

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ 8 MAI 1945-GUELMA

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
et des Sciences de la Terre et de l'Univers

Laboratoire de Conservation des Zones Humides

Département d'Écologie et Génie de l'Environnement



THÈSE :

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de
Doctorat 3^{ème} cycle en Sciences Biologiques

Option : Ecologie et Conservation des Zones Humides

Thème

**Ecologie et statut des Gomphidés (Odonate) à
Oued Seybouse**

Présenté par :

ZEBSA Rabah

Devant le jury

Président :	KACHI Slimane	M.C.A Université de Guelma
Directeur de thèse :	HOUHAMDI Moussa	Prof Université de Guelma
Examineurs :	BAIRI Madjid	Prof Université de Annaba
Examineurs :	OUAKID Mohamed-Laid	Prof Université de Annaba
Examineurs :	GRARA Noudjoud	M.C.A 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 **KACHI Slimane**, 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^{elle} **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

2. Morphologie et anatomie des Odonates.....	12
2.1. Larve	12
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
2.2. Adulte « Imago »	15
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
Chapitre II : Biologie des odonates.....	18
1. L'oviposition.....	18
1.1. Endophyte.....	19
1.2. Epiphyte	20
1.3. Exophyte	20
2. Stade Œuf	20
3. Stade larvaire	22
3.1. Mortalité	22
3.2. Parasitisme.....	23
3.3. Les Taux de la croissance larvaire.....	23

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

Chapitre III : Matériel et méthodes.....	32
1. Description générale du bassin versant de la Seybouse	32
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
2. Emergence	36
2.1. Le Gomphe d'Algérie (<i>Gomphus lucasii</i>).....	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
3. Mouvement des adultes.....	40
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
4. Ecologie des larves du <i>G. lucasii</i> et <i>O. costae</i> et préférences de substrat.....	47
4.1. Site d'étude.....	47
4.2. Echantillonnage des larves et les variables abiotiques.....	48
4.3. Les analyses statistiques.....	49
Chapitre IV : Résultats et discussion.....	50
1. Résultat.....	50

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
2. Discussion.....	79
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
Conclusion générale.....	93
Références bibliographiques.....	94
Résumés	

LISTE DES FIGURES

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

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

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

LISTE DES TABLEAUX

Tableau N°	Titre	Page
Tableau 1	Les caractéristiques physiques des neuf sections du cours d'eau	43
Tableau 2	Liste des sites d'échantillonnage, le code, l'information géographique et typologique	48
Tableau 3	Abondance et sex-ratio à l'émergence du <i>G. lucasii</i> dans les étirements d'étude	50
Tableau 4	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	51
Tableau 5	La taille du corps et stratification verticale d' <i>O. costae</i> des deux sexe dans les deux années d'étude	58
Tableau 6	Corrélations de Spearman entre la taille du corps et les paramètres de la stratification verticale des exuvies pour les deux ans d'étude	58
Tableau 7	Marquage, relocalisation, taux de relocalisation du <i>Gomphus lucasii</i> adulte selon l'âge et le sexe	62
Tableau 8	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	64
Tableau 9	Distance des mouvements d'adultes matures dans la zone d'échantillonnage. Unité de distance est le mètre	68
Tableau 10	Les facteurs abiotiques et leurs corrélations avec le nombre d'individus marqué et relocalisé à chaque section	69
Tableau 11	Marquage, relocalisation, taux de relocalisation d' <i>O. costae</i> adulte selon l'âge et le sexe	70
Tableau 12	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	74
Tableau 13	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	75

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

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 extinctions des 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). Découvrir 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 10^9 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 km² 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 chaîne 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 côtés 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^e 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^e 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'enfuient 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^{ème} ou la 4^{ème} 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.

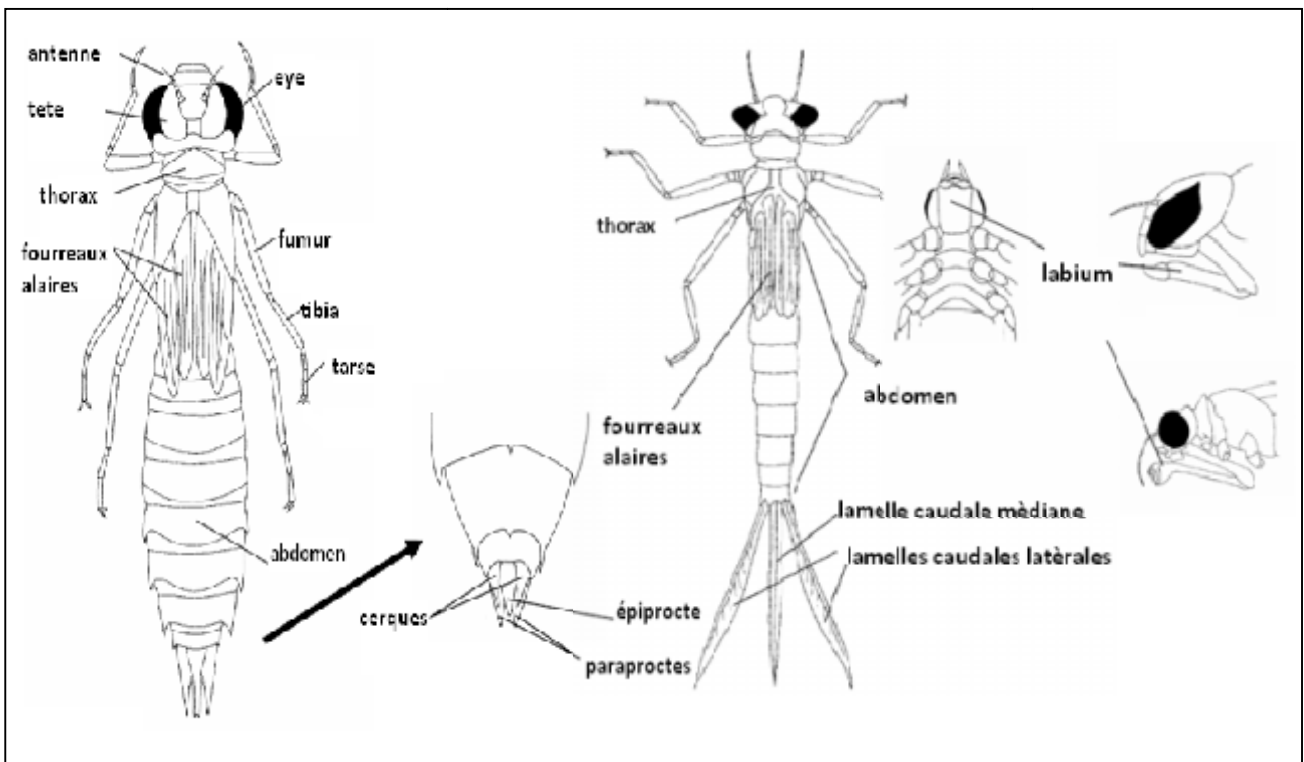


Figure 04 : Morphologie générale de la larve. A. larve Anisoptère, B. larve Zygoptère, C. Masque préhensile (Bouchard, 2004).

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)

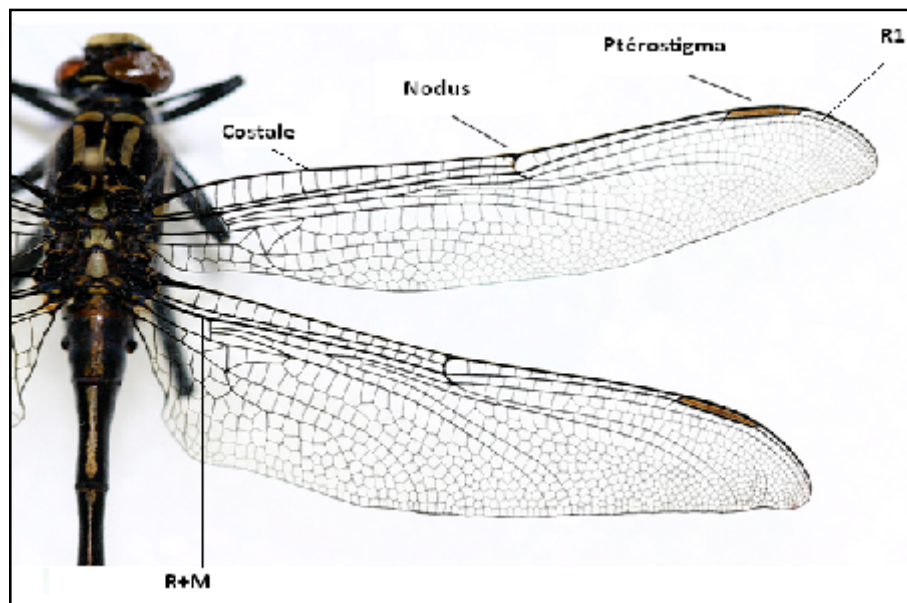


Figure 05 : Structure des ailes de libellule.

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^e ; le 1^{er} segment, imbriqué dans le synthorax, est très court,

le 2^e est plus allongé, les 3 à 7 sont les plus long, les 8 et 9 sont assez courts et le 10^e, 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)

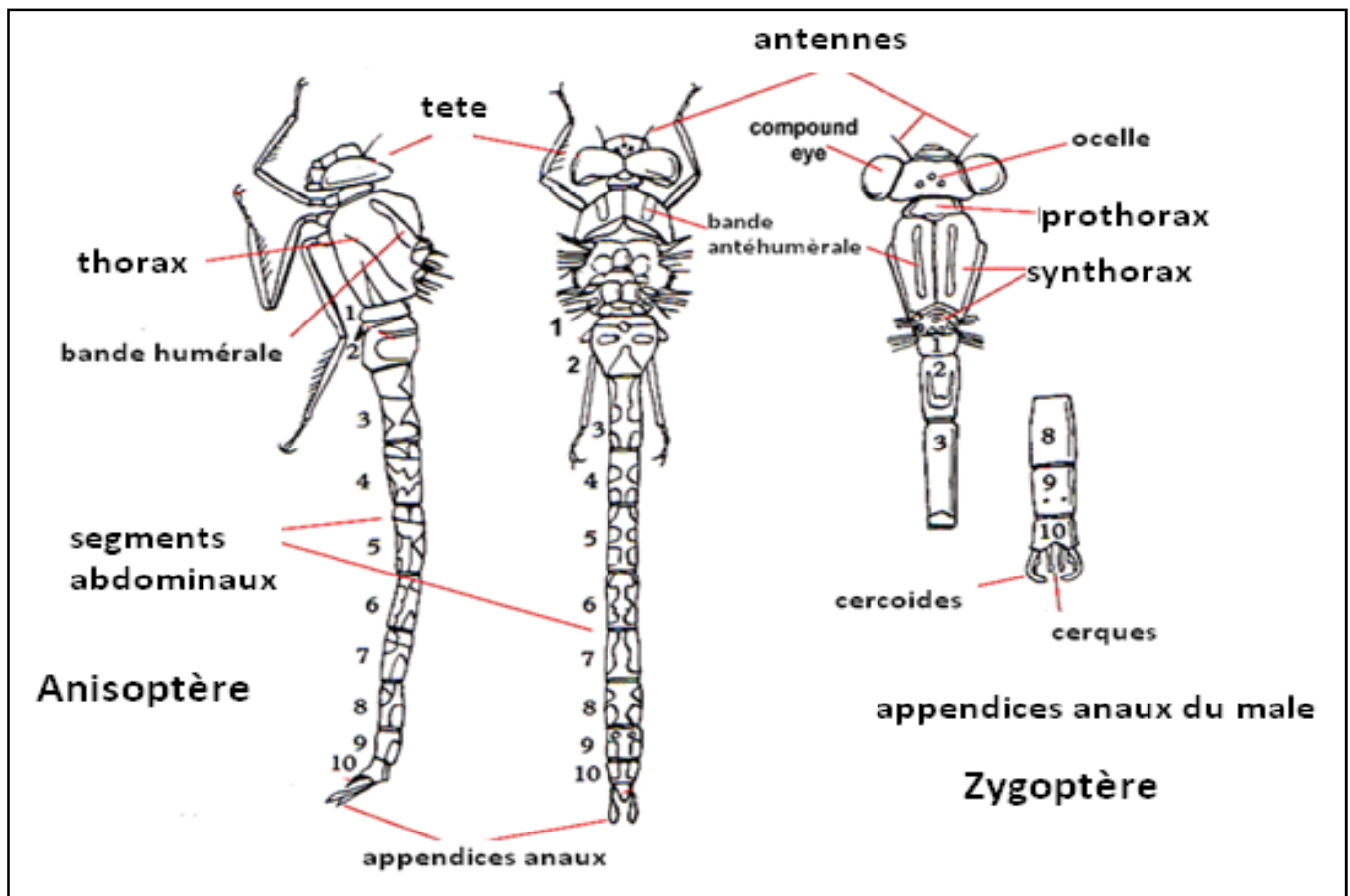


Figure 06 : Morphologie de l'imago.

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).

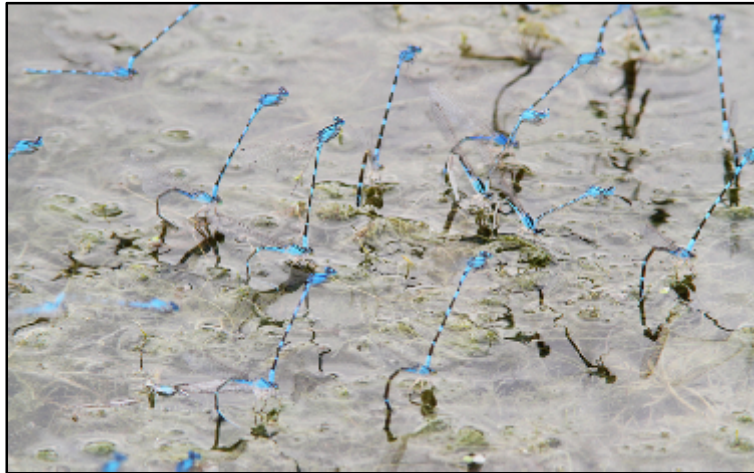


Figure 09 : *Erythromma lindenii*.

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).

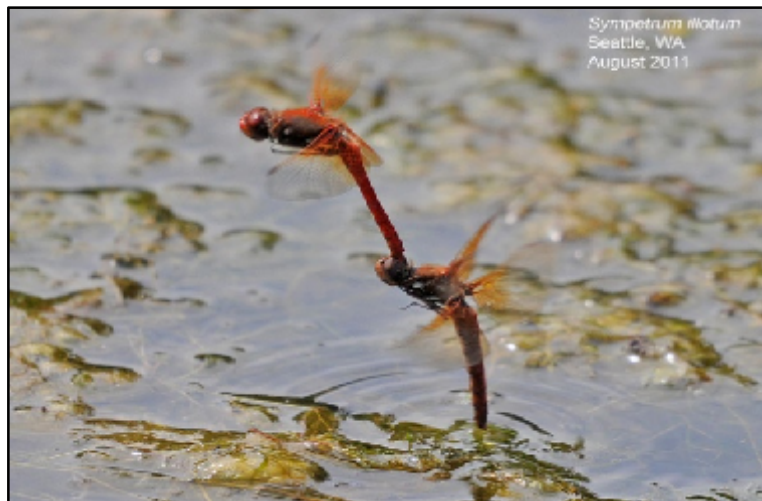
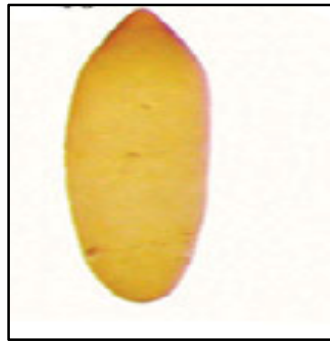


Figure 12 : Oviposition Exophyte

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 Zebba, 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 imaginaire 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).

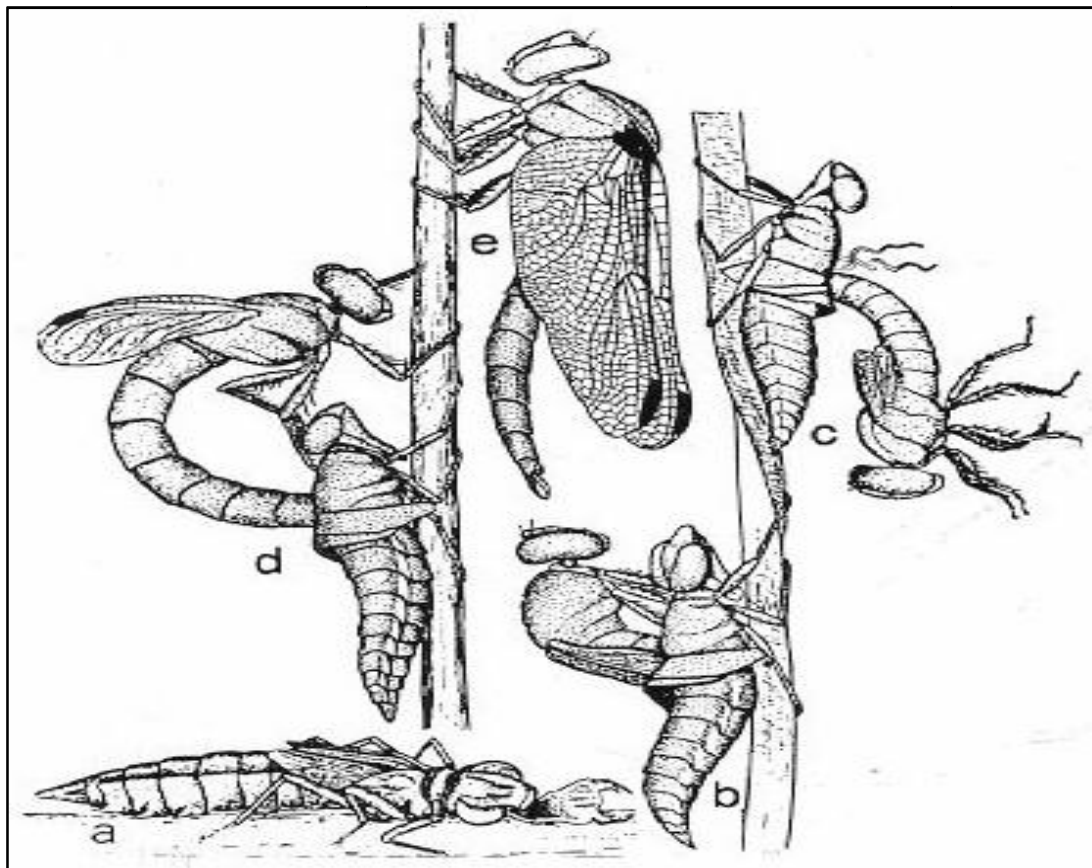


Figure 15 : Métamorphose de libellule (Anisoptère) (Matheson, 1951. In. Walter Ebeling, 1978).

- 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^{ème} segment, contre la cavité copulatrice du 2^{ème} segment.
- La femelle recourbe son corps pour joindre son orifice génital aux pièces de l'organe copulateur masculin de 2^{ème} 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).

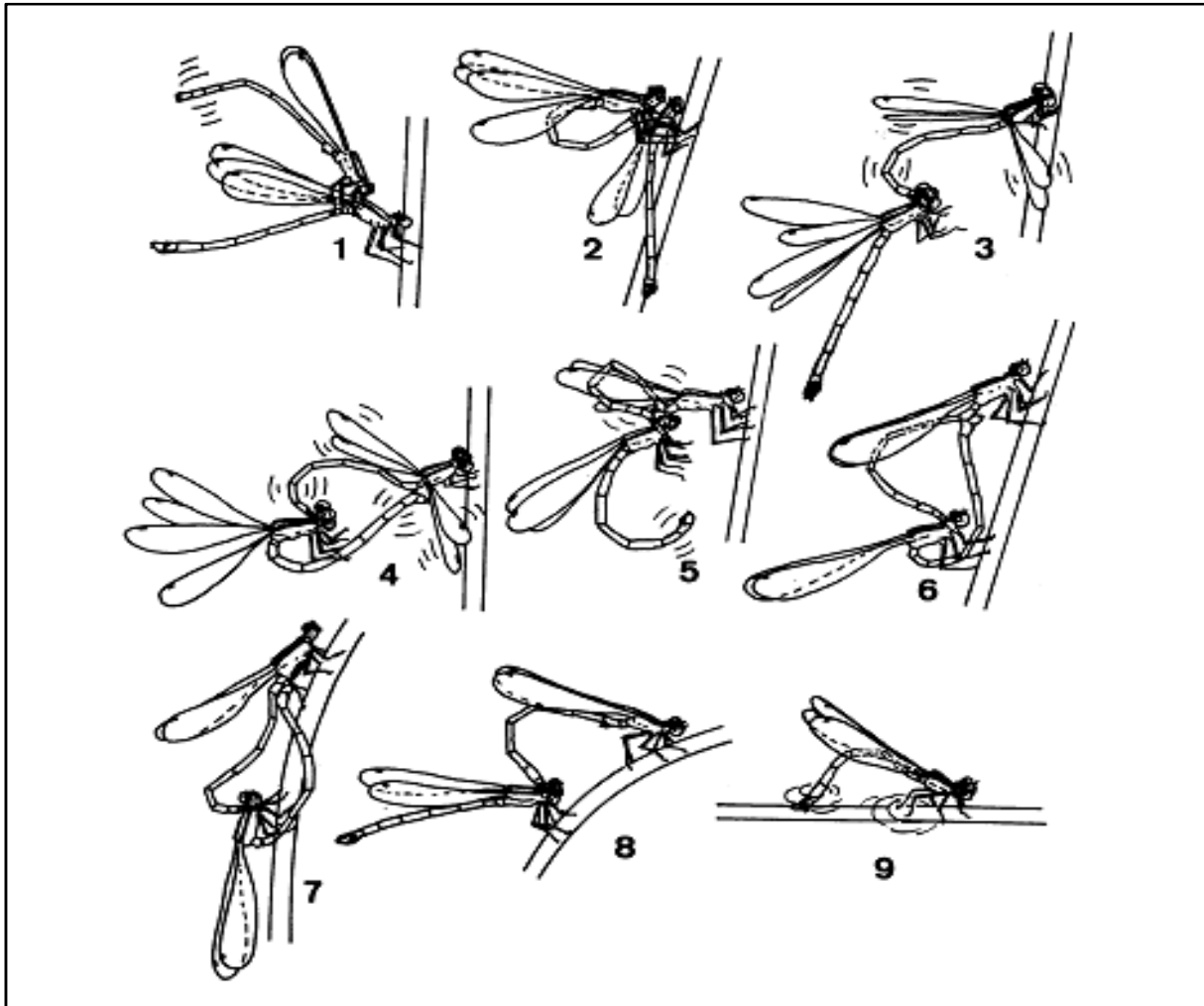


Figure 16 : La phase du comportement reproducteur chez *Ischnura graellsii* (zygoptère)
(Cordero, 1989).

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 (Harrisson, 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 km², 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 1136Km².
- Sous Bassin versant de la moyenne Seybouse (14-04) : 818Km².
- Sous Bassin versant de la basse Seybouse (14-06) : 1057Km²

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 erucoïdes* 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).

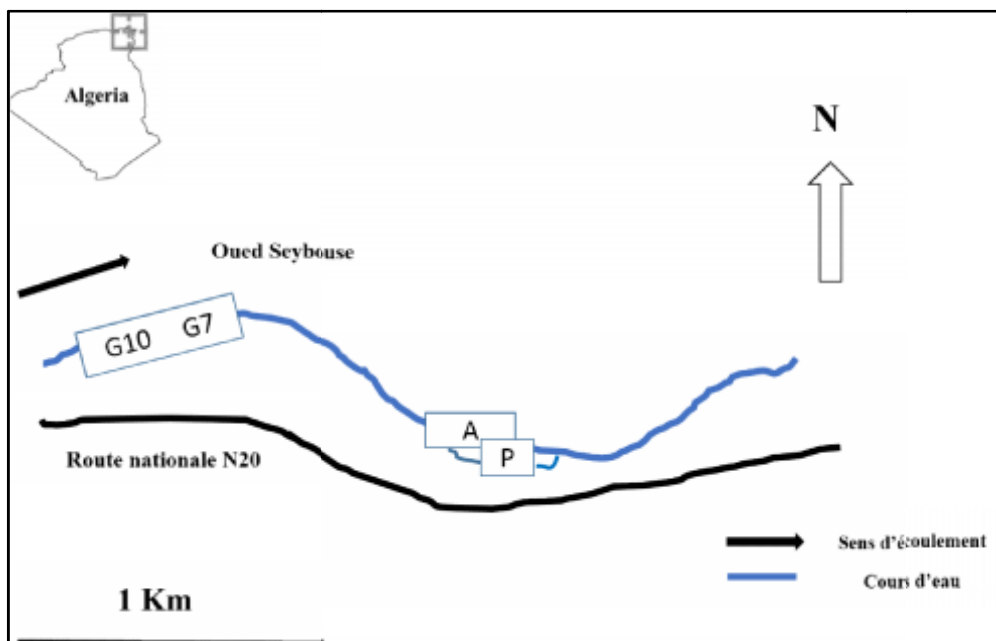


Figure 19 : Localisation géographique du site d'étude avec toutes les sections du cours d'eau échantillonnées.

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 km² 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).

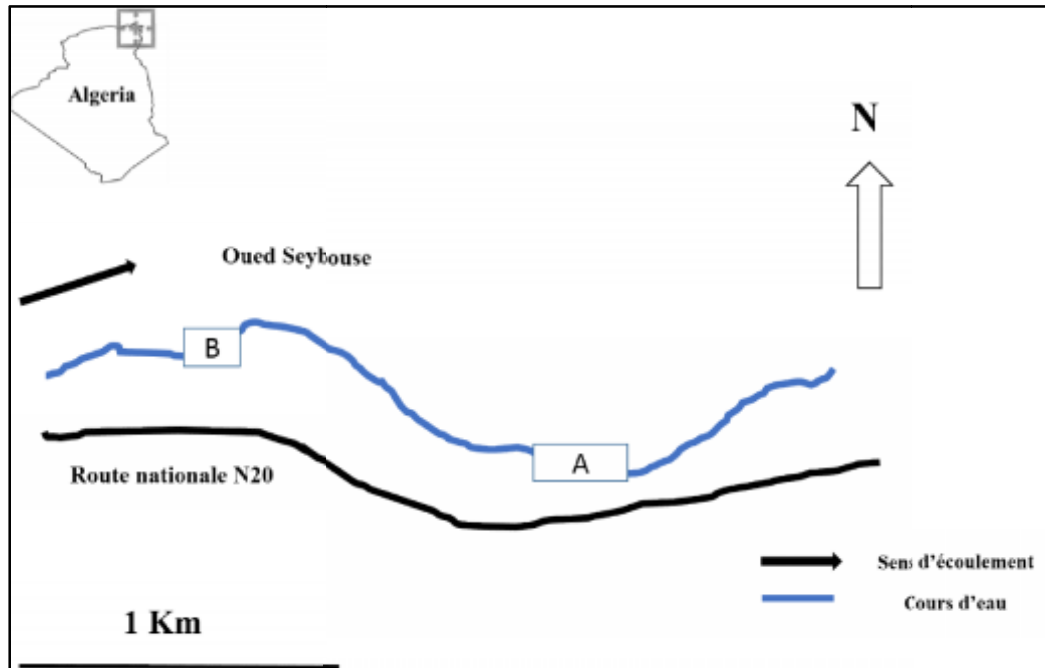


Figure 20 : Localisation géographique du site d'étude avec toutes les sections du cours d'eau échantillonnées.

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 H_e / H_s 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 subdilatata*, *Erythromma lendenii* et *caerulescens coenagrion* (Fig. 21).

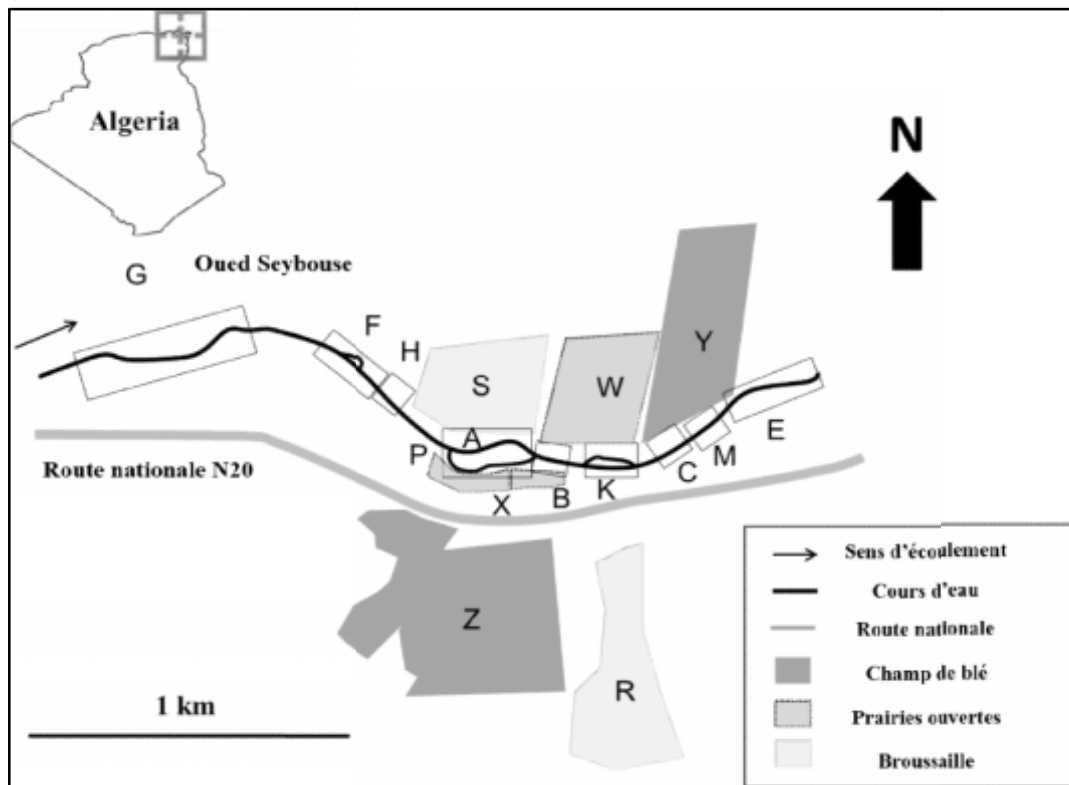


Figure 21 : location géographique du site d'étude avec tous les habitats et les sections de cours d'eau échantillonnées. Les codes suivants: A, B, C, E, F, G, H, K, M et P représentent les sections échantillonnées du cours d'eau. R, S, W, X, Y et Z représentent les parcelles d'échantillonnage dans les 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) pris 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 ($36^{\circ} 28' N$, $7^{\circ} 22' E$) (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 brousaille. Seulement deux espèces de gomphidae ont été observées le long du cours d'eau : *Onychogomphu scostae*, *Gomphus lucasii*.

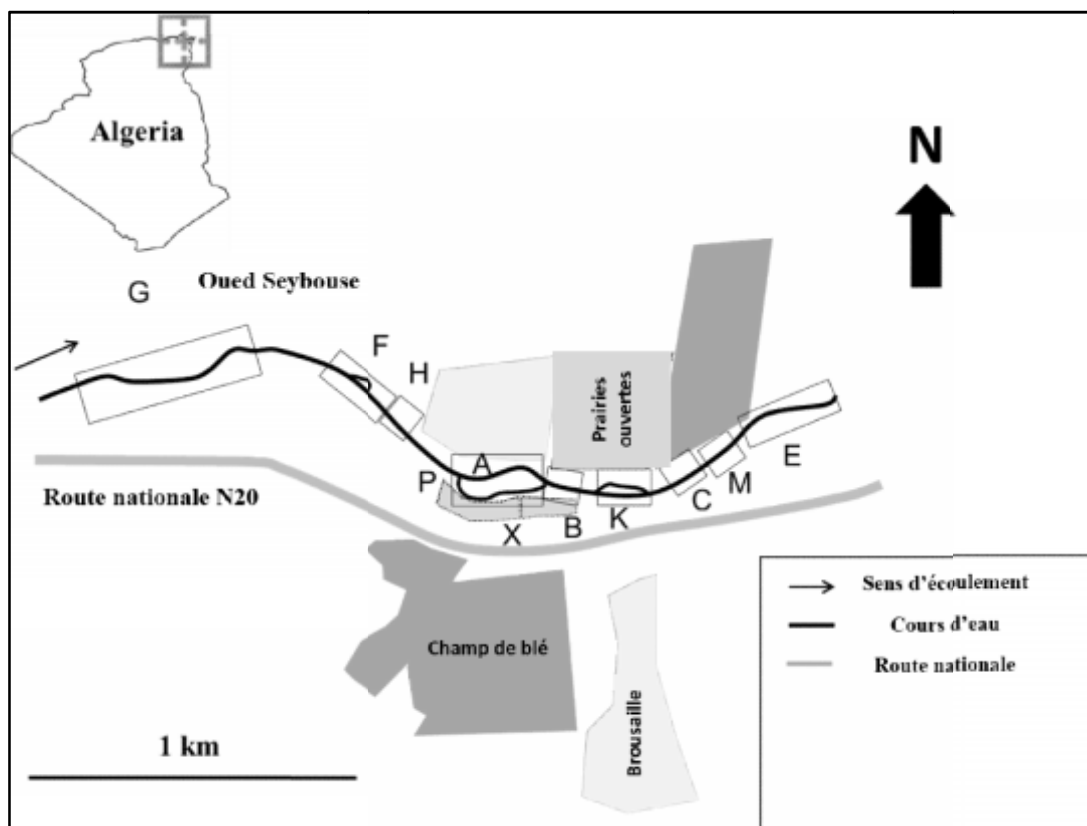


Figure 22 : Location géographique du site d'étude avec tous les habitats et les sections de cours d'eau échantillonnés.

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 ($36^{\circ} 26'35''$ N, $7^{\circ} 18'39''$ E). Il se jette dans la mer Méditerranée à Sidi Salem ($36^{\circ} 52'3''$ N, $7^{\circ} 46'25''$ 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).

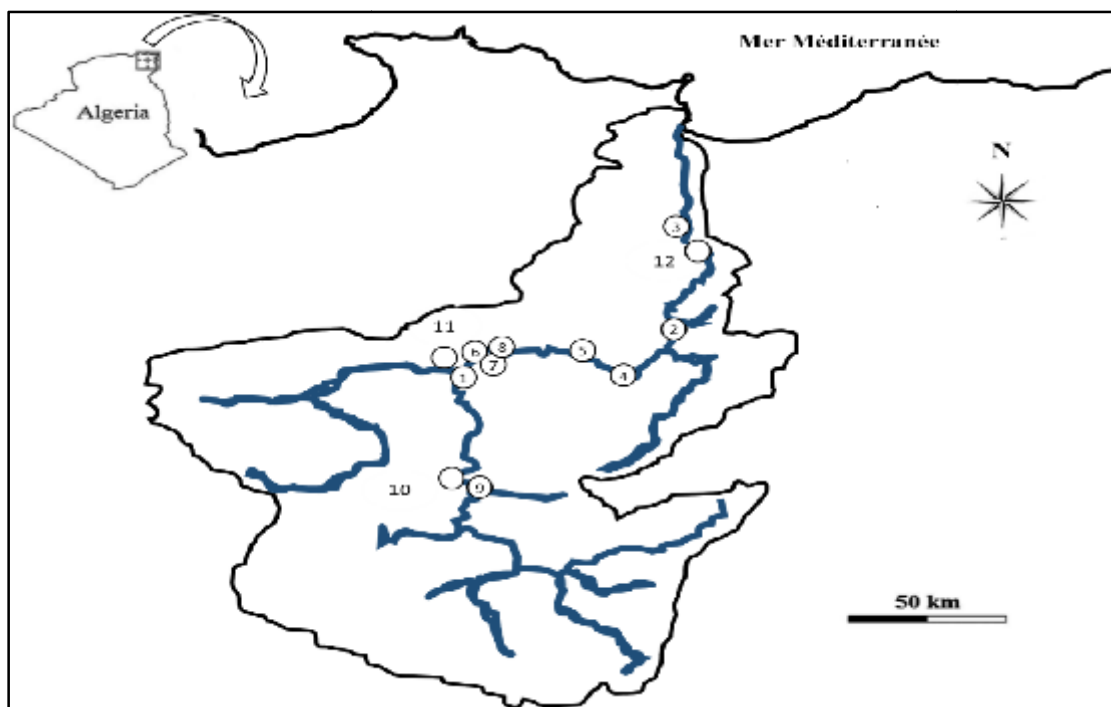


Figure 23 : Carte géographique des sites d'échantillonnage le long du cours d'eau principal de l'Oued Seybouse (Nord-est de l'Algérie).

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

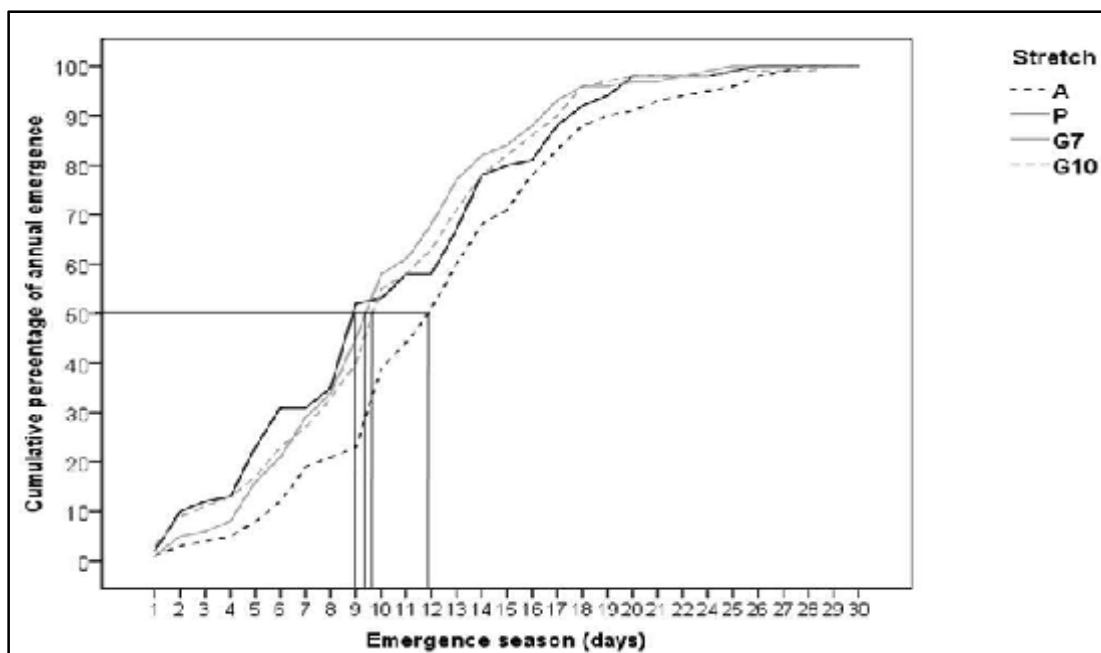


Figure 24 : Pourcentage cumulé de l'émergence annuel du *Gomphus lucasii* dans 4 étirements différents durant la saison de l'émergence de 2011. La ligne horizontale est fixée à 50%, de sorte que les lignes verticales indiquent l'EM50 de chaque étirement.

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
Jours	12	9	9	9	10
Date	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).

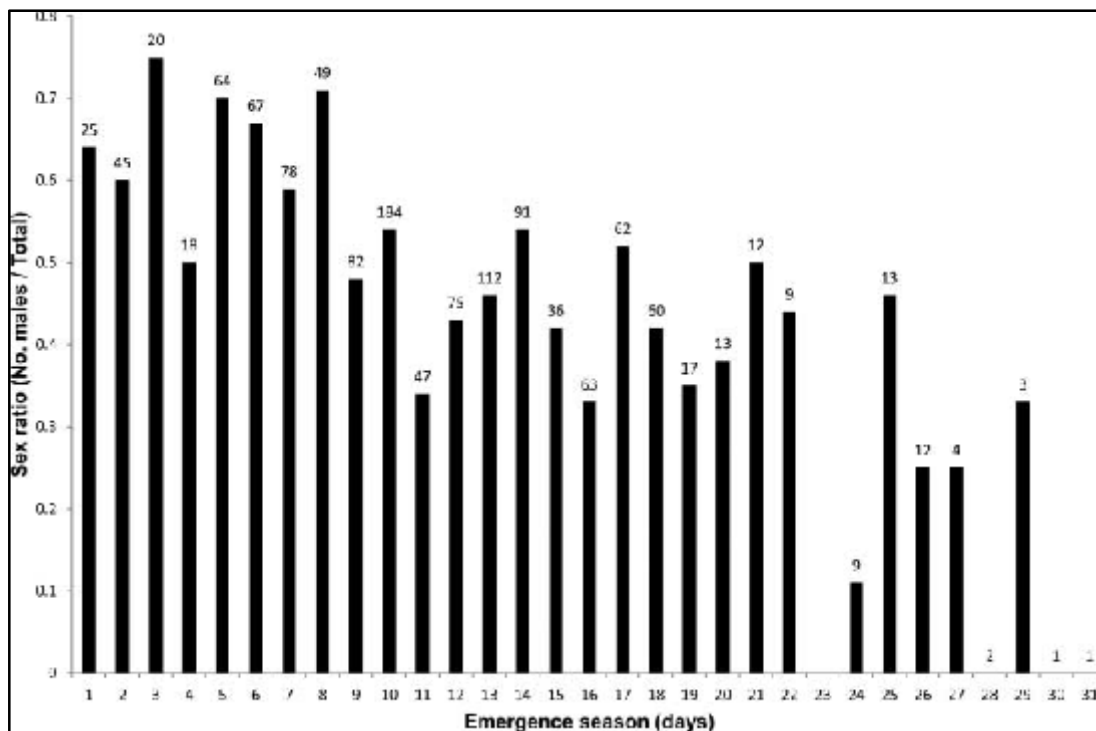


Figure 25 : Tendence de Sex-ratio du *Gomphus lucasii* pendant la saison de l'émergence de l'année 2011 pour les mâles.

1.1.1.2. Choix du support et stratification verticale

Les exuvies de la femelle (29.79 ± 1.09 mm, $N = 504$) étaient significativement plus longues que celles des mâles (28.91 ± 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 ± 1.03 mm, 29.71 mm ± 1.14 , 29.08 ± 1.21 mm et 29.07 ± 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).

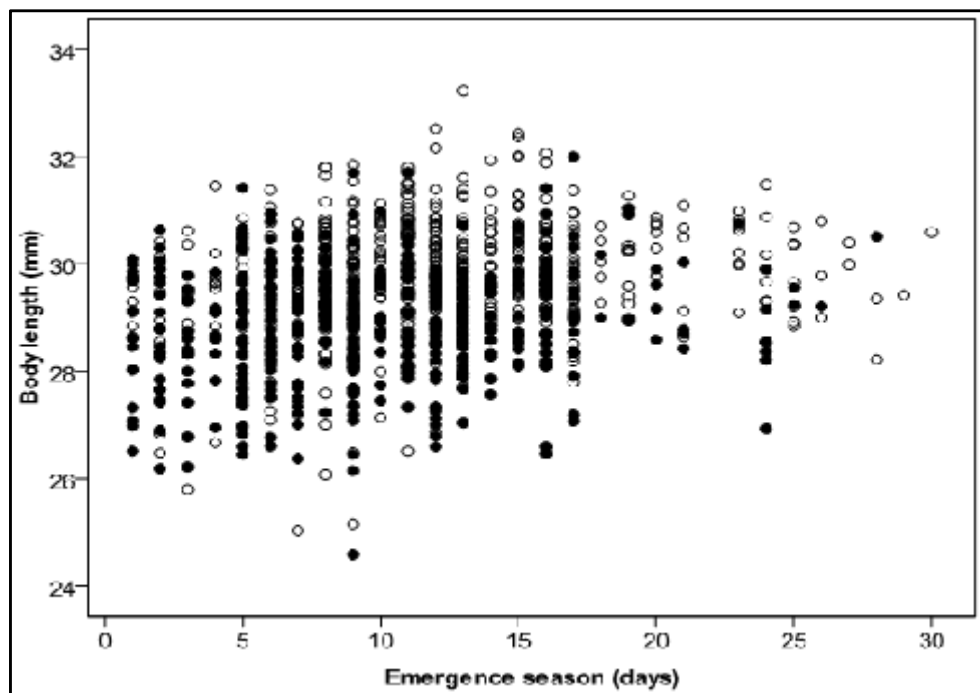


Figure 26 : La longueur du corps des exuvies du *Gomphus lucasii* au cours de la saison de l'émergence de 2011. Les données de tous les étirements ont été combinées. Cercles noirs présentes les mâles tandis que les cercles ouverts présentes les femelles.

Parmi les autres odonates coexistant (*Calopteryx exul*, *Platycnemis 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 ± 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 ± 70.87 cm tandis que le ratio moyen He/Hs était 38.47 ± 26.55 cm. Lorsque nous avons inclus seulement les individus émergents hors de l'eau, la distance exuvie/eau avait une moyenne de 51.35 ± 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).

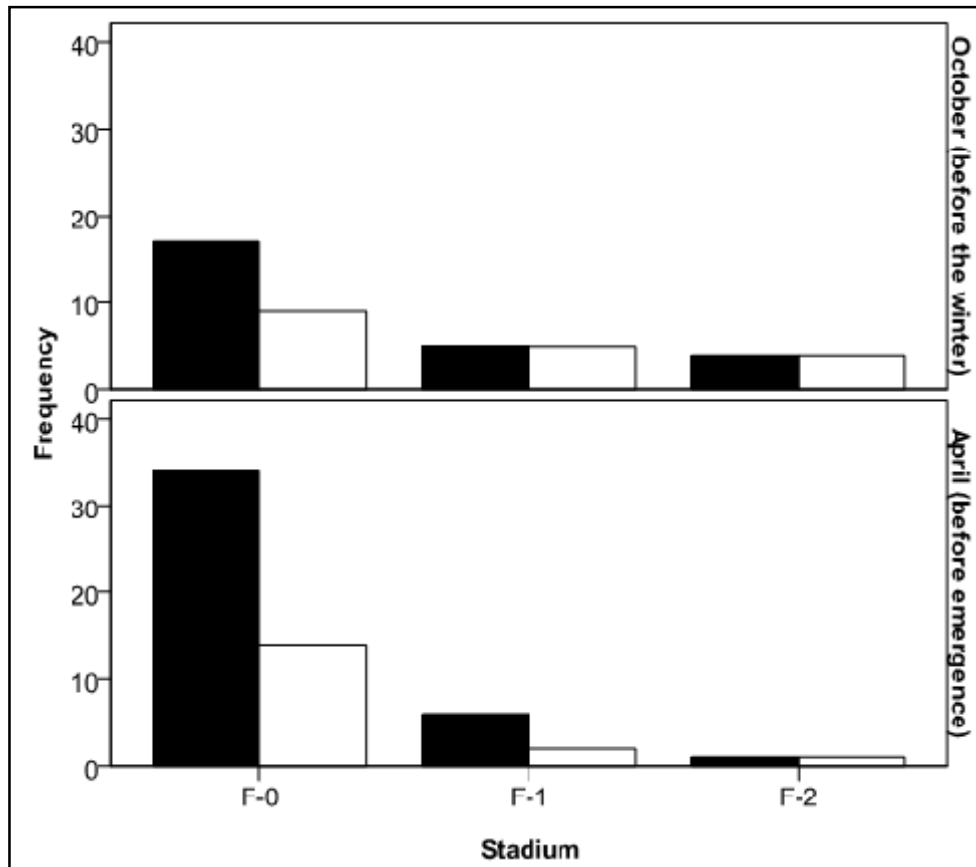


Figure 27 : Distribution en pourcentage des larves du *Gomphus lucasii* dans les trois derniers stades larvaires dans deux sites différents en octobre et avril. Les barres noires présentes le site G et les barres ouverts présentes le site P.

1.1.2. L'Onychogompe 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.

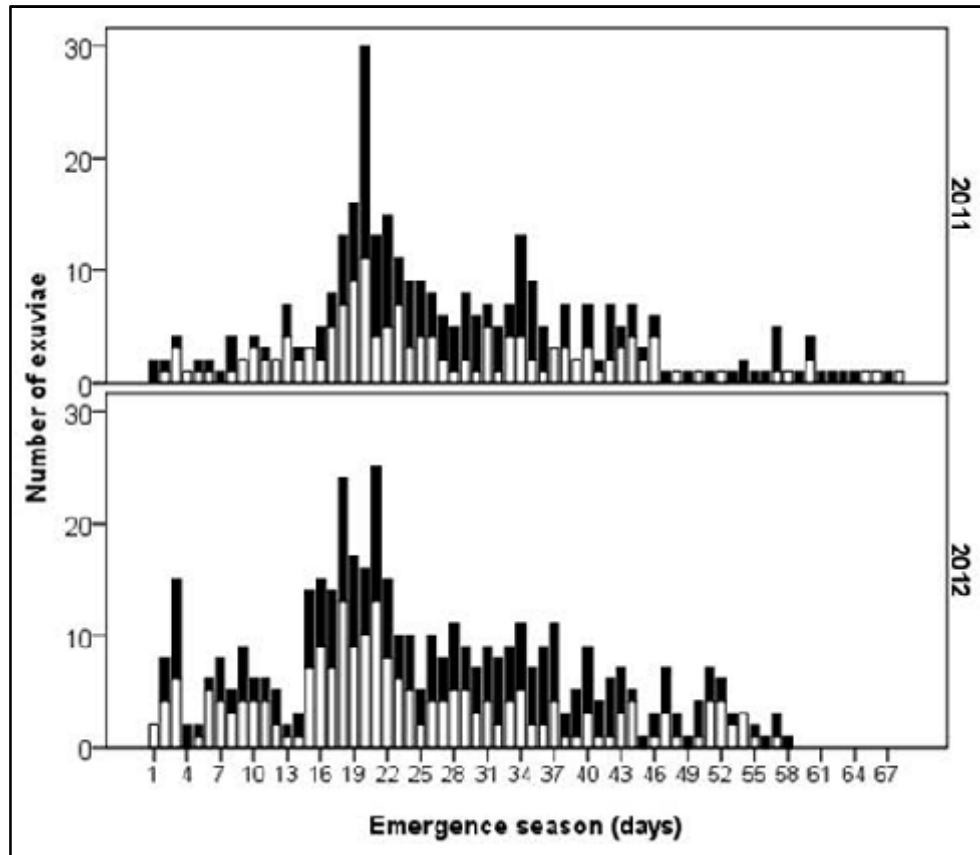


Figure 28 : Courbe d'émergence d'*O. costae* dans Oued Seybouse pendant deux saisons d'émergence 2011 et 2012. Les barres noires présentes les mâles et les barres ouverts présentes les femelles.

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 dans les deux années d'étude (χ^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.

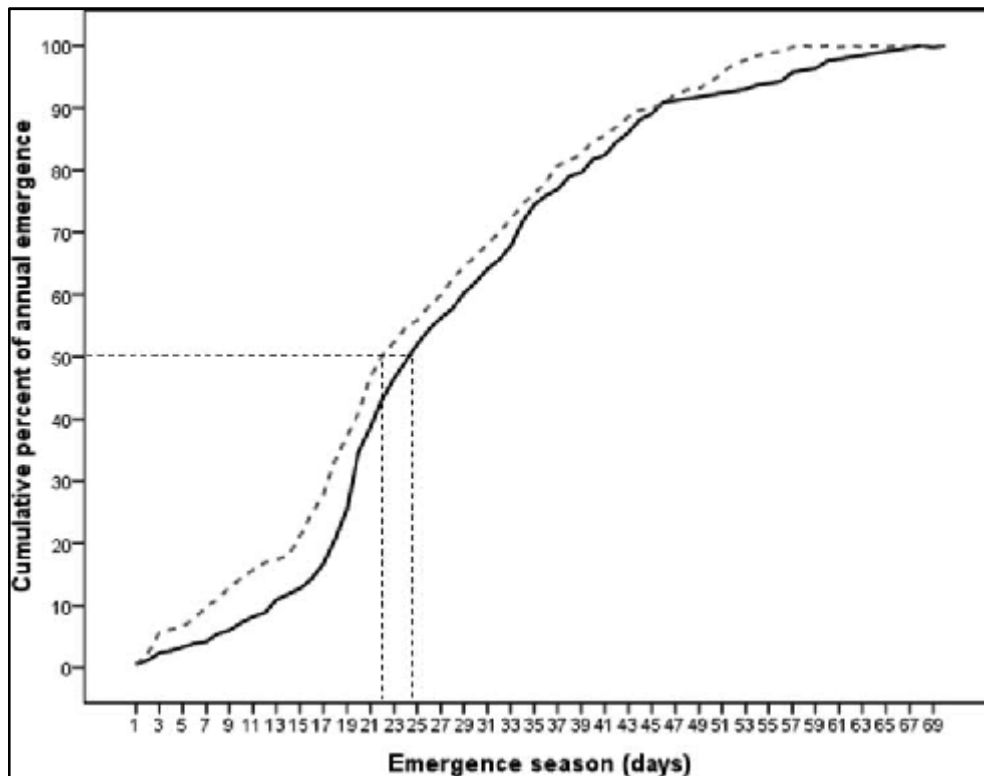


Figure 29 : Pourcentage cumulé d'émergence annuel d'*O. costae* dans Oued Seybouse pendant deux saisons d'émergence. Courbe continue et en pointillée présentent les saisons 2011 et 2012 d'émergence, respectivement. (La ligne horizontale est fixée à 50%, de sorte que les lignes verticales indiquent l'EM50 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
2011	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 <i>P</i> value	0.0001	0.0001	0.03	0.6	0.02
2012	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 <i>P</i> value	0.002	0.001	0.01	0.07	0.01
Moyenne	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 <i>P</i> 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 Spearman 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

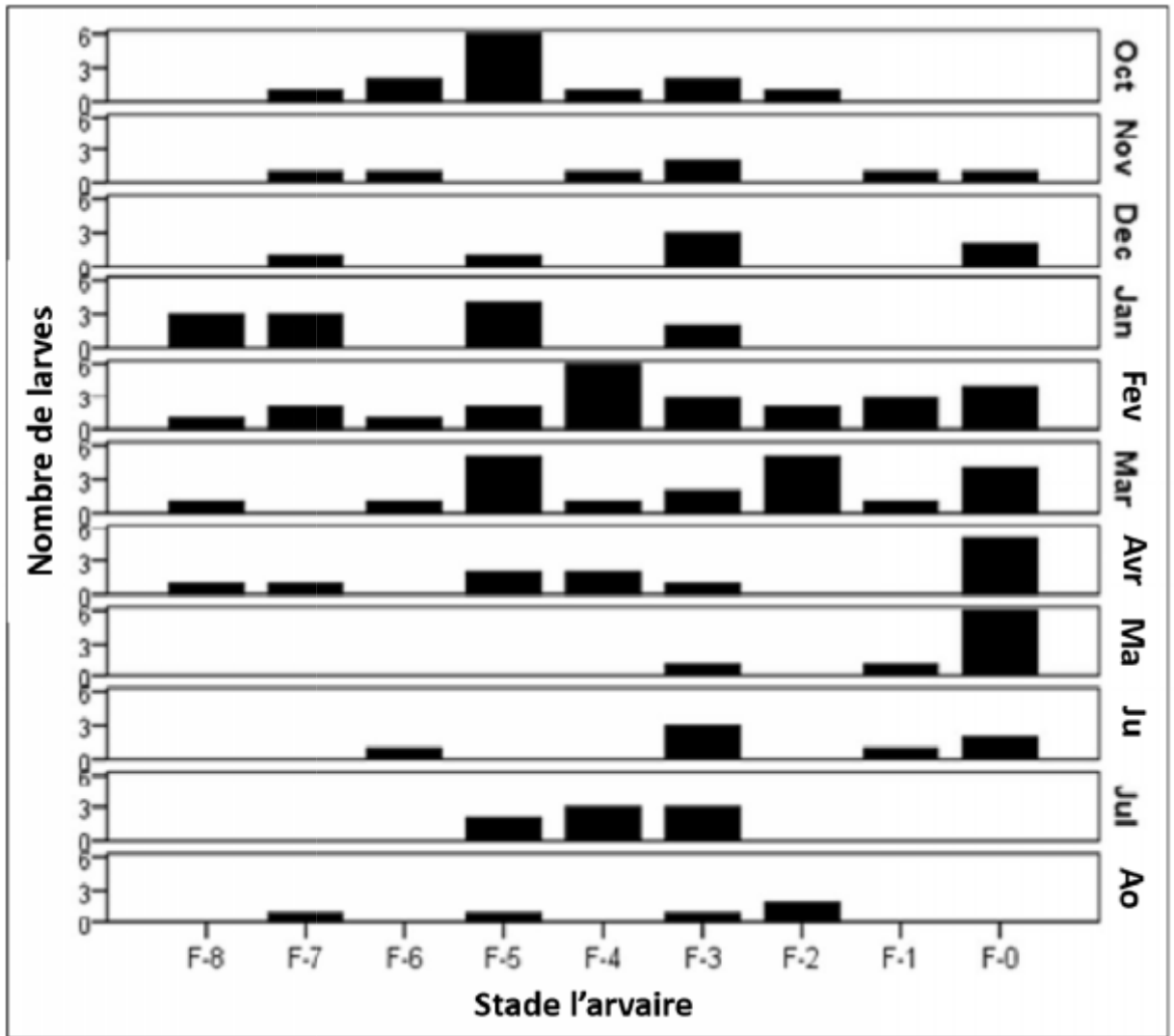


Figure 30 : Fréquence de Distribution des stades larvaires d'*O. costae* collectées mensuellement à Oued Seybouse en 2011 et 2012. Aucune larve n'a été recueillie en septembre.

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.

Resultats

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	χ^2 (P-value)
Mâle	Marquage	144	71	364	579	
	Relocalisation	14	2	33	49	
	Taux de relocal (%)	9.72	2.82	9.07	8.46	0.20
Femelle	Marquage	115	26	55	196	
	Relocalistion	8	2	4	14	
	Taux de relocal(%)	6.96	7.69	7.27	7.14	0.99
Total	Marquage	259	97	419	775	
	Relocalisation	22	4	37	63	
	Taux de relocal (%)	8.49	4.12	8.83	8.13	0.33
χ^2 (P-value)		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

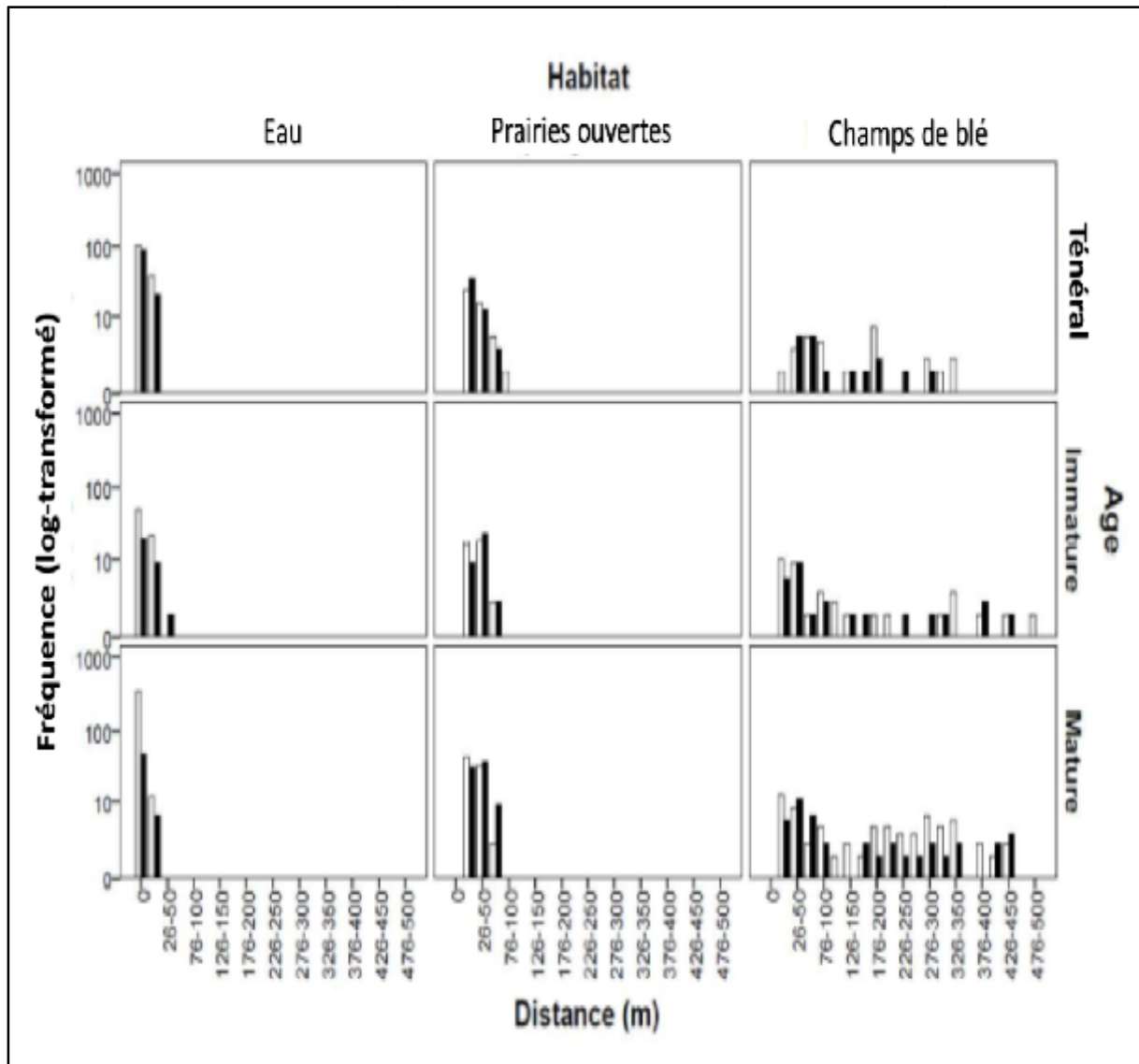


Figure 31 : Fréquence de distribution de la distance à partir de l'eau pour les individus du *Gomphus lucasii* selon l'âge et type d'habitat. Barres noires (mâles) et les barres ouverts (femelles).

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.

		Ténérale	Immature	Mature
Male	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
Femelle	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
Mann-Whitney U test (P value)		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

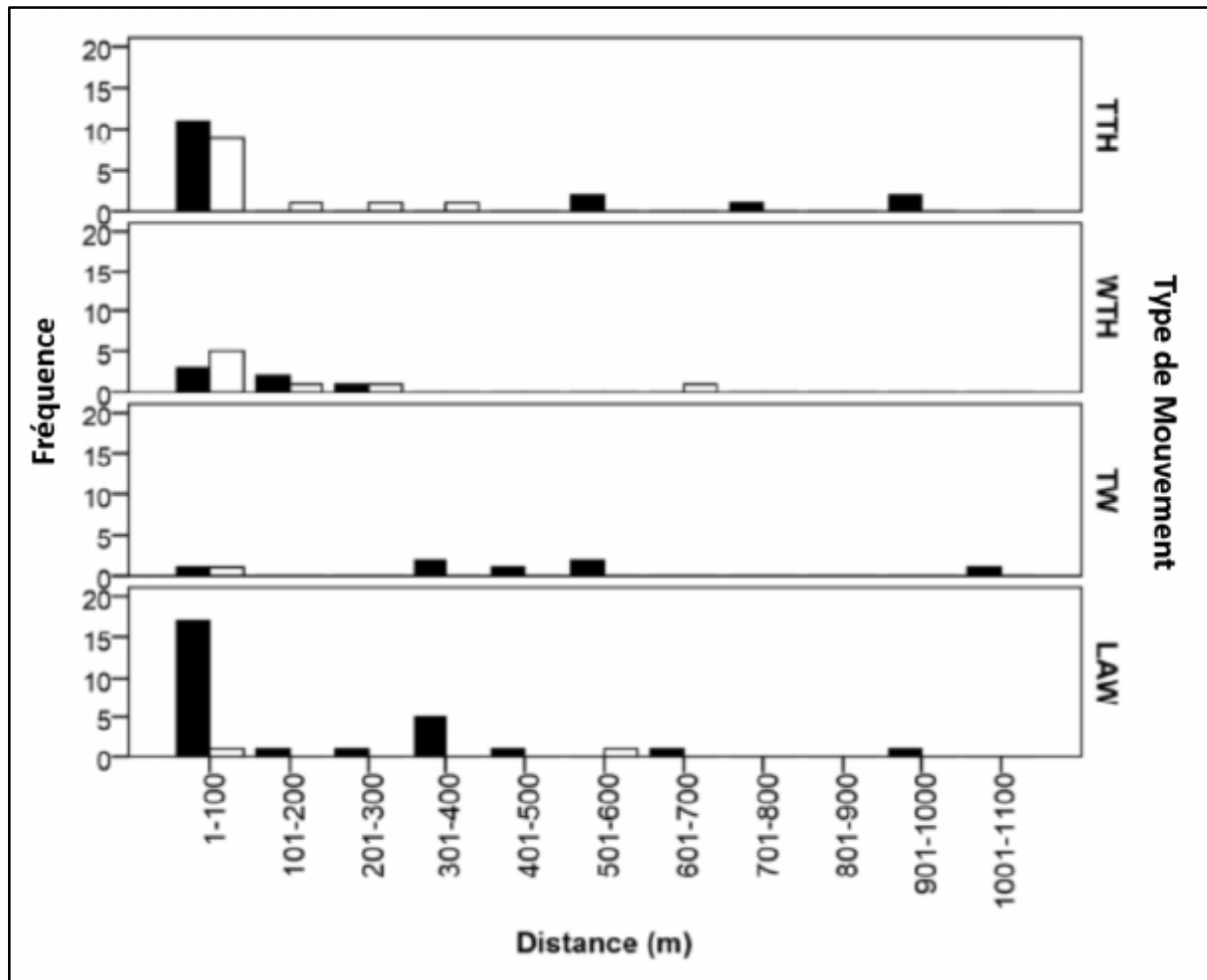


Figure 32 : Fréquence de distribution des distances parcourues par les individus du *G. lucasii* au sein et entre les habitats terrestres et aquatiques. Barres noires (mâle), barres ouverts (femelle). LWW: latéral au sein du cours d'eau; TTH: vers des habitats terrestres, WTH: Dans les habitats terrestres.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

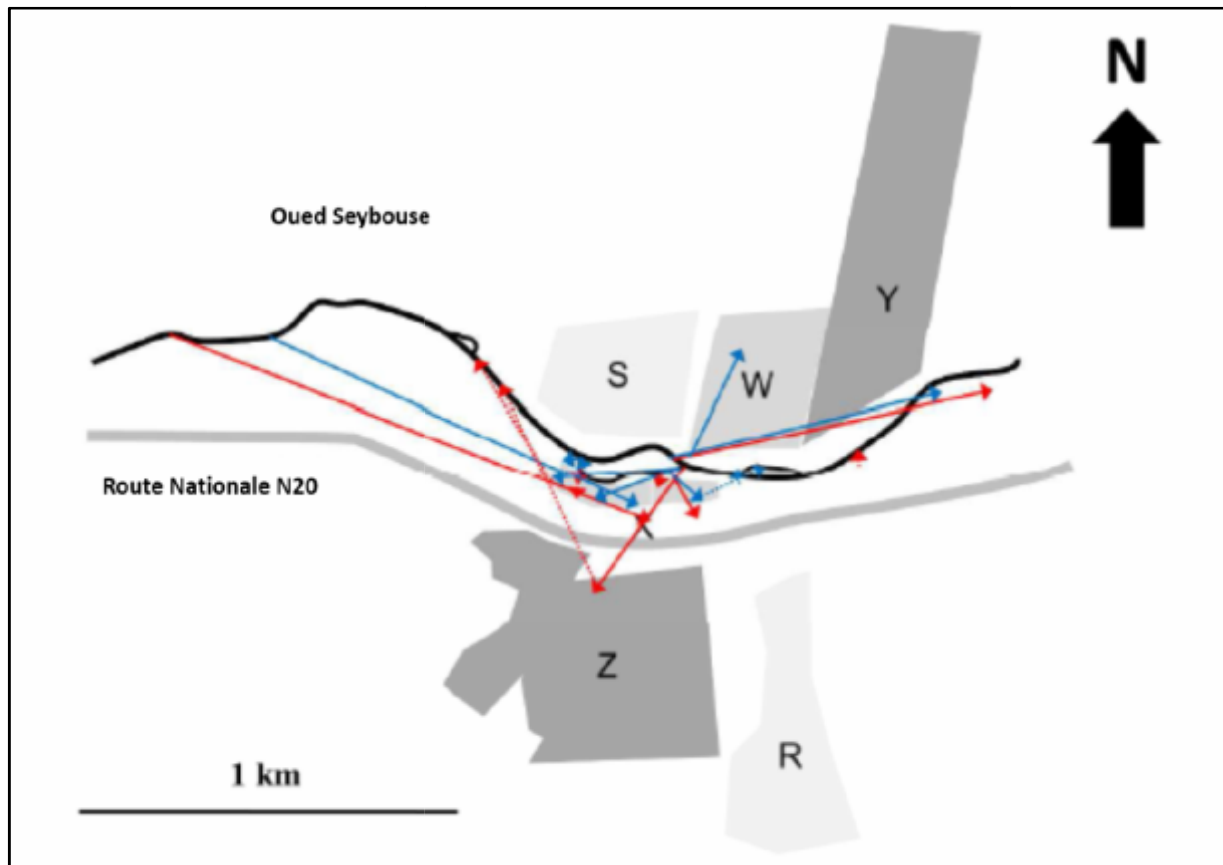


Figure 33 : Carte indiquant les mouvements de *Gomphus lucasii* De site d'émergence aux sites de maturation et de des sites d'habitat terrestre à l'eau. Bleu et rouge représentent femelles et les mâles, respectivement. Les lignes continues et pointillées se réfèrent à des mouvements De site d'émergence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

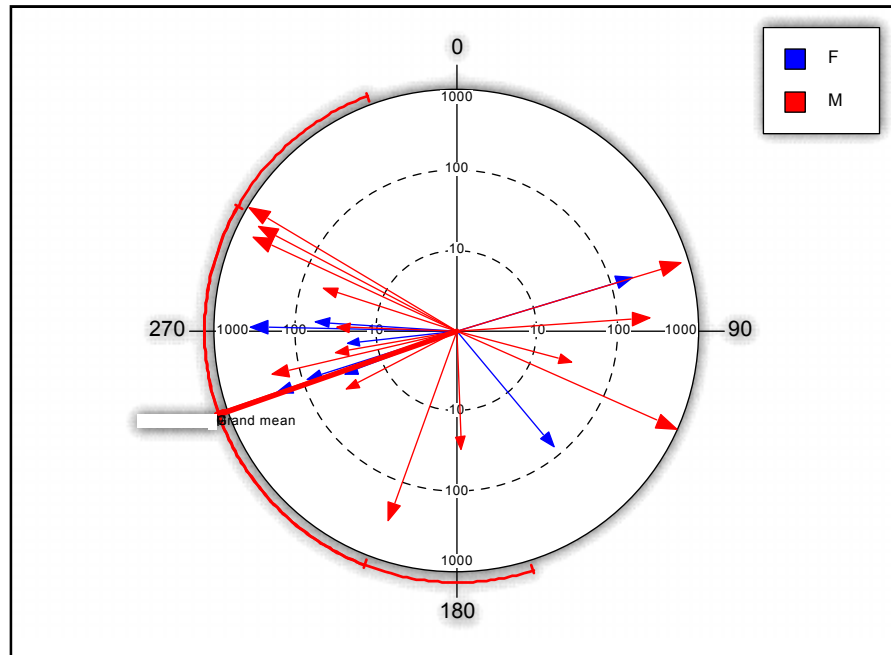


Figure 34 : Direction et la distance des mouvements de *G. lucasii* de l'émergence aux sites de la maturation. Rouge = Mâle (Rao's Spacing Test (U): $r = 0.29$, $U = 160.857$, $P > 0.05$, $n = 8$, Mean Vector = 250.84°); Bleu = Femelle (Rao's Spacing Test (U): $r = 0.56$, $U = 200$, $P < 0.01$, $n = 14$, Mean Vector = 250.64°). 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
Moyenne	440.17	377.00	123.67	141.00	78.00	406.00	175.15	259.50
Ecart-type	348.71	434.16	93.72	228.08	*	274.70	235.94	364.16
Min	15	70	23	2	*	17	2	2
Max	1000	684	259	681	*	969	969	517
N	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 ⁻¹)		Hauteur végétation (cm)		Densité végétation (%)		Densité pierres Emergentes (%)	
	Mâle	Femelle	Mâle	Femelle	Mâle	Femelle	Mâle	Femelle	Mâle	Femelle	Mâle	Femelle
Mean	11.7	6.48	78.2	62.50	0.86	1.12	174.1	203.13	62.4	56.88	4.51	4.06
SD	6.02	4.16	39.2	37.61	0.57	0.43	63.67	58.43	22.4	17.31	10.2	4.87
Min	0.7	2.1	15	15	0.2	0.8	15	130	5	25	0	1
Max	27	12	170	110	2	2	350	280	90	80	40	28
N	71	8	71	8	71	8	71	8	71	8	71	71
Spearman correlation r	-0.01	-0.22	-0.12	-0.11	0.35	0.23	-0.07	0.10	-0.10	-0.13	0.17	0.11
P-value	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.

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

Resultats

a. Mature

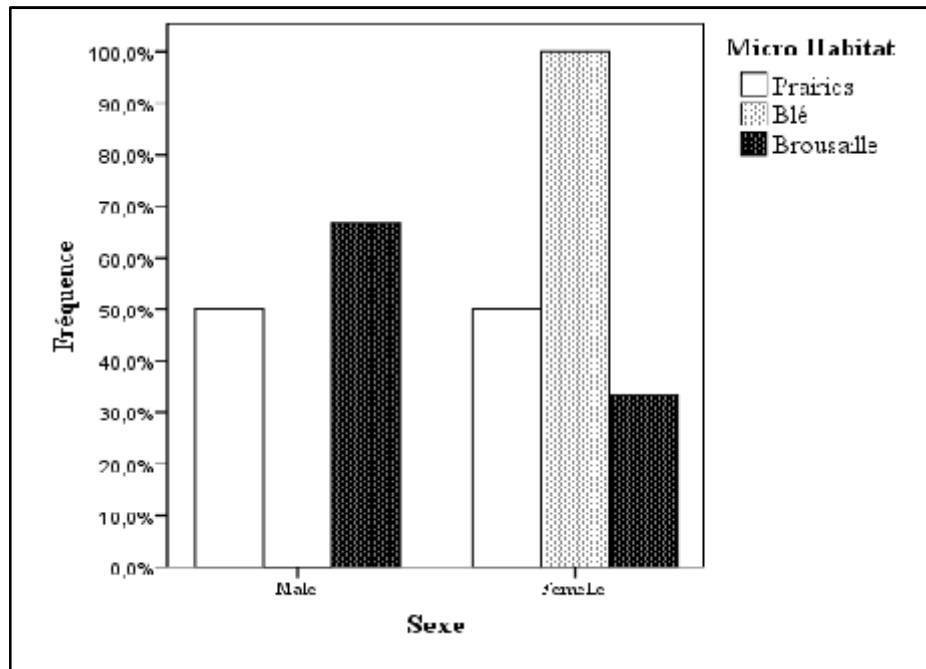


Figure 35 : Fréquence de distribution de l'*O.costae* adulte (mature) marqué au sein des habitats terrestres.

b. Immature

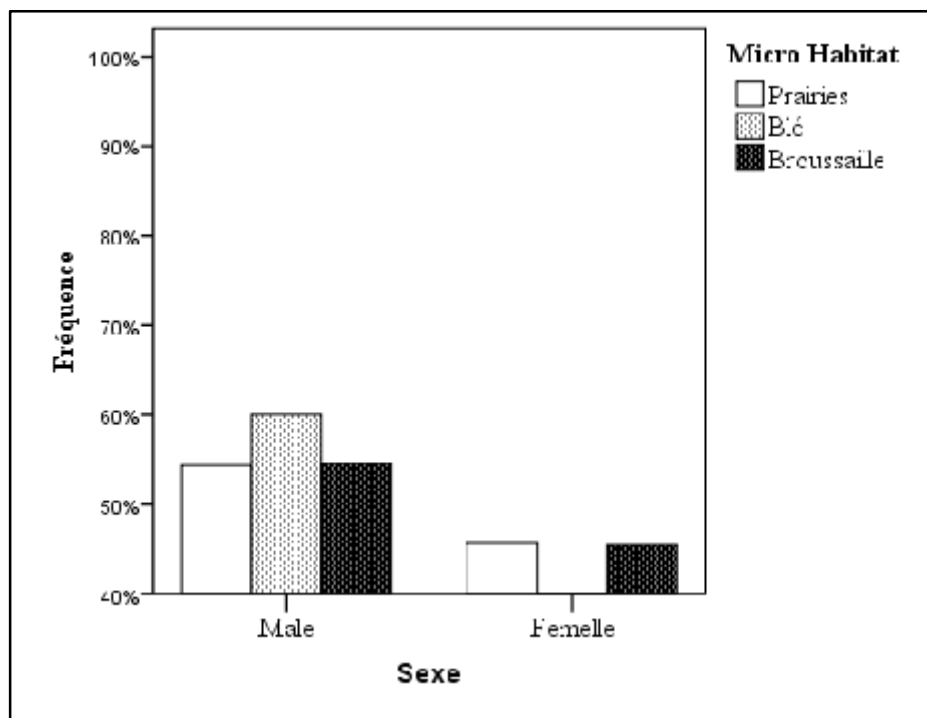


Figure 36 : Fréquence de distribution de l'*O.costae* (Immature) marqué au sein des habitats terrestres.

c. Ténérale

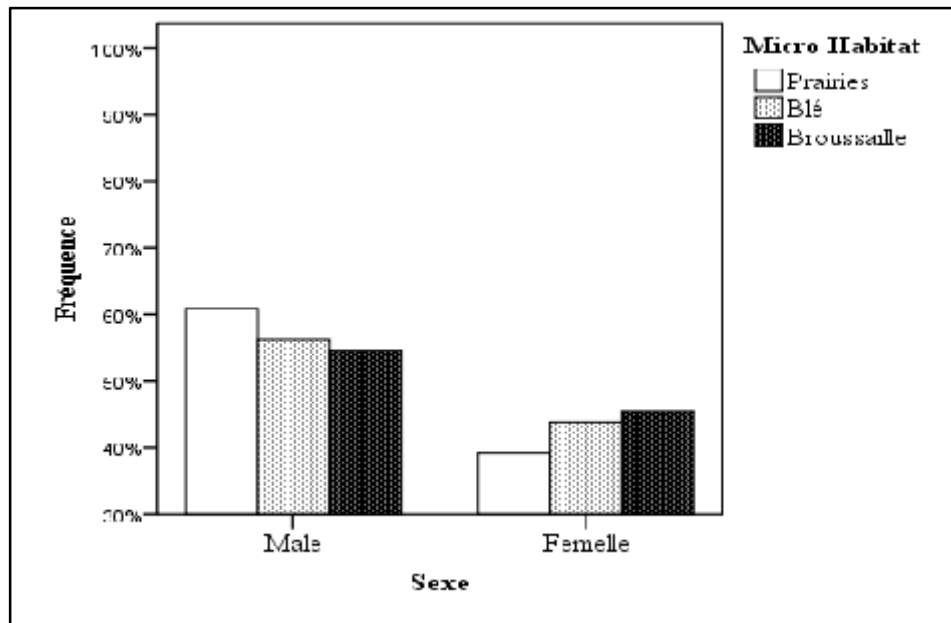


Figure 37 : Fréquence de distribution de l'*O. costae* (Ténérale) marqué au sein des habitats terrestres.

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

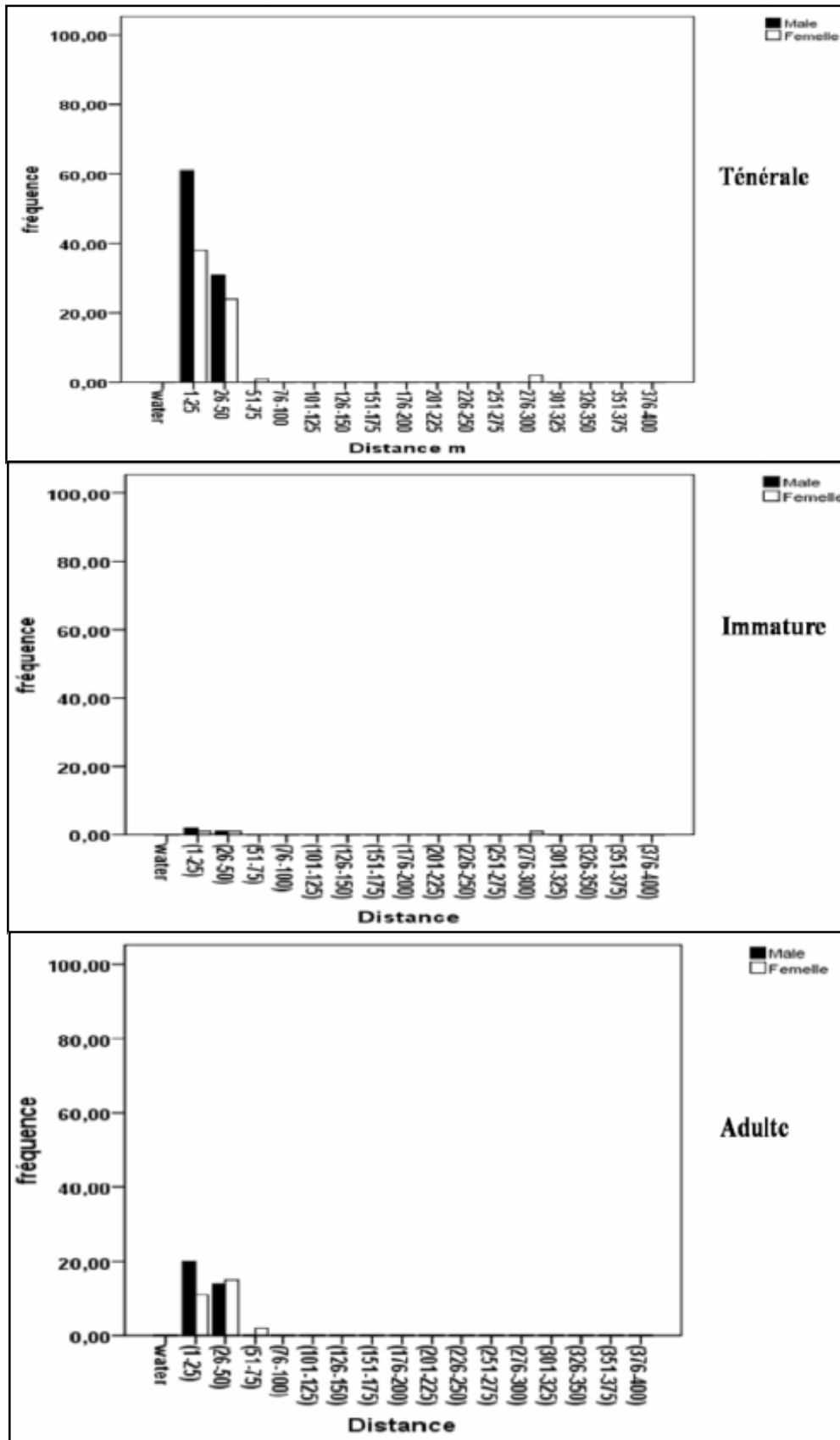


Figure 38 : Fréquence de distribution de la distance à partir de l'eau pour les individus du *O. costae* selon l'âge.

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.

		Ténérale	Immature	Mature
Mâle	Mean	20.97	15.33	22.32
	SD	11.16	12.85	11.43
	Min	2	6	4
	Max	50	30	50
Femelle	Mean	31.78	119	29.57
	SD	49.33	157.33	13.99
	Min	6	15	10
	Max	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 ± 5.65 jours et une distance moyenne de 107.50 ± 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 ± 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 <i>G. lucasii</i>	Nbr de <i>O. costea</i>	Nombre d'échantillonnage
Medjez Amar (1)	S1	3	26	5
Oued fregha	S2	3	149	5
Drean	S3	15	4	5
Halia	S4	0	65	5
Boumahra-affluent	S5	47	0	5
El-Fedjoug	S6	1	0	5
Pepinière G	S7	20	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.lucaii* (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>
Conductivité (µS)	513 ± 352	1197.66 ± 327
Température (°C)	22.26 ± 1.42	24.53 ± 4.30
Salinité (ppt)	0.35 ± 0.09	0.58 ± 0.18
O2 (mg /l)	8.26 ± 0.05	11.07 ± 0.55
pH	7.69 ± 0.35	7.8 ± 0.06
vélocité (m/s)	1.05 ± 0.30	1.12 ± 0.17
limon (%)	56.66 ± 5.77	16.66 ± 15.27
sable (%)	20 ± 10	13.33 ± 5.77
Gravier (%)	10	3.33 ± 5.77
pavé (%)	13.33 ± 5.77	66.66 ± 5.77
Profondeur de l'eau (cm)	51.66 ± 16.07	27.66 ± 7.5
Largeur (m)	12 ± 10	14 ± 12.28
Nombre Max de <i>G. lucasii</i>	9.40 ± 2.30	4 ± 3.46
Nombre Max de <i>O. costae</i>	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 expliquée 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

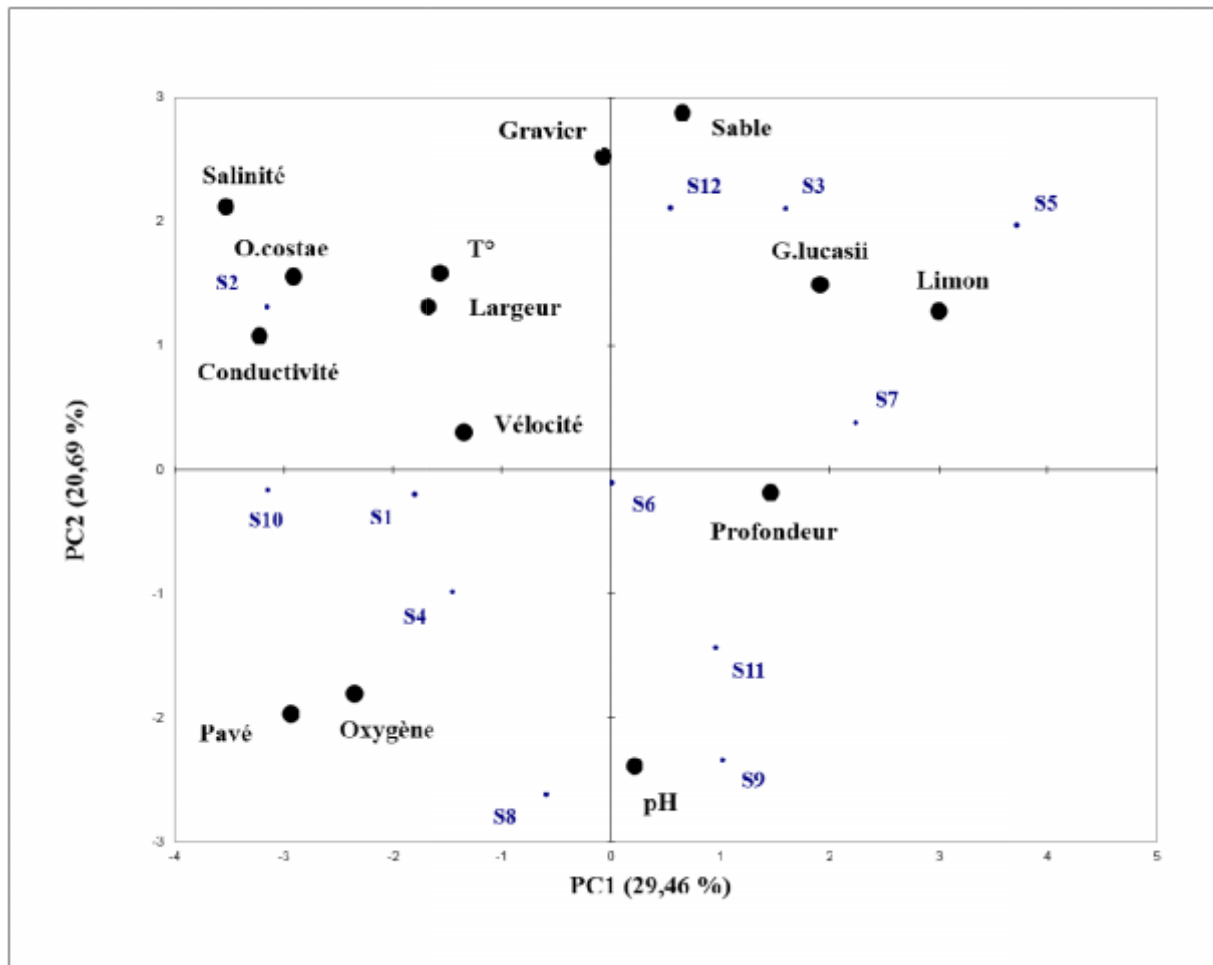


Figure 39 : Biplot d'analyse en composantes principales réalisée pour les caractéristiques de l'habitat, l'abondance des deux espèces (*G. lucasii*, *O. costae*), et les sites d'échantillonnage.

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

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 uncatulus* 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 mâles 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 uncatus* ($17,40 \pm 4,27$ 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 évitées

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 latitude 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. uncatius* (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. uncatius* (17.40 ± 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* (Zebsa et al., soumis).

La structure de la population de *O. costae* était typique des espèces estivales (Corbet, 1954), semblable à celle présentée pour *O. uncatius* en France (Suhling, 1995). Compte tenu de la grande variabilité des tailles avant l'hiver ainsi que le développement embryonnaire direct de l'espèce (Zebsa, 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 (Zebsa, 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 ± 21 m et 432 ± 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%) (Zebbsa 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* (Zebbsa 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 Khelifa, 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* (Zebsa 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 ± 102.53 m, et était inférieure à celle de *G. lucasii* avec 180.97 ± 238.54 m (Zebsa et Khelifa, 2015), *P. longipennis* avec 430 m (320-1910 m) (McCauley, 2010) et *Leucorrhinia hudsonica* avec 210 ± 21 m et 432 ± 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 ± 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 ± 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 corrutum* (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 *Pyrrhosoma nymphula* (Sulzer) (Zygoptera, Coenagrionidae). *Hydrobiologia* 310:71–78.

Bennett S. et Mill P.J. (1993). ‘Larval development and emergence in *Pyrrhosoma 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.

Boudot J. P. (2010). *Onychogomphus costae*. www.iucnredlist.org.

Boudot J. P. 2010. *Gomphus lucasii*. In IUCN 2012. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.2. <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 *Limnochara 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, *Wetherby: 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.

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 *Pyrrhosoma 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 Berücksichti-Kleingung 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, Neufchâtel.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 coeruleescens* 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 company, 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 uncatus* (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).

الدراسة التي قمنا بها المتمثلة في :

دراسة بيئة و بيولوجية نوعين من اليعاسيب (*Gomphus lucasii* و *Onychogomphus costae*) في وادي سيبوس شمال شرق الجزائر سمحت لنا بمتابعة (النشوء، اختيار البيئة المناسبة، اليرقة، *exuvie* ، التنظيم الفصلي اما بالنسبة لحركة و انتشار اليعاسيب (العمر، الانتثار، *Philopatry* ، اختيار البيئة الدقيقة)

فصل النشوء بالنسبة *Gomphus lucasii* يبدأ من 29 أبريل الى 30 ماي و يبلغ ذروته في 08 ماي بينما *Onychogomphus costae* يبدأ في منتصف شهر ماي و تستمر 68 و 58 يوم مع بلوغ ذروة النشوء في نهاية ماي و بداية جوان في سنة 2011 و 2012 على التوالي و قد تأثر التقسيم الطبقي العمودي في النشوء أثناء الصعود على الأسس النباتي بالنسبة للنوعين بـ : ارتفاع الأساس النباتي، حجم الجسم و الرأس، الكثافة اليومية للنشوء بالنسبة للنوعين أما بالنسبة للوفيات أثناء النشوء يرجع أساسا الى النشوء و الافتراس من قبل الطيور و النمل بنسبة 1.44 و 9.15 % من المجموع بالنسبة لـ : (*Gomphus lucasii* و *Onychogomphus costae*) على التوالي :

بالنسبة لحركة و انتشار النوعين، مجموع 1300 و 255 فرد معلم مع معدل اعادة التمركز 8.13 % و 2.66 % على طول المجرى المائي و كانت الإناث بعيدة بشكل ملحوظ عن المياه بالنسبة للذكور و هذا بالنسبة للنوعين (*Onychogomphus costae* و *Gomphus lucasii*)

على التوالي و لوحظ أن *La Philopatry* بالنسبة للذكور لأماكن التزاوج بمتوسط قدره 1.11 % في حين كانت أقل عن موقع النشوء 0.4 %

كما لوحظ أن الحد الأقصى للعمر بالنسبة (*Gomphus lucasii*) 27 و 21 يوما بالنسبة للذكور و الإناث على التوالي بينما 31 و 47 يوما للذكور و الإناث على التوالي بالنسبة لـ : (*Onychogomphus costae*)

الكلمات المفتاحية :

النشوء، الانتثار، *Philopatry* ، اختبار البيئة (*Gomphus lucasii* و *Onychogomphus costae*)

واد سيبوس شمال شرق الجزائر



Emergence pattern, microhabitat choice, and population structure of the Maghribian endemic *Gomphus lucasii* Selys, 1849 (Odonata: Gomphidae) in northeastern Algeria

Rabah Zebsa, Rassim Khelifa & Amin Kahalerras

To cite this article: Rabah Zebsa, Rassim Khelifa & Amin Kahalerras (2014) Emergence pattern, microhabitat choice, and population structure of the Maghribian endemic *Gomphus lucasii* Selys, 1849 (Odonata: Gomphidae) in northeastern Algeria, *Aquatic Insects*, 36:3-4, 245-255, DOI: [10.1080/01650424.2015.1083587](https://doi.org/10.1080/01650424.2015.1083587)

To link to this article: <http://dx.doi.org/10.1080/01650424.2015.1083587>



Published online: 08 Oct 2015.



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



Article views: 10



View related articles [↗](#)



View Crossmark data [↗](#)

Emergence pattern, microhabitat choice, and population structure of the Maghribian endemic *Gomphus lucasii* Selys, 1849 (Odonata: Gomphidae) in northeastern Algeria

Rabah Zebsa^a, Rassim Khelifa^{b*} and Amin Kahalerras^b

^a*Département d'écologie et du génie de l'environnement, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers, Université 08 Mai 1945, Guelma 24000, Algérie;*

^b*Département de biologie, Faculté des Sciences biologiques et agronomiques, Université de Tizi Ouzou, Tizi Ouzou 15000, Algérie*

(Received 14 April 2013; accepted 8 August 2015; first published online 8 October 2015)

Emergence of *Gomphus lucasii* Selys, 1849, an unstudied Maghreb endemic, was synchronised by overwintering in the final stadium in the Seybouse River in northeastern Algeria. Regular collections revealed that half of the annual population emerged during 10 days, showing a typical 'spring species' emergence pattern. Sex ratio was slightly male biased (51%). Males and females did not differ in vertical stratification. Emergence support choice was not random, but rather depended on support height, body size, and daily population density. Mortality was caused mainly by ants, although deformity of teneral and bird predation were also important factors. *Gomphus lucasii* has been assessed as vulnerable (International Union for Conservation of Nature (IUCN) Red List), and the information provided in our study will be helpful in future conservation efforts.

Keywords: Odonata; dragonfly; *Gomphus lucasii*; endemic; exuviae; emergence; Algeria

Introduction

Emergence is a very important stage in the life cycle of aquatic insects characterised by the passage of individuals from aquatic to terrestrial (aerial) life. In odonates, like many other aquatic insects, individuals should choose a suitable support and leave the water to achieve the ecdysis process (Corbet 1999). At this stage, they spend a substantial time in an immobile state, vulnerable and unable to escape any predation attempt. To cope with this handicap, odonates species have evolved a variety of spatiotemporal emergence patterns by choosing the right site at the right time. In fact, many species tend to emerge at night to escape the diversity of predators that could be encountered during daytime, while others have diurnal or even mixed emergence rhythms (Corbet 1999). Therefore, site selection plays a significant role to minimise mortality risks at emergence (Banks and Thompson 1985; Gribbin and Thompson 1991; Corbet 1999; Purse and Thompson 2003). The choice of emergence sites by Odonata and other aquatic insects might be shaped by predation pressure, inducing a selection process favouring specific periods and space to avoid detection, as has been found in many vertebrates and invertebrates (Hieber 1984; Mangel 1987; Rehfeldt 1990; Magnusson and Hero 1991; Thompson and Pellmyr 1991).

Once the whole emergence process is completed, teneral leave the final instar exuviae behind and take their first flight. Surveys have shown that exuviae provide valuable

*Corresponding author. Email: rassim.khelifa@ieu.uzh.ch

information on habitat suitability (Raebel, Merckx, Riordan, Macdonald, and Thompson 2010), sex ratio, emergence density, and temporal pattern of emergence (Corbet 1999). Moreover, Foster and Soluk (2006) demonstrated that exuviae sampling gave reliable estimation of larval population density. In addition, using this material like an indirect and non-invasive sampling method is valuable to monitor species of conservation concern. However, despite all advantages in using exuviae-based surveys they remain markedly neglected with respect to adults (Raebel et al. 2010).

Within the Mediterranean basin, only two species of dragonflies (*Cordulegaster princeps* Morton, 1915 and *Gomphus lucasii* Selys, 1849) are endemic to the Maghreb (Riservato et al. 2009). The former species is confined to the Moroccan high and middle Atlas, whereas the latter has a larger distribution ranging from Tunisia to the extreme west of Algeria (Boudot 2010). *Gomphus lucasii* (Algerian cuttail) (Odonata: Gomphidae) is currently listed vulnerable in the IUCN Red list and is one of the most unstudied gomphids in the Palaearctic. Boudot (2010) stated that 30 localities are currently known (17 in Tunisia and 13 in Algeria) and in half of them, the species is either extinct or threatened due to severe pollution and degradation of watercourses. He also claimed that no population reached 250 adults and the global population size was approximately 2500 individuals.

The purpose of our study was to investigate the temporal pattern of emergence, micro-habitat choice, and seasonal regulation of *G. lucasii* in the Seybouse River (northeastern Algeria), a site known to harbour the largest population of the endangered *Calopteryx exul* Selys, 1853 in the world (Khelifa 2013).

Material and methods

Study site

This study was carried out in the Seybouse River upstream (northeastern Algeria), 5 km west of Guelma (36°28'N, 7°22'E). Two sites, approximately 1.5 km apart, were selected in which two 20-m stretches were sampled. Site 1 was consisted of stretches G7 and G10, both occurred at the main water course. Site 2 included stretch A along the main water course and stretch P at a shallow channel 300 m long. Vegetation of stretch A and P consisted of dense *Typha angustifolia* Linnaeus, 1753 while that of stretch G7 to G10 was dominated mainly by *Cyperus longus* Linnaeus, 1753, *Paspalum distichum* Linnaeus, 1753, *T. angustifolia*, *Tamarix gallica* Linnaeus, 1753, and *Salix pedicellata* Desf, 1799.

Sampling methods

Based on previous observations on the flight period of *G. lucasii* in the Seybouse River (Khelifa et al. 2011), we started daily visits along the four study stretches (A, P, G7, and G10) in mid April 2011 in order to note the exact onset of emergence. The end of emergence period was confirmed after seven subsequent visits of unsuccessful exuviae collection. Exuviae were daily collected in late afternoon (at 04:00 pm) within all stretches by intensively searching the bank vegetation, emergent stones, and soil. Final instar larvae of dragonflies may travel remarkable distance out of the water before choosing a suitable support, so areas parallel to stretches were also checked for potential exuviae (up to 5 m from water). We measured the height of the exuviae fixation (*He*) (distance from the water surface to the tip of exuviae abdomen), the height of the chosen support (*Hs*) and the distance from the water for each exuviae to the nearest 1 cm. The ratio between height

of the exuviae fixation and support height was calculated (He/Hs , hereafter). Water level was measured daily with a graduated stick in the middle of P stretch over the entire emergence season. In the laboratory, the exuviae were sexed and the body length was measured to the nearest 0.01 mm using a digital calliper. Broken or fragmented exuviae were not measured and, therefore, were not included in statistical analyses related to body size. The number of days when 50% of the population had emerged (EM50) was estimated.

One of the most defining characteristics of spring species is that most larvae overwinter in the last instar, so that their emergence in the spring will be synchronous (Corbet 1954). In such species, the three last instars are usually enough to determine the population structure and seasonal regulation of a species (Suhling 1995). Larvae were collected in October 2011, April 2012, and August 2012 with a rectangular hand net from the substrate or the bank vegetation in two different localities (P and G10). Individuals were measured (body length) in the field with a digital calliper to the nearest 0.01 mm. The percentages of final instar larvae before the winter (October) and before emergence (April) were calculated for each site. Lutz's (1968) nomination of instars was followed (F-0: final, F-1: penultimate, F-2: antepenultimate for the last three instars).

Data analysis

Statistical analyses were carried out using SPSS 17.0 software. Non-parametric tests were applied when residuals were not normally distributed. Chi-square tests were used to reveal sex ratio deviations from unity (1:1) at emergence in all study stretches. Kruskal–Wallis tests were used to detect potential significant differences in exuviae abundance, body length, height of exuviae fixation, support height, ratio He/Hs , and distance from the water between the four study stretches. Mann–Whitney U -tests were used to test for differences in body length, height of exuviae fixation above the water, support height, ratio He/Hs , and distance from the water between males and females. To test if body size had an effect on individual microhabitat choice, Spearman correlations were used between exuviae body length and the four following parameters: height of exuviae fixation, support height, ratio He/Hs , and distance from the water. Similarly, to search for eventual density-dependent microhabitat choice, the relationship between daily exuviae density and the latter parameters was tested. In the shallow P channel, water level usually varied daily during the emergence season. We investigated the effect of such variability on support choice by using a Spearman correlation between water level and daily number of individuals emerging on stones. Spearman correlation was also used between body length and emergence date to show if individual body size increased or decreased over the emergence season. To test if the height of exuviae fixation above the water surface depended on the support height and on its position according to the support, Spearman correlations were used between support height, height of exuviae fixation, and ratio He/Hs . Mann–Whitney U -test was used to compare the distances travelled from the water to terrestrial habitats by predated and non-predated larvae.

Results

Abundance and sex ratio

A total of 1247 exuviae were collected from the four study stretches. Abundance of *G. lucasii* was significantly variable between the four stretches ($\chi^2 = 42.32$, $df = 3$, $p < 0.0001$) ranging from 83 to 499 individuals (Table 1).

Table 1. Abundance and sex ratio at emergence of *Gomphus lucasii* Selys, 1849 in the four study stretches.

	A	P	G7	G10	Total
Number of exuviae	499	309	83	383	1274
Number of males	252	155	49	193	649
% males	50.5	50.16	59.03	50.39	50.94
<i>p</i> -value of χ^2 test	0.64	0.97	0.30	0.61	0.70

All exuviae from all stretches combined emerged within 31 days from 29 April to 30 May showing a peak on 8 May representing 14.44% of the total emergent population. Cumulative per cent of annual emergence is presented in Figure 1.

The overall EM50 was 10 days. EM50 was 9 days in stretches P, G7 and G10, but 12 days in stretch A (Table 2).

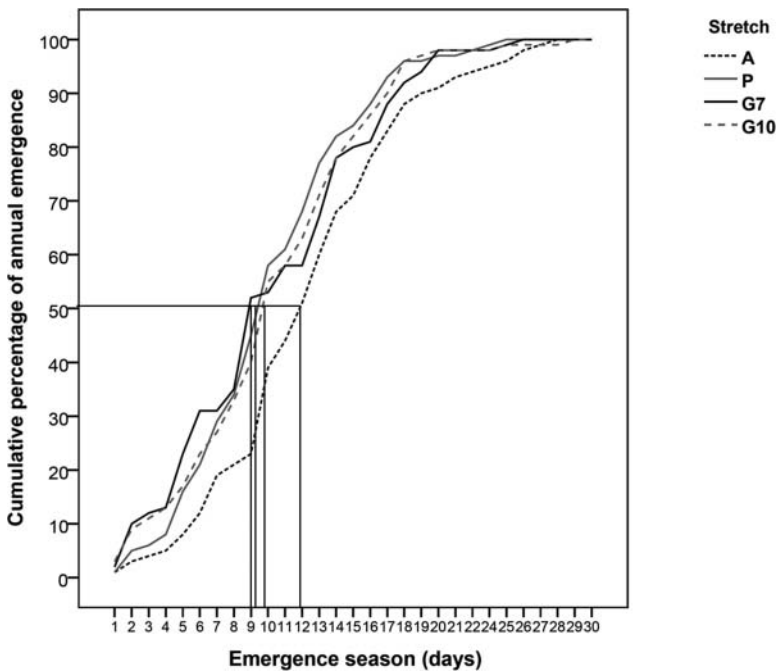


Figure 1. Cumulative percentage of annual emergence of *Gomphus lucasii* Selys, 1849 in four different stretches in the emergence season of 2011. The horizontal line is set to 50% so that the vertical lines indicate the EM50 of each stretch.

Table 2. Post-emergence time in days and date after which 50% of the annual population of *Gomphus lucasii* Selys, 1849 had emerged (EM50) at the sample stretches.

	A	P	G7	G10	Total
Days	12	9	9	9	10
Date	10 May	7 May	7 May	7 May	8 May

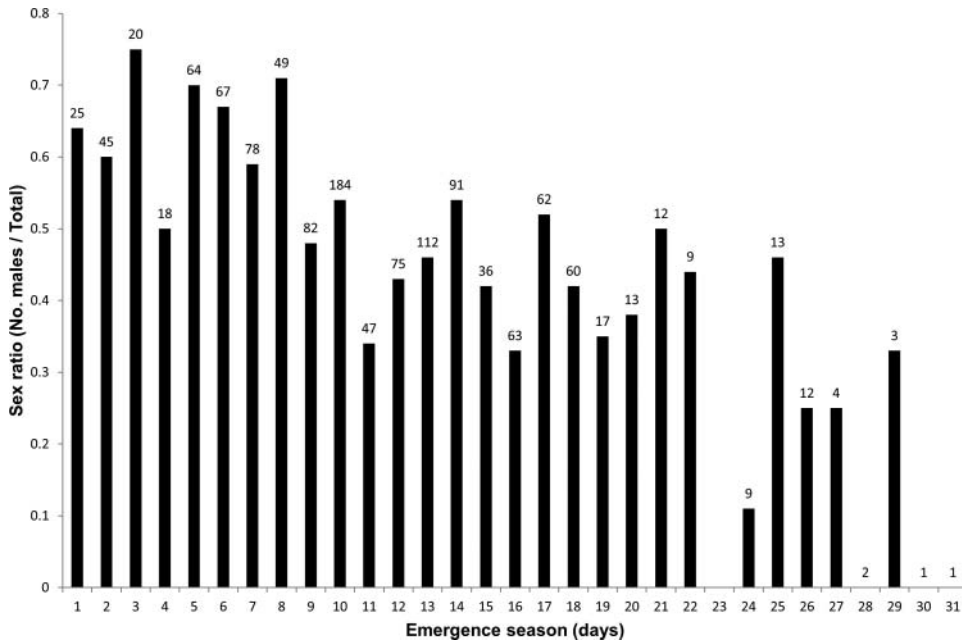


Figure 2. Sex ratio trend of *Gomphus lucasii* Selys, 1849 over the emergence season of 2011 for males.

Overall sex ratio at emergence as well as sex ratio at each stretch was slightly but not significantly male biased (Table 1). It was similar and approximated 50% in A, P, and G10 but slightly far from equilibrium in G 7 (59.03%). Throughout the emergence period, it was male biased early in the season then approached equilibrium in mid-season (Figure 2). EM50 of males (10 days) was 2 days earlier than that of females (12 days).

Substrate choice and vertical stratification

Female exuviae (29.79 ± 1.09 mm, $N = 504$) were significantly longer than males (28.91 ± 1.01 mm, $N = 544$) (U -test, $p < 0.0001$). There was a significant difference in body length between the different stretches ($\chi^2 = 54.07$, $df = 3$, $p < 0.0001$). Mean body length was 29.40 ± 1.03 mm, 29.71 ± 1.14 mm, 29.08 ± 1.21 mm, and 29.07 ± 1.17 mm in stretch A, P, G7, and G10, respectively. Body length increased significantly over the emergence season for both males ($r = 0.14$, $p = 0.001$, $N = 504$; Figure 3) and females ($r = 0.16$, $p = 0.0001$, $N = 523$; Figure 3). Among other coexisting odonate species (*Calopteryx exul*, *Platycnemis subdilatata* Selys, 1849, *Oncogomphus costae* Selys, 1885, with a few *Orthetrum coerulescens* Fabricius, 1798), *G. lucasii* was the largest species within all stretches.

Gomphus lucasii used different substrates to emerge, namely several species of helophytes (91.8%, mainly *T. angustifolia*, *Paspalum distichum*, and *Cyperus longus*), trees (1.65%, *Tamarix gallica*, and *Nerium oleander* Linnaeus, 1753), stones (1.41%), or the soil (0.55%). A small proportion was found floating on the water between stems of plants (3.14%) or setting (backward) on the ground probably after falling from surrounding supports (1.45%). Emergence on stones was only recorded at P stretch because water

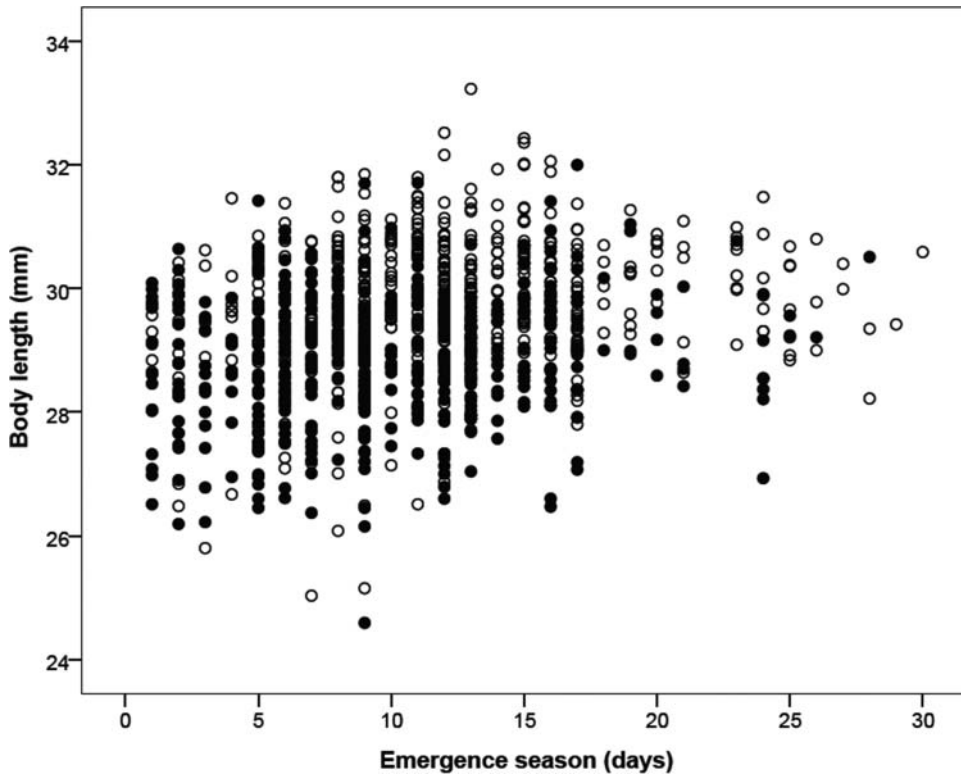


Figure 3. Body length of *Gomphus lucasii* Selys, 1849 exuviae over the emergence season of 2011. Data of all stretches were combined. Black circles – males; open circles – females.

level of the channel often decreased and made stones appear above the water surface. A significant negative correlation was observed between the number of individuals emerging on stones and water level ($r = -0.76$, $p < 0.0001$, $N = 31$).

The species emerged at a mean height of 15.56 ± 17.99 cm above the water surface with a maximum of 183 cm. The mean chosen substrate height was 57.89 ± 70.87 cm while the mean ratio He/Hs was $38.47 \pm 26.55\%$. When we included only individuals emerging out of the water, distance from the water had a mean of 51.35 ± 30.53 cm and a maximum of 165 cm. Considering all stretches, body length was significantly positively correlated only with exuviae support ($r = 0.1$, $p = 0.001$, $N = 981$) and negatively related to ratio He/Hs ($r = -0.08$, $p = 0.006$, $N = 981$).

There was no significant difference in height of exuviae fixation (U -test: $p = 0.22$), support height (U -test: $p = 0.23$), ratio He/Hs (U -test: $p = 0.82$), and distance from the water (U -test: $p = 0.07$) between males and females. However, a significant difference between stretches of the latter variables resulted (Kruskal–Wallis test: $p < 0.0001$, for all variables). Support height was positively correlated to height of exuviae fixation ($r = 0.56$, $p < 0.0001$, $N = 1096$) and negatively related to the ratio He/Hs ($r = -0.46$, $p < 0.0001$, $N = 1096$). Height of exuviae fixation, support height, and distance from the water were positively correlated to daily exuviae density ($r = 0.16$, $p < 0.0001$, $N = 1096$; $r = 0.14$, $p < 0.0001$, $N = 1096$; $r = 0.07$, $p = 0.02$, $N = 1096$, respectively).

Mortality at emergence

Predation and deformity of teneral were the two main sources of mortality during this study. We observed 13 cases of mortality due to ants killing individuals before the end of the ecdysis process. Distances travelled by those larvae (65.02 ± 41.25 cm, $N = 13$) were significantly longer than those that were not predated by ants (41.54 ± 25.56 cm, $N = 101$) ($U = 180.5$, $p < 0.0001$) which reveals that the farther the distance from the water the higher the predation probability by ants. After adults left their exoskeleton and dried, they flew high, heading for terrestrial habitats far from the water. At this moment, we observed three cases of predation by large asilids. In addition, many avian predation attempts by barn swallows (*Hirundo rustica* Linnaeus, 1758) and domestic sparrows (*Passer domesticus* Linnaeus, 1758) were recorded but only one sparrow was observed to successfully capture a teneral individual in flight. Five cases of teneral wing deformation were noted mainly during the peak of emergence (between 6 and 10 May). Deformed individuals were unable to perform a short flight and were probably condemned to die soon afterwards. Another important source of mortality was flooding as the one observed on 21 May 2011 when no exuviae were collected. However, we could not quantify its contribution to the overall mortality.

Population structure

A total of 67 (26 in October and 41 in April) and 35 (18 in October and 17 in April) larvae were collected from G and P, respectively. Figure 4 presents percentage distribution of *G. lucasii* in the last three stadia before the winter and emergence at two different sites.

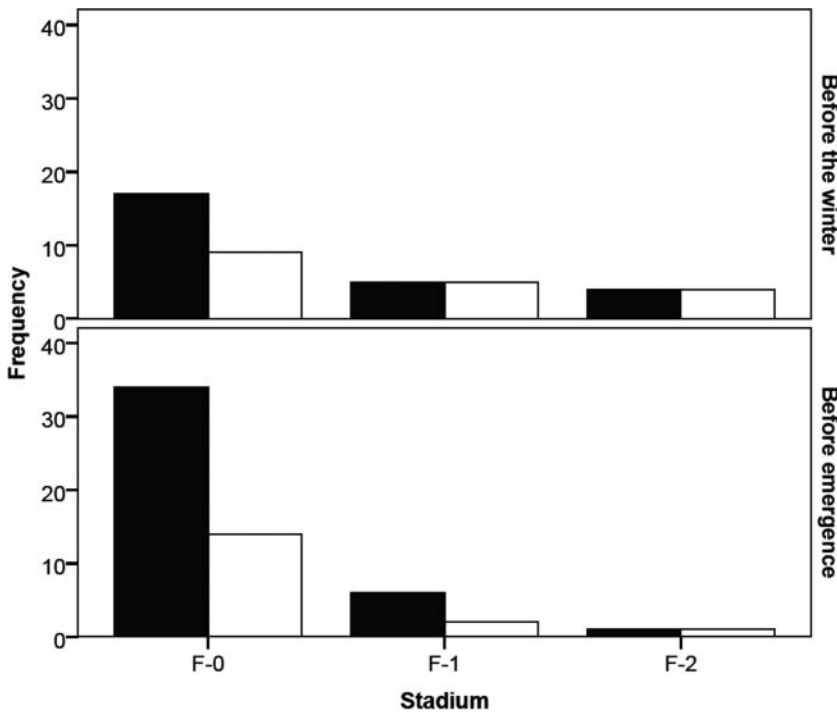


Figure 4. Percentage distribution of *Gomphus lucasii* Selys, 1849 larvae in the last three instars in two different sites in October and April. Black bars – site G; open bars – site P.

At G, most larvae (65.38%) reached the final stadium larva before the winter while a larger proportion (82.93%) was recorded before emergence. At P, a similar trend was observed with 50% of larvae reaching the final stadium whereas 82.35% were in the latter state before emergence. There was no significant difference in the frequency distribution of the last three larval instar between sites in October (*U*-test: $p > 0.05$) and April (*U*-test: $p > 0.05$). No larvae were collected in July and August, indicating that all larval population emerges after one year of development (univoltine species).

Discussion

Gomphus lucasii showed a synchronous emergence pattern which is typical of 'spring' species. The annual duration of emergence lasted one month with an overall EM50 of about 10 days. Extreme cases of emergence synchrony, in which the annual larval population emerges in a single day, have been recorded for *G. vulgatissimus* Linnaeus, 1758 (Martin 1895; Wesenberg–Lund 1913) and *G. vastus* Walsh, 1862 (Johnson 1963). Variability in EM50 between stretches (habitats) was not as notable as the one observed in *Onychogomphus uncatatus* Charpentier, 1840 in southern France (Suhling 1995) and *Pyrrhosoma nymphula* Sulzer, 1776 in northern England (Gribbin and Thompson 1991), probably because all stretches occurred in the same watercourse and were probably subject to similar environmental conditions.

As observed in many other studies on odonates, there were no substantial differences in the emergence pattern between sexes in the study population. Corbet and Hoess (1998) found that sex ratio at emergence was usually female biased in anisopterans in contrast to zygopterans. Similarly, a study on three gomphids (*G. flavipes* Charpentier, 1825, *G. vulgatissimus*, and *Ophiogomphus cecilia* Fourcroy, 1785) showed a female-biased sex ratio at emergence (Kalniņš 2006). However, the current study on *G. lucasii* showed different results with a slightly male-biased sex ratio which could be explained by minor differences in larval survival between sexes due to either sex-biased activity, i.e., one sex (female) was more active than the other (Baker, Forbes, and Proctor 1992) or sexual size dimorphism, i.e., females were larger than males (Purse and Thompson 2003).

We found out that both females and males showed a trend of increasing size throughout the emergence season. This finding was different from many observations made on several temperate species, showing a negative relationship between body size and emergence date (Banks and Thompson 1985; Michiels and Dhondt 1990; Corbet 1999; Purse and Thompson 2003). A study on a Japanese species of Libellulidae, *Deiela phaon* Selys, 1883 showed similar results, although sample size was very small (Sugimura 1983). One explanation might be the size-dependent mortality in early emergence season.

Boudot (2010) claimed that both the Algerian and Tunisian populations of *G. lucasii* have decreased severely during the last century. Our regular sampling of 60 m of shoreline (all stretches combined) in upstream Seybouse allowed us to count 1247 exuviae, approximately half the entire global population as estimated by Boudot (2010). This result highlights the inaccuracy of earlier estimations usually based on non-rigorous methodology (punctual observations on non-marked adults). According to our knowledge on larval occurrence in the Seybouse River, the local population size could easily reach 10,000 individuals and it could be multiplied by five when we consider the entire watershed.

Vertical stratification of *G. lucasii* (15.56 ± 17.99 cm) was similar to other gomphids like *G. pulchellus* Selys, 1840 (17.75 ± 9.18 cm) and *Onychogomphus uncatatus* (17.40 ± 4.27 cm) (Cordero 1995). Dragonflies are suspected to choose carefully their emergence

site for many reasons related to intraspecific competition, predation, or microclimate (Cordero 1995). Starting from this principle, it is reasonable to think that larvae choose emergence height based on the total height of the support. To our knowledge, the two latter parameters have not been considered previously in studies of vertical stratification.

There was no relationship between body length and vertical stratification of *G. lucasii* exuviae. However, larger individuals chose longer supports and tended to hold lower positions with respect to the support height. A possible explanation is that longer supports (mainly reeds) are usually thicker and can carry larger dragonfly larvae. Regardless of body size, height of exuviae fixation and position clearly depended on the support height. The data suggest that emerging larvae climbed higher when the support was long, but not so high as to become unstable or to be unable to avoid wind turbulence during ecdysis. Vertical stratification between sample stretches differed because of vegetation differences, from short *Paspalum distichum* to long *Typha angustifolia*. Moreover, daily emerging larva density had also an effect on individual behaviour at emergence because it was positively correlated to the height of exuviae fixation, support height, ratio He/Hs , and distance from the water. In fact, during the peak of emergence final instar larvae chose higher positions, supports, ratios He/Hs , or even places out of the water to avoid high competitive pressure induced by conspecifics (Corbet 1999). In that way, deformity caused by conspecifics which induces mortality (Purse and Thompson 2003) could be avoided.

Sources of mortality during and after emergence recorded in this study were already observed in other surveys dealing with different Odonata species (Gribbin and Thompson 1991; Corbet 1999; Bennett and Mill 1993; Purse and Thompson 2003) but in our study, proportion of dead individuals compared to the population size (1.7%) was smaller. Consistent with our study, it has been suggested that natural mortality at emergence does not produce a substantial effect on the population dynamics as does mortality during the larval and adult periods of odonate life (Ubukata 1981). However, anthropogenic factors like regular flooding caused by dam release over the emergence season could result in a significant decrease in local population size.

Odonate voltinism has been shown to be governed by two main latitude-dependent factors, namely temperature and photoperiod (Corbet, Suhling, and Soendgerath 2006). In general, the higher the latitude, the longer the life cycle. Data available on Palaearctic gomphids showed that most species complete a single generation in at least two years (Corbet et al. 2006). One exception is *Paragomphus genei* Selys, 1841 which is said to be univoltine in southern Spain (Testard 1975). However, studies in North Africa where latitudes are closer to the equator have never been carried out. The present study showed that *G. lucasii* whose geographic range is characterised with a Mediterranean climate is a univoltine species. It might be expected that populations existing in high altitude areas could be partially semivoltine.

In conclusion, our study highlighted new data on the biology and seasonal regulation of *G. lucasii* in northeastern Algeria. Considering the fact that other populations were also observed along the whole watershed (Khelifa et al. 2011), it might be interesting to conduct a large scale sampling in the Seybouse River watershed in order to more accurately estimate population trends, and we expect that the total population size of the Seybouse watershed far exceeds the current global population claimed by IUCN experts.

Acknowledgements

We thank two anonymous reviewers for their constructive comments and suggestions. We are thankful to Soufyane Bensouilah, Hamza Khaled, and Issam Bouchahedane for field assistance. A

word of thanks goes to Nasser eddine Sekrane, Amina Guebailia, Nedjwa Boucenna, Sana Hadjadji, Saida Hadjoudj, Nadia Bouyedda, and Hayat Mahdjoub for laboratory help. We are indebted to Rachid Menai for helping us with the documentation.

Disclosure statement

No potential conflict of interest was reported by the authors.

References

- Baker, R.L., Forbes, M.R., and Proctor, H.C. (1992), 'Sexual Differences in Development and Behaviour of Larval *Ischnura Verticalis* (Odonata: Coenagrionidae)', *Canadian Journal of Zoology*, 70, 1161–1165.
- Banks, M.J., and Thompson, D.J. (1985), 'Lifetime Mating Success in the Damselfly *Coenagrion Puella*', *Animal Behaviour*, 33, 1175–1183.
- Bennett, S., and Mill, P.J. (1993), 'Larval Development and Emergence in *Pyrrhosoma Nymphula* (Sulzer) (Zygoptera: Coenagrionidae)', *Odonatologica*, 22, 133–145.
- Boudot, J.-P. (2010), 'Gomphus Lucasiai'. www.iucnredlist.org.
- Corbet, P.S. (1954), 'Seasonal Regulation in British Dragonflies', *Nature*, 174, 655.
- Corbet, P.S. (1999), *Dragonflies: Behaviour and Ecology of Odonata*. Colchester: Harley Books.
- Corbet, P.S., and Hoess, R. (1998), 'Sex Ratio of Odonata at Emergence', *International Journal of Odonatology*, 1, 99–118.
- Corbet, P.S., Suhling, F., and Soendgerath, D. (2006), 'Voltinism of Odonata: A Review', *International Journal of Odonatology*, 9, 1–44.
- Cordero, A. (1995), 'Vertical Stratification During Emergence in Odonates', *Notulae Odonatologicae*, 4, 103–105.
- Foster, S., and 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.
- Gribbin, S.D., and Thompson, D.J. (1991), 'Emergence of the Damselfly *Pyrrhosoma Nymphula* (Sulzer) (Zygoptera: Coenagrionidae) from Two Adjacent Ponds in Northern England', *Hydrobiologia*, 209, 123–131.
- Hieber, C.S. (1984), 'Egg Predators of the Cocoons of the Spider *Mecynogea Lemniscata* (Araneae: Araneidae): Rearing and Population Data', *Florida Entomologist*, 67, 176–178.
- Johnson, C. (1963), 'A Note on Synchronized Emergence in *Gomphus Vastus* Walsh (Odonata: Gomphidae)', *The Canadian Entomologist*, 95, 69–69.
- Kalniņš, M. (2006), 'The Distribution and Occurrence Frequency of Gomphidae (Odonata: Gomphidae) in River Gauja', *Acta Universitatis Latviensis*, 710, 17–28.
- 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., Youcefi, A., Kahlerras, A., Al Farhan, A., Al-Rasheid, K.A., and 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.
- Lutz, P.E. (1968), 'Effects of Temperature and Photoperiod on Larval Development in *Lestes Eurinus* (Odonata: Lestidae)', *Ecology*, 49, 637–644.
- Magnusson, W.E., and 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.
- Martin, R. (1895), 'Une éclosion de libellules', *Feuille des Jeunes Naturalistes*, 25, 141–142.
- Michiels, N.K., and Dhondt, A.A. (1990), 'Costs and Benefits Associated with Oviposition Site Selection in the Dragonfly *Sympetrum Danae* (Odonata: Libellulidae)', *Animal Behaviour*, 40, 668–678.
- Purse, B.V., and Thompson, D.J. (2003), 'Emergence of the Damselflies, *Coenagrion Mercuriale* and *Ceragrion 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., and 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.

- Rehfeldt, G. (1990), 'Anti-Predator Strategies in Oviposition Site Selection of *Pyrrhosoma nymphula* (Zygoptera: Odonata)', *Oecologia*, 85, 233–237.
- Riservato, E., Boudot, J.P., Ferreira, S., Jovi , M., Kalkman, V.J., Schneider, W., Samraoui, B., and Cuttelod, A. (2009), *The Status and Distribution of Dragonflies of the Mediterranean Basin*, Gland and Malaga: IUCN.
- Selys Longchamps, E. de (1849), 'Troisième famille. Les libelluliens', in *Exploration scientifique de l'Algérie pendant les années 1840, 1841, 1842*, ed. H. Lucas, Paris: Imprimerie nationale, pp. 115–135.
- Sugimura, M. (1983), 'Seasonal Body-Size Difference in Some Dragonflies in Southern Shikoku District ES', *Tombo*, 26, 31–34.
- Suhling, F. (1995), 'Temporal Patterns of Emergence of the Riverine Dragonfly *Onychogomphus uncatus* (Odonata: Gomphidae)', *Hydrobiologia*, 302, 113–118.
- 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.
- Thompson, J.N., and Pellmyr, O. (1991), 'Evolution of Oviposition Behavior and Host Preference in Lepidoptera', *Annual Review of Entomology*, 36, 65–89.
- 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.
- Wesenberg-Lund, C. (1913), 'Odonaten-Studien', *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie*, 6, 373–422.



Emergence pattern, site selection, and seasonal regulation of *Onychogomphus costae* Selys, 1885 (Odonata: Gomphidae) in northeastern Algeria

Rabah Zebsa, Rassim Khelifa, Amin Kahalerras, Hasni Djalal & Moussa Houhamdi

To cite this article: Rabah Zebsa, Rassim Khelifa, Amin Kahalerras, Hasni Djalal & Moussa Houhamdi (2014) Emergence pattern, site selection, and seasonal regulation of *Onychogomphus costae* Selys, 1885 (Odonata: Gomphidae) in northeastern Algeria, *Aquatic Insects*, 36:3-4, 257-265, DOI: [10.1080/01650424.2015.1087574](https://doi.org/10.1080/01650424.2015.1087574)

To link to this article: <http://dx.doi.org/10.1080/01650424.2015.1087574>



Published online: 16 Oct 2015.



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



Article views: 3



View related articles [↗](#)



View Crossmark data [↗](#)

Emergence pattern, site selection, and seasonal regulation of *Onychogomphus costae* Selys, 1885 (Odonata: Gomphidae) in northeastern Algeria

Rabah Zebsa^a, Rassim Khelifa^{b*}, Amin Kahalerras^b, Hasni Djalal^a and Moussa Houhamdi^a

^aDépartement d'écologie et du génie de l'environnement, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers, Guelma, Algeria; ^bDépartement de biologie, Faculté des Sciences biologiques et agronomiques, Université de Tizi Ouzou, Tizi Ouzou, Algeria

(Received 12 May 2013; accepted 8 August 2015; first published online 16 October 2015)

Emergence and seasonal regulation of the dragonfly *Onychogomphus costae* Selys, 1885, were surveyed thoroughly during two consecutive years from two nearby stretches upstream the Seybouse River, northeastern Algeria. The emergence season started in mid-May and lasted 68 and 58 days showing a peak in late May and early June in 2011 and 2012, respectively. During the two years 2011 and 2012, 50% of annual emergence occurred after 25 and 22 days, respectively. Sex ratio was slightly but not significantly male biased. Female exuviae were recorded at higher height than males. Height of the exuviae fixation was positively correlated to support height and head width. Percentage mortality at emergence was mainly due to deformity and predation counting from 7.9% to 9.15% of the total emergent population. The species seasonal regulation is inferred and discussed based on the emergence temporal pattern and larval development.

Keywords: Odonata; Gomphidae; *Onychogomphus costae*; emergence; exuviae seasonal regulation; larva; Algeria

Introduction

Odonate emergence has well been studied in the temperate zone leading to characterise two main types of patterns resulting from variations in seasonal regulation (Corbet 1954). On one hand, 'spring species' possess a diapause in the final instar larvae and emerge synchronously; on the other hand, 'summer species' do not have a larval diapause and emerge asynchronously. Both temperature and photoperiod were shown to determine species seasonal regulation within that region (Norling 1984).

Corbet, Suhling, and Soendgerath (2006) stated that voltinism of odonates was controlled by both exogenous (habitat and latitude) and endogenous factors (phylogeny). Odonates of lotic water like Gomphidae have a slow development and usually take a long time to complete their embryonic development compared to species of lentic water (Johnson 1991; Johansson 2000; Suhling 2001). In Europe, *Paragomphus genei* Selys, 1841, is the only species of gomphid that is univoltine (Testard 1975) and all the others are semi-voltine or even partivoltine (Corbet et al. 2006). Moreover, latitude is negatively related to voltinism. For instance, larval development of some Gomphidae requires four years in Germany (Münchberg 1932; Kern 1992; Foidl, Buchwald, Heitz, and Heitz 1993), three

*Corresponding author. Email: rassimkhelifa@gmail.com

years in southern France (Schütte 1992; Suhling 1995), and two years in southern Spain (Ferrerias-Romero and García-Rojas 1995). Furthermore, the effect of phylogeny has been shown on taxons like Lestidae whose voltinism is restricted to one generation per year at any given latitude (Corbet et al. 2006).

The Mediterranean basin harbours a diverse odonata fauna that has recently been assessed presenting a high degree of endemism (Riservato et al. 2009). Three species of Gomphidae (*Gomphus davidi* Selys, 1887, *Gomphus lucasii* Selys, 1849, and *Onychogomphus costae* Selys, 1885) are endemic to that region. *Gomphus davidi* is limited to the eastern Mediterranean (Middle East). However, *G. lucasii* is restricted to the western Mediterranean and present a partial geographical overlap with *O. costae*. Both of them exist in Tunisia and Algeria but *O. costae* extends to Morocco, Portugal, and Spain (Dijkstra and Lewington 2007).

Onychogomphus costae is ranked vulnerable in the IUCN Red list (Boudot 2010). Regardless of several citations in different inventories showing a large altitudinal range (0–2000 m) across its geographical distribution (Dumont 1972; Jacquemin and Boudot 1999; Khelifa et al. 2011), species life history and ecology have been little studied (Cano-Villegas and Ferreras-Romero 2005). Its congeneric species *O. uncatatus* Charpentier, 1840, on the other hand, has well been documented in Europe where it showed a ‘summer species’ pattern in some parts (Schütte 1992) and both ‘spring and summer species’ pattern in other parts (Ferrerias-Romero, Atienzar, and Corbet 1999) with a larval development lasting two to four years (Schütte 1992). Since the species has a wide distribution over the Palearctics, southern populations were shown to have a rapid development than northern ones (Ferrerias-Romero et al. 1999). In addition, variations in emergence pattern and temporal synchronisation of larvae as a result of variations in water temperature, larvae density, and drying up of water course were noted (Suhling 1995).

This study provides the first detailed description of the species emergence pattern, microhabitat choice, and larval development in the Seybouse River (northeastern Algeria).

Material and methods

The Seybouse River watershed is situated in northeastern Algeria covering an area of 6471 km² including the main water course as well as its two principal affluents oued Bouhamdane (36°26'30.84"N, 7°18'30.91"E) and oued Cherf (36°26'33.96"N, 7°18'39.20"E). The Seybouse River is 225 km long starting from Medjez Amar Province and flows into the Mediterranean Sea near Sidi Salem. Two stretches (A and B), each 1 m wide and 20 m long separated by 1.5 km, were chosen upstream of the river characterised by large, shallow, and fast flowing water. Bank vegetation of the stretch A (36°28'22.55"N, 7°22'44.81"E, 209 m a.s.l.) was dominated by *Typha angustifolia* Linnaeus, 1753, while that of the stretch B (36°28'33.91"N, 7°22'1.77"E, 212 m a.s.l.) consisted of *Cyperus longus* Linnaeus, 1753, *Typha angustifolia*, *Tamarix gallica* Linnaeus, 1753, and *Paspallum distichum* Linnaeus, 1753. Daily visits to the study stretches started on mid-April 2011 and 2012 and ended when no exuviae was collected after seven consecutive visits. We collected exuviae daily in late afternoon (at 04:00 pm) at two stretches of 20 × 5 m near the water edge. All potential supports within stretches were intensively checked. We noted the support type and height, height of the exuviae fixation (He) (distance from the water surface to the tip of exuviae abdomen), and distance from the water of each exuviae to the nearest 1 cm using a 5 m decametre. Sources of mortality were noted in order to determine the percentage mortality at emergence. In the laboratory, the sex was

determined and the body length and the head width were measured to the nearest 0.01 mm using a digital calliper.

From September 2011 to 2013, we monthly collected larvae with a rectangular hand net (40 × 25 cm, 0.5 mm mesh) from the stretch A. We followed Seidenbusch (2010) to identify the species. In the laboratory, larvae were counted and measured (body length, head width, and length of wing sheath) to the nearest 0.01 mm using a digital calliper and a dissecting microscope. The number of abdominal segments covered with wing sheath was noted. Both size of organs and external features were used to separate larvae into different instars (Ferrerias-Romero et al. 1999) according to Lutz's (1968) nomination, i.e., F = final, F-1 = penultimate, F-2 = antepenultimate, etc.

Statistical analyses were carried out using SPSS 17.0. Chi-square test was used to determine if the sex ratio at emergence significantly deviated from equilibrium. Mann–Whitney *U* tests were used to test if there was significant difference in head width, body length, height of the exuviae fixation (He), support height (Hs), and ratio He/Hs between sexes. Spearman correlations were conducted between these variables in order to test for possible significant relationship between them.

Results

Emergence pattern

Onychogomphus costae coexisted within high population densities of *Gomphus lucasii*, *Calopteryx exul* Selys, 1853, and *Platycnemis subdilatata* Selys, 1849. Temporal pattern of *O. costae* emergence during both years of study is presented in Figure 1.

In 2011, 329 exuviae were collected during the entire emergence season which lasted 68 days from 11 May to 17 July showing a peak on 30 May. In 2012, a total of 437 exuviae were collected during 58 days of emergence from 13 May to 9 July with a first peak on 30 May and a second one on 2 June. The peak of emergence counted for 9.11% of the total emergent population in 2011 and 5.72% in 2012. Figure 2 presents cumulative percentage of annual emergence of *O. costae* in both years of the study. EM50 was 25 and 22 days in 2011 and 2012, respectively.

Sex ratio was not significantly biased in both years of study (χ^2 -test: $P > 0.05$). It was 55.32% males and 52.17% males in 2011 and 2012, respectively. Females reached EM50 earlier than males with 23 and 21 days vs. 26 and 25 days in 2011 and 2012, respectively.

Vertical stratification

Head width and body length of females (4.53 ± 0.22 mm; 22.53 ± 0.80 mm, respectively) were significantly greater than that of males (4.35 ± 0.25 mm; 21.79 ± 0.86 mm, respectively) (*U*-test: $P < 0.0001$; both variables). Exuviae found on the water surface (2%–4%) were not considered in vertical stratification analyses. Final instar larvae used emergent plants (59%–55%), stones (29%–34%), and the soil (8%–7%) to emerge. Plant species used at emergence were commonly *Cyperus longus* Linnaeus, 1753, *Typha angustifolia* Linnaeus, 1753, and *Paspallum distichum* Linnaeus, 1753. A fraction of 2% and 3% of exuviae emerged out of the water at a mean distance of 18 ± 3.4 cm and 15.6 ± 2.4 cm in 2011 and 2012, respectively.

Table 1 presents vertical stratification of *O. costae* in both study years. Females chose higher heights than males during emergence in both years of study. There were significant differences in height of the exuviae fixation, support height, and head width between

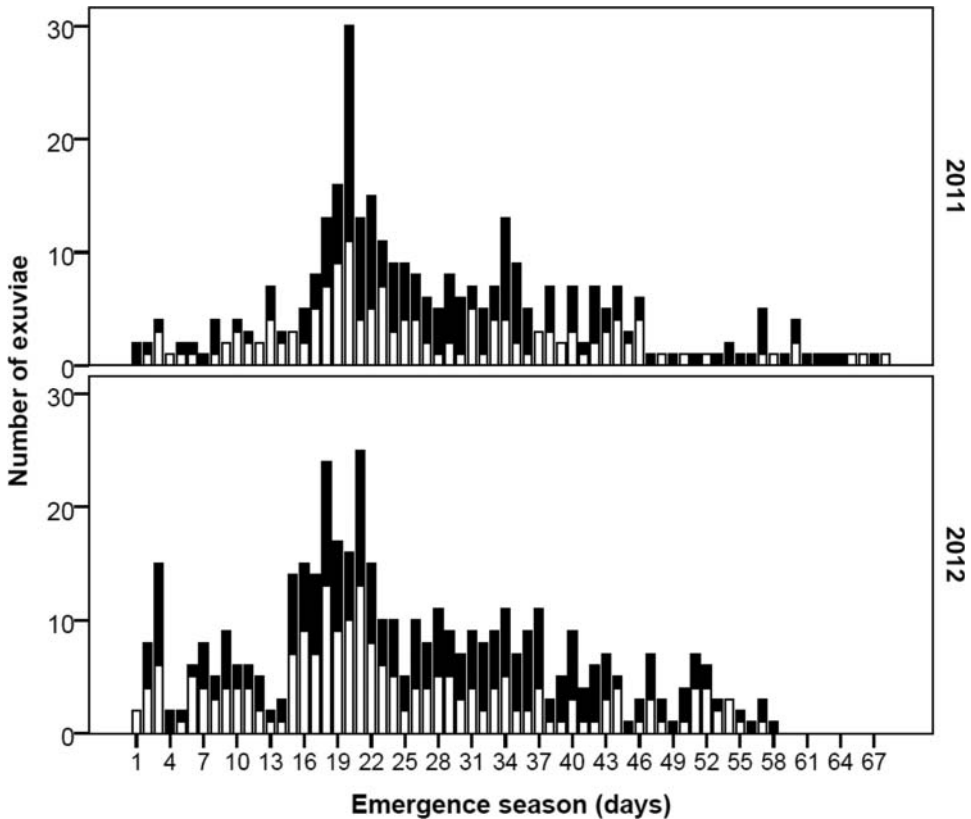


Figure 1. Temporal pattern of emergence of *Onychogomphus costae* Selys, 1885, in the Seybouse River during two emergence seasons. Black and open bars represent males and females, respectively.

study years (U -test: $P = 0.0001$; $P = 0.0001$; $P = 0.006$, respectively) but no marked difference was noted in body length and ratio He/Hs (U -test: $P = 0.85$; $P = 0.27$, respectively).

There was a positive significant correlation between height of the exuviae fixation and support height and a negative relationship between ratio He/Hs and support height in both study years (Table 2). Height of the exuviae fixation was positively related to head width only in 2011 but not to body length in both years (Table 2).

Mortality at emergence

The observed percentage mortality of *O. costae* was 7.9% in 2011 and 9.15% in 2012 (mean = 8.52%). A total of 15 and 22 teneral were recorded deformed in 2011 and 2012, respectively. Predation by asilids was observed 6 and 11 times in the respective years. Three and seven cases of ant predation killing individuals before the end of the ecdysis process were noted in 2011 and 2012, respectively. Two cases of predation by orb-spiders were noted in 2011. Potential avian predators were the barn swallow (*Hirundo rustica* Linnaeus, 1758) and the european bee-eater (*Merops apiaster* Linnaeus, 1758) which tried to capture individuals during their maiden flight: however, no successful predation was observed.

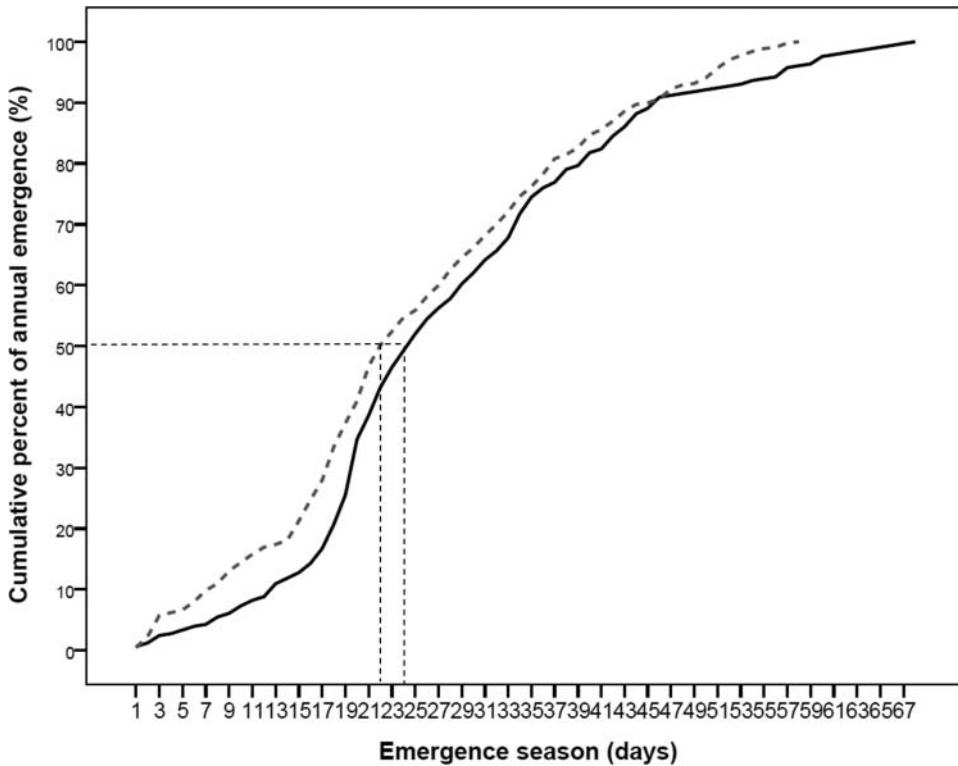


Figure 2. Cumulative percentage of annual emergence of *Onychogomphus costae* Selys, 1885, in the Seybouse River during two emergence seasons. Continuous and dotted curves represent 2011 and 2012 emergence seasons, respectively.

Population structure

A total of 123 larvae of *O. costae* were collected in both years of study. Figure 3 presents frequency of distribution of larval instars based on monthly larvae collecting during two years. Flood impeded us to collect any larva in September. F-0 larvae first appeared in

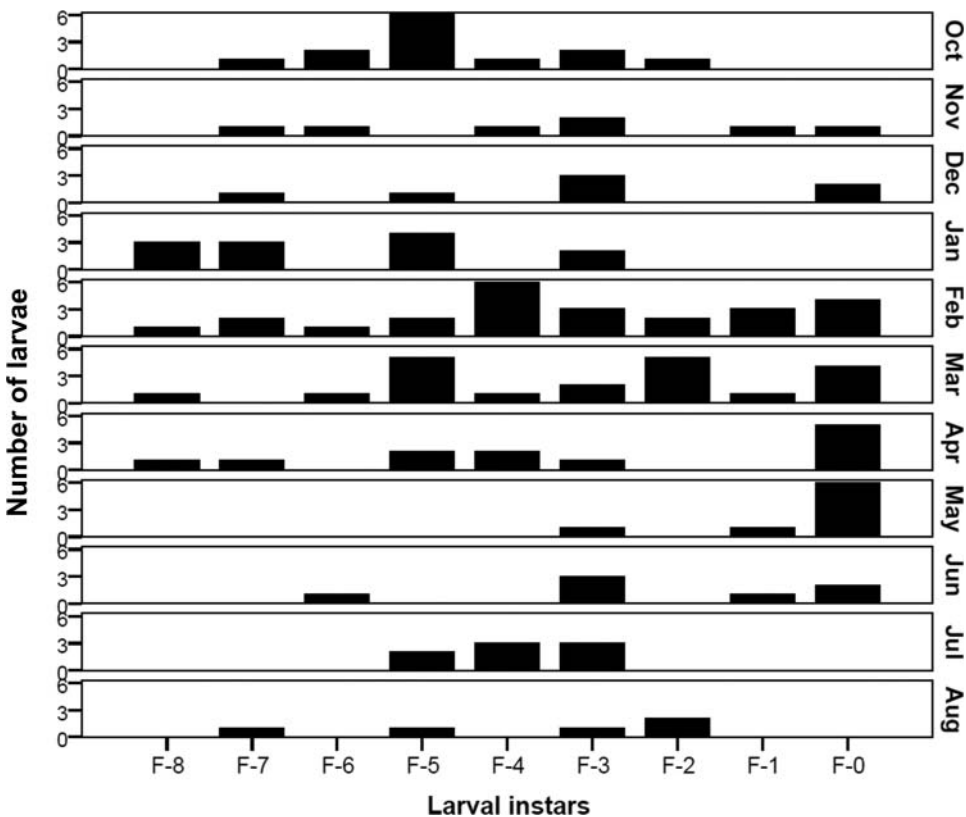
Table 1. Body size and vertical stratification of males and females of *Onychogomphus costae* Selys, 1885, in 2011–2012.

		Head width (mm)	Body length (mm)	Height of the exuviae fixation (cm)	Support height (cm)	Ratio He/Hs
2011	Male	4.33 ± 0.25	21.79 ± 0.77	5.04 ± 3.19	17.72 ± 21.12	0.45 ± 0.51
	Female	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
2012	Male	4.41 ± 0.24	21.90 ± 0.76	8.35 ± 6.58	28.62 ± 36.06	0.53 ± 0.46
	Female	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
Mean	Male	4.35 ± 0.25	21.79 ± 0.86	6.08 ± 4.71	21.03 ± 26.75	0.47 ± 0.50
	Female	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

Table 2. Spearman correlations between body size and vertical stratification parameters in 2011–2012. * <math><0.05</math>, ** <math><0.01</math>, *** <math><0.001</math>.

2011 2012	Head width	Body length	Height of the exuviae fixation	Support height	Ratio He/Hs
Head width	1	0.45***	0.08	0.04	0.02
Body length	0.44***	1	0.06	0.06	0.11
Height of the exuviae fixation	0.25*	0.15	1	0.60***	0.53***
Support height	0.22	0.12	0.66***	1	-0.24**
Ratio He/Hs	0.14	0.09	0.03	-0.61***	1

November. A small proportion of individuals entered the winter in the final instar larva but most of them presented substantial variation in size (F-7 to F-1). During the period prior to emergence (March–April), two cohorts could be identified: one consisted mainly of F-0 to F-1 larval instar and the other consisted of smaller individuals from F-3 to F-8. In July, the three last instar larvae were not collected.

Figure 3. Frequency distribution of *Onychogomphus costae* Selys, 1885, larval instars from the Seybouse River collected monthly in 2011 and 2012. No larva was collected in September.

Discussion

Our two years of surveys on larvae and exuviae of the Mediterranean endemic *O. costae* highlighted important information on its seasonal regulation and temporal pattern of emergence in northeastern Algeria. Emergence pattern of *O. costae* was typical of a 'summer species' according to Corbet's (1954) classification. EM50 was not markedly different between the two study years (22 and 25 days) and it was similar to that of *O. uncatius* in Canal de Vergière (25 days) in southern France (Suhling 1995), *Gomphus flavipes* Charpentier, 1825 (23 days) in northeastern Hungary (Anna, Tibor, and György 2009), and *Coenagrion mercurial* Charpentier, 1840 (22 days) in southeastern Britain (Purse and Thompson 2003). The whole emergence period lasted approximately two months (68 and 58 days) but it was 10 days shorter in the second year of study probably because of inter-annual variation in water temperature (Suhling 1995). Species with comparable emergence duration are *O. uncatius* (62–74 days, Suhling 1995), *G. flavipes* (72 days, Anna et al. 2009), and *C. mercuriale* (63 days, Purse and Thompson 2003).

A small sexual difference in emergence rhythm (1–2 days) was noted in both years. In fact, females reached EM50 earlier than males. The opposite trend was observed in *Gomphus lucasii* in the same site (Zebesa, Khelifa, and Kahlerras submitted for publication) and *G. flavipes* and *Ophiogomphus cecilia* (Fourcroy, 1785) in Hungary (Anna et al. 2009). Sex ratio of *O. costae* at emergence was slightly male biased, similar to that of *Gomphus lucasii* (Zebesa et al. submitted for publication) but not consistent with most studies on gomphids (Corbet 1962; Miller 1964; Lutz and McMahan 1973; Testard 1975; Beutler 1986; Suhling 1995). Differences in mortality and/or microhabitat use of larvae might be the reason of the biased sex ratio (Purse and Thompson 2003).

Studies have shown that mortality at emergence was usually small (<5%) with respect to the entire emerging population (Bennett and Mill 1993; Corbet 1999) but could also exceed 25% in some cases (Gribbin and Thompson 1991). In the current study, 8.5% of emerging individuals died by predation and deformity and this was higher than percentage mortality of *O. uncatius* (5.2%) in France noting that most mortality was due to heavy wind killing individuals before completing ecdysis (Jakob and Suhling 1999).

During emergence, odonates choose suitable microhabitat which encompasses a set of components including support type and height, position on the support, and vicinity to the water before undergoing their ecdysis (Ubukata 1973; Corbet 1999) to minimise the likelihood of mortality (Jakob and Suhling 1999). Vertical stratification of *O. costae* varied between years showing higher stratification in the second year when bank vegetation was denser and higher. Such significant difference in vertical stratification between years could be explained by the positive correlation of height of the exuviae fixation and support height. Height of the exuviae fixation of *O. costae* had a mean of 7.19 ± 5.93 cm which was smaller than that of *O. uncatius* (17.40 ± 4.27 cm, $N = 5$) in Spain (Cordero 1995). In addition, females climbed higher on the support than males probably because of their larger size. Similar sexual variation in vertical stratification was observed in *G. lucasii* (Zebesa et al. submitted for publication).

It is not clear whether the species life cycle is exclusively or partially semivoltine because the cohorts of consecutive years are not well defined in the pre-wintering period. However, considering the high variability in size before the winter as well as the species direct embryonic development (R. Zebesa, unpublished data), the species could have a partial semivoltine life cycle which is relatively different from the completely semivoltine population of southern Spain (Cano-Villegas and Ferreras-Romero 2005). The proportion of final instar larvae increased gradually from November to May which suggests that some larvae (F-2 and F-1) slowly continued to develop in the winter and early spring until

emergence, probably because they have lower temperature threshold for development than F-0 (Suhling 1995). This assumption explains the long emergence season followed by a long flight period extending up to September (R. Khelifa, personal observation). On the other hand, smaller larvae (F-8 to F-3) continue their growth until their second autumn when they reach F-0 larval stage which overwinter and emerge in late spring.

Acknowledgements

We thank two anonymous reviewers for their helpful comments and suggestions. We are grateful to Amina Guebailia, Nadia Bouyedda, Nedjwa Boucenna, Saida Hadjoudj, and Sana Hadjadj for larvae measurements. Thanks to Hayat Mahdjoub for exuvia measurements and computer assistance. We are indebted to Manuel Ferreras-Romero and Rachid Menai for helping us with the documentation.

Disclosure statement

No potential conflict of interest was reported by the authors.

References

- Anna, F., Tibor, J., and György, D. (2009), 'Folyami Szitakötők (Odonata: Gomphidae) Populációinak Exuviumokon Alapuló Felmérése a Tisza Vásárosnaményi Szakasán', *Acta Biologica Debrecina Supplementum Oecologica Hungarica*, 20, 65–78.
- Bennett, S., and Mill, P.J. (1993), 'Larval Development and Emergence in *Pyrrhosoma nymphula* (Sulzer) (Zygoptera: Coenagrionidae)', *Odonatologica*, 22, 133–145.
- Beutler, H. (1986), 'Zur Schlupfrate und Zum Geschlechterverhältnis Einheimischer Groißlibellen (Anisoptera) (Odonata)', *Entomologische Abhandlungen und Berichte aus dem Staatlichen Museum für Tierkunde in Dresden*, 49, 201–209.
- Boudot, J.-P. (2010). *Onychogomphus Costae*. www.iucnredlist.org.
- Cano-Villegas, F.J., and 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, pp. 26–30.
- Corbet, P.S. (1954), 'Seasonal Regulation in British Dragonflies', in *Nature*, 174, 655.
- Corbet, P.S. (1962), *A Biology of Dragonflies*, London: Witherby.
- Corbet, P.S. (1999), *Dragonflies: Behaviour and Ecology of Odonata*. Colchester: Harley Books.
- Corbet, P.S., Suhling, F. and Soendgerath, D. (2006), 'Voltinism of Odonata: A Review', *International Journal of Odonatology*, 9, 1–44.
- Cordero, A. (1995), 'Vertical Stratification During Emergence in Odonates', *Notulae Odonatologicae*, 4, 103–105.
- Dijkstra, K.-D.B., and 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.
- Ferreras-Romero, M., Atienzar, M.D., and 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.
- Ferreras-Romero, M., and 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.
- Foidl, J., Buchwald, R., Heitz, A., and Heitz, S. (1993), *Untersuchungen Zum Larvenbiotop von Gomphus Vulgatissimus Linné 1758 (Gemeine Keiljungfer; Gomphidae, Odonata)*, Freiburg im Breisgau: Mitteilungen des Badischen Landesvereins für Naturkunde und Naturschutz, N.F. (3/4)

- Foidl, J., Buchwald, R., Heitz, A., & Heitz, S. (1993). Untersuchungen zum Larvenbiotop von *Gomphus vulgatissimus* Linné 1758 (Gemeine Keiljungfer; Gomphidae, Odonata). *Mitteilungen des Badischen Landesvereins für Naturkunde und Naturschutz (NF)*, 15, 637–660.
- Gribbin, S., and Thompson, D.J. (1991). 'Emergence of the Damselfly *Pyrrhosoma nymphula* (Sultzzer) (Zygoptera: Coenagrionidae) from Two Adjacent Ponds in Northern England', *Hydrobiologia*, 209, 123–131.
- Jacquemin, G., and Boudot, J.P. (1999), *Les Libellules (Odonates) du Maroc*, Bois d'Arcy: Société Française d'Odonatologie.
- Jakob, C., and Suhling, F. (1999), 'Risky Times? Mortality During Emergence in Two Species of Dragonflies (Odonata: Gomphidae, Libellulidae)', *Aquatic insects*, 21, 1–10.
- Johansson, F. (2000), 'The Slow-Fast Life Style Characteristics in A Suite of Six Species of Odonate Larvae', *Freshwater Biology*, 43, 149–159.
- Johnson, D.M. (1991), 'Behavioral Ecology of Larval Dragonflies and Damselflies', *Trends in Ecology and Evolution*, 6, 8–13.
- Kern, D. (1992), 'Beobachtungen an *Gomphus Vulgatissimus* (L.) Aneinemwiesengrabender Dämmer Geestniederung (Anisoptera: Gomphidae)', *Libellula*, 11 (1/2), 47–76.
- Khelifa, R., Youcefi, A., Kahleras, A., Al Farhan, A., Al-Rasheid, K.A., and 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.
- Lutz, P.E. (1968), 'Effects of Temperature and Photoperiod on Larval Development in *Lestes Eurinus* (Odonata: Lestidae)', *Ecology*, 49, 637–644.
- Lutz, P.E., and 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.
- Miller, P.L. (1964), 'Notes on *Lctinogomphus Ferox* Rambur (Odonata, Gomphidae)', *Entomologist*, 97, 52–66.
- Münchberg, P. (1932), 'Beiträge zur Kenntnis der Biologie der Odonatenfamilie der Gomphidae BKS', *Zoomorphology*, 24, 704–735.
- Norling, U. (1984), 'Life-history Patterns in the Northern Expansion of Dragonflies', *Advances in Odonatology*, 2, 127–156.
- Purse, B.V., and Thompson, D.J. (2003), 'Emergence of the Damselflies, *Coenagrion Mercuriale* and *Ceriatrion Tenellum* (Odonata: Coenagrionidae), at Their Northern Range Margins, in Britain', *European Journal of Entomology*, 100, 93–100.
- Riservato, E., Boudot, J.P., Ferreira, S., Joviæ, M., Kalkman, V.J., Schneider, W., Samraoui, B., and Cuttelod, A. (2009), *The Status and Distribution of Dragonflies of the Mediterranean Basin*, Malaga: IUCN, Gland, Switzerland and Malaga, Spain.
- Schütte, C. (1992), 'Entwicklung und Populationsstruktur Von *Onychogomphus Uncatus* (Charpentier, 1840) (Odonata: Gomphidae)', *Diplomarbeit, Technischen Universität Braunschweig, Zoologisches Institut*.
- Selys Longchamps, E. de (1885), 'Rectification Concernant l'Onychogomphus Genei Selys, Etsignalement De Deux Gomphines Nouvelles', *Annales Societe Entomologique Belgique*, 29, s8.
- Suhling, F. (1995), 'Temporal Patterns of Emergence of the Riverine Dragonfly *Onychogomphus Uncatus* (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.
- 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.
- 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.
- Zebsa, R., Khelifa, R., and Kahalerras, A. (Accepted for publication), 'Emergence Pattern, Microhabitat Choice, and Population Structure of the Maghribian Endemic *Gomphus Lucasii* Selys, 1849 (Odonata: Gomphidae) in Northeastern Algeria', accepted.

RESEARCH

Adult Movement Pattern and Habitat Preferences of the Maghribian Endemic *Gomphus lucasii* (Odonata: Gomphidae)

Rabah Zebba,¹ Rassim Khelifa,^{2,3,4} and Amin Kahalerras³

¹Département d'écologie et du génie de l'environnement, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers, Université 08 Mai 1945, Guelma 24000, Algérie

²Institute of Evolutionary Biology and Environmental Studies, University of Zurich, Winterthurerstrasse 190, CH-8057 Zurich, Switzerland

³Département de biologie, Faculté des Sciences biologiques et agronomiques, Université de Tizi Ouzou, Tizi Ouzou 15000, Algérie

⁴Corresponding author, e-mail: rassimkhelifa@gmail.com

Subject Editor: Luc Bussiere

J. Insect Sci. (2015) 15(1): 151; DOI: 10.1093/jisesa/iev128

ABSTRACT. The Algerian Clubtail (*Gomphus lucasii* Selys) (Odonata: Gomphidae) is a river-dwelling dragonfly and one of the least known gomphid in the Palearctic. A survey of the movement patterns and habitat requirements of adults was conducted in the largest currently known population, located in the Seybouse River (Northeast Algeria). Daily mark-release-resighting surveys along a 2.5 km stretch of the watercourse and within plots in terrestrial habitats were carried out; a total of 1,316 individuals were marked. The resighting rate along the watercourse was 8.13% and did not significantly vary with sex and age. Adult spatial distribution differed according to sex and age. Mature females were significantly further from the water than males. Mature males were observed not only along the watercourse but also far from the water, up to 450 m where reproductive pairs in copula were recorded. Preferred maturation and foraging sites were open grasslands and dense wheat fields. Philopatry to reproductive sites had a mean of 1.11%, while philopatry to emergence site was lower (0.4%) and noted only in males. The mean distance of natal dispersal (from emergence to reproductive areas) was 596.5 ± 4.94 m. The mean dispersal distance from one reproductive site to another was 180.97 ± 238.54 m. Both mature males and females preferred fast flowing water, but females were observed to oviposit in relatively small watercourses.

Key Words: *Gomphus lucasii*, dispersal, philopatry, microhabitat, endemic

In insects and other animals, displacements occur as a life history trait or as a result of disturbance related to habitat degradation. In both cases, such movements could lead to “dispersal,” i.e., the displacement of individuals away from their natal site (Ricklefs and Miller 1999). Several advantages of such movements have been noted: inbreeding avoidance, potential better habitat quality, lower population density, and escaping natural enemies like predators, parasites, and pathogens (Stenseth and Lidicker 1992). When dispersal is followed by reproduction of individuals, a number of genes are transferred from one population to another (so-called gene flow) which can influence population genetics (Broquet and Petit 2009), avoid local extinctions (Harrison 1991, Holt 1993), and expand the geographic range (Ward and Mill 2007, Angert et al. 2011) of a species in a given area.

Odonates have often been used in mark-recapture studies to assess dispersal and demographic parameters (Cordero-Rivera and Stoks 2008). The general movement pattern of odonates during the flight season is that both sexes leave the water after emergence, spend a period of time in terrestrial habitats to mature then return to the water to reproduce. Mature males spend most of their daytime near the water while females visit the water only to oviposit then go back to terrestrial areas (Corbet 1999, Stoks and Córdoba-Aguilar 2012). As a result, a marked male bias in recapture rates within reproductive sites is usually observed. For example, the mean recapture rate based on empirical data of some odonates (expressed as male/female) was estimated to 0.266/0.152 for Coenagrionidae, 0.317/0.119 for Lestidae, and 0.727/0.200 for Libellulidae (Stoks 2001, Cordero-Rivera and Stoks 2008). Some of the scarce data available on dragonfly movements have shown that some species, especially of temporary water, exist in patchy population or metapopulation structure, dispersing substantial distances from one population to another with subsequent gene transfers (Knaus and Wildermuth 2002, Chin and Taylor 2009).

The Algerian Clubtail (*Gomphus lucasii* Selys) (Odonata: Gomphidae) is currently listed vulnerable in the IUCN Red list and is probably one of the least known gomphids in the Palearctic. Its geographic range is restricted to Algeria and Tunisia where most populations have either become extinct or on the verge of extinction during the last century due to anthropogenic pressure (Boudot 2010). It has been claimed that no population currently reaches 250 adults and the total population size is estimated at less than 2,500 individuals (Boudot 2010, Zebba et al. 2015).

To determine the population dynamics and establish an effective conservation plan, a good understanding of dispersal capacities is essential for species of conservation concern like *G. lucasii* Selys. In addition, data on habitat preferences of maturation and reproductive sites are also crucial because habitat physical characteristics influence dispersal decisions of individuals. Unfortunately, nothing of the biology and ecology of *G. lucasii* Selys has been reported (but see Hamzaoui et al. 2015). In this article, we first investigated adult displacements within and between aquatic and terrestrial habitats using mark-release-resighting data from a large population to determine potential areas occupied by the species during the flight season, its dispersal capacities, and philopatry to emergence and reproductive sites. In addition, microhabitat preferences of reproductive adults were surveyed to investigate physical characteristics of areas where territoriality, copulation, and oviposition often take place.

Materials and Methods

Study Sites. This study was carried out on the upstream part of the Seybouse River situated in northeast Algeria, 5 km west from Guelma city (36° 28' N, 7° 22' E) (Fig. 1). This part of the river is known to harbor odonates of conservation concern (Khelifa et al. 2012, Khelifa 2013). We limited the study site to a 2.5 km stretch of watercourse with

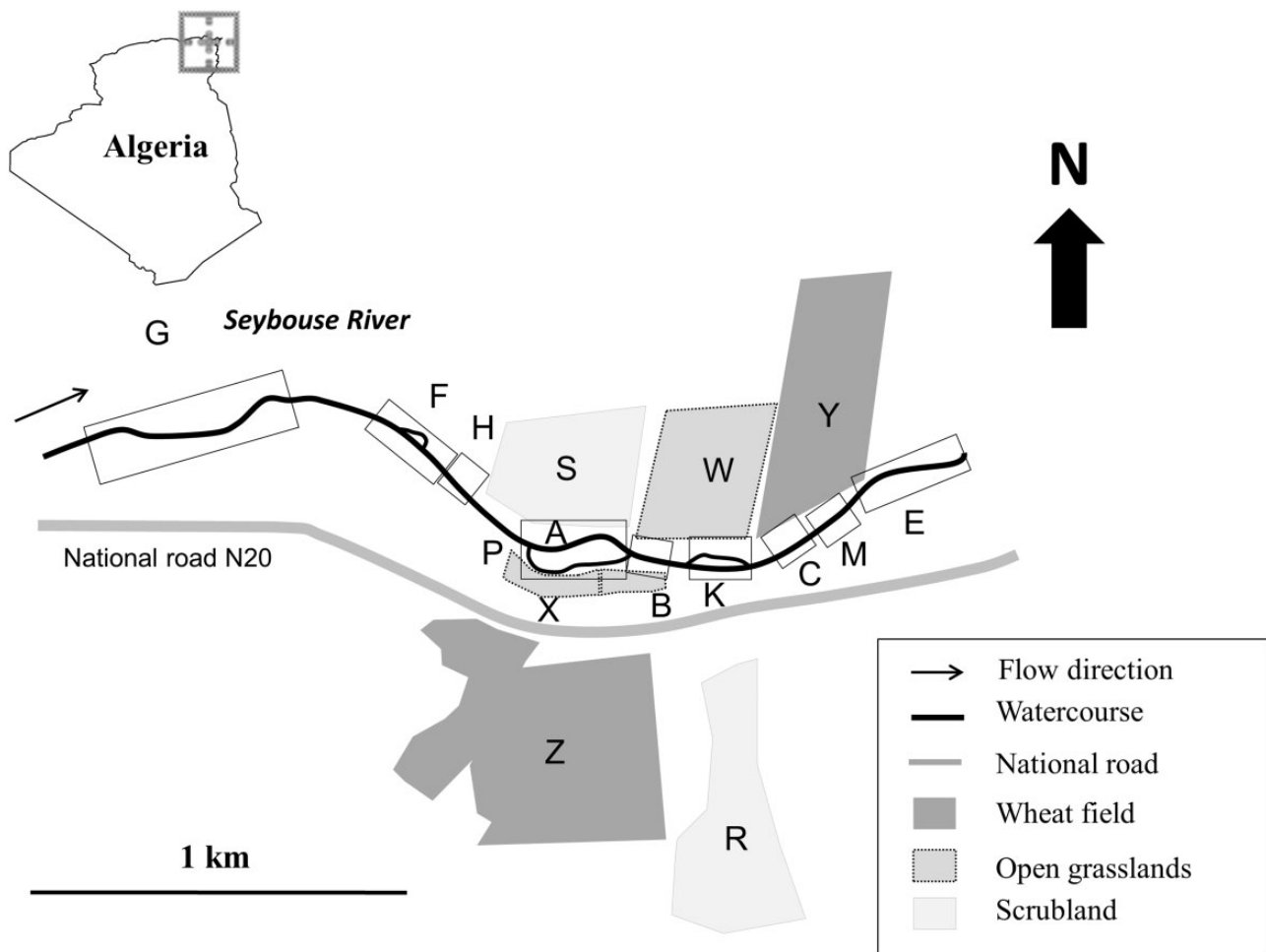


Fig. 1. Geographic location of the study site with all habitats and watercourse sections sampled. The following codes: A, B, C, E, F, G, H, K, M, and P represent the sampling watercourse sections. P is the branch (channel) of the watercourse that is parallel to A. R, S, W, X, Y, and Z represent the sampling plots in terrestrial habitats.

bank vegetation mainly consisting of *Typha angustifolia* L., *Cyperus longus* L., *Tamarix gallica* L., and *Paspalum distichum* L. Away from the watercourse, two plots (2 ha each) in each of the following habitats were surveyed: scrubland of *Olea europea* L. (S and R), open grasslands with sparse *Carduus defloratus* L. (W and X), and dense wheat fields dominated by *Triticum aestivum* L. (Y and Z). The odonate community observed along the watercourse consisted of *G. lucasii* Selys, *Onychogomphus costae* Selys, *Orthetrum chrysostigma* Burmeister, *O. coerulescens* Fabricius, *Calopteryx exul* Sélys, *Calopteryx haemorrhoidalis* Vander Linden, *Ischnura graellsii* Rambur, *Platynemis subdilatata* Selys, *Erythromma lindenii* Selys, and *Coenagrion caerulescens* Fonscolombe.

Mark-Release-Resighting Survey. We divided the 2.5 km stretch of the watercourse into nine sections (Fig. 1, Table 1) usually separated by areas where sampling was difficult due to dense arboreal bank vegetation. In each section, small flags were set every 10 m as labels to localize marked and resighted individuals to the nearest meter (by estimation) during our mark-release-resighting (MRR) surveys. We started our daily 4.5 h MRR at 10:00 on 28-IV-2011 (at the beginning of emergence season) until 08-VI-2011 (when no adult was still observed) along all sections by slowly walking along a 5 m belt near the watercourse with a constant speed. Permanent Edding 780 paint markers (edding AG, Bookkoppel 7, D - 22926 Ahrensburg, Germany) were used to mark adults with individual alphanumeric codes on one of the posterior wings after being captured with a hand net of 40 cm diameter. Early emerging teneral were kept in a cage for 2–3 h before

marking to avoid damages. Thirty-minute MRR surveys along parallel transects were conducted daily in olive scrublands (S and R), open grasslands (W and X), and dense wheat fields (Y and Z). During MRR, individual code, sex, age, location, geographic coordinates collected with a GPS, and behavior (reproductive/nonreproductive) of individuals were noted. Coloration (thorax, abdomen, and legs) and behavior (territoriality, copulation, and oviposition) were used to estimate the age of individuals following three categories: teneral (T), immature (IM), and mature (M) (R.K. unpublished data). Distance from the water was estimated to the nearest meter, visually when possible (<20 m) and using a registered map by drawing a line between the point of marking or resighting and the nearest point of the watercourse using Mapinfo 8.5. The distance between the location of marking and resighting or two subsequent resightings were calculated in the same way. Natal dispersal was considered as the displacement of individuals from emergence to reproduction sites. Philopatry to emergence or reproductive sites was noted when the distance travelled within two subsequent resightings was less than 10 m.

Reproductive Site Preferences. According to our observations on marked mature males of *G. lucasii* Selys, we are confident that the species is territorial because it may stay at the same territory up to 6 h, which corresponds approximately to day time when the species is reproductively active. Thus, males guard territories at the bank vegetation and on emergent stones along the watercourse. Females come to the water only to lay their eggs and go away to terrestrial habitats. To determine habitat requirements of mature adults, a set of habitat

Table 1. Physical characteristics of the nine sampling sections of the watercourse

Section	Length (m)	Water width (m)	Water depth (cm)	Water velocity (m.s ⁻¹)	Bank vegetation height (cm)	Bank vegetation density (%)	Emergent stone density (%)	N
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	10
B	85	10.56 ± 3.32	84.44 ± 20.07	1.43 ± 0.40	180.56 ± 54.40	57.22 ± 19.22	0	10
C	130	15.40 ± 0.97	116.5 ± 25.17	0.29 ± 0.12	181.00 ± 14.49	67.50 ± 14.58	0	10
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	10
F	150	12 ± 2.53	72 ± 2.53	0.46 ± 0.01	193 ± 9.78	86.66 ± 5.23	0	10
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	10
H	90	25.20 ± 4.02	60 ± 11.18	60 ± 11.18	0.55 ± 0.03	108 ± 4.47	66 ± 2.23	10
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	10
M	80	15.43 ± 0.79	132.86 ± 10.75	0.21 ± 0.02	170.71 ± 9.32	69.29 ± 7.32	0	10
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	10

parameters was measured in mid-May in all nine sections, namely water width, water depth, water velocity, height and density of bank vegetation, and percent area covered by emergent stones. A 50-m measuring tape was used to measure water width to the nearest meter. Water depth was measured to the nearest centimeter by a graduated stick at the center of the watercourse bed. By timing a floating object over a 10-m stretch of the watercourse with a chronometer, current velocity (m.s⁻¹) was estimated. Bank vegetation height and density were estimated by taking the mean of 10 randomly chosen sampling points. The former parameter was measured to the nearest cm using 5 m measuring tape while the latter was estimated with a 1 by 1 m quadrat to the nearest 5%. Percent area covered by emergent stones was estimated in 10 sampling points randomly chosen in the waterbed using 1 by 1 m quadrat.

Statistical Analyses. Most statistical analyses were computed using SPSS 17.0 (SPSS Inc. 2008, SPSS Statistics for Windows, Chicago, IL). When residuals were not normally distributed, nonparametric tests were conducted. In the analysis of distances travelled by the species, age was not included because the time between two consecutive resightings may last a few days, and thus the age class from one observation to the other may change. Mann–Whitney and Kruskal–Wallis tests were used to assess differences in the distance travelled from emergence to maturation sites, the number of marked individuals in each terrestrial habitats, and adult distribution along the watercourse between sexes and age classes. The post-hoc Nemenyi test was computed for pairwise comparison of age classes, using the R package PMCMR (Pohlert 2015). The number of resightings and the time interval (in days) between two subsequent resightings were considered as count data, and thus a generalized linear model (GLM) was used to determine whether there are significant differences in the latter parameter between sexes with a Poisson and quasi-Poisson distribution, respectively, and a log link function. We used quasi-Poisson in the analysis of time interval between two subsequent resightings to overcome overdispersion. A Chi-square test was computed to search for differences between upstream and downstream movements of mature individuals. Chi-square tests were conducted to test for differences in resighting rate between sexes and ages. Spearman's correlations were used to calculate relationships between abiotic factors and the number of marked mature adults in all sections. Oriana 4 (Kovach Computing Services, 85 Nanty-Felin, Penarth, Anglesey, Wales, UK) was used to analyze circular data and generate a rose diagram. Circular-linear correlation was performed to test for the relationship between the angle of direction and the distance travelled (Solow et al. 1988). Rao's spacing test (*U*) was used to test uniformity of displacement's directions from emergence to maturation sites. Spearman's correlations were carried out between the number of territorial males and the number of ovipositing females captured and resighted during the reproductive season and six different abiotic factors. Values are presented as mean ± SD.

Results

Marking and Resighting. In total, 1,316 individuals (870 males and 446 females) were marked during the whole study period in all habitats.

Table 2. Marking, resighting, and resighting rate of *G. lucasii* adult according to sex and age

		Teneral	Immature	Mature	Total	χ^2 (<i>P</i>)
Male	Mark	144	71	364	579	
	Resightings	14	2	33	49	
	Resighting rate (%)	9.72	2.82	9.07	8.46	0.18
Female	Mark	115	26	55	196	
	Resightings	8	2	4	14	
	Resighting rate (%)	6.96	7.69	7.27	7.14	0.99
Total	Mark	259	97	419	775	
	Resightings	22	4	37	63	
	Resighting rate (%)	8.49	4.12	8.83	8.13	0.30
χ^2 (<i>P</i>)		0.19	0.12	0.18	0.21	

Chi-square tests in the lower row test for differences between sexes, while those presented in the last column test for differences between age classes.

Along the watercourse, 775 individuals (579 males and 196 females; representing 58.89% of all marked adults) were marked. The remaining imagos, i.e., 541 (291 males and 250 females), were marked far from the water with 314 (151 males and 163 females) in open grasslands and 227 (140 males and 87 females) in dense wheat fields. Combining all habitats, the sex ratio based on regular marking was male biased with 66.11% ($\chi^2 = 126.39$, $P < 0.0001$). It was significantly male biased at the watercourse (74.71%; $\chi^2 = 12.37$, $P < 0.0001$) and dense wheat fields (61.67%; $\chi^2 = 189.27$; $P < 0.0001$) but not significantly female biased in open grasslands (51.91%; $\chi^2 = 0.45$; $P = 0.49$). The overall resighting rate at the watercourse was 8.13%, and it did not vary according to sex and age (Table 2). Males were slightly but not significantly more often resighted than females among teneral and mature imagos but not among immatures. The highest resighting rate was noted in mature individuals which was quite similar to that of teneral and about twice that of immature adults (Table 2).

There were no significant differences in the number of resightings per lifetime between sexes (Poisson GLM: $z = 0.32$, $P = 0.74$). Males were resighted up to four times (1.32 ± 0.71) and females up to twice (1.21 ± 0.42). The time interval between two subsequent resightings was not significantly different between males (5.24 ± 5.62 d) and females (3.94 ± 4.24 d) (Quasi-Poisson GLM: $z = 1.39$, $P = 0.16$) ranging from 1 to 27 d with a mean of 4.78 ± 5.20 d. The maximum observed lifespan was 27 d for males and 21 d for females.

Adult Spatial Distribution. There were significant differences in adult distribution between sexes (Mann Whitney *U*: $P < 0.0001$) and age classes (Kruskal–Wallis: $P < 0.0001$). Pairwise comparisons using Nemenyi test showed that except teneral and immatures in males ($P = 0.16$), and immatures and matures in females ($P = 0.47$), all age class combinations showed significant difference in distance from the water ($P < 0.0001$). Figure 2 presents the spatial distribution of *G. lucasii* adults for both sexes and three age classes in the three habitat types. Distances from the water of teneral and immature individuals did not differ significantly between sexes, but mature females were significantly further from the water than males (Table 3). Mature males were

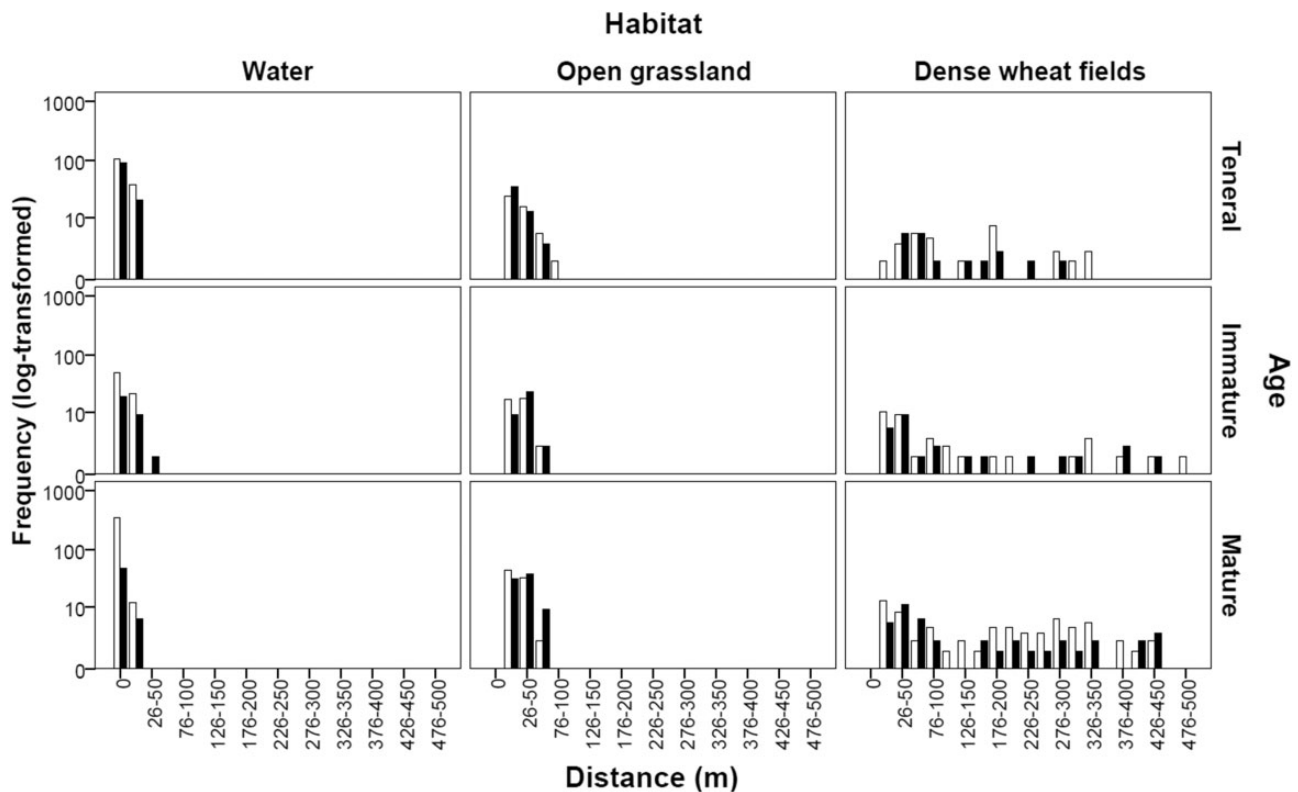


Fig. 2. Frequency distribution of distances from the water of *G. lucasii* Selys individuals according to age and habitat types. Y axis is in the logarithmic scale. Black bars present males and open bars represent females.

Table 3. Mean distance from the water of adult individuals of *G. lucasii* for both sexes and three age classes

		<i>T</i>	Immature	Mature
Male	Mean	25.87	68.87	25.55
	SD	60.03	113.03	75.06
	Min	0	0	0
	Max	330	500	450
	<i>N</i>	216	105	549
Female	Mean	17.13	62.84	28.93
	SD	40.07	96.09	46.18
	Min	0	0	0
	Max	300	450	300
	<i>N</i>	183	75	188
Mann–Whitney <i>U</i> test (<i>P</i>)		0.71	0.05	<0.0001

mainly recorded at the watercourse (67.84%), but about the third (32.16%) was also recorded at distances ranging from 1 to 450 m from the water. A substantial fraction of mature males (44.73%) recorded between 101 and 450 m were in copula.

Away from the watercourse, adults were noted at open grasslands and dense wheat fields but never at shrubby and arboreal maquis. Males had no marked preferences between open grasslands and dense wheat fields ($U=874$, $P=0.23$), whereas females preferred open grasslands ($U=769$, $P=0.03$).

Adult Movements. The frequency distribution of the four different kinds of adult movements is presented in Figure 3. From 399 marked teneral, only 2 were observed at the same site the day after (displacement of <5 m). Only three teneral males (0.75% of teneral and 1.38% of teneral males) were resighted as mature at the watercourse, showing agonistic behavior toward conspecifics, of which one showed philopatry to its emergence site (9 m from his emergence position) and two showed a mean natal dispersal distance of 596.5 ± 4.94 m ($N=2$). There were no significant differences in the distance travelled from

emergence to maturation sites between sexes ($U=107$, $P=0.96$) with a mean distance of 253.75 ± 353.23 m (9–354 m; $N=18$) for males and 95.75 ± 106.79 m (4–980 m; $N=12$) for females (Fig. 4).

When we split data according to sex, a relatively random circular distribution pattern of movement from emergence to maturation sites was noted in males but not in females (Fig. 5). In males, 35.71% displaced in directions between 272° and 301° (i.e., north-westward), 28.57% between 200° and 260° (south-westward), 28.57% between 86° and 178° (south-eastward), and 7.14% in an angle of 73° (north-eastward). Females showed, to some extent, similar movement directions to males with 50% moving between 249° and 264° (south-westward), 25% between 271° and 274° (westward), 12.5% at an angle of 140° (south-eastward), and 12.5% along an angle of 73° (north-eastward). Movement directions and distances were positively correlated in males (Circular-linear correlation: $r=0.53$, $P=0.04$) but not in females (Circular-linear correlation: $r=0.31$, $P=0.60$).

From 451 individuals marked at open grasslands and dense wheat fields, only 11 (10 males and 1 female) were resighted at their reproductive sites, traveling a mean distance of 376.90 ± 278.82 m (Fig. 4), and 14 carried out displacements within terrestrial habitats with a mean distance of 133.57 ± 177.39 m (Table 4).

The mean distance of movements carried out along the watercourse by mature adults was 180.97 ± 238.54 m (Table 4). There were no significant differences between upstream and downstream movements ($\chi^2=0.61$, $P=0.43$) with 57.69% of displacements conducted upstream and 42.31% carried out downstream. There were no significant differences between the distance traveled upstream and downstream ($U=75$, $P=0.69$). The number of cases of philopatry to reproductive sites was 1 (1.88%) and 3 (0.97%) for females and males, respectively, giving a mean of 1.11%. Only one case of philopatry to emergence site (0.4%) was noted. It was a male who returned after 11 d to relatively the same position of his emergence (9 m).

Reproductive Site Preferences. Mature adult spatial distribution was approximately homogenous along the different sections of the

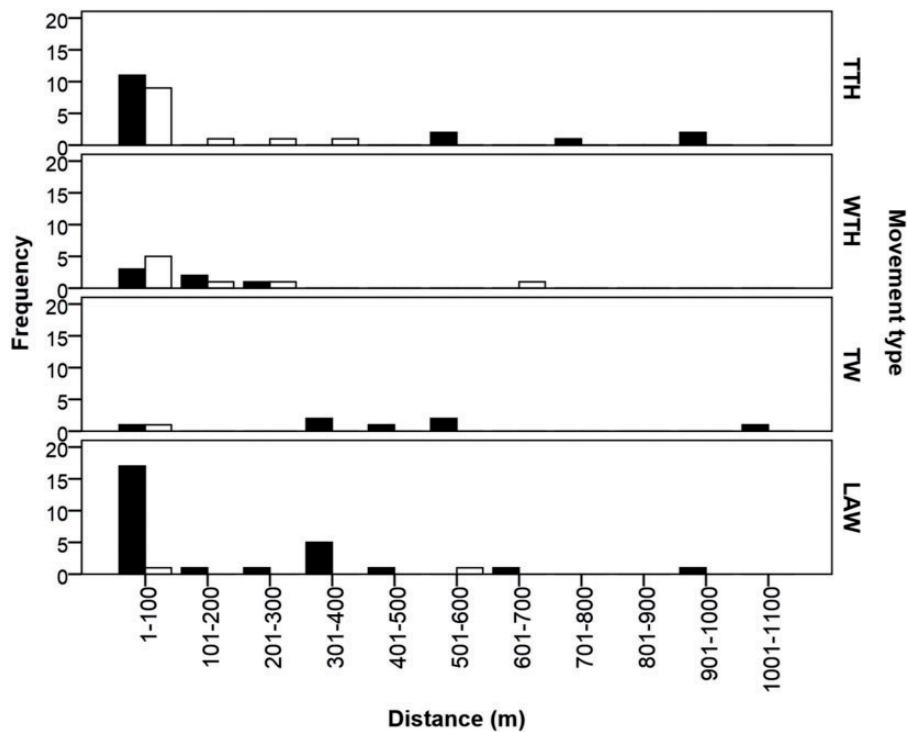


Fig. 3. Frequency distribution of distances travelled by *G. lucasii* Selys individuals within and between terrestrial and aquatic habitat. Black bars present males and open bars females present. LAW, lateral along the watercourse; TTH, toward terrestrial habitats; WTH, within terrestrial habitats; TW, toward the water.

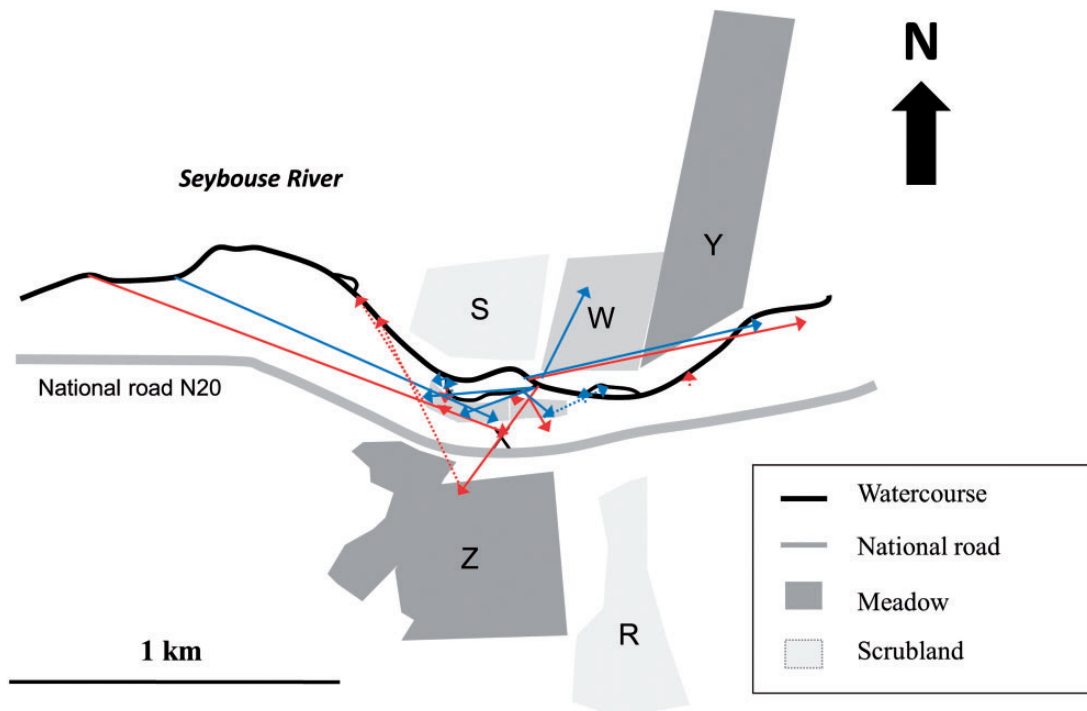


Fig. 4. Map showing movements of *G. lucasii* Selys from emergence to maturation sites and from terrestrial habitat to the water. Blue and red color represent females and males, respectively. Continuous and dotted lines refer to movements from emergence to maturation sites and from terrestrial habitat to the water, respectively. Only distances longer greater than 10 m are drawn.

watercourse for both males (Kruskal–Wallis: $\chi^2 = 14.58$, $P = 0.06$) and females ($\chi^2 = 14.65$, $P = 0.06$). The number of territorial males along the watercourse was positively correlated to water velocity (Spearman's correlation: $r = 0.35$, $P < 0.0001$) but not to other variables (Table 5). The

number of ovipositing females recorded was positively correlated to water velocity (Spearman's correlation: $r = 0.23$, $P < 0.0001$) and negatively related to water width ($r = -0.22$, $P = 0.01$). Habitat characteristics of territorial males and ovipositing females are presented in Table 5.

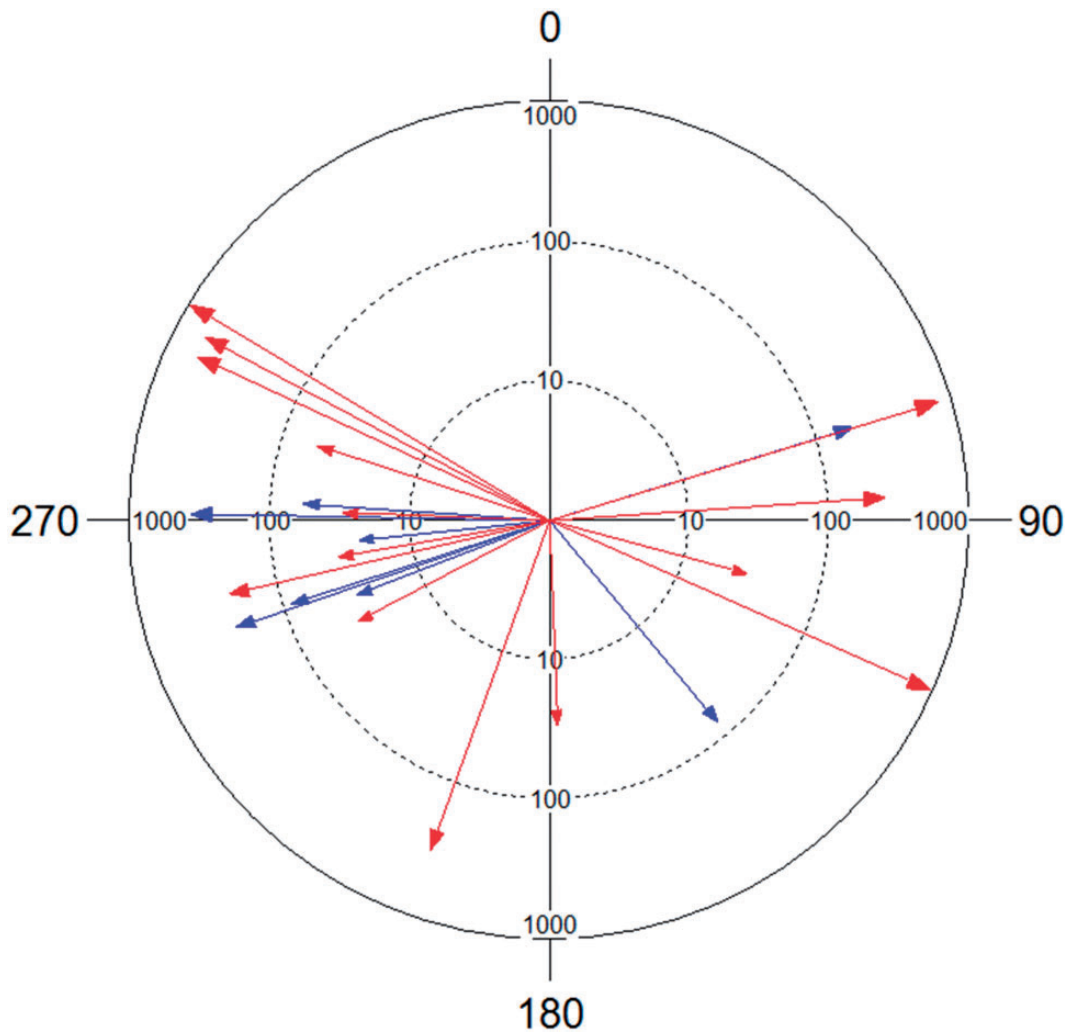


Fig. 5. Direction and distance of movements of *G. lucasii* Selys from emergence to maturation sites. Red, male (Rao's Spacing Test (U): $r = 0.29$; $U = 160.857$; $P > 0.05$; No. observation = 14; mean vector = 250.84°); blue, female (Rao's Spacing Test (U): $r = 0.56$; $U = 200$; $P < 0.01$; No. observation = 8; mean vector = 250.64°). The length of each vector represents the movement distance. Only movements longer than 20 m were considered. Distances are log transformed for display purpose.

Table 4. Distance of mature adult movements in the sampling area

	TTH		WTH		TW		LAW	
	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female
Mean	253.77	95.75	123.67	141.00	406.00	78.00	175.15	259.50
SD	353.22	106.78	93.72	228.08	274.70	*	235.94	364.16
Min	4	9	23	2	17	*	2	2
Max	980	354	259	681	969	*	969	517
No. observations	18	12	6	8	10	1	27	2

Distance unit is the meter. LAW, lateral along the watercourse; TTH, toward terrestrial habitats; WTH, within terrestrial habitats; TW, toward the water.

*since sample size is 1, SD, min and max are not calculated.

Discussion

This study first suggests that *G. lucasii* Selys has a high dispersal capacity and second highlights the importance of terrestrial habitats not only as maturation or foraging sites but also as potential refuge for copulating individuals. The general movement pattern can be summarized as follows: teneral took their first flight away from the water a few hours after their emergence, heading to maturation sites including open grasslands and dense wheat fields and returning to the water after their maturation to reproduce. Both sexes preferred fast flowing water during

their mature life, but oviposition was conducted mainly in relatively small watercourse.

Considering the number of individuals marked during this study which exceeds a thousand, we prove that the statement made by the IUCN, i.e., no population exceeds 250 individuals in the entire home range of *G. lucasii* Selys and that the global population is about 2,500 individuals (Boudot 2010), is simply false. This has been proved not only using adults but also with an exuviae-based study which recorded approximately 1,250 exuviae within 60 m stretch (Zebba et al. 2015).

Table 5. Habitat characteristics of territorial males and ovipositing females

	Water width (m)		Water depth (cm)		Water velocity (m.s ⁻¹)		Bank vegetation height (cm)		Bank vegetation density (%)		Percent area covered by stones (%)	
	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female
Mean	11.71	6.48	78.28	62.50	0.86	1.12	174.15	203.13	62.46	56.88	4.51	10.00
SD	6.02	4.16	39.21	37.61	0.57	0.43	63.67	58.43	22.41	17.31	10.29	18.52
Min	0.7	2.1	15	15	0.2	0.8	15	130	5	25	0	0
Max	27	12	170	110	2	2	350	280	90	80	40	40
No. observations	71	8	71	8	71	8	71	8	71	8	71	8
Spearman's correlation <i>r</i>	-0.01	-0.22	-0.12	-0.11	0.35	0.23	-0.07	0.10	-0.10	-0.13	0.17	0.11
<i>P</i>	0.97	0.01	0.18	0.21	0.00	0.01	0.46	0.28	0.27	0.15	0.06	0.24
df	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124

Sections that were not or rarely frequented by mature individuals were not considered in the calculation of the mean and SD. Spearman's rank correlations were carried out between the abiotic factors and the mean number of individuals captured or resighted during the reproductive season.

We are confident that our study population does not represent half of the global population and that the latter has been underestimated by the IUCN.

The resighting rate at the watercourse was very small (8.13%) with respect to other dragonflies like *Somatochlora alpestris* Selys (10.2%), *Leucorrhinia hudsonica* Selys (31%), and *Orthetrum coerulescens* Selys (40–55%) (Knaus and Wildermuth 2002, Kéry and Juillerat 2004, Chin and Taylor 2009). Moreover, less than 1% of *G. lucasii* Selys teneral (only males) were resighted as mature at the water and an even smaller proportion was recorded at their emergence site (philopatry). In addition, resighting rate was not significantly different between sexes and age classes. The relatively homogeneous resighting rate between sexes and age classes might be the result of similar mortality and/or dispersal rate; however, the small number of resightings might also play a role. In some large dragonflies at lentic water habitats, higher resighting rates of teneral were recorded with 4–14% of males resighted in *S. alpestris* Selys (Knaus and Wildermuth 2002) and higher philopatry to emergence sites with 36–50% of males in *Cordulia aenea amurensis* Selys (Ubukata 1981), 14% of males in *C. a. aenea* (Ha 2000), and 8.5% of males and 18.2% of females in *Aeshna cyanea* Müller (Inden-Lohmar 1997). In contrast to our findings, Cook (1991) found that the recapture rate of mature males (61%) of the territorial *Leucorrhinia frigida* Hagen was three times greater than that of teneral (22%). We are confident that the low resighting rate recorded in our study was not due to a high mortality but rather to a high dispersal probability given the long distances of movements recorded. It is also probable that in general, dragonflies of lentic water show higher philopatry to their reproductive or emergence sites than river-dwelling dragonflies.

Adult distribution differed according to sex and age. Since our sampling was carried out in the morning, teneral distribution could give a good picture on the maiden flight of the species which was oriented out of the water, in different directions, and could reach 330 m away from the watercourse. However, we are not sure whether these maiden flights were conducted by one or several consecutive flights. Smaller dragonflies like *Leucorrhinia dubia* Vander Linden and *Leucorrhinia rubicunda* Linnaeus carried out maiden flights of 50 m (Pajunen 1962, Soeffing 1990). Unlike Byers (1930) who noted that species of *Gomphus* were attracted to trees during their maiden flights, no teneral of *G. lucasii* Selys was observed perched on a tree or in woodland areas. Habitats preferred by teneral were open grasslands and dense wheat fields in which the species spent its maturation period. We showed that females preferred to spend their maturation period in open grasslands where the sex ratio was slightly female biased, while males chose both dense wheat fields and open grasslands with no preference, even though sex ratio was male biased at dense wheat fields. The southwest European *Gomphus pulchellus* Selys was observed in similar habitats (Robert 1958).

Mature *G. lucasii* females were usually recorded further from the water than males during their mature life. In territorial dragonflies, females usually go to the water only to lay their eggs and return to terrestrial habitats until the next oviposition, while males stay at the water holding territories and wait for females to reproduce (Corbet 1999). A similar pattern was observed in *G. lucasii* Selys, but mature males were also observed out of the water solitary or in copula, up to 450 m away from the water. It is likely that pair formation occurred at the water and in terrestrial habitats since both mature males and females occurred far from the water. In addition, pairs in copula recorded in terrestrial habitats could be formed at the watercourse and then went further from the water to avoid male harassment which could reduce the survival and reproductive success of individuals (Stoks and Córdoba-Aguilar 2012).

One nonmarked male was observed out of the study site in Guelma city at 2 km away from the nearest watercourse (R.K., personal observation). Such displacements far from the water are known for species of *Gomphus*. For example, the Eurasian *Gomphus vulgatissimus* Linnaeus was noted at 800 m away from the water (Robert 1958), while the North American *Gomphus ventricosus* Walsh was observed 3 km away from the closest larval habitat (Commissioned by the Committee on the Status of Endangered Wildlife in Canada (COSEWIC) 2010). The mean distance of natal dispersal was 596.5 ± 4.94 m (only males). Male territoriality at the water might be the reason of such long dispersal from emergence site (Stettmer 1996, Chaput-Bardy et al. 2010). The mean distance travelled along the watercourse was 180.97 ± 238.54 m (2–969 m), which was smaller than that of *Pachydiplax longipennis* Brauer with 430 m (320–1,910 m) (McCauley 2010) and *Leucorrhinia hudsonica* Selys with 210 ± 21 m and 432 ± 78 m representing different years (Chin and Taylor 2009). Dispersal of *G. lucasii* adults along the watercourse was not significantly biased neither upstream nor downstream, which suggests that there was a homogeneous distribution of good habitats in our study site.

Teneral males and females travelled similar distances to maturation sites, but males chose more various directions than females. This was probably due to the fact that females choose some specific habitat features that are not widespread in the landscape which limits their movement to certain directions. The limited choice of directions selected by females combined with a relatively high variance of distances made the direction-distance correlation not significant. However, the sample size is quite small to draw any conclusions. Similarly, the number of individuals resighted was low to establish conclusive interpretation regarding movements from maturation to reproductive areas and displacements within maturation sites. However, our data suggest that individuals did not choose the nearest reproductive areas to their maturation sites and usually displaced further. Within terrestrial habitats, females carried out longer movements than males, which is consistent to their tendency to wander and forage intensively to support their

biological needs (Conrad et al. 2002). However, males could also be not as pressed as females to satisfy their energy needs (e.g., Marden, 1989; Marden and Waage, 1990).

Mature males occupied a variety of habitat types along the water, while female showed a marked preference to lay eggs in fast and small watercourse, and this might be the reason behind the marginally significant homogeneous distribution of mature adults across river sections. Dragonfly females usually lay their eggs in areas where the survival of eggs during and after embryonic development are highest (Corbet 1999). It seems likely that *G. lucasii* Selys eggs require highly oxygenated water which explains the microhabitat choice of ovipositing females. In fact, Siva-Jothy et al. (1995) found that *Calopteryx splendens* Harris, a stream-dwelling damselfly, had faster embryonic development and higher hatching success in fast-flowing water than slow-flowing water.

Dispersal and habitat use of *G. lucasii* have never been investigated and posed problems in understanding the ecology and population structure of this threatened species in the past. We conclude from this study that an effective conservation should take into account not only the aquatic ecosystem but also the nearby terrestrial habitats because they represent maturation sites for immature individuals, foraging sites for mature females between two oviposition episodes, and copulation areas for reproductive pairs. It is easily predictable from our results that the species can colonize new sites either by flying along the water or by crossing terrestrial habitats, an ability that is crucial for the survival of populations in a continually degraded environment.

Acknowledgments

We are grateful to two anonymous reviewers for their helpful comments on an earlier version of the manuscript. We would like to thank Soufyane Bensouilah, Hamza Khaled, and Issam Bouchahedane for field assistance. Thanks to Nasser Eddine Sekrane and Abdeldjalil Youcefi for car trips to the study site. We are indebted to Hayat Mahdjoub for data organization and computer assistance.

References Cited

- Angert, A. L., L. G. Crozier, L. J. Rissler, S. E. Gilman, J. J. Tewksbury, and A. J. Chunco. 2011. Do species' traits predict recent shifts at expanding range edges? *Ecol. Lett.* 14: 677–689.
- Boudot, J.-P. 2010. *Gomphus lucasii*. (www.iucnredlist.org) (accessed 21 March 2013).
- Broquet, T., and E. J. Petit. 2009. Molecular estimation of dispersal for ecology and population genetics. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 40: 193–216.
- Byers, C. F. 1930. A contribution to the knowledge of Florida Odonata. University of Florida publication, Biological Science Series 1: 1–327.
- Chaput-Bardy, A., A. Grégoire, M. Baguette, A. Pagano, and J. Secondi. 2010. Condition and phenotype-dependent dispersal in a damselfly, *Calopteryx splendens*. *PLoS One* 5: e10694.
- Chin, K. S., and P. D. Taylor. 2009. Interactive effects of distance and matrix on the movements of a peatland dragonfly. *Ecography* 32: 715–722.
- Conrad, K. F., K. H. Willson, K. Whitfield, I. F. Harvey, C. J. Thomas, and T. N. Sherratt. 2002. Characteristics of dispersing *Ischnura elegans* and *Coenagrion puella* (Odonata): age, sex, size, morph and ectoparasitism. *Ecography* 25: 439–445.
- Cook, W. J. 1991. The parasitism of dragonflies by the water mite *Limnochares americana* Lunblad Acari: Parasitengona: Limnocharadiae. M.S. thesis, University of Guelph, Canada.
- Corbet, P. S. 1999. Dragonflies: behaviour and ecology of Odonata. Harley Books, Colchester, UK.
- Cordero-Rivera, A., and R. Stoks. (2008). Mark-recapture studies and demography, pp. 7–20. In A. Córdoba-Aguilar (ed.), Dragonflies and damselflies: model organisms for ecological and evolutionary research. Oxford University Press, Oxford.
- Commissioned by the Committee on the Status of Endangered Wildlife in Canada (COSEWIC). 2010. COSEWIC assessment and status report on the skillet clubtail *Gomphus ventricosus* in Canada. (www.sararegistry.gc.ca/status/status_e.cfm) (accessed 15 October 2011).
- 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.
- Hamzaoui, D., M. Hafiane, M. Mebarki, A. Arab, A. H. Alfarhan, and B. Samraoui. 2015. The Gomphidae of Algeria and the Maghreb: status, ecology and conservation (Insecta: Odonata). *Int. J. Odonatol.* 1–17 (in press).
- Harrison, S. 1991. Local extinction in a metapopulation context: an empirical evaluation. *Metapopul. Dyn. Empirical Theor. Invest.* 42: 73–88.
- 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, IL.
- Inden-Lohmar, C. 1997. Sukzession, struktur und dynamic von Libellenpopulationen an Kleingewässern unter besonderer Berücksichtigung von *Aeshna cyanea* Odonata: Aeshnidae. Ph.D. dissertation, University of Bonn, Germany.
- Kéry, M., and L. Juillerat. 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., R. Zebba, A. Kahalerras, and H. Mahdjoub. 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.
- Knaus, P., and H. Wildermuth. 2002. Site attachment and displacement of adults in two alpine metapopulations of *Somatochlora alpestris* (Odonata: Corduliidae). *Int. J. Odonatol.* 5: 111–128.
- Marden, J. H. 1989. Bodybuilding dragonflies: costs and benefits of maximizing flight muscle. *Physiol. Zool.* 62: 505–521.
- Marden, J. H., and J. K. Waage. 1990. Escalated damselfly territorial contests are energetic wars of attrition. *Anim. Behav.* 39: 954–959.
- McCauley, S. J. 2010. Body size and social dominance influence breeding dispersal in male *Pachydiplax longipennis* (Odonata). *Ecol. Entomol.* 35: 377–385.
- Pajunen, V. I. 1962. Studies on the population ecology of *Leucorrhinia dubia* vd Lind. (Odon., Libellulidae). *Annales Botanici Societatis Zoologicae Botanicae* 24: 1–79.
- Pohlert, T. 2015. PMCMR: calculate pairwise multiple comparisons of mean rank sums. R package version 1.1. (<http://CRAN.R-project.org/package=PMCMR>) (accessed 24 August 2015).
- Ricklefs, R. E., and G. L. Miller. 1999. Ecology. Freeman and Company, New York.
- Robert, P.-A. 1958. *Les libellules*: (odonates). Delachaux & Niestlé, Neuchâtel.
- Siva-Jothy, M. T., D. W. Gibbons, and D. Pain. 1995. Female oviposition-site preference and egg hatching success in the damselfly *Calopteryx splendens xanthostoma*. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 37: 39–44.
- Soeffing, K. 1990. Verhaltensökologie der Libelle *Leucorrhinia rudicunda* L. Odonata : Libellulidae unter besonderer Berücksichtigung nahrungsökologischer Aspekte. Ph.D. dissertation, University of Hamburg, Germany.
- Solow, A. R., J. L. Bullister, and C. Nevison. 1988. An application of circular-linear correlation analysis to the relationship between Freon concentration and wind direction in Woods Hole, Massachusetts. *Environ. Monit. Assess.* 10: 219–228.
- SPSS Inc. 2008. SPSS statistics for windows, version 17.0. SPSS Inc, Chicag, IL.
- Stenseth, N. C., and J. W. Lidicker. 1992. The study of dispersal: a conceptual guide, pp. 5–20. In N. Stenseth and W. Lidicker, Jr (eds.), Animal dispersal. Springer, New York.
- 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.
- Stoks, R. 2001. Male-biased sex ratios in mature damselfly populations: real or artefact? *Ecol. Entomol.* 26: 181–187.
- Stoks, R., and A. Córdoba-Aguilar. 2012. Evolutionary ecology of Odonata: a complex life cycle perspective. *Annu. Rev. Entomol.* 57: 249–265.
- Ubukata, H. 1981. Survivorship curve and annual fluctuation in the size of emerging population of *Cordulia aenea amurensis* Selys (Odonata: Corduliidae). *Jpn. J. Ecol.* 31: 335–346.
- Ward, L., and P. Mill. 2007. Long range movements by individuals as a vehicle for range expansion in *Calopteryx splendens* (Odonata: Zygoptera). *Eur. J. Entomol.* 104: 195–198.
- Zebba, R., R. Khelifa, and A. Kahalerras. 2015. Emergence pattern, microhabitat choice, and population structure of the Maghribian endemic *Gomphus lucasii* Selys Odonata: Gomphidae in Northeast Algeria. *Aquat. Insects* (in press).

Received 19 February 2015; accepted 14 September 2015.