



Localement, cette espèce reste la moins commune et la moins abondante du genre *Orthetrum*. Elle n'a été observée que dans des eaux stagnantes de basse altitude du début mai à la fin septembre. Elle montre une répartition dispersée dans le nord de l'Algérie et plus au sud, se trouvent éparpillés dans le Sahara. Elle est bien établie en Numidie et est également présente dans le nord-ouest du pays.

*Selysiothemis nigra* (Vander Linden, 1825)



Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept
Indice I		Stations (S5, S6)			



Cette espèce est rare et a été trouvée avec des populations à faible densité ne dépassant pas une dizaine d'individus dans la région de Bejaia. Bien qu'elle soit connue depuis longtemps pour être installée dans les régions du sud de l'Algérie (Ris, 1913 ; Dumont, 1978 ; Samraoui & Menai, 1999), cette espèce, qui présente un tempérament vagabond et migratoire (Boudot & De knijf, 2012) n'a été découverte que récemment en Algérie du Nord, en août 2013 sur les rives du lac de Mezaia (Moali & Durand, 2015), ou nous l'avons retrouvée également. Nous avons aussi recueilli des individus dans une deuxième localité, le marais Tamelaht (S6), sur une période relativement courte. Cette espèce est en vol de début juin à fin août.

*Sympetrum fonscolombii* (Sélys, 1840)



Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept
Indice III		Stations (S4, S5, S6, S7, S8, S9, S10, S11)			



Ce *Sympetrum* est assez commun et assez abondant dans la région de Bejaia. Comme il s'agit d'une espèce vagabonde et migratrice, on l'a trouvée dans de nombreuses localités et on a même observé des effectifs importants de cette espèce dans les mares temporaires de haute altitude. Les adultes sont enregistrés d'avril à septembre. L'espèce est dispersée sur toute l'Algérie, y compris le Sahara et tout le nord de l'Algérie, et est particulièrement abondante en Numidie.

*Sympetrum meridionale* (Selys, 1841)



Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept
Indice II		Stations (S10, S12)			



Ce *Sympetrum* est peu fréquent à abondance relativement modérée dans la région de Bejaia. Sa répartition est restreinte dans la zone étudiée, où il n'a été trouvé que dans deux mares temporaires forestières de haute altitude à végétation très dense. Les imagos ont été observés de début juin à fin septembre. En Algérie, ce *Sympetrum* est limité au nord du pays. Son écologie saisonnière a été bien étudiée en Numidie, où il estive pendant 3 à 4 mois dans les forêts de montagne, revenant

ensuite dans les zones humides de basse altitude pour se reproduire de septembre à novembre (Samraoui *et al.*, 1998).

*Sympetrum sanguineum* (O. F. Müller, 1764)



Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept
Indice II		Stations (S1, S8, S9, S10, S12)			



Comme dans tout le Maghreb, *Sympetrum sanguineum* est peu commune dans la région de Bejaia avec des abondances modérées. Cette espèce est surtout présente dans les étangs forestiers de montagne jusqu'à 1264 m d'altitude, avec néanmoins la présence de quelques individus en basse altitude (localité S1). Les premiers adultes apparaissent en juin et la période de vol se poursuit jusqu'à la fin septembre. Plus à l'Est, cette espèce reste peu commune, les quelques signalements récents (à partir de 1990) ayant été signalés à Jijel et dans les zones humides de Guerbes (Samraoui & Belair, 1997 ; Samraoui & Menai, 1999 ; Samraoui & Corbet, 2000a). Des documents plus anciens sont disponibles pour la zone côtière et sub-côtière du nord de l'Algérie à l'ouest de Bejaia à Agoulmim Ouroufal, Tala Kitane et Mascara (Lacroix, 1925).

*Sympetrum striolatum* (Charpentier, 1840)



Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept
Indice II		Stations (S9, S10, S11, S12)			



Comme *S. sanguineum*, cette espèce a une distribution restreinte et semble être associée aux étangs temporaires de haute altitude de Bejaia. Les adultes ont été observés du début mai à la fin septembre. L'espèce est connue dans tout le nord de l'Algérie, en particulier en Numidie où elle est abondante dans une plus grande variété d'habitats, dont les étangs saumâtres (Samraoui & Menai, 1999). Les signalements en rapport à cette espèce dans l'Atlas Tellien et de la côte nord-ouest algérienne sont rares et anciens (Morton, 1905 ; Lacroix, 1925).

*Trithemis annulata* (Palisot de Beauvois, 1807)



Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept
Indice II Stations (S1, S2, S4, S5, S6, S7)					



Cette espèce est peu commune dans notre région d'étude, et, là où elle est présente, elle n'est visiblement pas abondante. On la trouve beaucoup plus dans les eaux stagnantes que dans les eaux courantes et elle est complètement absente dans les étangs temporaires de haute altitude. Les adultes sont visibles de début mai à septembre. L'espèce est connue dans la majeure partie de l'Algérie, y compris le Sahara. Elle est largement répandue et abondante en Numidie.

*Trithemis kirbyi* Selys, 1891



Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept
Indice I Stations (S2, S3, S6)					



Ce *Trithemis* montre une distribution restreinte dans la région de Bejaia, et, là où il est présent, n'est que faiblement abondant. Il n'a été trouvé que dans trois localités. Sa période de vol s'étend de début mai à fin août et parfois jusqu'en octobre selon Samraoui & Menai (1999). Il n'a pas été inclus dans les prospections de Samraoui & Corbet (2000a) dans le nord-est de l'Algérie, mais, étant en expansion dans toute la Méditerranée occidentale, il est maintenant bien signalé en Numidie dans le bassin de Sybousse (Khelifa *et al.*, 2011) et dans diverses parties des zones côtières et subcôtières du centre et du nord-ouest de l'Algérie.

Presque 90 % des espèces recensées dans la région de Bejaia sont de catégorie (LC) (Préoccupation mineure) selon la liste rouge de l'UICN (Afrique du Nord) à l'exception d'*Aeshna affinis*, *Aeshna isoceles* et *Sympetrum sanguineum* classées vulnérable (VU) (Garcia *et al.*, 2010 ; Samraoui *et al.*, 2010), et *Coenagrion scitulum* classé Quasi Menacé (NT) par l'UICN (Samraoui *et al.*, 2010). Toutefois, la situation de l'*Onychogomphus uncatius* reste un sujet à débat au niveau régional car son statut actuel en Afrique du Nord est classé comme préoccupation mineure (LC) sur la Liste rouge de l'UICN pour l'Afrique du Nord (Samraoui *et al.*, 2010) mais cette évaluation repose sur l'abondance de l'espèce au Maroc et l'aire de répartition que ce dernier semble couvrir (Maroc, Algérie et la Tunisie). Les signalements passés d'*O. uncatius* en Algérie sont anciens (Lacroix, 1925 ; Martin, 1910 ; Morton, 1905),

mal identifiés (Khelifa *et al.*, 2011) ou basés sur des larves (Benchalel & Samraoui, 2012 ; Samraoui & Corbet, 2000a).

La majorité des espèces recensées (26 espèces) sont présentes sous les indices d'abondance I et II (rares ou peu fréquentes à faible ou moyenne abondance) alors que 4 espèces soutiennent l'indice III (assez fréquentes à moyenne abondance) et 3 espèces l'indice IV (très fréquentes et très abondant). La répartition des Odonates de la région de Bejaia et leurs fluctuations d'abondance sont probablement dues à la nature et à l'état de santé des habitats aquatiques investigués. Certaines espèces peuvent tolérer un large éventail de conditions et de qualité de l'eau tandis que d'autres sont très sensibles à leur environnement (Chovanec & Waringer, 2001 ; Schindler *et al.*, 2003 ; Chovanec *et al.*, 2004 ; Ameilia *et al.*, 2006 ; Smith *et al.*, 2006). C'est évidemment le cas d'*Onychogomphus uncatatus* pour lequel, de toute évidence, selon certains auteurs (D'Aguilar & Dommanget, 1998 ; Grand & Boudot, 2006 ; El Haissoufi *et al.*, 2008), la qualité des eaux est un facteur fortement limitant pour cette espèce, et par conséquent, ce Gomphe ne s'est trouvée que dans l'oued Djemaa, qui est d'ailleurs l'unique cours d'eau possédant une eau clair et vive. A l'inverse, *Ischnura graellsii*, *Anax imperator*, *Orthetrum cancellatum* et *Sympetrum fonscolombii*, relativement abondantes et largement répandues dans la région sur une large aire altitudinale (du niveau de la mer à 1572 m) semblent moins exigeants pour les habitats et moins sensibles à la pollution et constituent les meilleurs exemples de banalisation de la faune due aux impacts humains. Dans les étangs forestiers, la nature temporaire de ces habitats est un facteur très limitant pour de nombreuses espèces. Seules quelques espèces dites pionnières bien adaptées aux périodes sèches peuvent profiter de leur mobilité et de leur phénologie pour y maintenir des populations dont la phase larvaire est synchronisée avec la saison pluvieuse. Les meilleurs exemples sont les *Lestidae* et le genre *Sympetrum*, qui ont une grande capacité de dispersion et un cycle de développement rapide, et leurs œufs ont une diapause hivernale qui permet aux larves de se développer rapidement au printemps (Corbet, 1999 ; Jacquemin & Boudot, 1999 ; Suhling *et al.*, 2004 ; Grand & Boudot, 2006 ; Merlet & Itrac-Bruneau, 2016). Sur les cinq *Lestidae* connues d'Algérie, quatre d'entre elles (*Lestes barbarus* ; *L. virens* ; *Chalcolestes viridis* et *Sympecma fusca*) sont confinées dans des étangs forestiers temporaires en haute altitude de la région de Bejaia, en compagnie de *Sympetrum fonscolombii*, *S. meridionale*, *S. sanguineum* et *S. striolatum*.

Plusieurs questions restent sans réponse au sujet de certaines espèces observées dans la région de Bejaia. La composition de la faune odonatologique de la région est-elle influencée par la pollution, le changement climatique, la structure de l'habitat et/ou l'altitude ?

- La situation actuelle d'*Onychogomphus uncatatus* semble préoccupante. Cette espèce est très rare en Numidie (Samraoui & Corbet, 2000a,b ; Samraoui & Alfarhan, 2015) et dans la région de Bejaia, seuls quelques individus ont pu être prélevés sur une courte période à oued Djemaa (S2) ; sans aucun rapport sur cette espèce dans les autres localités, ce qui suggère que la plupart des autres eaux courantes sont trop dégradées pour permettre sa survie.
- L'absence apparente de *Lestes numidicus* dans les cinq étangs temporaires du massif forestier d'Akfadou, bien que cette espèce soit connue pour son estivation dans les forêts de haute altitude (Samraoui, 2009), cela, suggère qu'actuellement aucun habitat des 12 prospectés ne correspond aux conditions environnementales requises permettant le développement larvaire de cette espèce dans la région.
  - *Crocothemis erythraea*, une espèce très commune en Méditerranée, présente des populations souvent importantes là où elle se reproduit, est très tolérante à la qualité de l'eau, a une période de vol assez longue et peut être observée jusqu'à 1800 m d'altitude en Afrique du Nord (D'Aguilar & Dommanget, 1998). On ne l'a trouvé qu'en basse altitude, ce qui laisse entendre que nos mares temporaires de montagnes ne lui sont pas particulièrement propices.

D'autres études pourraient éclairer ces questions.

#### **IV.3.3. Structure du peuplement odonatologique**

Afin de mieux appréhender la structure de l'odonatofaune, un traitement de l'abondance ; de la richesse et de la diversité ont été réalisés. Les résultats sont portés dans le (tab.12) et la (fig.29) ci-dessous.

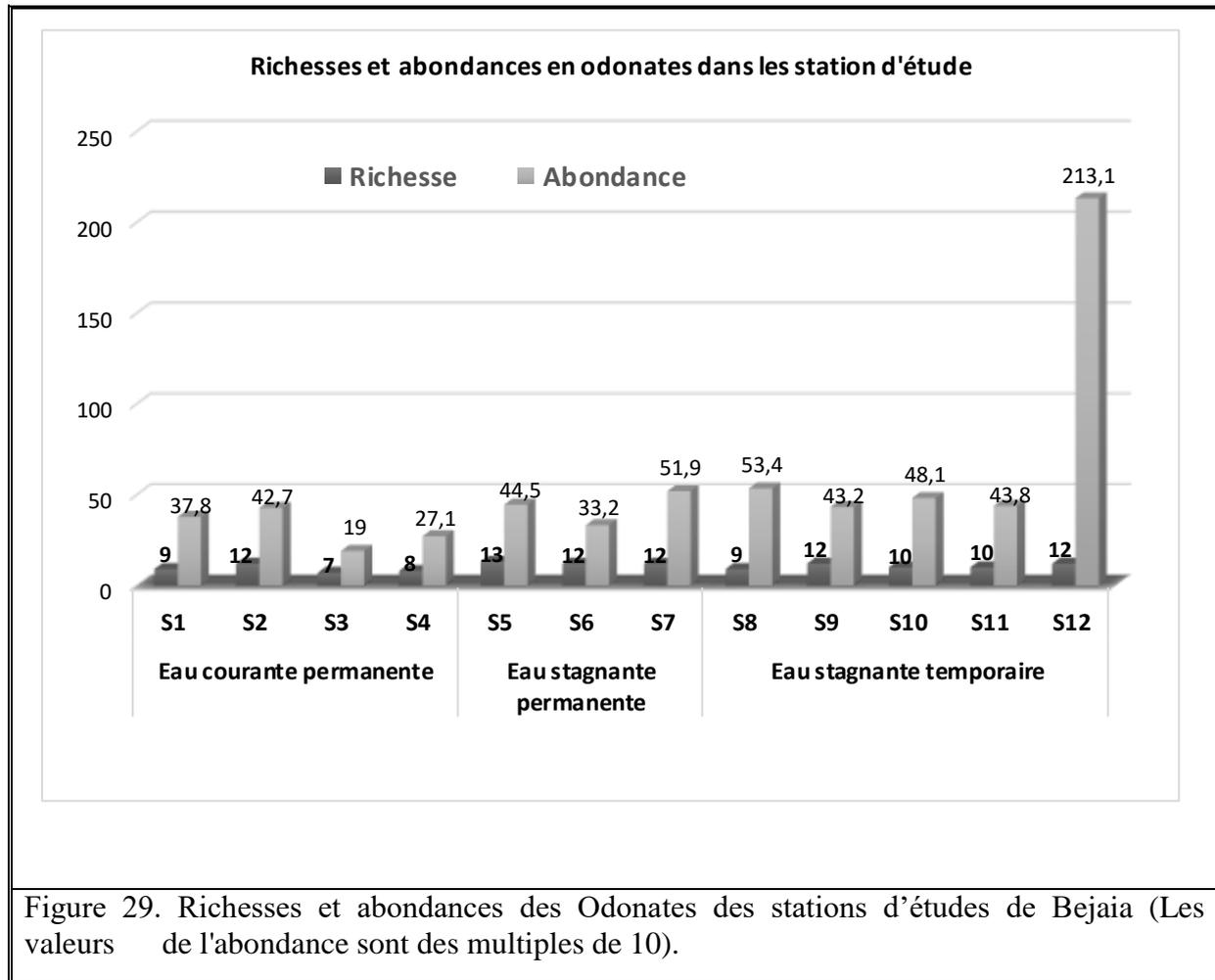


Tableau 12. Indices de diversité appliqués aux Odonates dans les stations d'étude de Bejaia

Sites	Stations	S	N	H'	H'max	J'	Rang
Eau courante permanente (ECP)	S1	09	382	2,84	3,16	0,89	2
	S2	12	427	3,03	3,55	0,85	1
	S3	07	190	2,40	2,79	0,86	3
	S4	08	271	2,54	2,99	0,84	3
Eau stagnante permanente (ESP)	S5	13	445	3,18	3,78	0,84	1
	S6	12	332	3,26	3,68	0,88	1
	S7	12	519	3,32	3,58	0,92	1
Eau stagnante temporaire (EST)	S8	09	534	2,73	3,16	0,86	2
	S9	12	432	3,33	3,58	0,93	1
	S10	10	481	2,98	3,32	0,89	2
	S11	10	438	3,07	3,32	0,92	1
	S12	12	2131	2,43	3,58	0,67	3

S : Richesse, N : Abondance, J' : Equitabilité de Pielou, H' : Indice de Shannon, 1- Forte diversité, 2- Moyenne diversité, 3- Faible diversité.

La répartition spatiale des Odonates de notre région et les fluctuations de leur abondance pourraient être attribuées à la nature et à l'état de santé des habitats aquatiques étudiés et aux diverses pressions qui les affectent. L'eau stagnante semble plus diversifiée et plus favorable au peuplement des odonates que l'eau courante (fig.29). La qualité de l'eau semble avoir une influence décisive sur la biodiversité dans certaines localités, notamment dans les oueds. En fait, les valeurs les plus élevées d'abondance et de richesse sont notées dans les eaux stagnantes sauf dans l'oued Djemaa (S2) où nous avons trouvé une richesse de 12 taxons et une abondance relativement élevée par rapport aux trois autres oueds pour lesquels l'abondance et la richesse sont faibles (fig.29). Il est à noter que cet oued est le moins affecté par l'activité humaine et que la qualité de son eau est considérée comme la plus bonne de toutes les eaux lotiques prospectées. Avec son débit rapide mais non torrentiel et ses eaux claires, il favorise l'installation de certaines libellules lotiques sensibles telles que *Calopteryx haemorrhoidalis* et *Onychogomphus uncatulus*.

L'habitat le plus riche reste sans aucun doute le lac Mezaia (S5) qui est une zone humide protégée incluse dans le parc national de Gouraya avec 13 taxons. Par ailleurs, l'un des étangs temporaires forestiers (S12) est la localité où l'on a observé la plus grande abondance d'individus (2131). Cette valeur élevée peut être expliquée par la forte prolifération des *Lestidae* et des *Coenagrionidae*. Nous sommes dans le cas d'une répartition inéquitable des individus entre les différents taxons, avec une valeur de 0,67 pour l'équitabilité de Pielou (tab. 12) qui ne peut s'expliquer que par la supériorité numérique de certaines espèces sur les autres. En effet, dans cette localité, plus de 80% de la population est concentrée sur trois espèces, à savoir : *Lestes virens*, *Chalcolestes viridis* et *Ischnura graellsii*.

Les localités abritant les colonies odontologiques les mieux structurées et les plus stables sont les étangs temporaires S9 et S11 ainsi que la retenue collinaire de Betlou (S7) avec des valeurs d'équitabilité de 0,92 à 0,93 (tab. 12). Ceci est probablement dû à la structure assez ouverte et ensoleillée de ces habitats, et par conséquent offrent des conditions idéales pour l'installation et le maintien des populations des odonates.

#### **IV.3.4. Analyse statistique**

Pour mieux identifier les cortèges odonatologiques associés aux différents biotopes et aux six mois d'étude, deux analyses factorielles des correspondances (AFC) ont été réalisées, avec la présence absence des espèces (fig.30 et 31).

En observant la (fig.30) ci-dessus, on peut distinguer trois principaux groupes d'espèces qui divergent du centre du graphique (encerclés en rouge) (fig.30). Il s'agit de taxons fréquentant

les eaux courantes (ECP) à savoir *C. haemorrhoidalis* (Ch), *P. subdilatata* (Ps), *O. forcipatus unguiculatus* (Ogf) et *O. uncatu* (Ogu) ; des taxons inféodés aux eaux stagnantes permanentes de basse altitude (ESP), ils sont représentés par *O. trinacria* (Otr), *S. nigra* (Sn), *D. lefebvreii* (Dl), *B. impartita* (Bi) et *C. tenellum* (Ct), et enfin des taxons spécifiques des eaux stagnantes temporaires d'altitude (EST), sept espèces se rattachent à ce groupe, nous avons : *C. viridis* (Cv), *L. barbarus* (Lb), *S. fusca* (Sf), *E. lindenii* (El), *H. ephippiger* (He), *S. meridionale* (Sm) et *S. striolatum* (Sst). Un autre groupe composé de taxons ubiquistes communs aux différents biotopes sur une échelle altitudinale allant du niveau de la mer à 1572 m d'altitude, qui est situé près du centre du graphique (en vert) et dont on retrouve *I. graellsii* (Ig), *A. imperator* (Ai), *O. cancellatum* (Oca), *S. fonscolombii* (Sfo), Trois sous-groupes émergent également entre les trois types d'habitats (entourés en bleu). Ils représentent les espèces qui se chevauchent entre les habitats lenticues et lotiques.

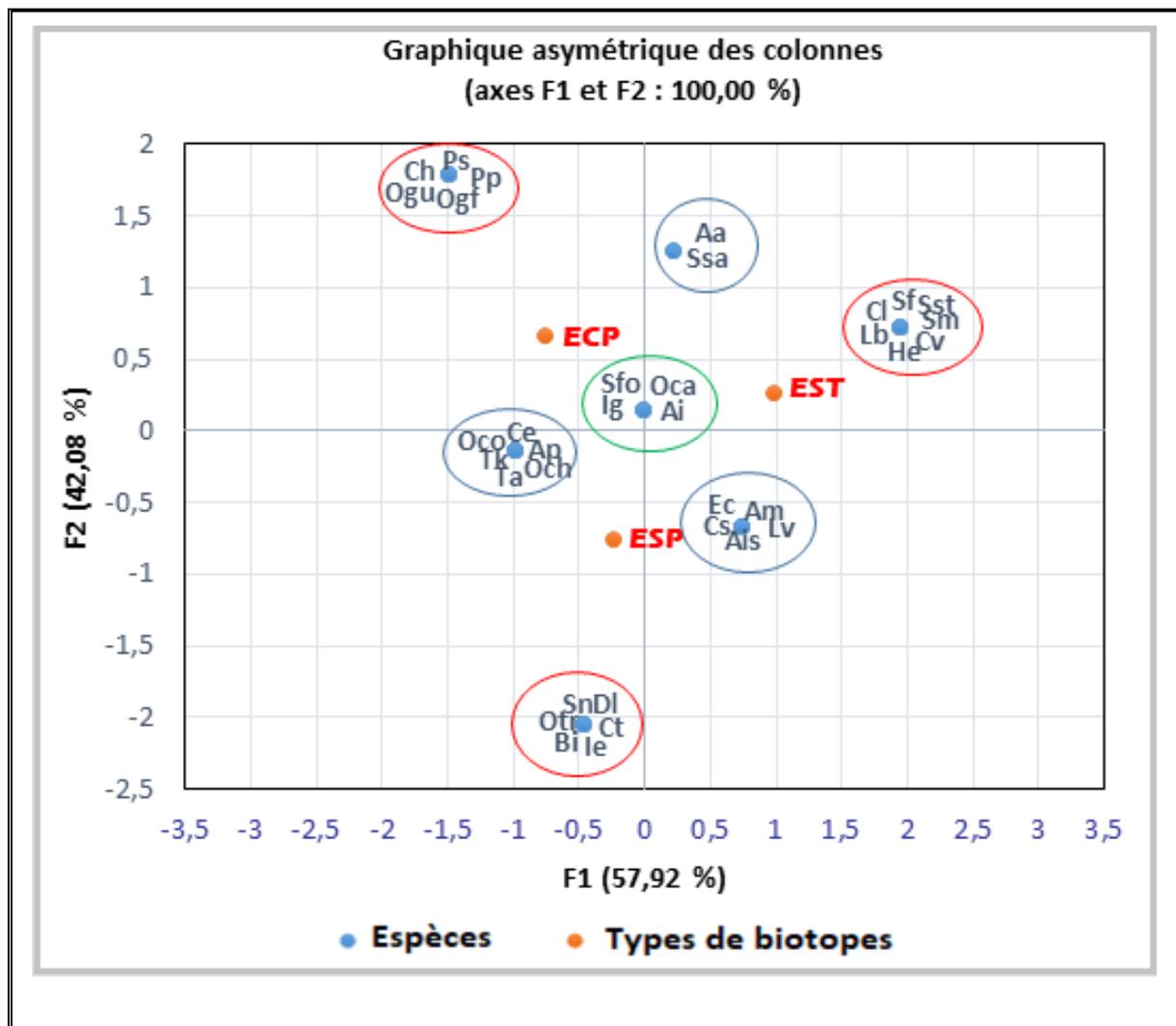


Figure 30. Carte factorielle des relations biotopes /espèces d'Odonates issue de l'AFC.

Sur la représentation graphique (fig.31), on peut distinguer trois groupes d'espèces plus ou moins bien isolés. Nous avons le groupe des taxons précoces (période de présence centrée sur le mois d'avril). Elle se compose de sept espèces qui émergent très tôt en avril, à savoir : *Anax imperator* (Aim) ; *Orthetrum cancellatum* (Oc) ; *Orthetrum coerulescens* (Oco) ; *Sympetrum fonscolombii* (Sfc) et *Ischnura graellsii* (Ig) ; *Calopteryx haemorrhoidalis* (Ch) et *Crocothemis erythraea* (Ce). D'autres espèces commencent à apparaître au début du mois de mai, accompagnées plus tard par d'autres espèces qui se concentrent au centre du graphique pour former le deuxième groupe de mi-saison (période de présence centrée sur les mois de mai, juin, juillet et Aout). Enfin vient le taxon tardif représenté par une seule espèce *Aeshna mixta* (Am). Il est à noter que cette espèce n'est contactée qu'à partir de début août fin septembre.

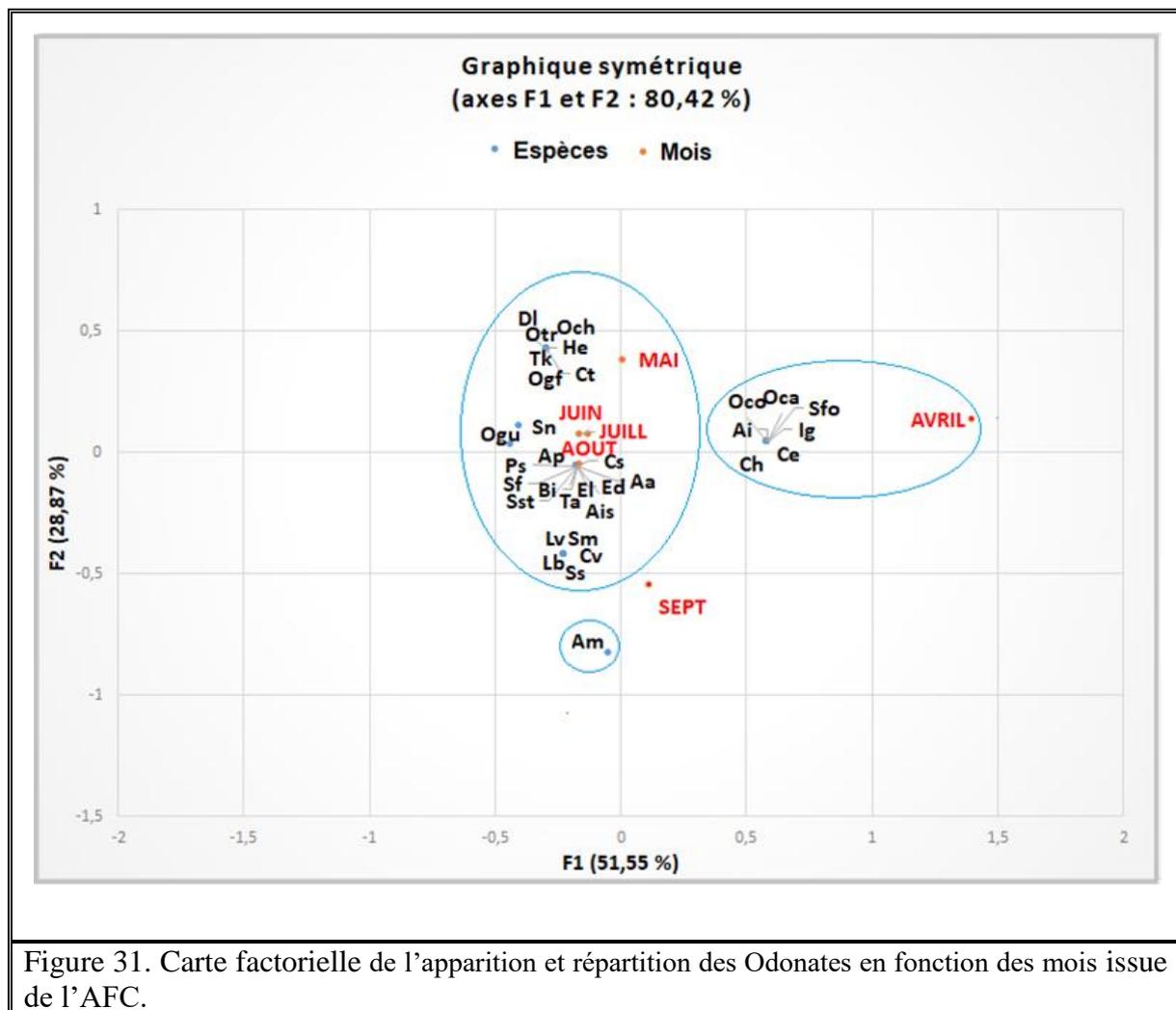
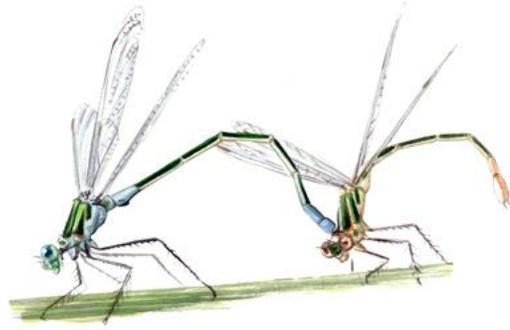
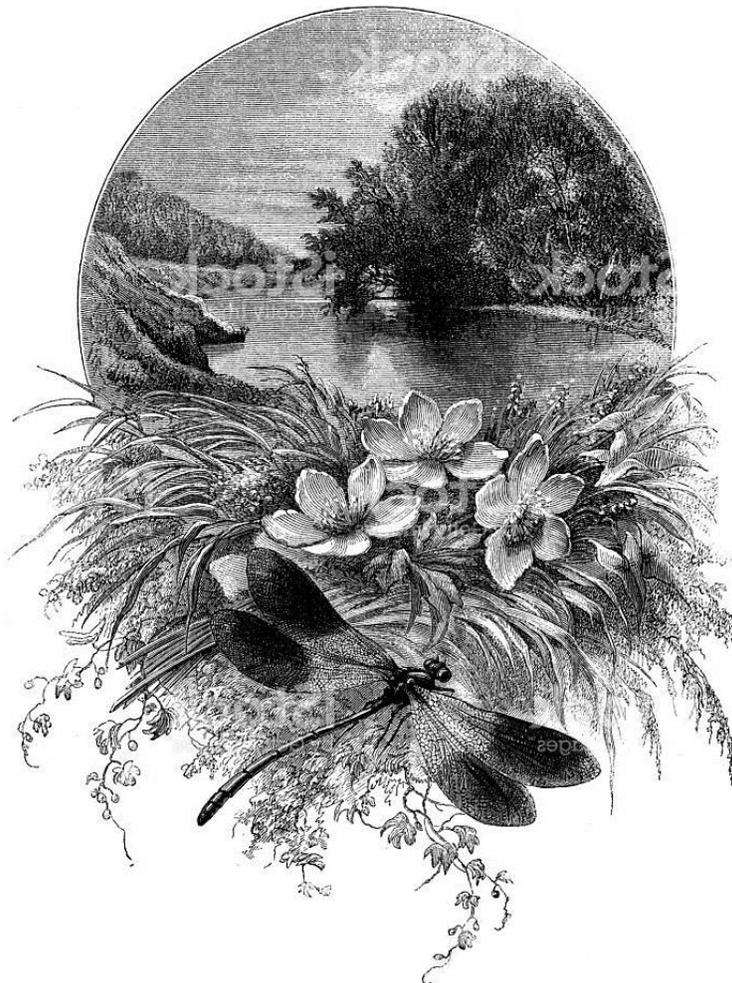


Figure 31. Carte factorielle de l'apparition et répartition des Odonates en fonction des mois issue de l'AFC.



# **CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS**





## CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

L'étude de terrain sur les libellules et leurs habitats naturels réalisée dans le cadre de cette étude initie une première base de données importante pour la région de Bejaia et devrait être un outil particulièrement utile aux gestionnaires des zones humides afin de renforcer et intensifier les mesures réglementaires pour contrôler et mettre un terme aux activités humaines illégales dans ces zones.

Cet inventaire triennal (2015, 2016 et 2017) dans les habitats lotiques et lentiques de Bejaia nous a permis d'identifier une importante odonatofaune (33 espèces), qui représente 52% de toutes les espèces d'Odonates présentes en Algérie dont deux endémiques maghrébines (*Platycnemis subdilatata* et *Enallagma deserti*). Cette faune, cependant, semble plutôt appauvrie et souffre d'une banalisation évidente, car les habitats d'eau courante comprenaient un grand nombre d'espèces généralistes et que les principales espèces lotiques Maghrébines et Ibéro-Maghrébines ne sont visiblement présentes.

Les résultats obtenus par cette première étude fournissent une image assez précise de l'état sanitaire des zones humides de la région et de la faune odonatologique qui y est associée.

- ✓ Plusieurs biotopes sont affectés par les pressions anthropiques, notamment dans les oueds. A titre d'exemple, l'oued Soummam, un hydro-système inscrit dans la Convention de Ramsar, comprend environ 90% de généralistes, ce qui suggère que la qualité et/ou la structure du lit du fleuve constitue un facteur limitant sérieux pour la plupart des espèces lotiques. D'autres conditions défavorables ont été également observées dans certains milieux lentiques tels que les étangs forestiers, qui sont cernés par une végétation boisée et, dans certains cas, envahis par une végétation invasive en raison d'une forte eutrophisation. Des mesures urgentes devraient être engagées si l'on veut préserver ces milieux et la diversité qui y est associée.
- ✓ Les biotopes les plus appropriés pour l'installation et le développement des Libellules, restent les milieux lentiques les plus ouverts et les plus ensoleillés.
- ✓ Dans le système hydrographique de Bejaia, les Anisoptères dominent en nombre d'espèces, tandis que les Zygoptères dominent en nombre d'individus.
- ✓ Certaines espèces généralistes comme (*Anax imperator*, *Ischnura graellsii*, *Crocothemis erythraea*, *Trithemis annulata*, *Orthetrum cancellatum*, *O. chrysostigma*, *O. coeruleascens anceps* et *Sympetrum fonscolombii*) peuvent tolérer un large éventail de conditions tandis



que d'autres sont spécialisées et très sensibles à leur environnement tel que (*Calopteryx haemorrhoidalis*, *Onychogomphus forcipatus unguiculatus* et *O.uncatus*). Un groupe de quatre taxons omniprésents (*Ischnura graellsii* ; *Anax imperator* ; *Orthetrum cancellatum* et *Sympetrum fonscolombii*), semble indifférent aux conditions prévalant dans les différents biotopes.

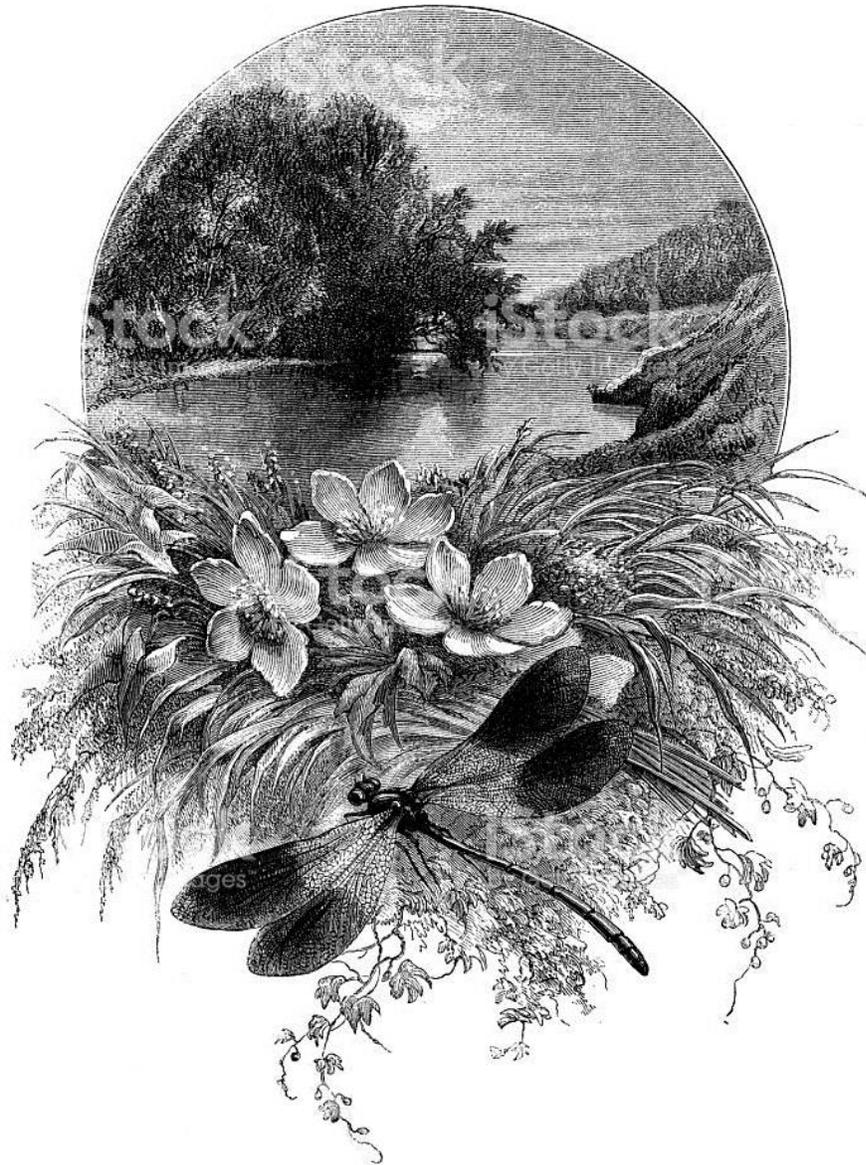
Bien que les principales populations aient été identifiées. Toutefois, avant de prétendre à un inventaire exhaustif, les enquêtes devraient durer encore plus longtemps et se poursuivre dans d'autres localités et des efforts devraient être consacrés à d'autres milieux lotiques afin de fournir des données fiables qui serviront d'outils de gestion des cours d'eau Nord-Africains. Les initiatives récemment entamées par l'IUCN (Jödicke *et al.*, 2004 ; Riservato *et al.*, 2009 ; Boudot *et al.*, 2009 ; Garcia *et al.*, 2010) constituent un grand pas vers une gestion rationnelle et durable de ces cours d'eau.

Dans les années à venir, il faudrait prospecter avec d'autres méthodes telles que la recherche de larves et d'exuvies le long des berges, pour confirmer l'autochtonie et la reproduction des espèces sur les sites, ce qui permettra d'apporter de nouveaux éléments sur la distribution de ces libellules dans ce vaste territoire.

Nous espérons que cette étude permettra de mettre en lumière l'importance de ces milieux exceptionnels et qu'elle servira de base de données pour les études à venir qui viseront à mettre en place une stratégie de conservation de ces habitats afin de pouvoir continuer à les apprécier durant les décennies à venir car l'héritage de demain dépend de la gestion d'Aujourd'hui.



# REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES





## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ☞ A.E.R.M., 2015. (Boîte à outil zones humides) *Retours d'expérience des plans de gestion des zones humides les bassins Rhône-Méditerranée et Corse*. Agence de l'eau Rhône-Méditerranée et Corse. Écosphère, 198 p.
- ☞ Alban N., Arnaboldi F., Arnal G., Bardat J., Chaïb J., Dardignac C., Dommanget J.L. James D., Queney P., Limoges O. & Vicario J.P., 2006. *Guide technique de gestion des mares forestières de plaine*. Office National des Forêts. 214 p.
- ☞ Allegrini B, Benallaoua Z, Benmamar H. 2006. Inventaire des Odonates du lac Mézaia (Bejaïa-Algérie). *Catalogue du Parc National du Gouraya*, 1-2.
- ☞ Ameilia Z.S., Che Salmah M. & Abu Hassan A., 2006. *Distribution of Dragonfly (Odonata: Insecta) in the Kerian River Basin, Kedah-Perek, Malaysia*. USU Repository. 14 p.
- ☞ Andrew R.J., Subramaniam K.A., Tiple A.D., 2009. *A Handbook on Common Odonates of Central India*. South Asian Council of Odonatology, Nagpur, India, 65 p.
- ☞ A.S.W.B., 1996. *Annuaire statistique de la wilaya de Bejaia, Direction de la planification et de l'environnement et de l'aménagement du territoire de la wilaya de Bejaia*. Ed. 1995, 22 p.
- ☞ Barbault R., 1981. *Ecologie des populations et des peuplements*. Des théories aux faits. Masson, Paris, 200 p.
- ☞ Barnaud G., 1991. *Qu'est-ce qu'une zone humide ? Compte-rendu des avis d'experts, Définition scientifique et juridique*. Muséum National d'Histoire Naturelle – Laboratoire d'Evolution des Systèmes Naturels et Modifiés, 10 p.
- ☞ Barneix M., Bailleux G. & Soulet D., 2016. *Liste rouge régionale des odonates d'Aquitaine*. Observatoire Aquitain de la Faune Sauvage. 40 p.
- ☞ Beckemeyer R.J. & Hall J.D., 2007. The entomofauna of the Lower Permian fossil insect beds of Kansas and Oklahoma, USA. *African Invertebrates*, 48(1) : 23-39.
- ☞ Benchalel W. & Samraoui B., 2012. Caractérisation écologique et biologique de l'odonatofaune de deux cours d'eau méditerranéens : l'oued El-Kébir et l'oued Bouaroug (Nord-Est de l'Algérie). *Méditerranée*, 118 : 19-27.
- ☞ Benhamiche N., 1997. *Modélisation de la relation pluie-relief en vue de cartographie par krigeage : cas du bassin versant de la Soummam*. Thèse de magister en sciences agronomiques option Aménagement et mise en valeur. INA, Alger, 158 p.
- ☞ B.N.D.R., 1980. *Etude d'inventaire des terres et forêts du Nord de l'Algérie (Bejaia)*. Rapport général, Bur. Nat. Dev. Rech., 205 p.
- ☞ Bonet-Betoret C., 2004. Expansión de *Trithemis annulata* en Europa en los años 80 y 90. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 27 : 85-86.
- ☞ Bouchelouche D., Kherbouche-Abrous O., Mebarki M., Arab A. & Samraoui B., 2015. The Odonata of wadi Isser (Kabylia, Algeria): Status and environmental determinants of their distribution. *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, 70 : 248-260.



- ☞ Boudot J.P., 2008. *Selysiothemis nigra* (Vander Linden, 1825), nouveau pour le Maroc, et autres observations sur les Odonates du Maghreb nord occidental (Odonata : Anisoptera : Libellulidae). *Martinia*, 24 (1) : 3-29.
- ☞ Boudot J.P., Kalkman V.J., Azpilicueta Amorin M., Bogdanović T., Cordero Rivera A., Degabriele G., Dommanget J.L., Ferreira S., Garrigós B., Jović M., Kotarac M., Lopau W., Marinov M., Mihoković N., Riservato E., Samraoui B. & Schneider W., 2009. Atlas of the Odonata of the Mediterranean and North Africa. *Libellula Supplement*, 9 : 1-256.
- ☞ Boudot J.P., 2010. Spécificités du peuplement en Odonates du nord de l'Afrique et observations récentes d'espèces remarquables (Insecta : Odonata). *Martinia*, 26 (3/4) : 109 -122.
- ☞ Boudot J.P. & De Knijf G., 2012. Nouvelles données sur les Odonates du Maroc Oriental et méridional (Odonata). *Martinia*, 28: 1-28.
- ☞ Boudot J.P. & Kalkman V.J. (eds), 2015. *Atlas of the European dragonflies and damselflies*. KNNV publishers, the Netherlands, 381 p.  
[http://www.libellula.org/pdf/Libellula\\_Supplement\\_9\\_Boudot\\_et\\_al\\_2009\\_Atlas\\_Odonata\\_Medit.pdf](http://www.libellula.org/pdf/Libellula_Supplement_9_Boudot_et_al_2009_Atlas_Odonata_Medit.pdf).
- ☞ Boudot J.P., Grand D., Wildermuth H. & Monnerat C., 2017. *Les libellules de France, Belgique, Luxembourg et Suisse*. Biotope, Mèze (Collection Parthénope), 2<sup>ème</sup> Ed., 456 p.
- ☞ Bried J. & Samways M. J., 2015. A review of odonatology in freshwater applied ecology and conservation science. *Freshwater science*, 34(3) :1023-1031.
- ☞ Catling P.M. 2005. A Potential for the Use of Dragonfly (Odonata) Diversity as a Bioindicator of the Efficiency of Sewage Lagoons. *Canadian Field-Naturalist*, 119 (2):233-236.
- ☞ Chovanec A., Waringer J., 2001. Ecological integrity of river-floodplain systems- assessment by dragonfly surveys (Insecta : Odonata). *Regul. River*, 17 (4-5): 493-507.
- ☞ Chovanec A., Waringer J., Raji R., Laister G., 2004. Lateral connectivity of a fragmented large river system: assessment on a macroscale by dragonfly surveys (Insecta: Odonata). *Aquat. Conser. Marine and Freshw. Ecosyst.*, 14: 163-178.
- ☞ Clausnitzer V., Kalkman V.J., Ram M., Collen B., Baillie J.E.M., Bedjani M., Darwall W.R.T., Dijkstra K.D., Dow R., Hawking J., Karube H., Malikova E., Paulson D., Schütte K., Suhling F., Villanueva R., Von Ellenrieder N. & Wilson K., 2009. Odonata enter the biodiversity crisis debate: the first global assessment of an insect group. *Biological Conservation*, 142 (8) : 1864-1869.
- ☞ Cordoba-Aguilar A. 2008. *Dragonflies and Damselflies: Model Organisms for Ecological and Evolutionary Research*. Oxford University Press, 290 p.
- ☞ Corbet P.S., 1999. *Dragonflies: behavior and ecology of Odonata*. Harley Books, Martins, 830 p.
- ☞ Costa L.T., Farinha J., Hecker N., Tomas V., 1998 - *Inventaire des zones humides méditerranéennes : manuel de référence*, volume I. Ed. Wetlands International et Instituto da conservação da natureza, Portugal. 57 p.
- ☞ Daget P., 1977. Le climat méditerranéen : caractères généraux et modes de caractérisation. *Védétatio*, 34 : 1-20.



- 📖 D'Aguilar J., Dommanget J.L. & Prechac R., 1985. *Guide des libellules d'Europe et d'Afrique du Nord*. Les Guides du Naturaliste. Ed. Delachaux et Niestlé, 341 p.
- 📖 D'Aguilar J. & Dommanget J.L., 1998. *Guide des libellules d'Europe et d'Afrique du Nord*. Delachaux & Niestlé, Paris, 2<sup>ème</sup> Ed., 463 p.
- 📖 Dajoz R., 1971. *Précis d'écologie*. Ed. Dunod, Paris, 434 p.
- 📖 Dajoz R., 1975. *Précis d'écologie*. Ed. Gauthier, villars, Paris, 483p.
- 📖 Dajoz, R., 1985. *Précis d'écologie*. 5ème édition. Dunod, Paris. 517 p.
- 📖 Dajoz R., 2000. *Précis d'écologie*. 7ème édition. Dunod, Paris, 615 p.
- 📖 D.G.F., 2004. *Atlas IV des Zones Humides Algériennes d'importance internationale*. Ed. Direction générale des forêts, Ben Aknoun, 89 p.
- 📖 Dijkstra K.D.B., 2007. *Guide des libellules de France et d'Europe*. Les guides du naturaliste. Ed. Delachauxet & Niestlé. 320 p.
- 📖 Dijkstra K.D. B. & Matushkina N., 2009. Kindred spirits : “*Brachythemis leucosticta*”, Africa’s most familiar dragonfly, consists of two species (Odonata : Libellulidae). *International Journal of Odonatology*, 12 (2) : 237-256.
- 📖 Dijkstra K.D. B., Kipping J. & Meziere N., 2015. Sixty new dragonfly and damselfly species from Africa (Odonata). *Odonatologica* 44 : 447-678.
- 📖 Djoudi E.A., 2009. *Contribution à l'inventaire et la cartographie des zones humides de la wilaya de Bejaia*. Mémoire ingéniorat université de Bejaia. 99 p.
- 📖 Dommanget J.L., 1995. *Etude faunistique et bibliographique des Odonates de France*, INRA, Muséum national d'histoire naturelle, Inventaire de faune et de flore, Fascicule 36, Secrétariat de la faune et de la flore, Paris, 283 p.
- 📖 Dommanget J.L., 2000. Valeur bio-indicatrice des Odonates dans un but de gestion conservatoire des habitats aquatiques et terrestres. Communiqué de presse du 20 décembre 2000, 1p.
- 📖 D.P.A.T., 2004. *Monographie de la wilaya de Bejaia*. Direction de planification et de l'aménagement de territoire. 22 p.
- 📖 Dreux P., 1980. *Précis d'écologie*. Ed. Presses Univ. Paris, 231 p.
- 📖 Dudgeon D, Arthington AH, Gessner MO, Kawabata ZI, Knowler DJ, Lévêque C, Naiman RJ, Prieur-Richard AH, Soto D, Stiassny MLJ, Sullivan CA. 2006. Freshwater biodiversity : importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews*, 81 (2): 163-182.
- 📖 Dumont H.J., 1977. An analysis of Odonata of Tunisia. *Bulletin et Annales de la Société royale belge d'Entomologie*, 113: 63-94.
- 📖 Dumont H.J., 1978. Odonates d'Algérie, principalement du Hoggar et d'Oasis du Sud. *Bulletin et Annales de la Société Entomologique de Belgique*, 114 : 99-106.



- ☞ Dumont H.J., 1982. Relict distribution patterns of aquatic animals: another tool in evaluating late Pleistocene climate changes in the Sahara and Sahel. *Palaeocology of Africa and the surrounding islands*, 14: 1-24.
- ☞ Dumont H.J., 1988. *Hemianax ephippiger* (Burmeister) in the northern Algerian Sahara in winter. (Anisoptera: Aeshnidae). *Notulae Odonatologicae*, 3: 20-22.
- ☞ Dumont H.J. & Desmet K., 1990. Transsahara and transmediterranean migratory activity of *Hemianax ephippiger* (Burmeister) in 1988 and 1989 (Anisoptera: Aeshnidae). *Odonatologica*, 19 (2): 181-185.
- ☞ Dumont H.J., 2007. Odonata from the Mouydir Plateau (North Central Sahara, Algeria). *Bulletin et Annales de la société Royale Entomologique de Belgique*, 143 :164-168.
- ☞ El Haissoufi M., Lmohdi O., Bennis N., Mellado A. & Millan A., 2008. Les Odonates du bassin versant Laou (Rif occidental, Maroc). *Travaux de l'Institut Scientifique, Rabat*, (5) : 47-59.
- ☞ Ferreras-Romero M, Marquez-Rodriguez J, Ruiz-Garcia A. 2009. Implications of anthropogenic disturbance factors on the Odonata assemblage in a Mediterranean fluvial system. *International Journal of Odonatology*, 12: 413-428.
- ☞ Ferreira S., Velo-Antón G., Brochard C., Vieira C., Alves P.C., Thompson D.J., Watts P.C. & Brito J.C., 2014. A Critically Endangered new dragonfly species from Morocco: *Onychogomphus boudoti* sp. nov. (Odonata: Gomphidae). *Zootaxa*, 3856 (3) : 349-365.
- ☞ García N., Cuttelod A. & Abdul Malak D. (eds), (2010). *The Status and Distribution of Freshwater Biodiversity in Northern Africa*. Gland, Switzerland, Cambridge, UK, and Malaga, Spain : IUCN, xiii+141pp. Extrait de : [http://cmsdata.iucn.org/downloads/the\\_status\\_and\\_distribution\\_of\\_freshwater\\_biodiversity\\_in\\_northern\\_africa.pdf](http://cmsdata.iucn.org/downloads/the_status_and_distribution_of_freshwater_biodiversity_in_northern_africa.pdf)
- ☞ Gerlach J., Samways M. & Pryke J., 2013. Terrestrial invertebrates as bioindicators : An overview of available taxonomic groups. *Journal of Insect Conservation*, 17(4) : 831-850.
- ☞ Giraud P., 2011. *Inventaire, étude et suivi des Odonates sur les goyas des plateaux de Retord et du Grand Colombie*. BTSA Gestion et Protection de la Nature. 32 p.
- ☞ Godreau V., Bornette G., Frochot B., Amoros C., Castella E., Oertli B., Chambaud F., Oberti D. & Craney E., 1999. Biodiversity in the floodplain of Saône: a global approach. *Biodiversity and Conservation*, 8: 839-864.
- ☞ Gourmand A.-L., Vanappelghem C., Jeanmougin M., 2011. *Bilan 2011 du Suivi Temporel des libellules en France*. SfO-Opie-MNHN-CEN Nord-Pas-de-Calais. 21 p.
- ☞ Grand D. & Boudot J.P., 2006. *Les Libellules de France, Belgique et Luxembourg*. Éditions Biotope, Collection Parthénope, Mèze, 480 pp.
- ☞ Grand D., 2009. Les Libellules et le réchauffement climatique. *Revue des sciences Bourgogne-Nature*, (9/10) : 124-133.
- ☞ Grimaldi D. & Engel M.S., 2005. *Evolution of the Insects*. Cambridge University Press, New York, 755 p.



- ☞ Guebailia A., Khelifa R., Bouiedda N., Amari H., Hadjadji S., Zebsa R., Boualem M., Houhamdi M., 2016. Body size, reproductive behaviour, and microhabitat use of two sympatric Trithemis species-what might allow their sympatry ? (Odonata: Libellulidae). *Odonatologica* 45 (1/2) : 23-36.
- ☞ Hadjoudj S., Khelifa R., Guebailiac A., Amarid H., Hadjadji S., Zebsad R., Houhamdi M. & Moulai R., 2014. Emergence ecology of *Orthetrum cancellatum*: temporal pattern and microhabitat selection (Odonata: Libellulidae). *Annales de la Société entomologique de France (N.S.)* : 1-8.
- ☞ Hafiane M., Hamzaoui D., Attou F., Bouchelouche D., Arab A., Alfarhan A.H. & Samraoui B., 2016. Anthropogenic impacts and their influence on the spatial distribution of the odonata of wadi el harrach (north-central Algeria). *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, 71 (3) : 239-249.
- ☞ Hamzaoui D., Hafiane M., Mebarki M., Arab A., Alfarhan A.H. & Samraoui B., 2015. The Gomphidae of Algeria and the Maghreb: status, ecology and conservation (Insecta: Odonata). *International Journal of Odonatology*, 18 : 175-191.
- ☞ Heidemann H. & Seidenbusch R., 2002. *Larves et exuvies des libellules de France et d'Allemagne (sauf de Corse)*. Bois-d'Arcy, Société française d'Odonatologie, 416 p.
- ☞ Hickling R., Roy D.B., Hill J.K., Fox R. & Thomas C.D., 2006. The distributions of a wide range of taxonomic groups are expanding polewards. *Global Change Biology*, 12: 450 - 455.
- ☞ Ichter J., Poncet L. & Touroult J., 2014. *Catalogues des méthodes et des protocoles*. Phase 1 : Etude de définition et proposition d'une démarche. Rapport MNHN-SPN 2014-52. Service du Patrimoine Naturel, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris. 30 p.
- ☞ Indermuehle N., Angélibert S. & Oertli B., 2008. *IBEM: Indice de Biodiversité des Etangs et Mares*. Manuel d'utilisation. Ecole d'Ingénieurs HES de Lullier, Genève. 33 p.
- ☞ INRA & OPIE, 2014. Les libellules témoins ailés du passé. *Insectes*, 173 (2) : 3-6.
- ☞ Jacquemin G. 1984. Nouvelles données sur la répartition des Odonates dans le Nord du Maroc. *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat*, (8) : 135-138.
- ☞ Jacquemin G. 1994. Odonata of the Rif, Northern Morocco. *Odonatologica*, 23 (3): 217-237.
- ☞ Jacquemin G. & Boudot J.P., 1999. *Les libellules (odonates) du Maroc*. Société Française d'Odonatologie, Bois d'Arcy, 150 p.
- ☞ Jakob C., 2008. *Rapport final- suivi démoustication*. PNRC., 18 p.
- ☞ Jödicke R., Arlt J., Kunz B., Lopau W. & Seidenbusch R., 2000. The Odonata of Tunisia. *International Journal of Odonatology*, 3: 41-71.
- ☞ Jödicke R., Boudot J.P., Jacquemin G., Samraoui B. & Schneider W., 2004. Critical species of Odonata in northern Africa and the Arabian Peninsula. *International Journal of Odonatology*, 7 (2) : 239-253
- ☞ Juillerat L. & Monnerat C., 2009. Odonata in southern Morocco, with first records of *Orthetrum ransonnetii* and *Sympetrum sinaiticum* (Odonata: Libellulidae). *Libellula*, 28 (1/2) : 97-115.
- ☞ Jourde P., 2010 a. Les odonates biologie et écologie. 1<sup>ère</sup> partie. *Insectes*, (157) : 3-8.
- ☞ Jourde P., 2010 b. Les odonates biologie et écologie. 2<sup>ème</sup> partie. *Insectes*, (158): 31-35.



- 📖 Kabouche B., 2013. Note sur les odonates de la région d'Oran (Algérie), compte-rendu de prospections (septembre 2011). *Poiretia, Rev. Nat. du Maghreb*, (5): 1-5.
- 📖 Kalkman V.J., 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 (1) : 351-363.
- 📖 Kalkman V.J., Boudot J.P., Bernard R., De Knijf G. Suhling F. & Termaat T., 2018. Diversity and conservation of European dragonflies and damselflies (Odonata). *Hydrobiologia*, 811 (1) : 269-282.
- 📖 Kallis G. & Butler D., 2001. The EU water framework directive : measures and implications. *Water policy*, 3(2), 125-142.
- 📖 Khelifa R., 2009. *Inventaire Odonatologique des bassin versant de la Seybouse*. Mémoire de Magister. Université de 08 Mai 1945. Guelma. 67 p.
- 📖 Khelifa R., Youcefi A., Kahlerras A., Al Farhan A., A-Sal-Rasheid K. & Samraoui B., 2011. L'odonatofaune (Insecta : Odonata) du bassin de la Seybouse en Algérie: intérêt pour la biodiversité du Maghreb. *Revue d'écologie (Terre et Vie)*, 66 (1) : 55-66.
- 📖 Khelifa R., 2012. Description of the final instar larva of *Calopteryx exul* Sélys, 1853 (Zygoptera: Calopterygidae). *International Journal of Odonatology*, 15: 107-114.
- 📖 Khelifa R., Zebza R., A Kahalerras A. & Mahdjoub H., 2012. Clutch size and egg production in *Orthetrum nitidinerve* Selys, 1841 (Anisoptera: Libellulidae): effect of body size and age. *Journal of Insect Science*, 1-17.
- 📖 Khelifa R., 2013. Flight period, apparent sex ratio and habitat preferences of the Maghribian endemic *Calopteryx exul* Selys, 1853 (Odonata: Zygoptera). *Revue d'écologie (Terre et Vie)*, 68 : 37-45.
- 📖 Khelifa R., Zebza R., Amari H., Mellal, M.K., 2013. Does wind affect emergence site selection in Odonata? *African Entomology*. 21: 383-387.
- 📖 Khelifa R., 2015. Does water intake after oviposition indicate the end of oviposition and egg depletion in Odonata females ? *International Journal of Odonatology*, 18 (3) : 225-231.
- 📖 Khelifa R., Zebza R., Amari H., Mellal M.K., Mahdjoub H. & Kahalerras A., 2016. A hotspot for threatened Mediterranean odonates in the Seybouse River (Northeast Algeria): are IUCN population sizes drastically underestimated ? *International Journal of Odonatology*, 19:1-11.
- 📖 Khelifa R., 2017. Partial bivoltinism and emergence patterns in the North African Endemic Damselfly *Calopteryx exul*: Conservation Implications. *African Journal of Ecology*, 55 (2) : 145-151.
- 📖 Khelifa R., Theischinger G. & Endersby I., 2017. A century on from The Biology of Dragonflies by Tillyard 1917: what have we learned since then ? *Austral Entomology*, 1-9.
- 📖 Khelifa R. & Zebza R., 2018. Rediscovery of the regionally critically endangered dragonfly *Lindenia tetraphylla* in Northeast Algeria after 170 years of apparent absence (Odonata : Gomphidae). *Notulae odonatologicae*, 9 (2) : 50-54.



- Kimmins D.E., 1934. Report on the insects collected by the Colonel R. Meinertzhagen in the Ahaggar mountains. III. Odonata. *Annals and Magazine of Natural History*, 10 (70) : 173-175.
- Kolbe H.J., 1885. Beitrag zur Kenntnis der Pseudoneuroptera Algeriens und der Ostpyrenäen. *Berliner Entomologische Zeitschrift*, 29 : 151-157.
- Korbaa M., Ferreras-Romero M., Bejaoui M. & Boumaiza M., 2014. Two Species of Odonata Newly Recorded from Tunisia. *African Entomology*, 22(2) :291-296.
- Kutcher T.E. & Bried J.T., 2014. Adult Odonata conservatism as an indicator of freshwater wetland condition. *Ecological Indicators*, 38 : 31-39.
- Lacroix J.L., 1925. Quelques Névroptères (sens. lat.) d'Afrique. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord*, 16: 258-263.
- Lambret P. & Boudot J.P., 2009. *Nesciothemis farinosa* (Förster, 1898) et *Orthetrum ransonnetii* (Brauer, 1868) nouveaux pour l'Arabie Saoudite et autres observations d'Odonates sur les reliefs côtiers de la Mer Rouge. *Martinia*, 25 (4): 153-155.
- Lebrasseur J., 2013. *Note d'aide à la mise en place d'inventaires et de suivis odonates*. Rapport GRECIA dans le cadre de la déclinaison régionale du Plan national d'actions en faveur des Odonates. 19 p.
- Le Du P. & Lesparre D., 2014. *Les libellules des Côtes-d'Armor. Guide atlas des Odonates*. Ouvrage collectif Viv Armor Nature, 44 p.
- Le Quellec J.L., 1990. La Mythologie des Libellules. *Martinia*, 6 (3) : 59-63.
- 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*, 6: 609-634.
- Lieftinck M.A., 1979. *Libellen (Odonata)*. In: J.A. Guldemon, R. Leys, J.G.M. Notenboom & Wesselo (ed.), *Biospeleologische Expeditie Algerije 1978*, p. 108. Biospeleologische Werkgroep, Wageningen.
- Lounaci A., Brosse S., Ait Mouloud S., Lounaci-Daoudi D., Mebarki N. & Thomas A., 2000. Current knowledge of benthic invertebrate diversity in an Algerian stream: a species check-list of the Sébaou river basin (Tizi-Ouzou). *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle de Toulouse*, 136: 43-55.
- Lucas H., 1849. *Exploration scientifique de l'Algérie pendant les années 1840, 1841 1842*, publiée par ordre du gouvernement et avec le concours d'une commission académique. Série IV : Sciences physiques-Zoologie II (Sous-série II) Histoire naturelle des animaux articulés. Paris, Imprimerie nationale, 590 p.
- Machet P. & Duquef M., 2004. Un visiteur inattendu, et de taille!...*Hemianax ephippiger* (Burmeister, 1839) capturé à la Guyane française. *Martinia*, 20 (3) : 121-124.
- Magurran A.E., 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Cambridge University Press, Chapman. London. 179 p.



- 📖 Mahdjoub H., Khelifa, R., Zebsa, R., Mellal. M.K. Bouslama, Z. et Houhamdi, M. 2014. Aspects of reproductive biology and ecology of *Coenagrion mercuriale* at its southern range margin. *International Journal of Odonatology*, 1-26.
- 📖 Mahdjoub H., Khelifa R., Zebsa R., Bouslama Z. & Houhamdi M., 2015. Bivoltinism in *Coenagrion mercuriale* (Zygoptera: Odonata) in the southern margin of its distribution range: emergence pattern and larval growth. *African Entomology*. 23 (1): 59-67.
- 📖 Manolis T.D., 2003. *Dragonflies and Damselflies of California*. University of California. 201 p.
- 📖 Martin R., 1901. Les odonates en Algérie au mois de mai. *La feuille des Jeunes Naturalistes*, Paris, 3: 249-250.
- 📖 Martin R., 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.
- 📖 Mc-Gavin G., 2000. *Insectes, araignées et autres arthropodes terrestres*. Ed. Bordas, Paris, 256 p.
- 📖 Mc-Lachlan R., 1897. Odonata collected by the Rev. E.A. Eaton in Algeria, with annotations. *Entomologist's Monthly Magazine*, 2 (8) : 152-157.
- 📖 Merlet F. & Itrac-Bruneau R., 2016. *Aborder la gestion conservatoire en faveur des Odonates. Guide technique*. Office pour les insectes et leur environnement & Société française d'Odonatologie. 96 p.
- 📖 Moali A. & Durand E., 2015. Découverte de *Selysiotthemis nigra* (Vander Linden, 1825) (Odonata, Anisoptera : Libellulidae) au Lac Mezaïa à Béjaïa, Algérie. *Poiretia, Revue Naturaliste du Maghreb*, 7: 1-5.
- 📖 Moisan, J., 2010. *Guide d'identification des principaux macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec*. Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 82 p.
- 📖 Moreno-Benitez J.M. & Ripoll J., 2018. *Les libellules du Grand Sentier de Malaga et de la Province*. Guide d'identification. Malaga County Council. 181 p.
- 📖 Morton K.J., 1905. Odonata collected by Margaret E. Fountaine in Algeria, with description of a new species of *Ischnura*. *Entomologist's Monthly Magazine*, 2 (41): 145-149.
- 📖 Nielsen C., 1956. Odonati del Sahara Nord Occidentale. *Revue Française d'Entomologie*, 23 : 191-195.
- 📖 Oertli B., 1994. *La plaine inondable de la Saône: les Odonates adultes*. LEBA / Université de Genève. 28 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.
- 📖 Oertli B., Auderset Joye D., Castella E., Juge R. & Lachavanne J.-B., 2000. *Diversité biologique et typologie écologique des étangs et petits lacs de Suisse*. Laboratoire d'Ecologie et de Biologie aquatique de l'Université de Genève et OFEFP. 434 p.



- ☞ O.S.F.O., 2012. *Agir pour les Odonates. L'essentiel du Plan national d'actions 2011-2015*. Opie et Société Française d'Odonatologie. Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie. 20 p.
- ☞ Paulson, D.R., 2001. Recent Odonata records from southern Florida : effects of global warming? *International Journal of Odonatology*, 4 : 57-69.
- ☞ Paulson D.R., 2019. *Odonate Diversity Around the World. In Dragonflies and Damselflies: A Natural History* (pp. 198-213). PRINCETON ; OXFORD : Princeton University Press. Extrait de <http://www.jstor.org/stable/j.ctv5nph1n.9>
- ☞ Pilon J. G., Pilon L. & Caron E., 1995. Action de facteurs météorologiques sur l'activité de vol de *Libellula julia* Uhler dans les Basses Laurentides, Québec, Canada (Anisoptera: Libellulidae). *Odonatologica*, 24 : 473-482.
- ☞ Pilon P.G. & Lagacé D., 1998. *Les odonates du Québec. Traité faunistique*. Entomofaune du Québec, Chicoutimi, Québec, 367 p.
- ☞ P.N.U.D. 2015. *Etude diagnostique sur la Biodiversité et les changements climatiques en Algérie*. Rapport final du PROJET MATE PNUD-FEM. «Planification nationale sur la diversité biologique et mise en œuvre en Algérie du plan stratégique de la convention sur la diversité biologique 2011-2020 et des objectifs d'AICHI. 111 p.
- ☞ Polette P., Abbott C., Gouys J., Jenard P., Juliand P., Sébastien D. & Boudot J.P., 2017. Premières mentions de *Trithemis kirbyi* (Odonata : Libellulidae) en France. *Martinia*, 33 (1/2): 15-25.
- ☞ Ponel P., 1983. Contribution à la connaissance de la communauté des arthropodes psammophiles de l'Isthme de Giens. *Travaux scientifique du parc national de Port-Cros*, 9 : 149-182.
- ☞ Quezel P., 1957. *Peuplement végétal des hautes montagnes d'Afrique du Nord*, Encycl. Biogeogr. Ecol, 10. Lechevalier, Paris. 361 p.
- ☞ Raebel E.M., Merckx T., Riordan P., Macdonald D.W. & Thompson D.J., 2010. The dragonfly delusion: why it is essential to sample exuviae to avoid biased surveys. *Journal of Insect Conservation*, 14: 523-533.
- ☞ Ramade F., 1984. *Eléments d'écologie, écologie fondamentales*. Ed. Mc Graw-Hill, Paris, 397 p.
- ☞ Remsburg A.J, Olson A.C. & Samways M.J. 2008. Shade Alone Reduces Adult Dragonfly (Odonata : Libellulidae) Abundance. *Journal of Insect Behavior*, 21(6): 460-468.
- ☞ 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.
- ☞ Ris F., 1913. Odonata. In : E. Hartert (ed.), Expedition to the Central Western Sahara. *Odonata. Novitates Zoologicae*, 20 : 468-469.
- ☞ Ris F., 1928. *Enallagma deserti* Selys, eine vergessene Libelle. *Entomologische. Mitteilungen Berlin*, 17 (4) : 277-282.



- ☞ Riservato E., Boudot J.P., Ferreira S., Jovic M., Kalkman V.J., Schneider W., Samraoui B. & Cuttelod A., 2009. "The Status and Distribution of Dragonflies of the Mediterranean Basin." Gland, Switzerland and Malaga, Spain : IUCN. vii + 33 p.
- ☞ Robert A., 1963. *Les libellules de Québec*. Service de la faune, Bulletin (1), 236 p.
- ☞ Roche B., 1989. *Trithemis annulata* (Palisot de Beauvois, 1805) : nouvelle espèce pour la Corse et la faune de France (Odonata, Anisoptera, Libellulidae). *Martinia*, 5 (1) : 23-24.
- ☞ Samraoui B., De Belair G. & Benyacoub S., 1992. A much threatened lake: Lac des Oiseaux in Northeastern Algeria. *Environmental Conservation*, 19 (3): 264-267.
- ☞ Samraoui B., Benyacoub S., Mecibah S. & Dumont H.J., 1993. Afrotropical libellulids in the lake district of El Kala, NE Algeria, with a rediscovery of *Urothemis e. edwardsi* (Selys) and *Acisoma panorpoides ascalaphoides* (Rambur) (Anisoptera: Libellulidae). *Odonatologica*, 22 (3) : 365-372.
- ☞ Samraoui B. & Belair G., 1997. The Guerbes wetlands. Part I: An overview. *Ecologie*, 28: 233-250.
- ☞ Samraoui B., Bouzid S., Boulahbal R. & Corbet P.S., 1998. Postponed reproductive maturation in upland refuges maintains life-cycle continuity during the hot, dry season in Algerian dragonflies. *International Journal of Odonatology*, 1 (2): 119-135.
- ☞ Samraoui B., Menai R., 1999. A contribution to the study of Algerian Odonata. *International Journal of Odonatology*, 2 (2): 145-165.
- ☞ Samraoui B. & Corbet P.S., 2000 a. The odonata of Numidia, northeastern algeria. Part I. Status and distribution. *International Journal of Odonatology*, 3 (1) : 11-25.
- ☞ Samraoui B. & Corbet P.S., 2000 b. The odonata of Numidia, northeastern algeria. Part II. Seasonal ecology. *International Journal of Odonatology*, 3 (1) : 27-39.
- ☞ Samraoui B., Weekers P.H.H. & Dumont H.J., 2003. Two taxa within the North African *Lestes virens* complex. *Odonatologica*, 32: 131-142.
- ☞ Samraoui B. & Samraoui F. 2008. An ornithological survey of the wetlands of Algeria: important bird areas, Ramsar sites and threatened species. *Wildfowl*, 58: 71-98.
- ☞ Samraoui B., 2009. Seasonal ecology of Algerian Lestidae (Odonata). *International Journal of Odonatology*, 12: 383-394.
- ☞ Samraoui B., Boudot J.P., Ferreira S., Riservato E., Jović M., Kalkman V.J. & Schneider W., 2010. *The Status and Distribution of Dragonflies (Odonata)*. Chap. 5, pp. 51-70. In : Garcia N., Cuttelod A. & Abdul Malak D., (eds.), *The Status and Distribution of Freshwater Biodiversity in Northern Africa*. IUCN Red List of Threatened Species, Regional Assessments series. IUCN, Gland, Switzerland & Malaga, Spain, 141 pp.  
[http://cmsdata.iucn.org/downloads/the\\_status\\_and\\_distribution\\_of\\_freshwater\\_biodiversity\\_in\\_northern\\_africa.pdf](http://cmsdata.iucn.org/downloads/the_status_and_distribution_of_freshwater_biodiversity_in_northern_africa.pdf)
- ☞ Samraoui B. & Alfarhan A.H., 2015. Odonata in streams on Mount Edough, Algeria, and in Kroumiria, Tunisia. *African Entomology*, 23 (1) : 172-179.



- ☞ Samways M.G., 2008. Dragonflies as focal organisms in contemporary conservation biology. Book 1. Chapter 8. pp. 97-108.
- ☞ Schindler M., Fesl C. & Chovanec A., 2003. Dragonfly associations (Insecta: Odonata) in relation to habitat variables: a multivariate approach. *Hydrobiologia*, 497(1):169-180.
- ☞ Schmidt E., 1936. Die Westpaläarktischen Gomphiden-Larven nach ihren letzten Häufen (Ins. Odon.). *Senckenbergiana*, 18: 270-282.
- ☞ Schmidt E., 1953. Zwei neue Libellen aus dem Nahen Osten. *Mitteilungen der Münchner Entomologischen Gesellschaft*, 63: 1-9.
- ☞ Schorr M., 2018. *World Odonata List*.  
<https://www.pugetsound.edu/academics/academicresources/slater-museum/biodiversity-resources/dragonflies/world-odonata-list2/>.
- ☞ Sellam-Bouattoura N., Attou F., Arab A. & Samraoui B., 2018. Odonata of the mazafran hydrosystem : distribution and community structure. *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, 73 (4) : 537-549.
- ☞ Selys-Longchamps E. (de), 1849. *Les Libelluliens*. In : H Lucas (éd.), Exploration scientifique de l'Algérie. 3<sup>e</sup> partie : Animaux articulés. Quatrième ordre. Les Neuroptères. Troisième famille, 115-135.
- ☞ Selys-Longchamps E. (de), 1865. Odonates de l'Algérie. *Bulletin de l'Académie d'Hippone*, 1: 31-34.
- ☞ Selys-Longchamps E. (de), 1866. Additions aux odonates de l'Algérie. *Bulletin de l'Académie d'Hippone*, 2 : 40-41.
- ☞ Selys-Longchamps E. (de), 1871. Nouvelle révision des odonates de l'Algérie. *Annales de la Société Entomologique de Belgique*, 14 : 9-20.
- ☞ Selys-Longchamps E. (de), 1902. Odonates d'Algérie. Recueillis en 1898 par M. le Prof. Lameere. *Annales de la Société Entomologique de Belgique*, 46 : 430-431.
- ☞ Silsby J., 2011. *Dragonflies of the World*. Natural History Museum/CSIRO Publishing, London, 216 p.
- ☞ Skinner J., Beaumont N. & Pirot J.Y., 1994. *Manuel de formation à la gestion des zones humides tropicales*. UICN, Gland, Suisse. xviii + 274 p.
- ☞ S.M.B., 2019. Station Météorologique de Bejaia. Rapport interne, Bejaia.
- ☞ Smith J., Samways M.J. & Taylor S., 2006. Assessing Riparian Quality Using Two Complementary Sets of Bioindicators. *Biodiversity and Conservation*, 16 (9): 2695-2713.
- ☞ Subramanian K.A., 2005. *Dragonflies and damselflies of Peninsular India*. A field guide. Project Lifescape. Centre of Ecological Science, Indian Institut of Science, Indian Academy of Science, Bangalore, 118 p.
- ☞ Suhling F., Schenk K., Padeffke T. & Martens A., 2004. A field study of larval development in a dragonfly assemblage in African desert ponds (Odonata). *Hydrobiologia*, 528: 75-85.



- [1] Suhling F., Suhling I. & Richter O., 2015. Temperature response of growth of larval dragonflies an overview. *International Journal of Odonatology*, 18(1) :15-30.
- [2] Theischinger G. & Hawking J., 2006. *The complete field guide to dragonflies of Australia*. CSIRO publishing, Collingwood, 366 p.
- [3] Ternois V., 2003. *A la découverte des libellules*. Les livrets nature du CPIE du Pays de Soulaines, 11p.
- [4] Testard P., 1981. Odonates in : Flore et faune aquatiques de l'Afrique Sahélo soudanienne. *Initiations-Documentations Techniques, ORSTOM, Paris*, (45) : 445-481.
- [5] Tiple A.D., Paunikar S., Talmale S.S., 2012. Dragonflies and damselflies (Odonata: Insecta) of Tropical Forest Research Institute, Jabalpur, Madhya Pradesh, central India. *Journal of Threatened Taxa* 4 (4) : 2529-2533.
- [6] Varanguin N. & Sirugue D., 2007. Inventaires des odonates patrimoniaux en Bourgogne. *Revue Scientifique Bourgogne Nature*, 5: 66-80.
- [7] Vela E. & Benhouhou S., 2007. Evaluation d'un nouveau point chaud de biodiversité végétale dans le bassin méditerranéen (Afrique du nord). *C.R. Biologies*, 330 : 589-605.
- [8] Wikelski M., Moskowicz D., Adelman J. S., Cochran J., Wilcove D. S. & May M. L., 2006. Simple rules guide dragonfly migration. *Biology Letters*, 2(3) : 325-329.
- [9] Wildermuth H. & Küry D., 2009. *Protéger et favoriser les libellules*. Guide pratique de protection de la nature. Contributions à la protection de la nature en Suisse (32), 89 p.
- [10] Woodward G. & Hildrew A.G., 2001. Invasion of a stream food web by a new top predator. *Journal of Animal Ecology*, 70 : 273-288.
- [11] Yalles-Satha A. & Samraoui B., 2017. Environmental factors influencing Odonata communities of three Mediterranean rivers: Kebir-east, Seybouse, and Rhumel wadis, northeastern Algeria. *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, 72 (3): 314-329.
- [12] Zebba R., Khelifa R. & Kahalerras A., 2014. Emergence pattern, microhabitat choice, and population structure of the Maghribian endemic *Gomphus lucasii* Selys, 1849 (Odonata : Gomphidae) in northeastern Algeria. *Aquatic Insects*, 36 (3/4) : 245-255.
- [13] Zebba R., Khelifa R., Kahalerras A., Djalal H. & Houhamdi M., 2014. Emergence pattern, site selection, and seasonal regulation of *Onychogomphus costae* Selys, 1885 (Odonata: Gomphidae) in northeastern Algeria. *Aquatic Insects*, 36(3/4) :257-265.
- [14] Zebba R., Khelifa R., Kahalerras A., 2015. Emergence pattern, microhabitat choice, and population structure of the Maghrebien endemic *Gomphus lucasii* Selys (Odonata: Gomphidae) in Northeast Algeria. *Aquatic Insects*, 36 (3-4) : 245-255.

### SITOGRAPHIE

[1] [<https://www.ramsar.org>]

[2] [<http://eau.seine-et-marne.fr/zones-humides>]

[3] [<https://www.encyclopedie-environnement.org/vivant/quest-ce-que-la-biodiversite/>]

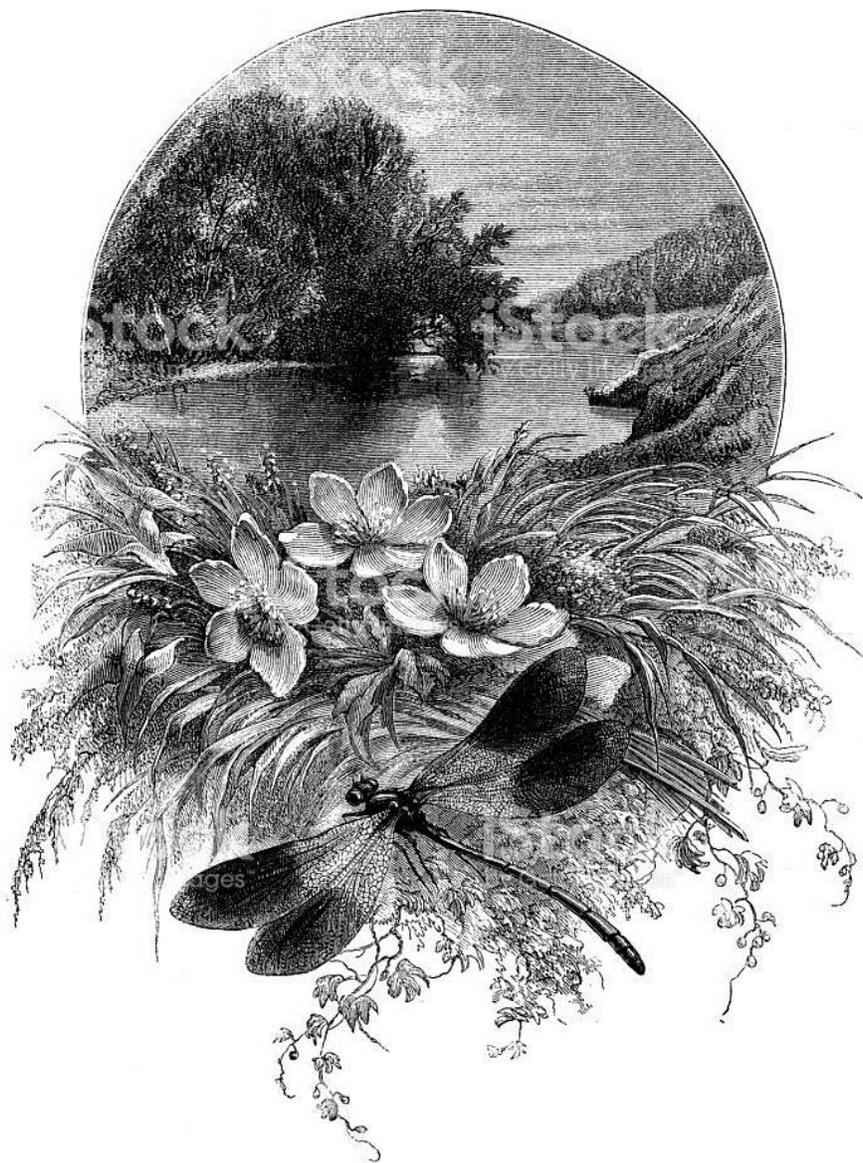




- [4] [<http://www.zones-humides.eaufrance.fr/>]
- [5] [<http://azdragonfly.orgexternal-anatomy>]
- [6] [<http://www.nicoledevals.ch/portfolio/pro-natura-vaud/>]
- [7] [<https://mesanimaux.com/actualites/tout-sur-la-libellule-ce-grand-insecte-aile/>]
- [8] [<http://www.poitou-charentes-nature.asso.fr/observer-les-libellules/>]
- [9] [<https://www.joradp.dz> › ftp › jo-francais › 2010 › f2010061]



# ANNEXES





## ANNEXES

**Annexe 1 :** Liste des odonates d'Algérie actuellement recensée sans tenir compte des signalements anciens (Samraoui & Menai, 1999 ; Samraoui & Corbet, 2000 ; Khelifa & Zehsa, 2011, 2018).

<b>Sous-ordre des Zygoptères</b>
<b>Famille des Calopterygidae</b> (1 genre, 2 espèce)
<b>Famille des Lestidae</b> (3 genres, 5 espèces)
<b>Famille des Platycnemididae</b> (1 genre, 1 espèce)
<b>Famille des Coenagrionidae</b> (5 genres, 12 espèces)
<b>Sous-ordre des Anisopteres</b>
<b>Famille des Aeshnidae</b> (4 genres, 8 espèces)
<b>Famille des Gomphidae</b> (4 genres, 5 espèces et 1 sous-espèce)
<b>Famille des Libellulidae</b> (7 genres, 17 espèces et 3 sous-espèces)

<b>LES ODONATES D'ALGERIE</b>	
<b>LES ZYGOPTERES (DEMOISELLES)</b>	
<b>Famille des Calopterygidae Selys, 1850</b>	
<i>Calopteryx exul</i> Selys, 1853 (Redécouvert en 2011)	Endémique Maghrébin
<i>Calopteryx haemorrhoidalis</i> (Vander Linden, 1825)	
<b>Famille des Coenagrionidae Kirby, 1890</b>	
<i>Ceriagrion tenellum</i> (de Villers, 1789)	
<i>Coenagrion caerulescens</i> (Fonscolombe, 1838)	
<i>Coenagrion mercuriale</i> (Charpentier, 1840)	
<i>Coenagrion puella</i> (Linnaeus, 1758)	
<i>Coenagrion scitulum</i> (Rambur, 1842)	
<i>Enallagma deserti</i> Selys, 1871	Endémique Maghrébin
<i>Erythromma lindenii</i> (Selys, 1840)	
<i>Erythromma viridulum</i> Charpentier, 1840	



<i>Ischnura fontainei</i> Morton, 1905	
<i>Ichnura graellsii</i> (Rambur, 1842)	
<i>Ischnura pumilio</i> (Charpentier, 1825)	
<i>Ischnura saharensis</i> Aguesse, 1958	
<b>Famille des Lestidae Selys, 1840</b>	
<i>Chalcolestes viridis</i> (Vander Linden, 1825)	
<i>Lestes barbarus</i> (Fabricius, 1798)	
<i>Lestes numidicus</i> Samraoui, Weekers & Dumont, 2003	Endémique Maghrébin
<i>Lestes virens</i> (Charpentier, 1825)	
<i>Sympecma fusca</i> (Vander Linden, 1820)	
<b>Famille des Platynemididae Tillyard, 1938</b>	
<i>Platynemis subdilatata</i> Selys, 1849	Endémique Maghrébin
<b>LES ANISOPTERES (LIBELLULES)</b>	
<b>Famille des Aeshnidae Selys, 1850</b>	
<i>Aeshna affinis</i> Vander Linden, 1820	
<i>Aeshna isoceles</i> (Müller, 1767)	
<i>Aeshna cyanea</i> (Müller, 1764)	
<i>Aeshna mixta</i> Latreille, 1805	
<i>Hemianax ephippiger</i> (Burmeister, 1839)	
<i>Anax imperator</i> Leach, 1815	
<i>Anax parthenope</i> (Selys, 1839)	
<i>Boyeria irene</i> (Fonscolombe, 1838)	
<b>Famille des Gomphidae Selys, 1850</b>	
<i>Gomphus lucasii</i> Selys, 1849	Endémique Maghrébin
<i>Lindenia tetraphylla</i> (Vander Linden, 1825) (Redécouvert en 2018)	
<i>Onychogomphus costae</i> Selys, 1885	
<i>Onychogomphus forcipatus unguiculatus</i> (Linnaeus, 1758)	
<i>Onychogomphus uncatus</i> (Charpentier, 1840)	
<i>Paragomphus genei</i> (Selys, 1841)	



Famille des Libellulidae Leach, 1815	
<i>Acisoma panorpoides ascalaphoides</i> Rambur, 1842 (Redécouvert en 1993)	
<i>Brachythemis impartita</i> (Karsch, 1890)	
<i>Crocothemis erythraea</i> (Brullé, 1832)	
<i>Diplacodes lefebvrii</i> (Rambur, 1842)	
<i>Orthetrum cancellatum</i> (Linnaeus, 1758)	
<i>Orthetrum c. chrysostigma</i> (Burmeister, 1839)	
<i>Orthetrum coerulescens anceps</i> (Schneider, 1845)	
<i>Orthetrum nitidinerve</i> (Selys, 1841)	
<i>Orthetrum ransonnetii</i> (Brauer, 1865)	
<i>Orthetrum sabina</i> (Drury, 1770)	
<i>Orthetrum trinacria</i> (Selys, 1841)	
<i>Sympetrum fonscolombii</i> (Selys, 1840)	
<i>Sympetrum meridionale</i> (Selys, 1841)	
<i>Sympetrum sanguineum</i> (O.F. Muller, 1764)	
<i>Sympetrum sinaiticum</i> Dumont, 1977	
<i>Sympetrum striolatum</i> (Charpentier, 1840)	
<i>Trithemis annulata</i> (Palisot de Beauvois, 1805)	
<i>Trithemis arteriosa</i> (Burmeister, 1839)	
<i>Trithemis kirbyi</i> Selys, 1891	
<i>Selysiotthemis nigra</i> (Vander Linden, 1825)	
<i>Urothemis edwardsii</i> (Selys, 1849) (Redécouvert en 1993)	

**Annexe 2 : Répartition des zones humides de Bejaia par commune (Djouidi, 2009) modifiée.**

Total des Zones Humides	90	Types de zones humides de la région de Bejaia											
		T01	T02	T03	T04	T05	T06	T07	T08	T09	T10	T11	T12
		12	09	12	02	06	01	01	06	01	11	22	07
Communes													
Bejaia	07	01		02				01	01			01	01
Adekar	30	09	07	04		06	01				01	01	01
Tifra	04	01		02									01
Amizour	02			01								01	
Feraoun	02												02
Semaoun	01											01	
Sedouk	01											01	
Toudja	04								02			02	
oued Ghir	01											01	
El Kseur	05				02						02	01	
Ouzelagen	02										01	01	
Ighrem	01											01	
Akbou	01											01	
Bouhamza	02										01	01	
Tazmelt	01											01	
Beni Ksila	03										01	02	
Sidi Aich	01											01	
Souk El thnine	05	01		01					01			02	
Taskriout	01									01			
Aoukas	03											02	01
Tichy	05			01					02		02		
Bou Khelifa	01											01	
Taourirth Ighil	02		01								01		
Akfadou	02			02									
Kharata	01										01		
Ighil Ali	02										01		01

- ✂ Type 01 : Les prairies humides
- ✂ Type 02 : Mares temporaires
- ✂ Type 03 : Lacs et Etangs (naturels et artificiels)
- ✂ Type 04 : Plaines alluviales (prairie inondable, plaine d'inondation)
- ✂ Type 05 : marécages arbustifs (Scirpaie, aulnaie marécageuses non alluviale)
- ✂ Type 06 : Tourbière
- ✂ Type 07 : Marais
- ✂ Type 08 : Estuaires
- ✂ Type 09 : Cascade
- ✂ Type10 : Les zones humides artificielles (retenues collinaires, barrages)
- ✂ Type11 : Les Oueds et leurs bordures (forets alluviales, ripisylves)
- ✂ Type12 : Autre (Grotte, Ilots, Sources Géothermiques, Salines)



**Annexe 3** : Répartition des zones humides de Bejaia par types et localités (Djoudi, 2009) modifiée.

Communes	Localités	Superficie en ha
<b>Les prairies humides (Type1)</b>		
Adekar	Mzouleme	06
	Alma Ouhanou	04
	Tala bouzal	09
	Agni lewdha	1,5
	Alma oussemar	01
	Timri mahmoud	05
	Bekar	1,5
	Lambert	0,5
	Alma ougelmim nchrif	01
Tifra	Alma Tizi tifra	20
Bejaia	Aboudaou	02
souk el Thnine	souk el Thnine	10
<b>Mares temporaires (Type 2)</b>		
Adekar	Issyakhen	0,5
	Tala Bouzal	0,6
	Tala Bouzal	0,2
	Tizi Ougni	0,3
	Agelmim Ali Oubrahem	0,8
	Agelmim N'chrif	0,8
	Lambert	0,5
Taourith Ighil	Kimla	0,2
Amizour	Ighzer Ali Bacha	0,7
<b>Lacs et Etangs (naturels et artificiels) (Type 3)</b>		
Adekar	Agelmim amar	1,5
	Agelmim abarkane (Etang d'altitude)	04
	hevlal	0,25
	Tadhount tebourt	0,2
Akkfadou	Agelmim ouroufal (Etang d'altitude)	1,5
	Agelmim Iker (Etang d'altitude)	03
Tifra	Agelmim Alsous	03
	Agelmim alma	01
Bejaia	Tala merkha (Lac artificiel)	1,5
	Mezaia (Lac artificiel)	2,5
Tichy	Tamda tizi ahmed	2,5
Souk El Tnin	Etang Melbou	20
<b>Plaines alluviales (prairie inondable, plaine d'inondation) (Type 4)</b>		
El Kseur	Taourirth larbaa	100
Akbou- Bejaia	Oued Soummam	2500
<b>Marécages arbustifs (scirpaie, aulnaie marécageuses non alluviale) (Type 5)</b>		
Adekar	Tadhount Izougya scirpaie (marécage)	02
	Sfayah scirpaie (marécage)	03
	Tanzith (forêt non alluviale)	0,5
	Kebouche (Erablière)	02
	Chachega (Aulnaie d'altitude)	02
	Tadhount Izougya (Aulnaie d'altitude)	0,5
<b>Tourbière (Type 6)</b>		
Adekar	Tadhount Izougya	02
<b>Marais (Type 7)</b>		
Béjaia	Tamelahth	20
<b>Estuaires (Type 8)</b>		



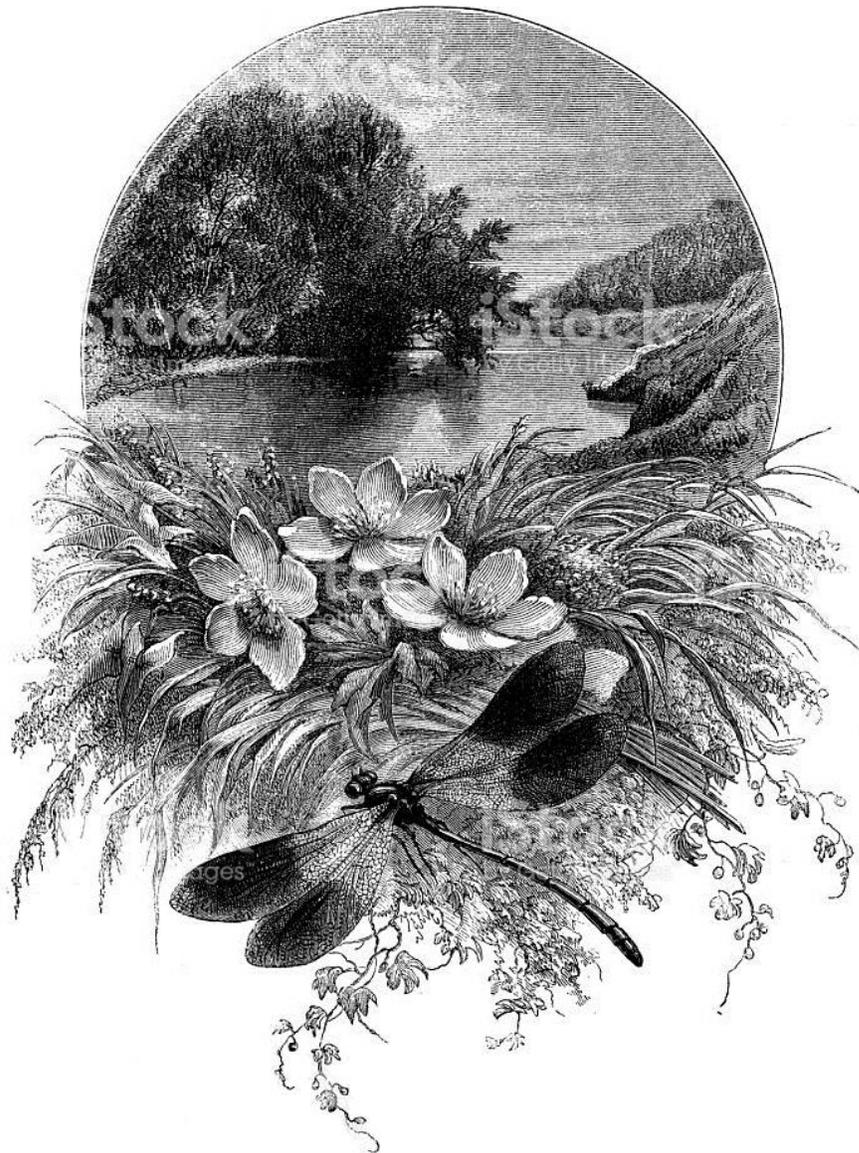
Tichy	Embouchure Oued Djemaa	0,6
	Embouchure Oued Zitouna	0,2
Toudja	Embouchure Oued Das	03
	Embouchure Oued Saket	0,2
Bejaia	Embouchure Oued Soummam	02
Souk El Tnin	Embouchure Oued Agerioun	02
<b>Cascades (Type 9)</b>		
Taskriout	Kefrida	03
<b>Les zones humides artificielles (retenues collinaires, barrages) (Type 10)</b>		
El Kseur	Betllou 1 (Retenue collinaire)	2,5
	Betllou 2 (Retenue collinaire)	01
Tichy	Talenjast (Retenue collinaire)	1,5
	Ain Oucinef (Retenue collinaire)	1,5
Beni ksila	Beni ksila (Retenue collinaire)	02
Taurirth Ighil	Cheurfa (Retenue collinaire)	2,5
Ouzellaguen	Ouzellaguen (Retenue collinaire)	01
Ighil Ali	Ait R'zine (Retenue collinaire)	1,5
Adekar	Tizi ougni (Retenue collinaire)	02
Kherata	Ighile Mda (Barrage)	400
Bouhamza	Bouhamza (Barrage)	250
<b>Les Oueds et leurs bordures (type 11)</b>		<b>Longueur (Km)</b>
<b>Oueds côtiers</b>		
Beni Ksila	Oued Sdi kerou	03
	Oued Taida	31
Toudja	Oued Daas	65
Bejaia - Toudja	Oued saket	29
Bejaia	Oued Seghir	15
Akbou jusqu' à Bejaia	Oued Soummam	89
Bou khellifa	Oued Djoua	12
Aokas /Tichy	Oued Djemaa	42
Aokas	Oued Zitouna	20
Darguina -S. el thenine	Oued aguerioun	34
Souk el thenine	Oued Djebira	13
<b>Oueds continentaux</b>		
Tifra - Sidi Aich	Oued Remila	17
Tazmalt Akbou	Oued Sahel	22
Tamokra - Akbou	Oued Boussellam	31
Ighrem	Oued Imoula	13
Ouzelaguen	Oued Ighzer Amokrane	12
El-Kseur	Oued El-Kseur	10
OuedGhir - Toudja	Oued Ghir	11
Beni Maouche - Sedouk	Oued Sedouk	16
Amizour - Feraoun	Oued Amassine	23
Amizour - Barbacha	Oued Amizour	10
Adekar	Oued Acif El Hammam	15
<b>Autre (Grotte, Sources Géothermiques, Salines) (Type 12)</b>		
Adekar	Hammam kiria	3,5 ha
Tifra	Hammam Sillal	2 ha
Bouhamza	Hammam Sidi Yahia	1,5 ha
Feraoun	Saline Ichekabene	
Feraoun	Saline d'Iadnanen et d'Ait Ounir	
Aokas	La grotte d'Aokas	







# GLOSSAIRE





## GLOSSAIRE ODONATOLOGIQUE

**Abréviations utilisées : Abrév. = Abréviation ; Ant. = Antonyme ; Cf. = voir ; Syn. = Synonyme**

**Adulte** : insecte parvenu à son complet développement, sexuellement mature et donc apte à la reproduction. Cf. imago.

**Andromorphe** : Femelle arborant une coloration de mâle. Syn : homéomorphe. Ant : hétéromorphe.

**Anisoptères** (sous-ordre des) : insectes Odonates trapus et dont les ailes postérieures sont plus larges à la base que les ailes antérieures. Lorsque l'insecte est posé, les ailes sont écartées de chaque côté du corps. Les yeux ne sont séparés que dans la famille des Gomphidae.

**Appendice** : Pièces souvent articulées rattachées à une autre ou au corps de l'insecte : palpes, pattes, ailes, appendices anaux...

**Appendices anaux** : Pièces situées à l'extrémité de l'abdomen. Ceux du mâle se composent supérieurement d'une paire de cercoïdes et inférieurement d'une paire de cerques (Zygoptères) ou d'une lame supra-anale (anisoptères). La femelle ne possède que des cercoïdes.

**Autochtonie** : Le fait d'être autochtone, espèce ou population assurant son développement complet dans un habitat déterminé de manière permanente ou quasi-permanente (tant que les conditions écologiques restent favorables). Ant : Allochtone.

**Benthique** : Lié à la zone de contact eau/substrat et aux sédiments du fond des milieux aquatiques.

**Bioindicateur** : La présence de certaines espèces animales ou végétales peut être utilisée, dans le cadre d'un inventaire, pour estimer la qualité d'un milieu naturel ou sa biodiversité. Les odonates ne constituent pas un bon indicateur de qualité de l'eau mais ils sont un bon indicateur de la biodiversité.

**Biogéographie (zoologique)** : étude de la répartition et des causes de la répartition des animaux sur la terre.

**Biotope** : élément d'un écosystème caractérisé par des facteurs écologiques physiques, chimiques et spatiaux constituant une ou plusieurs parties de l'habitat d'une espèce (étang, mare, ruisseaux).

**Bivoltine** : se dit d'une espèce qui se reproduit deux fois dans l'année. Ant. Monovoltine.

**Bras mentonnier** : terme donné au labium larvaire des odonates.

**Catadioptré** : zone vivement colorée située sous les derniers segments abdominaux des *Calopterygidae*.

**Cercoïdes** : appendices anaux supérieurs, en forme de lames parallèles ou recourbées en pince.

**Cerques** : appendices anaux inférieurs des Zygoptères mâles, plus courts que les cercoïdes, leur permettant de saisir les femelles par l'arrière de la tête lors de l'accouplement.



**Cœur copulatoire** : Phase de l'accouplement durant laquelle le mâle tient la femelle par la tête ou le prothorax et la femelle appose ses pièces génitales sur les organes copulatoires du mâle. Dans cette position, les deux partenaires dessinent un cœur.

**Chorologie** : Cf. biogéographie.

**Cortèges odonatologiques** :

- le cortège odonatologique d'un milieu aquatique précis est défini au vu des résultats de l'inventaire ou de l'étude de la faune odonatologique d'une mare, d'un étang, d'une tourbière, d'un cours d'eau... Ce sont les espèces inféodées à ce milieu précis durant un laps de temps déterminé. En pratique, il s'agit de la liste des espèces autochtones et stables au cours de l'étude (trois années ou davantage). L'évolution naturelle et/ou anthropique de l'habitat et les modifications environnementales modifient souvent peu à peu la composition du cortège odonatologique.

- le cortège odonatologique d'un grand type d'habitat aquatique (d'une manière générale), est la liste des espèces qui lui sont généralement inféodées.

**Diapause** : conditions écologiques défavorables qui entraînent périodiquement un arrêt de développement obligatoire d'une espèce notamment lors des périodes hivernales. Certains Odonates présentent une diapause embryonnaire, larvaire ou plus rarement imaginale (cas des espèces du genre *Sympecma* qui passent l'hiver à l'état adulte). Cf. estivation.

**Dimorphisme** : différences affectant la forme, la taille, la coloration entre des individus d'une même espèce.

**Écosystème** : unité écologique de base, formée par le milieu (biotope) et les organismes animaux et végétaux qui y vivent (biocénose).

**Émergence** : en odonatologie, transformation de la larve aquatique en imago aérien (Cf. mue imaginale et métamorphose).

**Emigration** : phénomène de déplacement d'individus d'une ou plusieurs espèces qui quittent l'habitat d'origine en raison de facteurs écologiques défavorables ou de comportements particuliers.

**Endémique** : se dit d'une espèce dont l'aire de répartition est limitée à un territoire bien défini.

**Endémisme** : espèce localisée à une aire géographique plus ou moins restreinte (île, pays, régions, pays, etc.).

**Endophyte** (ponte endophyte) : les œufs sont insérés par la femelle à l'intérieur des tissus végétaux vivants ou morts. (habituellement dans les hydrophytes et les hélophytes, mais parfois aussi dans les branches de ligneux surplombant l'eau ou des plantes terrestres riveraines).

**Estivation** : ralentissement ou arrêt temporaire de l'activité lors de périodes estivales en raison de conditions écologiques défavorables (sécheresse, hautes températures...). Chez les Odonates, l'estivation est bien connue, notamment dans les pays chauds comme l'Afrique. Dans le sud de l'Europe, certaines espèces peuvent ainsi estiver plusieurs mois et assurer leur reproduction en fin de saison. Voir aussi quiescence et diapause.

**Etiage** : niveau moyen le plus bas d'un cours d'eau.



**Eurytherme** : espèces dont les exigences écologiques supportent une importante marge de la température. Cf. sténotherme.

**Eurytope** : se dit des êtres adaptés à divers milieux et vivant dans ces milieux. Êtres n'ayant pas d'adaptations particulières, et pouvant extraire tout aliment du milieu.

**Eutrophe** : se dit d'une eau riche en éléments nutritifs et peu oxygénée.

**Eutrophisation** : phénomène qui affecte les milieux aquatiques. Il peut être soit naturel, soit provoqué par des apports dus aux activités humaines. L'eutrophisation se traduit pour certaines espèces de la flore aquatique (algues) par une prolifération sous l'influence de la photosynthèse, due à un accroissement important de la teneur des eaux en matières nutritives. Les eaux passent de l'état oligotrophe à l'état eutrophe. Un déséquilibre se produit entre les eaux de surface qui s'oxygènent par aération et photosynthèse et les eaux profondes où les matières organiques sont décomposées, ce qui consomme de l'oxygène.

**Exophyte** (ponte exophyte) : qui se fait à l'extérieur des végétaux, c'est-à-dire sur la surface l'eau des habitats aquatiques (parfois sur des zones exondées qui seront immergées ultérieurement). Ant. Endophyte.

**Exuvie(s)** : « peaux » ou dépouilles larvaires abandonnées après chaque mue aquatique par la larve, puis, lors de la dernière mue (terrestre), par l'imago au moment de l'émergence (ou mue imaginale). La dernière « peau » larvaire fixée sur divers supports à proximité de l'habitat aquatique, est utilisée dans le cadre des études odonatologiques pour prouver le caractère autochtone des espèces dans l'habitat larvaire et en estimer les populations. Voir aussi mue(s).

**Génotype** : caractéristique génétique d'un organisme. Ant. Phénotype.

**Gymnomorphe** : Cf. hétéromorphe.

**Habitat** : ensemble des milieux (terrestres et aquatiques) qui réunissent les conditions écologiques favorables au complet développement d'une espèce dans le cas d'un Odonate (domaine vital). Cf. biotope.

**Halophile** : se dit d'un organisme qui se développe préférentiellement dans des milieux riches en chlorures.

**Héliophile** : espèce qui recherche un ensoleillement important pour assurer son développement ou son activité de reproduction dans des conditions optimales.

**Hélophile** : désigne une espèce inféodée à des milieux marécageux.

**Hélophyte(s)** : plante hygrophile dont la partie végétative se trouve au moins partiellement en dehors de l'eau.

**Hémimétaboles** : Cf. métamorphose.

**Hétérochrome** (forme) : utilisé notamment chez les femelles d'Odonates dont la coloration de l'abdomen est différente de celle du mâle.

**Hétérométaboles** : Cf. métamorphose.

**Hétéromorphe** : femelle à coloration terne, typique de son sexe. Syn. hétérochrome, gynomorphe. Ant. andromorphe. Homéomorphe : Cf. andromorphe. Hyalin : Transparent. Ant. Opaque.



**Hexapodes** : Euarthropodes pourvus notamment de trois paires de pattes, réunissant les Protoures, les Collemboles et les insectes.

**Holoméditerranéen** : qui concerne la totalité du bassin méditerranéen.

**Homéochrome (forme)** : utilisé notamment chez les femelles d'Odonates dont la coloration de l'abdomen se rapproche de celle du mâle.

**Homochromie** : la couleur du corps se rapproche de celle du milieu sur lequel l'insecte se développe ou choisit de se poser. Chez les Odonates, *Sympecma fusca* est l'exemple typique de ce phénomène.

**Hyalines (ailes)** : ailes transparentes (ou parties d'ailes), dépourvues de taches ou de coloration (en dehors du ptérostigma, toujours présent chez les Odonates à l'exception des Calopterygidae).

**Hydrophyte(s)** : plante aquatique dont la partie végétative est totalement immergée ou située à la surface de l'eau (feuilles flottantes et inflorescences).

**Hygrophile(s)** : plante inféodée aux milieux humides et aquatiques.

**Imaginale (mue)** : la mue imaginale (étape de la métamorphose) constitue la dernière mue de la libellule qui prend alors sa forme d'adulte ailé en quittant l'élément liquide. Cf. émergence.

**Imago** : état (ou stade) adulte. La définition de ce terme est diversement interprétée par ses utilisateurs, cependant il devrait être utilisé comme synonyme d'adulte.

**Immature** : imago ayant réalisé sa mue imaginale plusieurs heures auparavant, en cours de maturation (les téguments encore fragiles n'ont pas encore leur coloration définitive) et encore inapte à la reproduction (les organes sexuels ne sont pas encore fonctionnels), il s'agit de l'ultime étape de la métamorphose progressive des Odonates.

**Lame supra-anale** : appendices anaux inférieurs des anisoptères, parfois divisé en 2 lobes

**Lame vulvaire** : organe femelle situé sous S8 en forme de lèvres, de bec verseur ou de goulotte par où sortent les œufs. Remplacé par un ovipositeur chez les espèces insérant leurs œufs dans les tissus végétaux.

**Larve** : stade larvaire (syn. état larvaire) de l'insecte qui suit l'état embryonnaire (œuf) et dont le développement s'effectue progressivement à la suite d'un certain nombre de mues successives. Aquatiques chez les Odonates. Cf. mues.

**Lentique** : terme caractérisant les habitats d'eau stagnante et les espèces s'y développant (mares, étangs, lacs...).

**Lotique** : terme caractérisant les habitats aux eaux courantes et les espèces s'y développant (ruisseaux, rivières, fleuves...).

**Masque (larve)** : Cf. bras mentonnier (larve).

**Maturation (période de maturation sexuelle)** : période qui suit l'émergence (mue imaginale) durant laquelle l'imago immature s'alimente avant d'être mature et donc apte à la reproduction.

**Mature (individu)** : imago apte à la reproduction (Cf. Imago).



**Mésotrophe** : Se dit d'un milieu aquatique en état transitoire entre l'oligotrophie et eutrophie qui se caractérise par un déficit relatif en oxygène et un enrichissement des sédiments en matières organiques putrescibles.

**Métamorphose** : transformation de la larve en adulte. Il y a lieu de distinguer les métamorphoses complètes qui caractérisent une transformation radicale lors de l'état ou stade nymphal (Coléoptères, Diptères, Lépidoptères, Hyménoptères...), des métamorphoses « incomplètes » qui ne présentent pas de stade fixe (nymphal) mais des transformations progressives que subit la larve au cours de son développement jusqu'à l'état adulte (Orthoptères, Hémiptères, Hétéroptères, Odonates...). Les Odonates sont classés parmi les insectes hétérométaboles en raison notamment de leur métamorphose progressive et d'hémimétaboles caractérisant une progéniture pourvue d'organes larvaires provisoires vivant dans un milieu différent de celui occupé par les adultes. Voir aussi émergence pour les Odonates.

**Mue(s) (larves)** : chez les larves Odonates, changement périodique du tégument (changement de « peau »), s'accompagnant peu à peu, outre l'augmentation progressive de la taille de la larve, de modifications plus ou moins profondes de la structure du corps et des organes internes (apparition des fourreaux alaires...). Selon les espèces et les conditions écologiques de l'habitat, les larves d'Odonates effectuent entre 8 et 18 mues sur une durée de 45 jours à six ans selon les espèces et les conditions environnementales. Syn. exdysis.

**Nervation** : réseau de nervure des ailes.

**Nodus** : renforcement du bord antérieur de l'aile, situé environ à mi-distance entre la base et le ptérostigma.

**Oligotrophe** : se dit d'un plan d'eau dont les eaux contiennent peu de matières nutritives dissoutes mais qui est riche en oxygène.

**Ovipositeur** : organe femelle situé sous les derniers segments abdominaux des Zygoptères et des anisoptères, utilisé lors de la ponte pour introduire les œufs dans des tissus végétaux (remplacé chez certaines espèces par une lame vulvaire).

**Pièces copulatrices** : organes de stockage et de transfert du sperme, situés sous le deuxième segment abdominal des mâles. Le transfert du sperme des organes génitaux vers les organes copulateurs permet au mâle de maintenir la femelle tout en la fécondant.

**Phénologie** : décrit les différentes phases du développement d'une espèce. Ce terme est utilisé parfois de manière plus restreinte pour désigner les dates moyennes ou extrêmes des périodes d'activité des adultes.

**Phénotype** : aspect d'un individu, résultant de l'interaction du génotype de cet organisme avec le milieu dans lequel il se développe. Ant. Génotype.

**Pronotum** : plaque qui recouvre le prothorax et dont la forme permet d'identifier beaucoup de zygoptères.

**Prothorax** : partie antérieure du thorax, relié à la tête et portant les pattes antérieures.

**Pruineux** : couvert de pruine.



**Pruine** : substance cireuse grise ou bleuâtre, très fine, analogue à celle que l'on trouve sur les prunes, et qui s'enlève par frottement. Elle couvre tout ou partie du corps de certains odonates matures. Syn. pruinosité.

**Pruinosité** : Cf. pruite.

**Pseudoptérostigma** : remplace le ptérostigma chez les femelles de *Calopteryx* ; en diffère par la présence de nervures transverses.

**Ptérostigma** : zone épaissie, opaque et souvent sombre située sur le bord antérieur de l'aile, près de l'extrémité.

**Radier** : dans une rivière, zone de faible hauteur d'eau où le courant s'accélère (le substrat y est souvent grossier).

**Rhéophile** : qui vit dans les eaux courantes vives.

**Ripisylves** : écosystèmes forestiers qui se développent le long des cours d'eau.

**Selle** : marque colorée située sur les segments abdominaux 1 et 2 de certains anisoptères.

**Suture** : ligne faisant la jonction entre certaines parties du corps.

**Tache caudale** : zone plus ou moins colorée située sur le dessus de la pointe de l'abdomen.

**Tandem** : formation d'appariement entre un mâle et une femelle d'odonates. Les appendices anaux du mâle agrippent la femelle à la tête ou au prothorax.

**Taxon** : en systématique, désigne une unité de rang quelconque.

**Ténéral** : qualifie un imago fraîchement émergé, encore mou et brillant, dépourvu de la coloration typique des individus matures. Cf. immature.

**Thermophiles** : se dit des microorganismes qui vivent dans un environnement où la température est élevée. Organismes qui ont besoin d'une température élevée pour vivre.

**Thorax** : partie médiane du corps où sont fixées les ailes et les pattes.

**Tibia** : segment long et relativement fin de la patte, situé entre le fémur et le tarse.

**Ubiquiste** : qualifie une espèce peu exigeante, qui s'adapte à un grand nombre de biotopes différents et qui est généralement répandue.

**Zygoptères** (sous-ordre des) : insectes Odonates fins et grêles dont les ailes postérieures et antérieures sont de forme identique. Les yeux sont toujours très largement séparés.



# RESUMES



## Anadi n tsengama d tesnidert n timni n yidgan ireḍben n temnaḥ n Bgayet

Iswi n umahil-a d asnekwu n tyessa d tsuddest n timni deg temnaḥin ireḍben n Bgayet, tid yef ur-dllint ara tezrawin uqbel. Tazrawt-a tettnadi ad d-tegmer tamusni yufraren yef timni yettilin deg tijumma-ya yesean 3268 Km<sup>2</sup>. Anadi-ya yella-d deg yinnurar ilan azal asengaman, amedya: asif n Summam, yettwasisemlen d annar agraylan deg umtawi n Ramsar, agelmim n Mezzaya yetṭafaren Urti Ayelnaw n Guraya akked yigelmimen elayen i d-yezgan deg tzegwin ur ssinen ara madden d yimnuda acku sawnen iberdan yur-sen. Gas afus n umdan yegla-d s twayiyin deg temnaḥin-a, nessawed ad d-negmer 33 n tewsatin n timni yettikkin deg 52 n tewsatin yettwasnen deg Lezzayer. Gas ula d yiwet deg-sent ur telli d tamaynut deg Lezzayer, timni n Bgayet yur-s snat n tewsatin d timuylin “endémiques”. Agraw n timni n temnaḥ n Bgayet llant deg-s snat n tewsatin-a n Tmazya: *Platycnemis subdilatata*; *Enallagma deserti*.

Seg tesleḍt id-yellan yef timni n temnaḥ-a, nufa-d tadra-ines tetṭafar “Paléarctique” ideg tawsit n yilel agrakal teymer s waṭas. Maca, nerra tamawt d akken tihawt n tsekka afro-tropicaux tessay deg tama n ugafa almend n uzḡal yenneran deg twnaḥ. Deg unagraw n tmeswi “hydraulique” n Bgayet, timni “Anisoptères” ugent tewsatin-nsent, ma d “Zygoptères” yuget umḍan-nsent. Idgan ideg gellen waman ideg itij d ubehri ugten i iwatan tudert d unefli n timni. 4 n yigrawen-a : (*Ischnura graellsii* ; *Anax imperator* ; *Orthetrum cancellatum* et *Sympetrum fonscolombii*), yessayen s waṭas zemren ad idiren deg yal adeg akken yebyu yili.

**Amawal agejdan:** Timni, Bgayet, aman igellen, tasengama

### التشخيص البيئي والبيولوجي ليعاسيب الأوساط الرطبة بمنطقة بجاية

**ملخص.** تستهدف هذه الدراسة تحديد تكوين وهيكل يعسوبيات الأراضي الرطبة بمنطقة بجاية، والتي لم تحظ بعد بالدراسة الكافية، وتسعى كذلك للحصول على معرفة أفضل بخصوص اليعاسيب التي تعيش بهذه الأرض الشاسعة التي تبلغ مساحتها 3268 كلم<sup>2</sup>. وقد أجريت هذه الدراسة في مواقع ذات قيمة إيكولوجية عالية؛ مثل واد الصومام الذي تم تصنيفه في اتفاقية رامسار على أنه موقع ذو أهمية دولية، وبحيرة مزّايا التي تُعدّ جزءاً لا يتجزأ من حضيرة قورايا الوطنية، بالإضافة إلى برك الغابات المرتفعة التي مازال البعض منها غير معروف عند عامة الناس ولدى المجتمع العلمي بسبب عزلتها وصعوبة الوصول إليها.

وعلى من الرغم من الضغوطات البشرية القوية التي تؤثر على هذه الأراضي الرطبة، فإنّ هذه الدراسة قد سجّلت 33 نوعاً وهو ما يمثل 52٪ من الأنواع المعروفة في الجزائر. ولو أنّ هذه الأنواع كلّها معروفة في بلدنا، إلا أنّ يعسوبيات منطقة بجاية تحتوي نوعين مستوطنين في المغرب الكبير، وهما (*Platycnemis subdilatata*) و(*Enallagma deserti*). ويوضّح تحليل هيكل وتركيب مجتمع يعاسيب المنطقة بأنّها من الأصل البالياركتيك ويوضّح كذلك غلبة عناصر البحر الأبيض المتوسط، ومع ذلك فقد لوحظ وجود معتبر لأصناف أفرو-استوائية، ويدلّ توسع هذه الأصناف نحو الشمال على الاحتباس الحراري. وما يُلاحظ في النظام الهيدرولوجي الخاص بمنطقة بجاية هو هيمنة (*Anisoptères*) على عدد الأنواع، في حين يهيمن (*Zygoptères*) على العديد من الأفراد. أمّا البيانات الحيوية الملائمة لتشكل وتطوّر اليعاسيب فتتمثّل في الأوساط ذات المياه الراكدة الأكثر انفتاحاً وتعرضاً للشمس. ويمكن لبعض الأنواع العامة أن تتحمّل الكثير من الظروف، في حين هناك أنواع أخرى ذات خصوصية وحساسية اتجاه وسطها. وهناك مجموعة تتكون من أربعة أصناف؛ وهي (*Ischnura graellsii*)؛ (*Anax imperator*)، (*Orthetrum cancellatum*)، (*Sympetrum fonscolombii*) تتواجد في كلّ مكان ولا تبالى بالظروف السائدة في البيئات الحيوية المختلفة.

الكلمات المفتاحية: اليعاسيب، بجاية، المياه الراكدة، المياه الجارية، علم البيئة (الإيكولوجيا).

## **Diagnostic écologique et biologique des Odonates des milieux humides de la région de Bejaia.**

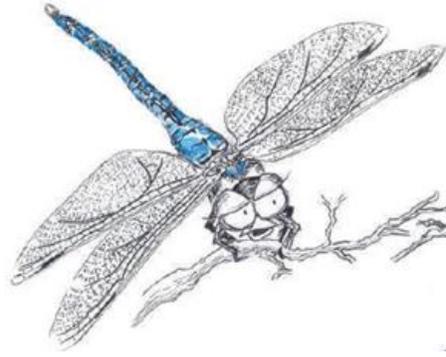
**Résumé.** Le but de cette étude est de déterminer la structure et la composition de la faune odonatologique des zones humides de la région de Bejaia, peu étudiée jusqu'à présent. Cette étude cherche à acquérir une meilleure connaissance sur les Odonates qu'abrite ce vaste territoire de 3268 km<sup>2</sup>. Elle est conduite dans des sites de grande importance écologique, tels que l'Oued Soummam, classé comme site d'importance internationale dans la Convention de Ramsar, le lac Mezaia en tant que partie intégrante du parc national de Gouraya et les mares forestières d'altitude dont certaines restent inconnues du grand public et de la communauté scientifique du fait de leur isolement et de leur difficulté d'accès. Malgré les fortes pressions anthropiques qui pèsent sur ces zones humides, cette étude a enregistré 33 espèces ce qui représente 52 % des espèces déjà connues d'Algérie. Bien qu'aucune d'entre elles ne soit nouvelle pour le pays, l'odonatofaune de la région de Bejaia inclue deux espèces endémiques du Maghreb, à savoir *Platycnemis subdilatata* et *Enallagma deserti*. L'analyse de la composition et de la structure de la communauté d'odonates de la région, montrent qu'elle est principalement d'origine Paléarctique et montre une prédominance d'éléments Méditerranéens. Néanmoins, nous avons noté une présence significative de taxons afro-tropicaux. Cette expansion vers le nord de ces taxons témoigne du réchauffement climatique. Dans le système hydrographique de Bejaia, les Anisoptères dominent en nombre d'espèces, tandis que les Zygoptères dominent en nombre d'individus. Les biotopes les plus appropriés pour l'installation et le développement des Libellules, restent les milieux lenticques les plus ouverts et les plus ensoleillés. Certaines espèces généralistes peuvent tolérer un large éventail de conditions tandis que d'autres sont spécialisées et très sensibles à leur environnement. Un groupe de quatre taxons omniprésents (*Ischnura graellsii* ; *Anax imperator* ; *Orthetrum cancellatum* et *Sympetrum fonscolombii*), semble indifférent aux conditions prévalant dans les différents biotopes.

**Mots clés :** Odonates, Bejaia, Eaux lenticques, Eaux lotiques, Ecologie

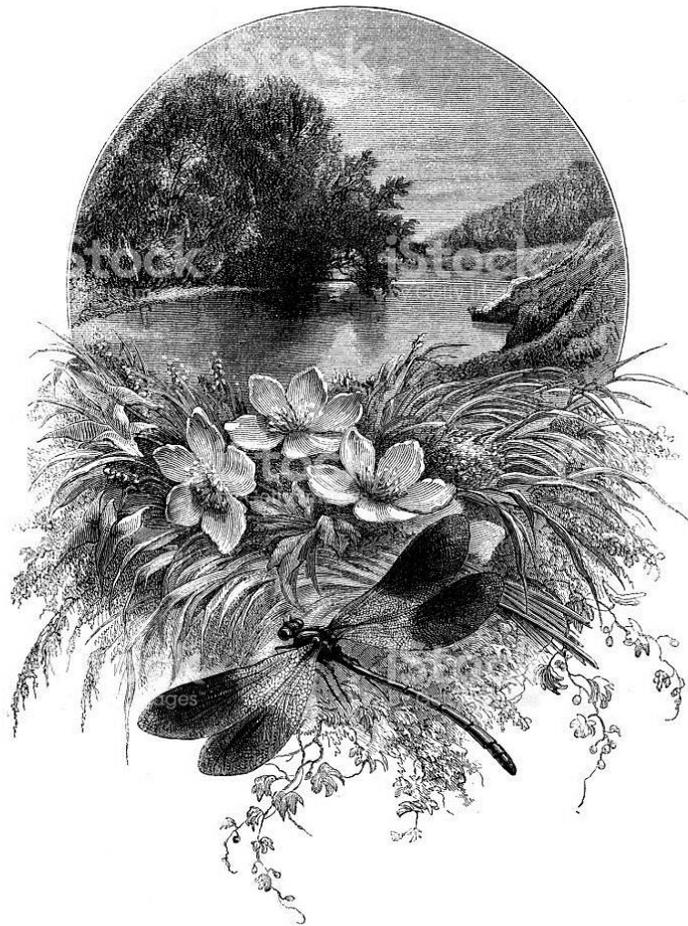
## **Ecological and biological diagnosis of Odonata in the Bejaia area' wetlands.**

**Summary.** The purpose of this study is to determine the Odonata fauna structure and composition in Bejaia' s wetlands, which have been poorly sampled until now. This study is a report of dragonflies in the Bejaia area in northeastern Algeria, with the aim to improve the knowledge of the Odonata taxa present in this vast territory, which covers 3268 km<sup>2</sup>. This region is of major importance, and contains Wadi Soummam which is classified by the Ramsar Convention as of international importance. In addition, Lake Mezaia is included in the Gouraya National Park, and the area also contains high mountain forest ponds, which are unknown to both the general public and the scientific community due to their remote location and poor accessibility. Despite the anthropogenic pressures on these wetlands, this study recorded 33 Odonata species, which represented 52% of the species known in Algeria. None were new to the country. The recorded species included two Maghrebian endemic taxa, namely *Platycnemis subdilatata* and *Enallagma deserti*. The composition and structure analysis of the Odonata community in this area shows that it is mainly of Palearctic origin and shows a predominance of Mediterranean elements. Nevertheless, we noted a significant presence of Afro-tropical taxa. This northward expansion of these taxa reflects global warming. In the Bejaia hydrographic system, Anisopterans dominate in number of species, while Zygopterans dominate in number of individuals. The most suitable biotopes for the installation and development of dragonflies remain the most open and sunny lentic environments. Some generalist species can tolerate a wide range of conditions while others are specialized and very sensitive to their environment. A group of four ubiquitous taxa (*Ischnura graellsii*; *Anax imperator*; *Orthetrum cancellatum* and *Sympetrum fonscolombii*), seems indifferent to the conditions prevailing in the different biotopes.

**Keywords:** Bejaia- Odonata- Wetlands- Lentic water- Lotic water- Ecology



# PRODUCTION SCIENTIFIQUE





# **PUBLICATIONS**

# DIVERSITY AND ECOLOGICAL DIAGNOSIS OF DRAGONFLIES OF HIGH-MOUNTAIN TEMPORARY PONDS IN THE AKFADOU MASSIF FOREST (ALGERIA)

Abdel Madjid CHELLI\* and Riadh MOULAÏ

Laboratoire de Zoologie Appliquée et d'Ecophysiologie Animale, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université de Bejaia, Algérie

\*Corresponding author. Email: [mchelli70@yahoo.fr](mailto:mchelli70@yahoo.fr)

## Article history

Received: 15 January 2019;  
accepted 8 April 2019

## Keywords:

Dragonflies; Akfadou;  
diversity; ecology;  
temporary ponds; Algeria

**Abstract.** An Odonata study was carried out during six successive months at five high-mountain temporary ponds located in the Akfadou massif forest, northeast Algeria. These wetlands are virtually unexplored; some of these places are unknown to the general public. However, some of them appear to face numerous threats. The results obtained by this study gave us an idea of the odonatological settlement in this area. With 18 species of Odonata, this territory contains about 1/3 of the Algerian Odonata fauna, of which nine species reproduce in this forest massif. These study stations share in common three species, namely: *Ichnura graellsii*, *Anax imperator*, and *Orthetrum cancellatum*. These three species are omnipresent in more than 75% of the surveys and are distributed in a consistent way in various biotopes. The first species (*I. graellsii*) together with *Lestes virens* and *Chalcolestes viridis* dominate in numbers, accounting for more than half of the total numbers recorded. The Shannon-Weaver index and Equitability index applied to odonatological fauna reveal that Agoulmime Ikher (AI) and Agoulmime Tala Guizane (AT) ponds are the best-structured and most stable in terms of stands in this massif.

## INTRODUCTION

A significant portion of forest biodiversity depends on small “aquatic ecosystems” associated with woodlands. These forest wetlands, and especially ponds, are the cradle of frogs, toads, salamanders and newts, insects, aquatic plants and also serve as a “pantry” for many species (birds, chiropters, reptiles, etc...) (Marsh and Trenham 2001; Baudran and Blanchard 2008). According to Rosset (2012), ponds are remarkable environments with a high ecological value. They are endowed with a unique biodiversity, which is often richer than can be found in flowing waters or lakes. Ponds are also an exceptional and useful pedagogical support for teaching and research because they offer many research opportunities on very varied subjects. However, most research has focused on permanent water bodies, and temporary ponds have been largely neglected (Williams et al. 2001). Many deficiencies remain in our basic knowledge about the ecology and functioning of these ecosystems. Indeed, the lack of information on the natural values of these temporary ponds and an absence of appropriate management measures will lead to their deterioration or even disappearance in the years to come. Among aquatic insects, dragonflies are often the dominant predator group in aquatic habitats, particularly in fishless systems such as temporary ponds (Cannings, Cannings, and Ramsy 2000). According to some authors, this taxon can also be used as an indicator of the health status of aquatic ecosystems (Perron

and Jobin 1998; Corbet 1999; Cannings, Cannings, and Ramsy 2000; Grand and Boudot 2006; Benazzouz et al. 2009; Martín and Maynou 2016). Dragonflies are currently one of the most studied and best-known groups of insects due to their small species numbers and relatively easy determination (Bonnifait, Defos Du Rou, and Soulet 2008). Despite this, knowledge about this taxon remains non-existent in some regions of Algeria, especially in remote and inaccessible mountainous areas. Thus, to our knowledge, in Algeria, the Odonata of high-mountain forests have not been the subject of any study so far.

The study of Algerian Odonata began in the middle of the 19<sup>th</sup> century under the impetus of Selys-Longchamps (1865, 1866, 1871). However, the first general synthesis of Algerian Odonata fauna was under the aegis of Samraoui and Menai (1999). These authors cited 53 species to which 10 other putatively authentic taxa were added from historical information, which made it possible to bring to 63 the total number species known in Algeria. In recent decades, northern Algeria has received special attention from odonatologists and naturalists, permitting a better knowledge of the biology and distribution of Odonata in this vast territory. However, the majority of published studies on Algerian Odonata fauna are concentrated in the northeast part of the country. Among these studies, we can mention those carried out by Samraoui et al. (1993), Samraoui and Corbet (2000), Benchalel and Samraoui (2012), Khelifa et al. (2011, 2013, 2016), Zebsa, Khelifa, and Kahalerras (2015),

Guebailia et al. (2016), Khelifa and Zebza (2018), Mellal et al. (2018), and Amari et al. (2019).

Data on forest dragonflies of high-mountain wetlands from North Africa appear to be lacking. It is for this reason that this study was conducted in the Akfadou forest massif area (northeast Algeria). This study was carried out in the Akfadou massif forest (northeast of Algeria) in order to assess the diversity of odonatofauna. This diversity was studied using two ecological indexes (Shannon-Weaver index and Equitability index).

## MATERIALS AND METHODS

### Study area

The Akfadou massif forest (Figure 1), situated approximately 160 km east of Algiers, 20 km from the Mediterranean Sea and 70 km west of Bejaïa, administratively belongs to Bejaïa and Tizi Ouzou departments. It represents one of the largest caducifoliate forest complexes in Algeria. This massif extends over an area approximately of 11,000 ha. It is divided into two parts: western and eastern Akfadou, depending, respectively, on the departments of Tizi Ouzou (4600 ha) and Bejaïa (6400 ha) (Messaoudene, Laribi, and Derridj 2007).

Generally, the relief is quite rugged (slopes of 15% to 45%), especially in its south-eastern part, the altitude of Akfadou varies from 800 m to 1646 m (Messaoudene 1989). From a bioclimatic aspect, the Akfadou massif forest is part of the humid temperate and fresh per-humid

zone. (Laribi, Derridj, and Acherar 2008). The climatic conditions are very challenging with abundant snow in cold seasons and important precipitation varying from 1200 mm to 2000 mm per year, which places it among the wettest areas of North Africa (Messaoudene 1989).

According to the Bejaïa Forestry Directorate, this forest has been classified as a Regional Natural Park (PNR). This approach aims to preserve and valorise this territory, endowed with an exceptional natural heritage. It is important to mention that this forest massif was classified as a National Park during the French colonization in 1924 (*El Watan*, 28 September 2013, p. 6–7). However, the Algerian legislator did not consider it useful to adopt this classification in the 1980s and 1990s when Algerian National Parks were created.

### Study stations overview

In view of the large area of this massif forest, sampling was limited to a study perimeter located in the eastern part of it. Our study stations are high-mountain temporary ponds, whose main characteristics are given in Table 1.

Ponds are the most common aquatic ecosystems in this forest massif. Nested in this forest, some of them are practically surrounded by trees. Apart from the two ponds, Agoulmime Ikher (AI) and Agoulmime Tala Guizane (AT) which are open and very sunny environments, the rest of the ponds, Agoulmime Averkane (AA); Agoulmime Ouroufel (AO) and Agoulmime Walsous (AW), are located inside the oak groves (Figure 2 (c, d, e)). The development of woody vegetation on the banks of these ponds limits the amount of incident light. This

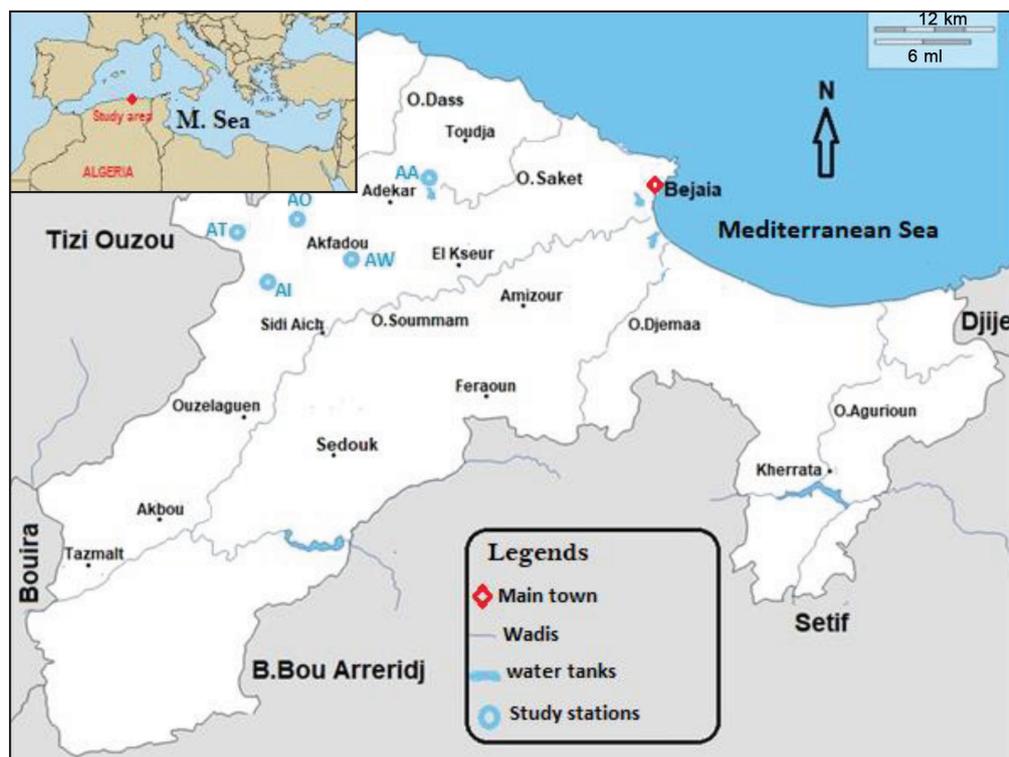


Figure 1. The location of five ponds investigated.

Table 1. Geographic and environmental characteristics of surveyed stations in the Akfadou massif forest.

Stations	Code	Locality	Depth	Surface	Altitude	Latitude	Longitude
Agoulmime Walsous	AW	Tifra	0.5 m	2.50 ha	790 m	36°40'02"N	4°39'56"E
Agoulmime Ikher	AI	Tibane	0.8 m	2.80 ha	1065 m	36°37'09"N	4°38'09"E
Agoulmime Ouroufel	AO	Akfadou	0.5 m	1.40 ha	1360 m	36°38'41"N	4°34'42"E
Agoulmime Averkane	AA	Adekar	1.5 m	3.50 ha	1264 m	36°41'47"N	4°36'09"E
Agoulmime Tala Guizane	AT	Chemini	1.2 m	1.20 ha	1572 m	36°37'42"N	4°34'03"E



Agoulmime Ikher (AI)



Agoulmime Tala Guizane (AT)



Agoulmime Ouroufel (AO)



Agoulmime Walsous (AW)



Agoulmime Averkane (AA)

Figure 2. Temporary ponds surveyed within the Akfadou massif forest.

shading can hinder the pond's ecological functioning and reduce its diversity. The (AW) pond is distinguished from other ponds by being invaded by *Schoenoplectus lacustris* progressing towards its centre, greatly reducing the open water sections (Figure 2 (d)). In addition, falling leaves and accumulation of dead wood have led to infilling, thereby reducing the volume of water. This was also observed in the (AO) pond, which dried up in late August.

### Odonata sampling

In order to establish an odonatological inventory as complete as possible, it is necessary to resort to sampling larvae, exuviae and imagos. The search for larvae and exuviae allows the observer to obtain valuable information on autochthonous species and also to collect additional data on more discreet species or those difficult to capture (Heidemann and Seidenbusch 2002; Raebel et al. 2010; Lebrasseur 2013). As for this study, for practical reasons the surveys only focused on the recognition of adults (or imagos).

Depending on knowledge state, objectives and means of implementation, Odonata sampling and monitoring are based on different protocol types (Varanguin and Sirugue 2007). To do this, we chose to apply a systematic and regular sampling of the five stations of the Akfadou massif forest. Our investigation consisted of walking around the perimeter of each pond as well as its surroundings (hedges, meadows, trees, etc.) where adults hunt and undertake maturation, as recommended by Grand and Boudot (2006). In all temporary ponds sampled, water was present during the entire sampling season, except for the (AO) temporary pond, which dried up in August. This situation affects Odonata survival in this pond, because we observed only two species (*Lestes virens* and *Sympetrum fonscolombii*) at the end of August and at the beginning of September.

Each station was visited monthly from early April to late September. This is the most favourable period for the observation of, respectively, early and late dragonfly species. The average duration of each visit was about 2 hours in favourable weather between 10:00 am and 5:00 pm, because dragonflies are very sensitive to temperature and weather conditions; they are most active during the hottest hours of the day. If it is cold, rainy or windy, their activity is reduced and they prefer to remain hidden, often placed high in trees or in the middle of tall grass (Grand and Boudot 2006; Lebrasseur 2013).

In each station, a visual sampling of adult Odonata was carried out, with two identification practices: visual detection by binoculars and capture-release using an entomological net. All specimens in doubt were kept for careful examination in the laboratory using a binocular loupe and keys provided by D'aguilar and Dommanget (1998) and Dijkstra (2007). The adults observed,

as well as their reproductive behaviour (heart shape wheels, tandems, oviposition) were recorded, because they provide useful information on the autochthony of species. Populations of each species were also estimated during each visit.

### Data analysis

Odonatofauna abundance and frequency was used to characterize their population structure. Diversity was calculated using the Shannon-Weaver index and the Equitability index. Finally, to better identify the odonatological stand associated with the studied ponds of the Akfadou massif forest, two factor analyses (FA) were performed with the presence of species by station and by month. These analyses were done using XLSTAT-2016.

## RESULTS

The results of the current study provided information on the diversity and status of the Odonata communities in Akfadou massif forest temporary ponds during the six months of the study.

The inventory made it possible to establish a preliminary Odonata list associated with these ponds. In the following list (Table 2), the "family" taxa group is presented in systematic order, while the "genus" and "species" groups are presented in alphabetical order.

Eighteen (18) species of Odonata (10 species of Anisoptera and 8 species of Zygoptera) belonging to 11 genera under 4 families were recorded from five temporary ponds of the Akfadou massif forest. Four (4) *Sympetrum*, three (3) *Ashena*, two (2) *Anax*, and one (1) *Orthetrum* represent the Anisoptera. On the other hand, Zygoptera are equally divided between Lestidae and Coenagrionidae.

In order to study the odonatofauna structure, the relative abundance of each species was carried out (Figure 3).

In the Akfadou forest massif, 4016 individuals were counted. As shown in Figure 3, the Odonata relative abundance highlights the dominance of three species in terms of the number of individuals; the most abundant was *Ischnura graellsii* with 1133 individuals, followed by *Lestes virens* and *Chalcolestes viridis* with, respectively, 748 and 530 individuals. However, two species have very small populations not exceeding ten individuals; this is about *Sympecma fusca* and *Aeshna isoceles*.

The results obtained were also used to calculate various indices permitting to characterize the composition and structure of odonatological stands (Table 3).

The Shannon-Weaver index, commonly used for inter-site comparisons, revealed values which varied from 2.43 to 3.33 (Table 3). The three ponds, Agoulmime

Table 2. List of Odonata species inventoried and their occurrence frequency in the temporary ponds of the Akfadou forest massif.

	Family	Species	Stations				
			Occurrence frequency				
			AA	AI	AO	AT	AW
ZYGOPTERA	Lestidae	<i>Lestes barbarus</i> (Fabricius, 1798)	–	R	R	R	R
		<i>Lestes virens</i> (Charpentier, 1825)	R	–	–	R	R
		<i>Chalcolestes viridis</i> (Vander Linden, 1825)	R	R	–	–	R
		<i>Sympecma fusca</i> (Vander Linden, 1820)	R	–	–	–	–
	Coenagrionidae	<i>Erythromma lindennii</i> (Selys, 1840)	–	R	–	–	–
		<i>Coenagrion scitulum</i> (Rambur, 1842)	–	–	R	R	–
		<i>Enallagma deserti</i> (Selys, 1871)	R	R	C	R	–
		<i>Ischnura graellsii</i> (Rambur, 1842)*	C	C	C	C	C
ANISOPTERA	Aeshnidae	<i>Aeshna affinis</i> (Vander Linden, 1820)	–	R	–	R	R
		<i>Aeshna isoceles</i> (O. F. Müller, 1767)	–	–	–	–	R
		<i>Aeshna mixta</i> Latreille, 1805	–	–	–	–	A
		<i>Anax imperator</i> Leach, 1815*	C	C	C	C	C
		<i>Hemianax ephippiger</i> (Burmeister, 1839)	–	R	–	–	–
	Libellulidae	<i>Orthertrum cancellatum</i> (Linnaeus, 1758)*	C	R	R	C	C
		<i>Sympetrum foncolombii</i> (Selys, 1840)	C	C	C	C	–
		<i>Sympetrum meridionale</i> (Selys, 1841)	–	–	R	–	R
		<i>Sympetrum sanguineum</i> (O. F. Müller, 1764)	R	R	R	–	R
		<i>Sympetrum striolatum</i> (Charpentier, 1840)	–	R	R	C	C
<b>Total</b>		18	09	12	10	10	12

Notes: – Absence of species; \*: Common; A: Accessory; C: Constant; R: Regular.

Table 3. The Shannon-Weaver index (H') and Equitability index (E) applied to Odonata of study stations.

Ecological Indices	Study stations				
	Agoulmime Averkane	Agoulmime Ikher	Agoulmime Ouroufel	Agoulmime Tala Guizane	Agoulmime Walsous
Number of individuals	534	432	481	438	2131
Shannon-Weaver index (H')	2.73	3.33	2.98	3.07	2.43
H' max	3.16	3.58	3.32	3.32	3.58
Equitability (E)	0.86	0.93	0.89	0.92	0.67
Specific richness	9	12	10	10	12
Total richness	18				
Total of individuals	4016				
Total statements	6				

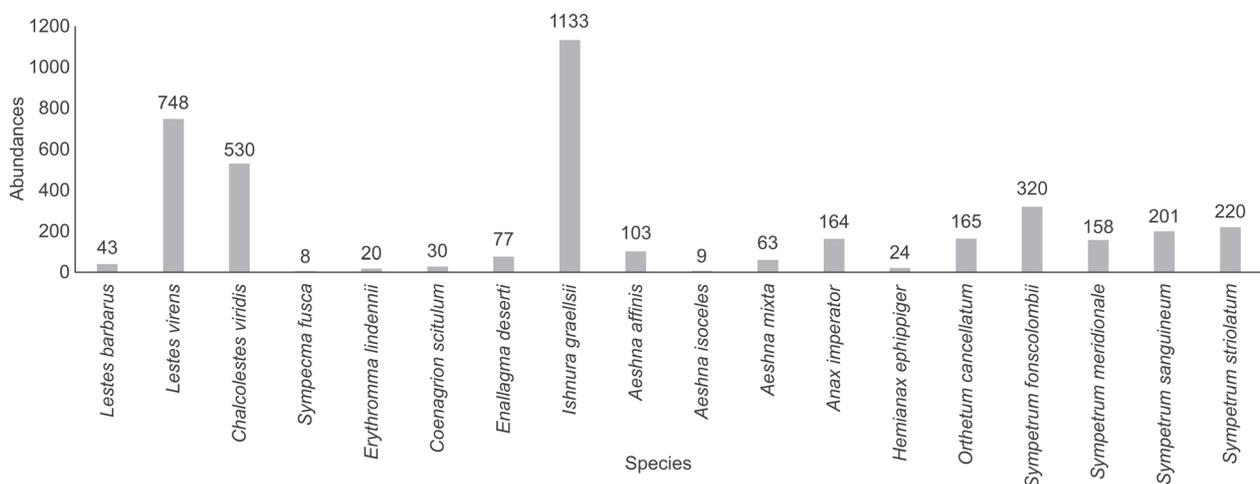


Figure 3. Abundance of species observed in the Akfadou massif forest.

Walsus (AW), Agoulmime Averkane (AV), and Agoulmime Ouroufel (AO) show low values of diversity compared to two other ponds, Agoulmime Ikher (AI) and Agoulmime Tala Guizane (AT).

To highlight the affinity/differences between the sampled temporary ponds, a factor analysis (FA) was applied to a “species” matrix based on presence/absence (Figure 4).

The graphical representation (Figure 4) illustrates the species that were only found at particular sites, such as *Hemianax ephippiger* (He) and *Erythromma lindennii* (El), which only occurred in the (AI) pond. Both *Aeshna*, *Aeshna isoceles* (Ais) and *A. mixta* (Am) were only noted in the (AW) pond. Finally, the (AA) pond in its turn contained a species not mentioned in other sites, namely the damselfly *Sympecma fusca* (Sfu). Indeed, graphically, these species are located further from the graph centre. The species that are grouped in the centre

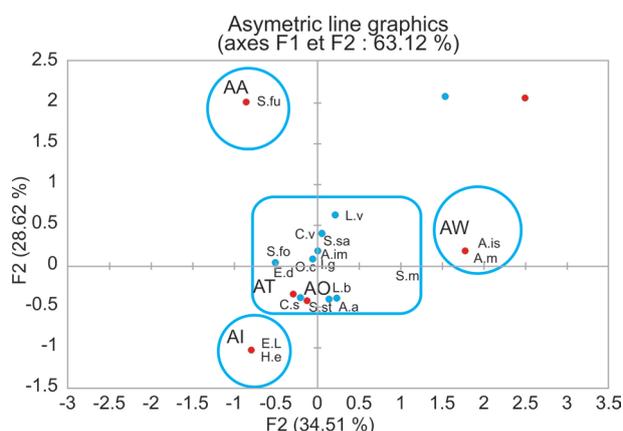


Figure 4. Factorial layout of relationship of Odonata species to site resulting from the factorial analysis. Abbreviations: **Lb**: *Lestes barbarus*; **Lv**: *Lestes virens*; **Cv**: *Chalcolestes viridis*; **Sfu**: *Sympecma fusca*; **El**: *Erythromma lindennii*; **Cs**: *Coenagrion scitulum*; **Ed**: *Enallagma deserti*; **Ig**: *Ischnura graellsii*; **Aa**: *Aeshna affinis*; **Ais**: *Aeshna isoceles*; **Am**: *Aeshna mixta*; **Aim**: *Anax imperator*; **He**: *Hemianax ephippiger*; **Oc**: *Orthetrum cancellatum*; **Sfo**: *Sympetrum fonscolombii*; **Sm**: *Sympetrum meridionale*; **Ssa**: *Sympetrum sanguineum*; **Sst**: *Sympetrum striolatum*.

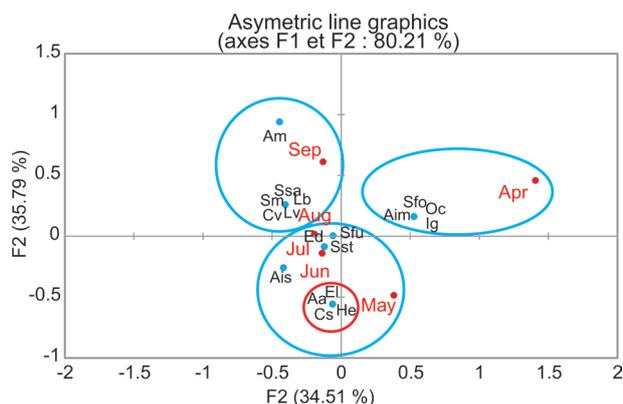


Figure 5. Factorial layout of relationship of Odonata species to month resulting from the factorial analysis.

of the graph (Figure 4) are generally common at various sites, such as: *Anax imperator* (Aim), *Ischnura graellsii* (Ig), and *Orthetrum cancellatum* (Oc), which are often accompanied by a cortege of three *Sympetrum*s (*S. fonscolombii* (Sfo), *S. sanguineum* (Ssa), and *S. striolatum* (Sst)) and *Enallagma deserti* (Ed).

To provide insight about odonatological stand structuring in this forest massif, another factorial analysis was also carried out to a “species” matrix based on presence/absence during the six months of the study (Figure 5).

On the graphical representation (Figure 5), we can distinguish three species groups that are more or less well isolated. The early taxa group (period of presence centred on the month of April) is characterized by four species which emerge very early in April, namely: *Anax imperator* (Aim), *Orthetrum cancellatum* (Oc), *Sympetrum fonscolombii* (Sfc), and *Ischnura graellsii* (Ig). To these species, we can possibly add four other species which begin to appear at the beginning of May, this is about *Aeshna affinis* (Aa), *Hemianax ephippiger* (He), *Erythromma lindennii* (El), and *Coenagrion scitulum* (Cs), later accompanied by other species which concentrate in the centre of the graph to form the second mid-season group (period of presence centred on the months of May, June and early July), which are *Enallagma deserti* (Ed), *Sympetrum striolatum* (Sst), and *Aeshna isoceles* (Ais), and finally comes the late taxa group (period of presence centred on the months of August and September), namely *Lestes barbarus* (Lb), *L. virens* (Lv), *Chalcolestes viridis* (Cv), *Sympetrum meridionale* (Sm), *S. sanguineum* (Ssa), and *Aeshna mixta* (Am). It should be noted that this last species was only contacted from the beginning of August (Figure 5).

## DISCUSSION

In the absence of similar studies in the Bejaïa region, we have tried as much as possible to compare our results with those obtained at low altitude ponds and various standing waters in north-eastern Algeria and from other countries.

The temporary nature of these environments, their positioning in this massif forest, as well as their physiognomy are strongly limiting factors for dragonflies. Only certain species can survive and be sustained permanently in these ecosystems. According to Alban et al. (2006), the characteristics, biological conditions, geographical location and pond environment determine the Odonata stand, which can range from no species (very closed forest pond) to more than twenty in the best conditions (open pond).

An analysis of the odonatological stand associated with this massif forest shows that Anisopterans are abundant

in most water bodies sampled. This could be due to their high dispersal capacity, like *Gomphus lucasii* who could fly more than 1 km (Zebba, Khelifa, and Kahalerras 2015), as opposed to Zygoptera which have a limited dispersal capacity (Batzer and Wissinger 1996; Williams 1997; Lawler 2001) and their adaptability to a wide range of habitats (Suhling et al. 2004).

The Odonata group represents a relatively important element in Akfadou massif forest ecosystems compared to those observed in the main lakes of the northeast of Algeria and elsewhere, because with 18 species it represents about 1/3 of Algerian Odonata fauna. In Bejaïa region, Allegrini, Benallaoua, and Benmamar (2006) and Moali and Durand (2015) have inventoried 11 species at Mezaïa Lake located downtown. This list has increased to 13 species following various surveys carried out by Rokh (2017). In Lake Bleu, which is one of the most threatened and odonatologically important sites in Algeria, Khelifa et al. (2016) showed the number of species was 19 species. In contrast, Bouguessa (1993) noted 28 species at Oubeira Lake located in El-Tarf department. Jacquemin (1987) recorded 18 species of Odonata in a natural coastal water body located at the Merja of Sidi Bou Ghaba in Morocco, among these species, 11 were noted at Akfadou area, namely: *Lestes barbarus*, *Lestes virens*, *Erythromma lindennii*, *Sympetma fusca*, *Anax imperator*, *Hemianax ephippiger*, *Aeshna mixta*, *Orthetrum cancellatum*, *Sympetrum fonscolombii*, *Sympetrum meridionale*, and *Sympetrum striolatum*. Carchini et al. (2002) reported 16 Odonata species on 21 temporary and permanent ponds in central Italy. This odonatological fauna seems rather similar to ours, except for *Sympetma fusca*, *Enallagma deserti*, *Aeshna isocetes*, *Aeshna mixta*, and *Hemianax ephippiger*, which do not appear in their surveys. In contrast, three species represented by *Erythromma viridulum*, *Orthetrum brunneum*, and *Crocothemis erythraea* have not been reported in Akfadou area. However, the conclusions of Carchini et al. (2002) about Odonata habitats appear to be controversial. These authors suggested that a group of six (6) Odonata (*Coenagrion scitulum*, *Erythromma lindeni*, *Anax imperator*, *Orthetrum cancellatum*, *Sympetrum striolatum*, and *Sympetrum fonscolombii*) are strictly limited to permanent ponds, whereas these species are widely present in Akfadou temporary ponds.

The five ponds surveyed share three species in common: *Ischnura graellsii*, *Anax imperator*, and *Orthetrum cancellatum*. They are also distributed uniformly during the entire sampling period at all of these stations. On the other hand, *Aeshna mixta* is distributed in an accessory way in the (AW) temporary pond where it is only noted. As to other species, some of them have a regular distribution, other ones are sometimes constant

and sometimes regular.

Based on various observations and field-notes about reproductive behaviour (heart shape wheels, tandems, oviposition), emergences and the number of individuals, we can certainly confirm that 9 species among this Odonata fauna reproduce in this forest massif. These are: *Lestes virens*, *Chalcolestes viridis*, *Ischnura graellsii*, *Aeshna affinis*, *Anax imperator*, *Orthetrum cancellatum*, *Sympetrum fonscolombii*, and *S. striolatum*.

Of the five ponds surveyed in the Akfadou massif forest, three of them show low values of diversity, namely: Agoulmime Walsus (AW), Agoulmime Averkan (AV), and Agoulmime Ouroufel (AO). These low diversity values recorded in these three ponds can be explained by their physiognomy, their location in this forest, as well as by the anthropogenic impacts that negatively affect the Odonata communities, thus reducing the biodiversity of these aquatic ecosystems. Indeed, the development of woody vegetation on the banks of these ponds limits the supply of light; this shading can hinder the pond's ecological functioning and reduce its diversity. This confirms the findings of Subramanian (2005) who revealed that shade and aquatic vegetation favour Zygoptera more than Anisoptera. According to Merlet and Itrac-Bruneau (2016), the sunshine of the site is crucial to the odonatological stand. That is right, the more open and sunny the environment, the greater the diversity. In addition, the falling leaves and accumulation of dead wood have led to their infilling, thus reducing the volume of water. This was observed in the (AO) pond, which dried up at the end of August, hindering recruitment and persistence of Odonata in this pond. During this period, we observed only two species (*Lestes virens* and *Sympetrum fonscolombii*). In fact, in these kinds of situations, only some so-called pioneer species well adapted to dry periods can survive, such as species of *Lestes* and *Sympetrum* genera, which have a high dispersal capacity and a rapid development cycle (Corbet 1999; Jacquemin and Boudot 1999; Suhling et al. 2004; Merlet and Itrac-Bruneau 2016).

Another alarming case that could affect the recruitment of dragonflies is noted at the (AW) pond, which is invaded by *Schoenoplectus lacustris* progressing towards its centre, greatly reducing open water sections. It is important to note that this pond has the highest abundance value (2131 individuals) and the highest specific richness (12); however, it is at its level where the low value of divisibility (2.43) is noted. This high value of abundance is due to a strong proliferation of Lestidae and Coenagrionidae. Indeed, more than 80% of the population is concentrated on three species in this station, namely: *Ischnura graellsii*, *Lestes virens*, and *Chalcolestes viridis*. We are in front of an inequitable distribution of individuals among the different taxa.

This is what equitability explains; a value of 0.67 can be explained by the dominance in numbers of some species over others. In the same way, in a non-homogeneous distribution, the gain in diversity brought about by higher richness is counter by an imbalance in terms of the number of individuals; this is the case in this (AW) pond (Table 3). This pond will soon disappear to the benefit of another ecosystem if no action is taken by the forestry conservation services. The same is true for two other ponds, (AI) and (AT), which are continually subjected to anthropic pressures due in part to the presence of tourists, especially in summer, and on the other part, to overgrazing around these ponds, causing some damage. The banks are trampled by cows forming a mud layer without vegetation. This unfavourable overview could have negative effects on dragonflies' populations. Despite all these disturbances, these two ponds (i.e (AI) and (AT)) seem to have the most stable and most balanced odonatological stands. The equitability value equal to 0.93, which tends towards 1 (Table 3), clearly explains a balanced distribution of individuals between the different taxa at both stations. This reflects well-structured and stable odonatological stands compared to other stations. This is probably due to a very open, sunny and shallow nature of these stations, which allows water to warm up quickly offering ideal conditions for the installation and good development of Odonata, unlike the (AW) temporary pond, which is surrounded by a large wooded belt and almost invaded by *Schoenoplectus lacustris*.

## CONCLUSION

With this first study, a report on the dragonflies of Akfadou massif forest temporary ponds was established. Some of them seem to face numerous threats and do not benefit from any protection. Without adequate protection and conservation measures, this region will gradually lose these priceless habitats and their exceptional biodiversity. Well-managed ponds will help both increase the present species populations and attract new mountain species.

The results obtained probably give an adequate overview of the real odonatological fauna of this site at a given period. With a total of 18 species, this territory contains about 1/3 of the Algerian odonatofauna. A cortege of 3 species: *Ischnura graellsii*, *Anax imperator*, and *Orthetrum cancellatum*, seem very tolerant to the various habitats surveyed in the Akfadou massif forest; they are omnipresent in more than 75% of the surveys. The Anisoptera dominate in the number of species, while Zygoptera dominate in the number of individuals, as *Ischnura graellsii*, *Lestes virens*, and *Chalcolestes viridis* which count an abundance of 2411 individuals,

representing 60% of the 4016 individuals all species combined. The two temporary ponds, Agoulmime Ikher (AI) and Agoulmime Tala Guizane (AT) are the two biotopes containing the best structured and most stable odonatological settlements in this massif.

The main populations have been identified. However, investigations should last at least two years before a more exhaustive inventory can be claimed. It would also be necessary in the years to come to prospect with other methods such as searching for exuviae along the banks, which will make it possible to confirm the autochthony and the reproduction of species on the site in order to bring new elements on the distribution of these dragonflies in this vast territory.

We hope that this study will highlight the importance of these exceptional environments and that it will also serve as a basis for future studies aimed at implementing a conservation strategy for these habitats so that they can continue to be appreciated in the decades to come. Because tomorrow's legacy depends on today's management.

## ACKNOWLEDGEMENT

The writing of this article would not have been possible without the collaboration of several people. The authors would like to thank the group of foresters from Chemini Forestry Department who accompanied us on some field trips, as well as the three botanists, Bekdouche F., Bouadam S., and Abassi H., who listed the plant species of the five ponds studied, without forgetting Amalou D., who was very helpful during this study.

## REFERENCES

- Alban, N., F. Arnaboldi, G. Arnal, J. Bardat, J. Chaïb, C. Dardignac, J. L. Dommange, D. James, P. Queney, O. Limoges, and J. P. Vicario. 2006. *Guide technique de gestion des mares forestières de plaine*. Office National des Forêts.
- Allegrini, B., Z. Benallaoua, and H. Benmamar. 2006. 'Inventaire des Odonates du lac Mézaia (Bejaia-Algérie).' *Parc National de Gouraya* 1–1.
- Amari, H., R. Zebsa, A. Lazli, S. Bensouilah, M. K. Mellal, H. Mahdjoub, M. Houhamdi, and R. Khelifa. 2019. 'Differential elevational cline in the phenology and demography of two temporally isolated populations of a damselfly: Not two but one taxon?' *Ecological Entomology* 44: 93–104.
- Batzer, D. P., and S. A. Wissinger. 1996. 'Ecology of insect communities in non-tidal wetlands.' *Annual Review of Entomology* 41: 75–100.

- Baudran, C., and P. Blanchard. 2008. *Typologie des mares forestières regionales biodiversité et éléments de gestion*. ONF – CRPF Pays de la Loire.
- Benazzouz, B., M. Mouna, M. Amezian, C. Perez, and J. Cortez. 2009. 'Assessment and conservation of the dragonflies and damselflies (Insecta: Odonata) at the marshes of Smir.' *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat* 31 (2): 79–84.
- Benchalel, W., and B. Samraoui. 2012. 'Caractérisation écologique et biologique de l'odonatofaune de deux cours d'eau méditerranéens: l'oued El-Kébir et l'oued Bouaroug (Nord-Est de l'Algérie).' *Méditerranée* 118: 19–27.
- Bonifait, S., P. Defos Du Rau, and D. Soulet. 2008. 'Les Odonates de la Réserve Nationale de Chasse et de Faune Sauvage d'Orlu (département de l'Ariège, France).' *Martinia* 24 (2): 35–44.
- Bouguessa, S. 1993. *Étude du développement larvaire chez les Odonates du lac Oubeira*. Mémoire, Magister, Université d'Annaba.
- Cannings, R. A., S. G. Cannings, and L. Ramsy. 2000. *The Dragonflies (Insecta: Odonata) of the Columbia Basin, British Columbia: Field Surveys*. Collections development and public Education. Victoria: Royal British Columbia Museum.
- Carchini, G., V. Della Bella, A. G. Solimini, and M. Bazzanti. 2007. 'Relationships between the presence of odonate species and environmental characteristics in lowland ponds of central Italy.' *International Journal of Limnology* 43 (2): 81–87.
- Corbet, P. S. 1999. *Dragonflies: Behaviour and Ecology of Odonata*. New York: Cornell University Press.
- D'aguilar, J., and J. L. Dommanget. 1998. *Guide des Libellules d'Europe et d'Afrique du Nord*. Ed. Delachaux and Niestlé.
- Dijkstra, K. D. B. 2007. *Guide des libellules de France et d'Europe*. Ed. Delachaux and Niestlé.
- Guebailia, A., R. Khelifa, N. Bouiedda, H. Amari, S. Hadjadj, R. Zebsa, M. Boualem, and M. Houhamdi. 2016. 'Body size, reproductive behaviour, and microhabitat use of two sympatric *Trithemis* species what might allow their sympatry? (Odonata: Libellulidae).' *Odonatologica* 45 (1/2): 23–36.
- Grand, D., and J. P. Boudot. 2006. *Les Libellules de France, Belgique et Luxembourg*. Ed. Biotope, Mèze, (Collection Parthénope).
- Heidemann, H., and R. Seidenbusch. 2002. *Larves et exuvies des libellules de France et d'Allemagne (sauf de Corse)*. Bois-d'Arcy: Société française d'Odonatologie.
- Jacquemin, G. 1987. 'Les odonates de la Merja de Sidi Bou Ghaba (Mehdia, Maroc).' *Bulletin de l'Institut Scientifique de Rabat* 11: 175–183.
- Jacquemin, G., and J. P. Boudot. 1999. *Les Libellules (Odonates) du Maroc*. Société Française d'Odonatologie.
- Khelifa, R. and R. Zebsa. 2018. 'Rediscovery of the regionally critically endangered dragonfly *Lindenia tetraphylla* in Northeast Algeria after 170 years of apparent absence (Odonata: Gomphidae).' *Notulae odonatologicae* 9 (2): 50–54.
- Khelifa, R., A. Youcefi, A. Kahlerras, A. Al Farhan, K. A-Sal-Rasheid, and B. Samraoui. 2011. 'L'odonatofaune (Insecta: Odonata) du bassin de la Seybouse en Algérie: intérêt pour la biodiversité du Maghreb.' *Revue d'écologie (Terre et Vie)* 66 (1): 55–66.
- Khelifa, R., H. Mahdjoub, R. Zebsa, A. Kahalerras, A. Guebailia, H. Amari, and M. Houhamdi. 2013. 'Aspects of reproductive biology and behaviour of the regional critically endangered *Urothemis edwardsii* (Odonata: Libellulidae) on Lake Bleu (Algeria).' *Zoology and Ecology* 23 (4): 282–285.
- Khelifa, R., H. Mahjoub, M. S. Aouaouche, and M. Houhamdi. 2016. 'Reproductive behaviour of a North African endemic damselfly, *Platycnemis subdilata* (Odonata: Platycnemididae) and probable senescence effects.' *International Journal of Odonatology* 19 (3): 157–167.
- Laribi, M., A. Derridj, and M. Acherar. 2008. 'Phytosociologie de la forêt caducifoliée à chêne zéen (*Quercus canariensis* Willd.) dans le massif d'Ath Ghobri – Akfadou (Grande Kabylie, Algérie).' *Fitosociologia* 45 (2): 77–91.
- Lawler, S. P. 2001. 'Rice fields as temporary wetlands.' *Israel Journal of Zoology* 47: 513–528.
- Lebrasseur, J. 2013. *Note d'aide à la mise en place d'inventaires et de suivis odonates*. Rapport GREZIA dans le cadre de la déclinaison régionale du Plan national d'actions en faveur des Odonates.
- Marsh, D. M., and P. C. Trenham. 2001. 'Metapopulation dynamics and amphibian conservation.' *Conservation Biology* 15: 40–49.
- Martin, R., and X. Maynou. 2016. 'Dragonflies (Insecta: Odonata) as indicators of habitat quality in Mediterranean streams and rivers in the province of Barcelona (Catalonia, Iberian Peninsula).' *International Journal of Odonatology* 19 (3): 107–124.
- Mellal, M. K., R. Zebsa, M. Bensouilah, M. Houhamdi, and R. Khelifa. 2018. 'Aspects of the emergence ecology of the regionally endangered *Coenagrion mercuriale* (Odonata: Coenagrionidae) in Northeast Algeria.' *Zoology and Ecology* 28 (3): 224–230.
- Merlet, F., and R. Itrac-Bruneau. 2016. *Aborder la gestion conservatoire en faveur des Odonates. Guide technique*. Office pour les insectes et leur environnement and Société française d'Odonatologie.
- Messaoudene, M. 1989. *Étude dendroécologique et productivité de *Q. canariensis* Willd. et de *Q. afares* Pomel dans les massifs de l'Akfadou et de Beni-Ghobri en Algérie*. Thèse, Université Aix-Marseille III.
- Messaoudene, M., M. Laribi, and A. Derridj. 2007. 'Étude de la diversité floristique de la forêt de l'Akfadou (Algérie).' *Bois et Forêts des Tropiques* 291 (1): 75–81.

- Moali, A., and E. Durand. 2015. 'Découverte de *Selysiothemis nigra* (Vander Linden, 1825) (Odonata, Anisoptera: Libellulidae) au Lac Mezaïa à Béjaïa, Algérie.' *Poiretia, Revue Naturaliste du Maghreb* 7: 1–5.
- Perron, J. M., and L. J. Jobin. 1998. *Odonatofaune des réserves écologiques de l'île d'Anticosti*. Québec: Les Collections de l'Université Laval.
- Raebel, E. M., T. Merckx, P. Riordan, D. W. Macdonald, and D. J. Thompson. 2010. 'The dragonfly delusion: why it is essential to sample exuviae to avoid biased surveys.' *Journal of Insect Conservation* 14: 523–533.
- Rokh, O. 2017. *Recensement de l'Odonatofaune dans différentes zones humides de la région de Bejaia*. Mémoire Master II, Université de Bejaia.
- Rosset, V. 2012. *Biodiversité des mares et étangs: impact du réchauffement climatique et de l'eutrophisation*. Thèse, Faculté des Sciences de l'Université de Genève.
- Samraoui, B., and R. Menai. 1999. 'A contribution to the study of Algerian Odonata.' *International Journal of Odonatology* 2: 145–165.
- Samraoui, B., and P. S. Corbet. 2000. 'The Odonata of Numidia, Northeastern Algeria part I status and distribution.' *International Journal of Odonatology* 3 (1): 11–25.
- Samraoui, B., S. Benyacoub, S. Mecibah, and H. J. Dumont. 1993. 'Afrotropical Libellulids in the Lake District of El Kala, NE Algeria, with a Redescription of *Urothemis e. edwardsii* Selys and *Acisoma panorpoidea ascalaphoides* (Rambur) (Anisoptera: Libellulidae).' *Odonatologica* 22: 365–372.
- Selys-Longchamps, E. DE. 1865. 'Odonates de l'Algérie (*Libellula* de Linné).' *Bulletin de l'Académie d'Hippone* 1: 31–34.
- Selys-Longchamps, E. DE. 1866. 'Additions aux Odonates de l'Algérie.' *Bulletin de l'Académie d'Hippone* 2: 40–41.
- Selys-Longchamps, E. DE. 1871. 'Nouvelle révision des Odonates de l'Algérie.' *Annales de la Société Entomologique de Belgique* 14: 9–20.
- Subramanian, K. A. 2005. *Dragonflies and Damselflies of Peninsular India: A Field Guide*. Bangalore, India: Project Lifescape, Indian Academy of Science.
- Suhling, F., K. Schenk, T. Padeffke, and A. Martens. 2004. 'A field study of larval development in a dragonfly assemblage in African desert ponds (Odonata).' *Hydrobiologia* 528: 75–85.
- Varanguin, N., and D. Sirugue. 2007. 'Inventaires des Odonates patrimoniaux en Bourgogne.' *Revue Scientifique Bourgogne-Nature* 5: 66–80.
- Williams, D. D. 1997. 'Temporary ponds and their invertebrate communities.' *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 7: 105–117.
- Williams, P. J., J. Biggs, G. Fox, P. Nicolet, and M. Whitfield. 2001. 'History, origins and importance of temporary ponds.' *Freshwater Forum* 17: 7–15.
- Zebsa, R., R. Khelifa, and A. Kahalerras. 2015. 'Emergence pattern, microhabitat choice, and population structure of the Maghribian endemic *Gomphus lucasii* Selys (Odonata: Gomphidae) in Northeast Algeria.' *Aquatic Insects* 36 (3–4): 245–255.



## Ecological characterization of the odonatofauna in lotic and lentic waters of northeast Algeria

Abdelmadjid Chelli & Riadh Moulai

To cite this article: Abdelmadjid Chelli & Riadh Moulai (2019): Ecological characterization of the odonatofauna in lotic and lentic waters of northeast Algeria, *Annales de la Société entomologique de France (N.S.)*

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/00379271.2019.1660215>



Published online: 30 Sep 2019.



Submit your article to this journal [↗](#)



View related articles [↗](#)



View Crossmark data [↗](#)



## Ecological characterization of the odonatofauna in lotic and lentic waters of northeast Algeria

Abdelmadjid Chelli \* & Riadh Moulai

Laboratoire de Zoologie Appliquée et d'Écophysiologie Animale, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université de Bejaia, Bejaia, Algeria

(Accepté le 21 août 2019)

**Summary.** The purpose of this paper is to determine the Odonata fauna structure and composition in Bejaia's wetlands, which have been poorly sampled until now. This paper is a report of a pioneer study of dragonflies in the Bejaia area in northeastern Algeria, with the aim to improve the knowledge of the Odonata taxa present in this vast territory, which covers 3268 km<sup>2</sup>. This region is of major importance, and contains Wadi Soummam which is classified by the Ramsar Convention as of international importance. In addition, Lake Mezaia is included in the Gouraya National Park, and the area also contains high mountain forest ponds, which are unknown to both the general public and the scientific community due to their remote location and poor accessibility. Despite the anthropogenic pressures on these wetlands, this study recorded 33 Odonata species, which represented 52% of the species known in Algeria. None were new to the country. The recorded species included two Maghrebian endemic taxa, namely *Platycnemis subdilatata* and *Enallagma deserti*.

**Résumé. Caractérisation écologique de la faune des Odonates des eaux courantes et stagnantes du nord-est de l'Algérie.** Le but de cet article est de déterminer la structure et la composition de la faune odonatologique des zones humides de la région de Bejaia, peu étudiée jusqu'à présent. Cette étude cherche à acquérir une meilleure connaissance des Odonates qu'abrite ce vaste territoire de 3268 km<sup>2</sup>. Elle a été conduite dans des sites d'importance capitale tels que l'Oued Soummam, classé comme site d'importance internationale dans la Convention de Ramsar, le lac Mezaia entant que partie intégrante du parc national de Gouraya et les mares forestières d'altitude dont certaines restent inconnues du grand public et de la communauté scientifique du fait de leur isolement et de leur difficulté d'accès. Malgré les fortes pressions anthropiques qui pèsent sur ces zones humides, cette étude a enregistré 52% des espèces déjà connues d'Algérie. Aucune d'entre elles n'est nouvelle pour le pays. Deux espèces sont endémiques du Maghreb, à savoir *Platycnemis subdilatata* et *Enallagma deserti*.

<http://www.zoobank.org/urn:lsid:zoobank.org:pub:7EB71A90-5117-47BF-A65F-8E8A76DBB638>

**Keywords:** Bejaia; Odonata; wetlands; lentic water; lotic water; ecology

The Odonata constitute a very widespread insect group, present on all continents except Antarctica (Corbet 1999). They use mostly fresh and brackish waters. Some of them specialize in different types of lotic (running) water, from streams to large rivers, while others use lentic (stagnant) water bodies, including lakes, ponds and tanks, as well as temporary water bodies (Corbet 1999). Unfortunately, they are continually threatened with pollution and degradation of their habitat (Dudgeon et al. 2006; Garcia et al. 2010). In the Mediterranean basin, 20% of species are at risk of extinction and about 2.5% are currently extinct at the regional scale (Riservato et al. 2009). The proportion of threatened species in northern Africa is higher (31.6% according to Samraoui et al. 2010) than that of worldwide species assessed so far (10%; Clausnitzer et al. 2009). Odonata, like many other animal groups, are sensitive to environmental changes such as urbanization, pollution, and water quality (Corbet 1999; Remsburg et al. 2008; Garcia et al. 2010). This sensitivity means that Odonata indicator species can reflect the impacts

and pressures on wetlands. They therefore represent an interesting group to assess the aquatic habitat's health and biodiversity (Ferrerias-Romero et al. 2009).

Bejaia, in northeastern Algeria, is a developing town which experienced a strong demographic and industrial growth impacting significantly land, air, and water, with the most heavily affected areas being aquatic habitats and their aquatic fauna.

Studies on water quality and dragonflies in terms of biodiversity and numbers have been carried out worldwide (Catling 2005). The biodiversity, ecology and evolutionary biology of dragonflies are well documented, providing a strong basis to draw general conclusions (Cordoba-Aguilar 2008). Indeed, Odonata are currently one of the most studied and best-known insect groups due to their relatively small number of species (barely more than 6000) and relatively easy identification at species level. Nevertheless, knowledge about this group remains non-existent or incomplete in several Algerian areas, including

\*Corresponding author. Email: [mchelli70@yahoo.fr](mailto:mchelli70@yahoo.fr)

the Bejaia, a coastal region in northeastern Algeria. Before the present study, available data on Bejaia dragonflies were limited to a few prospecting surveys on Mezaia Lake (Allegrini et al. 2006; Moali & Durand 2015). The distribution and status of dragonflies are fairly well documented in North Africa, particularly in Morocco, due to various important publications, such as those carried out by Jacquemin (1984, 1994), Jacquemin & Boudot (1999), Boudot (2008), El Haissofi et al. (2008), Boudot et al. (2009), Boudot & De Knijf (2012) and Boudot & Kalkman (2015). However, similar knowledge has not been accumulated in Algeria, except in the northeast of the country. Indeed, in recent decades, many studies on Algerian Odonata have appeared, but most of them were concentrated in Numidia, in the extreme northeast of Algeria (Samraoui et al. 1998; Samraoui & Menai 1999; Samraoui & Corbet 2000a, 2000b; Samraoui 2009; Khelifa et al. 2011, 2013, 2016; Zebza et al. 2015; Guebailia et al. 2016; Khelifa 2017; Khelifa & Zebza 2018).

As a consequence, the present study was carried out in the Bejaia region to improve the knowledge of the diversity and ecology of dragonflies in the various regional aquatic habitats, with the main purpose update the list of Odonata species and to complete their distribution in the region.

## Material and methods

### Study area

The Bejaia Wilaya, which covers an area of 3268 km<sup>2</sup> (Figure 1), is an Algerian department situated in the northeast of the country, in the Kabylia coastal region. It is located 181 km east of Algiers and c.235 km west of Annaba.

The geographical coordinates at the central point of its main town are 36°45'00"N 5°04'00"E). The area is dominated by mountainous massifs on 75% of its surface, and the whole region is drained by the Soummam River and smaller coastal rivers.

Bejaia benefits from a temperate climate with a mild winter with an average temperature of 15°C, a characteristic of all coastal Mediterranean regions. The summer period, refreshed by marine winds, has an average temperature of about 25°C.

The climate is much harsher at the higher altitudes, with temperatures sometimes below 0°C and abundant snow in winter. The rainy period is November to March, and the average annual rainfall reaches 1200 mm. It has some of the highest rainfall levels in Algeria.

Bejaia's hydrographic system is very extensive and diversified; characterized by the presence of three main types of wetlands.

- (1) It is dotted with lakes, marshes, lagoons, and dams (permanent standing water).
- (2) It also contains high mountain forest ponds (temporary standing water).
- (3) It is crossed by several wadis due to high rainfall (permanent flowing water). The most important wadis are the Aguerioune wadi (80 km), Djemaa wadi (46 km), Zitouna wadi (30 km) and Soummam wadi (90 km), which is one of Algeria's largest water-courses. The latter is a collector for several smaller wadis and has been classified in 2012 as a wetland of international importance in the Ramsar Convention.

### Study stations

Our study stations include various kinds of wetlands, divided into three categories, namely: running water (RW), permanent

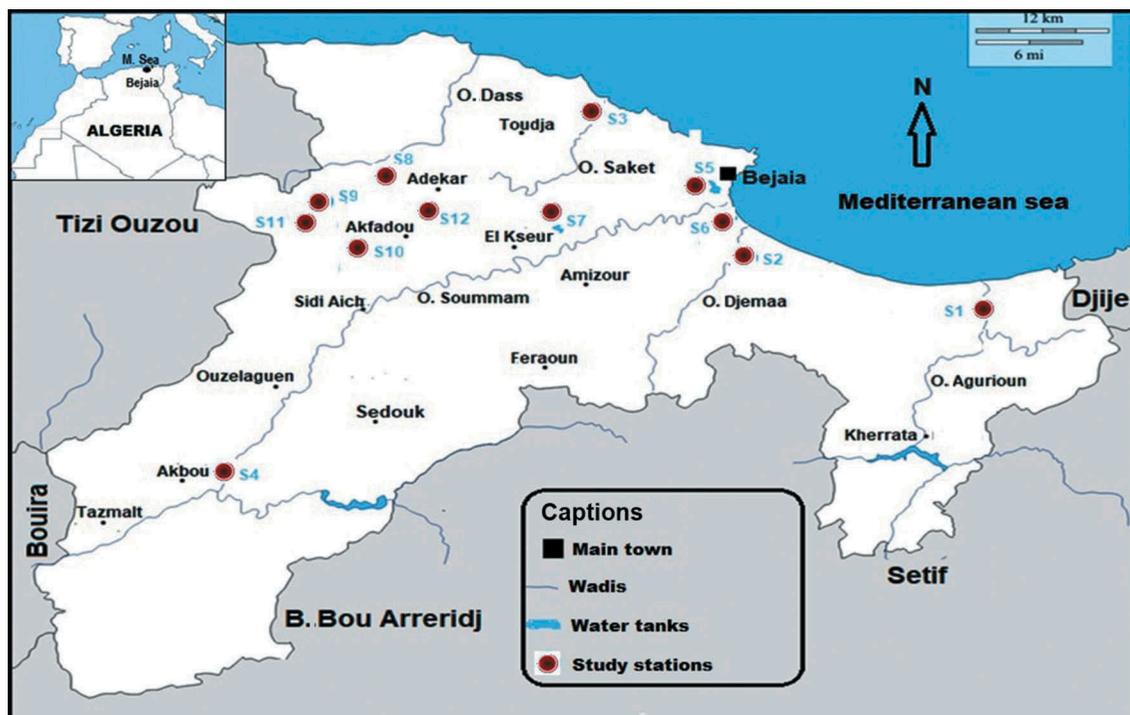


Figure 1. Study area and location of the 12 sites in the Bejaia's hydro system.

stagnant water (PSW) and temporary stagnant water (TSW). Their main characteristics are given in Table 1.

For each locality, we describe the vegetation, as well as the main environmental features and any human disturbance likely to affect dragonflies.

The four wadis (RW) are surrounded by *Populus alba*, *Alnus glutinosa*, *Fraxinus excelsior* and *Eucalyptus camaldulensis* and in some places grow stands of *Nerium oleander*, *Phragmites communis*, *Arundo donax*, *Rubus ulmifolius* and *Rosa sempervirens*. Stretches of heavily vegetated banks covered by *Carex muricata*, *Equisetum ramosissimum* and *Juncus glaucus* occur in some places.

Permanent standing waters (PSW) include Lake Mezaia, Tamelaht Marsh and Betlou dam. They are surrounded by belts of *Phragmites communis*, *Juncus maritimus*, *Typha angustifolia*, *Tamarix africana* and *Arundo donax* especially on the edges of Lake Mezaia and by various trees such as *Populus alba* and *Eucalyptus camaldulensis* in Betlou dam. The five temporary ponds (TSW) are located within the oak Akfadou forest massif. They are bordered by a wooded belt, formed exclusively by *Quercus canariensis*, *Q. afares* and incidentally *Cedrus atlantica*. The low vegetation near water bodies consists of *Erica arborea*, *Calicotome spinosa*, *Rubus fruticosus*, *R. ulmifolius*, *Asphodelus albus*, *Myrtus communis*, *Arbutus unedo*, *Phillyrea angustifolia*, *Erica arborea* and *Pteridium aquilinum* with the marked presence of *Cytisus villosus*. As for the helophytes and hydrophytes there is a dominance of a few species such as: *Persicaria amphibia*, *Potamogeton nodosus*, *Myriophyllum alterniflorum*, *Ranunculus aquatilis*, *Corrigiola litoralis*, *Sparganium erectum*, *Elatine alsinastrum* and the dominance of *Schoenoplectus lacustris* in Alsus pond (Figure 2f), which covers most of the water body with vegetation more than 2 m high.

### Odonata sampling

The sampling was carried out during three years, from 2015 to 2017. Twelve sites were studied ranging from 1 m to 1572 m asl (Table 1).

The surveys were conducted over a period of six months using two types of procedure. In watercourses, a sampling section of 100 m long was delimited. Each stretch of the watercourse was surveyed from one of the banks by walking slowly and regularly to identify individuals in the vegetation and over the water. In the case of standing waters, it was sufficient to walk around the edges of each water body. The duration of each visit was about 2 h under favorable weather, between 10 am and

3 pm. An additional period of 20 min was allocated to the immediate surroundings of each habitat (herbaceous and woody vegetation, etc.), to record sheltered adults. The capture was performed using a butterfly net. The species caught were identified using an aplanatic magnifying glass and relevant identification guides (D'Aguilar & Dommanget 1998; Grand & Boudot 2006). Specimens raising doubts were kept for careful examination in the laboratory.

### Data analysis

The recorded odonatofauna was analyzed based on the chorological categories assigned to each taxon. Comments on taxa abundance and their regional distribution were added. The structure of the communities was also assessed using the specific richness (R), Shannon's index (H') and Pielou's evenness (J). To highlight the affinity/differences between the sampled sites, a factor analysis (FA) was applied to a "species" matrix based on presence/absence.

## Results

### Site overview

The situation in some habitats of the Bejaia Wilaya is poor, especially in watercourses (Figure 2a–d). For example, in Wadi Soummam (S3) pollution has reached high levels, resulting from irresponsible discharge from industries and domestic wastes, including plastic; discharge from municipal sewage treatment and food processing plants; runoff from agricultural fields due to fertilizer application on the surrounding land; as well as water treatment plants. This accumulation has led to the deterioration of water quality, promoting the appearance of filamentous algae (Figure 2a). Except for Wadi Djemaa (S2), which appears to be less impacted, most wadis suffer from disturbances such as sand extraction and water pumping for irrigation (Figure 2c, d). Stagnant water biotopes are also affected, but seem to be less severely impacted. They are constantly subjected to anthropic pressures due on the one hand to the presence of recreational activities, especially in summer, and on the

Table 1. Characteristics of the localities studied.

Typical habitat	Study station	Code	Locality	Altitude	Latitude	Longitude
Running water (RW)	Wadi Aguerioune	S1	Darguina	47 m	36°34'46"N	5°20'52"E
	Wadi Djemaa	S2	Boukhlifa	39 m	36°37'57"N	5°09'31"E
	Wadi Saket	S3	Toudja	6 m	36°49'35"N	4°56'20"E
	Wadi Soummam	S4	Akbou	165 m	36°25'35"N	4°32'40"E
Permanent stagnant water (PSW)	Lake Mezaia	S5	Bejaia	17 m	36°44'51"N	5°03'11"E
	Tamelaht Marshes	S6	Bejaia	1 m	36°42'59"N	5°04'49"E
	Betlou Dam	S7	El Kseur	43 m	36°41'23"N	4°54'18"E
Temporary stagnant water (TSW)	Agoulmime Averkane pond	S8	Adekar	1264 m	36°41'47"N	4°36'09"E
	Ikher pond	S9	Tibane	1065 m	36°37'09"N	4°38'09"E
	Ouroufel pond	S10	Akfadou	1360 m	36°38'41"N	4°34'42"E
	Tala Guizane pond	S11	Chemini	1572 m	36°37'42"N	4°34'03"E
	Alsus pond	S12	Tifra	590 m	36°40'02"N	4°39'56"E



**Figure 2.** Anthropogenic pressures on some Bejaia biotopes: **a, b**, Wadi Soummam; **c, d**, Wadi Aguerioune; **e**, Tamelaht Marsh; **f**, Alsus pond.

other hand to overgrazing in the immediate surroundings. The banks are trampled by cows, forming a mud layer without vegetation (Figure 2e). Another alarming case is noted in the forest pond (S12), which has been invaded by *Schoenoplectus lacustris*, organized into belts and progressing centripetally, greatly reducing the open water surface (Figure 2f). This situation could have harmful effects on the local Odonata community. In the absence of adequate protection and conservation measures, this and similar habitats will gradually lose their exceptional biodiversity.

### *Odonata species inventoried*

We recorded 33 species of Odonata belonging to both suborders Zygoptera (33%) and Anisoptera (67%). They included seven families. The Libellulidae family was the most diversified with 14 taxa, accounting for 42% of all Odonata recorded. The Aeshnidae comprised six taxa

(18%) and the Coenagrionidae five taxa (15%). Lestidae and Gomphidae comprised four (12%) and two taxa (6%), respectively. Finally, Calopterygidae and Plactynemidae had only one taxon (3.5%) each (Table 2).

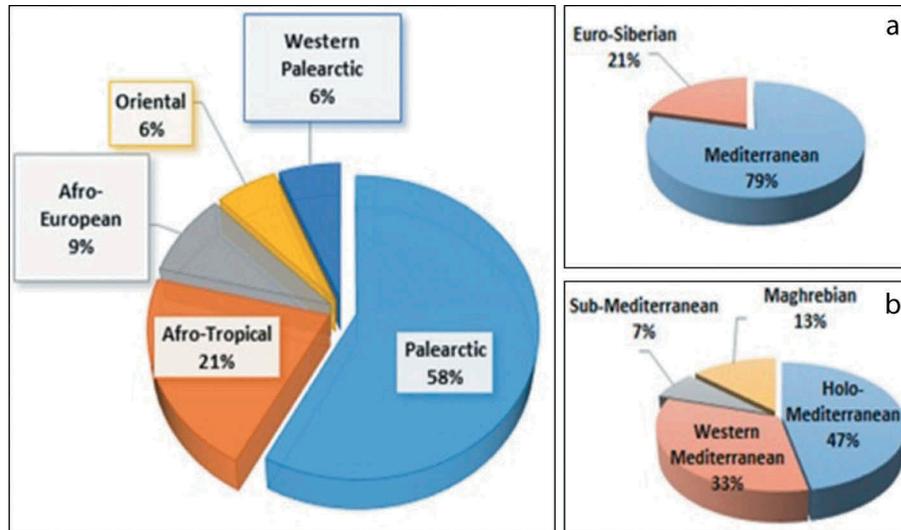
With this richness, this territory contains more than half of the Algerian odonatofauna, which is composed of 63 species (Samraoui & Menai 1999). Four species, *Ischnura graellsii*, *Anax imperator*, *Orthetrum cancellatum*, and *Sympetrum fonscolombii*, are common in different wetland types. They are also abundant and widely spread (Table 2).

### *Chorology of the species listed*

Based on work of Jacquemin & Boudot (1999), Boudot (2008), El Haissoufi et al. (2008) and Boudot & De Knijf (2012), the Odonata species inventoried in the Bejaia Wilaya can be classified into five groups according to their geographical range (Figure 3).

Table 2. Checklist of species recorded at different sites in the Bejaia area; +, rare; ++, uncommon; +++, quite common; +++++, abundant; -, absent; Code, abbreviation of the scientific name of the Odonata species; RW, running water; PSW, permanent stagnant water; TSW, temporary stagnant water; \*, common taxa.

Suborder	Family	Species	Code	RW	PSW	TSW	
<b>Zygoptera (33%)</b>	Calopterygidae (3.5%) Lestidae (12%)	<i>Calopteryx haemorrhoidalis</i> (Vander Linden, 1825)	Ch	++	-	-	
		<i>Chalcolestes viridis</i> (Vander Linden, 1825)	Cv	-	-	+++	
		<i>Lestes barbarus</i> (Fabricius, 1798)	Lb	-	-	++	
	Platycnemididae (3.5%) Coenagrionidae (15%)	<i>Lestes virens</i> (Charpentier, 1825)	Lv	-	+	+++	
		<i>Sympetma fusca</i> (Vander Linden, 1820)	Sf	-	-	+	
		<i>Platycnemis subdilata</i> Selys, 1849	Ps	++	-	-	
		<i>Erythronma lindenii</i> (Selys, 1840)	El	-	-	+	
		<i>Ceriatrion tenellum</i> (Villers, 1789)	Ct	-	+	-	
		<i>Coenagrion scitulum</i> (Rambur, 1842)	Cs	-	+	++	
	<b>Anisoptera (67%)</b>	Aeshnidae (18%)	<i>Enallagma deserti</i> (Selys, 1871)	Ed	-	+	++
			<i>Ischnura graellsii</i> (Rambur, 1842)*	Ig	++	+++	+++
			<i>Aeshna affinis</i> Vander Linden, 1820	Aa	+	-	++
			<i>Aeshna isocetes</i> (O. F. Müller, 1767)	Ais	-	+	+
<i>Aeshna mixta</i> Latreille, 1805			Am	-	-	+	
<i>Anax imperator</i> Leach, 1815*			Ai	++	+++	+++	
<i>Anax parthenope</i> (Selys, 1839)			Ap	+	++	-	
<i>Hemianax ephippiger</i> (Burmeister, 1839)			He	-	-	+	
<i>Onychogomphus forcipatus unguiculatus</i> (Vander Linden, 1820)			Ogf	+	-	-	
<i>Onychogomphus uncatus</i> (Charpentier, 1840)			Ogu	+	-	-	
<i>Brachythemis imparita</i> (Karsch, 1890)			Bi	-	++	-	
<i>Crocothemis erythraea</i> (Brullé, 1832)			Ce	+++	+++	-	
<i>Diplacodes lefebvrei</i> (Rambur, 1842)			DI	-	+	-	
<i>Orthetrum cancellatum</i> (Linnaeus, 1758)*	Oca	+	++	+++			
<i>Orthetrum chrysostigma</i> (Burmeister, 1839)	Och	-	++	-			
<i>Orthetrum coerulescens anceps</i> (Schneider, 1845)	Oco	+++	++	-			
<i>Orthetrum trinacria</i> (Selys, 1841)	Otr	-	++	-			
<i>Selysiothemis nigra</i> (Vander Linden, 1825)	Sn	-	+	-			
<i>Sympetrum fonscolombii</i> (Selys, 1840)*	Sfo	++	++	+++			
<i>Sympetrum meridionale</i> (Selys, 1841)	Sm	-	-	++			
<i>Sympetrum sanguineum</i> (O. F. Müller, 1764)	Ss	-	-	+++			
<i>Sympetrum striolatum</i> (Charpentier, 1840)	Sst	-	-	+++			
<i>Trithemis annulata</i> (Palisot de Beauvois, 1807)	Ta	++	+++	-			
<i>Trithemis kirbyi</i> Selys, 1891	Tk	+	+	-			
			<b>14</b>	<b>19</b>	<b>18</b>		



**Figure 3.** Chorology of Bejaia Odonata: **a**, Paelearctic elements; **b**, Mediterranean elements.

- (1) Western Paelearctic elements: species restricted to the western part of the Paelearctic domain. They are represented by two taxa (*Chalcolestes viridis* and *Sympetrum striolatum*).
- (2) Paelearctic elements: Species present in the old world and becoming rare or disappearing in the intertropical zone. They can be divided into two sub-sets.
  - (a) Euro-Siberian elements: species widely spread from Middle Europe to Siberia and not mainly with a Mediterranean center of gravity. There are represented by four species: *Sympetma fusca*, *Aeshna mixta*, *Orthetrum cancellatum*, and *Sympetrum sanguineum*.
  - (b) Mediterranean elements: species having their center of gravity in the Mediterranean basin. They can be divided into four sub-units.
    - Holo-mediterranean species: species widespread throughout the Mediterranean basin. We note seven taxa: *Erythromma lindenii*, *Coenagrion scitulum*, *Ceriagrion tenellum*, *Lestes barbarous*, *Anax parthenope*, *Aeshna affinis*, and *Sympetrum meridionale*.
    - Western Mediterranean species: species with the core of their range strictly positioned in the western Mediterranean basin. Five species are in this group, namely: *Calopteryx haemorrhoidalis*, *Lestes virens*, *Onychogomphus uncatius*, *O. forcipatus unguiculatus*, and *Ischnura graellsii*.
    - Sub-Mediterranean species: *Aeshna isocoles* shows a clear Mediterranean affinity but has been significantly expanding northwards in recent decades (Boudot & Kalkman 2015).
    - Maghrebian species: species whose distribution is centered on northwest Africa. Only two species are listed here, namely the two Maghrebian endemic *Platycnemis subdilata* and *Enallagma deserti*.
- (3) Afro-tropical elements: species ranging mostly within sub-Saharan Africa but occurring secondarily in North Africa and sometimes in South Europe. Seven species pertain to this group, namely *Hemianax ephippiger*, *Brachythemis impartita*, *Diplacodes lefebvrii*, *Orthetrum chrysostigma*, *O. trinacria*, *Trithemis annulata* and *T. kirbyi*.
- (4) Afro-European elements: species with a very wide distribution covering at least Africa and a large part of Europe, sometimes even Asia. They are represented by three species, namely *Anax imperator*, *Crocothemis erythraea* and *Sympetrum fonscolombii*.
- (5) Oriental elements: species ranging mostly in Asia but extending sometimes to North Africa and/or South Europe. Two species should be placed here, namely *Orthetrum coerulescens anceps* (which ranges from Pakistan to Morocco) and *Selysiotthemis nigra* (which ranges from Central Asia, Pakistan and NW India to the whole Arabian Peninsula, South Algeria, the whole Maghreb, north Italy and Spain).

Figure 3 shows that the chorological composition of the odonatological settlement in the Bejaia Wilaya is mostly composed of Paelearctic elements (58%), followed by Afro-tropical elements (21%), and then by Afro-European elements (9%). The Oriental and West Paelearctic elements come last with 6% each.

**Comment about the recorded species**

For each species, we will indicate an abundance index (which ranges from I to IV, from the rarest to the most frequent species); the code of the locality where the species was observed; and its flight period. A short commentary presenting its local distribution and its distribution in the northern Algerian regions is also given, based on other works carried out in other parts of northern Algeria (Samraoui et al. 1992, 1993, 1998, 2003; Samraoui & Menai 1999; Samraoui & Corbet 2000a, 2000b; Samraoui 2009; Khelifa et al. 2011; Benchalel & Samraoui 2012; Kabouche 2013; Bouchelouche et al. 2015; Samraoui & Alfarhan 2015; Hafiane et al. 2016; Yalles Satha & Samraoui 2017; Sellam-Bouattoura et al. 2018).

**Suborder Zygoptera****Calopterygidae*****Calopteryx haemorrhoidalis*** (Vander Linden, 1825)

Index II. Stations (S1, S2, S3). This is the only species of *Calopteryx* listed in the Bejaia region; it is limited to low-altitude running watercourses. This species is uncommon and moderately abundant. It is visible from early April to late September. In Numidia, however, it is common and limited to fast-flowing watercourses.

**Lestidae*****Chalcolestes viridis*** (Vander Linden, 1825)

Index II. Stations (S8, S9, S12). In the Bejaia Wilaya, this species is abundant in number of individuals but shows a limited distribution, as it was recorded only in high altitude temporary ponds surrounded by thick vegetation. The density of individuals in locality S12 is remarkable, especially in late August and early September; as a few steps away, dozens of individuals could be found. The first imagoes were noted in early June, and the species is on the wing until the end of September. This *Lestes* is present in the north of the country and is common in Numidia, where the flight period extends from April to the beginning of December (Samraoui 2009).

***Lestes barbarus*** (Fabricius, 1798)

Index II. Stations (S9, S10, S11, S12). Locally, this *Lestes* is uncommon and less abundant than *Lestes virens* and *Chalcolestes viridis* and seems to be associated with temporary forest ponds. Adults occur from early June to late September. The species is present throughout the north of the country and is abundant in Numidia.

***Lestes virens*** (Charpentier, 1825)

Index II. Stations (S5, S9, S10, S11, S12). Like both other regional Lestidae, it has an affinity for stagnant

waters in the region, especially in high-altitude temporary ponds. It was noted with a moderate population in locality S5 and showed a high density in S12 in early September. The flight period for this species extends from June to October. The species is widespread and abundant in Numidia but was rarely reported in the northwest of the country where a single record by Samraoui & Menai (1999) from Tlemcen is available (dated 1990 onwards).

***Sympetma fusca*** (Vander Linden, 1820)

Index I. Stations (S8). In Bejaia, this species is scarce and not very abundant. It was found in a single temporary forest mountain pond (1264 m asl) bordered by a wooded belt. This species hibernates as imagoes and the first were recorded in spring at the beginning of May. The emergence of the new generation should occur in summer and the last imagoes were found at the end of September. This species is presently common in Numidia but most records from other parts of North Algeria are old and scattered (Boudot et al. 2009; Bouchelouche et al. 2015; Boudot & Kalkman 2015).

**Platycnemididae*****Platycnemis subdilatata*** (Selys, 1849)

Index I. Stations (S1, S2). This endemic North African species is the only Platycnemididae found in North Africa. It is scarce and not abundant in the Bejaia region and was only noted in two wadis with low populations. Adults are visible from early May to late September. This species is associated with various types of wadis. It is moderately represented in northern Algeria but is fairly common in the well-explored Numidia.

**Coenagrionidae*****Erythromma lindenii*** (Selys, 1840)

Index I. Station (S9). This species is scarce and not abundant in the Bejaia district. It was collected in low numbers at a single temporary forest mountain pond (1065 m), which is most exposed to sunshine. Adults are noted from May to September. The species is moderately represented in northern Algeria but is common in Numidia.

***Ceriagrion tenellum*** (Villers, 1789)

Index I. Station (S5). This species is scarce and not abundant in the Bejaia region. It was found in the low-altitude Mezaia lake (17 m). Like *E. lindenii*, it is registered from May to September. It is relatively common in Numidia and was recorded in central and western North Algeria in scattered old and recent localities (Morton 1905; Lacroix 1925; Schmidt 1953; Lieftinck 1979; Samraoui & Menai 1999).

***Coenagrion scitulum*** (Rambur, 1842)

Index II. Stations (S7, S10, S11). In the Bejaia region, this species is uncommon and not abundant. It was observed only in stagnant, generally temporary waters with moderate populations at low altitudes (S7). Adults are noted from May to September. The species is common in Numidia but is almost missing from the central and western parts of North Algeria, although two old records are available from south of the Tell Atlas (Ain Rich and Laghouat) (Selys 1902), which match a similar locality in Tunisia in the Tozeur area (Boudot et al. 2009).

***Enallagma deserti*** (Selys, 1871)

Index III. Stations (S7, S8, S9, S10, S11). This other Maghrebian endemic species is rather common in the Bejaia region, although it showed a low abundance in most localities. It is dependent on stagnant water and is particularly present in temporary forest mountain ponds up to an altitude of 1264 m. Adults are noted from May to September in a very low densities except in locality S7, where the number of adults observed reached about 20 individuals in June. This species is well distributed from Morocco to Tunisia in ponds and shallow lakes (Boudot 2008). It is present in Numidia and shows a second area of distribution in the northwest of Algeria near the Moroccan border (Ris 1928; Samraoui & Menai 1999).

***Ischnura graellsii*** (Rambur, 1842)

Index IV. Stations (S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9, S10, S11, S12). This species is one of the most common dragonflies in the Bejaia region and is fairly well distributed with very large populations in all visited localities. It was found on both running and stagnant waters. Adults are visible from April to September, but the number of individuals varies greatly with the season. Adults are the most numerous from the end of April throughout all summer months, forming considerable crowds, especially in locality S12 where more than 400 individuals were recorded. The species is also widespread and abundant from east to west in the northernmost part of the country and is well known in Numidia as well as in north central and north-western Algeria. South of the Tell Atlas, it is replaced by *Ischnura saharensis* throughout most of the Sahara.

**Suborder Anisoptera****Aeshnidae*****Aeshna affinis*** (Vander Linden, 1820)

Index II. Stations (S2, S9, S11, S12). This species is uncommon in the Bejaia region. It is mostly restricted to temporary ponds in hills and mountains up to 1572 m, although vagrant individuals are sometimes found in

marshy wetlands at low elevation (S2). Adults are noted from May to August. This species is apparently missing from northwest Algeria but is present in the well investigated Numidia.

***Aeshna isocoles*** (O. F. Müller, 1767)

Index II. Stations (S6, S7, S12). This species is uncommon in the Bejaia region where it was observed only in stagnant waters below 600 m asl. The few individuals observed were recorded from mid-May to the end of August. In other parts of Algeria, it is restricted to Numidia, where it is not very abundant.

***Aeshna mixta*** (Latreille, 1805)

Index I. Station (S12). This species remains scarce in the Bejaia region, and where it occurs, is not abundant. It was noted in a single temporary forest pond at medium altitude (590 m asl), where it showed its highest density at the end of August. Adults were observed over a relatively short period, from early August to late September. More to the east the species is abundant and widespread in Numidia, where it estivates for four months or more in upland forests after emergence, coming back to the low elevation wetlands to breed from October to December (Samraoui et al. 1998; Samraoui & Corbet 2000a).

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

Index IV. Stations (S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9, S10, S11, S12). In our study area, this Aeshnidae is the only one that is fairly frequent and widely distributed. It is noted in all the 12 localities studied. The adults are found early in the season in April and the flight period extends usually up to late September and sometimes December according to Samraoui & Menai (1999). This species, known all along the coastal and sub coastal part of North Algeria, is abundant in Numidia and extends further south deep into the Algerian Sahara and the whole of Africa (Boudot et al. 2009; Boudot & Kalkman 2015).

***Anax parthenope*** (Selys, 1839)

Index II. Stations (S3, S5, S6, S7). In the Bejaia region, this species is relatively common with moderate abundance. It is noted much more in stagnant than in running waters from April to September. It is recorded all along the coastal and sub coastal area of North Algeria, and is widespread in Numidia, extending further south deep into the Algerian Sahara, northern Chad and North Sudan (Boudot et al. 2009; Boudot & Kalkman 2015).

***Hemianax ephippiger*** (Burmeister, 1839)

Index I. Station (S9). This well-known migrant remained scarce and was not very abundant in our localities during our work. It was found at a single forest mountain pond (1065 m asl) with few individuals observed from early May to late August. The species is well-known from Numidia, but records from other parts of northern Algeria are old (Oran, Keddara and Lac Hamiz (Lacroix 1925; Dumont & Desmet 1990). *Hemianax ephippiger* is mostly an Afrotropical species which migrates northwards every year, taking advantage of the seasonal monsoon fronts to breed in temporary ponds. It usually spends winter in the Saharan belt, waiting the increase of temperatures to cross the Atlas Mountains further north (Dumont & Desmet 1990), where the species reaches continental Europe and sometimes Iceland and the Faroe Islands (Lambret & Boudot 2009).

**Gomphidae*****Onychogomphus forcipatus unguiculatus*** (Vander Linden, 1820)

Index I. Station (S2, S4). This taxon constitutes the West Mediterranean representative of the polytypic species *Onychogomphus forcipatus* (Linnaeus, 1758). It was scarce and uncommon during our study and was found only in two wadis with only about a dozen individuals from May to late of August. It is known all along the coastal and sub coastal part of North Algeria, including Numidia, but remains scarce in these regions, as a probable result of the poor water quality of the wadi systems. Records from the northwestern Algeria are old and in small numbers (Hammam Bou Hadjar & Sebdoù) (Morton 1905; Schmidt 1936).

***Onychogomphus uncatus*** (Charpentier, 1840)

Index I. Station (S2). This species, which favors swift running waters, seems to be very scarce and not very abundant in the Bejaia region. Of the four wadis surveyed, this species was recorded only in Wadi Djemaa. It is much less common than *O. forcipatus unguiculatus* due to the ecological requirements of the larvae, which need clear and well-oxygenated water (D'Aguilar & Dommanget 1998). The few individuals found were recorded over a short period from early July to late August. This species is very scarce in Numidia and most of records from other parts of northern Algeria are old and scattered, excepted for a modern record in the Algiers region (Wadi Aïssi) by Lounaci et al. (2000) (Boudot et al. 2009; Boudot & Kalkman 2015).

**Libellulidae*****Brachythemis impartita*** (Karsch, 1890)

Index I. Station (S7). This remarkable African species, only recently distinguished from *Brachythemis leucosticta* (Burmeister, 1839), remains rare in the Bejaia region with a single moderate population found at a low elevation dam lake (43 m asl). The first adults appear in early May and the flying season extends up to the end of September. This species is quite widespread, is known from most of northern Algeria in coastal and sub coastal localities, and is abundant in Numidia.

***Crocothemis erythraea*** (Brullé, 1832)

Index III. Stations (S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7). This is a quite frequent and moderately abundant species in the Bejaia region, where it occurs in running as well as in stagnant water at low elevation. This species seems to be completely absent in temporary high-altitude waters. The first adults appear very early in April and the flight period extends to the end of September and sometimes to December (Samraoui & Menai 1999). The species is present throughout all parts of Algeria, and is widespread and very abundant in Numidia.

***Diplacodes lefebvrei*** (Rambur, 1842)

Index I. Stations (S5). This species is scarce and weakly abundant in the Bejaia region. Only a few individuals were found at Lake Mezaia between May and August, a locality where Moali & Durand (2015) found it already in August 2013. More to the east, this species is well settled and abundant in Numidia whereas in other parts of northern Algeria a single old record is available from Algiers (Selys in Lucas 1849).

***Orthetum cancellatum*** (Linnaeus, 1758)

Index III. Stations (S4, S6, S7, S8, S9, S10, S11, S12). In the Bejaia region, it remains the most widespread and most frequent species of the *Orthetrum* genus, especially in stagnant waters, and it is found at altitudes of up to 1572 m. Adults are observed from April to September. Although the few records originating from the northwestern coast of the country are all rather recent (Samraoui & Menai 1999; Sellam-Bouattoura et al. 2018), this species is widespread in Numidia, where it is associated with open stagnant water and has been known for more a century (Selys 1871; McLachlan 1897; Martin 1901; Le Roi 1915; Samraoui et al. 1992; Samraoui & Corbet 2000a; Khelifa et al. 2016; Yalles Satha & Samraoui 2017).

***Orthetrum chryso stigma*** (Burmeister, 1839)

Index II. Stations (S1, S2, S6). This *Orthetrum* is uncommon at relatively low abundance in the study area. It is noted only in a few wadis and in Tamelaht Marsh and is on the wing from April to September. This species is widespread and common throughout Algeria and the whole of Africa and reproduces in both seasonal wadis and any lentic habitats (Samraoui & Corbet 2000a).

***Orthetrum coerulescens anceps*** (Schneider, 1845)

Index III. Stations (S1, S2, S3, S4, S5, S6). This species is widely distributed in the Bejaia region, where, however, it shows a low abundance. It is much more often located in lotic than in lentic water. The imagoes are observed from May to September and sometimes October (Samraoui & Menai 1999). The species is present in northern Algeria and is widespread, and abundant in Numidia.

***Orthetrum trinacria*** (Selys, 1841)

Index I. Stations (S5, S7). Locally, this *Orthetrum* is scarce and not very abundant. It was recorded only in low altitude stagnant waters from early May to late September. It shows a scattered distribution in North Algeria and more to the south is just scattered in the Sahara. It is well settled in Numidia and is also present in the northwest of the country.

***Selysiotthemis nigra*** (Vander Linden, 1825)

Index I. Stations (S5, S6). This species is scarce and been found in low density populations in the Bejaia region. Although it has long been known to be present in the southern Algerian regions (Ris 1913; Dumont 1978; Samraoui & Menai 1999), this species, which shows a vagrant and migratory temperament (Boudot & De Knijf 2012) was only recently discovered in North Algeria, in August 2013 on the banks of Mezaia Lake (Moali & Durand 2015), where we found it again. In addition, we collected some individuals in a second locality, the Tamelaht marsh (S6) over a relatively short period. This species is on the wing from early June to late August.

***Sympetrum fonscolombii*** (Selys, 1840)

Index III. Stations (S4, S5, S6, S7, S8, S9, S10, S11). This *Sympetrum* is quite common and abundant in the Bejaia region. Being a vagrant and migrant species, it was found in numerous localities and showed even high numbers in high altitude temporary ponds. Adults were registered from April to September. The species is scattered

over the whole of Algeria, including the Sahara and is particularly abundant in Numidia.

***Sympetrum meridionale*** (Selys, 1841)

Index II. Stations (S10, S12). This *Sympetrum* is uncommon and shows relatively low abundance in the Bejaia region. It has a restricted distribution in the studied area, where it was found only in two high altitude temporary forest ponds with very dense vegetation. Imagoes were observed from the beginning of June to the end of September. In Algeria, this *Sympetrum* species is restricted to the north of the country. Its seasonal ecology has been well studied in Numidia, where it estivates for three to four months in upland forests after emergence, coming back to low elevation wetlands to breed from September to November (Samraoui et al. 1998, 2000).

***Sympetrum sanguineum*** (O. F. Müller, 1764)

Index II. Stations (S1, S8, S9, S10, S12). As in the whole of Maghreb, *S. sanguineum* is uncommon in the Bejaia area, where it shows a moderate abundance. There, this species is mostly present in mountain forest ponds up to 1264 m asl, with nevertheless a presence of a few individuals at lower elevations (locality S1). The first adults appear in June and the flight period continues until the end of September. More to the east this species remains uncommon, where some modern records (1990 onwards) have been reported from Jijel and the Guerbes wetlands (Samraoui & Belair 1997; Samraoui & Menai 1999; Samraoui & Corbet 2000a). Older records are available from the coastal and subcoastal area of North Algeria West of Bejaia from Agoulmim Ouroufal, Tala Kitane and Mascara (Lacroix 1925).

***Sympetrum striolatum*** (Charpentier, 1840)

Index II. Stations (S9, S10, S11, S12). Like *S. sanguineum*, this species has a restricted distribution and appears to be associated with Bejaia's high-altitude temporary ponds. Adults were noted from early May to late September. The species is known from the whole of northern Algeria, particularly from Numidia where it is abundant in a greater variety of habitats, including brackish ponds (Samraoui & Menai 1999). Records from the Tell Atlas and northwestern coastal Algeria are scarce and old (Morton 1905; Lacroix 1925).

***Trithemis annulata*** (Palisot de Beauvois, 1807)

Index III. Stations (S1, S2, S4, S5, S6, S7). This species is fairly common, but where it occurs, is apparently not abundant. It is found much more frequently in

stagnant water than in running water and is completely absent in temporary high-altitude ponds. Adults are visible from early May to September. The species is known throughout most of Algeria, including the Sahara, and, in the north is widespread and abundant in Numidia.

***Trithemis kirbyi* (Selys, 1891)**

Index II. Stations (S2, S3, S6). This *Trithemis* shows a restricted distribution in the Bejaia region, and, where it occurs, is not very abundant. It was found in only three localities. Its flight period extends from early May to the end of August and sometimes to October according to Samraoui & Menai (1999). It was not included in the surveys of Samraoui & Corbet (2000a, 2000b) from northeast Algeria, but, being in expansion throughout the West Mediterranean, is now reported in Numidia in the Sybousse catchment area (Khelifa et al. 2011) and in various parts of the coastal and subcoastal areas of central and northwestern Algeria.

**Structure of the Odonata communities**

In order to better understand the structure of regional Odonata communities, a treatment of abundance, richness, and diversity have been carried out. The results are given in Table 3 and Figure 4.

The spatial distribution of the regional Odonata and their abundance could be attributed to the nature and condition of the aquatic habitats investigated and the

Table 3. Species diversity indices for the study sites. S, species richness; N, species abundance; J', Pielou's evenness; H', Shannon's index; Rank 1, highest diversity; 2, medium diversity; 3, lowest diversity.

Sites stations	S	N	H'	H'max	J'	Rank	
Running water (RW)	S1	09	378	2.84	3.16	0.89	2
	S2	12	427	3.03	3.55	0.85	1
	S3	07	190	2.40	2.79	0.86	3
	S4	08	271	2.54	2.99	0.84	3
Permanent stagnant water (PSW)	S5	13	445	3.18	3.78	0.84	1
	S6	12	332	3.26	3.68	0.88	1
	S7	12	519	3.32	3.58	0.92	1
Temporary stagnant water (TSW)	S8	09	534	2.73	3.16	0.86	2
	S9	12	432	3.33	3.58	0.93	1
	S10	10	481	2.98	3.32	0.89	2
	S11	10	438	3.07	3.32	0.92	1
	S12	12	2131	2.43	3.58	0.67	3

various pressures impacting them. Stagnant water seems more diversified and more favorable to Odonata settlement than running water (Figure 4). Water quality seems to have a decisive influence for biodiversity in some localities, particularly in the wadis. In fact, the highest values of abundance and richness are noted in stagnant waters except in Wadi Djemaa (S2) where we found a richness of 12 taxa and a relatively high abundance compared to the other three wadis for which abundance and richness values are low (Figure 4).

It should be noted that this wadi is the least affected by human activity and is believed to have the highest

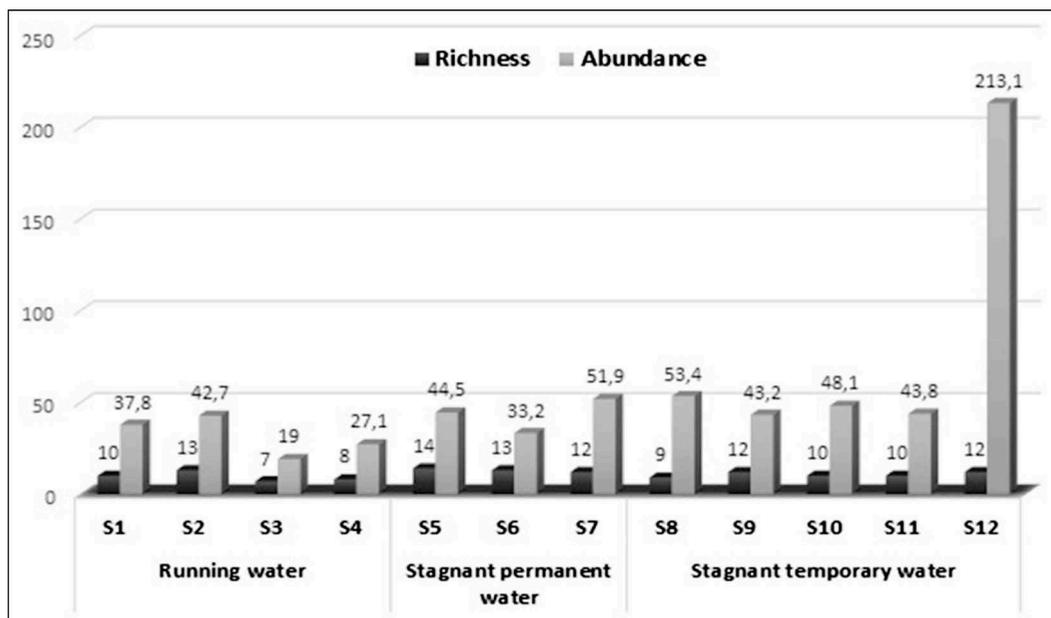


Figure 4. Richness and abundance of Odonata in the Bejaia localities studied (the values of abundance frequency are in multiples of 10).

water quality among all our lotic localities. With its swift but not torrential flow rate and clear water, it favors the installation of some sensitive lotic dragonflies such as *Calopteryx haemorrhoidalis* and *Onychogomphus uncutus*. The richest habitat remains undoubtedly Lake Mezaia (S5), which is a protected wetland area included in the Gouraya National Park with 13 taxa. In addition, one of the temporary forest ponds (S12) is the locality where the greatest abundance of individuals has been noted (2131). This high value is explained by the strong proliferation of the Lestidae and Coenagrionidae. In this locality, more than 80% of the population is concentrated on three species, namely: *Lestes virens*, *Chalcolestes viridis* and *Ischnura graellsii*. There is an inequitable distribution of individuals among the different taxa, with a value of 0.67 for Pielou's evenness index (Table 3), which could only be explained by the predominance of some species over others.

The localities containing the most well-structured and stable odonatological communities were the temporary ponds S9 and S11 as well as the El Kseur dam (S7) with equitability values of 0.92–0.93 (Table 3). This is probably due to the fairly open and sunny structure of these habitats, which consequently offered ideal conditions for the settlement of Odonata.

To better identify the odonatological communities associated with the various habitats included in this study, a factor analysis (FA) was carried out, with presence/absence of Odonata species in different water types (Figure 5). We can distinguish three principal species groups, which diverge from the center of the graph (circled in red) (Figure 5). These are taxa frequenting

running water (RW), namely *C. haemorrhoidalis* (Ch), *P. subdilatata* (Ps), *O. forcipatus unguiculatus* (Ogf) and *O. uncutus* (Ogu); taxa more or less confined to low altitude permanent stagnant water (PSW), namely *O. trinacria* (Otr), *S. nigra* (Sn), *D. lefebvreii* (DI), *B. impartita* (Bi) and *C. tenellum* (Ct), and finally taxa specific to high-altitude temporary stagnant water (TSW), represented by *C. viridis* (Cv), *L. barbarus* (Lb), *S. fusca* (Sf), *E. lindenii* (El), *H. ephippiger* (He), *S. meridionale* (Sm) and *S. striolatum* (Sst). Another group was composed of ubiquitous taxa common to the different biotopes along an altitude ranging from sea level to 1572 m asl. This group is located near the center of the graph (surrounded in green) and includes *I. graellsii* (Ig), *A. imperator* (Ai), *O. cancellatum* (Oca) and *S. fonscolombii* (Sfo). Three subgroups of species also emerge between the three habitats types (circled in blue). They represent the species found both in lentic and lotic habitats.

### Discussion

The results of this study allow us to state that Bejaia's wetlands and rivers currently contain at least 33 Odonata species, which corresponds to 52% of all Odonata species found throughout Algeria (Samraoui & Menaï 1999) and 73% of the species known from Numidia (Samraoui & Corbet 2000a and studies referenced therein). This percentage illustrates the great richness of the odonatological community in this territory, although this area represents only 0.13% of the Algerian territory. It also suggests that the water quality of some habitats in the region is still

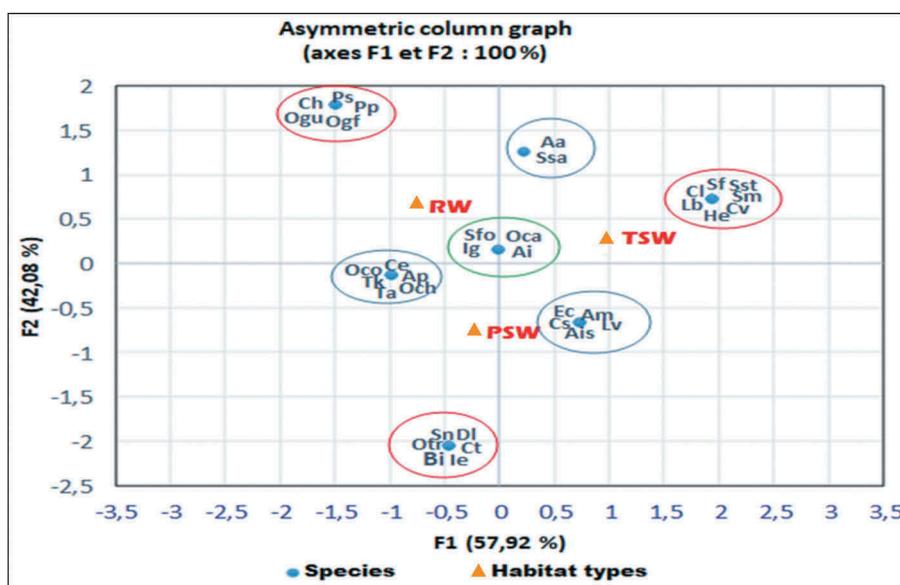


Figure 5. Factor analysis (FA) map of sites based on presence/absence of all species inventoried in the Bejaia area.

sufficiently acceptable to support these species despite the serious damage caused by humans and the obvious resulting decrease in biodiversity. It is noteworthy that the most prominent lotic endemics of the Maghreb and Ibero-Maghreb Odonata species, such as *Calopteryx exul*, *Onychogomphus costae*, *Cordulegaster boltonii algerica* and *Orthetrum nitidinerve*, which probably should have been in existence in the region before human influence, seem to be currently missing and that 50% of the taxa met along the wadis are ubiquitous species (*Platycnemis subdilatata*, *Ischnura graellsii*, *Crocothemis erythraea*, *Orthetrum cancellatum*, *O. chrysostigma*, *Orthetrum coerulescens anceps*, *Sympetrum fonscolombii* and *Trithemis annulata*), emphasizing the banalization of the regional fauna. As a result, the situation is currently alarming in many Algerian wadis, as already pointed out by Bouchelouche et al. (2015), Hafiane et al. (2016) and Sellam-Bouattoura et al. (2018), due to the cumulative effects of urban and industrial wastewater, the degradation of the wadi bed structure and the illegal pumping of water for agricultural activities. Despite this trend towards the impoverishment and banalization of the regional dragonfly fauna, and although no species new for North Algeria has been found, Bejaia's odonatofauna still includes two Maghrebian endemic species (*Platycnemis subdilatata* and *Enallagma deserti*).

The analysis of the composition of the Odonata community in the Bejaia Wilaya, based on the chorological categories found in this territory, shows that it is mostly of Palearctic origin and shows a predominance of Mediterranean elements. Nevertheless, we noted a significant presence of Afro-tropical taxa (*Orthetrum chrysostigma*, *O. trinacria*, *Trithemis annulate*, *T. kirbyi*, *Hemianax ephippiger*, *Brachythemis impartita* and *Diplacodes lefebvreii*) largely inherited from the past climatic oscillations experienced by the north of Africa since the last glacial times (Dumont 1982), but also from current migrations (*Hemianax ephippiger*). This picture is in every respect similar to what is known over most of the Maghreb (Dumont 1977; Jacquemin & Boudot 1999; Samraoui & Menai 1999; Jödicke et al. 2000). These climate oscillations did not stop but currently global warming is largely induced by human activities. Nevertheless, the current northwards expansion of some Afro-tropical species such as *Trithemis kirbyi* towards the northern Maghreb coast and southern Europe should be more regarded as the result of the interaction and the synergy of both habitat transformations and climate warming than to global changes alone (Polette et al. 2017).

The majority of the species recorded (25 species) are present under abundance index I and index II (scarce or uncommon and in low or medium abundance) whereas six species are under index III (fairly common with

a moderate abundance) and four species under index IV (very common and abundant). The spatial distribution of the regional Odonata and their abundance fluctuations are probably due to the nature and health condition of the aquatic habitats investigated. Some species may tolerate a wide range of conditions and water quality while others are very sensitive to their environment (Chovanec & Waringer 2001; Schindler et al. 2003; Chovanec et al. 2004; Ameilia et al. 2006; Smith et al. 2006). This is obviously the case for *Onychogomphus uncatus*, for which water quality is a strong limiting factor (D'Aguilar & Dommanget 1998; Grand & Boudot 2006; El Haissoufi et al. 2008), and consequently this species has been found only in Wadi Djemaa, the only clear and well-oxygenated water course included in our study. Conversely, *Ischnura graellsii*, *Anax imperator*, *Orthetrum cancellatum*, and *Sympetrum fonscolombii*, which are widely abundant and widespread in the region across a large altitudinal range (from sea level to 1572 m asl) seem less exigent to habitat types, to be less sensitive to pollution and to constitute the best examples of the banalization of the fauna resulting from human impact. In the forest ponds, the temporary nature of these habitats is a limiting factor for many species. Only some so-called pioneer species well adapted to dry periods may take advantage of their mobility and phenology to maintain populations here, if their larval phase corresponds well to the rainy season or their mobility allows them to come back during rainy periods after habitat desiccation. The best examples are the Lestidae and the genus *Sympetrum*, which have a high dispersal capacity and a rapid development cycle, while their eggs undergo a winter diapause, ensuring that the larvae develop quickly during the spring (Corbet 1999; Jacquemin & Boudot 1999; Suhling et al. 2004; Grand & Boudot 2006; Merlet & Itrac-Bruneau 2016). Of the five known Lestidae of Algeria, four of them (*Lestes barbarus*, *L. virens*, *Chalcolestes viridis*, and *Sympetma fusca*) are confined to temporary high-altitude forest ponds in the Bejaia region, together with *Sympetrum fonscolombii*, *S. meridionale*, *S. sanguineum*, and *S. striolatum*. Anisopterans remain the most abundant in number of species in most sampled localities (22 species). This may be due to their higher dispersal capacity, whereas most zygopterans (11 species) are believed to have a limited dispersal capacity.

Several questions remain to be answered about some species observed in the Bejaia region. Is the composition of the regional Odonata fauna controlled by pollution, climate change, habitat structure, and/or altitude? In addition:

- The current situation of *Onychogomphus uncatus* seems worrying. This species is very scarce both in Numidia (Samraoui & Corbet 2000a; Samraoui & Alfarhan 2015) and in the Bejaia region, where

- only a few individuals could be collected over a short period in Wadi Djemaa (S2), which suggests that most other running waters are too degraded to allow for the survival of this species.
- The apparent absence of *Lestes numidicus* in the five temporary ponds of the Akfadou forest massif, despite this species being known for its estivation in high altitude forests (Samraoui 2009), suggests that presently no lowland habitat matches the required environmental conditions allowing for the larval development of this species in the region.
  - *Crocothemis erythraea*, a species which is very common in the Mediterranean, often shows strong populations where it reproduces, is quite tolerant to water quality, has a fairly long flight period and can be observed up to 1800 m asl in North Africa (D'Aguiar & Dommanget 1998), was found only along four low elevation wadis, suggesting that our mountain ponds are not attractive to this species, without any obvious reasons.

Further studies may shed light on these questions.

### Conclusion

The field survey on dragonflies and their habitats carried out in this study initiate a first important database for the Bejaia region, and should be especially useful for wetland managers, to strengthen and increase regulation measures to control and stop illegal human activities in these areas.

This three-year inventory in the lotic and lentic habitats of Bejaia enabled us to identify 33 Odonata species, which represents 52% of all Odonata species found throughout Algeria including two Maghrebian endemic species (*Platycnemis subdilatata* and *Enallagma deserti*). This fauna, however, appears to be rather impoverished and suffers from a clear banalization, with running water habitats including a high number of generalists and the most prominent Maghrebian and Ibero-Maghrebian lotic species apparently being currently missing.

- Several biotopes are affected by anthropogenic pressures, especially in the wadis. Wadi Soummam, for example, a hydrosystem inscribed in the Ramsar Convention, includes around 90% of generalists, suggesting that the water quality and/or the river bed structure constitutes a current strong limiting factor for most lotic species. Other adverse conditions have been noted also in some lentic environments like forest ponds, which are surrounded by wooded vegetation and in some cases invaded by invasive vegetation due to strong eutrophication. Urgent measures must be deployed if we

want to maintain these environments and their associated biological richness.

- The most suitable biotopes for the introduction and development of dragonflies, remain the most open and sunny lentic environments.
- In the Bejaia hydrographic system, Anisopterans dominate in number of species, but Zygopterans dominate in number of individuals.
- A group of four ubiquitous taxa (*Ischnura graellsii*; *Anax imperator*; *Orthetrum cancellatum* and *Sympetrum fonscolombii*), seems indifferent to the conditions prevailing in the different biotopes and behave as generalists.

Although the main populations have been identified, surveys should continue in other habitats and localities. In the coming years, it would be necessary to prospect with other methods such as searching for larvae and exuviae along the banks, to confirm the autochthony of the observed species.

### Acknowledgments

This study would not have been possible without the assistance of D. Amalou and S. Bouaadam whom I thank for their help in collecting dragonflies. I would also like to thank F. Bekdouche and H. Abassi for the plant determination.

### ORCID

Abdelmadjid Chelli  <http://orcid.org/0000-0001-9133-2761>

### References

- Allegrini B, Benallaoua Z, Benmamar H. 2006. Inventaire des Odonates du lac Mézaia (Bejaïa-Algérie). Catalogue du Parc National de Gouray. 1–2.
- Ameilia ZS, Che Salmah M, Abu Hassan A. 2006. Distribution of dragonfly (Odonata: Insecta) in the Kerian River Basin, Kedah-Perek, Malaysia. USU Repository. 14 p.
- Benchalel W, Samraoui B. 2012. Caractérisation écologique et biologique de l'odonatofaune de deux cours d'eau méditerranéens: l'oued El-Kébir et l'oued Bouaroug (Nord-Est de l'Algérie). Méditerranée. 118:19–27.
- Bouchelouche D, Kherbouche-Abrous O, Mebarki M, Arab A, Samraoui B. 2015. The Odonata of wadi Isser (Kabylia, Algeria): status and environmental determinants of their distribution. Revue d'écologie (Terre et Vie). 70:248–260.
- Boudot JP. 2008. *Selysiotthemis nigra* (Vander Linden, 1825), nouveau pour le Maroc, et autres observations sur les Odonates du Maghreb nord occidental (Odonata: Anisoptera: Libellulidae). Martinia. 24:3–29.
- Boudot JP, De Knijf G. 2012. Nouvelles données sur les Odonates du Maroc Oriental et méridional (Odonata). Martinia. 28:1–28.
- Boudot JP, Kalkman VJ, eds. 2015. Atlas of the European dragonflies and damselflies. the Netherlands: KNNV publishers; 381 p.

- Boudot JP, Kalkman VJ, Azpilicueta Amarin M, Bogdanović T, Cordero Rivera A, Degabriele G, Dommanget JL, Ferreira S, Garrigós B, Jović M, et al. 2009. Atlas of the Odonata of the Mediterranean and North Africa. *Libellula Supplement*. 9:1–256.
- Catling PM. 2005. A potential for the use of dragonfly (Odonata) diversity as a bioindicator of the efficiency of sewage lagoons. *Canadian Field-Naturalist*. 119 (2):233–236.
- Chovanec A, Waringer J. 2001. Ecological integrity of river-floodplain systems- assessment by dragonfly surveys (Insecta: Odonata). *Regulated Rivers*. 17(4–5):493–507.
- Chovanec A, Waringer J, Raab R, Laister G. 2004. Lateral connectivity of a fragmented large river system: assessment on a macroscale by dragonfly surveys (Insecta: Odonata). *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. 14:163–178.
- Clausnitzer V, Kalkman VJ, Ram M, Collen B, Baillie JEM, Bedjani M, Darwall WRT, Dijkstra K-DB, Dow R, Hawking J, et al. 2009. Odonata enter the biodiversity crisis debate: the first global assessment of an insect group. *Biological Conservation*. 142(8):1864–1869.
- Corbet P. 1999. *Dragonflies: behaviour and ecology of Odonata*. Colchester: Harley books.
- Cordoba-Aguilar A. 2008. *Dragonflies and damselflies: model organisms for ecological and evolutionary research*. Oxford: Oxford University Press.
- D'Aguilar J, Dommanget JL. 1998. *Guide des libellules d'Europe et d'Afrique du Nord*. 2<sup>e</sup> ed. Paris: Delachaux & Niestlé.
- Dudgeon D, Arthington AH, Gessner MO, Kawabata ZI, Knowler DJ, Lévêque C, Naiman RJ, Prieur-Richard AH, Soto D, Stiassny MLJ, et al. 2006. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews*. 81(2):163–182.
- Dumont HJ. 1977. An analysis of Odonata of Tunisia. *Bulletin et Annales de la Société royale belge d'Entomologie*. 113:63–94.
- Dumont HJ. 1978. Odonates d'Algérie, principalement du Hoggar et d'Oasis du Sud. *Bulletin et Annales de la Société Royale Belge d'Entomologie*. 114:99–106.
- Dumont HJ. 1982. Relict distribution patterns of aquatic animals. Another tool in evaluating Late Pleistocene climate changes in the Sahara and Sahel. *Palaeoecology of Africa and the Surrounding Islands*. 14:1–24.
- Dumont HJ, Desmet K. 1990. Transsahara and transmediterranean migratory activity of *Hemianax ephippiger* (Burmeister) in 1988 and 1989 (Anisoptera: Aeshnidae). *Odonatologica*. 19:181–185.
- El Haissofi M, Lmohdi O, Bennis N, Mellado A, Millan A. 2008. Les Odonates du bassin versant Laou (Rif occidental, Maroc). *Travaux De l'Institut Scientifique, Rabat*. 5:47–59.
- Ferreras-Romero M, Marquez-Rodriguez J, Ruiz-Garcia A. 2009. Implications of anthropogenic disturbance factors on the Odonata assemblage in a Mediterranean fluvial system. *International Journal of Odonatology*. 12:413–428.
- García N, Cuttelod A, Abdul Malak D, eds. 2010. The status and distribution of freshwater biodiversity in Northern Africa. Gland (Switzerland, Cambridge, UK, and Malaga, Spain): IUCN; xiii+141 pp. Available from: [http://cmsdata.iucn.org/downloads/the\\_status\\_and\\_distribution\\_of\\_fresh\\_water\\_biodiversity\\_in\\_northern\\_africa.pdf](http://cmsdata.iucn.org/downloads/the_status_and_distribution_of_fresh_water_biodiversity_in_northern_africa.pdf)
- Grand D, Boudot JP. 2006. *Les libellules de France, Belgique et Luxembourg*. Éditions Biotope, Collection Parthénope, Mèze, 480 pp.
- Guebailia A, Khelifa R, Bouiedda N, Amari H, Hadjadj S, Zebza R, Boualem M, Houhamdi M. 2016. Body size, reproductive behaviour, and microhabitat use of two sympatric *Trithemis* species - what might allow their sympatry? (Odonata: Libellulidae). *Odonatologica*. 45(1–2):23–36.
- Hafiane M, Hamzaoui D, Attou F, Bouchelouche D, Arab A, Alfarhan AH, Samraoui B. 2016. Anthropogenic impacts and their influence on the spatial distribution of the odonata of wadi el harrach (north-central Algeria). *Revue d'Écologie (Terre et Vie)*. 71(3):239–249.
- Jacquemin G. 1984. Nouvelles données sur la répartition des Odonates dans le Nord du Maroc. *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat*. 8:135–138.
- Jacquemin G. 1994. Odonata of the Rif, Northern Morocco. *Odonatologica*. 23(3):217–237.
- Jacquemin G, Boudot JP. 1999. *Les libellules (odonates) du Maroc*. Bois d'Arcy, France: Société Française d'Odonatologie.
- Jödicke R, Arlt J, Kunz B, Lopau W, Seidenbusch R. 2000. The Odonata of Tunisia. *International Journal of Odonatology*. 3:41–71.
- Kabouche B. 2013. Note sur les odonates de la région d'Oran (Algérie), compte-rendu de prospections (septembre 2011). *Poiretia, Revue Naturaliste du Maghreb*. 5:1–5.
- Khelifa R. 2017. Partial bivoltinism and emergence patterns in the North African Endemic Damselfly *Calopteryx exul*: conservation Implications. *African Journal of Ecology*. 55 (2):145–151.
- Khelifa R, Mahdjoub H, Zebza R, Kahalerras A, Guebailia A, Amari H, Houhamdi M. 2013. Aspects of reproductive biology and behaviour of the regionally critically endangered *Urothemis edwardsii* (Odonata: Libellulidae) on Lake Bleu (Algeria). *Zoology and Ecology*. 23:282–285.
- Khelifa R, Youcefi A, Kahlerras A, Al Farhan A, A-Sal-Rasheid K, Samraoui B. 2011. L'odonatofaune (Insecta: Odonata) du bassin de la Seybouse en Algérie: intérêt pour la biodiversité du Maghreb. *Revue d'Écologie (Terre et Vie)*. 66(1):55–66.
- Khelifa R, Zebza R. 2018. Rediscovery of the regionally critically endangered dragonfly *Lindenia tetraphylla* in Northeast Algeria after 170 years of apparent absence (Odonata: Gomphidae). *Notulae Odonatologicae*. 9 (2):50–54.
- Khelifa R, Zebza R, Amari H, Mellal MK, Mahdjoub H, Kahalerras A. 2016. A hotspot for threatened Mediterranean odonates in the Seybouse River (Northeast Algeria): are IUCN population sizes drastically underestimated?. *International Journal of Odonatology*. 19:1–11.
- Lacroix JL. 1925. Quelques Névroptères (sens. lat.) d'Afrique. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord*. 16:258–263.
- Lambret P, Boudot JP. 2009. *Nesciothemis farinosa* (Förster, 1898) et *Orthetrum ransonnetii* (Brauer, 1868) nouveaux pour l'Arabie Saoudite et autres observations d'Odonates sur les reliefs côtiers de la Mer Rouge. *Martinia*. 25 (4):153–155.
- 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*. 6:609–634.
- Lieftinck MA. 1979. Libellen (Odonata). In: Guldemon J A, Leys R, Notenboom J G M and Wesselo A W, editors. *Biospeleologische Expeditie Algerije 1978*. Wageningen: Biospeleologische Werkgroep; p. 108.

- Lounaci A, Brosse S, Ait Mouloud S, Lounaci-Daoudi D, Mebarki N, Thomas A. 2000. Current knowledge of benthic invertebrate diversity in an Algerian stream: a species checklist of the Sébaou river basin (Tizi-Ouzou). *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle de Toulouse*. 136:43–55.
- Martin R. 1901. Les Odonates en Algérie, au mois de mai. *La Feuille des Jeunes Naturalistes*. 31:249–250.
- McLachlan R. 1897. Odonata collected by the Rev. A. E. Eaton in Algeria: with annotations. *Entomologist's Monthly Magazine*. 33:152–157.
- Merlet F, Itrac-Bruneau R. 2016. Aborder la gestion conservatoire en faveur des Odonates: guide technique. Office pour les insectes et leur environnement & Société française d'Odonatologie. Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement Hauts de France. 96 p.
- Moali A, Durand E. 2015. Découverte de *Selysiothemis nigra* (Vander Linden, 1825) (Odonata, Anisoptera: Libellulidae) au Lac Mezaïa à Bêjaïa, Algérie. *Poiretia, Revue Naturaliste du Maghreb*. 7:1–5.
- Morton KJ. 1905. Odonata collected by Margaret E. Fountaine in Algeria, with description of a new species of *Ischnura*. *Entomologist's Monthly Magazine*. 41:145–149.
- Polette P, Abbott C, Gouys J, Jenard P, Juliand P, Sébastien D, Boudot JP. 2017. Premières mentions de *Trithemis kirbyi* (Odonata: Libellulidae) en France. *Martinia*. 33(1–2):15–25.
- Rensburg AJ, Olson AC, Samways MJ. 2008. Shade alone reduces adult dragonfly (Odonata: Libellulidae) abundance. *Journal of Insect Behavior*. 21(6):460–468.
- Ris F. 1913. Expedition to the central-western Sahara by Ernst Hartert: XIV, Odonata. *Novitates Zoologicae*. 20:468–469.
- Ris F. 1928. *Enallagma deserti* Selys, eine vergessene Libelle. *Entomologische Mitteilungen Berlin*. 17(4):277–282.
- Riservato E, Boudot JP, Ferreira S, Jovic M, Kalkman VJ, Schneider W, Samraoui B, Cuttelod A. 2009. The status and distribution of dragonflies of the Mediterranean Basin. Gland (Switzerland and Malaga, Spain): IUCN; vii + 33 p.
- Samraoui B. 2009. Seasonal ecology of Algerian Lestidae (Odonata). *International Journal of Odonatology*. 12:383–394.
- Samraoui B, Alfarhan AH. 2015. Odonata in streams on Mount Edough, Algeria, and in Kroumiria, Tunisia. *African Entomology*. 23(1):172–179.
- Samraoui B, Benyacoub S, Mecibah S, Dumont HJ. 1993. Afrotropical libellulids in the lake district of El Kala, NE Algeria, with a rediscovery of *Urothemis e. edwardsi* (Selys) and *Acisoma panorpoides ascalaphoides* (Rambur) (Anisoptera: Libellulidae). *Odonatologica*. 22(3):365–372.
- Samraoui B, Boudot JP, Ferreira S, Riservato E, Jovic M, Kalkman VJ, Schneider W. 2010. The status and distribution of dragonflies (Odonata). Chap. 5. In: Garcia N, Cuttelod A and Abdul Malak D, editors. The status and distribution of freshwater biodiversity in Northern Africa. Gland (Switzerland & Malaga, Spain): IUCN; p. 51–70. Available from: [http://cmsdata.iucn.org/downloads/the\\_status\\_and\\_distribution\\_of\\_freshwater\\_biodiversity\\_in\\_northern\\_africa.pdf](http://cmsdata.iucn.org/downloads/the_status_and_distribution_of_freshwater_biodiversity_in_northern_africa.pdf)
- Samraoui B, Bouzid S, Boulahbal R, Corbet PS. 1998. Postponed reproductive maturation in upland refuges maintains life-cycle continuity during the hot, dry season in Algerian dragonflies. *International Journal of Odonatology*. 1(2):119–135.
- Samraoui B, Corbet PS. 2000a. The Odonata of Numidia, north-eastern Algeria. Part I. Status and distribution. *International Journal of Odonatology*. 3(1):11–25.
- Samraoui B, Corbet PS. 2000b. The Odonata of Numidia, north-eastern Algeria. Part II. Seasonal ecology. *International Journal of Odonatology*. 3(1):27–39.
- Samraoui B, de Belair G. 1997. The Guerbes wetlands. Part I: an overview. *Ecologie*. 28:233–250.
- Samraoui B, de Belair G, Benyacoub S. 1992. A much threatened lake: lac des Oiseaux in Northeastern Algeria. *Environmental Conservation*. 19(3):264–267 + 276.
- Samraoui B, Menai R. 1999. A contribution to the study of Algerian Odonata. *International Journal of Odonatology*. 2(2):145–165.
- Samraoui B, Weekers PHH, Dumont HJ. 2003. Two taxa within the North African *Lestes virens* complex. *Odonatologica*. 32:131–142.
- Schindler M, Fesl C, Chovanec A. 2003. Dragonfly associations (Insecta: Odonata) in relation to habitat variables: a multivariate approach. *Hydrobiologia*. 497(1):169–180.
- Schmidt E. 1936. Die Westpaläarktischen Gomphiden-Larven nach ihren letzten Häufen (Ins. Odon.). *Senckenbergiana*. 18:270–282.
- Schmidt E. 1953. Zwei neue Libellen aus dem Nahen Osten. *Mitteilungen der Münchner Entomologischen Gesellschaft*. 63:1–9.
- Sellam-Bouattoura N, Attou F, Arab A, Samraoui B. 2018. Odonata of the mazafran hydrosystem: distribution and community structure. *Revue d'Écologie (Terre et Vie)*. 73(4):537–549.
- Selys-Longchamps (de) E. 1849. Troisième famille. Les Libelluliens. In: Lucas H, editor. Exploration scientifique de l'Algérie pendant les années 1840, 1841, 1842. : publiée par ordre du gouvernement et avec le concours d'une commission académique. Sciences physiques, zoologie. Histoire naturelle. 3e partie: Animaux articulés. Imprimerie National. p. 115–135.
- Selys-Longchamps (de) E. 1871. Nouvelle révision des Odonates de l'Algérie. *Annales de la Société entomologique de Belgique*. 14:9–20.
- Selys-Longchamps (de) E. 1902. Odonates d'Algérie. Recueillis en 1898 par M. le Prof. Lameere. *Annales de la Société entomologique de Belgique*. 46:430–431.
- Smith J, Samways MJ, Taylor S. 2006. Assessing riparian quality using two complementary sets of bioindicators. *Biodiversity and Conservation*. 16(9):2695–2713.
- Suhling F, Schenk K, Padefke T, Martens A. 2004. A field study of larval development in a dragonfly assemblage in African desert ponds (Odonata). *Hydrobiologia*. 528:75–85.
- Yalles Satha A, Samraoui B. 2017. Environmental factors influencing Odonata communities of three Mediterranean rivers: kebir-east, Seybouse, and Rhumel wadis, northeastern Algeria. *Revue d'Écologie (Terre et Vie)*. 72(3):314–329.
- Zebsa R, Khelifa R, Kahalerras A. 2015. Emergence pattern, microhabitat choice, and population structure of the Maghrebian endemic *Gomphus lucasii* Selys (Odonata: Gomphidae) in Northeast Algeria. *Aquatic Insects*. 36(3–4):245–255.

## Discovery of a new population of the endangered *Calopteryx exul* in central North Algeria (Odonata: Calopterygidae)

Abdelmadjid Chelli<sup>1</sup>, Rabah Zebza<sup>2</sup> & Rassim Khelifa<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de Zoologie Appliquée et d'Ecophysiologie Animale, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université de Bejaia, Algérie; mchelli70@yahoo.fr

<sup>2</sup> Département de Biologie, Université 8 Mai 1945 Guelma, BP. 401 Guelma 24000, Algeria; rabahzebsa@yahoo.fr

<sup>3</sup> Biodiversity Research Centre, University of British Columbia, 2212 Main Mall Vancouver, B.C. V6T1Z4, Canada; rassimkhelifa@gmail.com

**Abstract.** A new population of the endangered North African endemic damselfly *Calopteryx exul* Selys, 1853, is reported from Algeria. The species was found on the Bousselam river in Bejaia province, central North Algeria, in three different localities. Reproductive behaviour was observed. These new findings extend the known geographic range of the extant populations of the species in Algeria.

Further keywords. Damselfly, Zygoptera, North Africa, Maghreb

### Introduction

*Calopteryx exul* is a Maghrebian endemic species known from Algeria, Tunisia, and Morocco. It is confined to streams and rivers (BOUDOT et al. 2009) and is currently listed as endangered in all the IUCN red lists. Among the most important threats to its survival are habitat pollution and fragmentation resulting from increasing human population. In Algeria, this damselfly was not recorded from 1910 (MARTIN 1910) until 2007, when a new population was discovered on the Seybouse river in Northeast Algeria (KHELIFA et al. 2011). Later, different sub-populations were recorded in the Seybouse watershed (KHELIFA et al. 2016), some of which were quite large, with more than a thousand individuals. Unfortunately, many of the sub-populations became extinct, driven mainly by habitat disturbance, including bank degradation and irrigation (KHELIFA & MELLAL 2017). This represented a dramatic loss of territory for the species at the national and North African level.

With the current condition of the Seybouse population, which is the last known population in Algeria, and due to the increasing anthropogenic pressure on aquatic systems in the country, the long term national survival of the species has come into doubt. Here we report for the first time a new population in three different localities (three sub-populations) in Bousselam river, Bejaia province, central North Algeria, and present some abiotic parameters of the water of each locality.

### Study area and methods

We visited Bousselam river near Tichi Haf dam in Bejaia province, 50 km south east of Bejaia town, central North Algeria. We sampled three localities on April,

May and June 2019. The distance between locality 3 and locality 2 is 3 km, 10 km between locality 2 and locality 1, and 13 km between locality 1 and locality 3. The river banks were dominated by *Typha angustifolia*. Other Odonata species found co-occurring with *C. exul* were *C. haemorrhoidalis*, *Erythromma lindenii*, *Ischnura graellsii*, *Platycnemis subdilatata*, *Onychogomphus uncatatus*, *O. forcipatus unguiculatus*, and *Gomphus lucasii*.

### List of sampling sites

Indicated are localities, coordinates, altitude in meters above sea level, pH value, water flow [m/s], dissolved oxygen [%] and bank vegetation.

(1) Tichi Haf upstream (36.430778°N, 4.728000°E), 300 m a.s.l.; pH 8.73, 0.71 m/s, 21.5%, *Typha angustifolia* (2) Tichi Haf downstream (36.420778°N, 4.619000°E), 240 m a.s.l.; pH 8.63, 0.37 m/s, 34.6%, *Typha angustifolia* (3) Hammam Sidi Yahia (36.411056°N, 4.586917°E), 214 m a.s.l.; pH 7.35, 0.37 m/s, 28.9%, *Typha angustifolia* and *Scirpus lacustris*.



**Fig 1.** Habitat of *Calopteryx exul* at Hammam Sidi Yahia, oued Bousselam, Bejaia province, Algeria (30-v-2019). Photo: RZ

## Results

A total of 172 individuals of *Calopteryx exul* were recorded as follows:

(1) 2 individuals 16-iv-2019; 13 individuals 30-iv-2019; 43 individuals 31-v-2019; 32 individuals 19-vi-2019 (2) 5 individuals 30-iv-2019; 15 individuals 31-v-2019; 19 individuals 19-vi-2019 (3) 3 individuals 30-iv-2019; 11 individuals 31-v-2019; 20 individuals 19-vi-2019.

Breeding activity including territoriality, copulation and oviposition was recorded in the three localities.

## Discussion

From the mid 19<sup>th</sup> to the early 20<sup>th</sup> century, *C. exul* was recorded in different localities in Algeria. Most of these sites occurred in the Northeast in the Constantine region (SELYS in LUCAS 1849; MCLACHLAN 1897; MARTIN 1901, 1910). Other records were reported from the central North in Algiers (MARTIN 1910) and between Médéa and Blida (KOLBE 1885), and in the Northwest in Sebdou (MORTON 1905). Until recently, the only existing population was the one discovered in the Seybouse watershed more than a decade ago. The population reported here in Bejaïa does not correspond to any historical locality reported for the species.

The new recorded localities are about 240 km away from the Seybouse river, thus expanding the geographic range of the existing populations to the West. The elevation of the new localities agree with the known altitudinal range of the species: *i.e.*, from ca 30 m a.s.l. in Tunisia (JÖDICKE et al. 2000) to 1900 m a.s.l. in Morocco (JACQUEMIN & BOUDOT 1999). The environmental features as well as the odonate



**Fig 2.** *Calopteryx exul* male at oued Bouselam, Bejaia province, Algeria (30-v-2019). Photo: RZ

community observed in Bousselam river are relatively similar to those recorded in the Seybouse river (KHELIFA et al. 2011).

From a conservation perspective, the new population represents good news for a species nationally and globally threatened. It is located within a complex lotic water network, a habitat feature auguring well for its regional survival because, (a) as yet undetected subpopulations might occur; these would increase the present population size estimate, (b) the potential overall regional habitat of this species might be larger than presently believed, suggesting that future colonization might increase the area of the species' regional distribution, and (c) different refugia will exist for the species in case of increasing habitat degradation, pollution or drought such as those observed in the Seybouse population in Northeast Algeria (KHELIFA et al. 2016; KHELIFA & MELLAL 2017).

The priority projects under way that focus on *C. exul* in Algeria include: increasing knowledge of its geographic distribution, developing efficient methods to estimate population size, and predicting the effect of climate change, and particularly of drought events, and of anthropogenic factors on colonization and extinction. The present climate context is of particular importance given the recent severe droughts which occurred during the last few years in Algeria, which are expected to increase in frequency and severity in the future (IPCC 2014).

**Acknowledgements.** We are grateful to the driver Abdelhadi Djamai for accompanying us in the field.

## References

- BOUDOT J.-P., KALKMAN V.J., AZPILICUETA AMORÍN M., BOGDANOVIĆ T., CORDERO RIVERA A., DEGABRIELE G., DOMMANGET J.L., FERREIRA S., GARRIGÓS B., JOVIĆ M., KOTARAC M., LOPAU W., MARINOV M., MIHOKOVIĆ N., RISERVATO E., SAMRAOUI B. & SCHNEIDER W. 2009. Atlas of the Odonata of the Mediterranean and North Africa. *Libellula Supplement* 9: 1-256
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 2014. Climate Change 2014 – Impacts, Adaptation and Vulnerability: Regional Aspects. Cambridge University Press
- JACQUEMIN G. & BOUDOT J.-P. 1999. Les libellules (Odonates) du Maroc. Société française d'Odonatologie, Bois d'Arcy
- JÖDICKE R., ARLT J., KUNZ B., LOPAU W. & SEIDENBUSCH R. 2000a. The Odonata of Tunisia. *International Journal of Odonatology* 3: 41-71
- KHELIFA R. & MELLAL M.K. 2017. Host-plant-based restoration as a potential tool to improve conservation status of odonate specialists. *Insect Conservation and Diversity* 10.2: 151
- KHELIFA R., YUCEFI A., KAHLERRAS A., AL FARHAN A., AL-RASHEID K.A. & SAMRAOUI B. 2011. L'odonatofaune

- (Insecta: Odonata) du bassin de la Seybouse en Algérie: intérêt pour la biodiversité du Maghreb. *Revue d'écologie* 66: 55
- KHELIFA R., ZEBBA R., AMARI H., MEL-LAL M.K., MAHDJOUB H. & KAHALER-RAS A. 2016. A hotspot for threatened Mediterranean odonates in the Seybouse River (Northeast Algeria): are IUCN population sizes drastically underestimated? *International Journal of Odonatology* 19: 1-11
- KOLBE H.J. 1885. Beitrag zur Kenntniss der Pseudoneuroptera Algeriens und der Ostpyrenäen. *Berliner Entomologische Zeitschrift* 29:151
- MARTIN R. 1901. Les odonates en Algérie, au mois de mai. *Feuille des Jeunes Naturalists* 31: 249-250
- MARTIN R. 1910. Contribution à l'étude des Névroptères de l'Afrique. II. Les Odonates du département de Constantine. *Annales de la Société Entomologique de France* 79: 95-104
- MCLACHLAN R. 1897. Odonata collected by the Rev. A.E. Eaton in Algeria: with annotations. *The Entomologist's Monthly Magazine* (Ser. 2) 8: 152-157
- MORTON K.J. 1905. Odonata collected by Miss Margaret E. Fontaine in Algeria, with description of a new species of *Ischnura*. *Entomologist's Monthly Magazine* (Ser. 2) 16: 144-149
- SELYS LONGCHAMPS DE E. 1849. Quatrième ordre. Les névroptères. Troisième famille. Les libelluliens. In: Lucas P.H. (Ed.), *Exploration scientifique de l'Algérie pendant les années 1840, 1841, 1842* publiée par ordre du gouvernement et avec le concours d'une commission académique. Sciences physiques. Zoologie I. Histoire naturelle des animaux articulés. Troisième partie. Cinquième classe. Insectes (suite): 115-135. Imprimerie Nationale, Paris

Received 28<sup>th</sup> June 2019



# COMMUNICATIONS



UNIVERSITÉ ABDERRAHMANE MIRA - BÉJAÏA  
LABORATOIRE DE ZOOLOGIE APPLIQUÉE ET D'ÉCOPHYSIOLOGIE ANIMALE



# ATTESTATION

DE PARTICIPATION

4ÈMES JOURNÉES D'ETUDE NATIONALE SUR  
LA ZOOLOGIE APPLIQUÉE ET L'ÉCOPHYSIOLOGIE ANIMALE  
BEJAIA DU 23 AU 24 OCTOBRE 2018

*Je soussignée Dr. KADJI-DJOUDAD Hafsa, présidente du comité d'organisation des 4èmes Journées d'Etude Nationale sur la Zoologie Appliquée et l'Ecophysiologie Animale, atteste que Mr:*

**CHELLI ABDELMADJID**

Co-auteurs: Riadh MOULAÏ

*A participé avec une communication orale intitulée : « Inventaire et suivi des libellules dans cinq zones humides du massif forestier de l'Akfadou »*

Présidente du comité d'organisation  
Dr. KADJI-DJOUDAD Hafsa

Directeur du laboratoire LZA  
Pr. Riadh MOULAÏ





UNIVERSITÉ ABDERRAHMANE MIRA - BÉJAÏA  
LABORATOIRE DE ZOOLOGIE APPLIQUÉE ET D'ÉCOPHYSIOLOGIE ANIMALE



# ATTESTATION

DE PARTICIPATION

4ÈMES JOURNÉES D'ETUDE NATIONALE SUR  
LA ZOOLOGIE APPLIQUÉE ET L'ÉCOPHYSIOLOGIE ANIMALE  
BEJAIA DU 23 AU 24 OCTOBRE 2018

*Je soussignée Dr. KADJI-DJOUHAD Hafsa, présidente du comité d'organisation des 4èmes Journées d'Etude Nationale sur la Zoologie Appliquée et l'Ecophysiologie Animale, atteste que Mr :*

**CHELLI ABDELMADJID**

Co-auteurs: Riadh MOULAÏ

*A participé avec une communication affichée intitulée: « Recensement et suivi des Odonates dans le lac Mezaia et le marais de Tamehlaht à Bejaia »*

Présidente du comité d'organisation  
Dr. KADJI-DJOUHAD Hafsa

Directeur du laboratoire LZA  
Pr. Riadh MOULAÏ





République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Laboratoire de Zoologie Appliquée et d'Ecophysiologie Animale



# Attestation

Je soussignée Dr. Samira BENHAMICHE-HANIFI, présidente du comité d'organisation des 3<sup>èmes</sup> Journées d'Etude sur la Zoologie Appliquée et l'Ecophysiologie Animale qui se sont déroulées les 25 et 26 Novembre 2015 à Bejaia, atteste que : CHELLI A. et MOULAÏ R. a présenté une communication affichée intitulée : Inventaire préliminaire de l'Odonatofaune dans différents cours d'eau de la région de Bejaia.

Bejaia le : 26/11/2015

La présidente du comité d'organisation

Dr. Samira BENHAMICHE-HANIFI

Le directeur

Pr. Riadh MOULAÏ





UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA - BEJAÏA  
LABORATOIRE DE ZOOLOGIE APPLIQUEE ET D'ECOPHYSIOLOGIE ANIMALE



# ATTESTATION

DE PARTICIPATION

LES 5ÈMES JOURNÉES D'ETUDE NATIONALE SUR  
LA ZOOLOGIE APPLIQUÉE ET L'ECOPHYSIOLOGIE ANIMALE  
JIJEL, LES 22 ET 23 OCTOBRE 2019

*Je soussignée, Pr RAMDANE Zouhir, président du comité d'organisation des 5èmes Journées d'Etude Nationale sur la  
Zoologie Appliquée et l'Ecophysiologie Animale atteste que Melle, Mme, Mr :*

**CHELLI ABDELMADJID**

**CO-AUTEURS : MOULAÏ RIADH**

*A participé avec une communication orale intitulée :*

**«Inventaire et étude écologique des odonates des eaux lotiques et lentiques de la région de Bejaia (Nord-Est Algérien).»**

Président du comité d'organisation  
**Pr. Zouhir RAMDANE**

Directeur du laboratoire LZA  
**Pr. Riadh MOULAÏ**





UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA - BEJAÏA  
LABORATOIRE DE ZOOLOGIE APPLIQUEE ET D'ECOPHYSIOLOGIE ANIMALE



# ATTESTATION

DE PARTICIPATION

LES 5ÈMES JOURNÉES D'ETUDE NATIONALE SUR  
LA ZOOLOGIE APPLIQUÉE ET L'ECOPHYSIOLOGIE ANIMALE

JIJEL, LES 22 ET 23 OCTOBRE 2019

*Je soussignée, Pr RAMDANE Zouhir, président du comité d'organisation des 5èmes Journées d'Etude Nationale sur la Zoologie Appliquée et l'Ecophysiologie Animale atteste que Mr:*

**CHELLI ABDELMADJID**

**CO-AUTEUR : ABDELHADI DJAMAI**

*A participé avec une «Communication Affichée» intitulée :  
«Aperçu sur l'odonatofaune de quelques biotopes de l'oued Bousselam et du barrage de Tichy-Haf (Sud-Ouest de Bejaia)»*

Président du comité d'organisation  
**Pr. Zouhir RAMDANE**

Directeur du laboratoire LZA  
**Pr. Riadh MOULAÏ**  
Directeur

