

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE 8 Mai 1945 GUELMA

FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE  
ET DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

DÉPARTEMENT D'ÉCOLOGIE & GENIE DE L'ENVIRONNEMENT



## **THÈSE :**

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de  
Doctorat 3<sup>ème</sup> cycle en Sciences Biologiques

**Option : Ecologie et conservation**

# **Ecologie et statut des Gomphidae (Odonata) à Oued Seybouse**

Présentée par : M. ZEBSA Rabah

Commission de jury :

<b><u>Président</u></b>	KACHI Slimane (MCA)	Université de Guelma
<b><u>Directeur de thèse</u></b>	HOUHAMDI Moussa (Prof.)	Université de Guelma
<b><u>Examineurs</u></b>	M. BAIRI Madjid (Prof.)	Université de Annaba
	OOUAKID Mohamed-Laid (Prof.)	Université de Annaba
	GRARA Noudjoud (MCA)	Université de Guelma

Année universitaire 2015/2016

## *Dédicace*

*Je dédie ce travail à mes plus chers êtres au monde :*

*Ma mère et mon père pour leur amour, leur tendresse, et pour leur soutien moral et matériel durant toutes les étapes de ma vie.*

*Je les remercie de m'avoir toujours laissé la liberté de mes choix, de m'avoir fait confiance et de m'avoir soutenu car sans eux je n'aurais jamais pu faire, et surtout grâce à eux je suis ce que je suis.*

*A mes frères Bachir et soufiane*

*A mes sœurs Mebarka, Rima et Amel*

*Chacun de vous est responsable du bonheur que j'éprouve aujourd'hui*

*Ce travail est dédié à mon Ex-encadreur MENAI Rachid, décédé trop tôt, qui m'a toujours poussé et motivé dans mes études et mes recherches. J'espère que, du monde qui est sien maintenant, il apprécie cet humble geste comme preuve de reconnaissance de la part d'un étudiant qui a toujours prié pour le salut de son âme. Puisse Dieu, le tout puissant, l'avoir en sa sainte miséricorde !*

*A mon adorable tante Kafia, et la mère de Rassim Khelti Fatima Zohra merci pour votre encouragement, votre aide et surtout votre présence dans les moments les plus difficiles.*

*A tous mes oncles et tantes, cousins et cousines.*

*A mon très cher oncle Amar.*

*A mes chères amis, Khelifa Rassim, Amari Hichem, Smitchou, Nani, Djo, Benmachich Mourad, Nedjmeddine Naidja, Mayna Kirati, kimou Merabti, Semi rouge, Mohammed Palestinien, Tiha, Bessem Sahli, Mehdi Dilmi, Bille Daks,*

*koukou, Aziz Dehane, Heni info, Kerim Baaibech, Samir Ster, merci de votre présence, soutien et de m'avoir encouragé à aller plus loin.*

*A tous les autres que je n'ai pas cités mais à qui je pense aussi.*

*Merci à tous de m'aider à devenir meilleur*

*ZEBSA RABAH*

## *Remerciement*

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

A celui qui m'a orienté, aidé et encouragé tout le temps pour la réalisation de ce travail le **Pr. HOUHAMDI Moussa**, malgré un emploi du temps toujours chargé. Je l'en remercie vivement et qu'il veuille trouver ici l'expression de mon profond respect, ma reconnaissance et mon attachement. Tous les mots ne peuvent exprimer ma profonde gratitude.

Au terme de ce travail, Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à Monsieur **Ghachi Azzedine**, MCA à l'université de Guelma, d'avoir accepté de présider le jury, hommage respectueux.

Je remercie également Monsieur **OUAKID Mohamed**, Professeur à l'université d'Annaba, qui me fait l'honneur d'avoir accepté de juger ce travail, profonde gratitude.

Je suis particulièrement reconnaissant à M<sup>elle</sup> **GRARA Noujoud**, MCA à l'université de Guelma, d'avoir accepté de juger ce travail. Qu'elle soit vivement remerciée.

Je remercie aussi Monsieur **BAIRI Madjid**, Professeur à l'université d'Annaba, d'avoir accepté de juger ce travail. Qu'il soit vivement remercié.

Je ne dois pas oublier mon ami, frère et collègue Monsieur, le docteur **Khelia Rassim** pour ses conseils, son aide précieuse (Sorties sur terrain, analyse statistique, rédaction de l'article) et ses orientations surtout durant mon parcours de doctorat.

Je tiens également à remercier Dr. Josh Van Buskirk (Institut of evolutionary biology and environmental study. University of Zurich) d'avoir m'accepté dans son laboratoire, et ses orientations surtout durant mon stage. Qu'il soit vivement remercié.

Je remercie aussi Prof. Lukas Keller et Dr. Ursina Tobler, d'avoir m'accepté dans son groupe (Evolutionary Ecology and Genetics of Natural Populations).

Le travail de terrain n'aurait jamais eu lieu sans l'aide de plusieurs personnes qui sont : Mon ami Khelifa rassim, Kahlerras Amin, Hichem Amari, Mellal Khalil, Soufyane Bensouilah, Laouar Djalil, Hasni Djalal, Sekrane Nacereddine, Khaled Hamza, Bouchahdane

Issam Ainsi que mes collègues pour le travail du labo : Guebailia Amina, Mahdjoub Hayet, Boueda Nadia, Hadjoudj Saida, Hadjeji Sena, Rouaiguia Meriem, Haddad Soumaya.

Mes remerciements vont aussi :

A toute l'équipe du laboratoire LBEE Université du 08 Mai 1945 de Guelma et surtout la technicienne *LEILA*.

A tous les enseignants (es) chercheurs et responsables de laboratoire de la Faculté des Sciences de l'université de Guelma.

*En fin* A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin dans la réalisation de ce travail.

## TABLE DE MATIERE

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction générale ..... 01

### *Première partie : Synthèse bibliographique*

Chapitre I : Généralités sur les odonates ..... 06

1. Origine et histoire de vie des odonates..... 06

1.1. Etymologie (Odonate / libellule)..... 06

1.2. Systématique..... 07

1.3. Classification ..... 07

1.3.1. Les Anisoptères..... 07

1.3.2. Les Zygoptères..... 08

1.3.3. Anisozygoptères..... 08

1.4. La famille des Gomphidae ..... 09

1.4.1. Les caractères d'identification des Gomphidae ..... 10

1.4.1.1. Larves et Exuvies ..... 10

a. Gomphus Leach, 1815..... 10

b. *Onychogomphus* Sélys, 1854..... 11

1.4.1.2. Adulte ..... 11

a. Exemple 1: *Gomphus lucasii*..... 11

b. Exemple 2: *Onychogomphus costae* ..... 11

<b>2. Morphologie et anatomie des Odonates.....</b>	<b>12</b>
<b>2.1. Larve .....</b>	<b>12</b>
2.1.1. Tête .....	12
2.1.2. Thorax.....	13
2.1.3. Pattes .....	13
2.1.4. Abdomen.....	13
2.1.5. Organe de reproduction .....	14
<b>2.2. Adulte « Imago » .....</b>	<b>15</b>
2.2.1. La tête .....	15
2.2.2. Le thorax .....	15
2.2.3. Les pattes .....	15
2.2.4. Les ailes .....	16
2.2.5. Abdomen .....	16
2.2.6. L'appareil génital .....	17
<b>Chapitre II : Biologie des odonates.....</b>	<b>18</b>
<b>1. L'oviposition.....</b>	<b>18</b>
<b>1.1. Endophite.....</b>	<b>19</b>
<b>1.2. Epiphyte .....</b>	<b>20</b>
<b>1.3. Exophyte .....</b>	<b>20</b>
<b>2. Stade Œuf .....</b>	<b>20</b>
<b>3. Stade larvaire .....</b>	<b>22</b>
<b>3.1. Mortalité .....</b>	<b>22</b>
<b>3.2. Parasitisme.....</b>	<b>23</b>
<b>3.3. Les Taux de la croissance larvaire.....</b>	<b>23</b>

3.4. Métamorphose.....	23
3.5. Emergence.....	25
4. Stade Adulte.....	26
4.1. La période de maturation.....	26
4.2. La période reproductive .....	26
4.3. La période post-reproductive .....	28
4.4. Migration et dispersion des adultes .....	28
5. Les effets des conditions environnementales sur les adultes.....	30
5.1. Parasitisme .....	30
5.2. Prédation.....	30
5.3. Conditions Climatiques.....	31
5.4. Alimentation .....	31

## *Deuxième partie : Etude expérimentale*

<b>Chapitre III : Matériel et méthodes.....</b>	<b>32</b>
<b>1. Description générale du bassin versant de la Seybouse</b>	<b>32</b>
1.1. Sous-Bassin de Bouhamdane.....	33
1.2. Le Bassin de Guelma.....	33
1.3. Le Bassin du Mellah.....	34
1.4. Le Bassin de la basse Seybouse.....	34
1.5. Richesse floristique.....	34
1.6. Richesse Odonatofaunistique.....	35
<b>2. Emergence .....</b>	<b>36</b>
2.1. Le Gomphe d'Algérie (Gomphus lucasii).....	36
2.1.1. Site d'étude .....	36

2.1.2. Les Méthodes d'échantillonnage.....	36
2.1.3. En laboratoire.....	37
2.1.4. Analyse des données .....	37
2.2. L'Onychogomphe à sabre ( <i>Onychogomphus costae</i> ).....	38
2.2.1. Site d'étude .....	38
2.2.2. Les Méthodes d'échantillonnage.....	39
2.2.3. En le laboratoire .....	39
2.2.4. Analyse des données .....	40
<b>3. Mouvement des adultes.....</b>	<b>40</b>
3.1. Le Gomphe d'Algérie ( <i>Gomphus lucasii</i> ).....	40
3.1.1. Site d'étude .....	40
3.1.2. Etude : capture-marquage-relocalisation.....	41
3.1.3. L'utilisation des micro-habitats par les adultes matures.....	43
3.1.4. Les analyses statistiques.....	44
3.2. L'Onychogomphe à sabre ( <i>Onychogomphus costae</i> ).....	45
3.2.1. Site d'étude.....	45
3.2.2. Etude : capture-marquage-relocalisation.....	46
3.2.3. Les analyses statistiques.....	46
<b>4. Ecologie des larves du <i>G. lucasii</i> et <i>O. costae</i> et préférences de substrat.....</b>	<b>47</b>
4.1. Site d'étude.....	47
4.2. Echantillonnage des larves et les variables abiotiques.....	48
4.3. Les analyses statistiques.....	49
<b>Chapitre IV : Résultats et discussion.....</b>	<b>50</b>
<b>1. Résultat.....</b>	<b>50</b>

1.1. Emergence.....	50
1.1.1. Le Gomphe d'Algérie ( <i>Gomphus lucasii</i> ).....	50
1.1.1.1. Abondance et le sexe ratio.....	50
1.1.1.2. Choix du support et stratification verticale.....	52
1.1.1.3. La mortalité pendant l'émergence.....	53
1.1.1.4. Structure de la population.....	54
1.1.2. L'Onychogomphe à sabre ( <i>Onychogomphus costae</i> ).....	55
1.1.2.1. Le pattern d'émergence.....	55
1.1.2.2. Stratification verticale.....	57
1.1.2.3. La mortalité pendant l'émergence.....	59
1.1.2.4. Structure de la population.....	59
1.2. Mouvement des adultes.....	61
1.2.1. Le Gomphe d'Algérie ( <i>Gomphus lucasii</i> ).....	61
1.2.1.1. Marquage et relocalisation.....	61
1.2.1.2. Distribution des adultes.....	62
1.2.1.3. Les mouvements des adultes.....	64
1.2.1.4. L'utilisation des micro-habitats par les adultes.....	68
1.2.2. Onychogomphe à sabre <i>Onychogomphus costae</i> .....	69
1.2.2.1. Marquage et relocalisation.....	69
a. Mature.....	71
b. Immature.....	71
c. Ténérale.....	72
1.2.2.2. Distribution et mouvement des adultes.....	72
1.3. Ecologie des larves du <i>G. lucasii</i> et <i>O. costae</i> et préférences de substrat.....	74

1.3.1. Les préférences d'habitat.....	75
<b>2. Discussion.....</b>	<b>79</b>
2.1. Emergence.....	79
2.1.1. Gomphe d'Algérie ( <i>Gomphus lucasii</i> ).....	79
2.1.2. Onychogomphe à sabre ( <i>Onychogomphus costae</i> ).....	82
2.2. Mouvements des adultes.....	84
2.2.1. Le Gomphe d'Algérie ( <i>Gomphus lucasii</i> ).....	84
2.2.2. Onychogomphe à sabre ( <i>Onychogomphus costae</i> ).....	88
2.3. Ecologie des larves du <i>G. lucasii</i> et <i>O. costae</i> et préférences de substrat.....	91
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>93</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>94</b>
<b>Résumés</b>	

## LISTE DES FIGURES

Figure N°	Titre	Page
<b>Figure 1</b>	Gomphidae <i>Oncogomphus costae</i>	<b>07</b>
<b>Figure 2</b>	Coenagrionidae <i>Coenagrion mercuriale</i>	<b>08</b>
<b>Figure 3</b>	Epiophlebiidae <i>Epiophlebia superstes</i>	<b>09</b>
<b>Figure 4</b>	Morphologie générale de la larve. A. larve Anisoptère, B. larve Zygoptère, C. Masque préhensile	<b>14</b>
<b>Figure 5</b>	Structure des ailes de libellule	<b>16</b>
<b>Figure 6</b>	Morphologie de l'imago	<b>17</b>
<b>Figure 7</b>	<i>Crocothemis erythraea</i>	<b>18</b>
<b>Figure 8</b>	<i>Sympecma fusca</i>	<b>18</b>
<b>Figure 9</b>	<i>Erythromma lindenii</i>	<b>19</b>
<b>Figure 10</b>	Oviposition Endophyte	<b>19</b>
<b>Figure 11</b>	Oviposition Epiphyte	<b>20</b>
<b>Figure 12</b>	Oviposition Exophyte	<b>20</b>
<b>Figure 13</b>	La forme des œufs A et B	<b>21</b>
<b>Figure 14</b>	Métamorphose de <i>Gomphus lucasii</i> (Anisoptère).	<b>24</b>
<b>Figure 15</b>	Métamorphose de libellule (Anisoptère)	<b>24</b>
<b>Figure 16</b>	La phase du comportement reproducteur chez <i>Ischnura graellsii</i> (zygoptère)	<b>28</b>
<b>Figure 17</b>	Prédation de libellule A et B	<b>30</b>
<b>Figure 18</b>	Carte du bassin versant de la Seybouse	<b>32</b>
<b>Figure 19</b>	Location géographique du site d'étude avec toutes les sections du cours d'eau échantillonnées.	<b>36</b>
<b>Figure 20</b>	Location géographique du site d'étude avec toutes les sections du cours d'eau échantillonnées	<b>39</b>

<b>Figure 21</b>	location géographique du site d'étude avec tous les habitats et les sections de cours d'eau échantillonnés	<b>41</b>
<b>Figure 22</b>	Location géographique du site d'étude avec tous les habitats et les sections de cours d'eau échantillonnés.	<b>45</b>
<b>Figure 23</b>	Carte géographique des sites d'échantillonnage le long du cours d'eau principal de Oued Seybouse (Nord-est de l'Algérie).	<b>47</b>
<b>Figure 24</b>	Pourcentage cumulé de l'émergence annuel du <i>Gomphus lucasii</i> dans 4 étirements différents durant la saison de l'émergence de 2011	<b>50</b>
<b>Figure 25</b>	Tendance de Sex-ratio du <i>Gomphus lucasii</i> pendant la saison de l'émergence de l'année 2011 pour les mâles et les femelles	<b>51</b>
<b>Figure 26</b>	La longueur du corps des exuvies du <i>Gomphus lucasii</i> au cours de la saison de l'émergence de 2011	<b>52</b>
<b>Figure 27</b>	Distribution en pourcentage des larves du <i>Gomphus lucasii</i> dans les trois derniers stades larvaires dans deux sites différents en octobre et avril	<b>55</b>
<b>Figure 28</b>	Courbe d'émergence d' <i>O. costae</i> dans Oued Seybouse pendant deux saisons d'émergence 2011 et 2012	<b>56</b>
<b>Figure 29</b>	Pourcentage cumulé d'émergence annuel d' <i>O. costae</i> dans Oued Seybouse pendant deux saisons d'émergence.	<b>57</b>
<b>Figure 30</b>	Fréquence de Distribution des stades larvaires d' <i>O. costae</i> collectées mensuellement à Oued Seybouse en 2011 et 2012	<b>60</b>
<b>Figure 31</b>	Fréquence de distribution de la distance à partir de l'eau pour les individus du <i>Gomphus lucasii</i> selon l'âge. Barres noires (mâles) et les barres ouverts (femelles)	<b>63</b>
<b>Figure 32</b>	Fréquence de distribution des distances parcourues par les individus du <i>G. lucasii</i> au sein et entre les habitats terrestres et aquatiques	<b>65</b>
<b>Figure 33</b>	Carte indiquant les mouvements du <i>Gomphus lucasii</i>	<b>66</b>
<b>Figure 34</b>	Direction et la distance des mouvements de <i>G. lucasii</i> de l'émergence aux sites de la maturation	<b>67</b>
<b>Figure 35</b>	Fréquence de distribution de l' <i>O.costae</i> adulte marqué au sein des habitats terrestres	<b>71</b>

<b>Figure 36</b>	Fréquence de distribution de l' <i>O.costae</i> (Immature) marqué au sein des habitats terrestres	<b>71</b>
<b>Figure 37</b>	Fréquence de distribution de l' <i>O.costae</i> (Ténérale) marqué au sein des habitats terrestres	<b>72</b>
<b>Figure 38</b>	Fréquence de distribution de la distance à partir de l'eau pour les individus du <i>O. costae</i> selon l'âge	<b>73</b>
<b>Figure 39</b>	Biplot d'analyse en composantes principales réalisée pour les caractéristiques de l'habitat, l'abondance des deux espèces ( <i>G.lucasii</i> , <i>O.costae</i> ), et les sites d'échantillonnage	<b>77</b>

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau N°	Titre	Page
<b>Tableau 1</b>	Les caractéristiques physiques des neuf sections du cours d'eau	<b>43</b>
<b>Tableau 2</b>	Liste des sites d'échantillonnage, le code, l'information géographique et typologique	<b>48</b>
<b>Tableau 3</b>	Abondance et sex-ratio à l'émergence du <i>G. lucasii</i> dans les étirements d'étude	<b>50</b>
<b>Tableau 4</b>	Temps de post-émergence en jours et la date après laquelle 50% de la population annuelle de <i>Gomphus lucasii</i> avait émergé (EM50) aux différents étirements	<b>51</b>
<b>Tableau 5</b>	La taille du corps et stratification verticale d' <i>O. costae</i> des deux sexes dans les deux années d'étude	<b>58</b>
<b>Tableau 6</b>	Corrélations de Spearman entre la taille du corps et les paramètres de la stratification verticale des exuvies pour les deux ans d'étude	<b>58</b>
<b>Tableau 7</b>	Marquage, relocalisation, taux de relocalisation du <i>Gomphus lucasii</i> adulte selon l'âge et le sexe	<b>62</b>
<b>Tableau 8</b>	Distance moyenne (m) à partir de l'eau des individus adultes de <i>G. lucasii</i> pour les deux sexes et toutes les classes d'âge	<b>64</b>
<b>Tableau 9</b>	Distance des mouvements d'adultes matures dans la zone d'échantillonnage. Unité de distance est le mètre	<b>68</b>
<b>Tableau 10</b>	Les facteurs abiotiques et leurs corrélations avec le nombre d'individus marqué et relocalisé à chaque section	<b>69</b>
<b>Tableau 11</b>	Marquage, relocalisation, taux de relocalisation d' <i>O. costae</i> adulte selon l'âge et le sexe	<b>70</b>
<b>Tableau 12</b>	Distance moyenne (m) à partir de l'eau des individus adultes de <i>O. costae</i> pour les deux sexes et toutes les classes d'âge	<b>74</b>
<b>Tableau 13</b>	Nombre total de larves de deux espèces <i>G. lucasii</i> et <i>O. costae</i> dans les 12 sites échantillonnés dans le bassin versant de la Seybouse et ses affluents au cours de l'année 2011/2012	<b>75</b>

<b>Tableau 14</b>	Caractéristiques de l'habitat de <i>G.lucasii</i> et <i>O.costae</i>	<b>76</b>
<b>Tableau 15</b>	Analyse en composantes principales pour les caractéristiques de l'habitat avec l'abondance du <i>G.lucasii</i> et <i>O.costae</i>	<b>78</b>

# INTRODUCTION

## Conservation des insectes

### Historique

#### Pourquoi nous avons besoin de conserver les insectes ?

Les insectes sont des organismes qui remportent un énorme succès en termes de nombre d'espèces et d'abondance (Samways, 2005).

Leur diversité au niveau des familles n'a cessé d'augmenter au cours des 400 derniers millions d'années, avec environ 600 familles qui vivent aujourd'hui (Labandeira et Sepkoski, 1993). Au niveau des espèces, ils n'ont pas eu une telle augmentation constante avec de nombreuses espèces ont disparu à la fin du crétacé. La plupart des espèces éteintes étaient des spécialistes (Labandeira et *al.*, 2002). Au cours des dernières centaines de milliers d'années, avec l'avance et le recul des glaciers il y a eu quelques extinction des d'espèces d'insectes (Coope, 1995 ; Ponel et *al.*, 2003). Les populations d'insectes dans l'hémisphère Nord ont réagi à ces frissons et de dégel en se déplaçant vers le Sud pendant les périodes glaciaires, elles ont également déplacé vers le haut et vers le bas des montagnes, ce qui a généré de nouvelles espèces (Hewitt, 2000). Ces mouvements ont été sans entraves par le paysage humain fragmenté.

Au cours du Pléistocène et au début d'Holocène, les mammifères herbivores ont probablement joué un rôle important dans l'ouverture du paysage (Alexander, 2005), comme ils le font aujourd'hui dans la savane Africaine (Rivers-Moore et *al.*, 2001), cet impact des vertébrés a été très important pour de nombreuses espèces d'insectes parce qu'il conduit à une myriade de types de micro-habitat.

Le début, il y a 6000 ans, ou la modification des paysages par les humains a commencé, les arbres ont été abattus et le gibier indigène a été remplacé par le bétail domestique, seule la Grande-Bretagne a perdu 20 de ses espèces de coléoptères (Girling, 1982).

Depuis lors, il y a eu une accélération d'impact anthropique sur les populations d'insectes avec une estimation de 11200 espèces ayant disparu depuis l'année 1600 (Mawdsley et Stork, 1995), selon certaines estimations un demi-million d'insectes peuvent s'éteindre dans les trois cents prochaines années, tandis que certaines projections suggèrent

que peut-être un quart de toutes les espèces d'insectes sont menacés d'extinction imminente (Mc Kinney, 1999). En Angleterre les papillons sont en train de disparaître localement plus rapidement que les plantes et les oiseaux (Thomas et *al.*, 2004). En outre, certains insectes parasites sont en voie d'extinction avec leurs hôtes vertébrés (Dunn, 2005), faisant une crise de Co-extinction.

### **Défis pour la conservation des insectes**

Seulement environ 10% de tous les insectes ont des noms scientifiques, avec beaucoup de révision taxonomique reste requis, même les espèces courantes sont complexes de multi espèces avec la détermination de leurs ADN (Herbert et *al.*, 2004). Décrire toutes les espèces inconnues avant qu'elles ne disparaissent est le défi taxonomique. Pourtant, il y a probablement plusieurs extinctions avec des espèces qui n'ont jamais et ne seront jamais décrites.

Révéler ce défi taxonomique n'est pas une tâche facile mais plusieurs approches sont rendu cela possible, il s'agit notamment d'entreprendre des inventaires complets dans des zones géographiques petites mais importantes, tel que les Seychelles avec son grand nombre d'espèces endémiques (Gerlach et *al.*, 2005), ou entreprendre une évaluation globale d'un groupe taxonomique particulier comme cela se fait pour les odonates. Ces approches sont complétées par des clés faciles à utiliser pour les non spécialistes engagés dans la planification de la conservation et avec le déploiement de la reconnaissance informatique des spécimens. Un autre challenge pour la conservation est le défi de la perception, même chez certains omnipraticiens de conservation, les insectes sont souvent considérés comme négligeables ou donnés peu d'attention. Ce manque de reconnaissance des insectes peut atteindre des proportions majeures dans certains secteurs de la société humaine, qui ne peut reconnaître que la blatte sale et les mouches nuisibles. Pourtant il y a une sensibilisation croissante et même une affection pour certains insectes, actuellement the British society Butterfly Conservation a environ 14000 membres.

### **Les menaces des insectes**

#### **Impact insidieux d'un environnement pollué**

Une combinaison d'augmentation de la population humaine plus la consommation des ressources et d'énergie, mesurée par le produit intérieur brute, augmenté de 460% au cours du

dernier siècle et avec les estimations qu'il y aura une nouvelle hausse de 240% en 2050 (National Research Council, 1999). Parmi les préoccupations, c'est que cette pression humaine aura des effets sur les écosystèmes, avec la perte d'espèces végétales conduisant à la perte d'espèces insectes. Hawaii a perdu cinq espèces de papillons de nuit à cause de l'extinction de certaines plantes (Gagné et Howarth, 1985). De nombreux effets d'une contamination environnementale sont sublétales et n'ont pas été détectés. La deltaméthrine d'insecticide peut réduire le fitness de papillon soit dans le stade larvaire ou adulte, lorsqu'il est appliqué à seulement 1/640 de la dose sur le terrain (Cilgi et Jepson, 1995). Les espèces répondent différemment dans la même guildes d'alimentation, sur l'île de Mayotte dans l'Océan Indien, les libellules sont beaucoup plus sensibles aux flux des contaminants tel que le détergent que d'autres (Samways, 2003).

### **La perte de l'habitat naturel**

La cause principale de l'extinction d'insectes est la perte de l'habitat naturel (Tilman et *al.*, 2001), estiment que d'ici 2050 un autre 10<sup>9</sup> ha d'écosystèmes naturels seront convertis à l'agriculture, avec une augmentation de 2,5 fois d'azote et du phosphore (eutrophisation entraînée). Ces modifications entreront en synergie avec la pollution, fragmentation d'habitat, l'impact des organismes exotiques envahissants et le réchauffement climatique. Ces impacts ne seront pas affecter toutes les espèces également, ces derniers seront plus sur les espèces spécialistes (Koh et *al.*, 2004). Certaines espèces bénéficient même de l'accroissement de l'effet de bords, comme les fourmis sur l'interface entre l'habitat naturel et la matrice agricole où elles affectent fortement les arthropodes vivant dans le sol de la zone de transition (Davies et *al.*, 2001). La transformation des terres conduit à une mosaïque de patches de paysages qui est très isolante pour de nombreuses espèces, les espèces moins mobiles peuvent être tolérantes dont l'environnement est spatialement confiné dans lequel ils ont évolué (Samways, 2006). À l'autre extrémité du spectre, les espèces très mobiles peuvent se déplacer à travers les patches mais pour ceux qui sont intermédiaires la mosaïque du paysage peut constituer une menace majeure (Thomas, 2000).

Pas tous les aspects de perturbations humaines sont nuisibles. Par exemple : les carrières de calcaires en République Tchèque sont bénéfiques pour certaines espèces (papillons) qui bénéficient de conditions chaudes et perturbées (Benes et *al.*, 2003, Whitehouse, 2005).

L'impact urbain inclut le trafic, qui peut être particulièrement dévastateur pour de nombreuses espèces et même les matériaux utilisés pour construire (des routes, des ponts...etc.), affectent non seulement la région immédiate, mais aussi plusieurs dizaines de mètres dans la zone environnante (Michael, 2007).

La plus grande préoccupation et la perte des forêts tropicales, où probablement plus de la moitié de tous les insectes vivants. Actuellement, 130000 km<sup>2</sup> sont perdus chaque année et avec une estimation de trois quarts des forêts ont disparu en 2010 en Asie du Sud-est (Sodhi , 2004). Les preuves s'accumulent que la conversion des forêts à des terres agricoles a un effet majeur sur les assemblages d'insectes, en particulier les insectes spécialistes des forêts primaires (Davies et *al.*, 2001 ; Eggleton et *al.*, 1996 ; Didham, 1989). D'autres écosystèmes naturels sont aussi en train de perdre des espèces comme les insectes des prairies (Panzer, 2002) et les insectes des écosystèmes de type Méditerranéen (Samways, 1998 ; Hannah, 1995).

Parmi autre préoccupation est la perte de la faune de grotte (Culver, 2003) et les insectes des îles (Jones, 2002). La perte et la fragmentation des habitats sont généralement deux phénomènes corrélés, qui peuvent intervenir en même temps, augmentant de ce fait les effets délétères sur le milieu naturel. Ces phénomènes sont liés à un grand nombre d'activités humaines : l'urbanisation et l'agriculture qui entraînent une perte d'habitat importante mais aussi une dégradation à cause de la pollution qu'elles engendrent ou encore la construction d'infrastructures qui induit une fragmentation des habitats.

### **L'effet de l'espèce exotique envahissante**

Une espèce exotique est un organisme dont les êtres humains ont introduit intentionnellement ou accidentellement en dehors de sa gamme précédente. Il est réputé (invasive) s'elle a des effets négatifs sur son environnement. Les espèces exotiques envahissantes sont une menace pour de nombreuses espèces indigènes et endémiques (Clavero et Garcia-Berthou, 2005). Les insectes, les plantes et les vertébrés envahissants posent une menace. Par exemple les rats exotiques ont été impliqués dans l'extinction locale de plusieurs insectes comme sur l'île Lord Howe où il y a *Dryococelus australis* (Priddel et *al.*, 2003), le crapaud *Bufo marinus* a été introduit en Australie pour contrôler certains coléoptères nuisibles mais il est maintenant d'avoir un impacte majeur sur de nombreux insectes non ciblés et le même cas pour le *Gomphus spp* introduit à Hawaï pour contrôler les

moustiques (Englund, 1999). En outre certaines plantes exotiques envahissantes peuvent accroître l'habitat pour certaines libellules mais seulement pour les espèces déjà géographiquement dispersés est généralistes (Stewart et Samways, 1998).

### **Effets secondaires de la lutte biologique classique**

Bien que l'introduction des agents étrangers de la lutte biologique pour Contrôler certains ravageurs a eu des avantages économiques et environnementaux, inévitablement ils comportent certains risques pour les organismes non ciblés (Howarth, 1991 ; Lockwood et *al.*, 2001 ; Samways, 1997). Les impacts négatifs de lutte biologique sont souvent difficiles à prouver, mais il y a néanmoins des preuves que certains aspects de cette dernière sont préjudiciables à la faune et la flore autochtone. Exemple : la mouche *Compsilura concinnata* a été introduite au Etats-Unis à plusieurs reprises pour contrôler certains ravageurs elle a été impliquée au déclin de certains papillons de nuit locale (Boettner et *al.*, 2000), même pour le contrôle de certaines mauvaises plantes exotiques par des insectes herbivores a des avantages et des bénéfices économique et écologique mais il y a aussi quelques effets secondaires, exemple : le Figuier indigène de barbarie famille de cactus (*Opuntia spp*) aux Etats-Unis et le Mexique sont actuellement menacés par les *Cactoblastis cactorum* ( papillons cactus) qui se répand en Amérique du Nord (Hight et *al.*, 2002), Même les agents pathogènes d'insectes comportent des risques. La bactérie *Bacillus thuringiensis israelensis*, qui est utilisé pour lutter contre les moustiques, provoque une mortalité dans diverses larves d'insectes aquatiques. Un autre *B. thuringiensis* utilisé pour le contrôle des lépidoptères ravageurs a un impact sur les papillons indigènes en Amérique du Nord (Miller, 1990).

### **Le génie génétique**

Les organismes génétiquement modifiés (OGM), en particulier les plantes transgéniques, sont de plus en plus utilisés dans les programmes intégrés de gestion des ravageurs. L'utilisation d'OGM peut présenter des risques pour certains insectes indigènes (Losey et *al.*, 1999). L'évaluation de la situation des OGM devrait tenir compte des effets immédiats et différés pour les interactions directes et indirectes entre les plantes transgénique et les organismes non ciblés et sur tous les niveaux de la chaine trophique (individus, population, communauté,...etc.) et (prédation, compétition, parasite,...etc.) et avec protocole et un suivi (Saeglist et Baetsch, 2003).

## **SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE**

## CHAPITRE I

# GÉNÉRALITÉS SUR LES ODONATES

## 1. Origine et histoire de vie des odonates

Les libellules sont l'un des plus anciens groupes d'insectes vivants aujourd'hui. Les fossiles d'abord des libellules connus comme insectes sont du Carbonifère supérieur et appartiennent au groupe Protodonata, le groupe de sœur éteint d'Odonata moderne. Inclus dans Protodonata est le plus gros insecte connu pour avoir existé: *Meganeuropsis permiana* (Carpenter, 1939). Cette espèce a une envergure de plus de 70 cm.

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

Les odonates (Odonata), ou odonatoptères plus connus sous le nom de libellules, qui comptent actuellement près de 6000 espèces et sous-espèce dans le monde (Silsby, 2001 ; Aguilar et Dommanget, 1998), sont un ordre d'insectes à corps allongé, dotés de deux paires d'ailes membraneuses généralement transparentes, et dont les yeux composés et généralement volumineux leur permettent de chasser efficacement leurs proies. Ils sont aquatiques à l'état larvaire et terrestre à l'état adulte. Ce sont des prédateurs, que l'on peut rencontrer occasionnellement dans tout type de milieu naturel, mais qui se retrouvent plus fréquemment aux abords des zones d'eau douce à saumâtre, stagnante à faiblement courante, dont ils ont besoin pour se reproduire (Corbet, 1999).

### 1.1. Etymologie (Odonate / libellule)

En 1792, le naturaliste Fabricius donna le nom d'Odonata aux libellules qui par la suite s'est francisé en Odonate. Réaumur en 1742 utilise le terme de « demoiselles », puis Linné, le créateur de la systématique moderne qui l'applique en 1758 à toutes les espèces d'odonates.

## 1.2. Systématique

Règne : Animalia

Embranchement : Arthropoda

Sous –embranchement : Hexapoda

Classe : Insecta

Sous-class : Pterygota

Ordre : Odonata

## 1.3. Classification

Les Odonates regroupent trois sous-ordres : les demoiselles (Zygoptera) et les libellules stricto sensu (Anisoptera). Un troisième sous-ordre, les Anisozygoptères (Anisozygoptera) ne compte qu'une espèce himalayenne et une autre japonaise (Fraser, 1957).

### 1.3.1. Les Anisoptères

Des espèces fortes et trapues, les ailes antérieures et postérieures sont toujours dissemblables (les ailes antérieures sont plus étroites que les postérieures), ailes toujours écartées du corps, vol puissant (Aguilar et *al.*, 1985) (Fig.01).



**Figure 01** : Gomphidae *Onychogomphus costae* (Photo par Rabah zebsa, 2012).

### 1.3.2. Les Zygoptères

Espèces fines et grêles, ailes postérieures et antérieures de forme identique, les yeux sont largement séparés, vol peu soutenu, les ailes sont généralement jointes au dessus de l'abdomen, exception faite pour les Lestidés, les espèces de cette famille tiennent leurs ailes légèrement ouvertes quand ils sont au repos (Aguilar et Dommanget, 1998) (Fig.02).



**Figure 02 :** Coenagrionidae *Coenagrion mercuriale* (Photo par Rabah zebza, 2013).

### 1.3.3. Anisozygoptères

Les plus petites des trois sous-ordres des libellules, comprenant des insectes qui sont superficiellement similaire aux Anisoptères, mais dont les ailes ont des bases étroites (une caractéristique de Zygoptere (Fraser, 1957 ; Trueman, 1996). Les larves montrent également des caractéristiques possédées par les deux autres sous-ordres. Les Anisopzygoptères prospéré au cours de l'ère mésozoïque, quand ils ont remplacé l'ordre de libellule ancestrale *Protanisoptera*. Aujourd'hui, seulement deux espèces sont existante, à la fois dans le genre *Epiophlebia*, trouvé dans l'Inde et le Japon (Allaby, 2009). La tête a des yeux très séparés, ressemblant à celle des Gomphidae (Fig.03).



**Figure 03 :** Epiophlebiidae *Epiophlebia superstes* (Longchamps, 1889).

#### 1.4. La famille des Gomphidae

Les Gomphidae sont une ancienne famille d'Odonates datant du Jurassique ancien, avec une richesse spécifique très élevée, et leur classification au niveau de la sous-famille n'a pas encore été totalement acceptée. La famille est probablement originaire du Sud-est de l'Asie, au cours des millénaires, elle s'est répandue partout dans le monde (Silsby, 2001).

La famille des Gomphidae se reconnaît facilement car ce sont les seuls Anisoptères à avoir les yeux largement séparés. Les espèces sont généralement de taille moyenne, rarement de grande taille (*Lindenia tetraphylla*). La coloration générale est jaunâtre ; sur les cotés du thorax, la disposition utilisée pour l'identification des différentes espèces (Aguilar et Dommanget, 1998).

Chez le mâle, l'abdomen plus au moins cylindrique avec des oreillettes au 2<sup>e</sup> segment ; les appendices anaux sont de forme particulière et spécifique servant souvent pour l'identification des genres et des espèces. Chez la femelle, l'abdomen, généralement cylindrique et élargi au niveau du 8<sup>e</sup> segment, ne porte pas d'ovipositeur ni d'expansions foliacées (Aguilar et Dommanget, 1998).

Ponte sans l'accompagnement du mâle. Les œufs forment une masse qui gonfle dans l'eau ; ils adhèrent également aux pierres (Engelhardt, 1998).

Les larves des Gomphidae se développent principalement dans les eaux courantes ou agitées. Quelques espèces comme *Gomphus pulchellus* peut vivre en eaux stagnantes dans les régions les plus froides de son aire (Aguilar et Dommanget, 1998 ; Tachet et *al.*, 2000).

Un détail du comportement semble rapprocher les Gomphidae du groupe des familles Libellulidae et Cordulegasteridae : c'est le fait que les larves des Gomphidae s'enfouissent dans le sédiment. Le corps des larves de Gomphidae s'est adapté à leur comportement spéciale, et c'est ainsi qu'elles ont développé d'importants caractères de famille : pour les antennes, le nombre de 6 ou 7 articles fragiles (des autres familles) a été réduit à 4 articles robustes (Heidemann et Seidenbuch, 2002). Le troisième article antennaire nettement plus long que les autres articles (Tachet et *al.*, 2000).

#### **1.4.1. Les caractères d'identification des Gomphidae**

##### **1.4.1.1. Larves et Exuvies**

Prémentum, vue de profil, aplati ne recouvrant pas le labre (Tachet et *al.*, 2000). Le masque préhensile est un caractère important que les Gomphidae ont en commun avec les Aeshnidae, et qui oppose ces deux familles aux Libellulidae et aux Cordulegasteridae. Ces dernières familles ont le masque en forme de « cuiller » tandis que les palpes labiaux des Gomphidae et des Aeshnidae forment une surface plane avec le lobe médiane « masques plats », qui servent à attraper les proies (Englhardt, 1998 ; Heidemann et Seidenbuch, 2002).

Le développement larvaire s'effectue le plus souvent sur plusieurs années (Aguilar et Dommanget, 1998).

Lors de l'émergence, les larves adoptent les positions les plus diverses, mais jamais le dos ne se dirige vers le bas, comme cela peut être le cas d'autres familles. Pour atteindre leur grandeur définitive, ils peuvent se trouver en position horizontale, chose impossible pour la plupart des autres familles (à l'exception de quelques Zygoptères) (Heidemann et Seidenbuch, 2002).

Les genres de la famille des Gomphidae que l'on peut rencontrer à Oued Seybouse sont : Gomphus et Onycogomphus.

##### **a. Gomphus Leach, 1815**

Pas de rangée d'épines (= protubérances épineuses) en position médio-dorsale sur l'abdomen (Tachet et *al.*, 2000).

La partie proéminente du palpe labial, avoisinant le crochet mobile est pointue à l'extrémité. Troisième article antennaire allongé et de forme cylindrique, plus mince que le

premier article (basal). Taille jusqu'à 30 mm (Tachet et *al.*, 2000 ; Heidemann et Seidenbuch, 2002).

Les fourreaux alaires sont parallèles chez la larve vivante, chez les exuvies ils peuvent être parallèles ou légèrement écartés (Heidemann et Seidenbuch, 2002).

#### **b. *Onychogomphus* Sélys, 1854**

Présence d'épines en position médio-dorsale sur l'abdomen. Lobe interne du palpe labial à pointe émoussée et plutôt rectiligne. Entre l'antenne et l'œil, une protubérance bien marquée portant des soies. Troisième article antennaire renflé distalement (Tachet et *al.*, 2000).

Les fourreaux alaires sont écartés, de manière très marquée chez l'exuvie, mais modérée chez la larve vivante. Les larves peuvent se déplacer et chasser comme les larves de *Gomphus*, en creusant à l'intérieur du sédiment. Longueur du corps maximum 26 mm (Heidemann et Seidenbuch, 2002).

#### **1.4.1.2. Adulte**

##### **a. Exemple 1: *Gomphus lucasii***

- Diagnose : Thorax jaune paille encore plus étroitement ligné de noir. Pattes, ou les premiers articles des tarsi sont jaunes. Cercoïdes des mâles graduellement rétrécis en pointe aigüe ; lame vulvaire des femelles un peu plus large à la base. Vertex noir où la crête postocellaire est jaune.
- Dimension :
  - Mâle : 40 à 42 mm ; aile postérieure : 31 à 36 mm.
  - Femelle : 31 à 43 mm ; aile postérieure : 30 à 37 mm.

##### **b. Exemple 2: *Onychogomphus costae***

- Diagnose : Coloration générale brun jaunâtre, à peine marquée de noir. Mâle à cercoïdes assez allongés et se terminant par un élargissement bifide (Aguilar et Dommanget, 1998).
- Dimension :
  - Mâle : 30 à 34 mm ; aile postérieure : 23 à 27 mm.
  - Femelle : 28 à 34 mm ; aile postérieure : 25 à 27 mm.

## 2. Morphologie et anatomie des Odonates

Les Odonates ou Libellules se distinguent des autres insectes non seulement par leur morphologie caractéristique tant chez l'adulte que chez la larve, mais souvent par des particularités structurales qui leur sont propres et qui sont, pour l'essentiel : l'existence chez le mâle de pièces génitales 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.

Ce sont des hémimétaboles à larves aquatiques dans leur immense majorité et prédateurs à tous les stades de leur cycle vital (Durand et Lèveque, 1981).

### 2.1. Larve

Les larves présentent de notables différences de formes par rapport aux adultes, par leur silhouette plus ramassée et par la forme du labium.

Leur forme générale est très allongée chez les Zygoptères, tandis qu'elle est courte et élargie chez les Anisoptères. A partir de l'œuf et après un stade prolarve elles grandissent en effectuent un nombre de mues variant suivant les espèces (Aguilar et Dommanget, 1998).

Les larves sont de teinte relativement terne comparées aux adultes qui sont richement colorés dans leur ensemble (Tachet et *al.*, 2000).

#### 2.1.1. Tête

La tête des larves est peu mobile comparée à celle des adultes : elle porte des antennes multiarticulées, mais le nombre d'articles ne dépasse pas sept.

Les yeux composés sont bien développés, présentant de nombreuses facettes. Les ocelles sont peu visibles (Tachet et *al.*, 2000).

Le front et le clépus ne sont pas divisés ; les mandibules et les maxilles sont peu différentes de celles des adultes (Aguilar et Dommanget, 1998).

La plus grande partie de la tête est couverte de sclérites, c'est-à-dire de plaques chitineuses plus au moins circonscrites (Heidemann et Seidenbusch, 2002).

Le labium, c'est-à-dire le masque préhensile, pliable et projetable, est l'homologue du labium de l'imago. Le masque de la larve, comme les pièces copulatrices de l'imago, prouve que l'ordre des Odonates est un groupe monophylétique (Heidemann et Seidenbusch, 2002).

### 2.1.2. Thorax

Le thorax se divise en 2 parties, le prothorax et le méso-métathorax. Le prothorax est parfois muni d'expansions latérales, les apophyses supracoxales. Sur le méso- métathorax les 4 fourreaux alaires apparaissent progressivement à partir de la 3<sup>ème</sup> ou la 4<sup>ème</sup> mue, recouvrant peu à peu les premiers segments abdominaux (Aguilar et Dommanget, 1998).

Les deux derniers segments du thorax sont souvent considérés comme un ensemble, appelé synthorax ou ptérothorax (Heidemann et Seidenbusch, 2002).

### 2.1.3. Pattes

Dans la zone limite entre les régions pleurales et ventrales, les pattes sont insérées, à raison d'une paire par segment, toujours en dessous de l'épisternum. Les pattes sont formées de plusieurs articles, liés entre eux et au corps par des articulations qui sont enveloppées de membranes souples (Heidemann et Seidenbusch, 2002).

Les pattes présentent à peu près la même morphologie que chez l'adultes, elles sont néanmoins plus longues et adaptées à la marche (Aguilar et Dommanget, 1998).

### 2.1.4. Abdomen

L'abdomen est toujours plus court que chez l'adulte, il porte souvent des épines sur l'axe médio-dorsal et sur les bords latéraux postérieurs des derniers segments abdominaux.

L'abdomen se compose toujours de dix segments nettement circonscrits. Le segment adjacent au thorax reçoit le numéro 1. Les segments sont reliés entre eux par des membranes intersegmentaires qui rendent l'abdomen souple et mobile (Heidemann et Seidenbusch, 2002).

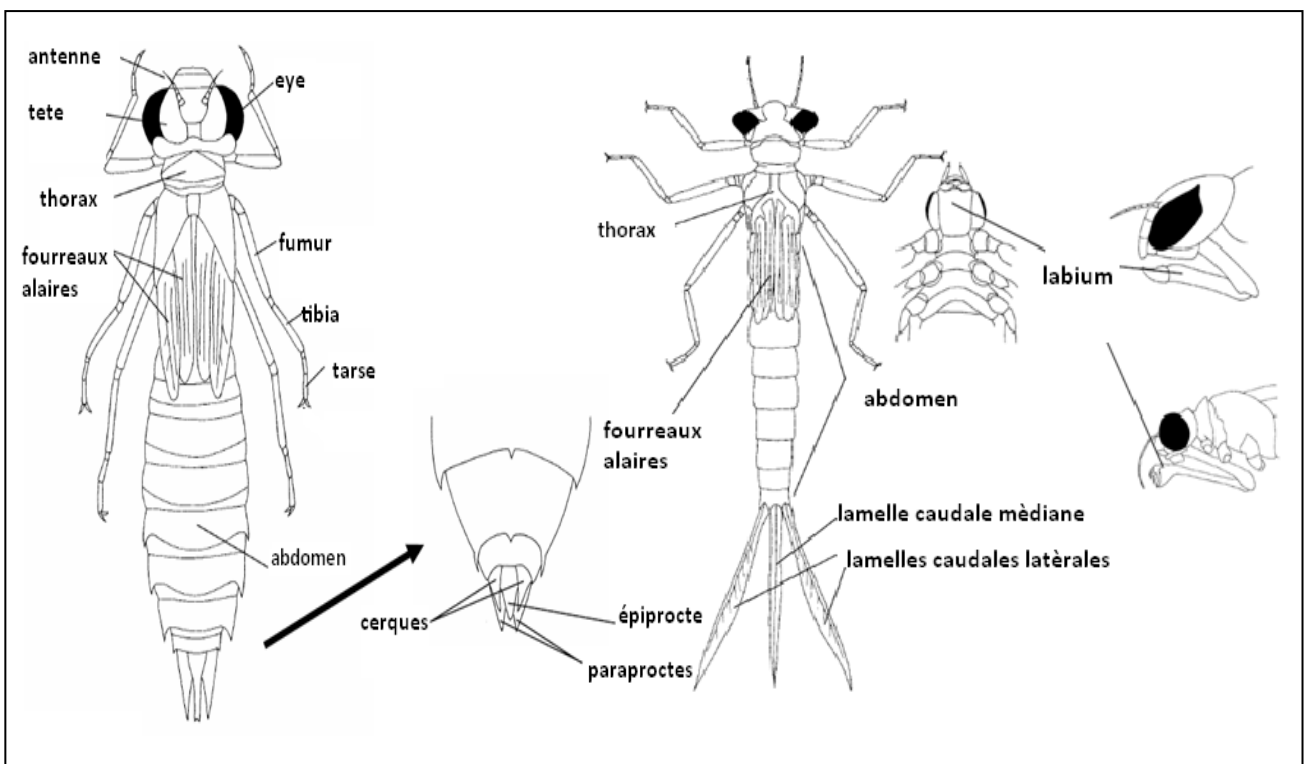
L'extrémité de l'abdomen permet de différencier Zygoptères et Anisoptères. Chez les Zygoptères, l'extrémité de l'abdomen comprend deux pièces latérales très courtes : les paraproctes, chacun prolongé par une lamelle branchiale (lamelle caudale), dorsalement un épiprocte court également prolongé par une lamelle branchiale. Ces lamelles branchiales ont des formes variées selon les genres et sont de ce fait utilisées en systématique (Tachet et *al.*, 2000).

Chez les Anisoptères, l'extrémité de l'abdomen constitue une pointe conique (pyramide anale) constituée de deux paraproctes latéraux, flanqués de deux cerques uniarticulés et dorsalement d'un épiprocte impair (Tachet et *al.*, 2000).

### 2.1.5. Organe de reproduction

Les organes de reproduction et de copulation sont déjà présents à l'intérieur de la larve préimaginale. A l'extérieur ils sont visibles, du moins sous forme d'ébauche, chez tous les mâles et les femelles de nombreuses espèces. On distingue sans difficulté les sexes des larves et exuvies des Zygoptères (dans les deux sexes les organes sont visibles sur la face ventrale du neuvième segment, chez le male il s'agit des valves, chez la femelle des gonophyses dont l'ensemble formera plus tard l'ovipositeur de l'imago). Chez les espèces dont les imagos ont l'ovipositeur saillant, c'est-à-dire chez les Gomphidae et chez le Libellulidé *Somatochlora metallica*, les gonophyses apparaissent sous forme de deux petites pointes qui émergent du pli entre le huitième et le neuvième segment (Heidemann et Seidenbusch, 2002).

Vers la fin de la vie larvaire des modifications physiologiques importantes annoncent le passage de la larve à l'imago.



**Figure 04 :** Morphologie générale de la larve. A. larve Anisoptère, B. larve Zygoptère, C. Masque préhensile (Bouchard, 2004).

## 2.2. Adulte « Imago »

Les adultes contrairement à de nombreux adultes d'insectes aquatiques, sont souvent très colorés, la coloration concernant le corps et parfois les ailes (Tachet et *al.*, 2000).

Comme celui des autres insectes le corps des imagos se divise en trois parties : tête, thorax, abdomen.

### 2.2.1. La tête

La tête des Odonates est toujours plus large que le thorax, soit qu'elle ait une disposition « transverse » comme chez les Zygoptères, soit que les yeux occupent entre la moitié ou les trois quarts de la tête comme chez les Anisoptères.

Les yeux sont séparés chez les Zygoptères et une famille d'Anisoptères : les Gomphidae, ils sont contigus sur une distance variable chez tous les autres Anisoptères d'Afrique. Tous les Odonates portent trois ocelles disposés en triangle sur le vertex. Celui-ci est en position horizontale sur la partie supérieure de la tête chez les Zygoptères ; il est projeté vers l'avant chez les Anisoptères, par la suite de l'extension des yeux. Les ocelles sont présents et visibles (Durand et Lèveque, 1981).

Le front portant deux antennes généralement de 7 articles (un scape, un pédicelle et un flagelle de 5 articles) ; le postclypeus, l'antéclypeus, le labre et le labium qui cache les pièces buccales (Aguilar et Dommanget, 1998).

### 2.2.2. Le thorax

Le thorax se subdivise en deux parties inégales : à l'avant un prothorax très réduit, porte la tête et la paire antérieure de pattes ; un sythorax, très volumineux résultant de la fusion du méso- et du métathorax, porte les ailes et les pattes médianes et postérieures (Aguilar et Dommanget, 1998).

### 2.2.3. Les pattes

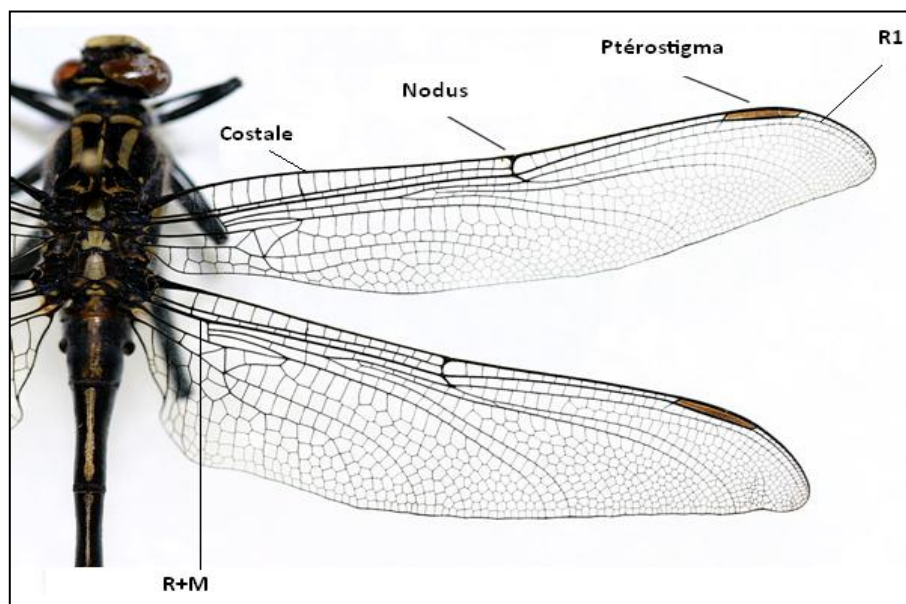
La structure des pattes d'Odonates répond au schéma classique des pattes d'insectes. Elles sont courtes, garnies d'épines et toutes dirigées vers l'avant, ne servent guère à la marche mais permettent de grimper sur les supports (par exemple au moment de la ponte) et servent couramment à la capture et le maintien des proies (Durand et Lèveque, 1981 ; Aguilar et Dommanget, 1998).

#### 2.2.4. Les ailes

Au nombre de 4, sont membraneuses, allongées et étroite ; de même forme chez les Zygoptères elles sont inégales chez les Anisoptères, où les postérieures sont larges à la base. Elles sont constituées par des nervures longitudinales et transverses formant entre elles de nombreuses cellules. Cette nervation, varie suivant les familles, les genres et les espèces, constitue le plus important critère de distinction et de classification de ces insectes (Aguilar et Dommanget, 1998).

Au repos les ailes des Anisoptères sont toujours disposées dans un plan horizontal. Chez tous les Odonates, chaque aile porte près du bord antérieur externe un ptérostigma (Tachet et *al.*, 2000).

Le bord antérieur de l'aile est constitué par la première nervure longitudinale ou costale (C). De la base de l'aile part ensuite la nervure subcostale ou sous-costales (Sc) qui rejoint la costale vers le milieu de l'aile formant un renforcement appelé nodus (n). La nervure suivante est la radiale (R) qui, fusionnée avec la médiane (M) à la base, est appelée (R+M) (Aguilar et Dommanget, 1998).(Fig.05)



**Figure 05 : Structure des ailes de libellule.**

#### 2.2.5. Abdomen

L'abdomen est toujours plus long que chez les larves, souvent cylindrique. Peut être aplati dorso-ventralement ou très élargi (Libellulidae). Il est formé de 10 segments bien distincts avec les vestiges d'un 11<sup>e</sup> ; le 1<sup>er</sup> segment, imbriqué dans le synthorax, est très court,

le 2<sup>e</sup> est plus allongé, les 3 à 7 sont les plus long, les 8 et 9 sont assez courts et le 10<sup>e</sup>, généralement très réduit. Il porte à l'extrémité différentes pièces de l'armature génitale et des cerques courts uniarticulés (Aguilar et Dommanget, 1998 ; Tachet *et al.*, 2000).

### 2.2.6. L'appareil génital

Les Odonates se distinguent en ce que le mâle possède un appareil génital « secondaire », à fonction copulatrice et inséminatrice dont la structure est totalement différente des structures génitales des autres insectes (Durand et Lévêque, 1981).

Chez les mâles comme chez les femelles, l'orifice génital est situé à l'extrémité de l'abdomen, mais le mâle porte en outre ventralement au niveau du deuxième segment un pénis de 3 articles et de 1 ou 2 paires de bameçons ou bamuli (surtout utilisés pour la distinction de certaines espèces de Libellulidae). Il y a donc chez les mâles séparation entre l'orifice génital et l'appareil copulateur (Aguilar et Dommanget, 1998 ; Tachet *et al.*, 2000) (Fig. 06)

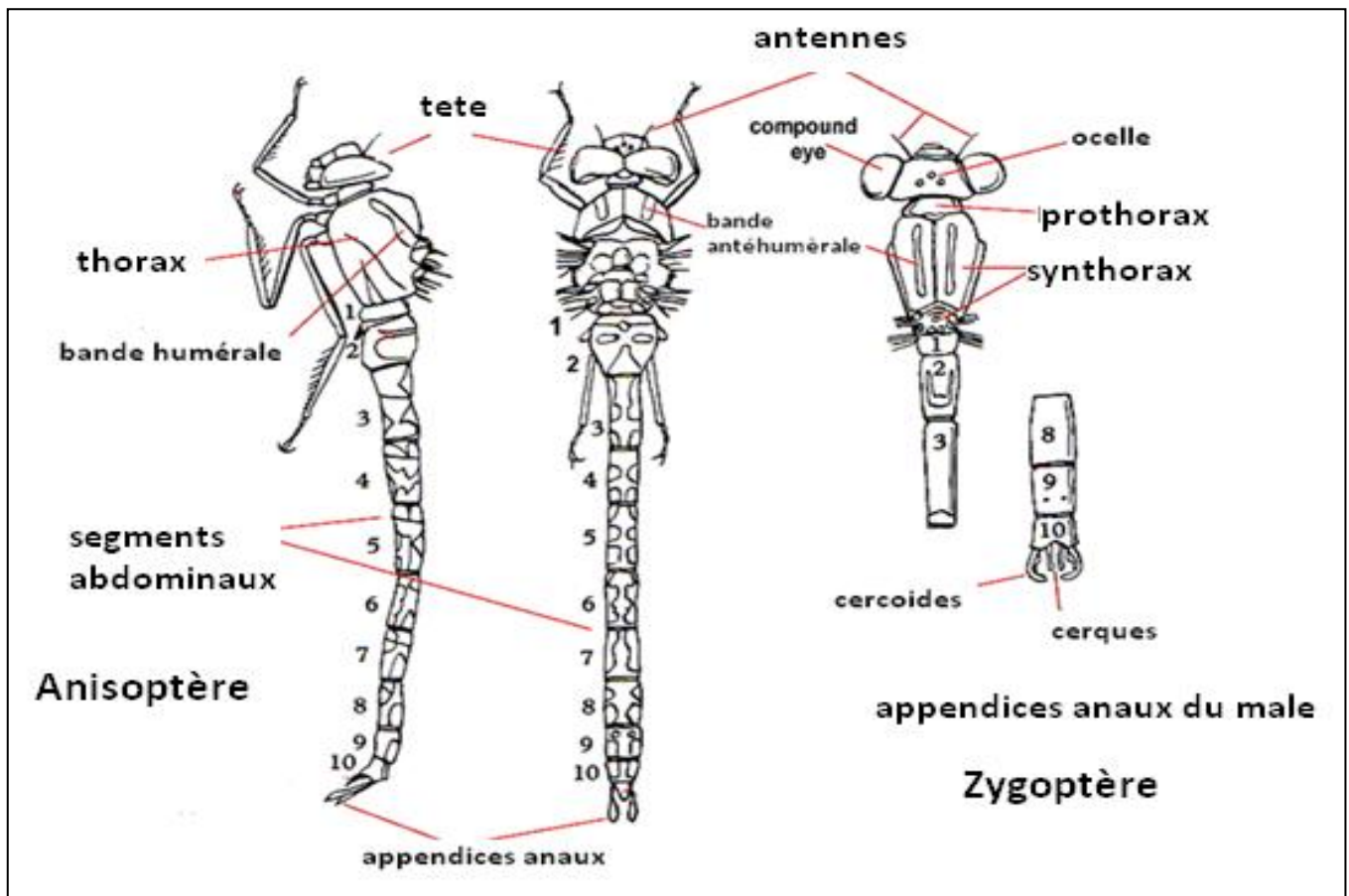


Figure 06 : Morphologie de l'imago.

**CHAPITRE II**

**BIOLOGIE DES ODONATES**

Les insectes de l'ordre des odonates (libellules), comme la plupart des insectes, ont un cycle de vie complexe. Nous avons exceptionnellement bien documenté sur l'histoire naturelle et l'écologie d'odonates (Corbet, 1999), et ils sont de plus en plus utilisés comme organismes modèles de mise en forme des théories à la fois écologiques et évolutives (Aguilar, 2008).

### 1. L'oviposition

L'oviposition est la déposition des œufs par la femelle et elle succède plus ou rapidement à la copulation (Aguilar et Dommanget, 1985). Dans la plupart des cas, c'est la femelle qui est concernée par le choix du site d'oviposition, mais chez certaines espèces comme *Plathemis lydia* (Jacobs, 1955) c'est le mâle qui prend cette initiative.

Chez *Crocothemis erythraea*, par exemple, aussitôt après l'insémination le male se détache et suit à distance la femelle qui pond mais cela peut causer la séparation du couple par les attaques aériennes d'autres males (Young, 1976) (Fig. 07).

Dans beaucoup d'autres cas, après la copulation, le male reste fixé à sa conjointe par l'extrémité de l'abdomen et vont à la recherche d'un lieu de ponte (Aguilar et Dommanget, 1985), le cas de *Platycnemis pennipes* et *Sympecma fusca* (Observation personnelle) (Fig. 08).



**Figure 08 :** *Sympecma fusca*.



**Figure 07 :** *Crocothemis erythraea*

Parfois, comme chez *Erythromma lindenii*, la femelle descend sous l'eau et le male se détache mais il reste au-dessus en vol stationnaire (observation personnelle), et le même cas chez *Enallagma hageni* (Fincke, 1986) (Fig. 09).



**Figure 09 :** *Erythromma lindenii*.

La façon de déposer l'œuf diffère selon les espèces et différents lieux (végétaux vivants à organes immergés, flottants, aériens, arbres ou arbustes voisinant l'eau, ou des parties végétales mortes...etc.) (Aguilar et Dommanget, 1985). La sélection des sites d'oviposition est influencée par les indices directs tel que (les propriétés de l'eau, dimension du milieu, la végétation aquatiques) (Bernath et *al.*, 2002 ; Rouquette et Thompson, 2005 ; Corbet, 1999).

Il y a 3 types de ponte adoptés par les femelles d'odonates :

**1.1. Endophyte :** (*Lestes viridis*, *coenagrion scitulum* ...etc) à l'intérieur d'une plante ou tige. (Observation personnelle) (Fig. 10).



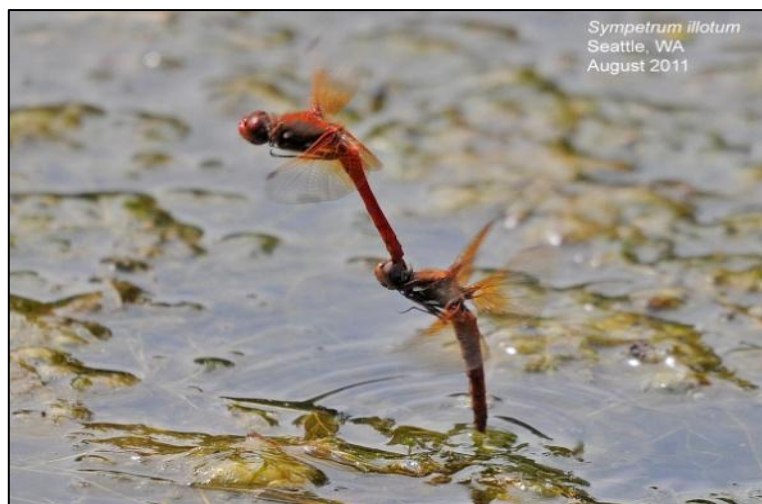
**Figure 10 :** Oviposition Endophyte.

**1.2. Epiphyte :** (*Gynacantha bullata*.....etc) sur la surface d'une plante (Corbet, 1962) (Fig. 11).



**Figure 11 :** Oviposition Epiphyte

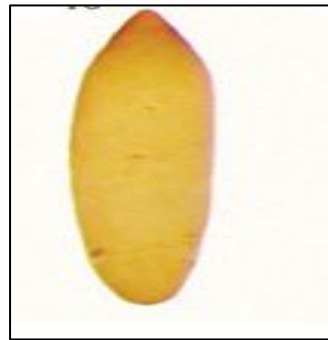
**1.3. Exophyte :** (Gomphidae, .....etc) lâche les œufs à la surface des cours d'eau ou sur terre (Observation personnelle) (Fig. 12).



**Figure 12 :** Oviposition Exophyte

## 2. Stade Œuf

La morphologie des Œufs d'odonates va de la forme allongée (endophyte) à la forme arrondie (exophyte) (Corbet, 1999) (Fig. 13, A et B).



**A** : Œuf allongé *Argia insipida*  
(Ranyse et Neusa, 2009).

**B** : Œuf arrondi *Sympetrum meridionale*  
(Photo par Rabah Zebsa, 2012).

**Figure 13** : La forme des œufs.

Les œufs, souvent entouré d'une couche plus ou moins épaisse de gelée, sont couramment émis isolément comme chez *Crocothemis erythraea* ou en paquet comme chez *Gomphus lucasii* (Observation personnelle), quelque fois groupés dans une substance mucilagineuse formant parfois un long cordon qui contient quelques milliers d'œufs chez *Orthetrum nitidinerve* (Khelifa et al., 2012) (Fig. 13).

L'insertion des œufs dans les végétaux (tige...etc.), se réalise par l'incision avec des valves supérieures et médiane de l'oviscapte de la femelle, puis l'insertion des œufs au fond du trou (Aguilar et Dommanget, 1985).

Le nombre d'œufs peut atteindre 1500 œufs, une femelle peut produire plusieurs milliers d'œufs pendant son cycle biologique (Adulte) (Corbet, 1999).

Les œufs éclosent 7 à 8 jours après la ponte mais l'éclosion peut être délayée de 80 jours (Corbet, 1962 ; Miller, 1992).

Le stade de vie œuf est le moins étudié dans les odonates. La mortalité des œufs dans (la nature) peut être élevée, jusqu'à 25% en *Pyrrhosoma nymphula* (Bennett et Mill, 1995). Turner (1960) a indiqué Approximativement 95,6 % de mortalité embryonnaire et larvaire de *Rana pretlosa*. Plusieurs conditions environnementales peuvent accroître la mortalité, y compris les températures extrêmes, la dessiccation, les polluants, les parasitoïdes (Corbet, 1999 ; Ranyse et Neusa, 2009), et parfois les prédateurs (Corbet, 1962).

Les conditions environnementales peuvent aussi façonner deux traits clés d'œufs qui sont reportés à l'état larvaire. Tout d'abord, le temps de développement de l'embryon qui nécessite une température bien précise (Van Doorslaer et Stoks, 2005 ; Gillooly et Dodson, 2000). Deuxièmement, la taille des nouveau-nés diminue avec la diminution de la température (Van Doorslaer et Stoks, 2005). Les deux traits peuvent avoir des conséquences de fitness pour le stade larvaire. Les petits œufs donnent naissance à des petits nouveau-nés (Pro larve) (Hottenbacher et Koch, 2006), et les larves qui éclosent plus tard avec une taille réduite souffrent de la prédation par d'autres odonates (Suhling et Lepkojus, 2001).

### 3. Stade larvaire

La croissance larvaire s'effectue de façon générale dans l'eau. Les larves, à respiration branchiale, chassent à l'affût les infusoires, les zooplanctons, les larves d'insectes... etc. Elles grandissent en effectuant de 9 à 17 mues suivant les espèces (Crobet, 1999). La durée du stade larvaire varie en fonction de plusieurs facteurs externes tels que : La température, la photopériode, l'altitude et la latitude (Sniegula et *al.*, 2012 ; Örtman et *al.*, 2013). La mue imaginale constitue la dernière mue de la libellule qui prend alors sa forme adulte en quittant l'élément liquide.

#### 3.1. Mortalité

Plusieurs conditions environnementales au stade larvaire peuvent entraîner des effets numériques au stade adulte en augmentant les taux de mortalité des larves. Ceci a été documenté pour la disette de la nourriture (Anholt, 1990 ; Van Buskirk, 1987), exposition à des polluants (Hardersen et Frampton, 1999), les contraintes de temps (Johansson et Rowe, 1999.), et la densité élevées des larves (Mikolajewski et *al.*, 2008).

Les prédateurs majeurs et prédominants des larves sont les poissons (Johnsson et Bordin, 2003 ; Stoks et Mcpeek, 2003b), d'autre part il y a le cannibalisme et la prédation intragilde par d'autres odonates (Van Buskirk, 1989 ; Anholt, 1994) et d'autres insectes aquatiques (Wissinger et *al.*, 2006). Les canards domestiques sont leurs pires ennemis, non seulement ils les mangent, mais détruisent aussi leur milieu naturel, ils ravagent le fond de l'étang, polluent l'eau par leurs excréments anéantissent la végétation (Heidemann et Seidenbousch, 2002). Les larves sont aussi menacées par les araignées qui vagabondent sur les rivages (Observation personnelle).

### 3.2. Parasitisme

Les parasites sont fréquents et sont des sources significatives de mortalité pour les larves. Les larves de libellules sont infestées par des Trématodes et Cestodes ils les utilisent comme des Hôtes intermédiaires pour migrer ensuite vers d'autres vertébrés ou invertébrés (oiseaux, grenouille...etc) (Heidemann et Seidenbousch, 2002), ainsi que d'autres acarien parasite aquatique passe de la larve à l'imago chez *Sympetrum méridionale* (observation personnelle). Les parasites ont une influence très remarquable sur la survie et la longévité (Aguilar et *al.*, 2003).

### 3.3. Les Taux de la croissance larvaire

Les adaptations des odonates à certaines latitudes et altitudes se traduisent par des interruptions du développement qui affectent l'embryon ou la larve avec une différence de taux de croissance dont il y a aussi des changements dans la photopériode (Sniegula et *al.*, 2012).

Les taux de croissance larvaire diminuent avec l'augmentation de la densité des larves (density-dependent) ce qui explique le coût de la compétition (Pierce et *al.*, 1985 ; Fincke Ola, 1992b ; Van Buskirk, 1992 ; Stoks et Mcpeek, 2003b).

Plusieurs études ont montré que les larves des odonates croient plus lentement en présence de prédateurs et les cannibales (Johansson, 1996 ; stoks et Johansson, 2000 ; Mcpeek, 2004 ; Dmitriew et Rowe, 2005 ; Stoks et *al.*, 2006b).

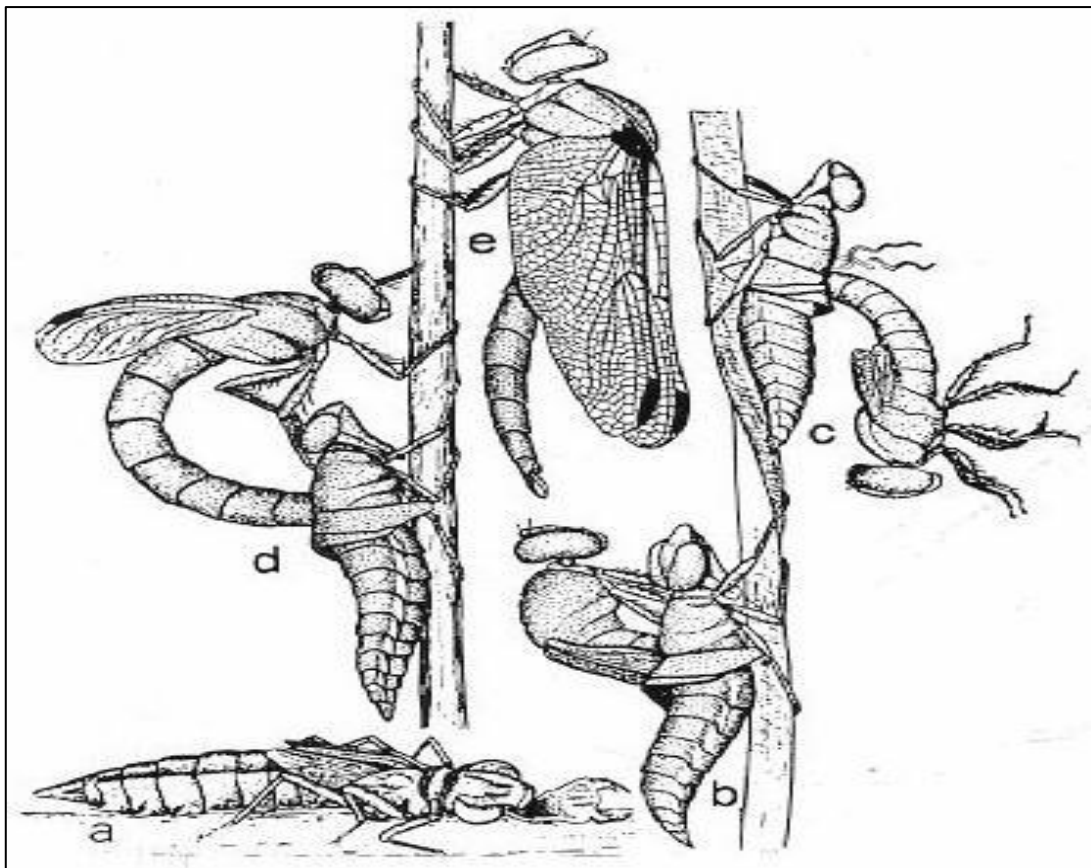
D'autres facteurs non liés à la densité (density-independent) qui influencent la croissance larvaire, limitation des ressources, ce qui indique la compétition pour une ressource avec d'autres groupes de la chaîne alimentaire (Johnson, 1987).

### 3.4. Métamorphose

La métamorphose est une étape importante qui se traduit par des profonds changements morpho- physiologiques et même comportementaux s'effectuant à la fin de la croissance et l'évolution larvaire passant par une dernière mue ( mue imaginale) qui va transformer la larve en adulte ou imago (Corbet, 1999) (Fig. 14). Quelques jours avant l'éclosion la larve commence à quitter l'eau par intervalles de plus en plus long, respirant progressivement avec les stigmates thoraciques, puis une dernière fois elle quitte l'eau et se hisse sur un support (Domanget et Aguilar, 1998).



**Figure 14 :** Métamorphose de *Gomphus lucasii* (Anisoptère) (Photos par : Rabah Zebsa, 2011).



**Figure 15 :** Métamorphose de libellule (Anisoptère) (Matheson, 1951.In. Walter Ebeling, 1978).

- a- La larve quitte le milieu aquatique, choisit un support végétal favorable et se fixe dans une position différente selon les espèces (horizontale ou verticale).
- b- le thorax se dilate et la peau se fend entre les deux fourreaux alaires. La déchirure s'agrandit laissant saillir le thorax de l'adulte, la tête apparaît puis les pattes et les ailes.
- c- Le jeune adulte se renverse complètement la tête en bas.
- d- Après une phase de repos il se redresse et se raccroche à la partie antérieure et il extrait l'abdomen.
- e- Le jeune adulte enfin dégagé de sa dépouille larvaire, les ailes vont lentement se déployer. Après un dessèchement complet, l'insecte peut prendre son premier envol (Fig. 15).

### 3.5. Emergence

L'émergence est une étape très importante dans le cycle de vie des insectes aquatique caractérisée par le passage d'individus aquatique à la vie terrestre (aérienne). Les odonates sont comme beaucoup d'autres insectes aquatiques, les individus doivent choisir un support approprié et sortir de l'eau pour réaliser le processus de mue (Corbet, 1999). A ce stade, les odonates passent beaucoup de temps dans un état immobile, vulnérable et incapable d'échapper de toute tentative de prédation. Pour faire face à ce handicap, les odonates ont adopté une variété de modèles spatio-temporels d'émergence en choisissant le bon site et le bon moment. En effet, de nombreuses espèces ont tendance à émerger la nuit pour échapper à la diversité des prédateurs qui pourraient être rencontrés pendant la journée, tandis que d'autres ont des rythmes d'émergence diurnes ou même mixtes (Corbet, 1999).

Par conséquent, le choix et la sélection du site et du timing jouent un rôle important pour minimiser le risque de mortalité durant l'émergence (Banks et Thompson, 1985; Gribbin et Thompson, 1991; Corbet, 1999; Purse et Thompson, 2003).

On pourrait penser que le choix du site d'émergence des odonates et d'autres insectes aquatiques est le même que pour le choix du site de ponte de nombreux vertébrés et invertébrés (Rehfeldt, 1990; Mangel, 1987; Magnusson et Hero, 1991; Thompson et Pellmyr, 1991; Hieber, 1984), peut être façonné par la prédation agissant comme une pression hautement sélective, induisant les individus de choisir des périodes et des espaces spécifiques où ils sont moins susceptibles d'être détectés par des prédateurs aquatiques, terrestres ou aériens.

Une fois l'ensemble du processus terminé, les ténérales quittent le dernier stade larvaire (exuvie) et prennent leur premier envol. Des études ont montré que les exuvies fournissent des informations précieuses sur la qualité des habitats (Raebel et *al.*, 2010), le sex-ratio, la densité et la structure spatio-temporelle de l'émergence (Corbet, 1999). Egalement, Foster et Soluk (2004) ont montré que l'échantillonnage des exuvies donne une estimation fiable de la densité de population larvaire. En plus, l'utilisation de ce matériel comme une méthode d'échantillonnage indirecte et non invasive est précieuse pour surveiller les espèces dont la conservation est préoccupante. Cependant, malgré tous les avantages de l'utilisation de surveillance basée sur les exuvies, qui restent nettement négligées par rapport aux adultes (Raebel et *al.*, 2010).

#### 4. Stade Adulte

Au cours de la vie des adultes plusieurs facteurs doivent être pris en compte, le plus important d'entre eux est l'âge (Corbet, 1962). L'adulte passe par trois périodes importantes (Corbet, 1962) :

##### 4.1. La période de maturation

Après l'émergence, l'adulte passe par une période de maturation loin de lieu de reproduction, et cette période varie selon les espèces en moyenne de 20 jours à plusieurs mois, elle varie aussi entre le sexe, chez *Plathemis lydia* le male prend 8 jours et la femelle 24 jours (Jacobs, 1955), *Anax imperator* le male prend 12 jours et la femelle 16 jours (Corbet, 1957d).

Cette période est souvent plus courte chez *Calopteryx splendens* 2 jours (Zahner, 1960), elle peut se prolonger par l'estivation ou l'hibernation. Chez *Aeshna mixta* l'estivation dure plus de trois mois, *Sympetrum meridionale* a une période de maturation de plus de 4 mois (Samraoui et *al.*, 1993). Cette période est caractérisée par des changements de couleurs (Corbet, 1962), Augmentation du poids et développement des gonades (Ueda, 1989). Après la période de maturation l'adulte mature retourne vers les milieux aquatiques de reproduction.

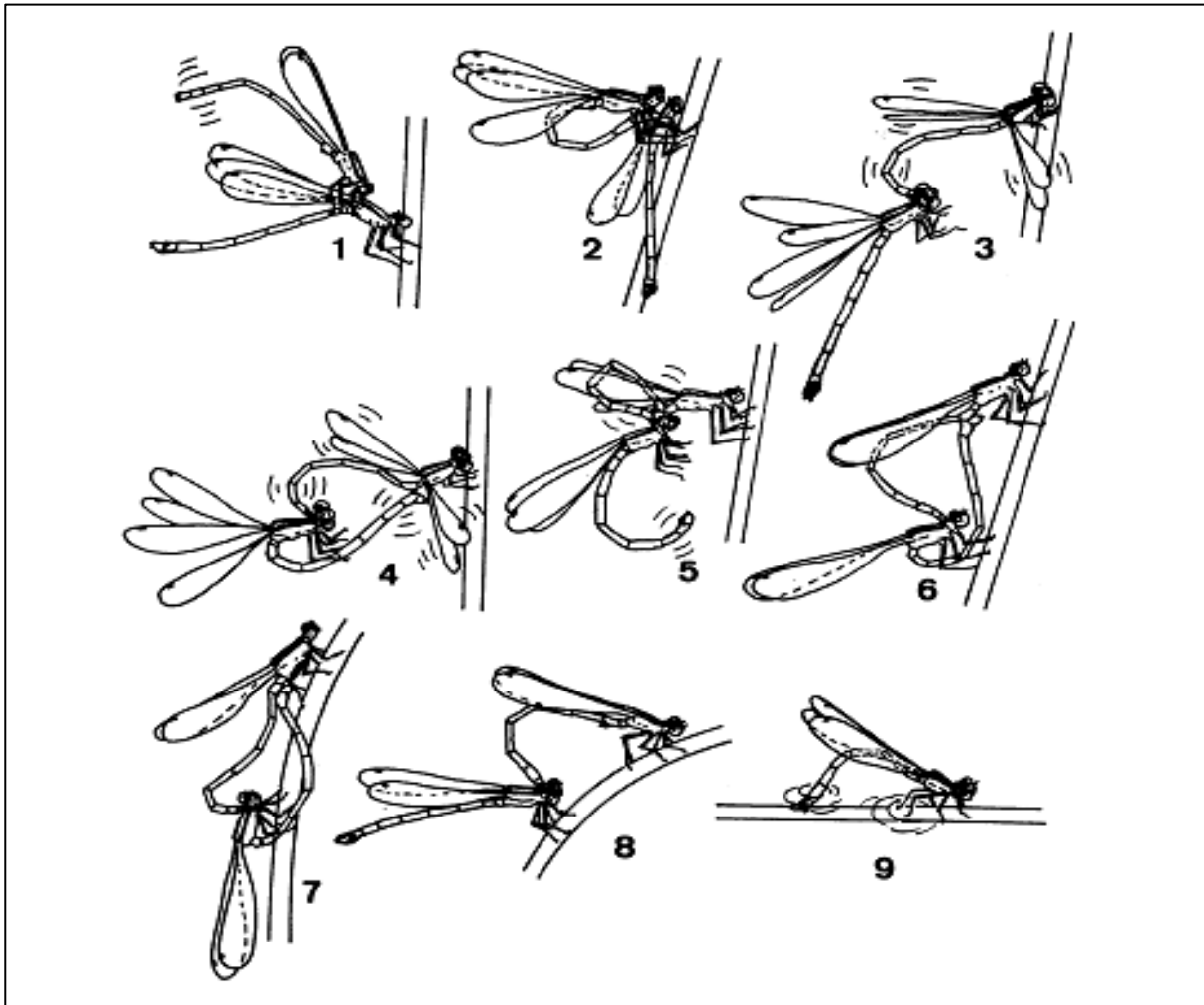
##### 4.2. La période reproductive

La période reproductive est très importante pour tous les insectes. Le comportement reproducteur chez les odonates est très original et spectaculaire dont il y a plusieurs exigences écologiques importante pour toutes les libellules qui sont confrontés à ce moment.

Ce processus passe par les séquences comportementales suivantes (Fig. 16) :

- L'accouplement commence soit par une poursuite de la femelle chez *Crocothemis erythraea*, *Trithemis annulata*, *Trithemis arteriosa*, soit par une parade nuptiale chez *Calopteryx haemorrhoidalis*, *C. Exul* (Observation personnelle).
- Le mâle attrape la femelle entre ces pattes, puis il saisit la femelle dans la région entre la tête et le prothorax (la nuque) à l'aide de ses appendices anaux et le tandem se forme.
- Le mâle doit être puissant et capable de féconder les œufs de la femelle.
- Pour remplir de spermatozoïdes, le male repli son abdomen sur lui-même appliquant l'orifice génital, qui s'ouvre au 9<sup>ème</sup> segment, contre la cavité copulatrice du 2<sup>ème</sup> segment.
- La femelle recourbe son corps pour joindre son orifice génital aux pièces de l'organe copulateur masculin de 2<sup>ème</sup> segment. Le couple forme le cœur copulatoire.
- Les organes génitaux accessoires de mâle ont un petit sac pour le stockage de sperme et un pénis. Pendant l'accouplement, ce pénis a une double fonction intéressante, avant de fournir des spermatozoïdes, il s'accroche et nettoie tout le sperme d'un accouplement précédent par un autre mâle (compétition spermatique).
- La copulation ne doit pas être perturbée par des interférences avec d'autres males.
- Le male doit protéger la femelle contre les prédateurs et les perturbations par d'autres males durant la ponte des œufs.

La fécondation s'opère sur un support chez Coenagrionidae, Calopterygidae, ou en plein vol chez Libellulidae. Elle dure de quelques secondes jusqu'à une heure (Corbet, 1962).



**Figure 16 :** La phase du comportement reproducteur chez *Ischnura graellsii* (zygoptère)  
(Cordero, 1989).

### 4.3. La période post-reproductive

C'est une période généralement courte pour tous les odonates. Après la période de reproduction les couleurs des libellules deviennent ternes, et les visites des adultes aux sites de reproduction cessent (Mayer, 1958 *In* Corbet, 1962). La plupart des odonates meurent de mort naturelle généralement à un court intervalle après la période de reproduction.

### 4.4. Migration et dispersion des adultes

La survenue de la migration des insectes est bien connue à partir d'observations comportementales (Walker et Littell, 1994). La migration des libellules se produit sur tous les continents sauf l'Antarctique, elle est un phénomène bien documenté (Russell et *al.*, 1998 ; Corbet, 1999 ; Moskowitz et *al.*, 2001).

Au moins 25 à 50 des 5200 espèces de libellules à travers le monde ont été considérées migratrices (Russell et *al.*, 1998). Corbet (1999) a classé plusieurs espèces migratrices d'odonates bien connus au monde comme le genre *Anax* et *Tamea*.

Environ neuf espèces de libellules sont des migrants de longue distance communes en Amérique du Nord, un vol par an au Nord et au Sud dans une grande partie du continent Nord-américain (Arnaud, 1972 ; Russell et *al.*, 1998 ; Moskowitz et *al.*, 2001 ; Sprandel, 2001).

Chez les insectes et les autres animaux, les déplacements se produisent comme un trait d'une histoire de vie ou à la suite d'une perturbation liés à la dégradation de l'habitat. Dans les deux cas, ces mouvements pourraient conduire à «dispersion», qui est le déplacement des individus loin de leur site natal (Ricklefs et Miller, 1999). Plusieurs avantages de ces mouvements ont été notés comme l'évitement de la consanguinité, habitat d'une meilleure qualité, une faible densité de population et l'évitement des ennemis naturels comme les prédateurs, parasites et agents pathogènes (Stenseth et Lidicker, 1992). Lorsque la dispersion est suivie de la reproduction des individus, un certain nombre de gènes sont transférés d'une population à l'autre (flux de gènes), et peuvent influencer sur la génétique des populations (Broquet et Petit, 2009), éviter les extinctions locales (Harrison, 1991 ; Holt, 1993), et élargir l'aire de répartition géographique (Ward et Mill, 2007 ; Angert et *al.*, 2011) d'une espèce dans une zone donnée. Les odonates ont bien été utilisés dans les études de capture-marquage-recapture (CMR) pour évaluer la dispersion et les paramètres démographiques en raison de leur aptitude (Cordero et Stoks, 2008). Le modèle général du mouvement des odonates pendant la saison de vol est que les deux sexes vont loin de l'eau après l'émergence et passent une période de temps dans les habitats terrestres pour la maturation et puis le retour à l'eau pour se reproduire. Les mâles adultes passent la plupart de la journée dans l'eau tandis que les femelles visitent l'eau seulement pour déposer leur ponte puis revenir à des zones terrestres (Corbet, 1999 ; Stoks et Cordoba, 2012). En conséquence, un biais marqué dans les taux de recapture dans les sites de reproduction est généralement observé avec des mâles présentant des taux plus élevés. Par exemple, la moyenne des taux de recapture basée sur des données empiriques de certains odonates (exprimés en mâle/femelle), a été estimée à 0,266/0,152 pour *Coenagrionidae*, 0,317/0,119 pour *Lestidae* et 0,727/0,200 pour *Libellulidae* (Stoks, 2001 ; Cordero et Stoks, 2008). Les rares données disponibles sur les mouvements de libellules ont montré que certaines espèces, en particulier des eaux temporaires, existent avec des

populations inégales (patch) ou dans une structure de métapopulation avec une dispersion des distances importantes d'une population à une autre avec des transferts subséquents des gènes (Knaus et Wildermuth, 2002 ; Chin et Taylor, 2009).

## 5. Les effets des conditions environnementales sur les adultes

Plusieurs conditions environnementales au stade adulte, y compris les parasites, des prédateurs, des conditions météorologiques défavorables, la pénurie alimentaire et le harcèlement des femelles par les males causent la mortalité et génèrent donc des effets sur la prochaine génération (Corbet, 1999).

### 5.1. Parasitisme

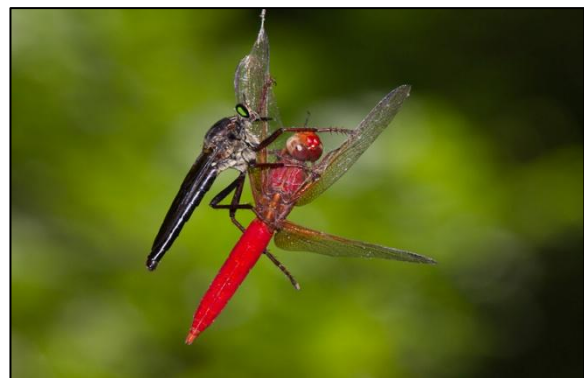
Les parasites drainent l'énergie de leurs hôtes par extraction des ressources, endommager les tissus de l'hôte qui doivent être réparé, et en stimulant une réponse immunitaire coûteuse dans l'hôte (Garduno et *al.*, 2006, Siva-Jothy, 2000).

### 5.2. Prédation

Les odonates sont pris comme des proies par d'autres animaux le plus souvent les oiseaux et les araignées, canard d'eau douce, et d'autres insectes (Fig. 17 : A, B). Une étude a rapporté que, selon un haut risque de prédation manipulé, les libellules ont augmenté leur masse moins pendant la période de maturation (Stoks, 2001).



**A** : Prédation par un canard.



**B** : Prédation par espèce d'Asilidae.

**Figure 17** : Prédation de libellule.

D'autres études ont montré que la prédation peut décaler les distributions phénotypiques de plusieurs traits, y compris les traits immunitaires (Rantala et *al.*, 2011) et les traits sélectionnés sexuellement telles que la taille du corps et la taille du spot de l'aile

(Svensson et Friberg, 2007). Cela indique que la prédation peut changer le phénotype adulte et donc on s'attend à façonner indirectement les composants du fitness, tels que la durée de vie, succès de l'accouplement et la fécondité.

### 5.3. Conditions Climatiques

Insectes sont parmi les groupes d'organismes les plus susceptibles d'être affectés par le changement climatique, parce que le climat a une influence directe sur leur développement, la reproduction et la survie (Bale et *al.*, 2002). Le réchauffement peut avoir une incidence sur plusieurs aspects dans le cycle de vie des insectes et l'écologie.

Les conditions météorologiques défavorables peuvent avoir un impact important sur le succès de reproduction dans la vie des odonates. Les basses températures réduisent les performances de vol et réduisent le succès de recherche de nourriture (Corbet, 1999 ; Braune et Rolff, 2001). Plusieurs études ont rapporté des effets négatifs de la faible température sur la durée de vie, le succès d'accouplement et la fécondité (Dick et *al.*, 2013).

La plupart des études sur les conditions de l'environnement chez les odonates ont été faites sur le terrain et axée sur les composants du fitness à l'âge adulte.

### 5.4. Alimentation

Bien que l'effet de la nourriture a été peu exploré, La pénurie alimentaire génère des effets négatifs sur tous les composants du fitness en réduisant le stockage des graisses, la fonction immunitaire, la survie pendant la période de maturation et la fécondité (Tokman et *al.*, 2011 ; Plaistow et Tsubaki, 2000 ; Tsubaki et Hooper, 2004).

## **ETUDE EXPÉRIMENTALES**

## CHAPITRE III

### MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 1. Description générale du bassin versant de la Seybouse

Le bassin de la Seybouse est situé dans la région Nord-Est de l'Algérie occupant une superficie de 6570 km<sup>2</sup>, ce dernier prend naissance dans les hautes plaines de l'Atlas Tellien et s'étend jusqu'à son embouchure, qui se trouve à Sidi Salem (36°52'3.21"N, 7°46'25.49"E) près de la ville d'Annaba. Il occupe la troisième après oued El Kebir du Rhumel et Medjerdah-Mellegue. Il couvre 68 communes dans 7 Wilaya : Annaba, Tarf, Souk Ahras, Skikda, Guelma, Oum el Bouaghi, Constantine, ses eaux représentent une source fondamentale de vie dans la région (Cahiers de l'agence A.B.H. 1999) (Fig. 18).



**Figure 18** : carte du bassin versant de la Seybouse (Cahiers de l'agence A.B.H. 1999).

Il est généralement divisé en 6 sous-bassins. Nous pouvons distinguer trois sous bassins principales (Blayac. 1912):

- Sous Bassin versant de Bouhamdane (14-03) : Superficie 1136Km<sup>2</sup>.
- Sous Bassin versant de la moyenne Seybouse (14-04) : 818Km<sup>2</sup>.
- Sous Bassin versant de la basse Seybouse (14-06) : 1057Km<sup>2</sup>

### **1.1. Sous-Bassin de Bouhamdane**

Il est traversé par oued Bouhamdane dont la longueur est estimée à 37,49Km, qui est alimenté par plusieurs affluents dont les principaux sont :

- Oued Zenati 52,40 Km,
- Oued Dardar 10,53 Km,
- Oued Sabath 10,86 Km,
- Oued El Aria 10,79 Km. (Cahiers de l'agence A.B.H. 1999).

La composition des couches lithologiques dominantes du secteur d'Oued Zenati est dominée par du grès, d'argiles et de marnes ne permettant pas d'infiltration d'une grande quantité d'eau. Du côté d'Oued Sabath c'est des Marno- calcaires.

### **1.2. Le Bassin de Guelma**

Partant de Medjaz amar, la Seybouse grandisse et ceci par l'union du Bouhamdane et du Cherf débouche dans le Bassin de Guelma. Plusieurs cours d'eau viennent y affluer :

- Oued Boumia 12,70 Km,
- Oued Bou Sorra 16,32 Km,
- Oued El Maiz 10,16 Km,
- Oued Helia 18,41 Km,
- Oued Bou Djedra 10,07 Km. (Cahiers de l'Agence A.B.H.1999).

La constitution lithologique de la région de Guelma est globalement composée de terrains sédimentaires ; entre Medjaz Amar et Bentabouche une apparition des Marno-calcaires, ces derniers sont fissurés ce qui permet la constitution de ressources aquifères importantes c'est le cas de celle qui se trouve à l'Ouest de Bouhachana (source de Oued Hlia) qui donne un débit de 60 l/s (Ghachi, 1986)

### 1.3. Le Bassin du Mellah

Son cours est principalement formé par la réunion de l'oued Sfa, Cheham et oued Ranem. Ce dernier porte le nom de oued R'biba, Sekaka avant de recevoir les eaux de l'oued Rhirane formé à son tour par la réunion oued Hammam et oued R'biba. Au Nord-Est, les oueds Bou Redine et maaza forment oued El Mellah en aval.

Oued Ghanem (considéré comme le principal affluent de Mellah) se salit en traversant les terrains gypseux de la région d'Oued Cheham qui est peu perméable en saison sèche. Alors que les alluvions des terrasses de Bouchegouf semblent plus argileuses que celles de Guelma et sont moyennement perméables.

### 1.4. Le Bassin de la basse Seybouse

La Seybouse acquit un chemin entre Bouchegouf et Drean, de direction Sud-Nord c'est la dernière étape à franchir avant d'arriver à la mer. A ce niveau, la Seybouse est alimentée de l'Ouest par :

- Oued Ressoul 17,56 Km.
- Oued Dardara 25,56 Km.
- Oued Frarah 12,76 Km.
- Oued Boudjemaa 17,71 Km. (Cahiers de l'Agence A.B.H.1999)

Cette partie est caractérisée par un sud-Ouest marno-calcaires d'Aïn Berda ainsi que des argiles à Aïn Berda et Meboudj.

En ce qui concerne l'Oued lui-même, il mesure 134,74Km de long dont 57,15Km sont traversés au niveau du Bassin de Guelma et 77,59Km dans la basse Seybouse. Ses principaux tributaires cours d'eau sont l'Oued Cherf et l'oued Bouhamdane, qui se rejoignent à Medjez Amar (36°26'35.82"N, 7°18'39.36"E) pour former la Seybouse (Cahiers de l'Agence A.B.H.1999).

### 1.5. Richesse floristique

L'inventaire de la biodiversité floristique de la zone du projet présente une hétérogénéité de situations en rapport avec la diversité des conditions écologiques, géographique, physique, et démographique. Une diversité spécifique de 140 espèces recensées tout au long de l'Oued réparti en 41 familles et 107 genres. Cet inventaire reste relatif à la

période de collecte et aux conditions climatiques de l'année (Mellal M.K, 2014). Un taux d'endémisme de l'ordre de 2/ 140, soit 1.42% (Mellal M.K, 2014).

La flore de la région peut être regroupée en deux communautés, une qui regroupe les plantes hydrophytes telle que le *Typha Angustifolia*, *Nasturtium officinale*, *Alisma plantago-aquatica michaletti*, *Apium nodiflorum*, *Phragmites australis subsp australis*, *Veronica anagallis-aquatica* et *Alisma plantago-aquatica subsp michaletti*, et la deuxième qui regroupe une flore dite sauvage loin des bords d'eau qui regroupe *Calendula arvensis*, *Centaurea napifolia*, *Galactites tomentosa*, *Taraxacum officinale*, *Brassica napus*, *Diplotaxis eruroides* et beaucoup d'autres espèces.

### 1.6. Richesse Odonatofaunistique

35 espèces d'odonates ont été notées dans le bassin de la Seybouse. Deux espèces apparaissent nouvelles pour la région. *Calopteryx exul* une des espèces qui n'avait plus été observé en Algérie depuis plus d'un siècle

Six des 35 espèces observées (*Gomphus lucasii*, *Calopteryx exul*, *Cordulegaster princeps*, *Lestes numidicus*, *Enallagma deserti* et *Platycnemis subdilatata*) sont endémiques du Maghreb (Riservato et al., 2009). Mise à part *C. princeps* qui est endémique du Maroc, les autres cinq espèces, connues de Numidie (Samraoui & Corbet, 2000a), sont également présentes dans le bassin-versant de la Seybouse. De même, ce cours d'eau abrite 75 % des espèces de Numidie (Samraoui & Corbet, 2000a) et 60 % des espèces algériennes (Samraoui & Menai, 1999). Ce pourcentage représente une proportion considérable par ce que le bassin-versant de la Seybouse occupe une partie infime de la superficie de l'Algérie.

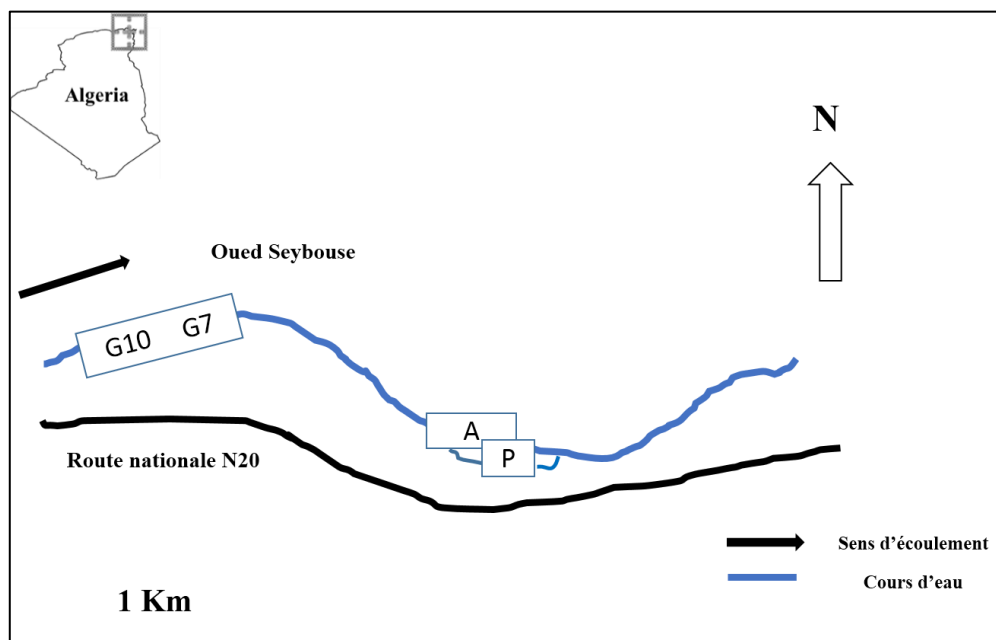
En effet cette richesse en Odonates montre l'importance de cet hydro système à l'échelle national, et le fait qu'il abrite une des seules populations algériennes connues de *C. exul*, espèce en forte dérive dans l'ensemble de son aire, rend indispensable l'arrangement et l'application de stratégies de conservation efficaces visant à protéger la structure d'ensemble et la qualité chimique de ces cours d'eau.

## 2. Emergence

### 2.1. Le Gomphe d'Algérie (*Gomphus lucasii*)

#### 2.1.1. Site d'étude

Cette étude a été réalisée en amont de la Seybouse (Nord-est de l'Algérie), 5 Km à l'Ouest de Guelma (36°28' N, 7°22'E). Nous avons choisi deux sites différents environ 1.5 Km de distance dans lequel 2 tronçons de 20 m ont été échantillonnés. Le site 1 est composé d'étirements G7 et G10, (qui ont eu lieu) du cours d'eau principal, en revanche le site 2 inclut 2 étirements A et P (qui a eu lieu aussi) du cours d'eau principal et d'un canal peu profond de 300 m respectivement. La végétation d'étirement A et P est composée de dense *Typha angustifolia* tandis que celle d'étirement G7 et G10 est principalement dominée par le *Cyperus longus*, *Paspalum distichum*, *Typha angustifolia*, *Tamarix gallica*, et le *Salix pedicellata* (Fig. 19).



**Figure 19 :** Localisation géographique du site d'étude avec toutes les sections du cours d'eau échantillonnées.

#### 2.1.2. Les Méthodes d'échantillonnage

Basée sur des observations antérieures durant la période de vol des espèces à Oued Seybouse (Khelifa et *al.*, 2011), nous avons commencé des visites quotidiennes le long d'étirements d'étude (A, P et G7, G10) à la mi-avril 2011, afin de souligner le début exact de l'émergence. La fin de l'émergence a été confirmée après 7 visites ultérieures échouées de

collection d'exuvie. Les exuvies ont été collectées quotidiennement en fin de journée (à 16 :00) dans les étirements en effectuant une recherche intensive dans la végétation des berges, les pierres émergentes et sur le sol.

Dans le dernier stade larvaire, les larves peuvent parcourir une distance remarquable hors de l'eau avant de choisir un support approprié. Une vérification aussi des zones parallèles aux étirements a été réalisée pour évaluer le potentiel des déplacements des larves ( 5 mètres de distance à partir de l'eau). Nous avons noté la hauteur des exuvies et le support (végétation, sol ou pierre), la distance à partir de l'eau de chaque exuvie (rapproché à 1 cm). Le ratio entre la hauteur de l'exuvie et la hauteur du support a été calculé ( $H_e/H_s$ ). Le niveau d'eau a été mesuré quotidiennement au milieu du P durant toute la saison d'émergence.

### 2.1.3. En laboratoire

Le sexe des exuvies a été déterminé, la longueur du corps d'exuvie est mesurée à l'aide d'un pied à coulisse numérique (plus proche 0,01 mm). Les exuvies brisées ou fragmentées n'ont pas été mesurées ou incluses dans les analyses statistiques.

L'un des caractères les plus déterminants d'une espèce de printemps (spring species), c'est que la plupart des larves hivernent dans le dernier stade de sorte que leur émergence au printemps sera synchrone (Corbet, 1954).

Les trois derniers stades larvaires sont généralement suffisants pour déterminer la structure de la population et la régulation saisonnière de l'espèce (Suhling, 1995). Les larves ont été collectées en octobre 2011, avril 2012 et août 2012 avec un filet à main du substrat dans deux localités différentes (P et G10), les individus ont été mesurés (longueur du corps) sur le terrain (in-situ) avec un pied à coulisse à 0.01 mm. Les pourcentages des larves de dernier stade larvaire avant l'hiver (octobre) et avant l'émergence (avril) ont été calculés pour chaque site (P et G10). La nomination des stades larvaire de Lutz's (1968) a été suivie (F-0 : finale, F-1 : pénultième, F-2 : antépénultième, pour les trois derniers stades).

### 2.1.4. Analyse des données

Les analyses statistiques ont été effectuées avec le logiciel SPSS 17.0. Les tests non-paramétriques ont été appliqués lorsque les données ne sont pas distribuées normalement. Les tests de Chi carré ont été utilisés pour révéler les écarts de sexe ratio de l'unité (1 :1) à l'émergence dans tous les étirements de l'étude. Des tests de Kruskal Wallis ont été utilisés

pour détecter le potentiel de signification de la différence d'abondance des exuvies, la longueur de corps, la hauteur des exuvies, hauteur de support, le ratio (He/Hs) et la distance des exuvies /eau entre les 4 étirements de l'étude.

Les tests Mann-Whitney ont été utilisés pour vérifier s'il y a une différence significative entre la longueur du corps et la hauteur des exuvies sur le support, hauteur du support, ratio He/Hs et la distance exuvies / eau, entre les males et les femelles.

Pour tester si la taille des exuvies a un effet sur le choix individuel des micro-habitats, des corrélations de Spearman ont été utilisées entre la longueur des exuvies et les 4 paramètres suivants : hauteur d'exuvie, hauteur de support, ratio He/Hs et la distance exuvie/eau.

De même, pour chercher une éventualité du choix d'habitat dépendante de la densité, la relation entre la densité quotidienne des exuvies et les 4 derniers paramètres a été testée.

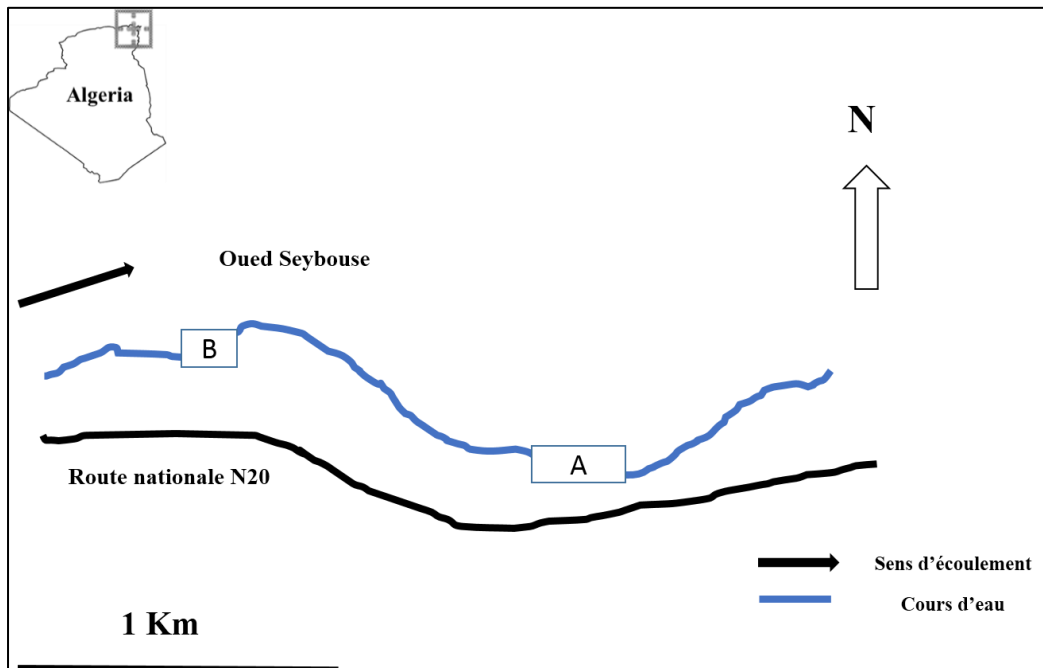
Dans le chenal peu profond (P), le niveau de l'eau varie généralement d'un jour à l'autre durant la saison d'émergence, nous avons étudié l'effet de cette variabilité sur le choix du support en utilisant une corrélation de Spearman entre le niveau de l'eau et le nombre quotidien des exuvies émergentes sur les pierres. Une corrélation de Spearman a également été utilisée entre la longueur du corps et la date d'émergence pour montrer si la taille de l'individu augmente ou diminue au cours de la saison d'émergence. Pour tester si la hauteur exuvies / eau dépend de la hauteur du support et de sa position en fonction de support, des corrélations de Spearman ont été utilisées entre la hauteur de support, hauteur d'exuvies et le ratio (He/Hs).

## **2.2. L'Onychogompe à sabre (*Onychogomphus costae*)**

### **2.2.1. Site d'étude**

Le bassin versant de la Seybouse est situé dans le Nord-est de l'Algérie couvrant une superficie de 6471 km<sup>2</sup> y compris le principal cours d'eau ainsi que ses deux principaux affluents Oued Bouhamdane et Oued Cherf. Oued Seybouse est long de 225 km à partir de la commune de Medjez Amar et se jette dans la mer Méditerranée, près de Sidi Salem. Deux étirements (A et B) de 20 m séparés de 1,5 km ont été choisis en amont de la rivière (larges, peu profonds, et débit rapide de l'eau). La Banque de la végétation de l'étirement A (36 ° 28'22 .55 "N, 7 ° 22'44 .81" E) a été dominée par *Typha angustifolia* tandis que l'étirement B

(36 ° 28'33 .91 "N, 7 ° 22'1 .77" E) est composé de *Cyperuslongus*, *Typha angustifolia*, *Tamarix gallica* et *Paspalumdistichum* (Fig. 20).



**Figure 20 :** Localisation géographique du site d'étude avec toutes les sections du cours d'eau échantillonnées.

### 2.2.2. Les Méthodes d'échantillonnage

Des visites quotidiennes aux étirements étudiés ont commencées la mi -Avril 2011 et 2012 et ont pris fin quand aucune exuvie n'a été recueillie après 7 visites consécutives. Nous avons recueilli les exuvies quotidiennement en fin de journée (à 16h00) à 2 tronçons (Tr.1-4) de 20 x 5 m près du bord de l'eau. Tous les potentiels supports au sein des étirements ont été intensivement vérifiés. Nous avons noté le type de support et la hauteur, la hauteur des exuvies et la distance à partir de l'eau de chaque exuvie (rapprochée de 1 cm) en utilisant un décimètre de 5 mètres. Les sources de mortalité ont été observées afin de déterminer le pourcentage de mortalité pendant l'émergence.

### 2.2.3. En le laboratoire

Le sexe a été déterminé ; la longueur du corps et la largeur de la tête ont été mesurées (rapprochées à 0,01 mm) en utilisant un pied à coulisse.

De septembre 2011 jusqu'à 2013, à l'étirement A, nous avons recueilli mensuellement des larves avec un filet de main rectangulaire (40 x 25 cm, une maille de 0,05mm). Nous avons suivi Seidenbusch (2010) pour identifier l'espèce.

Dans le laboratoire, les larves ont été comptées et mesurées (la longueur du corps, la largeur de la tête, et la longueur du fourreau alaire droit) (rapprochées à 0,01 mm) à l'aide d'un pied à coulisse et un microscope à dissection. Le nombre de segments abdominaux couvert avec les fourreaux alaires a été enregistré. La taille et les caractères morphologiques externes ont été utilisés pour séparer les différents stades larvaires (Ferrerias-Romero et al, 1999) selon la nomination de Lutz (1968), c'est-à-dire (F = finale, F-1 = pénultième, F-2 = antépénultième... etc.).

#### **2.2.4. Analyse des données**

Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel SPSS 17.0. Le Test chi-carré a été utilisé pour déterminer si le sex-ratio à l'émergence est considérablement écarté de l'équilibre. Les Tests Mann-Whitney U ont été utilisés pour voir s'il y avait une différence significative dans la largeur de la tête, la longueur du corps, la hauteur de l'exuvie, la hauteur du support, et le ratio He / Hs entre les sexes. Les corrélations de Spearman ont été réalisées entre les cinq dernières variables afin de tester une éventuelle relation significative entre-elles.

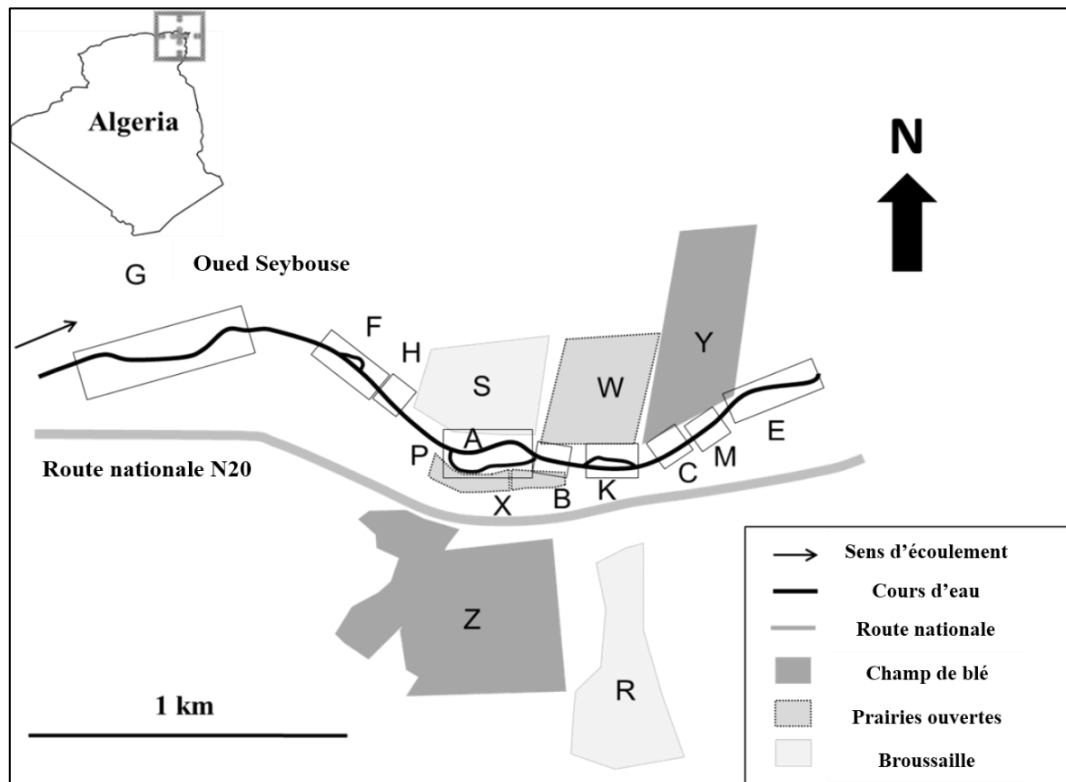
### **3. Mouvement des adultes**

#### **3.1. Le Gomphe d'Algérie (*Gomphus lucasii*)**

##### **3.1.1. Site d'étude**

Cette étude a été effectuée dans la partie amont de Oued Seybouse située dans le Nord-est de l'Algérie, 5 km à l'ouest de Guelma ville (36 ° 28 'N, 7 ° 22'E). Nous avons limité le site d'étude à un tronçon de 2,5 km de cours d'eau avec une banque de végétation des berges principalement composée de *Typha angustifolia*, *Cyperus longus*, *Tamarix gallica* et *Paspallum distichum*. Loin du cours d'eau, deux parcelles (2 ha) dans chacun des habitats suivants ont été interrogées (S et R), nommément composés de *Olea europaea*, des prairies ouvertes avec *Carduus defloratus* clairsemées (W et X) et les champs de blé dominés par *Triticum aestivum* (Y et Z). La communauté d'odonates observée le long du cours d'eau est composée de *Gomphus lucasii*, *Onychogomphu scostae*, *Orthetrum chrysostigma*, *O.*

*coerulescens*, *Calopteryx exul*, *C. haemorrhoidalis*, *Ischnura graellsii*, *Platycnemis subdilata*, *Erythromma lendenii* et *caerulescens coenagrion* (Fig. 21).



**Figure 21** : location géographique du site d'étude avec tous les habitats et les sections de cours d'eau échantillonnées. Les codes suivants: A, B, C, E, F, G, H, K, M et P représentent les sections échantillonnées du cours d'eau. R, S, W, X, Y et Z représentent les parcelles d'échantillonnage dans les habitats terrestres.

### 3.1.2. Etude : capture-marquage-relocalisation

Nous avons divisé le tronçon de 2,5 km de cours d'eau en 9 sections (Tab.1), généralement séparées par des zones où l'échantillonnage a été difficile en raison de la densité de la végétation arboricole des berges. Dans chaque section, les petits drapeaux ont été mis tous les 10 m comme des étiquettes pour localiser les individus marqués et faire la relocalisation avec un rapprochement de 1m (par estimation) au cours de nos enquêtes de marquage-lâcher-relocalisation (MLR).

Nous avons commencé nos sorties quotidiennes de 4,5 heures de (MLR) à 10 :00 h le 28-Avril-2011 (au début de la saison d'émergence) jusqu' au 08-Juin-2011 (lorsque aucun

adulte n'était encore observé), le long de toutes les sections en marchant lentement le long d'une ceinture de 5 m près du cours d'eau avec une vitesse constante.

Nous avons utilisé un marqueur de peinture permanent (Edding 780) pour marquer les adultes avec des codes alphanumériques individuel sur l'une des ailes postérieures après avoir été capturé avec un filet de main de 40 cm de diamètre. Les nouveaux ténérales émergents ont été gardés dans une cage pendant 2-3 heures avant de les marquer dans le but d'éviter éventuellement les dommages. Trente minutes d'enquête quotidienne ont été menées de MLR tout le long des transects parallèles dans l'olive garrigue (S et R), prairies ouvertes (W et X), et les champs de blé (Y et Z) du 02-05-2011 à 01-06-2011.

Au cours de MLR, le code individuel, le sexe, l'âge, la localisation, les coordonnées géographiques recueillies avec GPS (Garmin etrex) et le comportement (reproductif / non-reproductif) des individus ont été notés. La coloration (thorax, Abdomen) et le comportement (territorialité, copulation, et ponte) ont été utilisés pour estimer l'âge des individus en 3 catégories suivantes : ténérale (T), immature (IM) et mature (M).

La distance à partir de l'eau a été estimée avec un rapprochement de 1 m près, visuellement quand cela est possible (<20 m) et nous avons utilisé une carte en traçant des lignes entre les points de marquage ou de relocalisation des individus et les points les plus proches du cours d'eau en utilisant le Mapinfo 8,5. La distance entre le lieu de marquage et la relocalisation ou deux réobservations subséquentes ont été calculés de la même façon. La dispersion natale est considérée comme le déplacement des individus à partir de l'émergence à des sites de reproduction. La philopatrie des sites d'émergence ou de reproduction a été notée lorsque la distance parcourue dans les deux réobservations subséquentes était inférieure à 10 m.

**Tableau 1** : Les caractéristiques physiques des neuf sections du cours d'eau:

Section code	Longueur (m)	Largeur d'eau (m)	Profondeur d'eau (cm)	Vélocité de l'eau ( $m.s^{-1}$ )	Hauteur de végétation (cm)	Densité de végétation (%)	Densité de Pierres émergentes (%)
A	120	13.50 ± 3.37	102.92 ± 38.28	1.68 ± 0.36	173.75 ± 69.19	53.33 ± 26.31	3.75 ± 8.82
B	85	10.56 ± 3.32	84.44 ± 20.07	1.43 ± 0.40	180.56 ± 54.40	57.22 ± 19.22	0
C	130	15.40 ± 0.97	116.5 ± 25.17	0.29 ± 0.12	181.00 ± 14.49	67.50 ± 14.58	0
E	180	11.58 ± 2.91	107.5 ± 31.87	0.25 ± 0.11	157.50 ± 12.15	49.58 ± 24.16	1.67 ± 5.77
F	150	12 ± 2.53	72 ± 2.53	0.46 ± 0.01	193 ± 9.78	86.66 ± 5.23	0
G	140	12.50 ± 1.17	50.42 ± 6.56	1.29 ± 0.11	186.25 ± 69.71	59.58 ± 21.47	8.75 ± 13.51
H	90	25.20 ± 4.02	60 ± 11.18	60 ± 11.18	0.55 ± 0.03	108 ± 4.47	66 ± 2.23
K	140	10.77 ± 2.07	81.92 ± 21.26	0.97 ± 0.21	141.92 ± 37.05	39.62 ± 13.30	0.77 ± 2.77
M	80	15.43 ± 0.79	132.86 ± 10.75	0.21 ± 0.02	170.71 ± 9.32	69.29 ± 7.32	0
P	235	2.81 ± 1.50	39.04 ± 23.05	0.40 ± 0.22	217.39 ± 83.31	73.26 ± 16.14	2.39 ± 8.77

### 3.1.3. L'utilisation des micro-habitats par les adultes matures

*Gomphus lucasii* est une libellule territoriale dont les mâles se protègent les territoires dans la végétation des berges de l'Oued et sur les pierres émergentes le long du cours d'eau. Les femelles viennent à l'eau seulement pour pondre leurs œufs et après s'en aller vers des habitats terrestres. Afin de déterminer les besoins en habitat des adultes matures, un ensemble de paramètres de l'habitat ont été mesurés à la mi-mai dans les 9 sections (la largeur de l'eau, la profondeur de l'eau, la vitesse de l'eau, la hauteur et la densité de la végétation des berges, et pour cent de pierres émergentes). Un décimètre de 50 m a été utilisé pour mesurer la largeur de l'eau (rapprochement près de 1m). La profondeur de l'eau a été mesurée au centre du lit de cours d'eau avec un bâton gradué (rapprochement près de 1cm). La vitesse du courant ( $ms^{-1}$ ) a été estimée avec un chronomètre, en synchronisant un chronomètre et un objet flottant sur un tronçon de 10 m dans le cours d'eau.

Dix points différents pris au hasard sur la végétation des berges de chaque section où à la fois la hauteur et la densité de la végétation ont été mesurées avec un décimètre de 5 m et quadrat de (1 x 1 m) respectivement. Le pour cent des pierres émergentes a été estimé avec 10 quadrats de (1 x 1 m) prise le long du cours d'eau.

### 3.1.4. Les analyses statistiques

Toutes les analyses statistiques ont été calculées en utilisant SPSS 17.0. Lorsque les données n'étaient pas normalement distribuées, des tests non paramétriques ont été menés.

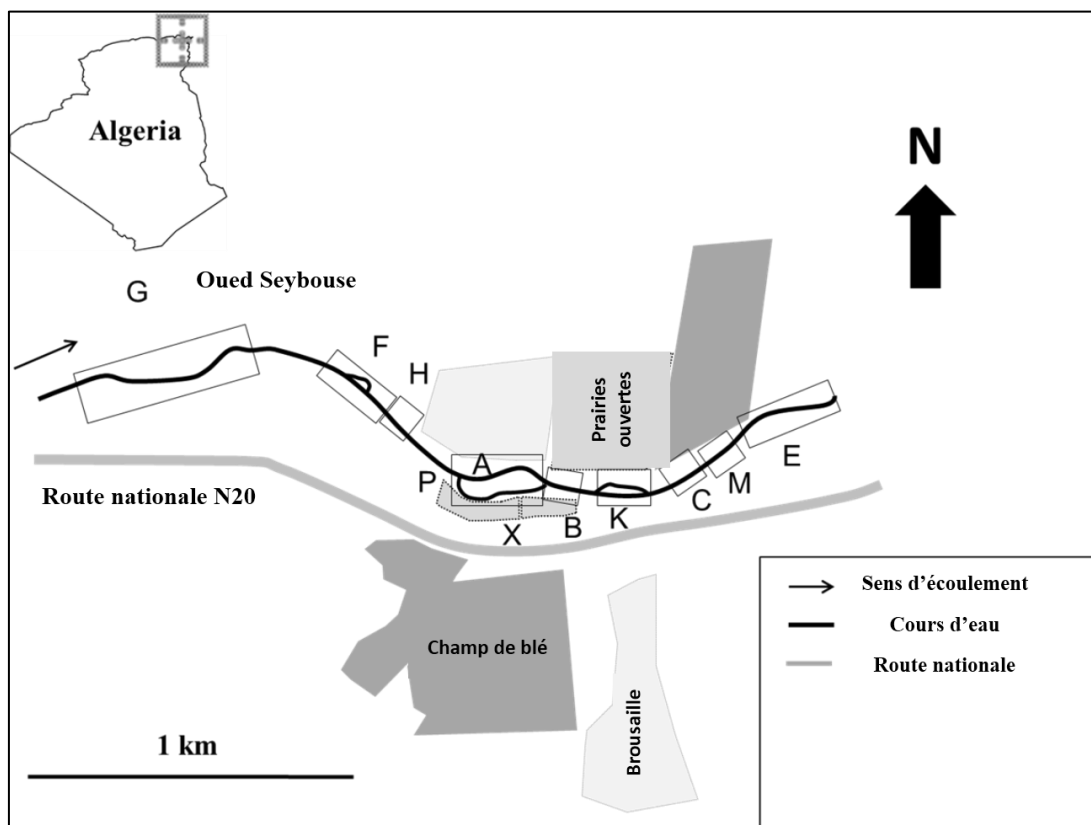
Des tests Kruskal Wallis et Mann-Whitney ont été utilisés pour examiner les différences significatives potentielles dans le nombre d'observations répétées, l'intervalle de temps entre deux réobservations subséquentes, la distance parcourue à partir de l'émergence aux sites de maturation, le nombre d'individus marqués dans chacun des habitats terrestres et de la distribution des adultes le long du cours d'eau entre les sexes et / ou classes d'âge. Le test Nemenyi post-hoc a été calculée pour la comparaison par paires de classes d'âge, en utilisant la PMCMR de package R (Pohlert 2015). Le nombre de réobservations et l'intervalle de temps (en jours) entre deux réobservations subséquentes ont été considérés comme des données de comptage et donc un modèle linéaire généralisé (GLM) a été utilisé pour déterminer s'il y a des différences significatives pour ce dernier paramètre entre les sexes avec une distribution de Poisson et une fonction de lien log.

Le Test (chi carré) a été calculé pour rechercher les différences entre les mouvements des individus matures entre l'amont et l'aval et la différence du taux de réobservations entre les sexes et l'âge. Les corrélations de Spearman ont été utilisées pour calculer les relations entre les facteurs abiotiques et le nombre d'adultes matures marqués dans toutes les sections. Oriana 4 (Kovach Computing Services, 85 Nant-y-Felin, Pentraeth, Anglesey, Wales, United Kingdom) a été utilisé pour analyser les données circulaires et générer des diagrammes de rosace directionnelle. La corrélation linéaire Circulaire a été effectuée pour tester la relation entre l'angle de direction et la distance parcourue. Le Test d'espacement de Rao (U) a été utilisé pour tester l'uniformité des directions de déplacement de l'émergence aux sites de maturation. Des corrélations de Spearman ont été réalisées entre le nombre de mâles territoriaux et le nombre de ponte des femelles capturées et observées au cours de la saison de reproduction et avec 6 facteurs abiotiques différents. Les valeurs sont présentées en moyenne  $\pm$  SD.

### 3.2. L'Onychogomphus à sabre (*Onychogomphus costae*)

#### 3.2.1. Site d'étude

Cette étude a été effectuée dans la même partie où nous avons fait l'étude du mouvement du *Gomphus lucasii*. L'amont de Oued Seybouse, 5 km à l'ouest de Guelma ville (36 ° 28 'N, 7 ° 22'E) (Fig. 22). Nous avons limité le site d'étude à un tronçon de 2,5 km de cours d'eau. La végétation des berges est principalement composée de *Typha angustifolia*, *Cyperus longus*, *Tamarix gallica* et *Paspallum distichum*. deux parcelles (2 ha) loin de l'eau dans chacun des habitats suivants ont été interrogées, Des champs de blé, des prairies ouvertes, et de broussaille. Seulement deux espèces de gomphidae ont été observées le long du cours d'eau : *Onychogomphu scostae*, *Gomphus lucasii*.



### 3.2.2. Etude : capture-marquage-relocalisation

Le tronçon de 2,5 km de cours d'eau a été divisé en 9 sections différentes, généralement séparées par des zones où l'échantillonnage a été difficile et inaccessible. Dans chaque section, les petits drapeaux ont été mis tous les 10 m comme des étiquettes pour localiser les individus marqués et faire la relocalisation avec un rapprochement de 1m (par estimation) au cours de nos enquêtes de marquage-lâcher-relocalisation (MLR). Nous avons commencé nos sorties quotidiennes de 4,5 heures de MLR le 10-Mai-2011 (au début de la saison d'émergence) jusqu' au 29-Juin-2011 (lorsque aucun adulte n'était encore observé).

Nous avons utilisé un marqueur de peinture permanent (Edding, 780) pour le marquage des adultes avec des codes alphanumériques sur l'une des ailes postérieures après avoir été capturé avec un filet de main de 40 cm de diamètre. Les nouveaux ténérales émergents ont été gardés dans une cage pendant 2-3 heures avant de les marquer dans le but d'éviter les dommages. Une heure d'enquête quotidienne ont été menées de MLR tout le long des transects parallèles dans les champs de blé, les prairies ouvertes, et les broussailles du 29-Mai-2011 à 14-Juin-2011.

Au cours de MLR, le code individuel, le sexe, l'âge, la localisation, les coordonnées géographiques recueillies avec GPS (Garmin etrex) et le comportement. La coloration(Thorax, Abdomen) et le comportement (copulation, et ponte) ont été utilisés pour estimer l'âge des individus en 3 catégories suivantes : ténérale (T), immature (IM) et mature (M).

La distance à partir de l'eau a été estimée avec un rapprochement de 1 m près, visuellement quand cela est possible (<20 m), et nous avons utilisé une carte en traçant des lignes entre les points de marquage ou de relocalisation des individus et les points les plus proches du cours d'eau en utilisant le Mapinfo 8,5.

La philopatrie des sites d'émergence ou de reproduction a été notée lorsque la distance parcourue dans les deux réobservations subséquentes était inférieure à 10 m.

### 3.2.3. Les analyses statistiques

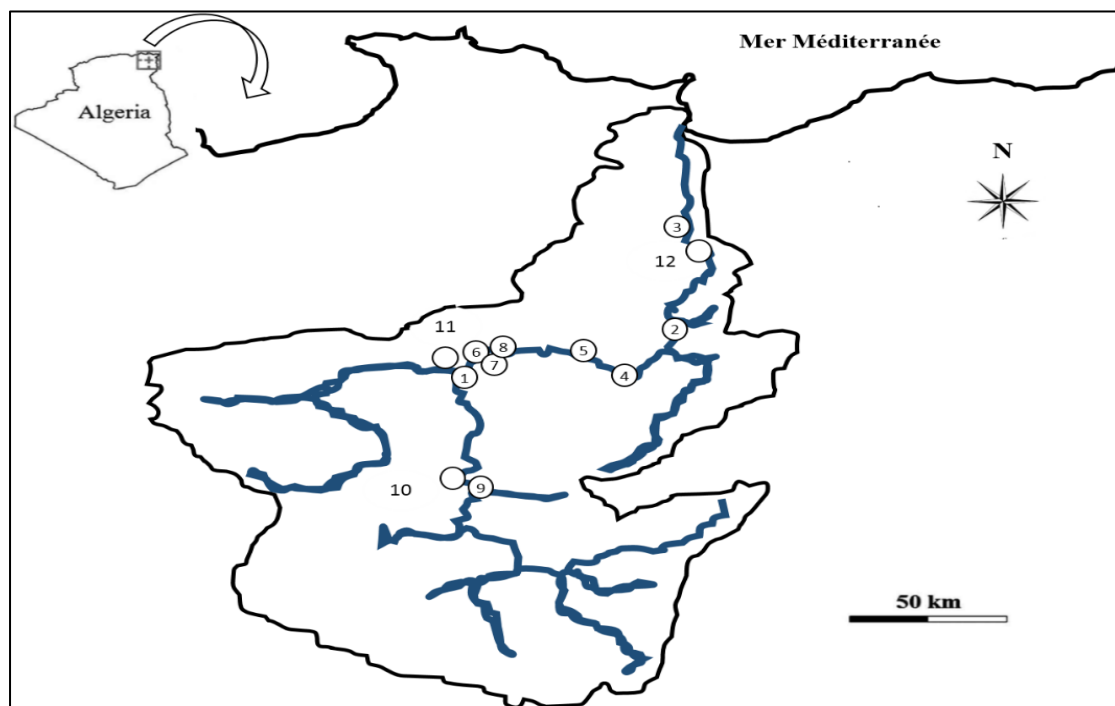
Toutes les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel R (projet de R 3.0.1). Les résidus ont été vérifiés pour la normalité, et les tests non paramétriques ont été appliqués quand ils ne sont pas distribués normalement. Des tests Kruskal Wallis et Mann-Whitney ont

été utilisés pour examiner les différences significatives potentielles dans la distance parcourue à partir de site d'émergence aux sites de maturation, la distribution des adultes le long du cours d'eau entre les sexes et / ou classes d'âge.

#### 4. Ecologie des larves du *G. lucasii* et *O. costae* et préférences de substrat

##### 4.1. Site d'étude

Oued Seybouse est le résultat de la confluence des oueds Cherf et Bouhamdane, qui se réunissent à Medjez Amar ouest de Guelma (36 ° 26'35 "N, 7 ° 18'39" E). Il se jette dans la mer Méditerranée à Sidi Salem (36 ° 52'3 "N, 7 ° 46'25" E) près Annaba (Fig. 23), Le bassin Seybouse est Caractérisé par un climat méditerranéen, saison de pluie d'Octobre à Mai et une saison sèche de Juin à Septembre. Oued Seybouse a été affecté par des activités humaines (jeter de béton de construction, irrigation ...etc) en amont, et l'aval est le plus affecté par les activités industrielles (usine d'El hadjar, ASMIDAL...etc).



**Figure 23 :** Carte géographique des sites d'échantillonnage le long du cours d'eau principal de l'Oued Seybouse (Nord-est de l'Algérie).

#### 4.2. Echantillonnage des larves et les variables abiotiques

Les larves du *G.lucasii* et *O.costae* ont été échantillonnées entre (novembre, 2011) (Mars, 2012) dans 12 sites (Fig. 22). Six sites sont situés le long du cours de la rivière principale de la Seybouse (S2, S3, S6, S7, S8, S12), et deux le long de ses affluents (S4, S5), 1 site le long du cours principal d'Oued Bouhamdane (S11), et deux sites ont été situés sur le cours principal de Cherf (S1, S10) et 1 sur ses affluents (S9) (Tab. 2). Le choix du site a été basé sur l'inventaire précédent des odonates adultes dans le bassin Seybouse (Khelifa *et al.*, 2011). Pour la période d'échantillonnage 5 mois 2011/2012, où un total de 60 échantillons ont été collectés. Oued Seybouse n'était pas toujours accessible et l'échantillonnage était un peu difficile avec l'inondation en hiver et au printemps.

**Tableau 2 :** Liste des sites d'échantillonnage, le code, l'information géographique et typologique.

sites	Code	Oued	Coordonnées Géographiques	Altitude (m)	Type de cours d'eau
<b>Medjez Amar (1)</b>	S1	Cherf	36°26'33.96»N 7°18'39.20»E	287	Rivière
<b>Oued fregha</b>	S2	Seybouse	36°31'35.72»N 7°42'46.70»E	26	Rivière
<b>Drean</b>	S3	Seybouse	36°41'00.23»N 7°45'30.92»E	25	Rivière
<b>Halia</b>	S4	Seybouse affluent	36°24'47.65»N 7°36'40.36»E	144	Rivière
<b>Boumahra-affluent</b>	S5	Seybouse	36°27'38.20»N 7°30'39.42»E	194	Courant
<b>El-Fedjouj</b>	S6	Seybouse	36°28'29.21»N 7°22'26.55»E	221	Rivière
<b>Pepinière G</b>	S7	Seybouse	36°28'35.23»N 7°22'3.46»E	197	Rivière
<b>Salah Salah</b>	S8	Seybouse	36°27'41.00»N 7°20'22.75»E	219	Rivière
<b>Cheniour-effluent</b>	S9	Cherf	36°13'33.44»N 7°19'10.90»E	662	Courant
<b>Ain makhoulf (Cherf)</b>	S10	Cherf	36°14'27.71»N 7°18'36.01»E	646	Rivière
<b>Medjez Amar (2)</b>	S11	Bouhamdane	36°26'30.84»N 7°18'30.91»E	287	Rivière
<b>Chihani</b>	S12	Seybouse	36°39'12.59»N 7°46'56.61»E	30	Rivière

Les larves ont été collectées mensuellement avec un filet à main rectangulaire (40 x 25 cm, 0,5 mm mesh) du substrat ou de la végétation des rives dans chaque site. Les variables environnementales ont été mesurées in situ en utilisant le multi-paramètres pour chaque site d'échantillonnage: température de l'eau (° C), la conductivité (uS), oxygène dissous (mg / L), le pH et la salinité (ppt) , la vitesse (vitesse de l'eau) a été estimée en chronométrant un objet flottant sur un tronçon de 10 m du cours d'eau. La largeur de l'eau a été mesurée par un décamètre de 50 m, la profondeur de l'eau a été mesurée par un bâton gradué dans 5 points aléatoires sur le lit du cours d'eau. L'information géographique et typologique a été recueillie pour chaque site en utilisant un GPS Garmin. La composition du substrat a été déterminée en pourcentage de limon, sable, gravier, et de pavé.

#### **4.3. Les analyses statistiques**

Toutes les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel R (projet de R 3.0.1). Pour déterminer les préférences d'habitat de *G. lucasii* par rapport à ceux de *O. costae*, un biplot analyse en composantes principales (ACP) a été effectuée sur la base de tous les facteurs abiotiques avec le nombre des larves des deux espèces et tous les sites d'échantillonnage. PCA a été effectuée sur la matrice de corrélation au lieu de la matrice de variance-covariance. On a utilisé le critère de Kaiser (Eigenvalue > 1) pour déterminer le nombre de composants à conserver (Kaiser, 1960).

## CHAPITRE IV

### RÉSULTATS ET DISCUSSION

## 1. RESULTATS

### 1.1. Emergence

#### 1.1.1. Le Gomphe d'Algérie (*Gomphus lucasii*)

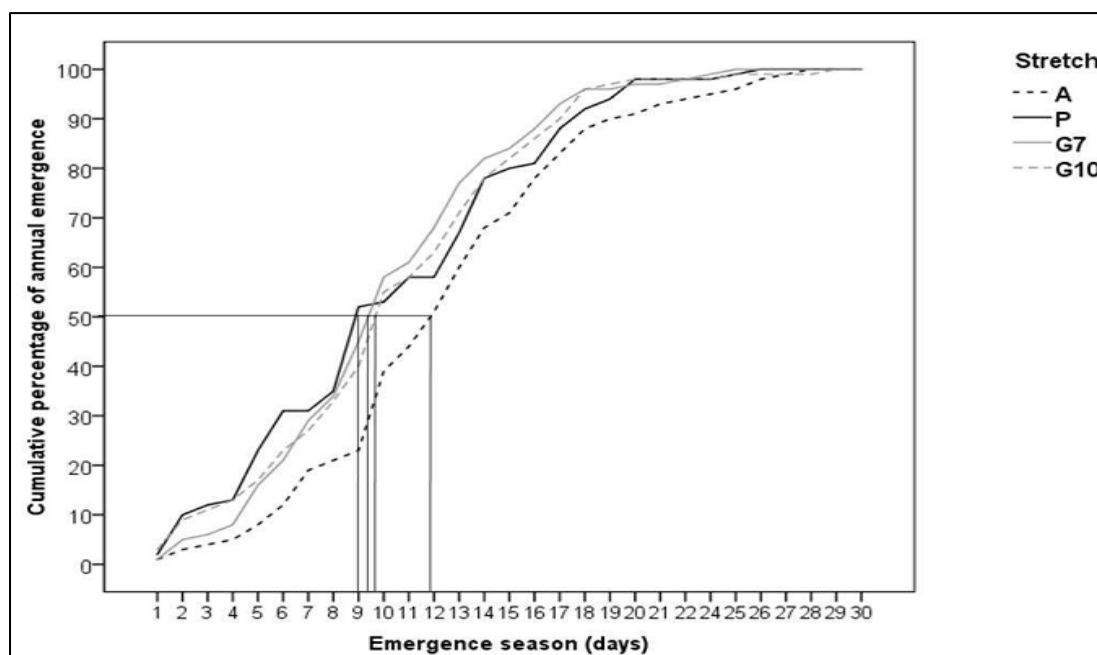
##### 1.1.1.1. Abondance et le sexe ratio

Un total de 1247 exuvies a été collecté à partir des 4 étirements d'étude. L'abondance du *G.lucasii* est significativement variable entre les 4 étirements ( $\chi^2 = 42.32$ ,  $df = 3$ ,  $P < 0.0001$ ) allant de 83 à 499 individus (Tab. 3).

**Tableau 03** : Abondance et sex-ratio à l'émergence du *G. lucasii* dans les étirements d'étude.

	A	P	G7	G10	Total
Nombre d'exuviae	499	309	83	383	1274
Nombre des mâles	552	155	49	193	649
% Mâles	50.5	50.16	59.03	50.39	50.94
<i>P</i> -value de $\chi^2$ test	0.64	0.97	0.30	0.61	0.70

Toutes les exuvies dans tous les étirements ont été combinées émergées dans les 31 jours du 29 avril au 30 mai, avec un pic le 8 Mai qui représente 14,44 % de la population totale émergente. Le pourcentage cumulatif de l'émergence annuel présenté dans la (Fig. 24).



**Figure 24** : Pourcentage cumulé de l'émergence annuel du *Gomphus lucasii* dans 4 étirements différents durant la saison de l'émergence de 2011. La ligne horizontale est fixée à 50%, de sorte que les lignes verticales indiquent l'EM50 de chaque étirement.

## Resultats

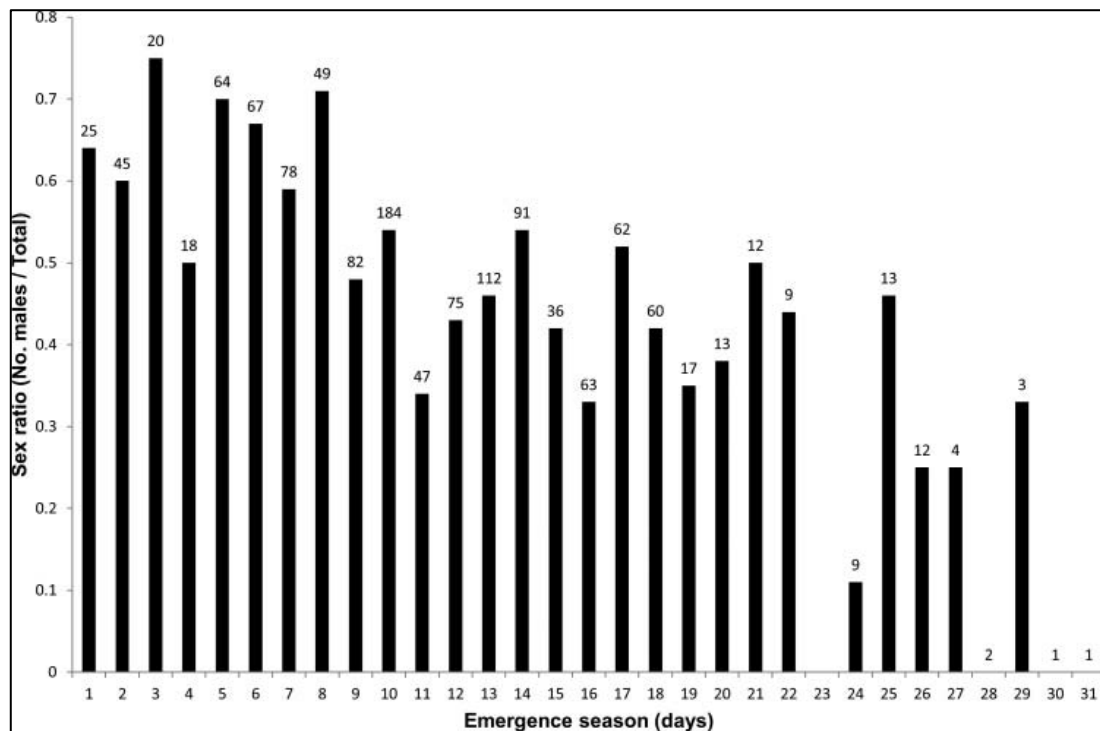
EM50 a été atteint après 10 jours d'émergence quand nous considérons l'ensemble des étirements. A l'exception pour EM50 d'étirement A qui a été atteint 3 jours plus tard et tous les étirements restants, P, G7, G10 avaient un EM50 de 9 jours (Tab. 4).

Le sex-ratio en général à l'émergence ainsi que la sex-ratio dans les 4 étirements était légèrement biaisé des mâles mais pas significativement (Tab. 3). Il était semblable et similaire estimé à 50% en A, P et G10, mais assez loin de l'équilibre dans le G7 (59.03 %).

**Tableau 04 :** Temps de post-émergence en jours et la date après laquelle 50% de la population annuelle de *Gomphus lucasii* avait émergé (EM50) aux différents étirements.

	A	P	G7	G10	Total
<b>Jours</b>	12	9	9	9	10
<b>Date</b>	10 Mai	7 Mai	7 Mai	7 Mai	8 Mai

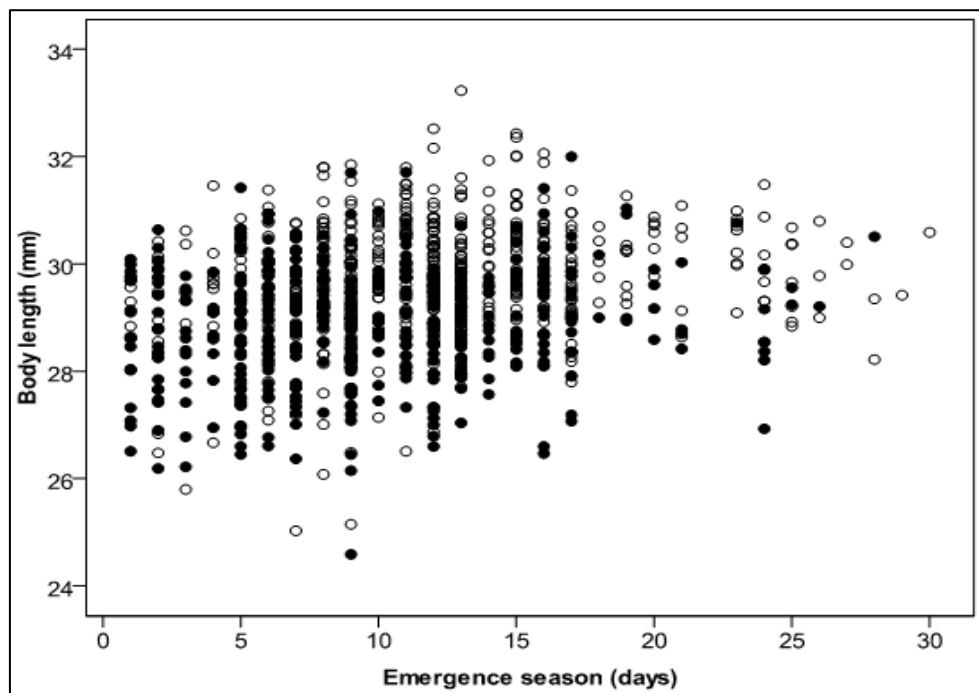
Tout au long de la période d'émergence, le sexe mâle était biaisé au début de la saison puis il est devenu proche de l'équilibre à la mi-saison (Fig. 25). EM50 des mâles (10 jours) était en avance de 2 jours sur celle des femelles (12 jours).



**Figure 25 :** Tendance de Sex-ratio du *Gomphus lucasii* pendant la saison de l'émergence de l'année 2011 pour les mâles.

### 1.1.1.2. Choix du support et stratification verticale

Les exuvies de la femelle ( $29.79 \pm 1.09$  mm,  $N = 504$ ) étaient significativement plus longues que celles des mâles ( $28.91 \pm 1.01$  mm,  $N = 544$ ) (U-test,  $P < 0.0001$ ). Il y avait une différence significative dans la longueur du corps d'exuvie entre les différents étirements ( $\chi^2 = 54.07$ ,  $df = 3$ ,  $P < 0.0001$ ). La longueur moyenne du corps était  $29.40 \pm 1.03$  mm,  $29,71$  mm  $\pm 1.14$ ,  $29.08 \pm 1.21$  mm et  $29.07 \pm 1.17$  mm pour les étirements A, P, G7, G10, respectivement. La longueur du corps d'exuvie a augmenté considérablement au cours de la saison d'émergence pour les mâles ( $r = 0.14$ ,  $P = 0.001$ ) et les femelles ( $r = 0.16$ ,  $P < 0.0001$ ) (Fig. 26).



**Figure 26 :** La longueur du corps des exuvies du *Gomphus lucasii* au cours de la saison de l'émergence de 2011. Les données de tous les étirements ont été combinées. Cercles noirs présentes les mâles tandis que les cercles ouverts présentes les femelles.

Parmi les autres odonates coexistant (*Calopteryx exul*, *Platynemis subdilatata*, *Onychogomphus costae*, *Orthetrum coerulescens*, et *O. nitidinerve*), le *G. lucasii* était la plus grande espèce au sein de tous les étirements d'étude.

*G. lucasii* a utilisé différents substrats pour émerger, notamment plusieurs espèces d'halophytes (91,8%, principalement *Typha angustifolia*, *Paspallum distichum*, et *Cyperus longus*), des arbres (1,65%, *Tamarix gallica* et *Nerium oleander*), des pierres (1,41%), ou le

sol (0,55 %). Une faible proportion a été trouvée flottante sur l'eau entre les tiges des plantes (3.14%) ou dans le terrain probablement après avoir chuté des supports environnants (1.45%).

L'émergence sur les pierres a été enregistrée seulement à l'étirement P parce que le niveau de l'eau du chenal P diminue souvent et fait apparaître les pierres au-dessus de la surface de l'eau. Une corrélation négative significative a été observée entre le nombre d'individus qui apparaissent sur les pierres et le niveau de l'eau ( $r = -0.76$ ,  $P < 0.0001$ ,  $N = 31$ ).

Les individus sont apparus (émerger) à une hauteur moyenne de  $15.56 \pm 17.99$  cm au-dessus de la surface de l'eau avec un maximum de 183 cm. La hauteur moyenne des supports choisis était  $57.89 \pm 70.87$  cm tandis que le ratio moyen He/Hs était  $38.47 \pm 26.55\%$ . Lorsque nous avons inclus seulement les individus émergents hors de l'eau, la distance exuvie/eau avait une moyenne de  $51.35 \pm 30.53$  cm et un maximum de 163 cm.

Considérant tous les étirements, la longueur du corps d'exuvies était seulement corrélée positivement et significativement au support d'exuvies ( $r = 0.1$ ,  $P = 0.001$ ,  $N = 981$ ), et négativement au ratio He/Hs ( $r = -0.08$ ,  $P = 0.006$ ,  $N = 981$ ).

Il n'y avait pas de différence de la hauteur d'exuvie (U-test:  $P = 0.22$ ), la hauteur du support (U-test:  $P = 0.23$ ), le ratio He/Hs (U-test:  $P = 0.82$ ), et la distance à partir de l'eau exuvie/eau (U-test:  $P = 0.07$ ) entre les mâles et les femelles. Cependant une différence a été notée entre les étirements pour les 4 dernières variables (Kruskal-Wallis test:  $P < 0.0001$ , pour toutes les variables). La hauteur de support était positivement corrélée avec la hauteur d'exuvie ( $r = 0.56$ ,  $P < 0.0001$ ) et négativement liée au ratio He/Hs ( $r = -0.46$ ,  $P < 0.0001$ ).

Hauteur d'exuvie, hauteur de support et distance à partir de l'eau (exuvie/eau) étaient positivement corrélées à la densité quotidienne d'exuvies ( $r = 0.16$ ,  $P < 0.0001$ ;  $r = 0.14$ ,  $P < 0.0001$ ;  $r = 0.07$ ,  $P = 0.02$ ; respectivement,  $N = 1096$ ).

### 1.1.1.3. La mortalité pendant l'émergence

La prédation et la déformation des ténérales étaient les deux principales causes de mortalité au cours de cette étude. Nous avons observé 13 cas de mortalité due aux fourmis qui ont dévoré des individus avant la fin du processus de la métamorphose. Les distances parcourues par les larves ( $65.02 \pm 41,25$  cm,  $N = 13$ ) étaient significativement plus longues que ceux qui ne sont pas prédatées par les fourmis ( $41.54 \pm 25,56$  cm,  $N = 101$ ) ( $U = 180,5$ ,  $P$

<0,0001), qui révèle que plus la distance à partir de l'eau plus la probabilité de la prédation par les fourmis.

Après, les adultes quittent l'exosquelette pour sécher leur corps et voler loin de l'eau, à ce moment, nous avons observé 3 cas de prédation par de grandes Asilidae. En outre, de nombreuses tentatives de prédation aviaire par les hirondelles rustiques (*Hirundo rustica*) et les moineaux domestiques (*Passer domesticus*) ont été enregistrés mais un seul moineau a été observé pour une capture de ténérale avec succès.

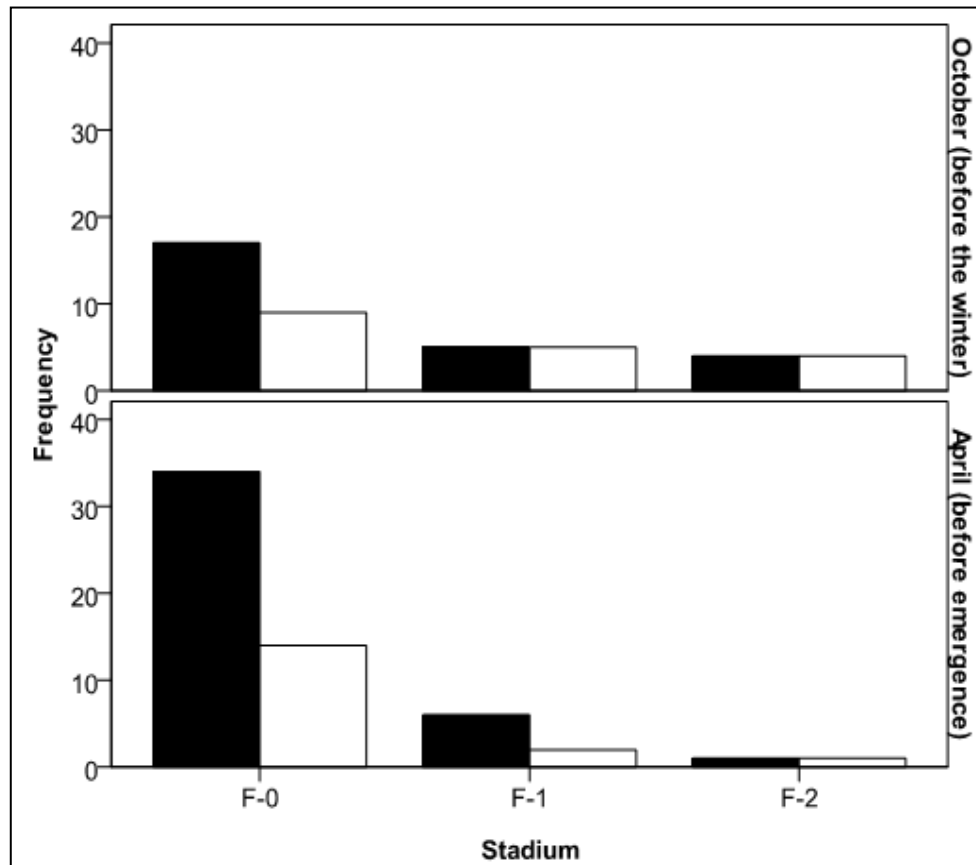
Cinq cas de déformation de l'aile de ténérale ont été notés principalement pendant le pic de l'émergence (entre 6 et le 10 mai). Les individus difformés étaient incapables d'effectuer un vol court et ont probablement été condamnés à mourir peu de temps après. Une autre source de mortalité très importante est la crue du barrage de l'oued Seybouse.

#### 1.1.1.4. Structure de la population

Un total de 67 larves (26 en octobre et 14 avril) et 35 (18 en octobre et 17 avril) ont été collectées à partir du G et P, respectivement. La figure 27 présente la répartition en pourcentage du *Gomphus lucasii* dans les trois derniers stades avant l'hiver et l'émergence dans deux sites différents.

Dans le G, la plupart des larves (65.38%) ont atteint le dernier stade larvaire (stade final) avant l'hiver tandis qu'une proportion plus importante (82.93%) a été enregistrée avant l'émergence. Dans P, une tendance similaire a été observée. 50% des larves ont atteint le stade final avant l'hiver et 82.35 % y étaient avant l'émergence.

Il n'y avait pas aucune différence significative dans la fréquence de répartition des trois derniers stades larvaires entre les deux sites en octobre (U-test:  $P > 0,05$ ) et en avril (U-test:  $P > 0,05$ ). Pas de larves ont été recueillies en Juillet et Août, indiquant que toute la population larvaire émerge après un an de développement (espèce univoltine).



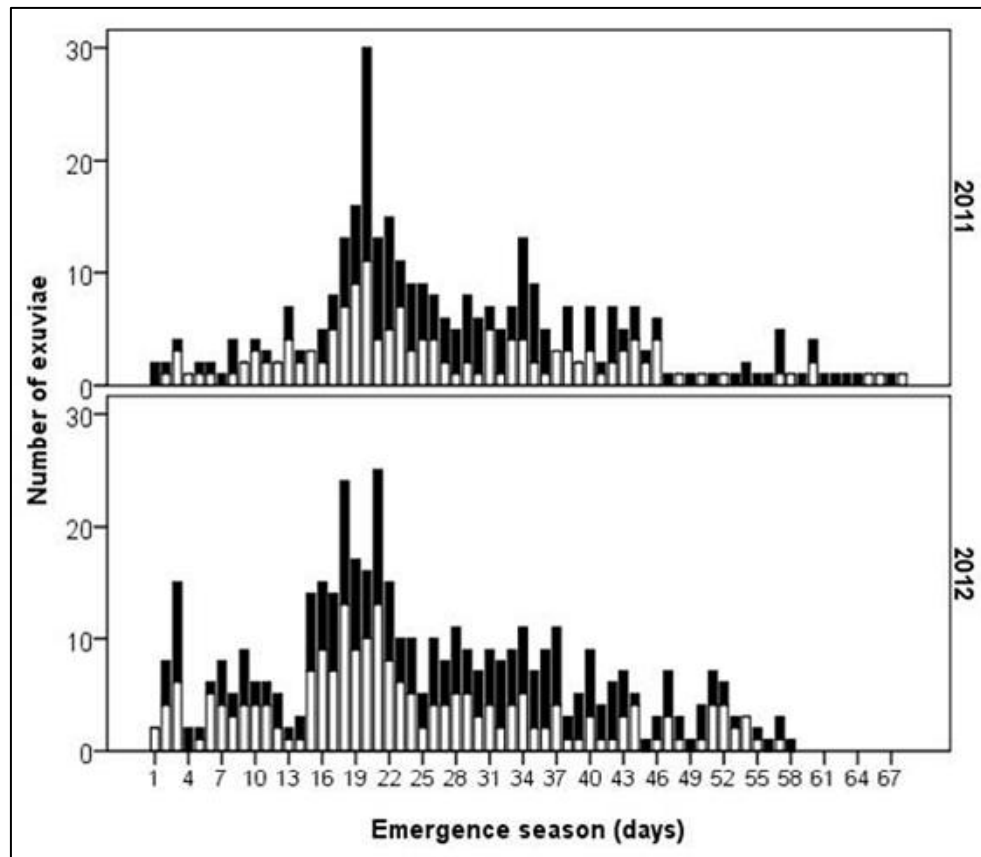
**Figure 27 :** Distribution en pourcentage des larves du *Gomphus lucasii* dans les trois derniers stades larvaires dans deux sites différents en octobre et avril. Les barres noires présentes le site G et les barres ouverts présentes le site P.

### 1.1.2. L'Onychogomphe à sabre (*Onychogomphus costae*)

#### 1.1.2.1. Le pattern d'émergence

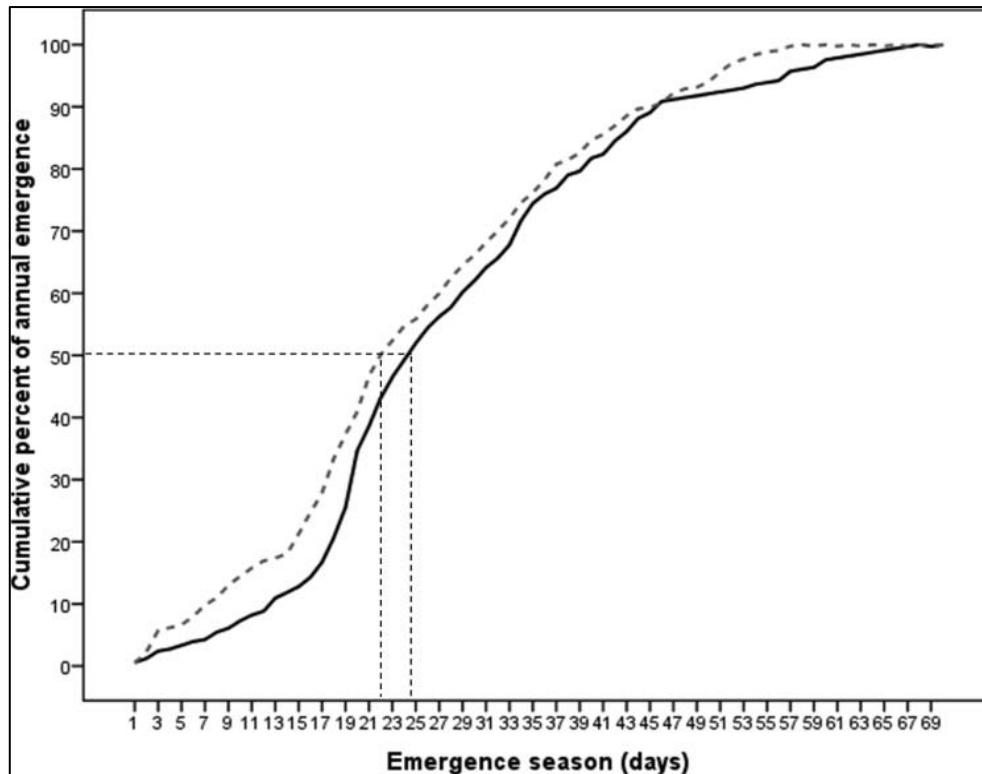
*Onychogomphus costae* coexiste au sein d'une forte densité de population de *Gomphus lucasii*, *Calopteryx exul*, et *Platycnemis subdilatata*. Le pattern temporel de l'émergence d'*O.costae* au cours des deux années d'études est présenté dans la figure 28.

En 2011, 329 exuvies ont été recueillies au cours de l'ensemble de la saison d'émergence qui a duré 68 jours du 11 Mai au 17 Juillet montrant un pic le 30 Mai. En 2012, un total de 437 exuvies a été recueilli au cours de 58 jours de l'émergence du 13 mai au 9 Juillet avec un premier pic le 30 Mai et un deuxième pic le 2 Juin. Le pic d'émergence a été compté pour 9,11% de la population totale émergente en 2011 et pour 5,72% en 2012.



**Figure 28 :** Courbe d'émergence d'*O. costae* dans Oued Seybouse pendant deux saisons d'émergence 2011 et 2012. Les barres noires présentes les mâles et les barres ouvertes présentes les femelles.

La Figure 29 représente le pourcentage cumulatif de l'émergence annuelle d'*O. costae* dans les deux années d'études. EM50 était respectivement de 25 et 22 jours en 2011 et 2012. Le sexe-ratio n'était pas biaisé significativement vers les mâle dans les deux années d'étude ( $\chi^2$ -test:  $P > 0,05$ ). Il était de 55,32% en 2011 et de 52,17% en 2012, respectivement. Les Femelles ont atteint EM50 plutôt que les mâles avec 23 et 21 jours contre 26 et 25 jours en 2011 et 2012, respectivement.



**Figure 29 :** Pourcentage cumulé d'émergence annuel d'*O. costae* dans Oued Seybouse pendant deux saisons d'émergence. Courbe continue et en pointillée présentent les saisons 2011 et 2012 d'émergence, respectivement. (La ligne horizontale est fixée à 50%, de sorte que les lignes verticales indiquent l'EM50 de chaque année).

#### 1.1.2.2. Stratification verticale

La largeur de la tête et la longueur du corps des femelles ( $4,51 \pm 0,21$  mm;  $22,61 \pm 0,68$  mm, respectivement) étaient significativement supérieure à celle des mâles ( $4,33 \pm 0,25$  mm;  $21,79 \pm 0,77$  mm) (U-test:  $P < 0,0001$ ; pour les deux variables). Les exuvies qui se trouvaient sur la surface de l'eau (2%–4%) n'ont pas été prises en compte dans les analyses de la stratification verticale. Au dernier stade pour émerger, les exuvies ont utilisé des plantes (59%–55%), des pierres (29%–34%) et sur le sol (7%–8%). Les espèces végétales utilisées lors de l'émergence étaient communément *Cyperus Longus*, *Typha angustifolia* et *Paspallum distichum*. Une fraction de 2 à 3% des exuvies a émergé hors de l'eau à une distance moyenne de  $18 \pm 3,4$  cm et  $15,6 \pm 2,4$  cm respectivement, en 2011 et 2012.

## Resultats

Le tableau 5 présente une stratification verticale d'*O. costae* dans les deux années de l'étude. Au cours de l'émergence, les femelles ont choisi des hauteurs et des ratios He / HS supérieurs à ceux des mâles, pendant les deux années d'études. Il y a des différences significatives dans la hauteur de l'exuvie, la hauteur du support et la largeur de la tête entre les années d'étude (U-test:  $P = 0,0001$ ,  $P = 0,0001$ ,  $P = 0,006$ , respectivement), mais il n'y a pas de différence marquante dans la longueur du corps et le ratio He / HS (test U:  $P = 0,85$ ,  $P = 0,27$ , respectivement).

**Tableau 05 :** La taille du corps et stratification verticale d'*O. costae* des deux sexe dans les deux années d'étude.

		Largeur tête (mm)	Longueur corps (mm)	Hauteur exuvie (cm)	Hauteur support (cm)	Ration He/Hs
<b>2011</b>	Mâle	4.33 ± 0.25	21.79 ± 0.77	5.04 ± 3.19	17.72 ± 21.12	0.45 ± 0.51
	Femelle	4.51 ± 0.21	22.61 ± 0.68	6.91 ± 4.24	14.68 ± 8.86	0.48 ± 0.43
	U-test $P$ value	0.0001	0.0001	0.03	0.6	0.02
<b>2012</b>	Mâle	4.41 ± 0.24	21.90 ± 0.76	8.35 ± 6.58	28.62 ± 36.06	0.53 ± 0.46
	Femelle	4.60 ± 0.19	22.65 ± 0.77	10.66 ± 8.79	50.33 ± 41.59	0.43 ± 0.27
	U-test $P$ value	0.002	0.001	0.01	0.07	0.01
<b>Moyenne</b>	Mâle	4.35 ± 0.25	21.79 ± 0.86	6.08 ± 4.71	21.03 ± 26.75	0.47 ± 0.50
	Femelle	4.53 ± 0.22	22.53 ± 0.80	8.48 ± 6.88	26.90 ± 30.87	0.48 ± 0.38
	U-test $P$ value	0.0001	0.0001	0.001	0.01	0.13

Il y a une corrélation positive significative entre la hauteur de l'exuvie et la hauteur du support et une relation négative entre le ratio He / HS et la hauteur du support dans les deux années de l'étude (Tab. 6). La hauteur de l'exuvie était positivement corrélée à la largeur de la tête seulement en 2011, mais pas à la longueur du corps dans les deux années (Tab. 6).

**Tableau 6 :** Corrélations de Spearmann entre la taille du corps et les paramètres de la stratification verticale des exuvies pour les deux ans d'étude. \* <0,05, \*\* <0,01, \*\*\* <0,001.

	2011	2012	Largeur tête	Longueur du corps	Hauteur d'exuvie	Hauteur de support	Ratio He/Hs
Largeur tête			1	0.45***	0.08	0.04	0.02
Longueur du corps			0.44***	1	0.06	0.06	0.11
Hauteur d'exuvie			0.25*	0.15	1	0.60***	0.53***
Hauteur de support			0.22	0.12	0.66***	1	-0.24**
Ratio He/Hs			0.14	0.09	0.03	-0.61**	1

### 1.1.2.3. La mortalité pendant l'émergence

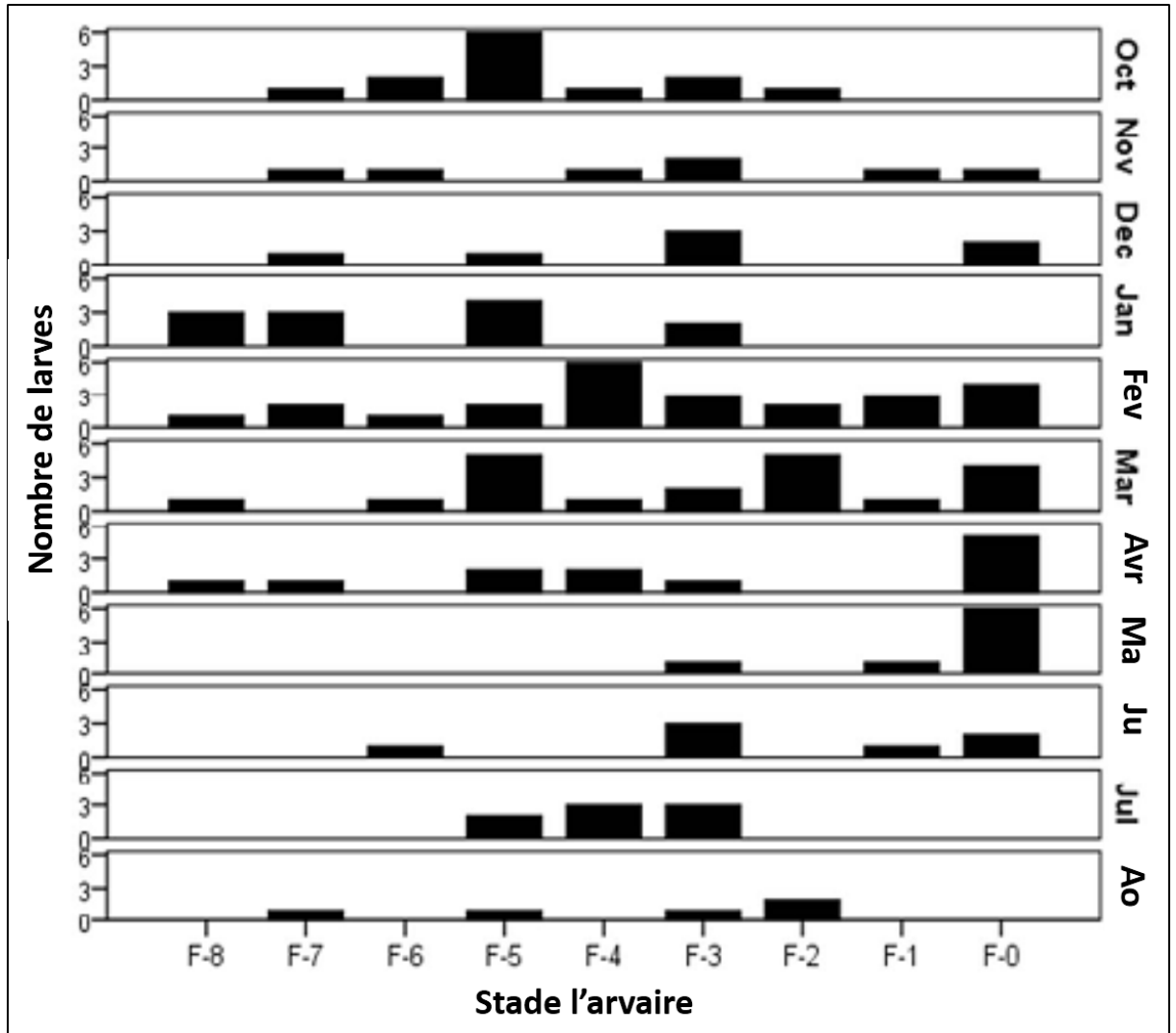
Le pourcentage de mortalité observé de l'*O. costae* était de 7,9% en 2011 et 9,15% en 2012 (moyenne = 8,52%). Un total de 15 et 22 ténéales déformées a été enregistré en 2011 et 2012. La prédation par les *Asilids* a été observée 6 et 11 fois dans leurs années respectives. Trois et sept cas de prédation des individus par les fourmis, avant la fin du processus de la mue, en 2011 et 2012, respectivement. Deux cas de prédation par les araignées ont été notés en 2011. Les oiseaux prédateurs potentiels étaient l'hirondelle rustique (*Hirundo rustica*) et le Guêpier d'Europe (*Merops apiaster*) qui ont tenté de capturer les individus au cours de leur vol inaugural. Cependant, aucune prédation réussie n'a été observée.

### 1.1.2.4. Structure de la population

Un total de 123 larves d'*O. costae* a été recueilli dans les deux années d'étude. La figure 30 présente la fréquence de distribution des stades larvaires basés sur la collecte mensuelle des larves pendant deux ans.

L'inondation ne nous a pas permis de recueillir des larves en septembre. Les larves F-0 sont apparues en novembre. Une faible proportion d'individus est entrée en hiver dans le dernier stade larvaire, mais la plupart d'entre-eux ont présenté une variation substantielle dans la taille (F-7 à F-1). Au cours de la période antérieure à l'émergence (mars-avril), il y avait deux cohortes: une se composait principalement des stades larvaires F-0 à F-1 et l'autre de petits individus atteignant jusqu'à F-8. En juillet, les larves des trois derniers stades n'ont pas été collectées.

Resultats



**Figure 30 :** Fréquence de Distribution des stades larvaires d'*O. costae* collectées mensuellement à Oued Seybouse en 2011 et 2012. Aucune larve n'a été recueillie en septembre.

## 1.2. Mouvement des adultes

### 1.2.1. Le Gomphe d'Algérie (*Gomphus lucasii*)

#### 1.2.1.1. Marquage et relocalisation

Un total de 1316 individus (870 mâles et 446 femelles) a été marqué pendant toute la période d'étude dans tous les habitats. Le long du cours d'eau, 775 individus (579 mâles et 196 femelles) ont été marqués représentant 58,89% de tous les adultes marqués). Les imagos restants c'est-à-dire soit 541 (291 Mâles et 250 femelles) ont été marqués loin de l'eau avec 314 individus (151 Mâles et 163 femelles) dans les prairies ouvertes et 227 individus (140 mâles et 87 femelles) dans les champs de blé. Considérant tous les habitats, le sexe ratio basé sur le marquage régulier était biaisé des mâles avec 66,11% ( $\chi^2 = 126.39$ ,  $P < 0.0001$ ). Il était biaisé des mâles près de l'eau (74,71%;  $\chi^2 = 12.37$ ,  $P < 0.0001$ ), et les champs de blé (61,67%;  $\chi^2 = 189.27$ ;  $P < 0.0001$ ) mais pas biaisé des femelles dans les prairies ouvertes (51,91%;  $\chi^2 = 0.45$ ;  $P = 0.49$ ). Le taux de relocalisation globale au cours d'eau est de 8,13% et il ne varie pas selon le sexe et l'âge (Tab. 7). Les mâles étaient légèrement mais pas significativement plus souvent observés que les femelles pour les ténérales et imagos matures, mais pas chez les immatures. Le taux de relocalisation le plus élevé a été noté chez les individus matures (8,83%) qui a été légèrement supérieur à celui des ténérales (8,49%), et plus de deux fois de celui des adultes immatures (4,12%) (Tab. 7).

Il y avait des différences significatives dans le nombre de réobservations par la durée de vie entre les sexes (GLM  $z = 0,28$ ,  $P = 0,77$ ) avec des mâles étant les plus souvent observés le plus. Les mâles étant les plus relocalisés, jusqu'à quatre fois ( $1,24 \pm 0,60$ ) contre deux fois pour les femelles ( $1,18 \pm 0,39$ ). L'intervalle de temps entre deux relocalisations subséquentes était significativement différent entre les mâles ( $5,24 \pm 5,62$  J) et les femelles ( $3,94 \pm 4,24$  J) (GLM  $z = 1.39$ ,  $P = 0,016$ ) et il variait entre 1 à 27 jours, avec une moyenne de  $4,78 \pm 5,20$  jours. La durée de vie maximale observée a été de 27 jours pour les mâles et 21 jours pour les femelles.

**Tableau 07 :** Marquage, relocalisation, taux de relocalisation du *Gomphus lucasii* adulte selon l'âge et le sexe. Testes de Chi carré de ligne inferieure pour les différences entre les sexes, tandis que ceux qui sont présentés dans la dernière colonne pour les différences entre les classes l'âge.

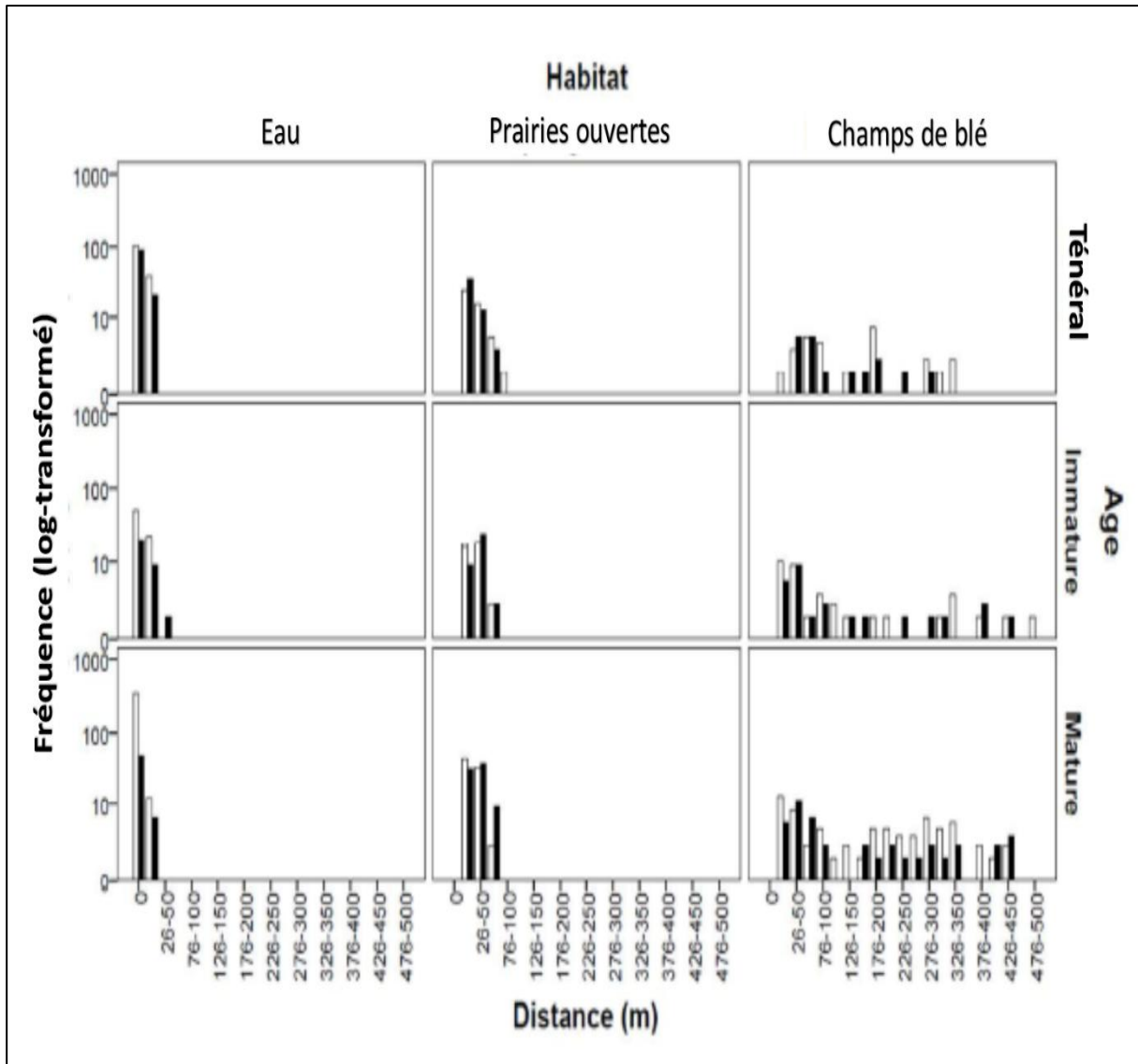
		Ténérale	Immature	Mature	Total	$\chi^2$ (P-value)
<b>Mâle</b>	Marquage	144	71	364	579	
	Relocalisation	14	2	33	49	
	Taux de relocal (%)	<b>9.72</b>	<b>2.82</b>	<b>9.07</b>	<b>8.46</b>	0.20
<b>Femelle</b>	Marquage	115	26	55	196	
	Relocalistion	8	2	4	14	
	Taux de relocal(%)	<b>6.96</b>	<b>7.69</b>	<b>7.27</b>	<b>7.14</b>	0.99
<b>Total</b>	Marquage	259	97	419	775	
	Relocalisation	22	4	37	63	
	Taux de relocal (%)	<b>8.49</b>	<b>4.12</b>	<b>8.83</b>	<b>8.13</b>	0.33
<b><math>\chi^2</math> (P-value)</b>		0.19	0.12	0.18	0.21	

### 1.2.2.2. Distribution des adultes

Il y avait des différences significatives dans la répartition des adultes entre les sexes (Mann Whitney U:  $P < 0,0001$ ) et les classes d'âge (Kruskal Wallis:  $p < 0,0001$ ). Les comparaisons par paires en utilisant le test Nemenyi ont montré que, sauf les ténérales et les immatures chez les mâles ( $P = 0,16$ ), et les immatures et matures chez les femelles ( $P = 0,47$ ), toutes les combinaisons des classes d'âge ont montré une différence significative dans la distance par apport à l'eau ( $P < 0,0001$ ).

La figure 31 présente la répartition spatiale de *G. lucasii* adultes des deux sexes, les 3 classes d'âge, et dans les trois types d'habitats. La distance à partir de l'eau des ténérales et les individus immatures ne diffère pas significativement entre les sexes, mais les femelles matures étaient significativement plus loin de l'eau que les mâles (Tab. 8).

## Resultats



**Figure 31 :** Fréquence de distribution de la distance à partir de l'eau pour les individus du *Gomphus lucasii* selon l'âge et type d'habitat. Barres noires (mâles) et les barres ouverts (femelles).

Les mâles adultes ont été principalement enregistrés au cours d'eau (67,84%), mais une proportion importante (32,16%) a été également enregistrée à des distances variant de 1 à 450 m loin de l'eau. Une fraction importante des mâles matures (44,73%) a été enregistrée entre 101 et 450 m étaient en copulation.

**Tableau 08 :** Distance moyenne (m) à partir de l'eau des individus adultes de *G. lucasii* pour les deux sexes et toutes les classes d'âge.

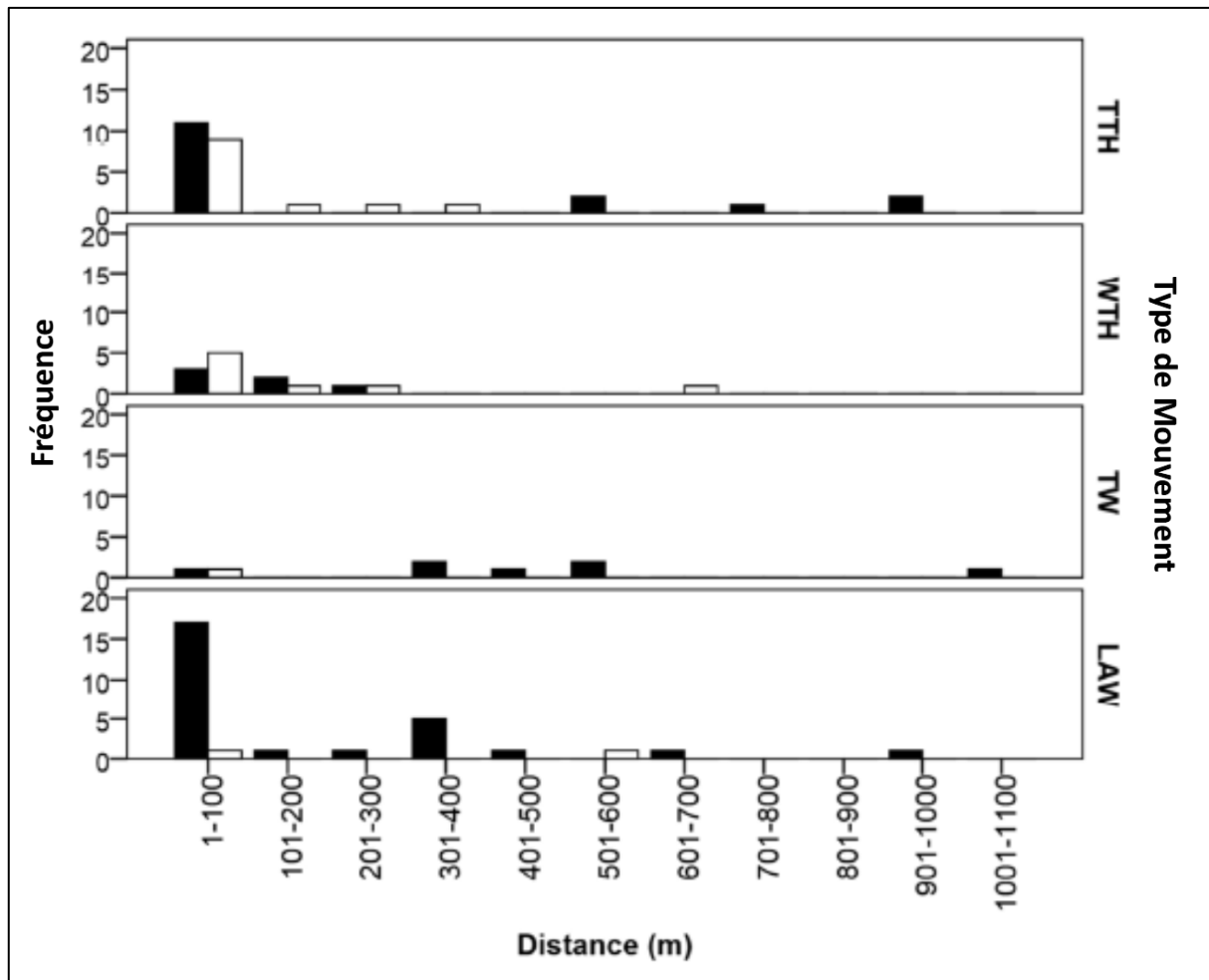
		<b>Ténérale</b>	<b>Immature</b>	<b>Mature</b>
<b>Male</b>	Moyenne	25.87	68.87	25.55
	Ecart-type	60.03	113.03	75.06
	Min	0	0	0
	Max	330	500	450
	N	216	105	549
<b>Femelle</b>	Moyenne	17.13	62.84	28.93
	Ecar-type	40.07	96.09	46.18
	Min	0	0	0
	Max	300	450	300
	N	183	75	188
<b>Mann-Whitney U test (<i>P</i> value)</b>		0.71	0.01	< 0.0001

Hors du cours d'eau, les adultes ont été notés dans les prairies ouvertes et les champs de blé, mais jamais au maquis arbustifs et arborescents. Les mâles n'avaient pas de préférences marquées entre les prairies ouvertes et les champs de blé ( $U = 874$ ,  $P = 0,23$ ) tandis que les femelles préféraient les prairies ouvertes ( $U = 769$ ,  $P = 0,03$ ).

### 1.2.1.3. Les mouvements des adultes

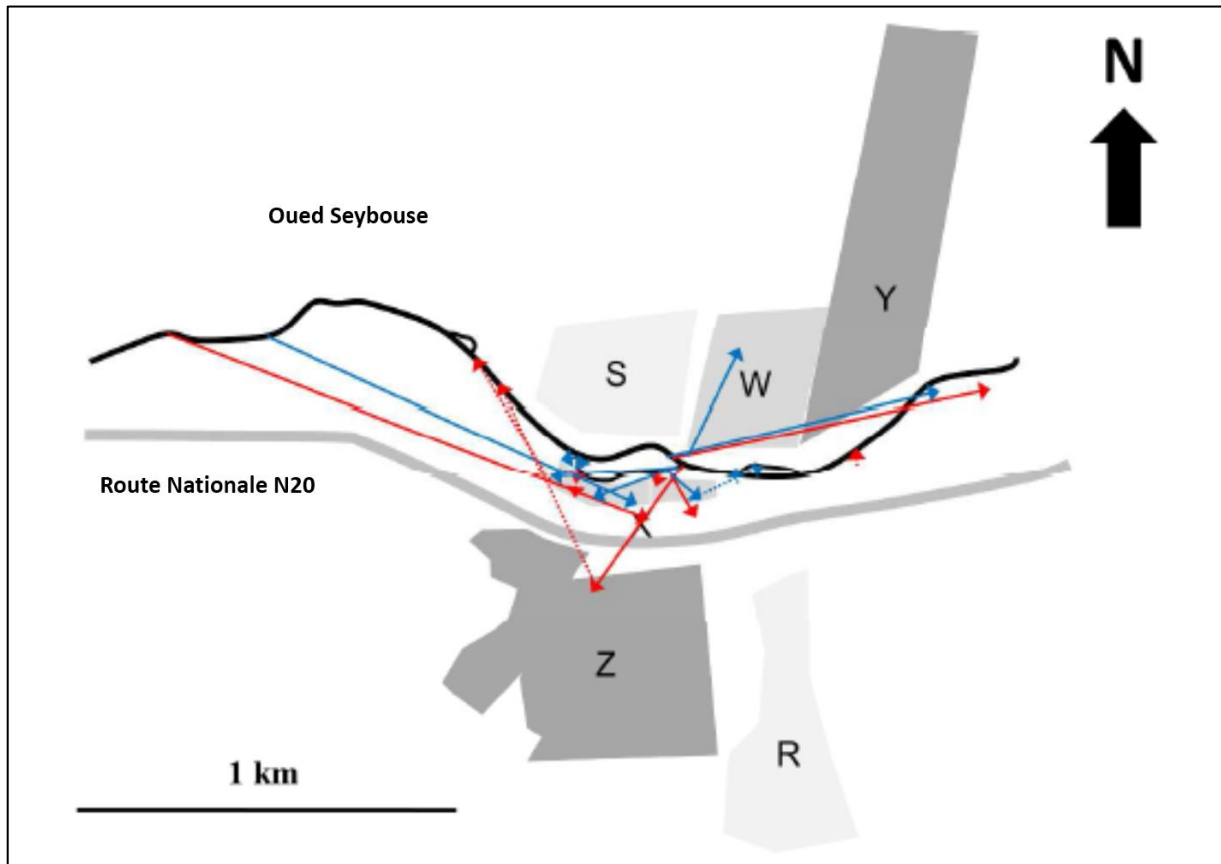
La fréquence de distribution des quatre différents types de mouvements des adultes est présentée dans la (Fig. 32).

## Resultats



**Figure 32 :** Fréquence de distribution des distances parcourues par les individus du *G. lucasii* au sein et entre les habitats terrestres et aquatiques. Barres noires (mâle), barres ouverts (femelle). LAW: latéral au sein du cours d'eau; TTH: vers des habitats terrestres, WTH: Dans les habitats terrestres. TW: vers l'eau.

De 399 ténérales marqués, seulement 2 ont été observés au même endroit le lendemain (déplacement de moins de 5 m). Seuls 3 mâles ténérales (0,75% des ténérales et 1,38% des mâles ténérales) ont été relocalisés comme des matures au cours d'eau montrant un comportement agressif territorial dont 1 a montré une phylopatricité à son site d'émergence (9 m de sa position d'émergence) et deux avec une distance de dispersion natale moyenne de  $596,5 \pm 4,94$  m. Il n'y avait pas une différence significative de la distance parcourue à partir du site d'émergence aux sites de maturation entre les sexes ( $U = 107$ ,  $P = 0,96$ ) avec une distance moyenne de  $253,73 \pm 353,23$  m ( $n = 18$ ) pour les mâles et  $95,75 \pm 106,79$  m ( $N = 12$ ) pour les femelles (Fig. 33).

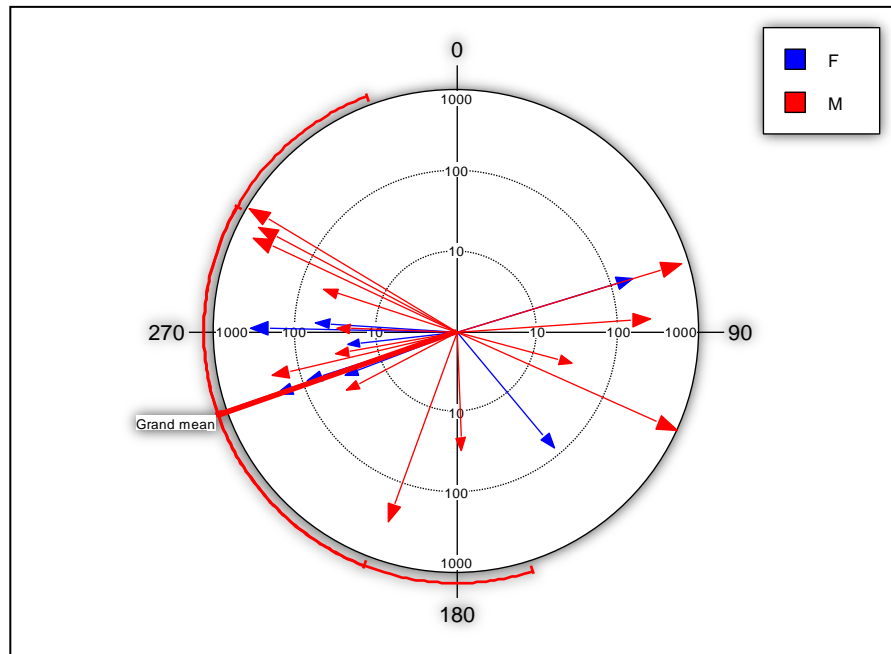


**Figure 33** : Carte indiquant les mouvements de *Gomphus lucasii* De site d'émergence aux sites de maturation et de des sites d'habitat terrestre à l'eau. Bleu et rouge représentent femelles et les mâles, respectivement. Les lignes continues et pointillées se réfèrent à des mouvements De site d'émergence aux sites de maturation et de des sites d'habitat terrestre à l'eau, respectivement. Seules les distances supérieures à 10 m sont considérées.

Quand nous séparons les données selon le sexe, un modèle de distribution circulaire aléatoire de mouvement à partir du site d'émergence au site de maturation a été noté chez les mâles mais pas chez les femelles (Fig. 34). Chez les mâles 35,71% se sont déplacés dans des directions entre 272 ° et 301 ° (c'est-à-dire : au Nord-ouest), 28,57% entre 200 ° et 260 ° (Sud-ouest), 28,57% entre 86 ° et 178 ° (Sud-est), et 7,14% dans un angle de 73 ° (Nord-est).

Les femelles ont présenté des directions de mouvement similaire avec 50% se déplaçant entre 249 ° et 264 ° (Sud-ouest), 25% entre 271 ° et 274 ° (vers l'Ouest), 12,5% dans un angle de 140 ° (Sud-est), et 12,5% selon un angle de 73 ° (Nord-est). Les directions de déplacement et les distances étaient positivement corrélées pour les mâles (Corrélation linéaire circulaires  $r = 0,53$ ,  $P = 0,04$ ), mais pas pour les femelles (Corrélation linéaire circulaires  $r = 0,31$ ,  $P = 0,60$ ).

## Resultats



**Figure 34 :** Direction et la distance des mouvements de *G. lucasii* de l'émergence aux sites de la maturation. Rouge = Mâle (Rao's Spacing Test (U):  $r = 0.29$ ,  $U = 160.857$ ,  $P > 0.05$ ,  $n = 8$ , Mean Vector =  $250.84^\circ$ ); Bleu = Femelle (Rao's Spacing Test (U):  $r = 0.56$ ,  $U = 200$ ,  $P < 0.01$ ,  $n = 14$ , Mean Vector =  $250.64^\circ$ ). La longueur de chaque vecteur représente la distance de déplacement. Seuls les mouvements de plus de 20 m ont été considérés, et les distances sont (Log-transformés) pour l'affichage.

De 451 individus marqués aux prairies ouvertes et les champs de blé, seulement 11 (10 mâles et 1 femelle) ont été relocalisés sur leurs sites de reproduction déplaçant une distance moyenne de  $376,90 \pm 278,82$  m (78 m pour les femelles et de  $406,8 \pm 274,70$  m pour les mâles) et 14 (6 mâles et 8 femelles) ont effectué des déplacements dans les habitats terrestres avec une distance moyenne de  $133,57 \pm 177,39$  m ( $123,67 \pm 93,72$  m pour les mâles et  $141,00 \pm 228,08$  m pour les femelles) (Tab. 9). La distance moyenne des déplacements effectués le long du cours d'eau (par des adultes matures) était  $180,97 \pm 238,54$  m ( $175,15 \pm 235,94$  m pour les mâles et  $259,50 \pm 364,16$  m pour les femelles), mais ces déplacements étaient fortement représentés par les mâles (Tab. 9).

Considérant la direction des mouvements le long du cours d'eau, il n'y avait pas de différences significatives entre les mouvements en amont et en aval ( $\chi^2 = 0,61$ ,  $P = 0,43$ ) avec 57.69% des déplacements effectués en amont et 42,31% réalisés en aval. Il n'y avait aucune différence significative entre la distance parcourue en amont et en aval ( $U = 75$ ,  $P = 0,69$ ). Le

## Resultats

nombre des cas de philopatrie aux sites de reproduction était de 1 (1,88%) et 3 (0,97%) pour les femelles et les mâles respectivement donnant une moyenne de 1,11%. Un seul cas de philopatrie au site d'émergence (0,4%) a été observé, c'était un mâle qui est retourné après 11 jours, relativement dans la même position de son émergence (9 m).

**Tableau 09 :** Distance des mouvements d'adultes matures dans la zone d'échantillonnage. Unité de distance est le mètre. LWW: latéral au sein du cours d'eau; TTH: vers des habitats terrestres; WTH: Dans les habitats terrestres. TW: vers l'eau.

	TTH		WTH		TW		LWW	
	Mâle	Femelle	Mâle	Femelle	Mâle	Femelle	Mâle	Femelle
<b>Moyenne</b>	440.17	377.00	123.67	141.00	78.00	406.00	175.15	259.50
<b>Ecart-type</b>	348.71	434.16	93.72	228.08	*	274.70	235.94	364.16
<b>Min</b>	15	70	23	2	*	17	2	2
<b>Max</b>	1000	684	259	681	*	969	969	517
<b>N</b>	6	2	6	8	1	10	27	2

#### 1.2.2.4. L'utilisation des micro-habitats par les adultes

La répartition des adultes matures était approximativement homogène tout le long des différentes sections du cours d'eau pour les mâles (Kruskal Wallis:  $\chi^2 = 14.58$ ,  $P = 0.06$ ) et les femelles ( $\chi^2 = 14.65$ ,  $P = 0.06$ ). Le nombre de mâles territoriaux le long du cours d'eau était positivement corrélé à la vitesse de l'eau (Spearman corrélation:  $r = 0,35$ ,  $P < 0,0001$ ), mais pas avec d'autres variables (Tab. 10). Le nombre des femelles en oviposition enregistrées était positivement corrélées à la vitesse de l'eau (Spearman corrélation:  $r = 0,23$ ,  $P < 0,0001$ ) et négativement liées à la profondeur de l'eau ( $r = -0,22$ ,  $P = 0,01$ ). Les caractéristiques de l'habitat de mâles territoriaux et la ponte des femelles sont présentés dans le tableau 10.

## Resultats

**Tableau 10 :** Les facteurs abiotiques et leurs corrélations avec le nombre d'individus marqué et relocalisé à chaque section. Seules les sections où le nombre des mâles marqués et relocalisé était supérieur à 10 ont été prises en compte.

	Largeur eau (m)		Prof eau (cm)		Eau vitesse (m.s <sup>-1</sup> )		Hauteur végétation (cm)		Densité végétation (%)		Densité pierres Emergentes (%)	
	Mâle	Femelle	Mâle	Femelle	Mâle	Femelle	Mâle	Femelle	Mâle	Femelle	Mâle	Femelle
<b>Mean</b>	11.7	6.48	78.2	62.50	0.86	1.12	174.1	203.13	62.4	56.88	4.51	4.06
<b>SD</b>	6.02	4.16	39.2	37.61	0.57	0.43	63.67	58.43	22.4	17.31	10.2	4.87
<b>Min</b>	0.7	2.1	15	15	0.2	0.8	15	130	5	25	0	1
<b>Max</b>	27	12	170	110	2	2	350	280	90	80	40	28
<b>N</b>	71	8	71	8	71	8	71	8	71	8	71	71
<b>Spearman correlation r</b>	-0.01	-0.22	-0.12	-0.11	0.35	0.23	-0.07	0.10	-0.10	-0.13	0.17	0.11
<b>P-value</b>	0.97	0.01	0.18	0.21	0.00	0.01	0.46	0.28	0.27	0.15	0.06	0.24

## 1.2.2. Onychogomphus à sabre *Onychogomphus costae*

### 1.2.2.1. Marquage et relocalisation

Un total de 225 individus (129 mâles et 96 femelles) a été marqué pendant toute la période d'étude dans tous les habitats. Tous les adultes ont été marqués loin de l'eau avec 62 adultes matures (27.55%) (34 mâles et 28 femelles), immatures 6 (2.66%) (3 mâles et 3 femelles), et 157 ténérales (68.44%) (92 mâles et 65 femelles) (Tab. 11). Considérant tous les habitats, 22 adultes (9.77%) (13 mâles et 9 femelles) dans les champs de blé, dont plus de la moitié se sont des ténérales, 145 (64.44%) (86 mâles et 59 femelles) dans les prairies, dont (33.79%) se sont des matures, et 58 (25.77%) dans les broussailles (32 mâles et 26 femelles) (Fig. 35, 36, 37).

Considérant toutes les classes d'âge et tous les habitats, 61.78% des ténérales occupent les prairies ouvertes, 28.01% occupent les broussailles, et 10.19% occupent les champs de blé.

## Resultats

Les immatures, 50% occupent les broussailles, 33.32% les prairies ouvertes, et 16.66% les champs de blé. Cependant, les matures 74.19% occupent les prairies ouvertes, 17.74% les broussailles, et 8.06% occupent les champs de blé.

Le sexe ratio basé sur le marquage régulier était biaisé des mâles avec 57.33%. Il était biaisé des mâles 59.1% dans les champs de blé, 59.31% dans les prairies, et légèrement biaisé 55.17% dans les broussailles.

Le taux de relocalisation est de 2.66%, il était biaisé des mâles avec 66.66%. Le taux de relocalisation le plus élevé a été noté chez les individus matures (66.66%), et plus de deux fois de celui des ténérales (33.33%).

La durée de vie maximale observée a été de 31 jours pour les mâles et 47 jours pour les femelles.

**Tableau 11** : Marquage, relocalisation, taux de relocalisation d'*O. costae* adulte selon l'âge et le sexe.

		<b>Ténérale</b>	<b>immature</b>	<b>mature</b>
<b>Mâle</b>	Marquage	92	3	34
	Relocalisation	1	0	2
	Taux de reloca (%)	16,66	0	33,33
<b>Femelle</b>	Marquage	65	3	28
	Relocalisation	1	0	2
	Taux de reloca (%)	16,66	0	33,33
<b>Total</b>	Marquage	157	6	62
	Relocalisation	2	0	4
	Taux de reloca (%)	33,33	0	66,66

Resultats

a. Mature

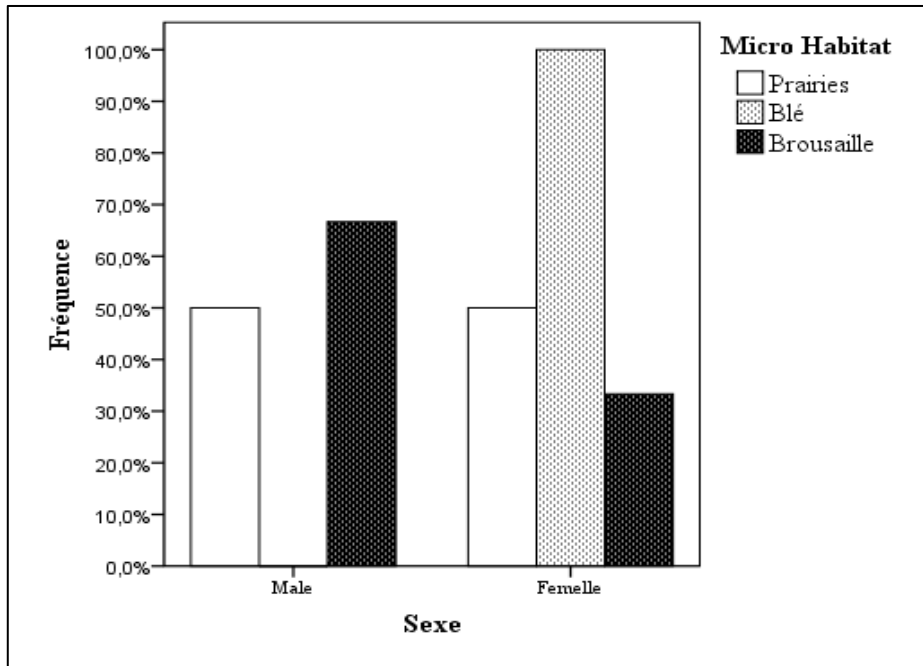


Figure 35 : Fréquence de distribution de l'*O. costae* adulte (mature) marqué au sein des habitats terrestres.

b. Immature

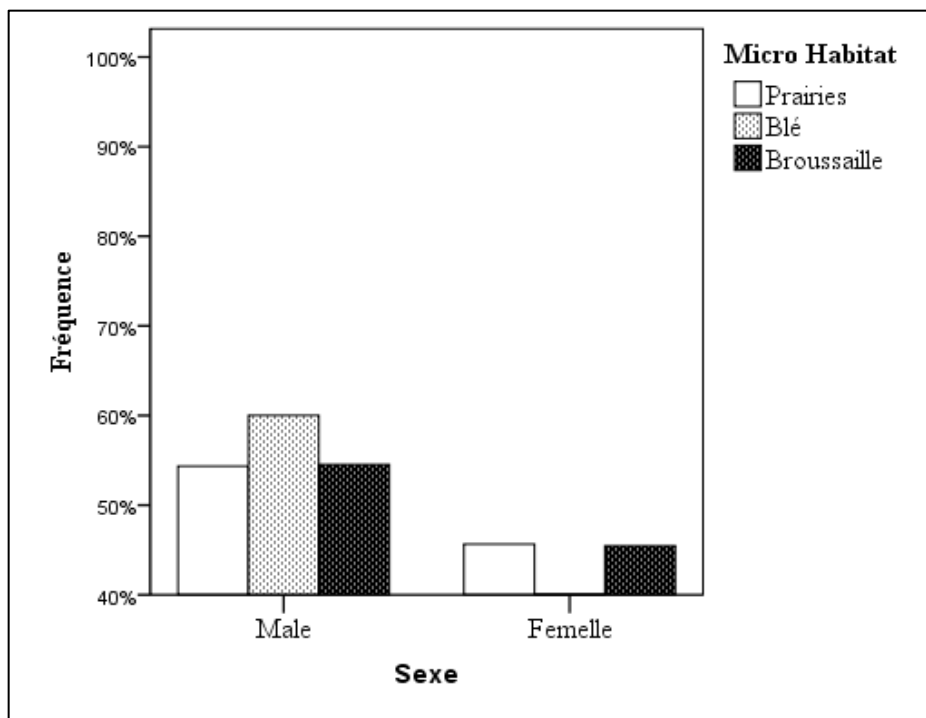
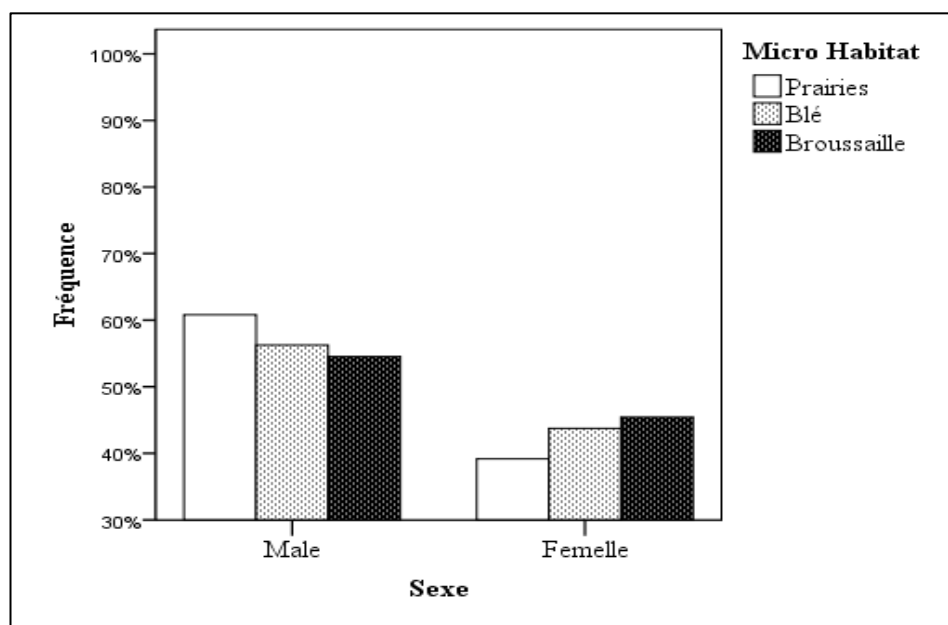


Figure 36 : Fréquence de distribution de l'*O. costae* (Immature) marqué au sein des habitats terrestres.

## c. Ténérale



**Figure 37 :** Fréquence de distribution de l'*O.costae* (Ténérale) marqué au sein des habitats terrestres.

## 1.2.2.2. Distribution et mouvement des adultes

Un total de 157 individus tenerales ont été enregistrés dans différentes distances à partir de l'eau, dont 99 individus dans les 25 m, 55 individus dans les 50 m, et un seul individu dans les 75 m, et 2 individus dans 300 m. Un totale de 6 individus immature dont 3 individus dans les 25 m, 2 individus dans les 50 m, et une femelle dans les 300 m. 62 individus mature ont été enregistrés dont 31 individus dans les 25 m, 29 individus dans les 50 m, et 2 individus dans les 75 m. (Fig. 38)

Considérant le sexe et tous les habitats, les mâles (65.89%) occupent les prairies ouvertes, (25.58%) les champs de blé, et (8.52%) les broussailles. Cependant, les femelles (62.5%) occupent les prairies ouvertes, (10.41%) les champs de blé, et (27.08%) les broussailles.

Il y avait des différences significatives dans la répartition des adultes entre les sexes ( $U = 4991$ ,  $P = 0.01$ ), mais pas entre les classes d'âge (Kruskal Wallis:  $p = 0,35$ ). La Figure 36 présente la répartition de la distance à partir de l'eau d'*O. costae* adultes des deux sexes et les 3 classes d'âge. La distance à partir de l'eau des ténérales et les individus immatures ne diffère pas significativement entre les sexes ( $U = 2622.5$ ,  $P = 0.18$  ;  $U = 1$ ,  $P = 0.12$ ), mais les femelles matures étaient significativement plus loin de l'eau que les mâles ( $U = 332.5$ ,  $P = 0.03$ ) (Tab. 12).

Resultats

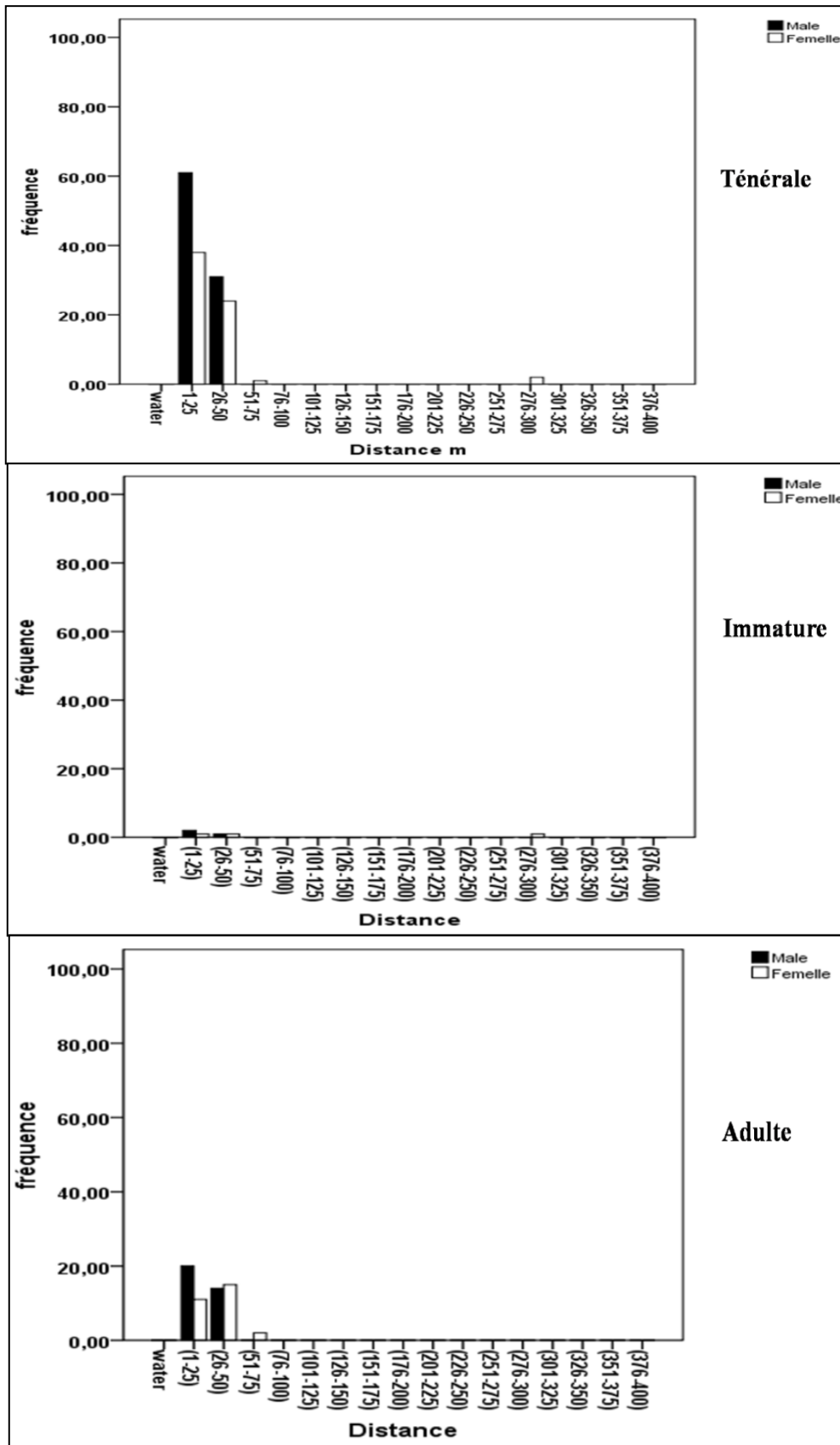


Figure 38 : Fréquence de distribution de la distance à partir de l'eau pour les individus du *O. costae* selon l'âge.

**Tableau 12 :** Distance moyenne (m) à partir de l'eau des individus adultes de *O.costae* pour les deux sexes et toutes les classes d'âge.

		<b>Ténérale</b>	<b>Immature</b>	<b>Mature</b>
<b>Mâle</b>	<b>Mean</b>	20.97	15.33	22.32
	<b>SD</b>	11.16	12.85	11.43
	<b>Min</b>	2	6	4
	<b>Max</b>	50	30	50
<b>Femelle</b>	<b>Mean</b>	31.78	119	29.57
	<b>SD</b>	49.33	157.33	13.99
	<b>Min</b>	6	15	10
	<b>Max</b>	300	300	60

De 225 ténérales marqués, seulement 4 ont été observés le lendemain, deux femelles et deux males. Pour les males le premier a été observé à une distance de 90 m, et le deuxième avec une distance de 80 m parcourue latéralement avec le cours d'eau. Pour les femelles la première avec une distance de 40 m et la deuxième 200 m parcourue latéralement avec le cours d'eau. Seuls 2 femelles ténérales ont été relocalisés comme des matures au cours d'eau après une durée moyenne de  $39 \pm 5.65$  jours et une distance moyenne de  $107.50 \pm 102.53$  m et ne montrent pas une phylopatric au site d'émergence.

De 62 individus Adulte, 24 individus ont été marqués en copulation (39.70%, 12 couples) à une distance moyenne de  $22.33 \pm 7.33$ m du cours d'eau et tous dans les prairies ouvertes.

### 1.3. Ecologie des larves du *G. lucasii* et *O. costae* et préférences de substrat

Un total de 364 larves des deux espèces *G. lucasii* et *O. costae* (100 et 264 larves respectivement), ont été recueillies durant la période de 5 mois de prélèvement d'échantillons dans 12 sites. *G. lucasii* et *O. costae* représentent 27.47% et 72.52% du nombre total, respectivement. *G.lucasii* était abondant dans trois sites différents à celle d'*O.costae* (Tab. 13).

## Resultats

**Tableau 13 :** Nombre total de larves de deux espèces *G.lucasii* et *O.costae* dans les 12 sites échantillonnés dans le bassin versant de la Seybouse et ses affluents au cours de l'année 2011/2012.

sites	Code	Nbr de G. lucasii	Nbr de O. costea	Nombre d'échantillonnage
Medjez Amar (1)	S1	3	<b>26</b>	5
Oued fregha	S2	3	<b>149</b>	5
Drean	S3	<b>15</b>	4	5
Halia	S4	0	<b>65</b>	5
Boumahra-affluent	S5	<b>47</b>	0	5
El-Fedjoug	S6	1	0	5
Pepinière G	S7	<b>20</b>	3	5
Salah Salah	S8	0	2	5
Cheniour-affluent	S9	6	3	5
Ain makhlouf (Cherf)	S10	5	4	5
Medjez Amar (2)	S11	0	0	5
Chihani	S12	0	8	5
Total		100	264	60

### 1.3.1. Les préférences d'habitat

Les larves du *G.lucasii* été trouvées et collectées dans 8 des 12 sites étudiés (66,66%), alors que les larves de *O.costae* ont été enregistrées à 9 sites (75%). En fonction de leurs habitats préférés, *G.lucasii* a été clairement isolée de *O.costae* (Tab. 14). Considérant seuls les sites où les deux espèces étaient abondantes (> 10 larves), nous constatons que 3 sites contiennent un nombre élevé de larves du *G.lucasii* (S3, S5 et S7), différents de celle d'*O.costae* (S1, S2, S4) qui contiennent un nombre élevé. Aucun site supporte une densité élevée des deux espèces ensemble.

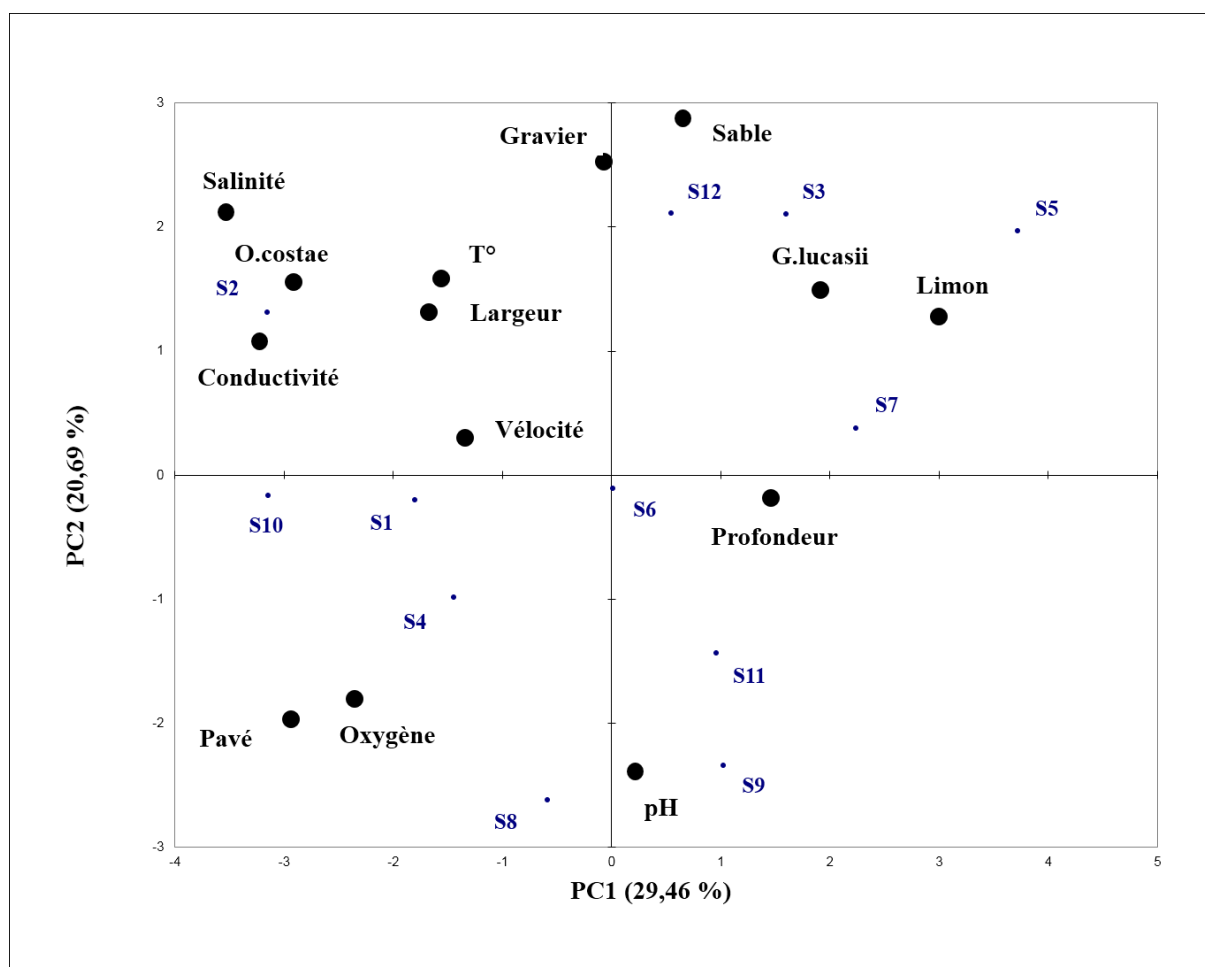
## Resultats

**Tableau 14 :** Caractéristiques de l'habitat de *G. lucasii* et *O. costae*. Les valeurs représentent la moyenne et l'écart-type de chaque variable dans les sites où les espèces étaient abondantes (> 10 larves).

	<i>G. lucasii</i>	<i>O. costae</i>
<b>Conductivité (µS)</b>	513 ± 352	1197.66 ± 327
<b>Température (°C)</b>	22.26 ± 1.42	24.53 ± 4.30
<b>Salinité (ppt)</b>	0.35 ± 0.09	0.58 ± 0.18
<b>O2 (mg /l)</b>	8.26 ± 0.05	11.07 ± 0.55
<b>pH</b>	7.69 ± 0.35	7.8 ± 0.06
<b>vélocité (m/s)</b>	1.05 ± 0.30	1.12 ± 0.17
<b>limon (%)</b>	56.66 ± 5.77	16.66 ± 15.27
<b>sable (%)</b>	20 ± 10	13.33 ± 5.77
<b>Gravier (%)</b>	10	3.33 ± 5.77
<b>pavé (%)</b>	13.33 ± 5.77	66.66 ± 5.77
<b>Profondeur de l'eau (cm)</b>	51.66 ± 16.07	27.66 ± 7.5
<b>Largeur (m)</b>	12 ± 10	14 ± 12.28
<b>Nombre Max de <i>G. lucasii</i></b>	9.40 ± 2.30	4 ± 3.46
<b>Nombre Max de <i>O. costae</i></b>	2.33 ± 2.08	29.8 ± 2.86

La figure 39 montre un biplot de PCA basé sur 12 facteurs abiotiques, l'abondance de deux espèces de gomphidae, et les 12 sites échantillonnés. Plus de 66% de la variance totale a été expliqué par les trois premières composantes principales. La première composante (29.45% de la variance expliquée, Valeur propre = 4.12) était positivement corrélée avec le pourcentage de limon, la profondeur de l'eau, et l'abondance du *Gomphus lucasii*. Ceci suggère que cette dernière était abondante dans les sites où le substrat était plus limoneux et les eaux un peu profondes.

## Resultats



**Figure 39 :** Biplot d'analyse en composantes principales réalisée pour les caractéristiques de l'habitat, l'abondance des deux espèces (*G.lucasii*, *O.costae*), et les sites d'échantillonnage.

Codes des sites sont présentés dans le tableau 14.

Cependant la première composante était aussi négativement corrélée avec la conductivité, salinité, oxygène, pourcentage du pavé, et l'abondance de *O.costae*. Cela suppose que ce dernier fût abondant dans les sites où le substrat est un peu rocheux et dans les eaux oxygénés, trouble où la salinité est plus élevée qu'ailleurs.

La deuxième composante (20,68% de la variance expliquée, Valeur propre = 2,89) a été corrélée négativement avec l'oxygène et le pH et positivement avec la largeur de l'Oued, le pourcentage de sable et le gravier, la température, et la salinité. La troisième composante (16,78% de la variance expliquée, Valeur propre = 2,34) a été positivement corrélée avec l'oxygène, le pourcentage du gravier, la profondeur, et la largeur de l'Oued, mais négativement avec l'abondance du *G.lucasii* et la température de l'eau. Le tableau 15 présente toutes les corrélations.

## Resultats

**Tableau 15 :** Analyse en composantes principales pour les caractéristiques de l'habitat avec l'abondance du *G.lucasii* et *O.costae*. Les valeurs supérieures à 0,4 sont en gras.

	PC1	PC2	PC3
<i>G.lucasii</i>	<b>0,503</b>	0,380	<b>-0,493</b>
<i>O.costae</i>	<b>-0,679</b>	0,354	-0,279
Conductivité	<b>-0,815</b>	0,286	-0,006
Température	-0,342	<b>0,413</b>	<b>-0,441</b>
Salinité	<b>-0,791</b>	<b>0,528</b>	-0,152
Oxygène	<b>-0,585</b>	<b>-0,416</b>	<b>0,416</b>
pH	0,050	<b>-0,654</b>	0,237
Vélocité	-0,309	0,049	0,266
Limon	<b>0,840</b>	0,318	-0,109
Sable	0,231	<b>0,745</b>	0,275
Gravier	-0,007	<b>0,589</b>	<b>0,521</b>
Pavé	<b>-0,729</b>	<b>-0,521</b>	-0,116
Profondeur	<b>0,405</b>	-0,044	<b>0,734</b>
Largeur	-0,329	<b>0,464</b>	<b>0,775</b>

## 2. DISCUSSION

### 2.1. Emergence

#### 2.1.1. Gomphe d'Algérie (*Gomphus lucasii*)

Les espèces endémiques nécessitent une conservation attentive en raison de leur aire de répartition géographique restreinte et leur statut général de conservation préoccupante (Myers, 2000). Ces caractéristiques sont connues chez les odonates de l'Afrique du Nord (Riservato et al., 2009) et le *Gomphus lucasii* est un exemple typique.

Cette espèce de rivière n'a jamais été étudiée et la présente étude comble certaines lacunes de sa régulation saisonnière, pattern d'émergence, comportement.

*Gomphus lucasii* a montré un modèle d'émergence synchrone, ce qui est typique pour les espèces de printemps (spring species), la durée annuelle de l'émergence a duré un mois avec un EM50 global d'environ 10 jours. Les cas extrêmes de synchronisation d'émergence des *Gomphidés* ont été observés dans lesquels la population larvaire annuelle émerge en une seule journée, comme pour le *Gomphus vulgatissimus* (Martin, 1895 ; Wesenberg-Lund, 1913) et *Gomphus vastus* (Johnson, 1963). La variabilité d'EM50 entre les étirements n'était pas aussi notable que celle enregistrée pour *Onychogomphus uncatatus* dans le sud de la France (Suhling, 1995) et *Pyrrhosoma nymphula* en Angleterre du Nord (Gribbin et Thompson, 1991), probablement parce que tous, sont des étirements survenus dans le même cours d'eau et ont probablement été soumis à des conditions environnementales similaires.

Comme observé dans de nombreuses autres études (voir Corbet, 1999), il n'y avait pas de différences substantielles dans le pattern d'émergence entre les sexes dans la population étudiée. Corbet et Hoess (1998) ont constaté que le sexe-ratio des femelles à l'émergence était habituellement biaisé dans les Anisoptères contrairement aux zygoptères. De même, une étude sur trois gomphidés (*Gomphus flavipes*, *G. vulgatissimus* et *Ophiogomphus cecilia*) a montré un sexe-ratio biaisé des femelles à l'émergence (Kalnins, 2010). Cependant, l'étude actuelle sur *G. lucasii* a montré des résultats différents avec un sexe-ratio biaisé légèrement des mâle qui pourrait s'expliquer par des différences mineures dans la survie des larves entre les sexes en raison de l'activité sexuelle soit inégale c'est-à-dire un sexe (femelle) était plus actif que l'autre (Baker et al., 1992), un dimorphisme sexuel, c'est-à-dire les femelles sont plus grandes que les mâles (Purse et Thompson, 2003).

Nous avons constaté que les femelles et les mâles ont montré une tendance croissante de la taille tout au long de la saison d'émergence. Ce résultat est différent dans beaucoup d'observations faites sur plusieurs espèces tempérées montrant une relation négative entre la taille du corps et la date de l'émergence (Banques et Thompson, 1985 ; Michiels et Dhondt, 1990 ; Corbet, 1999 ; Purse et Thompson, 2003). Une étude sur *Deiela phaon* (Libellulidae) du Japon a montré des résultats similaires, mais la taille de l'échantillon était très petite pour faire une interprétation concluante (Sugimura, 1983). Une explication pourrait provenir de l'effet de la densité des larves et l'augmentation de la température pendant la saison d'émergence sur les petites larves qui n'avaient pas atteint le dernier stade avant l'hiver. La densité des larves diminue jour après jour pendant la saison d'émergence qui permet aux petites larves d'avoir accès à une nourriture plus fréquemment et à gagner de la masse plus rapidement étant donné que la température en début d'été augmente considérablement.

Les deux populations algériennes et tunisiennes ont sévèrement diminué au cours du dernier siècle et il a été affirmé que la taille de la population totale (*G. lucasii*) était inférieure à 2500, et qu'aucune population ne devrait atteindre les 250 adultes (Boudot, 2010). Notre échantillonnage régulier de 60 m (tous les étirements combinés) dans l'amont de la Seybouse, nous a permis de compter 1247 exuvies, approximativement la moitié de la taille de la population estimée. Cela met en évidence l'inexactitude des estimations précédentes généralement basée sur une méthodologie non rigoureuse (des observations ponctuelles sur des adultes non marqués). Selon nos connaissances sur l'occurrence des larves dans l'Oued Seybouse, la taille de la population locale du (*G. lucasii*) pourrait facilement atteindre 10.000 individus et il pourrait être multiplié par 5 si l'on considère l'ensemble du bassin.

La stratification verticale du (*G. lucasii*) ( $15,56 \pm 17,99$  cm) était semblable à d'autres Gomphidés comme *Gomphus pulchellus* ( $17,75 \pm 9,18$  cm) et *Onychogomphus uncatulus* ( $17,40 \pm 4,27$  cm) (Cordero, 1995). Les libellules sont suspectées de choisir soigneusement leur site d'émergence pour de nombreuses raisons liées à la compétition intra-spécifique, la prédation, ou le microclimat (Cordero, 1995). Partant de ce constat, il est raisonnable de penser que les larves choisissent non seulement la hauteur où elles émergent, mais aussi la hauteur du support choisi et leurs positions en fonction de ce support (ratio He/Hs). Les deux derniers paramètres n'ont jamais été pris en compte dans les études de stratification verticale de l'émergence.

Il n'y avait pas de relation entre la longueur du corps et la stratification verticale des exuvies du *G. lucasii*. Cependant les individus de grande taille ont choisi les longs supports et ont une tendance à occuper des positions inférieures par rapport à la hauteur du support. La raison d'un tel choix pourrait s'expliquer par le fait que les longs supports (principalement les roseaux) sont généralement plus épais et peuvent porter plus de larves. En outre, indépendamment de la taille du corps, la hauteur d'exuvie et sa position dépendait clairement de la hauteur de support. Il semble que les larves émergent et grimpent plus haut lorsque le support est long mais, en même temps, pas trop haut pour gagner la stabilité et éviter les turbulences du vent pendant le processus de mue.

La stratification verticale était différente d'un étirement à l'autre à cause d'une composition végétale différente principalement composée de *Paspalum distichum* court ou d'une longue *Typha angustifolia*.

Par ailleurs, la densité quotidienne de l'émergence des larves a également un effet sur le comportement individuel des larves à l'émergence. Elle était positivement corrélée avec la hauteur d'exuvie, hauteur de support, ratio He/Hs et la distance exuvie/eau. En effet, durant le pic de l'émergence les larves du dernier stade ont choisi des positions plus élevées, des supports, des ratios He/Hs, ou même des endroits hors de l'eau pour éviter une pression et une forte compétition conspécifique (Corbet, 1999). De cette manière, la déformation causée par leur congénère qui induit la mortalité (Purse et Thompson, 2003) pourrait être évitée.

Les sources de la mortalité enregistrée au cours de cette étude pendant et après l'émergence ont été généralement observées dans d'autres études traitant sur des espèces émergentes différentes (Corbet, 1999, Purse and Thompson 2003), mais leur contribution à l'ensemble de la population (1,7%) a été plus faible et comparant avec d'autres études sur les odonates (Gribbin et Thompson, 1991 ; Bennett et Mill, 1993 ; Purse et Thompson, 2003). Conformément à notre étude, il a été suggéré que la mortalité naturelle à l'émergence ne produit pas un effet important sur la dynamique des populations des larves ou de la mortalité des adultes (Ubukata, 1981). Cependant, des facteurs anthropiques comme les lâchers réguliers des barrages au cours de la saison d'émergence pourraient entraîner une diminution significative et importante de la taille de la population locale.

Le voltinisme chez odonates a été montré pour être gouverné par deux principaux facteurs dépendent de la latitude, la température et de la photopériode (Corbet et al., 2006).

En général, plus de l'altitude donne un cycle de vie plus long. Les données disponibles sur les *Gomphidés* du Paléarctique ont montré que la plupart des espèces complètent une seule génération dans au moins deux ans (Corbet *et al.*, 2006). Une exception est *Paragomphus genei* qui est dit pour être univoltine dans le sud de l'Espagne (Testard, 1975). Cependant, les études en Afrique du Nord où les latitudes sont plus proches de l'équateur n'ont jamais été effectuées. La présente étude a montré que *G. lucasii* est une espèce univoltine dont l'aire de répartition géographique est caractérisée par un climat méditerranéen. On pourrait s'attendre aussi à ce que les populations existantes dans les zones de haute altitude puissent être partiellement semivoltines.

### 2.1.2. Onychogomphus à sabre (*Onychogomphus costae*)

Nos deux années d'étude sur les larves et les exuvies de l'espèce *O. costae* endémique en Méditerranée ont mis en évidence des informations importantes sur sa régulation saisonnière et la structure temporelle de son émergence dans le Nord-est de l'Algérie. Le modèle d'émergence de l'*O. costae* était typiquement d'une espèce estivale (summer species) d'après la classification de Corbet (1954). EM50 n'était pas sensiblement différent entre les deux années de l'étude (22 et 25 jours) et il était semblable à celui de : *O. uncatulus* dans le Canal de Vergière (25 jours) dans le Sud de la France (Suhling, 1995), *Gomphus flavipes* (23 jours) en Nord-Hongrie (Anna *et al.* 2009), et *Coenagrion mercuriale* (22 jours) dans le Sud de la Grande-Bretagne (Purse et Thompson, 2003). La période d'émergence entière a duré environ deux mois (68 et 58 jours) mais elle a diminué de 10 jours dans la deuxième année d'étude probablement en raison de la variation inter-annuelle de la température de l'eau (Suhling, 1995).

Les espèces à durée d'émergence comparable sont : *O. uncatulus* (62-74 jours; Suhling, 1995), *G. flavipes* (72 jours, Anna *et al.*, 2009), et *C. mercuriale* (63 jours, Purse et Thompson, 2003). Une petite différence sexuelle dans le rythme d'émergence (1-2 jours) a été notée pendant les deux années. En fait, les femelles ont atteint EM50 plus tôt que les mâles. La tendance inverse a été observée dans *Gomphus lucasii* dans le même site (Zebsa *et al.*, soumis) et *G. flavipes* et *Ophiogomphus cecilia* dans la Hongrie (Anna *et al.*, 2009). Le sexe-ratio de l'*O. costae* à l'émergence était biaisé légèrement par les mâles, similaire à celui de *Gomphus lucasii* mais non compatible avec la plupart des études sur les Gomphidés (Corbet, 1962 ; Miller, 1964 ; Lutz et MacMahan, 1973 ; Testard, 1975 ; Beutler, 1986 ; Suhling,

1995). Les différences de mortalité et / ou l'utilisation des microhabitats des larves pourraient être la raison du rapport biaisé du sexe (bourse et Thompson, 2003).

Des études ont montré que la mortalité à l'émergence était généralement faible (<5%) par rapport à l'ensemble de la population émergente (Bennett et Mill, 1993; Corbet, 1999), mais pourrait aussi dépasser 25% dans certains cas (Gribbin et Thompson, 1991). Dans la présente étude, 8,5% des individus émergents sont morts en raison de la prédation et de la difformité, ce qui est plus élevé que le pourcentage de mortalité des *O. uncatatus* (5,2%) en France. Notons que la plupart des mortalités des individus étaient dues au vent fort avant la fin du processus de la mue (Jakob et Suhling, 1999).

Pendant l'émergence, les odonates choisissent un microhabitat approprié qui englobe un ensemble des composants incluant le type de support, la hauteur, la position sur le support, et la proximité de l'eau avant de subir leurs mue (Ubukata, 1973 ; Corbet, 1999) afin de minimiser la probabilité de mortalité (Jakob et Suhling, 1999).

La stratification verticale de l'*O. costae* varie entre les années montrant une stratification plus élevée dans la deuxième année lorsque la banque de végétation était plus dense et plus haute. Une telle différence significative dans la stratification verticale entre les années pourrait être expliquée par la corrélation positive de la hauteur de l'exuvie et la hauteur du support. La hauteur de l'exuvie de l'*O. costae* avait une moyenne de  $7,19 \pm 5,93$  cm qui était plus petite que celle d'*O. uncatatus* ( $17,40 \pm 4,27$ cm, N = 5), en Espagne (Cordero, 1995).

En outre, les femelles ont grimpé sur le support plus haut que les mâles, et ce, probablement en raison de leur plus grande taille. Une variation sexuelle similaire dans la stratification verticale a été observée chez *G. lucasii* (Zebbsa et al., soumis).

La structure de la population de *O. costae* était typique des espèces estivales (Corbet, 1954), semblable à celle présentée pour *O. uncatatus* en France (Suhling, 1995). Compte tenu de la grande variabilité des tailles avant l'hiver ainsi que le développement embryonnaire direct de l'espèce (Zebbsa, données non publiées), on pouvait supposer que l'espèce a un cycle de vie partiellement semivoltine ce qui est relativement différent de la population complètement semivoltine du Sud de l'Espagne (Villegas et Romero, 2005).

En fait, après l'éclosion de quelques larves qui pourraient subir un développement rapide dans des conditions de haute température d'été et début d'automne (typique du climat d'Afrique du Nord) atteignant F-0 avant l'hiver, elles passent l'hiver dans le dernier stade larvaire et émergent dans la première année. L'espèce d'*O.costae* pourrait avoir un cycle de vie semivoltine partielle qui est relativement différente de la population complètement semivoltine du sud de l'Espagne (Cano-Villegas et Ferreras-Romero, 2005). La proportion des larves du dernier stade larvaire augmentaient progressivement de novembre à mai, ce qui suggère que certaines larves (F-2 et F-1) ont continué lentement à se développer en hiver et au début du printemps jusqu'à l'émergence, probablement parce qu'elles ont un plus faible seuil de température pour le développement de F-0 (Suhling, 1995). Cette hypothèse explique la longue saison d'apparition suivie d'une longue période de vol s'étendant jusqu'à septembre (Zebbsa, observation personnelle). En revanche, les larves les plus petites (F-8 à F-3) continuent leur croissance jusqu'à leur deuxième automne. Quand ils atteignent le stade larvaire F-0, elles hivernent et émergent à la fin du printemps.

## 2.2. Mouvements des adultes

### 2.2.1. Le Gomphe d'Algérie (*Gomphus lucasii*)

L'étude actuelle a mis en évidence le modèle de mouvement et les besoins en habitat du *G. lucasii* adulte au sein et hors de l'eau. Les ténéales ont pris leur premier envol loin de l'eau quelques heures après leur émergence vers les sites de maturation y compris les prairies ouvertes et les champs de blé et retourné à l'eau après leur maturation pour se reproduire et rarement à proximité du site d'émergence. Les mâles et les femelles ont entrepris des déplacements latéraux et verticaux après leur maturation.

Enfin, les mâles adultes préféraient l'écoulement rapide de l'eau pour établir leurs territoires et les femelles étaient plus attirées par les cours d'eau rapides et petits pour déposer leur ponte. Le taux de relocalisation au cours d'eau était très faible (8,13%) par rapport à d'autres libellules comme *Somatochlora alpestris* (10,2%), *Leucorrhinia hudsonica* (31%), et *Orthetrum coerulescens* (40-55%) (Knaus et Wildermuth, 2002 ; Kery et Juillerat, 2004 ; Chin et Taylor, 2009). En outre, moins de 1% de ténéales (seuls les mâles) ont été relocalisés comme mature à l'eau et une proportion encore plus faible a été enregistrée à leur site d'émergence (philopatrie). En plus, le taux de relocalisation n'était pas significativement différent entre les sexes et les classes d'âge. Le taux relatif de relocalisation homogène entre

les sexes et les classes d'âge pourrait être le résultat de la mortalité similaire et / ou le taux de dispersion, cependant, le petit nombre d'observations répétées pourrait également jouer un rôle.

Dans les deux cas, les mâles ténérales étaient plus relocalisés que les femelles sur leurs sites de reproduction ou d'émergence. Cela a été révélé par un pattern général chez les demoiselles (Beirinckx et al., 2006). Dans certaines grandes libellules, de cours d'eau lentique les taux de relocalisation élevés pour les ténérales ont été enregistrés avec 4-14% des mâles dans *Somatochlora alpestris* (Knaus et Wildermuth, 2002) et une philopatrie supérieur aux sites d'émergence avec 36-50% des mâles de *Cordulia aenea amurensis* (Ubukata, 1981), 14% des mâles de *C. a. aenea* (Ha, 2000), et 8,5% des mâles et 18,2% des femelles dans *Aeshna cyanea* (Inden-Lohmar, 1997).

Le taux de relocalisation de *G. lucasii* était plus élevé chez les adultes matures et les ténérales et la plus faible chez les individus immatures. La présente étude a montré que le taux de relocalisation des adultes matures n'était pas sensiblement différent de celui des ténérales, cependant, d'autres études sur les demoiselles ont établi le contraire (voir Beirinckx et al. 2006). Contrairement à nos résultats, (Cook 1991) a constaté que le taux de relocalisation des mâles matures (61%) de *Leucorrhinia frigida* (espèce territoriale) était trois fois supérieur à celle de ténérales (22%). Nous sommes confiants que le faible taux de relocalisation enregistré dans notre étude n'était pas dû à une mortalité élevée, mais plutôt à une probabilité de dispersion forte étant donné les longues distances de mouvements enregistrés. Il est également probable que dans les libellules de l'eau lentique montrent une philopatrie supérieur à leurs sites de reproduction ou d'émergence que les libellules des eaux lotiques.

La répartition des adultes diffère selon le sexe et l'âge. Puisque notre échantillonnage a été effectué le matin, la distribution des ténérales pourrait donner une bonne image sur le vol inaugural (premier vol) de l'espèce qui a été orienté hors de l'eau dans des directions différentes, et pourrait atteindre 330 m à partir du cours d'eau. Cependant, nous ne sommes pas sûrs que ces premiers vols aient été suivis par un ou une série de vols consécutifs. Les petites libellules comme *Leucorrhinia dubia* et *L. rubicunda* ont effectué des premiers vols de 50 m (Pajunen, 1962 ; Soeffing, 1990). Contrairement Byers (1930) qui a noté que les espèces de Gomphus ont été attirées par les arbres pendant leur premier vol, il n'y a pas de ténérale de *G. lucasii* a été observée perché sur un arbre ou dans les zones boisées. Les habitats préférés par les ténérales étaient les prairies ouvertes et les champs de blé dans lesquelles les espèces

passent la période de maturation. Nous avons montré que les femelles préféraient passer leur période de maturation dans les prairies ouvertes, où le sexe-ratio est biaisé vers les femelles, tandis que les mâles ont choisi les deux (champs de blé et prairies ouvertes) sans préférence, même si le sexe-ratio était biaisé mâle dans les champs de blé. Le Sud-ouest européen *G. pulchellus* a été observé dans des habitats similaires (Robert, 1958). Les femelles matures du *G. lucasii* étaient généralement enregistrées plus éloignées de l'eau que les mâles au cours de leur vie d'adultes. Certaines études ont montré que les demoiselles femelles s'alimentent et s'éloignent plus de l'eau que les mâles (Conrad et al., 2002 ; Beirinckx et al., 2006).

Les libellules territoriales, les femelles vont généralement à l'eau seulement pour pondre leurs œufs et revenir à des habitats terrestres jusqu'à la prochaine ponte, tandis que les mâles restent dans les territoires de retenue d'eau à attendre les femelles pour se reproduire (Corbet, 1999). Une tendance similaire a été observée chez *G. lucasii* mais les mâles adultes ont également été observés hors de l'eau en solitaires ou en couples, jusqu'à 450 m de l'eau. Il est probable que la formation du couple est survenue dans l'eau et dans les habitats terrestres.

En outre, les couples en copulation enregistrés dans les habitats terrestres pourraient s'être formés dans les cours d'eau, puis sont allés plus loin de l'eau pour éviter le harcèlement des mâles qui pourrait réduire la survie et le succès reproducteur des individus (Stoks et Aguilar, 2012). Un mâle non marqué a été observé hors du site d'étude à Guelma ville à 2 km du cours d'eau le plus proche (R. Khelifa, observation personnelle), ces déplacements loin de l'eau sont connus pour les espèces de *Gomphus*. Par exemple, l'eurasien *G. vulgatissimus* a été noté à 800 m de l'eau (Robert, 1958), tandis que le Nord-Américain *G. ventricosus* a été observée à 3 km de l'habitat larvaire le plus proche (COSEPAC, 2010).

La distance moyenne de dispersion natale était de  $596,5 \pm 4,94$  m (pour les mâles seuls). La territorialité des mâles dans l'eau pourrait être la raison de cette dispersion à partir du site d'émergence (Stettmer, 1996 ; Bardy et al., 2010). Les directions de déplacement et les distances de ténérales de l'émergence aux sites de maturation ont probablement été influencées par la distribution des prairies ouvertes et les champs de blé de chaque côté du cours d'eau.

La distance moyenne parcourue le long du cours d'eau a été de  $180,97 \pm 238,54$  m (2-969 m), qui était inférieure à celle de *Pachydiplax longipennis* avec 430 m (320-1910 m) (McCauley, 2010) et *Leucorrhinia hudsonica* avec  $210 \pm 21$  m et  $432 \pm 78$  m (Chin et Taylor, 2009).

La dispersion de *G. lucasii* adultes le long du cours d'eau n'a pas été significativement biaisée ni en amont ni en aval. Des résultats similaires ont été observés dans *Palaemnema desiderata* (Garrison et Soriano, 1988). Parce que ces mouvements ont été principalement effectués par les mâles et que ces derniers ont relativement une répartition homogène le long du cours d'eau, les directions des déplacements n'étaient pas biaisées en amont ou en aval. Les mâles ténérales ont effectué une longue distance vers des sites de maturation que les femelles parce que ces dernières préfèrent les prairies ouvertes qui étaient plus proches de l'eau que les champs de blé, aussi Il est également probable que les males ont volé plus longtemps en raison de leur tendance à parcourir de plus longues distances. Le nombre d'individus relocalisé était très faible pour établir une interprétation concluante concernant les mouvements rétrogrades des sites de maturation aux zones de reproduction et même au sein des sites de maturation. Cependant, nos données suggèrent que les individus n'ont pas choisi les zones de reproduction les plus proches de leurs sites de maturation et généralement se sont déplacés plus loin.

Hors de l'eau, les femelles se sont déplacées plus que les mâles, ce qui est conforme à leur tendance à errer et de chercher intensivement la nourriture pour subvenir à leurs besoins biologiques (production d'œufs) comme il a été trouvé dans d'autres odonates (Conrad et al., 2002), aussi les mâles pourraient également être pas aussi pressés que les femelles à satisfaire leurs besoins en énergie (par exemple, Marden, 1989; Marden et Waage, 1990)

Même si les données manquent pour déterminer une dispersion fondée sur le sexe dans l'étude actuelle, nous assumons que les femelles se sont dispersé plus que les mâles sur la base des taux de relocalisation et les distances des mouvements. Un nombre de femelles aussi similaires en dispersion a déjà été suggéré ou trouvé dans de nombreux odonates (Utzeri et al., 1988 ; Conrad et al., 1999, Angelibert et Giani, 2003 ; Beirinckx et al., 2006).

Nos observations sur les individus matures dans leurs sites de reproduction ont montré que les mâles du *G. lucasii* occupaient différents types d'habitat avec une préférence marquée pour l'eau qui s'écoule rapidement, tandis que l'oviposition exophytique de la femelle a été limitée au cours d'eau rapide et petit.

Les femelles de Libellule pondent généralement leurs œufs dans les zones où la survie des œufs pendant et après le développement embryonnaire est la plus élevée (Corbet, 1999). Il semble comme le *G. lucasii* que les œufs ont besoin d'eau hautement oxygénée, ceci explique le choix de microhabitat des femelles pour pondre. En fait, Siva-Jothy et al., (1995) ont constaté que *Calopteryx splendens*, une demoiselle de ruisseau, avait un développement embryonnaire plus rapide et un succès d'éclosion plus élevé dans l'eau à écoulement rapide que l'eau à écoulement lent.

En tenant compte des fortes capacités de dispersion de l'espèce, nous pensons que les 15 populations disparues ou très menacées connues pour l'espèce (Boudot, 2010) se sont simplement déplacées vers d'autres zones dans le même cours d'eau ou même à un autre système aquatique après une sévère dégradation d'habitat comme il a été suggéré pour un autre odonate endémique maghrébin *Calopteryx exul* (Khelifa et al., 2013). Cette étude et les données présentées ici devraient être utilisées à l'avenir pour les plans de conservation et de gestion.

### 2.2.2. Onychogomphe à sabre (*Onychogomphus costae*)

Cette étude a mis en lumière quelques aspects de mouvement des individus adultes pour différentes classes d'âge au sein et hors de l'eau. Après le processus de l'émergence les ténérales prennent leurs premiers vols vers différents habitats pour s'alimenter et pour la maturation loin de l'eau (Corbet, 1999). Une fois la période de maturation terminée, les adultes retournent vers l'eau pour se reproduire (copulation, ponte...etc). Le taux de relocalisation était très faible (2.66%) par rapport à d'autres libellules comme *Gomphius lucasii* (8%), *Leucorrhinia hudsonica* (31%), et *Orthetrum coerulescens* (40-55%) (Zebba et Khelifa, 2015 ; Kery et Juillerat, 2004 ; Chin et Taylor, 2009). Seulement 0.88% de ténérales (femelles) ont été relocalisées comme mature loin de leurs sites d'émergence, contrairement à *G.lucasii* où les individus relocalisés étaient des mâles. En outre, Les mâles étaient plus relocalisés que les femelles. Ceci montre le pattern enregistré dans d'autres études sur les gomphidae *G.lucasii* (Zebba et khelifa, 2015), et d'autres libellules *Somatochlora alpestris*

(Knaus et Wildermuth, 2002), *Cordulia aenea amurensis* (Ubukata, 1981), et des zygoptères (Beirinckx et *al.*, 2006).

Le taux de relocalisation d'*O.costae* était plus élevé chez les adultes ténérales que chez les individus matures. La distribution des adultes marqués montre que les différentes classes d'âge pour l'*O.costae* ne partagent pas les mêmes habitats que les ténérales et les matures occupent plus les prairies ouvertes, alors que les immatures occupent plus les broussailles. Ceci contrairement à l'autre espèce de gomphidae *G.lucasii* qui existe dans le même site d'étude où les ténérales et les immatures partagent les mêmes habitats. Cela peut être expliqué par la dispersion des individus sur une grande distance par rapport au site d'étude de 2.5 km.

Une étude sur le *G.lucasii* (Zebbsa et al. in press) a montré que le taux de relocalisation des adultes matures n'était pas différent de celui des ténérales. C'est le même cas pour l'espèce *O.costae*, mais contrairement à d'autres espèces de libellules (voir Beirinckx et *al.*, 2006).

La répartition des adultes diffère selon le sexe. Elle est similaire à celle du *G.lucasii*, mais ce n'était pas le cas entre les classes d'âge. La distribution des ténérales pourrait donner une bonne image sur la capacité du vol inaugural de l'espèce. Durant notre marquage nous avons enregistré des individus ténérales à une distance de 300 m (pour les femelles) à partir du cours d'eau et 50 m (pour les mâles). Notre résultat est similaire à celui du *G.lucasii* pour les femelles (Zebbsa et Khalifa, 2015), et d'autres sur *Leucorrhinia dubia* et *L. rubicunda* pour les mâles (Pajunen, 1962 ; Soeffing, 1990).

Les habitats préférés par les ténérales et les matures étaient les prairies ouvertes et les broussailles dans lesquelles les ténérales passent la période de maturation. Cette étude a montré que les femelles préféraient passer leur période de maturation dans les prairies ouvertes et c'est le même cas pour les mâles, où le sexe-ratio est biaisé vers les mâles. Les mâles ont choisi aussi les champs de blé. Tandis que, les femelles ont choisi les broussailles comme habitat en deuxième place après les prairies ouvertes, contrairement au *G.lucasii* dans le même site ou d'autre dans le Sud-ouest européen *G. pulchellus* (Zebbsa et Khalifa, 2015 ; Robert, 1958).

Les femelles du *O.costae* (pour les trois classes d'âge) étaient généralement enregistrées plus éloignées de l'eau que les mâles au cours de leur vie d'adultes. Certaines

études ont montré que les femelles s'alimentent et s'éloignent plus de l'eau que les mâles (Conrad *et al.*, 2002 ; Beirinckx *et al.*, 2006).

Généralement, les femelles des libellules vont à l'eau seulement pour pondre leurs œufs, et reviennent à des habitats terrestres jusqu'à la prochaine ponte, tandis que les mâles restent dans les territoires de retenue d'eau à attendre les femelles pour se reproduire (Corbet, 1999). Ce comportement était observé aussi chez l'*O. costae* dans cette étude où les mâles adultes ont été observés hors de l'eau en couples jusqu'à 30 m de l'eau. Il est probable que la formation des couples soit survenue dans l'eau et dans les habitats terrestres similaires à ceux du *G. lucasii* (Zebbsa et Khelifa, 2015). Ce comportement de formation des couples loin de l'eau est adopté par plusieurs espèces pour éviter le harcèlement des autres mâles (Stoks et Aguilar, 2012).

La distance moyenne pour les matures males est de 22.32 m. Peut-être que La non-territorialité des mâles dans l'eau pourrait être la raison de cette courte distance à partir de l'eau (Stettmer, 1996 ; Chaput-Bardy *et al.*, 2010). C'est le contraire pour le *G. lucasii* où la dispersion natale était de  $596,5 \pm 4,94$  m pour les mâles. Le déplacement et les distances de l'émergence aux sites de maturation ont probablement été influencés par la distribution des prairies ouvertes, les champs de blé et les broussailles de chaque côté du cours d'eau. La distance moyenne parcourue le long du cours d'eau a été de  $107.50 \pm 102.53$  m, et était inférieure à celle de *G. lucasii* avec  $180.97 \pm 238.54$  m (Zebbsa et Khelifa, 2015), *P. longipennis* avec 430 m (320-1910 m) (McCauley, 2010) et *Leucorrhinia hudsonica* avec  $210 \pm 21$  m et  $432 \pm 78$  m (Chin et Taylor, 2009).

En générale, l'espèce d'*O. costae* montre une préférence d'habitat à laquelle elle était inféodée champs et prairies avec des distances considérables pour les deux sexes. Malgré le manque des données sur la capacité réelle de dispersion de cette espèce en raison de notre petit échantillon où le marquage et la relocalisation des individus étaient très difficile à cause du vol rapide, nous assumons que cette espèce a une grande capacité de dispersion et de déplacement.

Cette étude et les données présentées ici devraient être utilisées à l'avenir pour les plans de conservation et de gestion non seulement pour les habitats aquatiques mais aussi terrestres puisque les espèces les utilisent pour la maturation, l'alimentation, la copulation...etc.

### 2.3. Ecologie des larves du *G. lucasii* et *O. costae* et préférences de substrat

Cette étude présente de nouvelles données concernant les préférences d'habitat et les sites potentiels de *G. lucasii* et *O. costae* dont les deux espèces sont menacées (IUCN 2009). Connaître la préférence d'habitat et les sites potentiels de ces espèces est important afin de déterminer leurs distributions dans cette petite partie des aires de répartition géographique.

Les libellules de la famille Gomphidae se produisent généralement dans les eaux lotiques, où les larves vivent fouisseuses dans les sédiments, et dans les eaux peu profondes (Klaus et Suhling, 2001). Plusieurs études ont montré que les larves des espèces du genre *Gomphus* vivent dans les substrats boueux (Huggins et Dubois, 1982). Un milieu à laquelle toutes les espèces européennes de *Gomphus* s'adaptent (Suhling et Muller, 1996).

En général, le substrat benthique est un facteur très important pour la sélection d'habitat dans les milieux lotiques où vivent les insectes aquatiques (Cummins et Lauff, 1969). Plusieurs études ont été faites sur ce sujet pour les Odonates, Gomphidae (Huggins et DuBoi, 1982; Suhling, 1994; Muller, 1995), Macromiidae (Leipelt et *al.*, 1999).

Les Anisoptères ont été classés en quatre groupes selon le comportement, la morphologie, et l'occupation du microhabitat (Corbet, 1999). Nos résultats montrent que les larves du *Gomphus lucasii* et *Onycogomphus costae* peuvent facilement être classées comme des espèces fouisseuses dans les sédiments (Corbet, 1962).

Les larves du *G. lucasii* ont été trouvées principalement dans les substrats limoneux à une profondeur moyenne de  $51.66 \pm 16.07$ cm tout au long de l'Oued Seybouse, alors que plusieurs espèces du genre *Gomphus* préfèrent un substrat beaucoup plus sablonneux comme le *G. pulchellus* et *G. vulgatissimus* (Suhling, 1994; Muller, 1995; Klaus et Suhling, 2001).

Notre échantillonnage régulier d'une fois par mois dans chaque station durant 5 mois en amont et en aval du bassin de la Seybouse, nous a permis de compter 100 larves de *G. lucasii* dans 8 stations. Malgré les difficultés pour l'accès à certaines stations à cause des crues de l'Oued et la diminution de l'échantillonnage, l'occurrence des larves dans l'Oued Seybouse, selon nos connaissances, indique approximativement que la taille de la population locale du (*G. lucasii*) pourrait facilement atteindre des milliers d'individus si l'on considère l'ensemble du bassin. En effet l'étude de l'émergence du *Gomphus lucasii* à Oued Seybouse a

montré aussi qu'il y a 1247 exuvies dans une seule station d'études, Cela met en évidence l'inexactitude des estimations précédentes dans la littérature (Zebsa et *al.*, 2015).

Pour l'*O. Costae*, les larves ont été trouvées principalement dans les substrats qui se composent des pavés, des eaux oxygénées un peu salées et à une profondeur moyenne de  $27.66 \pm 7.5$  cm. Notre échantillonnage nous a permis de collecter 264 larves dont l'*O. costae* présent dans 9 stations.

Selon Corbet (1962), il est possible que les larves sélectionnent le type de sédiments auxquels elles se sont adaptées et, probablement, la morphologie de la larve semble être en mesure d'adapter la forme de l'abdomen au type de sédiment dans lequel elle vit. Dans les Gomphidae, les larves qui vivent dans des sédiments grossiers, comme du sable ou du gravier, ont caractéristiquement un abdomen allongé. Cette habitude de profond enfouissement pourrait bien avoir été développée pour réduire la prédation par les poissons de fond-alimentation (Corbet, 1962).

Parmi les facteurs qui affectent la distribution des larves, il y a la compétition interspécifique (Klaus et Suhling, 2001). Nos résultats montrent qu'il y a un isolement entre les deux espèces de gomphidae où il n'y a aucun site pour supporter une densité élevée pour les deux espèces ensemble. En effet Suhling (1996) trouva une compétition interspécifique entre deux espèces de Gomphidae. En revanche, les deux espèces diffèrent aussi en phénologie, le *G. lucasii* étant une espèce printanière (spring species) et l'autre estivante (summer species) ce qui peut réduire la compétition interspécifique.

Les informations recueillies sur le *G. lucasii* et l'*O. costae* nous donnent une image satisfaisante sur l'écologie des larves et le choix d'habitat occupé par les deux espèces sur la grande zone occupée par le *G. lucasii* considéré avant dans la littérature comme une espèce en voie de disparition. D'autre part, un plan de conservation locale pour l'espèce doit être établi.

## CONCLUSION GÉNÉRALES

## Conclusion générale

En conclusion, nos études ont mis en évidence de nouvelles données sur la biologie et la régulation saisonnière du *G. lucasii* et l'*O. costae* dans le Nord-est de l'Algérie, en tenant compte de la taille de la population étudiée. Il est intéressant de mener un échantillonnage à grande échelle dans l'Oued Seybouse ou même dans tout le bassin versant afin d'effectuer des estimations efficaces de la population locale. Considérant le fait que d'autres populations ont également été observées tout au long du bassin versant de la Seybouse (Khelifa et al. 2011), nous attendons que la taille totale de la population du bassin versant de la Seybouse dépasse de loin la population mondiale actuelle revendiquée par les experts de l'UICN.

La dispersion et l'utilisation des habitats du *G. lucasii* et *O. costae* n'ont jamais été étudiées et ont posé des problèmes dans la compréhension de l'écologie et de la structure de la population de ces espèces menacées dans le passé. L'étude actuelle suggère d'abord que *G. lucasii* et *O. costae* ont une capacité de dispersion élevée et deuxièmement souligne l'importance des habitats terrestres non seulement en tant que sites de maturation ou de recherche de nourriture, mais aussi comme un refuge potentiel pour la copulation des individus.

En tenant compte des fortes capacités de dispersion des espèces (*G. lucasii*, *O. costae*), il est facile de prédire sur la base de nos résultats que les espèces peuvent coloniser de nouveaux sites soit en volant le long du cours d'eau ou en traversant les habitats terrestres, une capacité qui est cruciale pour la survie des populations dans un environnement continuellement dégradé.

Nous concluons à partir de ces études qu'une conservation efficace doit prendre en compte non seulement l'écosystème aquatique, mais aussi les habitats terrestres à proximité car ils représentent des sites de maturation pour les individus immatures, les aires d'alimentation pour les femelles matures entre deux épisodes de ponte, et les zones de copulation pour les couples reproducteurs.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**Alexander K. (2005).** Wood decay, insects, palaeoecology, and woodland conservation policy and practice: breaking the halter. *Antenna* 29:171–78

**Angert A. L., Crozier L. G., Rissler L. J., Gilman S. E., Tewksbury J. J. et Chunco A. J. (2011).** Do species' traits predict recent shifts at expanding range edges? *Ecol. Lett.* 14: 677–689.

**Anholt B.R. (1990).** An experimental separation of interference and exploitative competition in a larval damselfly. *Ecology* 71:1483–93.

**Anna F., Tibor J. et György D. (2009),** 'Folyami szitakötők (Odonata: Gomphidae) populációinak exuviumokon alapuló felmérése a tisza vásárosnaményi szakaszán', *Acta Biologica Debrecina Supplementum Oecologica Hungarica*, 20, 65–78.

**Arnaud P. H. (1972).** Mass movement of *Sympetrum corruotum* (Hagen) (Odonata: Libellulidae) in central California. *Pan-Pac. Entomol.* 48 :75–76.

**Baker R.L., Forbes M.R. et Proctor H.C. (1992),** 'Sexual differences in development and behaviour of larval *Ischnura verticalis* (Odonata: Coenagrionidae)', *Canadian Journal of Zoology*, 70, 1161–1165.

**Bale J.S., Masters G.J., Hodkinson I.D., Awmack C., Bezemer T.M., Brown V.K., Butterfield J., Buse A., Coulson J.C., Farrar J., G Good J. E., Harrington R., Hartley S., Jones T.H., Lindroth R.L., Press M.C., Symrnioudis I., Watt A.D. et Whittaker J.B. (2002).** Herbivory in global climate change research: direct effect of rising temperature on insect herbivores. *Global Change Biology* 8: 1–16.

**Banks M.J. et Thompson D.J. (1985).** 'Lifetime mating success in the damselfly *Coenagrion puella*', *Animal Behaviour*, 33, 1175–1183.

**Benes V., Kepka P. et Konvicka M. (2003).** Limestone quarries as refuges for European xerophilous butterflies. *Conserv. Biol.* 17:1058–69.

**Bennett S. et Mill P.J. (1995).** Lifetime egg production and eggmortality in the damselfly *Pyrrosoma nymphula* (Sulzer) (Zygoptera, Coenagrionidae). *Hydrobiologia* 310:71–78.

- Bennett S. et Mill P.J. (1993).** ‘Larval development and emergence in *Pyrrosoma nymphula* (Sulzer) (Zygoptera: Coenagrionidae)’, *Odonatologica*, 22, 133–145.
- Bernáth B., Szedenics G., Wildermuth H. et Horváth G. (2002).** How can dragonflies discern bright and dark waters from a distance? The degree of polarisation of reflected light as a possible cue for dragonfly habitat selection. *Freshwater Biology* 47: 1707–1719.
- Beutler H. (1986).** ‘Zur Schlupfrate and zum Geschlechterverhältnis einheimischer Groißlibellen (Anisoptera) (Odonata)’, *Entomologische Abhandlungen und Berichte aus dem Staatlichen Museum für Tierkunde in Dresden*, 49, 201–209.
- Blayac J. (1912).** Esquisse Géologique du bassin de la Seybouse et de quelques régions voisines. Jourdan, Alger, 491 pages.
- Boettner G.H., Elkinton J.S. et Boettner C.J. (2000).** Effects of a biological control introduction on three nontarget native species of saturniid moth. *Conserv. Biol.* 14:1798–806.
- Boudot J. P. (2010).** ‘*Gomphus lucasii*’. [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org).
- Boudot J. P. (2010).** *Onychogomphus costae*. [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org).
- Boudot J. P. 2010.** *Gomphus lucasii*. In IUCN 2012. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.2. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 21 March 2013.
- Bradley R. et Anholt. (1994).** Cannibalism and early instar survival in a larval damselfly. *Oecologia* 99 : 60-65.
- Braune P. et Rolff J. (2001).** Parasitism and survival in a damselfly: Does host sex matter? *Proc. R. Soc. Lond. B* 268:1133–37
- Broquet T. et Petit E. J. (2009).** Molecular Estimation of Dispersal for Ecology and Population Genetics. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 40:193–216.
- Byers C. F. (1930).** A contribution to the knowledge of Florida Odonata. Univ. Florida Publ., *Biol. Sci. Ser.* 1: 1–327.
- Dmitriew C. et Rowe L. (2005).** Resource limitation, predation risk and compensatory growth in a damselfly. *Oecologia* 142: 150-154.

- Cano-Villegas F.J. et Ferreras-Romero M. (2005).** ‘Contribution to knowledge of the biology of *Onychogomphus costae* Sélys, 1885 (Odonata: Gomphidae) in southern Spain’, in *Abstracts Book of the 4th WDA International Symposium of Odonatology, Pontevedra (Spain)*, pp. 26–30.
- Carpenter F. M. (1966).** The lower Permian insects of Kansas. Part II. The orders Protorthoptera and Orthoptera. *Psyche* 73, 46–88.
- Chaput-Bardy A., Grégoire A., Baguette M., Pagano A. et Secondi J. (2010).** Condition and Phenotype-Dependent Dispersal in a Damselfly, *Calopteryx splendens*. PLoS ONE 5(5): e10694. doi:10.1371/journal.pone.0010694.
- Chin K. S. et Taylor P. D. (2009).** Interactive effects of distance and matrix on the movements of a peatland dragonfly. *Ecography*. 32: 715–722.
- Cilgi T. et Jepson P. (1995).** Pesticide spray drift into field boundaries and hedgerows: toxicity to nontarget Lepidoptera. *J. Environ. Pollut.* 87:1–9.
- Clavero M. et Garcia-Berthou E. (2005).** Invasive species are a leading cause of animal extinctions. *Trends Ecol. Evol.* 20:110.
- Conrad K. F., Willson K. H., Whitfield K., Harvey I. F., Thomas C. J. et Sherratt T. N. (2002).** Characteristics of dispersing *Ischnura elegans* and *Coenagrion puella* Odonata: age, sex, size, morph and ectoparasitism. *Ecography*. 25: 439–445.
- Contreras-Garduno J., Canales-Lazcano J. et Cordoba-Aguilar A. (2006).** Wing pigmentation, immune ability and fat reserves in males of the rubyspot damselfly, *Hetaerina americana*. *J. Ethol.* 24:165–73.
- Cook W. J. (1991).** The parasitism of dragonflies by the water mite *Limnochares americana* Lunblad Acari: Parasitengona: Limnocharadidae. M.S. thesis, University of Guelph, Canada.
- Coope G.R. (1995).** Insect faunas in ice age environments: Why so little extinction? In *Extinction Rates*, ed. JH Lawton, RM May, pp. 55–74. Oxford, UK: *Oxford Univ. Press*.
- Corbet P.S. (1999).** Dragonflies: Behavior and Ecology of Odonata. *Ithaca, NY: Cornell Univ. Press*. 829 pp.

- Corbet P.S. (1957d).** The life-history of the Emperor Dragonfly *Anax imperator* Leach (Odonata : Aeshnidae). *J. Anim. Ecol.* 26: 1-69.
- Corbet P.S. (1999).** Dragonflies. Behavior and ecology of Odonata. Ithaca, NY: *Cornell University Press*.
- Corbet P. S. (1999).** Dragonflies: behaviour and ecology of odonata. Colchester: Harley Books.
- Corbet P. S. (1962).** A Biology of Dragonflies. E W.CLASSEY LTD, Farington.
- Corbet P.S. (1954).** ‘Seasonal regulation in British dragonflies’, *Nature*, 174, 655.
- Corbet P.S. (1962),** A biology of dragonflies, *Witherby: London*.
- Corbet P.S. (1999).** Dragonflies: behaviour and ecology of Odonata. *Colchester: Harley Books*.
- Corbet P.S., et Hoess R. (1998).** ‘Sex ratio of Odonata at emergence’, *International Journal of Odonatology*, 1, 99–118.
- Corbet P.S., Suhling F. et Soendgerath D. (2006).** ‘Voltinism of Odonata: a review’, *International Journal of Odonatology*, 9, 1–44.
- Cordero A. (1989).** Reproductive behaviour of *Ischnura graellsii* (Rambur) (Zygoptera: Coenagrionidae). *Odonatologica* 18(3) :237-244.
- Cordero A. (1995).** ‘Vertical stratification during emergence in odonates’, *Notulae odonatologicae*, 4, 103–105.
- Cordero A. et Stoks R. (2008).** Mark–recapture studies and demography, pp. 7-20. In A. Córdoba-Aguilar (eds.), *Dragonflies and Damselflies: model organisms for ecological and evolutionary research*, *Oxford University Press*.
- Córdoba-Aguilar A. (2008).** *Dragonflies and Damselflies: Model Organisms for Ecological and Evolutionary Research*. *Oxford, UK: Oxford Univ. Press*. 290 pp.

**Córdoba-Aguilar A., Salamanca-Ocaña J.C. et Lopezaraiza M. (2003).** Female reproductive decisions and parasite burden in a Calopterygid damselfly (Insecta: Odonata). *Animal Behaviour*, 66, 81-87.

**COSEWIC (2010).** COSEWIC assessment and status report on the Skillet Clubtail *Gomphus ventricosus* in Canada. Committee on the Status of Endangered Wildlife in Canada. Ottawa. x + 32 pp. [www.sararegistry.gc.ca/status/status\\_e.cfm](http://www.sararegistry.gc.ca/status/status_e.cfm).

**Culver D.C., Christman M.C., Elliott W.R., Hobbs H.H III. et Reddell J.R. (2003).** The North American obligate cave fauna: regional patterns. *Biodivers. Conserv.* 12:411–22.

**Johnson D. M., Clay L Pierce, Thomas H Martin, Charles N Watson, Robert E Bohanan et Philip H Crowley.1987.** Prey depletion by odonate larvae: Combining evidence from multiple field experiments. *Ecology* 68: 1459-1465.

**Davies K.F, Melbourne BA, Margules CR. 2001.** Effects of within- and between-patch processes on beetle-community dynamics in experimentally fragmented forest. *Ecology* 82:1830–46.

**Davies KF, Melbourne BA, Margules CR. 2001.** Effects of within- and between-patch processes on beetle-community dynamics in experimentally fragmented forest. *Ecology* 82:1830–46.

**De Selys Longchamps E. (1885).** ‘Rectification concernant l’*Onychogomphus genei* Selys, et signalement de deux gomphines nouvelles’, *Annales Societe Entomologique Belgique*, 29: s8.

**Dick C.A., Rank N.E., McCarthy M., McWeeney S., Hollis D., Dahlhoff E.P. (2013).** Effects of temperature variation on male behavior and mating success in a montane beetle. *Physiol Biochem Zool.*86(4):432-40.

**Didham R.K., Lawton J.H., Hammond P.M., et Eggleton P. (1989).** Trophic structure stability and extinction dynamics of beetles (Coleoptera) in tropical forest fragments. *Philos.Trans. R. Soc. London B* 353:437–51.

**Dijkstra K.D.B. et Lewington R. (2007).** Guide des Libellules de France et d’Europe, Paris: Delachaux & Niestle.

**Dumont H.J. (1972).** ‘Contribution à la connaissance des odonates du Maroc’, *Bulletin de la Société des Sciences naturelles et physiques du Maroc*, 52, 149–179.

**Dunn R.R. (2005).** Modern insect extinctions, the neglected majority. *Conserv. Biol.* 19:1030–36.

**Eggleton P., Bignell D.E., Sands W.A., Mawdsley N.A. et Lawton J.H. (1996).** The diversity, abundance and biomass of termites under differing levels of disturbance in the Mbalmayo Forest Reserve, Southern Cameroon. *Philos. Trans. R. Soc. London B* 351:51–68.

**Englund R.A. (1999).** The impacts of introduced poeciliid fish and Odonata on endemic Megalagrion (Odonata) damselflies on Oahu island, Hawaii. *J. Insect Conserv.* 3:225–43.

**Johnasson F. et Bordin T. (2003).** Effects of Fish Predators and Abiotic Factors on Dragonfly Community Structure. *Journal of Freshwater Ecology* 18: 415–423.

**Ferrerias-Romero M. et García-Rojas A. (1995).** ‘Life-history patterns and spatial separation exhibited by the odonates from a Mediterranean inland catchment in southern Spain’, *Vie et Milieu*, 45, 157–166.

**Ferrerias-Romero M., Atienzar M.D. et Corbet P. (1999).** ‘The life cycle of *Onychogomphus uncatus* (Charpentier, 1840)(Odonata: Gomphidae) in the Sierra Morena Mountains (southern Spain): an example of protracted larval development in the Mediterranean basin’, *Archiv für Hydrobiologie*, 144, 215–228.

**Foidl J., Buchwald R., Heitz A., et Heitz S. (1993).** ‘Untersuchungen zum Larvenbioto von *Gomphus vulgatissimus* Linné 1758 (Gemeine Keiljungfer; Gomphidae, Odonata)’, *Mitteilungen des Badischen Landesvereins für Naturkunde und Naturschutz*, N.F. (3/4), *Freiburg i. Br. S.*, 637–660.

**Foster S., et Soluk D. (2006).** ‘Protecting more than the wetland: the importance of biased sex ratios and habitat segregation for conservation of the Hine’s emerald dragonfly, *Somatochlora hineana* Williamson’, *Biological Conservation*, 127, 158–166.

**Fraser F. (1957).** A Reclassification of the order Odonata. Royal Zoological Society of New South Wales.

**Ghachi A. (1986).** Le bassin de la Seybouse: hydrologie et utilisation de la ressource en eau en Algérie. Office des publications universitaires, 508 pages.

**Gagné W.C. et Howarth F.G. (1985).** Conservation status of endemic Hawaiian Lepidoptera. Proc. Third Congr. *Eur. Lepidop. Cambridge* 1982, pp. 74–84.

**Gerlach J., Matyot P. et Samways M.J. (2005).** Developing strategies for invertebrate conservation: the case for the Seychelles. *Phelsuma* 13:9–24.

**Gillooly J.F., et Dodson S.I. (2000).** The relationship of egg size and incubation temperature to embryonic development time in univoltine and multivoltine aquatic insects. *Freshw. Biol.* 44:595–604.

**Girling M.A. (1982).** Fossil insect faunas from forest sites. In *Archaeological Aspects of Wood-land Ecology: Symposia of the Association for Environmental Archaeology*, ed. M Bell, S Lim-brey, No. 2, BAR Int. Ser. 146, pp. 129–46. Oxford, UK: John and Erica Hedges Ltd.

**González-Tokman D.M., Córdoba-Aguilar A., González-Santoyo I. et Lanz-Mendoza H. (2011).** Infection effects on feeding and territorial behaviour in a predatory insect in the wild. *Anim. Behav.* 81:1185- 94.

**Gribbin S. et Thompson D.J. (1991).** ‘Emergence of the damselfly *Pyrhosoma nymphula* (Sultzzer) (Zygoptera: Coenagrionidae) from two adjacent ponds in northern England’, *Hydrobiologia*, 209.

**Ha L.Y. (2000).** Untersuchungen zur Emergenz und Mobilität der Gemeinen Smaragdlibelle Anisoptera: Corduliidae und zur Libellenfauna in der Umgebung von Winterthur. Diplomarbeit, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich.

**Hannah L., Carr J.L. et Lankerani A. (1995).** Human disturbance and natural habitat: a biome level analysis of a global data set. *Biodivers. Conserv.* 4:128–55.

**Hardersen S. et Frampton C.M. (1999).** Effects of short term pollution on the level of fluctuating asymmetry - a case study using damselflies. *Entomol. Exp. Appl.* 92:1–7.

**Harrison S. (1991).** Local extinction in a metapopulation context: an empirical evaluation. *Biol. J. Linn. Soc.* 42: 73–88.

**Heidemann H., Seidenbousch R. (2002).** Larves et exuvies des libellules de France et d'Allemagne (sauf de Carse). *Société française d'odonatologie*.416 pages.

**Herbert P.D.N., Penton E.H., Burns J.M., Janzen D.H. et Hallwachs W. (2004).** Ten species in one: DNA barcoding reveals cryptic species in the neotropical skipper butterfly *Astraptes fulgerator*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 101:14812–17.

**Hewitt G. (2000).** The genetic legacy of the Quaternary ice ages. *Nature* 405:907–13.

**Hieber C.S. (1984).** 'Egg predators of the cocoons of the spider *Mecynogea lemniscata* (Araneae: Araneidae): rearing and population data', *Florida Entomologist*, 176–178.

**Hight S.D., Carpenter J.E., Bloem S., Pemberton R.W., Stiling P. (2002).** Expanding geographical range of *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera: Pyralidae) in North America. *Fla. Entomol.* 85:527–29.

**Holt R.D. (1993).** Ecology at the mesoscale: the influence of regional processes on local communities, pp. 77–88. In R.E. Ricklefs and D. Schluter (eds.), *Species Diversity in Ecological Communities: Historical and Geographical Perspectives*, University of Chicago Press, Chicago, *Illinois*.

**Hottenbacher N. et Koch K. (2006).** Influence of egg size on egg and larval development of *Sympetrum striolatum* at different prey availability (Odonata: Libellulidae). *Int. J. Odonatol.* 9:165–74.

**Howarth F.G. (1991).** Environmental impact of classical biological control. *Annu. Rev. Entomol.* 36:485–509.

**Inden-Lohmar C. (1997).** Sukzession, Struktur und dynamic von Libellenpopulationen an Kleingewassern unter besonderer Berücksichtigung von *Aeshna cyanea* Odonata: Aeshnidae. Ph.D. dissertation, University of Bonn, Germany.

**Jacobs M.S. (1955).** studies on territorialism and sexual selection in dragonflies. *Ecology*.36 :566-586.

**Jacquemin G. et Boudot J.P. (1999).** 'Les Libellules (Odonates) du Maroc', Société Française d'Odonatologie, France: *Bois d'Arcy*.

**Jacques d'Aguilar., Domanget J. L. et Prechac R. (1985).** Guide des libellules d'Europe et d'Afrique du Nord, Coll. Les Guides du Naturaliste, Delachaux et Niestlé, Neuchâtel.341 pp.

**Jakob C. et Suhling F. (1999).** 'Risky times? Mortality during emergence in two species of dragonflies (Odonata: Gomphidae, Libellulidae)', *Aquatic insects*, 21, 1–10.

**Domanget J.L. et d'Aguilar J. (1998).** Guide des libellules d'Europe et d'Afrique du Nord : L'identification et la biologie de toutes les espèces. *Delachaux et Niestlé*.461 pages.

**Johansson F. et Rowe L. (1999).** Life history and behavioral responses to time constraints in a damselfly. *Ecology* 80:1242–52.

**Johansson F. (1996).** The influence of cannibalism and prey density on growth in the damselfly *Coenagrion hastulatum*. *Archiv für Hydrobiologie*137: 523-535.

**Johansson F. (2000).** 'The slow-fast life style characteristics in a suite of six species of odonate larvae', *Freshwater Biology*, 43, 149–159.

**Johnson C. (1963).** 'A note on synchronized emergence in *Gomphus vastus* Walsh (Odonata: Gomphidae)', *The Canadian Entomologist*, 95, 69–69.

**Johnson D.M. (1991).** 'Behavioral ecology of larval dragonflies and damselflies', *Trends in Ecology and Evolution*, 6, 8–13.

**Jones A.G., Chown S.L. et Gaston K.J. (2002).** Terrestrial invertebrates of Gough Island: an assemblage under threat? *Afr. Entomol.* 10:83–91.

**Josh Van Buskirk. (1989).** Density-dependent cannibalism in larval dragonflies. *Ecology* 70: 1442-1449.

**Rouquette J.R. et Thompson D.J. (2005).** Habitat associations of the endangered damselfly, *Coenagrion mercuriale*, in a water meadow ditch system in southern England. *Biological Conservation* 123: 225-235.

**Kalniņš M. (2006).** 'The distribution and occurrence frequency of Gomphidae (Odonata: Gomphidae) in river Gauja', *Acta universitatis latviensis*, 710, 17–28.

- Kern D. (1992).** ‘Beobachtungen an *Gomphus vulgatissimus* (L.) an einem Wiesengrabender DümmerGeestniederung (Anisoptera: Gomphidae)’, *Libellula*, 11 (1/2), 47–76.
- Kéry M. et Juillerat L. (2004).** Sex ratio estimation and survival analysis for *Orthetrum coerulescens* Odonata, Libellulidae. *Can. J. Zool.* 82: 399–406.
- Khelifa R. (2013).** ‘Flight period, apparent sex ratio and habitat preferences of the Maghribian endemic *Calopteryx exul* Selys, 1853 (Odonata: Zygoptera)’, *Revue d'écologie*, 68, 37–45.
- Khelifa R. (2013).** Flight period, apparent sex ratio and habitat preferences of the maghribian endemic *Calopteryx exul* selys, 1853 (Odonata: Zygoptera). *Rev. Ecol. Terre Vie.* 68: 37–45.
- Khelifa R., Zebba R., Kahalerras A. et Mahdjoub H. (2012).** Clutch size and egg production in *Orthetrum nitidinerve* Selys, 1841 (Anisoptera: Libellulidae): effect of body size and age. *Int. J. Odonatol.* 15: 51–58.
- Khelifa R., Youcefi A., Kahlerras A., Al Farhan A., Al-Rasheid K.A. et Samraoui B. (2011).** ‘L'odonatofaune (Insecta: Odonata) du bassin de la Seybouse en Algérie: intérêt pour la biodiversité du Maghreb’, *Revue d'écologie*, 66, 55–66.
- Knaus P., et Wildermuth H. (2002).** Site attachment and displacement of adults in two alpine metapopulations of *Somatochlora alpestris* Odonata: Corduliidae. *Int. J. Odonatol.* 5: 111–128.
- Koh L.P., Sodhi N.S. et Brook B.W. (2004).** Ecological correlates of extinction proneness in tropical butterflies. *Conserv. Biol.* 18:1571–78
- Kristensen N. P. (1975).** The phylogeny of hexapod “orders”. A critical review of recent accounts. *Zeitschrift für zoologische Systematik und Evolutionsforschung* 13, 1–44.
- Labandeira C.C., Johnson K.R. et Wilf P. (2002).** Impact of the terminal Cretaceous event on plant-insect associations. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 99:2061–66.
- Labandeira C.C., Sepkoski J.J0 (1993).** Insect diversity and the fossil record. *Science* 261:310–15.

- Lockwood J.A., Howarth F.G. et Purcell M.F. (2001).** *Balancing Nature: Assessing the Impact of Importing Non-Native Biological Control Agents (An International Perspective)*. Lanham, MD: ESA.
- Losey J.E., Rayor L.S. et Carter M.E. (1999).** Transgenic pollen harms monarch larvae. *Nature* 399:214.
- Lutz P.E. (1968).** 'Effects of temperature and photoperiod on larval development in *Lestes eurinus* (Odonata: Lestidae)', *Ecology*, 637–644.
- Lutz, P.E. et McMahan E.A. (1973).** 'Five-year patterns of emergence in *Tetragoneuria cynosura* and *Gomphus exilis* (Odonata)', *Annals of the Entomological Society of America*, 66, 1343–1348.
- Magnusson W.E. et Hero J.M. (1991).** 'Predation and the evolution of complex oviposition behaviour in Amazon rainforest frogs', *Oecologia*, 86, 310–318.
- Mangel M. (1987).** 'Opposition site selection and clutch size in insects', *Journal of Mathematical Biology*, 25, 1–22.
- Mark A. et McPeck. (2004).** The growth/predation risk trade-off: so what is the mechanism?. *The American Naturalist* 163. 5.
- Martin, R. (1895).** 'Une éclosion de libellules', *Feuille des Jeunes Naturalistes*, 25, 141–142.
- Mawdsley N.A. et Stork N.E. (1995).** Species extinctions in insects: ecological and biogeographical considerations. In *Insects in a Changing Environment*, ed. R Harrington, NE Stork, pp. 321–69. London: Academic.
- McCauley S. J. (2010).** Body size and social dominance influence breeding dispersal in male *Pachydiplax longipennis* Odonata. *Ecol. Entomol.* 35: 377–385.
- McKinney M.L. (1999).** High rates of extinction and threat in poorly studied taxa. *Conserv. Biol.* 13:1273–81
- Allaby M. (2009).** *A Dictionary of Zoology*. OUP Oxford. 3 rd edition.

- Michael J. et Samways. (2007).** Insect Conservation: A Synthetic Management Approach *Annu. Rev. Entomol.* 52:465–87.
- Michiels N.K. et Dhondt A.A. (1990).** ‘Costs and benefits associated with oviposition site selection in the dragonfly *Sympetrum danae* (Odonata: Libellulidae)’, *Animal Behaviour*, 40, 668–678.
- Mikolajewski D.J., Stoks R., Rolff J. et Joop G. (2008).** Predators and cannibals modulate sex specific plasticity in life history and immune traits. *Funct. Ecol.* 22:114–20.
- Miller J.C. (1990).** Field assessment of the effects of a microbial pest control agent on nontarget Lepidoptera. *Am. Entomol.* 36:135–39.
- Miller P.L. (1992).** The effects of oxygen lack on egg hatching in an Indian dragonfly, *Potamarcha congener*. *Physiological Entomology* 17: 68-72.
- Miller P.L. (1964).** ‘Notes on *Ictinogomphus ferox* Rambur (Odonata, Gomphidae)’, *Entomologist*, 97, 52–66.
- Moskowitz D., Moskowitz J., Moskowitz S. et Moskowitz H. (2001).** Notes on a large dragonfly and butterfly migration in New Jersey. *Northeast. Nat.* 8:483–490.
- Münchberg, P. (1932).** ‘Beiträge zur Kenntnis der Biologie der Odonatenfamilie der Gomphidae BKS’, *Zoomorphology*, 24, 704–735.
- National Research Council. (1999).** Our Common Journey: A Transition Toward Sustainability. Washington, DC: Natl. Acad. Press.
- Norling U. (1984).** ‘Life-history patterns in the northern expansion of dragonflies’, *Advances in Odonatology*, 2, 127–156.
- Ola M Fincke. (1986).** Underwater oviposition in a damselfly (Odonata: Coenagrionidae) favors male vigilance, and multiple mating by females. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. Volume 18, 6, 405-412.
- Pajunen V. I. (1962).** Studies on the population ecology of *Leucorrhinia dubia* V. d. Lind. Odon., Libellulidae. *Ann. Zool. Soc. Vanamo* 24 : 1–79.

- Panzer R. (2002).** Compatibility of prescribed burning with the conservation of insects in small, isolated prairie reserves. *Conserv. Biol.* 16:1296–307.
- Pierce C.L., Crowley P.H. et Johnson D.M. (1985).** behavior and ecological interactions of larval odonata. *ecology* 66: 1504-1512.
- Plaistow S.J. et Tsubaki Y. (2000).** A selective trade-off for territoriality and non-territoriality in the polymorphic damselfly *Mnais costalis*. *Proc. R. Soc. Lond. B* 267:969–75.
- Ponel P., Orgeas J., Samways M.J., Andrieu-Ponel V. et Beaulieu L.D. (2003).** 110,000 years of Quaternary beetle diversity change. *Biodivers. Conserv.* 12:2077–89.
- Priddel D., Carlile N., Humphrey M., Fellenberg S. et Hiscox D. (2003).** Rediscovery of the ‘extinct’ LordHowe Island stick insect (*Dryocoelus australis* Montrouzier) (Phasmatodea) and recommendations for its conservation. *Biodivers. Conserv.* 12:1391–403.
- Purse B.V. et Thompson D.J. (2003).** ‘Emergence of the damselflies, *Coenagrion mercuriale* and *Ceriagrion tenellum* (Odonata: Coenagrionidae), at their northern range margins, in Britain’, *European Journal of Entomology*, 100, 93–100.
- Purse B.V. et Thompson D.J. (2003).** ‘Emergence of the damselflies, *Coenagrion mercuriale* and *Ceriagrion tenellum* (Odonata: Coenagrionidae), at their northern range margins, in Britain’, *European Journal of Entomology*, 100, 93–100.
- Raebel E.M. Merckx T., Riordan P., Macdonald D.W. et 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.
- Rantala M.J., Honkavaara J., Dunn D. et Suhonen J. (2011).** Predation selects for increased immune function in male damselflies, *Calopteryx splendens*. *Proc. R. Soc. Lond. B* 278:1231–38.
- Querino R.B. et Hamada N. (2009).** An aquatic microhymenopterous egg-parasitoid of *Argia insipida* Hagen in Selys (Odonata: Coenagrionidae) and biological observations in the Central Amazon, Brazil. *Neotrop. entomol.* vol.38 no.3.
- Rehfeldt G. (1990).** ‘Anti-predator strategies in oviposition site selection of *Pyrrhosoma nymphula* (Zygoptera: Odonata)’, *Oecologia*, 85, 233–237.

**Rehn A. C. (2003).** Phylogenetic analysis of higher-level relationships of Odonata. *Systematic Entomology* 28, 181–239.

**Ricklefs R. E. et Miller G. L. (1999).** Ecology. Freeman and compagny, New York.

**Riservato E., Boudot J.P., Ferreira S., Joviæ M., Kalkman V.J., Schneider W., Samraoui B. et Cuttelod A. (2009).** *The status and distribution of dragonflies of the Mediterranean Basin*, Gland, Switzerland and Malaga, Spain: IUCN.

**Riservato E., Boudot J.P., Ferreira S., Joviæ M., Kalkman V.J., Schneider W., Samraoui B., et Cuttelod A. (2009).** *The status and distribution of dragonflies of the Mediterranean Basin*, Gland, Switzerland and Malaga, Spain: IUCN.

**Rivers-Moore N.A. et Samways M.J. (1996).** Game and cattle trampling, and impacts of human dwellings on arthropods at a game park boundary. *Biodivers. Conserv.* 5:1545–56

**Stoks R. et Mcpeek M. A. (2003).** Predation and life histories shape lestes damselfly assemblages along a freshwater habitat gradient. *ecology* 84 : 1576-158.

**Stoks R., De Block M. et McPeek M. A. (2006).** Physiological costs of compensatory growth in damselfly. *Ecology* 87:1566–1574.

**Matheson R. (1951).** Entomology for Introductory Courses, second edition. Cornell University Press. In. Walter Ebeling.1978. Urban entomology. Division of Agricultural Sciences, University of California. 695 pages.

**Robert P.A. (1958).** Les Libellules odonates. Delachaux et Niestlé, Neuchâtel.

**Russell R.W., May M. L., Soltesz K. L et Fitzpatrick J. W. (1998).** Massive swarm migrations of dragonflies (Odonata) in eastern North America. *Am. Midl. Nat.*140 : 325–342.

**Saeglist C. et Baetsch D. (2003).** Regulatory and associated political issues with respect to Bt transgenic maize in the European union. *J. Invertebr. Pathol.* 83: 107–109

**Samraoui B., bouzid S., Boulahbal R. et Corbet P.S. (1998).** Postponed reproductive maturation upland refuges maintains life-cycle continuity during the hot, dry season in Algeria dragonflies (Anizoptera). *International journal of odonatology*.1(2) : 118-135.

**Samways M.J. et Kreuzinger K. (2001).** Vegetation, ungulate and grasshopper interactions inside vs outside an African savanna game park. *Biodivers. Conserv.* 10:1963–81

**Samways M.J. (1997).** Classical biological control and biodiversity: What risks are we prepared to accept? *Biodivers. Conserv.* 6:1309–16.

**Samways M.J. (1998).** Insect population changes and conservation in the disturbed landscapes of Mediterranean-type ecosystems. In *Landscape Disturbance and Biodiversity in Mediterranean-Type Ecosystems*, ed. PWRundel, G Montenegro, FM Jaksic, pp. 313–31. Berlin: Springer.

**Samways M.J. (2003).** Threats to the tropical island dragonfly fauna (Odonata) of Mayotte, Comoro archipelago. *Biodivers. Conserv.* 12:1785–92.

**Samways M.J. (2005).** *Insect Diversity Conservation*. Cambridge, UK: Cambridge Univ. Press.

**Samways M.J. (2006).** Insect extinctions and insect survival. *Conserv. Biol.* 20:245–46.

**Schütte C. (1992).** ‘Entwicklung und Populationsstruktur von *Onychogomphus uncatus* (Charpentier, 1840) (Odonata: Gomphidae)’, Diplomarbeit, Technischen Universität Braunschweig, Zoologisches Institut.

**Selys Longchamps E. de (1849).** ‘Troisième famille. Les libelluliens’, in *Sciences physiques. Zoologie*, Paris: Imprimerie Nationale, pp. 115–135.

**Selys Longchamps, E. de (1885).** ‘Rectification concernant l’*Onychogomphus genei* Selys, et signalement de deux gomphines nouvelles’, *Annales Societe Entomologique Belgique*, 29: s8.

**Silsby J. (2001).** *Dragonflies of the World*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., USA.

**Siva-Jothy M.T. (2000).** Amechanistic link between parasite resistance and expression of a sexually selected trait in a damselfly. *Proc. R. Soc. Lond. B* 267:2523–27.

**Siva-Jothy M. T., Gibbons D.W., et Pain D. (1995).** Female oviposition-site preference and egg hatching success in the damselfly *Calopteryx splendens xanthostoma*. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 37: 39–44.

**Sniegula S., Nilsson-Ortman V. et Johansson F. (2012).** Growth Pattern Responses to Photoperiod across Latitudes in a Northern Damselfly. *PLoS ONE* 7(9): e46024.

**Sodhi N.S., Koh L.P., Brook B.W., PKL N.g. (2004).** Southeast Asia biodiversity: an impending disaster. *Trends Ecol. Evol.* 19:654–60.

**Soeffing K. (1990).** Verhaltensökologie der Libelle *Leucorrhinia rudicunda* L. Odonata : Libellulidae unter besonderer Berücksichtigung nahrungsökologischer Aspekte. Ph.D. dissertation, University of Hamburg, Germany.

**Sprandel G. L. (2001).** Fall dragonfly (Odonata) and butterfly (Lepidoptera) migration at St. Joseph Peninsula, Gulf County, Florida. *Florida Entomol.* 84 : 234–238.

**SPSS Inc. (2008).** SPSS Statistics for Windows, Version 17.0. Chicago: SPSS Inc.

**Stenseth N. C. et Lidicker W. C. Jr. (1992).** The study of dispersal: a conceptual guide, pp. 5–20. In N.C. Stenseth, and W.C. Lidicker Jr (eds.), *Animal Dispersal: small mammals as a model*, Chapman and Hall, New York/London.

**Stettmer C. (1996).** Colonisation and dispersal patterns of banded *Calopteryx splendens* and beautiful demoiselles *C. virgo* Odonata: *Calopterygidae* in south-east German streams. *Eur. J. Entomol.* 93: 579–593.

**Stewart D.A.B. et Samways M.J. (1998).** Conserving dragonfly (Odonata) assemblages relative to river dynamics in a major African savanna game reserve. *Conserv. Biol.* 12:683–92.

**Stoks R. et Johansson F. (2000).** Trading off mortality risk against foraging effort in damselflies that differ in life cycle length. *Oikos* 91: 559–567.

**Stoks R. (2001).** What causes male-biased sex ratios in mature damselfly populations? *Ecol. Entomol.* 26:188–97s.

- Stoks R. (2001).** Male-biased sex ratios in mature damselfly populations: real or artefact? *Ecol. Entomol.* 26: 181–187.
- Stoks R. et Cordoba-Aguilar A. (2012).** Evolutionary ecology of Odonata: a complex life cycle perspective. *Ann. Rev. Entomol.* 57: 249–265.
- Sugimura M. (1983).** ‘Seasonal body-size difference in some dragonflies in southern Shikoku district ES’, *Tombo*, 26, 31–34.
- Suhling F. et Lepkojus S. (2001).** Differences in growth and behaviour influence asymmetric predation among early-instar dragonfly larvae. *Can. J. Zool.* 79:854–60.
- Suhling F. (1995).** ‘Temporal patterns of emergence of the riverine dragonfly *Onychogomphus uncatatus* (Odonata: Gomphidae)’, *Hydrobiologia*, 302, 113–118.
- Suhling F. (2001).** ‘Intraguild predation, activity patterns, growth and longitudinal distribution in running water odonate larvae’, *Archiv für Hydrobiologie*, 151, 1–15.
- Svensson E.I. et Friberg M. (2007).** Selective predation on wing morphology in sympatric damselflies. *Am. Nat.* 170:101–12.
- Sniegula S., Nilsson-Ortman V. et Johansson F. (2012).** Growth Pattern Responses to Photoperiod across Latitudes in a Northern Damselfly. *PLoS ONE* 7(9): e46024. doi:10.1371/journal.pone.0046024.
- Testard P. (1975).** ‘Note sur l'émergence, le sex-ratio et l'activité des adultes de *Mesogomphus genei* Selys, dans le Sud de l'Espagne (Anisoptera: Gomphidae)’, *Odonatologica*, 4, 11–26.
- Thomas C.D. (2000).** Dispersal and extinction in fragmented landscapes. *Proc. R. Soc. London B* 267:139–45.
- Thomas J.A., Telfer M.G., Roy D.B., Preston C.D. et Greenwood J.J.D. (2004).** Comparative losses of British butterflies, birds and plants and the global extinction crisis. *Science* 303:1879–81.
- Thompson, J.N., and Pellmyr, O. (1991),** ‘Evolution of oviposition behavior and host preference in Lepidoptera’, *Annual Review of Entomology*, 36, 65–89.

**Tillyard, R. J. 1928.** Some remarks on the Devonian fossil insects from the Rhynie chert beds, Old Red Sandstone. *Transactions of the Entomological Society of London*, 76: 65-71.

**Tilman D., Fargione J., Wolff B., D'Antonio C. Dobson A. (2001).** Forecasting agriculturally driven global environmental change. *Science* 292:281–84.

**Trueman J. W. H. (1996).** A preliminary cladistic analysis of odonate wing venation. *Odonatologica* 25, 59–72.

**Tsubaki Y. et Hooper R. (2004).** Effects of eugregarine parasites on adult longevity in the polymorphic damselfly *Mnais costalis* Selys. *Ecol. Entomol.* 29:361–66.

**Turner F.B. (1960).** Population structure and dynamics of the western spotted frog, *Rana p. pretiosa* Baird & Girard, in Yellowstone Park, Wyoming. *Ecological Monographs*. Vol. 30, No. 3, Jul.

**Ubukata H. (1973).** ‘Life history and behavior of a corduliid dragonfly, *Cordulin aenea amurensis* Selys. 1. Emergence and pre-reproductive periods’, *Journal of the Faculty of Science, Hokkaido University, Series VI, Zoology*, 19, 251–269.

**Ubukata H. (1981).** ‘Survivorship curve and annual fluctuation in the size of emerging population of *Cordulia aenea amurensis* Selys (Odonata: Corduliidae)’, *Japanese journal of ecology*, 31, 335–346.

**Uéda T. (1989).** Sexual maturation, body colour changes and increase of body weight in a summer diapause population of the damselfly *Lestes sponsa* (Hansemann) (Zygoptera: Lestidae). *Odonatologica* 18: 75–87.

**Van Buskirk J. (1987).** Influence of size and date of emergence on male survival and mating success in a dragonfly *Sympetrum rubicundulum*. *Am. Midl. Nat.* 118:169–76.

**Van Doorslaer W. et Stoks R. (2005).** Thermal reaction norms in two *Coenagrion* damselfly species: contrasting embryonic and larval life-history traits. *Freshw. Biol.* 50:1982–90

**Nilsson-Örtman V., Stoks R., De Block M. et Johansson F. (2013).** Latitudinal patterns of phenology and age-specific thermal performance across six *Coenagrion* damselfly species. *Ecological Monographs* 83:491–510.

**Walker T. J et Littell R. C. (1994).** Orientation of fall migrating butterflies in north peninsular Florida and source areas. *Ethology* 98, 60–84.

**Ward L. et Mill P. (2007).** Long range movements by individuals as a vehicle for range expansion in *Calopteryx splendens* Odonata: Zygoptera. *Eur. J. Ent.* 104: 195–198.

**Wesenberg-Lund C. (1913).** ‘Odonaten-Studien’, *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie*, 6, 373–422.

**Wheeler W. C., Whiting M., Wheeler Q. D. et Carpenter J. M. (2001).** The phylogeny of the extant hexapod orders. *Cladistics* 17, 113–169.

**Whitehouse A. (2005).** Living on the edge: the importance of maritime soft cliffs and slopes for insect conservation. *Antenna* 29:179–85.

**Wissinger S.A., Mcintosh A.R. et Greig H.S. (2006).** Impacts of introduced brown and rainbow trout on benthic invertebrate communities in shallow New Zealand lakes. *Freshwater Biology*, 51: 2009–2028.

**Zahner. (1960).** Idem. II. Der Anteil der Imagines an der Biotopbindung. *Int. Rev. Hydrobiol.* 45: 101-123.

**Zebba R., Khelifa R. et Kahalerras A. (Submitted for publication),** ‘Emergence pattern, microhabitat choice, and population structure of the Maghribian endemic *Gomphus lucasii* Selys, 1849 (Odonata: Gomphidae) in northeastern Algeria’, submitted.

## Résumé

Notre étude sur l'écologie de deux espèces de Gomphidae (*Gomphus lucasii*, *Onycogomphus costae*) à Oued Seybouse (Nord-est de l'Algérie), nous a permis de suivre : L'émergence et préférence d'habitat (Larves, Exuvies, régulation saisonnière, sélection du site...), Mouvement et dispersion des adultes (Durée de vie, Dispersion, philopatrie, microhabitat).

La saison d'émergence du *G.lucasii* a commencé (29 Avril au 30 Mai) avec un pic le 8 Mai, cependant, pour l'*O.costae* a commencé au mi-mai et a duré 68 et 58 jours montrant un pic à la fin mai et début Juin en 2011 et 2012, respectivement. La stratification verticale des exuvies de deux espèces sur les supports végétales durant l'émergence était influencée par : hauteur de support, la taille du (corps, la tête des exuvies), et la densité quotidienne de la population. La mortalité à l'émergence est principalement due à la déformation des ténérales et à la prédation par les oiseaux et les fourmis compter 1,44% et 9,15% de la population totale émergente pour l'*G.lucasii* et l'*O.costae*, respectivement.

Pour le mouvement et la dispersion des adultes, un total de 1316, 255 individus ont été marqués avec un taux de relocalisation le long du cours d'eau 8,13%, 2,66%, Les femelles étaient significativement plus loin de l'eau que les mâles, pour le *G.lucasii* et l'*O.costae*, respectivement. La Philopatrie des mâles du *G.lucasii* a été notée à des sites de reproduction avec une moyenne de 1,11%, tandis que la philopatrie au site d'émergence était plus faible (0,4%). La durée de vie maximale observée du *G.lucasii* a été de 27 jours pour les mâles et 21 jours pour les femelles, bien que 31 jours pour les mâles et 47 jours pour les femelles chez l'*O.costae*.

**Mots clés :** Emergence, Dispersion, Philopatrie, Choix d'habitat, *Gomphus lucasii*, *Onycogomphus costae*, Seybouse (Nord-est de l'Algérie).

## Summary

Our study on ecology of the two species of Gomphidae (*Gomphus lucasii*, *Onycogomphus costae*) at the Seybouse River (Northeast Algeria), allowed us to follow: The emergence and habitat preference of (Larvae, Exuviae, Seasonal regulation, Site selection ...), Movement and dispersal of adults (Lifetime, Dispersal, Philopatry, Microhabitat).

The emergence season of *G.lucasii* started (29 April to 30 May) with a peak on 8 May, however, for *O.costae* started in mid-May and lasted 68 and 58 days showing a peak in late May and early June in 2011 and 2012, respectively. The vertical stratification of exuviae of the two species on vegetation support during the emergence was influenced by support height, size (body, head) of exuviae, and daily population density. Mortality was caused mainly by ants and bird predation, and deformity of teneral 1,44% and 9,15% of the total emergent population of *G.lucasii* and *O. costae*, respectively.

Movement and dispersal of adults, a total of 1316, 255 individuals were marked and the resighting rate along the watercourse were 8.13%, 2.66% and the females were significantly further from the water than males for *G.lucasii* and *O.costae*, respectively. Philopatry to reproductive sites had a mean of 1.11% while philopatry to emergence site was lower (0.4%) and noted only in males of *Gomphus lucasii*. The maximum observed lifespan of *G.lucasii* was 27 days for males and 21 days for females, and 31 days for males and 47 days for females for the *O.costae*.

**Keywords:** Emergence, Dispersal, Philopatry, Habitat choice, *Gomphus lucasii*, *Onycogomphus costae*, Seybouse (Northeast Algeria).