

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR-
ANNABA

جامعة باجي مختار
عنابة



FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

LABORATOIRE D'ECOBIOLOGIE DES MILIEUX MARINS ET LITTORAUX

Thèse en vue de l'obtention d'un Diplôme de Doctorat LMD

Domaine : SCIENCE DE LA NATURE ET DE LA VIE

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité : Biologie et Ecologie Animale

Intitulé

**Statut et conservation de *Urothemis edwardsii* (Odonata :
Libellulidae) dans le Nord-Est de l'Algérie**

Présenté par : Mr. ZOUAIMIA Abdelheq

Directeur de thèse : Mr. HOUHAMDI Moussa

(Pr, Université 08 MAI 1945-Guelma)

Co-directeur : Mr. OUKID Med Laid

(Pr, Université Badji Mokhtar-Annaba)

Devant un jury composé de :

Dr. TREA Saliha

Présidente

Université Badji Mokhtar-Annaba-

Dr. RIZI Hadia

Examinatrice

Université Chadli Bendjedid-El Tarf-

Dr. ROUAG-ZIANE Nadia

Examinatrice

Université Badji Mokhtar-Annaba-

Dr. ATOUSSI Sadek

Examineur

Université 08 MAI 1945-Guelma-

Remerciements

J'aimerais en premier lieu remercier Allah qui m'a donné la volonté et le courage pour la réalisation de ce modeste travail.

Je tiens à exprimer ma très sincère reconnaissance à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet scientifique,

*Parmi ces personnes, je tiens avant tout et en particulier à remercier Monsieur **HOUHAMDI Moussa**, professeur à l'Université de Guelma, mon directeur de thèse, pour le dévouement sans faille et le rôle de premier ordre qu'il a tenu dans l'encadrement de ces travaux. Je le remercie pour sa très grande patience, son extrême gentillesse et sa bienveillance quotidienne qui continueront à résonner tout au long de ma vie personnelle et scientifique. Je remercie également mon Co-Directeur de thèse, le Pr **OUAKID Mohamed-Laid**, pour m'avoir permis d'initier et de réaliser ce projet de recherche ainsi que pour l'accueil chaleureux qui m'a réservé.*

Tous mes respect et remerciements vont à :

*A Madame, **TREA Salîha** MCA à l'université d'Annaba, pour l'honneur qu'elle me fait d'avoir bien voulu présider mon jury.*

*A Monsieur **ATOUSSE Sadek**, MCA à l'Université de Guelma et à Madame **ROUAG-ZIANE Nadia**, MCA à l'Université d'Annaba, et Madame **RIZI Hadia**, MCA à l'Université d'El Tarf pour l'immense privilège qu'ils me font en voulant bien examiner ce travail.*

*Il apparaît également difficile de concevoir des remerciements dans le cadre de ces travaux sans exprimer une profonde reconnaissance pour le soutien scientifique et moral apporté par **ZEBSA Rabah** et **KHELIFA Rassim**, ces deux amis m'ont transmis leur passion naturaliste, **BENSOUILLEH Sofiane** et **AMARI Hichem** pour les bons moments passés ensemble au terrain et au laboratoire.*

*Je suis également reconnaissant aux personnes si chères à mon cœur et qui veillent sur moi quotidiennement depuis toujours. En premier, je remercie ma mère « La femme soldat », mon père, mes frères : **Zikou**, **Fayçal** et **Mourad**, ma femme et mes petites filles, mon cher ami **ZEGHDOUDI Oussama**, je les remercie pour leur amour et leur soutien bienveillant aux projets et aventures que j'entreprends.*

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Résumé

Abstract

ملخص

Introduction générale	1
1. L'entomofaune face à l'anthropocène	1
2. Présentation de l'ordre des odonates	5
2.1. Évolution des odonates	5
2.2. Diversité actuelle	6
2.3. Cycle de vie	8
2.3.1. Une vie larvaire aquatique	8
a. De l'œuf à la larve	8
b. Vie larvaire	9
c. Emergence :	9
2.3.2. Une vie adulte dans les airs	10
a. Maturation	10
b. Accouplement	10
c. Ponte	11
2.4. Morphologie	12
2.4.1. Zygoptères et Anisoptères	12
a. Les larves	12

b. Les adultes :	13
2.4.2. Mâle et femelle	15
2.4.3 Les traits morphologique et les facteurs environnementaux	16
2.5. Les libellulidae	17
3. <i>Urothemis edwardsii</i> (Selys, 1849)	18
4. Conservation	19

Chapitre 1 : La variation de la taille d'*Urothemis Edwardsii* au Lac bleu, Nord-est de l'Algérie

1.Introduction	22
2.Matériel et méthodes	23
2.1. Site d'étude	23
2.2. Protocole d'échantillonnage des adultes	23
2.3. Analyses Statistiques	24
3. Résultats	25
3.1. Phénologie de capture et Dimorphisme sexuel	25
3.2. Changement de la taille	28
4. Discussion	30
5.Conclusion	30

Chapitre 2 : La Phénologie de l'*Urothemis edwardsii* au Parc National d'El Kala, Nord-est de l'Algérie.

1.Introduction	33
2.Matériel et méthodes	34
2.1. Site d'étude	34

2.2. Protocole d'échantillonnage des exuvies	35
2.3. Protocole d'échantillonnage des adultes	36
2.4. Analyses Statistiques	36
3. Résultats	36
3.1. Conditions climatiques	36
3.2. Modèle temporel d'émergence	38
3.3. Modèle temporel d'émergence	38
4. Discussion	39
5. Conclusion	42
Chapitre 3 : Mise à jour de la distribution géographique de <i>Urothemis edwardsii</i> (Selys, 1849) (Odonata : Libellulidae) dans le nord-est de l'Algérie.	
1. Introduction	44
2. Matériel et méthodes	45
2.1. Zone d'étude	45
2.2. Méthodes d'échantillonnage	45
2.3. Analyses Statistiques	46
3. Résultats	46
3.1. Climat de la région côtière	46
3.2. Changement historique de l'aire de répartition géographique	46
4. Discussion	50
5. Conclusion	51
Conclusion générale	52
Références bibliographiques	53

LISTE DES FIGURES

Figure N°	Titre	Page
Figure 1	Les grands ordres d'insectes et leurs rôles dans la nature.	2
Figure 2	Les menaces globales sur la diversité des insectes. Illustration : Virginia R. Wagner (artiste).	4
Figure 3	<i>Meganeura Monyi</i> comparé à une personne de taille 1,8 mètre. Illustrée par Emily Willoughby (Artiste).	6
Figure 4	Nombre d'espèces de libellules par région biogéographique. (Kalkman et al., 2008) .	7
Figure 5	Diversité odonatologique estimée par sous-bassins en Afrique. (Clausnitzer et al. (2012)) .	8
Figure 6	Le cycle de vie générale d'odonates Illustré par F. Meciél (Artiste).	11
Figure 7	Caractéristiques extérieures des larves d'Odonata. (a) Zygoptera et (b) Anisoptera. Dessins d'Ole Müller (Suhling, 2012) .	12
Figure 8	Labium de la larve. (a) Masque d'une larve d'odonate, (b) Labium éjecté. (Marla Garrison 2021) .	13
Figure 9	Caractéristiques extérieures d'adulte d'odonata. (a) Vue dorsale d'un Zygoptera (Coenagrionidae); (b) vue dorsale d'un Anisoptera (Libellulidae). Dessins d'Ole Müller (Suhling, 2012) .	14
Figure 10	Dimorphisme sexuel chez certaines espèces d'odonates ;(a) <i>Libellula depressa</i> , (b) <i>Anax parthenope</i> , (c) <i>Anax imperator</i> , (d) <i>Calopteryx splendens</i> . la femelle est toujours à gauche.	16
Figure 11	Les caractéristiques générales de la famille des Libellulidés. a) le prémentum en forme de cuillère chez la larve. b) la nervation en forme de botte (Anal loop) dans l'aile postérieure chez l'adulte.	18
Figure 12	Carte de distribution d' <i>U. edwardsii</i> (Selys , 1849). (Boudot et al, 2016) .	19
Figure 13	Carte montrant la localisation géographique du Lac Bleu dans le nord-est de l'Algérie. Le gros plan du Lac Bleu montre la bathymétrie de la zone humide en cm.	24
Figure 14	Le sex-ratio des individus capturés pendant les deux années 2018 et 2019	26
Figure 15	Comparaison des tailles d'adultes capturés pour chaque sexe pendant 2018 et 2019.	27
Figure 16	Comparaison des longueurs des ailes postérieurs d'adultes capturés pour chaque sexe pendant 2018 et 2019	28
Figure 17	Relations linéaires de la taille d'adulte pour chaque sexe par rapport à la date de capture des deux années d'étude (2018 et 2019).	29
Figure 18	Relations linéaires de la longueur d'aile d'adulte pour chaque sexe par rapport à la date de capture des deux années d'étude (2018 et 2019).	29

Figure 19	Représentation photographique du site d'étude (Lac bleu).	35
Figure 20	Cumul des températures moyennes quotidiennes (a) et des précipitations (b) dans la région d'étude en 2018 et 2019. Les données ont été obtenues à partir d'une station météorologique située à 35 km du site d'étude (Tebarka, Tunisie). Le jour 1 correspond au 1er septembre, qui est approprié pour l'histoire de vie des libellules	37
Figure 21	Cumul du nombre d'exuvies d' <i>Urothemis edwardsii</i> dans le lac Bleu en 2018 et 2019.	38
Figure 22	Cumul du nombre d'adultes mâles et femelles d' <i>Urothemis edwardsii</i> dans le lac Bleu en 2018 et.	39
Figure 23	Conditions climatiques en Algérie avec la distribution d' <i>Urothemis edwardsii</i> à l'échelle nationale. A. Carte de la température moyenne annuelle. B. Distribution de fréquence de la température moyenne annuelle en Algérie indiquant la température moyenne à travers les sites d' <i>U. edwardsii</i> comme ligne pointillée verticale. C. Carte des précipitations annuelles. D. Distribution de fréquence de la précipitation annuelle en Algérie indiquant la précipitation annuelle moyenne à travers les sites d' <i>U. edwardsii</i> comme ligne pointillée verticale.	47
Figure 24	Sites d'étude et distribution géographique d' <i>Urothemis edwardsii</i> dans la province d'El Taref (nord-est de l'Algérie). Les points rouges sont les sites où l'espèce a été enregistrée. Les points noirs sont les sites où l'espèce n'a pas été enregistrée. Le polygone rouge est la zone entourant les sites où l'espèce a été enregistrée, indiquant un domaine vital local de l'espèce.	49
Figure 25	<i>Urothemis edwardsii</i> mâle adulte dans une nouvelle localité (Gareat 4), Parc National d'El Kala, Algérie.	50

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU N°	Titre	Page
TABLEAU 1	Les grandes différences entre les Zygotères et les Anisoptères (Nair, 2011)	14
TABLEAU 2	Morphométrie du corps et des ailes postérieurs de l' <i>Urothemis edwardsii</i> en 2018, 2019 dans le Lac Bleu Nord-est Algérien	27
TABLEAU 3	Données historiques et coordonnées géographiques des sites étudiés	48

Résumé

En Méditerranée, *Urothemis edwardsii* est l'une des espèces de libellules les plus menacées avec une population relictuelle limitée au nord-est de l'Algérie. Nous avons réalisé une étude sur la variation des traits morphologiques des adultes (mâles et femelles) d'*U.edwardsii* pendant la saison de vol (2018 et 2019) sur le lac Bleu, Nord-Est de l'Algérie. La longueur du corps a montré un dimorphisme sexuel biaisé par les mâles tandis que la longueur des ailes a montré un dimorphisme sexuel biaisé par les femelles. La longueur du corps et des ailes a augmenté au cours de la saison, ce qui est différent de son déclin saisonnier habituel chez d'autres espèces d'odonates décrites dans la littérature. Nous discutons des raisons possibles de l'augmentation saisonnière de la taille du corps.

En utilisant l'échantillonnage répété des exuvies et le marquage des adultes pendant deux saisons, nous avons estimé la taille de la population, le sex-ratio, et le schéma temporel de l'émergence et de la saison de vol. La première année (2018) a été considérablement plus sèche que la deuxième année (2019). Nous avons collecté un total de 576 et 887 exuvies et 711 et 655 adultes en 2018 et 2019, respectivement. Le sex-ratio à l'émergence était légèrement biaisé vers les femelles avec 57,1% la première année et égal à l'unité (50,5%) la deuxième année. L'émergence de l'espèce était assez asynchrone où 50% de la population a émergé après 11 jours et 16 jours en 2018 et 2019, respectivement. La différence dans la taille de la population (basée sur les exuvies) et le schéma temporel de l'émergence et de la saison de vol étaient probablement dus à des différences de conditions climatiques entre les deux années.

Ici, nous surveillons la distribution de *U. edwardsii*, localement en danger critique d'extinction, dans le nord-est de l'Algérie où l'espèce a été signalée en se rétablissant subtilement au cours de la dernière décennie après avoir été restreinte dans une seule localité depuis les années 90. Au cours de la saison de vol de 2018, 2019 et 2021, nous avons mené des enquêtes de terrain où nous avons enregistré le nombre de mâles, de femelles, de couples reproducteurs à travers 15 sites dans le parc national d'El Kala. Nous avons trouvé l'espèce dans sept sites où la reproduction a été confirmée dans trois sites. Deux des sites sont de nouveaux records pour l'espèce où l'espèce a été enregistrée comme adulte sans signe de reproduction. Nous avons confirmé le maintien des populations reproductrices qui ont été récemment découvertes.

Mots clés : Algerie, Distribution, *Urothemis edwardsii*, El Kala, Emergence, Traits morphologiques, Odonates.

Abstract

In the Mediterranean, *Urothemis edwardsii* is one of the most threatened dragonfly species with a relict population restricted to the northeast of Algeria. We carried out a study on the morphological traits variation of *U. edwardsii* adults (males and females) in the flight season (2018 and 2019) on Lake Bleu, Northeast-Algeria. Body length showed a male-biased sexual dimorphism whereas wing length showed a female-biased sexual dimorphism. Both body and wing length increased in the course of the season, which is different to its usual seasonal decline in other odonate species described in the literature. We discuss possible reasons producing seasonal increase in body size.

Using repeated sampling of exuviae and marking of adults during two seasons, we estimated the population size, sex ratio, and the temporal pattern of emergence and flight season. The first year (2018) was considerably drier than the second year (2019). We collected a total of 576 and 887 exuviae and 711 and 655 adults in 2018 and 2019, respectively. The sex ratio at emergence was slightly female-biased with 57.1% in the first year and equal to unity (50.5%) in the second year. The emergence of the species was quite asynchronous where 50% of the population emerged after 11 days and 16 days in 2018 and 2019, respectively. The difference in population size (based on exuviae) and the temporal pattern of emergence and flight season were likely due to differences in weather between the two years.

Here, we monitor the distribution of the locally critically endangered *Urothemis edwardsii* in Northeast Algeria where the species has been reported to recover subtly during the last decade after being restricted in a single locality since the 90s. During the flight season of 2018, 2019, and 2021, we conducted field surveys where we recorded the number of males, females, breeding pairs across 15 sites in the National Park of El Kala. We found the species in seven sites where reproduction was confirmed in three sites. Two of the sites are new records for the species where the species was recorded as adult without sign of reproduction. We confirmed the maintenance of the reproductive populations that were recently discovered.

Keywords : Algeria, Distribution, *Urothemis edwardsii*, El Kala, Emergence, Morphological traits, Odonates.

ملخص

Urothemis edwardsii يعتبر من أكثر أنواع اليعاسيب المهدة بالانقراض في البحر الأبيض المتوسط ، حيث يقتصر وجود هذا النوع في المنطقة الشمالية الشرقية من الجزائر. أجرينا دراسة حول الاختلافات المورفولوجية للبالغين (الذكور والإناث) في موسم الطيران (2018 و2019) في البحيرة الزرقاء، شمال شرق الجزائر. وقد أظهر طول الجسم انحرافا جنسيا منحازا للذكر في حين أظهر طول الجناح انحرافا جنسيا منحازا للإناث. وقد زاد طول الجسم والجناح خلال الموسم، وهو ما يختلف عن الانخفاض الموسمي المعتاد في أنواع اليعاسيب الأخرى الموصوفة في الكتابات. هنا سنناقش الأسباب المحتملة التي تنتج الزيادة الموسمية في حجم الجسم.

باستخدام عينات متكررة من قوقعة اليرقات وعلامات على البالغين خلال فصلين، قمنا بتقدير عدد الأفراد ونسبة الجنس والنمط الزمني لموسم الظهور والطيران. كانت السنة الأولى (2018) أكثر جفافا بكثير من السنة الثانية (2019). وقد جمعنا ما مجموعه 576 و887 قوقعة اليرقات و711 و655 بالغ في عامي 2018 و2019 على التوالي. وكانت نسبة الجنس عند الظهور متحيزة قليلا للإناث بنسبة 57.1 في المائة في السنة الأولى وتساوي الوحدة (50.5 في المائة) في السنة الثانية. وكان ظهور هذا النوع غير متزامن إلى حد كبير، حيث ظهر 50٪ من السكان بعد أحد عشر يوما و16 يوما في عام 2018 وعام 2019 على التوالي. ويعزى الفرق في عدد الأفراد (على أساس عدد قواقع اليرقات) والنمط الزمني لظهور الأفراد وفصل الطيران على الأرجح إلى الاختلافات في الطقس بين العامين

هنا، نراقب توزيع *U.edwardsii* المهدة محليا في شمال شرق الجزائر، حيث تم الإبلاغ عن تعافي سلالتها خلال العقد الماضي بعدما كانت في منطقة واحدة منذ التسعينات. خلال موسم الطيران 2018 و2019 و2021، أجرينا مسحا ميدانيا سجلنا فيه عدد الذكور والإناث، والأزواج عبر 15 موقعا في حديقة القالة الوطنية. وجدنا النوع في سبعة مواقع حيث تم تأكيد التكاثر في ثلاثة مواقع. واثنان من هذه المواقع هما سجلان جديان للأنواع التي تم تسجيل السلالة فيها على أنها بالغة دون علامة على التكاثر. أكدنا أن هذا النوع محافظ على تكاثره وهذا قد تم اكتشافه مؤخرا

الكلمات المفتاحية : الجزائر، *Urothemis edwardsii* التوزيع، اليعسوب، القالة، الظهور، السمات المورفولوجية.

Introduction générale

1. L'entomofaune face à l'anthropocène

Les insectes existent depuis au moins 400 million d'années et sont sans doute apparus à la fin du Silurien (la troisième période de l'ère paléozoïque), ce qui en ferait non seulement l'un des premiers animaux terrestres (**Grimaldi et al., 2005**), mais aussi l'un des plus anciens lignages de la vie sur terre (**Meineke, 2019**). Avec un squelette qui se trouve à l'extérieur du corps, les insectes sont les seuls invertébrés avec des ailes (**Borror et al., 1989**). Ce sont les premiers et l'une des quatre seules classes d'animaux (avec des ptérosaures, des oiseaux et des chauves-souris) à avoir réalisé un véritable vol. (**Alexander, 2002 ; Dickinson et al., 1999**)

Les insectes sont les animaux les plus omniprésents et les plus diversifiés de la planète, (**Stork, 2018**), ils nous sont à la fois familiers et étrangers. Ces organismes dominent la biodiversité animale mondiale en termes de biomasse, nombres d'espèces et de population, à ce jour, les scientifiques ont découvert, décrit et nommé environ deux millions d'espèces dans notre monde, dont un peu plus de la moitié sont des insectes. Les estimations de la diversité totale actuelle des insectes vont de 1.5 à 30 millions d'espèces. Une valeur conservatrice et probablement réaliste se situe quelque part autour de 5 millions espèces, cela signifie que nous sommes encore loin de comprendre la variété de la vie des insectes qui nous entourent (**Meineke, 2019**).

Récemment, la plupart des scientifiques et l'attention du public se sont concentrées sur les vertébrés charismatiques, en particulier sur les mammifères et les oiseaux (**Ceballos and Ehrlich, 2002; Manne et al., 1999**), alors que les insectes étaient systématiquement sous-représentés dans les études sur la biodiversité et la conservation en dépit de leur importance primordiale pour le fonctionnement global et la stabilité des écosystèmes dans le monde entier (**Fox, 2013; McKinney, 1999; Thomas et al., 2004**).

Chaque espèce d'insecte fait partie d'un plus grand assemblage et sa perte affecte la complexité et l'abondance des autres organismes. Certains insectes sont considérés comme des « espèces clés » parce que la perte de leurs fonctions écologiques essentielles pourrait certainement entraîner des effets néfastes sur le fonctionnement de l'écosystème, la biodiversité

Introduction générale

sera par ailleurs effondrée, car les insectes jouent un rôle central dans divers processus. (Gullan *et al.*, 2014 ; Hallmann *et al.*, 2017). (Figure 1).

Plus de 80 % des plantes à fleurs dans le monde dépendent des insectes pour leur pollinisation (Ollerton *et al.*, 2011), et environ les trois quarts des cultures sont en outre dépendantes (Vanbergen, 2013 ; Kremen, 2018), sans négliger l'importance de leurs rôles à maintenir la structure de la communauté animale, par la transmission des maladies, prédation et parasitisme. (Gullan *et al.*, 2014).

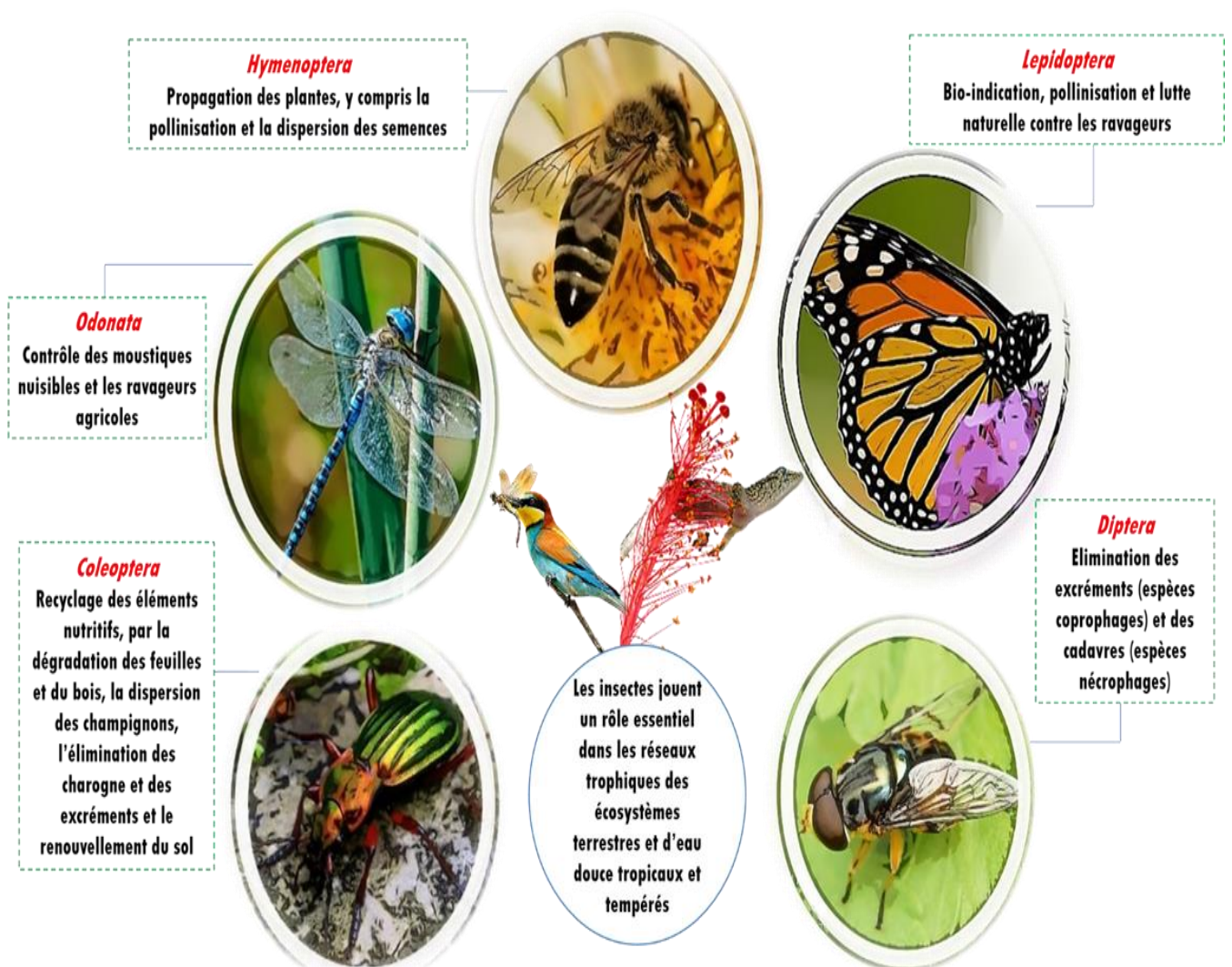


Fig.1. Les grands ordres d'insectes et leurs rôles dans la nature. Conception personnelle.

Introduction générale

Nous devrions essayer de mieux comprendre ces créatures pour deux raisons. Premièrement, les insectes sont la composante majeure de la biodiversité macroscopique (**Gullan et al., 2014**). Deuxièmement, les auteurs conviennent que les taux de pertes pour les insectes sont équivalents (**Thomas et al., 2004 ; Dirzo et al., 2014**), ou même supérieurs à ceux des plantes et des vertébrés (**Sánchez-Bayo & Wyckhuys. 2019**).

Plus de 400 millions d'années. Par l'immensité du temps et les vicissitudes des cataclysmes, les insectes ont persisté et ont péri, mais le plus souvent prospéré (**Meineke, 2019**). Au début de l'Anthropocène ; la biodiversité des insectes est en état épouvantable, près de la moitié des espèces, sont en déclin rapide et un tiers sont menacées d'extinction (**Sánchez-Bayo & Wyckhuys. 2019**), cette perte de la biodiversité entomologique est due aux mêmes facteurs qui affectent les causes de la vie animale et végétale (**Wagner, 2020**). (Figure 2).

Une grande partie de la perte de biodiversité est imputable aux activités humaines comme la chasse et la perte de l'habitat par la déforestation, l'expansion et l'intensification agricoles, l'industrialisation et l'urbanisation (**Ceballos et al., 2017 ; Maxwell et al., 2016**), qui revendiquaient conjointement un empiètement de 30 à 50 % sur les écosystèmes naturels à la fin du XXe siècle (**Vitousek et al., 1997**), il est important de souligner que d'autres facteurs biologiques (pathogènes et espèces introduites) et les changements climatiques sont parmi les principaux facteurs de déclin des espèces (**Sánchez-Bayo & Wyckhuys. 2019**).

L'existence de la plupart des vertébrés terrestres sur cette planète dépend directement ou indirectement de la vie des insectes (2/3 de toutes les espèces terrestres), et la diminution du nombre d'insectes accélérerait considérablement la sixième extinction massive. (**Kolbert, 2014 ; Wilson, 2016**), les cas observés en Europe (**Hallmann et al., 2017**) et à Porto Rico (**Lister & Garcia, 2018**) offrent un exemple très parlant, où les fortes diminutions de la biomasse des insectes entraînent inévitablement une famine chez les vertébrés insectivores (**Hallmann et al., 2014 ; Lister & Garcia, 2018 ; Poulin et al., 2010 ; Wickramasinghe et al., 2003**).

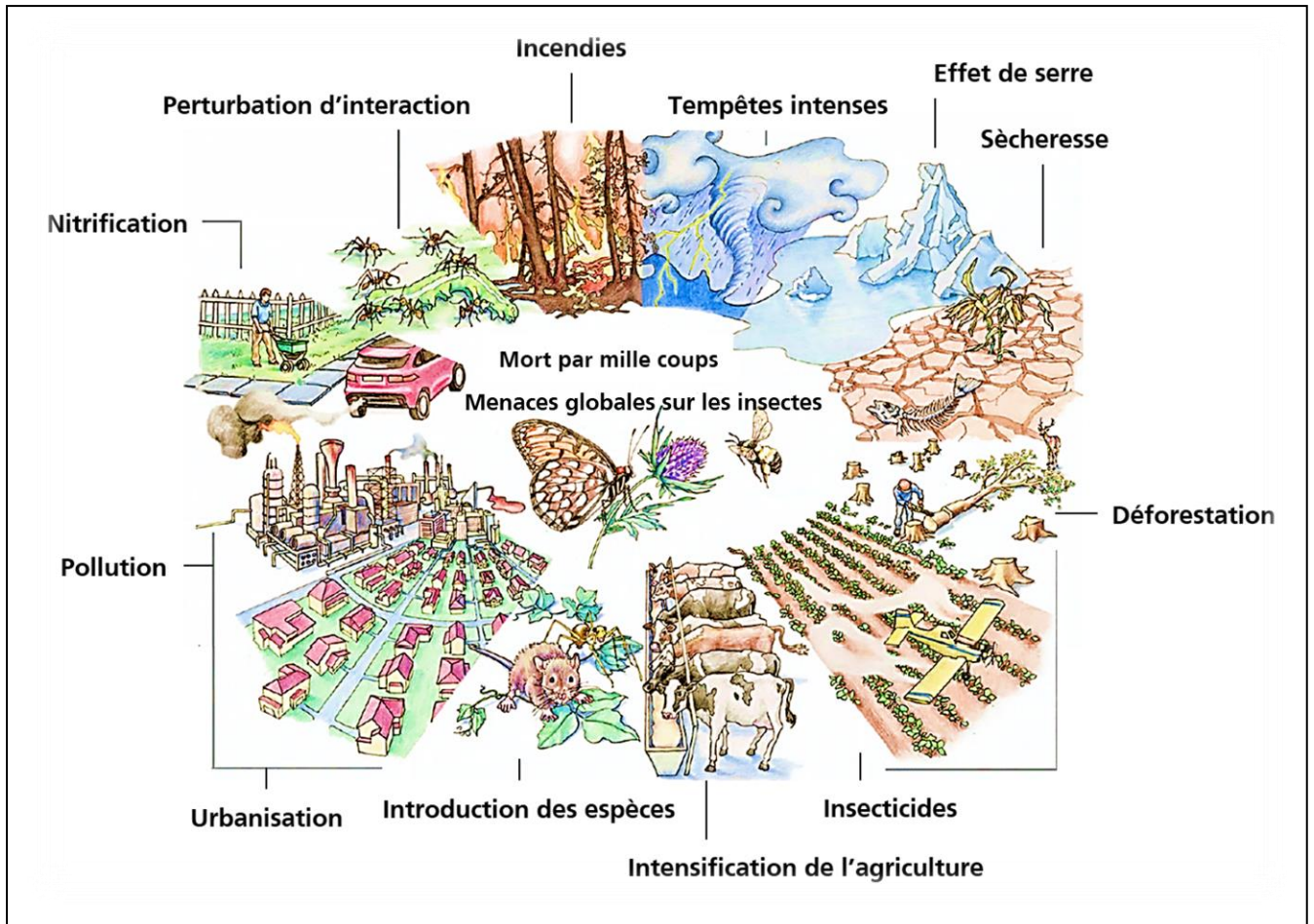


Fig. 2. Les menaces globales sur la diversité des insectes (Wagner et al. 2021).

Illustrée par Virginia R. Wagner (artiste). www.studiovirginia.com

Les odonates sont relativement un groupe diversifié d'insectes aquatiques comptant environ 7000 espèces dans le monde (Kalkman et al., 2007). Leur présence reflète la biodiversité des habitats aquatiques et la santé de l'environnement (Corbet, 1999 ; Kalkman et al., 2007), et leur absence est attribuable à une réaction intense au changement de l'habitat (Clausnitzer et al., 2009). Il est important de souligner que la conservation des odonates fait face à d'énormes défis, notamment face aux pressions anthropiques croissantes. Environ la moitié des étangs et des zones humides du monde ont disparu au cours du dernier siècle, en partie en raison de l'urbanisation accélérée (Davidson, 2014). Les Odonates représentent 106 des 118 espèces d'insectes aquatiques en voie de disparition répertoriées par l'UICN (Kalkman et al., 2010), et sur 1500 espèces d'odonates dans le monde, plus de 50 % ont été répertoriées comme étant de préoccupation mineure et 10 % des espèces totales étaient considérées comme menacées. (Une catégorie de la Liste rouge de l'UICN a été attribuée aux espèces en danger critique, en danger, ou vulnérable).

De plus, dans l'évaluation de la situation des odonates méditerranéens, 19 % des 165 espèces sont considérées comme menacées, 3 % sont en danger critique d'extinction, 8 % sont en danger et 8 % sont vulnérables, les activités humaines entraînent la perte et la dégradation de l'habitat, qui sont considérées comme les principaux facteurs du déclin des odonates (**Riservato et al., 2009**). Y a-t-il un avenir pour ces créatures d'eau douce les plus précieuses ? Tout simplement, nous devons réagir rapidement pour les conserver et les valoriser au même titre que les espèces phares (**Barua et al., 2012**), en particulier les populations reliques d'odonates dont l'abondance est moindre ou dont la répartition géographique est restreinte. Ces deux catégories sont particulièrement menacées par l'extinction démographique (**Diamond, 1989**).

2. Présentation de l'ordre des odonates

2.1. Évolution des odonates

Les odonates font partie des premiers groupes divergents d'insectes volants et sont considérés comme un ancien groupe d'insectes (**Corbet, 2004 ; Grand & Boudot, 2006**). Les fossiles d'odonates sont abondants, à la fois dans les fossiles de compression et d'ambre (la résine fossile). Les plus anciens fossiles d'Odonoptera, datent du Carbonifère namurien (Il y a 320 millions d'années (**Bybee et al., 2016**)). Les grands proto-odonates appelés *Meganeuridae* qui sont considérés par certains comme des parents des Odonates actuels, étaient répandus dans cette période, des espèces géantes avec une envergure pouvant atteindre 73 cm (**Kukalová-Peck, 2009**). (Figure 3). Des travaux récents de transcriptomique moléculaire suggèrent que les sous-ordres d'odonates ont divergé les uns des autres au Permien (**Kohli et al., 2020**).

En ce qui concerne les larves, aucune preuve fossile n'est disponible avant le début du Mésozoïque (Il y a 250 millions d'années). Plusieurs auteurs suggèrent que les libellules juvéniles étaient strictement terrestres jusqu'au Permien inférieur (Il y a 275 millions d'années) (**Sánchez-Herrera & Ware 2012 ; Bybee et al., 2016**). De nos jours, la majorité des larves sont aquatiques, sauf les deux genres australiens *Pseudocordulia* et *Antipodophlebia*, où les larves vivent dans la litière des feuilles (**Watson & Theischinger, 1980 ; Watson, 1982**).

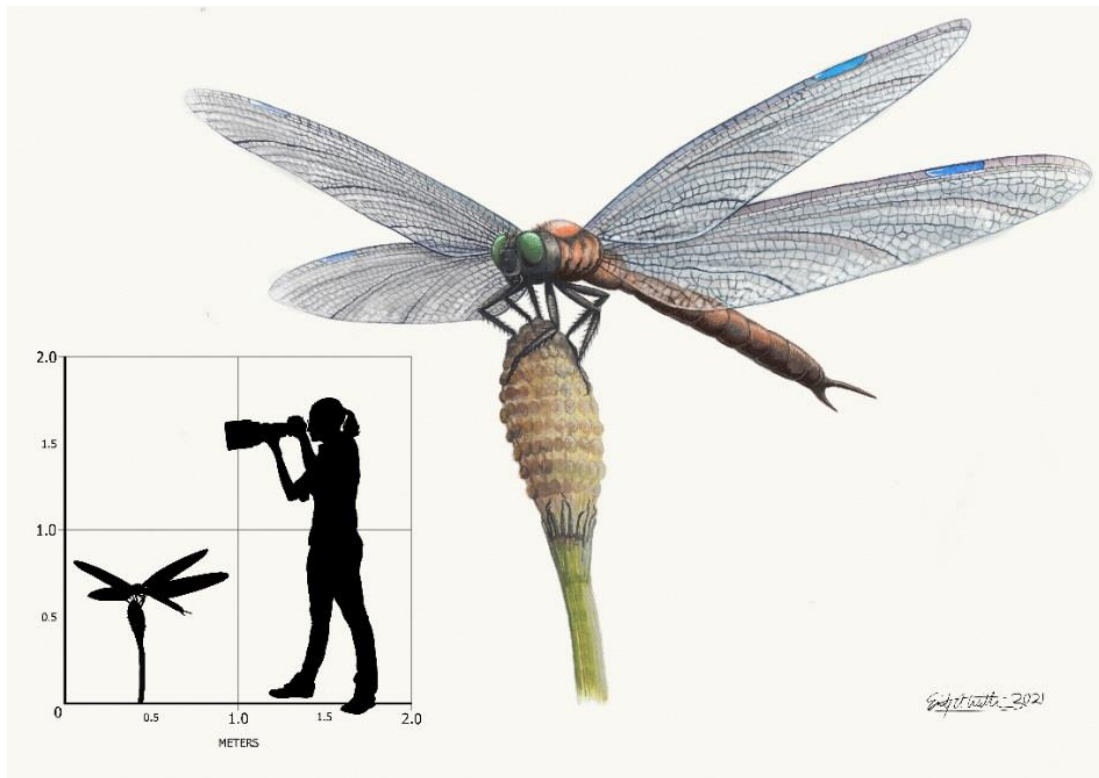


Fig.3. *Meganeura Monyi* comparé à une personne de taille 1,8 mètre. Illustrée par Emily Willoughby (Artiste). emilywilloughby.com

2.2. Diversité actuelle

La plupart des espèces d'odonate sont concentrées dans des zones intertropicales où une forte spéciation a eu lieu au cours de la longue histoire d'évolution de ce groupe (**Sánchez-Herrera & Ware, 2012**). Au contraire, les territoires tempérés du Nord ont été colonisés pour la première fois après la dernière glaciation (il y a environ 10 000 ans), ce qui a entraîné un degré de spéciation beaucoup plus faible (**Sternberg, 1998**).

Odonata est l'un des groupes d'insectes les moins diversifiés puisqu'il compte environ 6337 espèces reconnues et réparties en 3 sous-ordres : les Zygoptères ou « demoiselles » (plus de 3217 espèces), les Anisoptères ou « libellules » (plus de 3092 espèces) et les Anisozygoptères (4 espèces) (**Paulson & Schorr, 2021**).

Cette diversité reste modeste comparativement à celle pour d'autres ordres d'insectes tels que les Coléoptères (360 000 espèces) (**Gressitt & Linsley, 2021**), les Diptère (125 000 espèces) (**Murat, 2021**), les Hyménoptère (115000 espèces) (**Lindauer, 2019**). Ou encore les Lépidoptère (180 000 espèces) (**Culin, 2018**). La faune d'odonates du paléarctique occidental

est considérée comme l'une des plus pauvres du monde (Askew, 2004 ; Grand & Boudot, 2006 ; Dijkstra & Lewington, 2007).

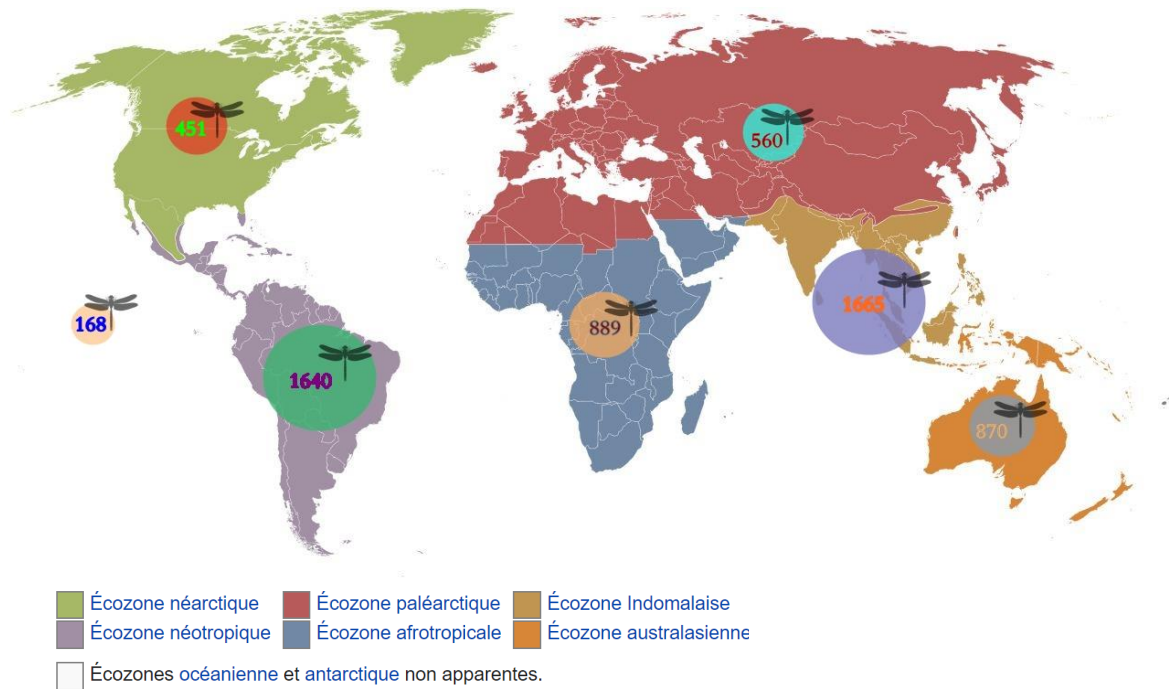


Fig.4. Nombre d'espèces de libellules par région biogéographique. (Kalkman et al., 2008).

Le nombre d'espèces restant à décrire est estimé entre 1000 et 1500, et quasiment 40 nouveaux taxons sont découverts et décrits chaque année dans le monde depuis les années 70, notamment dans les régions néotropicales, orientales et austral-asiatiques (Suhling, F et al., 2015). Une découverte annonce par la présente que le nombre d'espèces de libellules connues en Afrique a augmenté de près de 10%, passant de 700 à 760 espèces (Dijkstra et al, 2015).

La diversité de l'Odonatofaune africaine est plus faible dans les zones désertiques, avec une forte augmentation de la richesse en espèces là où le désert se termine et une augmentation supplémentaire là où la forêt tropicale commence surtout là où celles-ci coïncident avec les hauts plateaux. L'Afrique du Nord, abrite 83 d'espèces, dont 14,3% sont des Zygoptères et 4,2% des anisoptères endémiques (Samraoui et al., 2010). bien que la majorité de toutes les libellules du continent africain (74 %) soient classées par l'UICN comme étant les moins préoccupantes (LC), environ 9 % (65 espèces) ont été évaluées comme étant « menacées » – c.-à-d. en danger critique d'extinction, en danger ou vulnérable – et près de 4 % (25 espèces) comme étant quasi menacées (Clausnitzer et al., 2012).

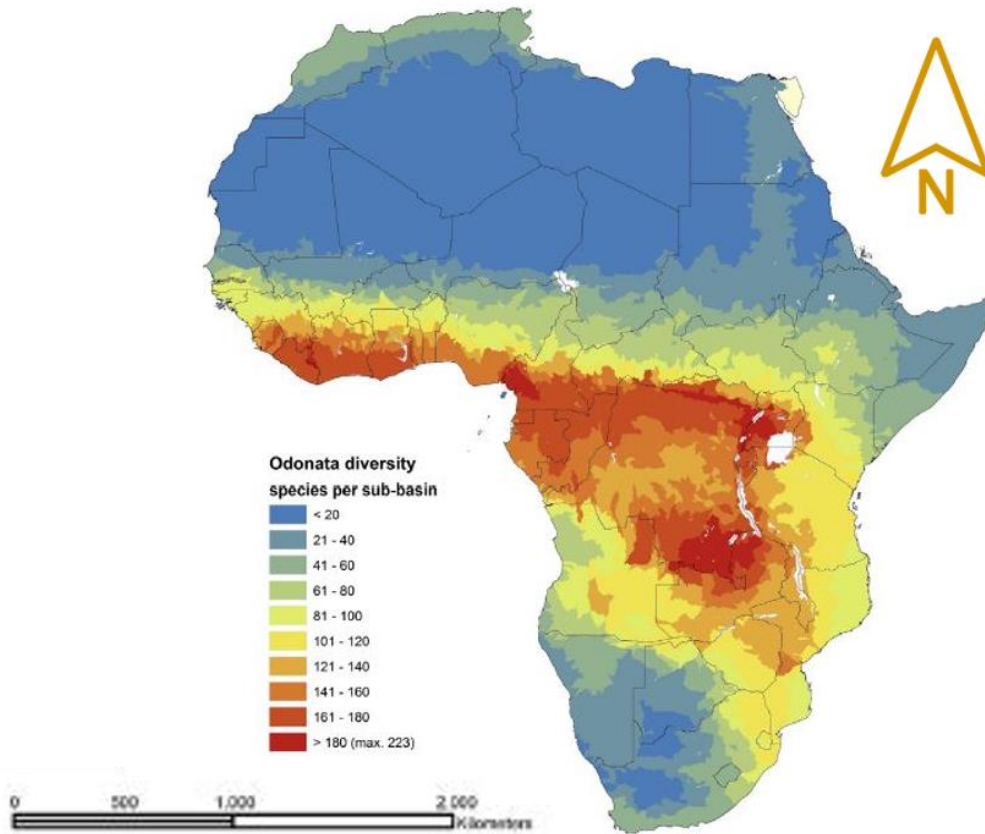


Fig.5. Diversité odonatologique estimée par sous-bassins en Afrique. (**Clausnitzer et al. (2012).**)

2.3. Cycle de vie

Les odonates sont de grands prédateurs des écosystèmes aquatiques et humides auxquels ils sont étroitement liés (**Corbet, 2004 ; McPeck, 2008**), dont le stade œuf et larve sont aquatiques et le stade adulte est terrestre. Ainsi la libellule volante ou demoiselle que nous voyons autour de nous ne constitue qu'une brève étape de sa vie ; l'autre, souvent beaucoup plus longue, se joue sous l'eau, loin des yeux des humains. Ce sont à la fois des insectes hémimétaboles dont le développement est dépourvu de stade nymphal immobile et hétérométaboles car l'adulte et la larve ne vivent pas dans le même milieu.

2.3.1. Une vie larvaire aquatique

a. De l'œuf à la larve

Comme les autres invertébrés aquatiques, les libellules ont un fort tropisme pour les plans d'eau, dans lesquels leurs larves se développent. Aux latitudes tempérées, le

Introduction générale

développement larvaire dure de quelques mois à plus de 5 ans, selon la température et la disponibilité alimentaire (Norling, 1984 ; Corbet, 2006). Les femelles pondent des œufs directement dans l'eau (oviposition exophyte) ou les insèrent dans des plantes flottantes ou submergées (oviposition endophyte). Le nombre d'œufs pondus varie de plusieurs centaines pour les plus petites espèces à quelques milliers pour les plus grandes (Galliani, et al., 2017). Après la ponte, l'embryon se développe jusqu'à l'éclosion qui donne naissance à une première larve, appelée prolarve (Corbet, 2004 ; Grand & Boudot, 2006).

Le stade larvaire est aquatique mais aussi le plus long (mois mais parfois des années). Au cours de cette étape, une croissance considérable, à la fois en taille et en masse (stocks, 2012). Au cours du dernier stade, et après un grandissement régulièrement par des mues successives (Kriska, 2013), la larve entame une métamorphose interne sous sa cuticule, les yeux s'agrandissent et se fusionnent, le labium rétrécit et les ailes grandissent, provoquant un gonflement des ébauches alaires (Corbet, 1957).

b. La vie larvaire

Les larves d'odonates sont des prédateurs intermédiaires importants dans les réseaux trophiques aquatiques, elles grandissent en se nourrissant d'un large éventail de petits animaux (stocks, 2012), des proies vivantes comme des Daphnies, des Ephéméroptères, des Chironomidae ou d'autres larves d'odonates plus petites, voire des individus conspécifiques (Suhling et al. 2015). Occasionnellement, les grandes larves de libellules peuvent également être capables d'attraper des petits poissons et des têtards (Heidemann & Seidenbusch 2002 ; Ramamonjisoa et al., 2018).

c. L'émergence

Lorsque leur taille et les conditions environnementales le permettent, en quittant le milieu aquatique, ces dernières vont se métamorphoser en adultes au cours d'une mue imaginale appelée « émergence ». Une fois prête à émerger, la larve sort de l'eau sur un hélrophyte, un support en bois ou une roche. Certaines larves peuvent même déplacer jusqu'à une centaine de mètres de l'étang pour éviter la prédation (Heidemann & Seidenbusch, 2002).

Pendant la mue finale, l'imago sort directement de son ancien tégument et laisse derrière lui une exuvie vide. La plupart du temps, l'émergence se produit tôt le matin. Les libellules sont très vulnérables au cours de cette phase, avec un taux de mortalité se situant entre 5 % et 30 % immobile et fragile, la libellule est alors une proie particulièrement facile (Jakob & Suhling,

1999). Environ 30 minutes à une heure plus tard, les jeunes adultes, appelés ténéraux, sont prêts à décoller (LeNaour et *al.*, 2019).

2.3.2. Une vie adulte dans les airs

a. Maturation

Les adultes fraîchement émergés sont ternes et incolores, avec des ailes froissées et un abdomen épais et enroulé, se trouvent généralement près de l'eau (Samways, 2008). Après 10 minutes à une heure, les jeunes adultes, appelés ténéraux, sont prêts à décoller ils se dispersent loin de leur site de reproduction pendant quelques jours à quelques semaines (LeNaour et *al.*, 2019). Les adultes se nourrissent beaucoup de petits invertébrés volants, augmentent la masse corporelle et développent des caractères sexuels ; les femelles commencent à développer des œufs (Corbet, 1957 ; Stocks, 2012).

b. L'accouplement

Une fois sexuellement maturés, les adultes reviennent dans les plans d'eau pour s'accoupler. Les mâles sont souvent les premiers à arriver sur les sites de reproduction où ils attendent les femelles (Corbet, 1999). Chez de nombreuses espèces, les mâles présentent un comportement territorial avec une pléthore de stratégies pour concurrencer les autres mâles et augmenter leur succès d'accouplement (Suhonen et *al.*, 2008 ; Rivas-Torres et *al.*, 2019). Pendant l'accouplement, le mâle saisit la femelle avec ses appendices anaux. Chez les Zygoptères, les appendices mâles saisissent le prothorax, tandis que chez les Anisoptères, c'est la tête de la femelle qui est saisie. Après avoir formé ce tandem pré-copulatoire, le mâle transfère les spermatozoïdes de l'ouverture génitale ventrale sur le segment 9 vers les organes génitaux secondaires sur le segment 2. Ceci étant une caractéristique unique dans le monde animal que les odonates partagent avec les araignées, ordre *Araneae* (Suhling, 2015 ; Galliani et *al.*, 2017).

Si elle est prête à s'accoupler, la femelle plie son abdomen pour former une roue copulatoire. Cette position permet aux odonates de voler pendant le processus d'accouplement. La copulation dure de quelques secondes à plusieurs heures selon l'espèce (Corbet, 1999). Le mâle utilise d'abord son pénis pour retirer la plupart des spermatozoïdes antérieurs stockés dans la spermathèque de la femelle avant d'insérer son propre sperme ; Une stratégie qui augmente les chances d'un mâle d'engendrer une grande proportion de la progéniture d'une femelle. L'ablation des spermatozoïdes comme mécanisme clé de l'évolution sexuelle a été

abondamment étudiée (Waage, 1979 ; Birkhead & Hunter, 1990 ; Corbet, 1999 ; Stockley, 1997).

c. La ponte

L'oviposition commencera peu après l'accouplement. Dans la plupart des cas, le mâle surveille la femelle, empêchant les mâles conspécifiques de venir. Chez plusieurs espèces, le mâle tient toujours la femelle, formant un tandem pendant la ponte. Chez d'autres, la femelle pond des œufs sans surveillance (Conrad & Pritchard, 1992).

Les femelles sont capables d'évaluer visuellement et tactilement le substrat qui les aident à choisir des sites propices au développement larvaire (Wildermuth, 1992). Les œufs peuvent être simplement déposés dans l'eau ou insérés dans les plantes, le bois ou le sol. Le cycle de vie général des odonates est résumé à la figure 6.

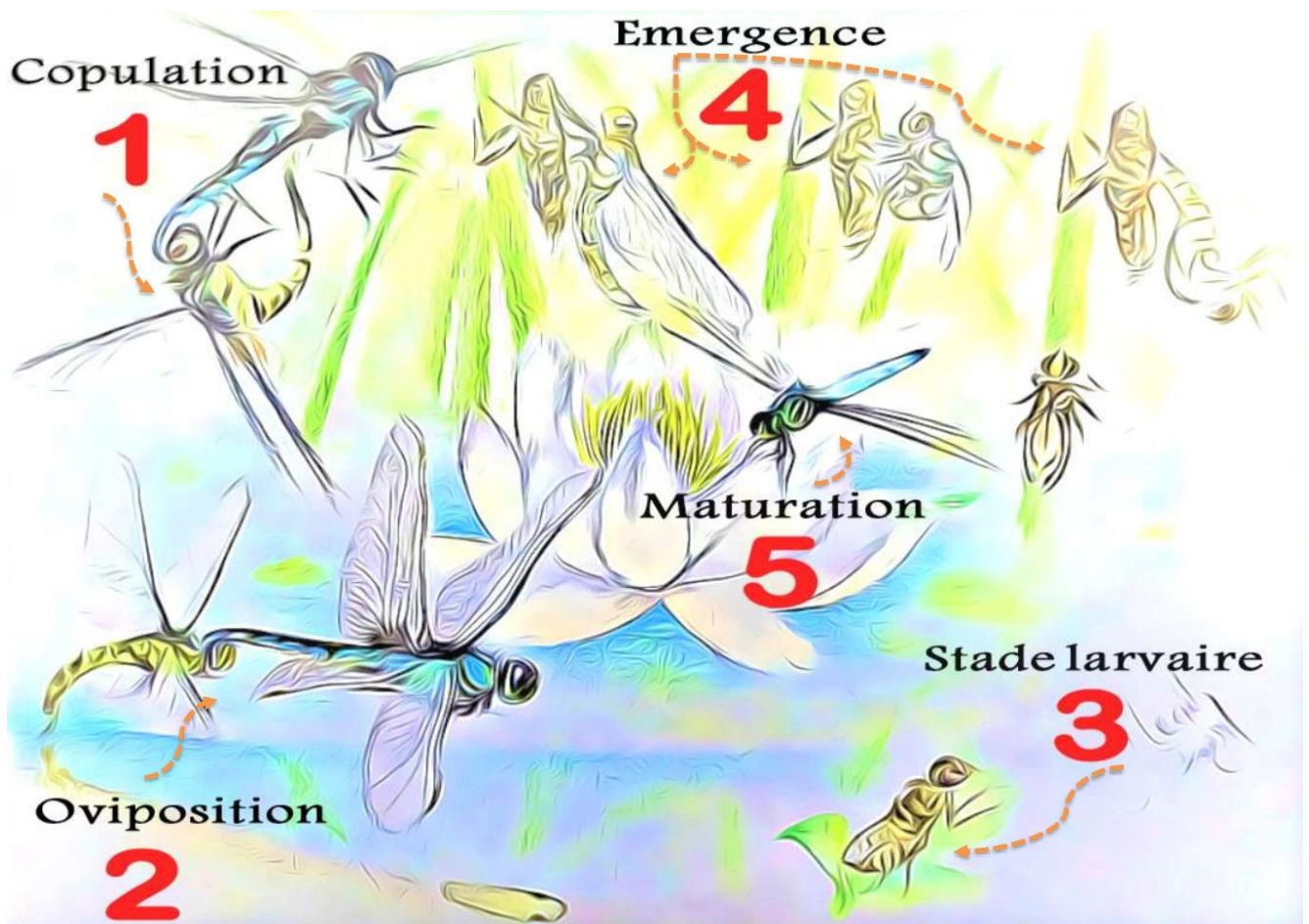


Fig.6. Le cycle de vie général des odonates. Illustré par Fayçal Meciel (Artiste). https://www.instagram.com/guapo_dibujar/

2.4. Morphologie

2.4.1. Zygoptère et Anisoptère

a. Les larves

Le corps d'une larve se compose principalement d'une tête avec des pièces buccales, de grands yeux et des antennes, d'un thorax avec des pattes et des étuis d'ailes, et d'un abdomen. Les larves de demoiselles ont un corps fin et élancé avec trois appendices à l'extrémité de l'abdomen, appelés lamelles caudales. Les lamelles sont traversées par un réseau de vaisseaux qui sont capables d'absorber l'oxygène de l'eau et donc d'assurer la respiration. Les lamelles servent également à la locomotion, permettant aux larves de nager rapidement. Les larves de libellules ont un corps plus grand et moins effilé. A l'extrémité terminale, l'abdomen n'est pas pourvu des lamelles mais de la pyramide anale. C'est une structure formée par cinq appendices rigides qui ferment l'anus. C'est par l'anus que la respiration se fait en absorbant l'oxygène de l'eau. En outre, l'eau expulsée avec force à travers la pyramide anale crée un jet d'eau qui permet aux larves de se déplacer extrêmement vite si nécessaire, par exemple pour éviter la prédation ou pour capturer une proie (Suhling, 2012).

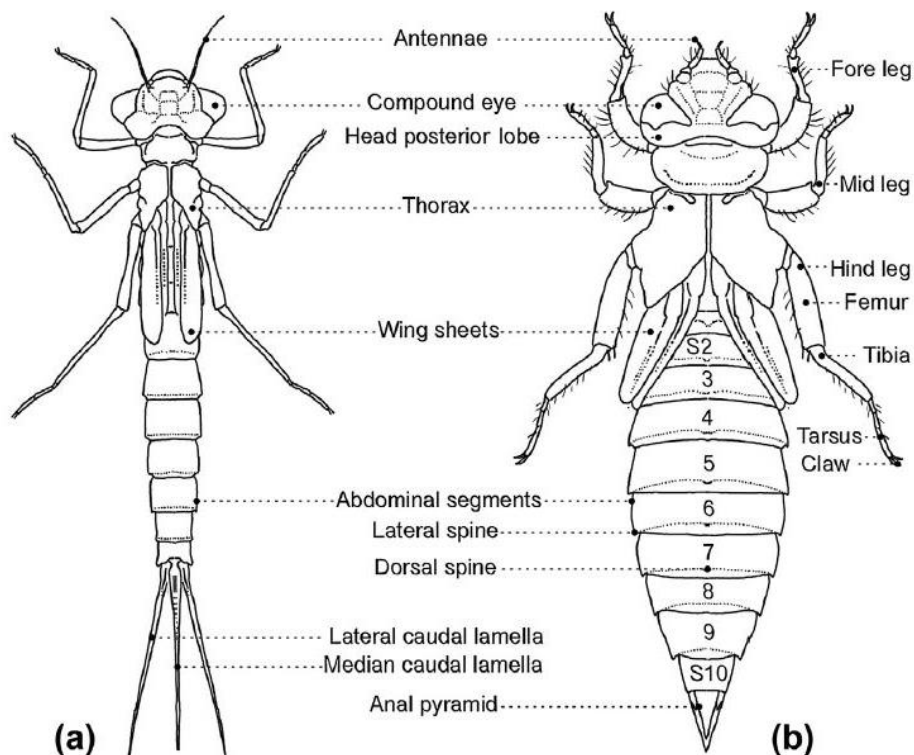


Fig.7. Caractéristiques extérieures des larves d'Odonata. (a) Zygoptera et (b) Anisoptera. (Suhling, 2012).

Une caractéristique unique des larves d'odonates, qui les différencie dans une large mesure des adultes, est leur labium éjectable « Masque ». La larve, un prédateur comme les adultes, jette le masque en avant pour capturer une proie et l'amener à la bouche (**Galliani, 2017**).



Fig.8. Labium de la larve. (a) Masque d'une larve d'odonate, (b) Labium éjecté. (**Marla Garrison, 2021**).

b. Les adultes

Les adultes « Imagos » sont divisés en une tête, un thorax et un abdomen comme les larves, et ils possèdent deux paires d'ailes formées par un réseau de nervures plus rigides et une membrane souple (le plus souvent transparente). Les Zygoptères et les Anisoptères diffèrent par la forme des ailes postérieures ainsi que par la disposition des yeux composés sur la tête. (**Suhling, 2012**).

Les Zygoptères sont des insectes de petite à moyenne taille avec un abdomen allongé est fin et presque cylindrique. Les ailes antérieures et postérieures ont une forme et une nervure presque identiques. Les yeux sont largement séparés et proéminents latéralement. Leur structure délicate leur a valu le nom de demoiselles. Les Anisoptères sont l'infra-ordre le plus nombreux et comprennent les espèces ayant la plus grande taille. Les ailes sont différentes tant par leur forme que par leur nervation, les yeux sont grands et contigus (sauf chez les Gomphidae) et ne dépassent jamais trop de la tête. L'abdomen trapu est parfois aplati dorso-ventralement, élargi et fusiforme (**Galliani, 2017**).

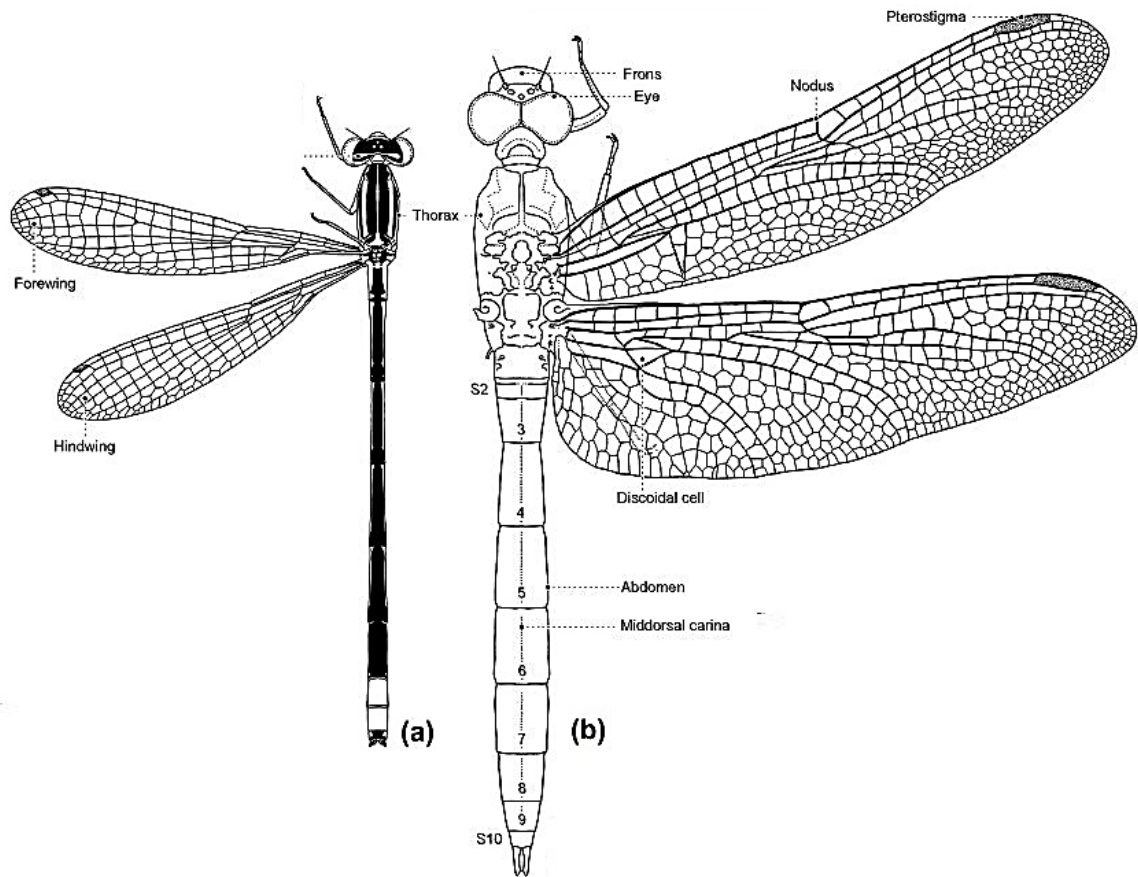






Fig.9. Caractéristiques extérieures d’adulte d’odonata. (a) Vue dorsale d’un Zygoptera (Coenagrionidae) ; (b) vue dorsale d’un Anisoptera (Libellulidae) (Suhling, 2012).

Tableau 1. Les grandes différences entre les Zygoptères et les Anisoptères (Nair, 2011)

 Les Zygoptères adultes	 Les Anisoptères adultes
Ailes antérieures et les ailes postérieures ont approximativement la même taille et la même forme	Ailes antérieures et ailes postérieures de taille inégale ; ailes postérieures plus larges à la base que les ailes antérieures.
Ailes étroites à la base.	Ailes postérieures larges à la base.
Ailes généralement maintenues ensemble dorsalement sur le thorax et l’abdomen.	Ailes déployées au repos.
Vol plus faible et plus flottant	Des voleurs agiles et forts.
 Larve de zygoptère	 Larve d’anisoptère
Corps fin et fragile	Corps solide et robuste.
Trois branchies à l’extrémité du corps visible de l’extérieur	Les branchies ne sont pas visibles extérieurement.

2.4.2. Mâle et femelle

Avec plus de trois quarts des espèces sexuellement dimorphiques (**suhling, 2015**), l'ordre des Odonates (libellules et demoiselles) comprend des insectes diurnes à la vision bien développée, présentant diverses couleurs dans les ailes et les corps des adultes. Les motifs de coloration ont été étudiés d'un point de vue écologique et évolutif (**Okude & Futahashi 2021**). Outre ces différences dans les motifs de coloration, la plupart des odonates présentent également dimorphisme sexuel portant sur la taille (**Serrano-Meneses et al. 2008a**).

Chez de nombreuses espèces, les mâles immatures ont la même couleur que les femelles, mais leur coloration changera ensuite au cours du processus de maturation. En règle générale, les femelles sont moins colorées que les mâles. Chez de nombreuses espèces de Zygoptères toutefois, certaines femelles présentent des colorations de mâles. Elles sont dites andromorphes. Par conséquent, comme pour de nombreuses autres espèces animales, les couleurs d'odonates sont déterminantes pour la reconnaissance sexuelle (**Moore et al. 2019**).

La plupart des libellules présentent également un dimorphisme de taille entre les sexes. Ce dimorphisme sexuel de taille peut être biaisé vers les mâles ou les femelles, selon l'espèce et son système d'accouplement (**Serrano-Meneses et al. 2008a**). Cependant, il semble qu'aucune règle générale n'ait encore été trouvée permettant de comprendre les mécanismes de ce dimorphisme chez les odonates (**Bybee et al. 2016**).

Chez les espèces territoriales, le dimorphisme sexuel de taille biaisé vers les mâles est souvent expliqué par le fait que les mâles plus grands ont des muscles plus développés et donc plus de puissance pour voler. Au contraire, chez les espèces qui se livrent à des combats aériens, l'agilité des mâles favorisée par une petite taille peut être un avantage, ce qui entraîne le dimorphisme sexuel de taille biaisé vers les femelles (**Serrano-Meneses 2008b**).

Dans l'ensemble, le dimorphisme sexuel de taille semble dépendre principalement du système d'accouplement (c'est-à-dire territorial ou non) et du sous-ordre, mais elle semble également fortement affectée par d'autres facteurs environnementaux comme la saisonnalité, et aucune règle générale ne peut être établie pour les odonates (**Wong-Muñoz et al. 2011**).

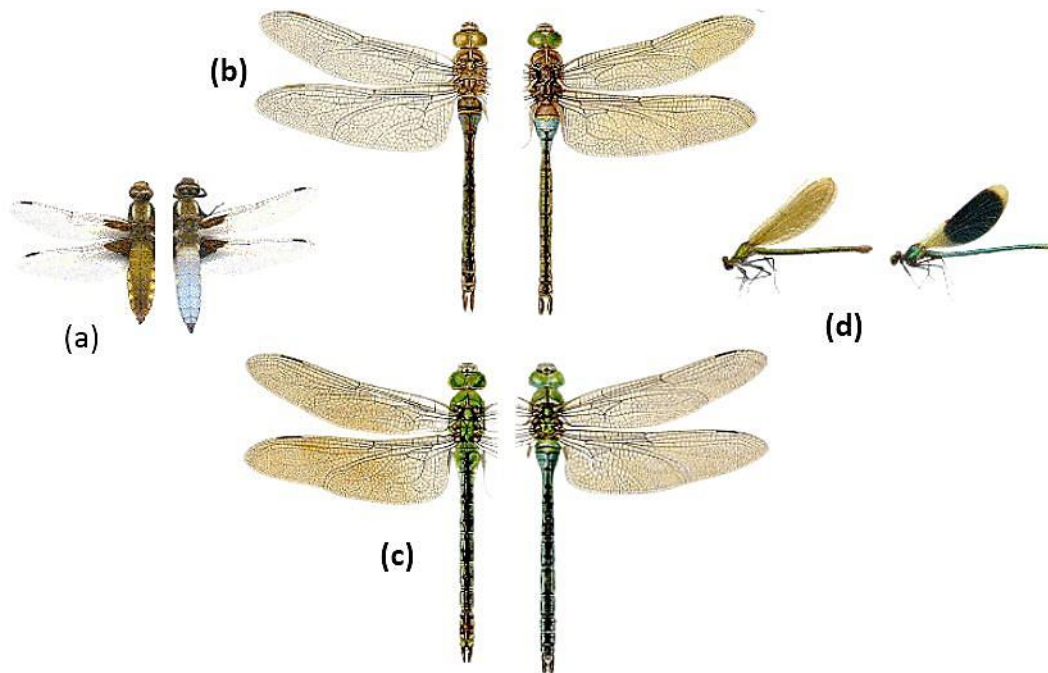


Fig.10. Dimorphisme sexuel chez certaines espèces d'odonates ;(a) *Libellula depressa*, (b) *Anax parthenope*, (c) *Anax imperator*, (d) *Calopteryx splendens*. la femelle est toujours à gauche. Conception personnelle.

2.4.3 Les traits morphologique et les facteurs environnementaux

Les études sur la relation entre les conditions environnementales et les traits morphologiques des espèces sont devenus l'un des principaux centres d'intérêt de l'écologie (Wong et al. 2019). Les changements dans les ces conditions sont une cause potentielle de variation des caractères morphologiques des espèces (Hoffmann et al., 2005 ; Yadav et al., 2018 ; Günter et al., 2019).

La morphologie des odonates est le résultat d'une interaction complexe entre les conditions environnementales rencontrées à chaque stade de vie (œuf, larve et adulte) et les processus sélectifs liés à la sélection sexuelle et aux pressions de prédation (Crumrine et al., 2008 ; Outomuro & Johansson, 2011 ; Stoks & Córdoba- Aguilar, 2012 ; Frances et al., 2017 ; Stewart & Vodopich, 2018).

Les variations des conditions environnementales associées au climat auxquelles sont confrontés les œufs et les larves (par exemple, les changements de température, les régimes de sécheresse et la chimie de l'eau) peuvent influencer le taux de développement et, par conséquent, affecter la morphologie des adultes (Crumrine et al., 2008 ; Stoks & Córdoba- Aguilar, 2012 ; McCauley, 2013 ; Frances et al., 2017).

Les odonates émergeant à différents moments de la saison de vol variaient dans leur taille et la morphologie de leurs ailes (**Stewart & Vodopich, 2018**). Ces espèces peuvent avoir une divergence morphologique à travers un gradient des cours d'eau (**Oliveira-junior et al., 2021**), ou dans les régions plus chaudes et plus froides de leur aire de répartition. (**Hassall et al., 2008**).

2.5. Les libellulidae

Libellulidae est un grand groupe diversifié de libellules réparties dans le monde entier avec 140 genres et environ 1033 espèces (**Schorr et Paulson, 2020**). Les progéniteurs des Libellulidae sont probablement apparus au Jurassique, car la famille était déjà bien établie au Crétacé (**Fleck et al. 1999, 2008**). Presque chaque type de plan d'eau est habité par certaines espèces de cette famille, Les adultes colorés sont les libellules familières à de nombreuses personnes. Les populations des zones tempérées peuvent être abondantes, notamment dans les étangs et les lacs ; inversement, quelques espèces semblent avoir une aire de répartition restreinte et sont donc assez rares, et sont donc assez rares (**Tennessen, 2019**).

Le développement des Libellulidae peut être rapide, de l'œuf à l'adulte en moins de deux mois (**Bick, 1951 ; Kumar, 1984 ; Morin, 1984a, b**), bien que la plupart des nymphes prennent plus de temps, de plusieurs mois à un an (**D'Aguilar & Dommanget, 1985**). Chez les larves, la famille est caractérisée par un prémentum en forme de cuillère et comportant généralement de nombreuses longues soies, un grand palpe incurvé comportant également de longues soies, des pattes sétacées et des épines postérolatérales uniquement sur S8 et S9 (parfois vestigiales ou absentes) (**Tennessen, 2019**). Chez les adultes, Les Libellulidae sont facilement reconnaissables, souvent avec des ailes colorées ou à motifs et une série de nervations en forme de botte (Anal loop) dans l'aile postérieure. Cette famille est représentée en Europe et en Afrique du Nord par 14 genres et 48 espèces dans la région Méditerranéennes (**D'Aguilar & Dommanget, 1985**).

La Numidie (Nord-est de l'Algérie) présente le taux d'endémisme le plus élevé (14 %) (**Riservato et al., 2009**). Cette région contient des espèces afrotropicales relictuelles menacées comme *Urothemis edwardsii* et *Acisoma panorpoides ascalaphoides* (**Samraoui et al., 1993 ; Boudot et al., 2009**).

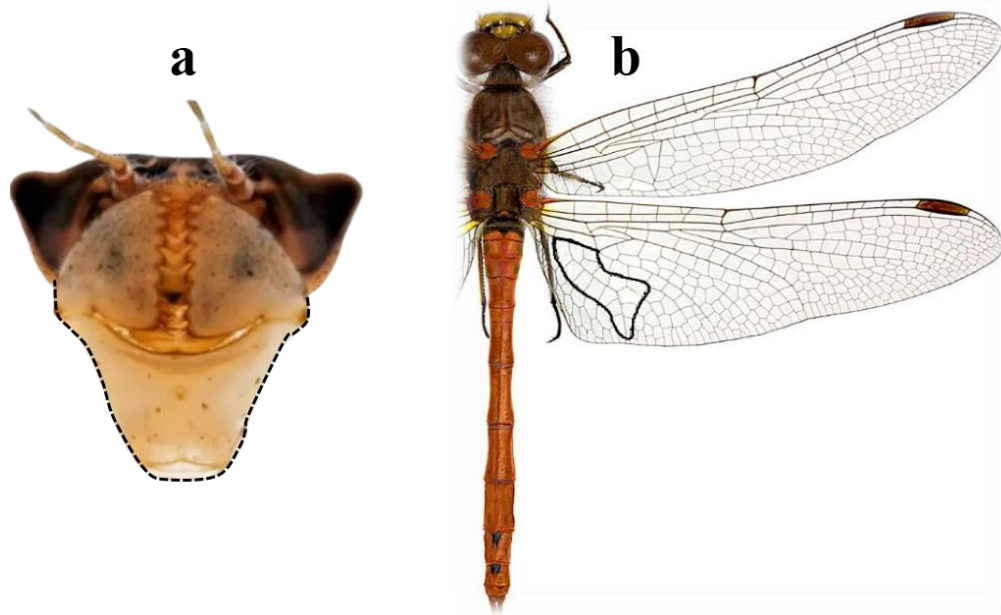


Fig.11. Les caractéristiques générales de la famille des Libellulidae. **a)** le prémentum en forme de cuillère chez la larve. (Marla Garrison, 2021). **b)** la nervation en forme de botte (Anal loop) dans l'aile postérieure chez l'adulte de *Sympetrum striolatum*. www.dragonfly.guide/species/Sympetrumstriolatum/

3. *Urothemis edwardsii* (Selys, 1849)

Libellula edwardsii Selys in Lucas, 1849, *Urothemis iridescens* Kirby, 1898, *Urothemis rendalli* Kirby, 1898 ou finalement *Urothemis edwardsii* (Selys, 1849) est un Libellulidae de taille moyenne, c'est une espèce afrotropicale commune en Afrique centrale et australe, mais elle est présente en Afrique du Nord sous forme de relique dans les zones côtières où le climat est similaire à celui des tropiques (Boudot et al., 2016). (Figure 12).

U. edwardsii est un chasseur au perchoir et passe autant de temps perché qu'à s'élancer pour intercepter une proie ou chasser un rival. Elle aime s'asseoir des postes ouverts et ensoleillés. Pendant la chaleur de la journée, on peut souvent la voir dans la position de l'obélisque, en pointant son abdomen vers le soleil pour réduire la quantité de lumière directe sur leur corps. Les mâles sont faciles à identifier et ne ressemblent à aucune autre espèce de la région. La combinaison du corps bleu foncé mat et la tache noir des ailes postérieures est un élément de diagnostic. Les femelles sont globalement jaunâtres avec des accents bruns. Elles présentent des motifs noirs marqués sur la longueur de l'abdomen supérieur et des taches brunâtres foncés à la base des ailes postérieures. Les femelles ressemblent à celles de l'*Urothemis assignata*. Chez cette espèce, la coloration du corps est plus rougeâtre que jaunâtre.

Les deux espèces peuvent être différenciées davantage par les motifs de la surface supérieure de l'abdomen et par les marques légèrement différentes des ailes postérieures. (Samways, 2008 ; Dijkstra & Clausnitzer, 2014).

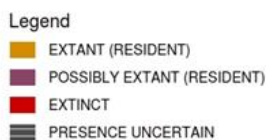
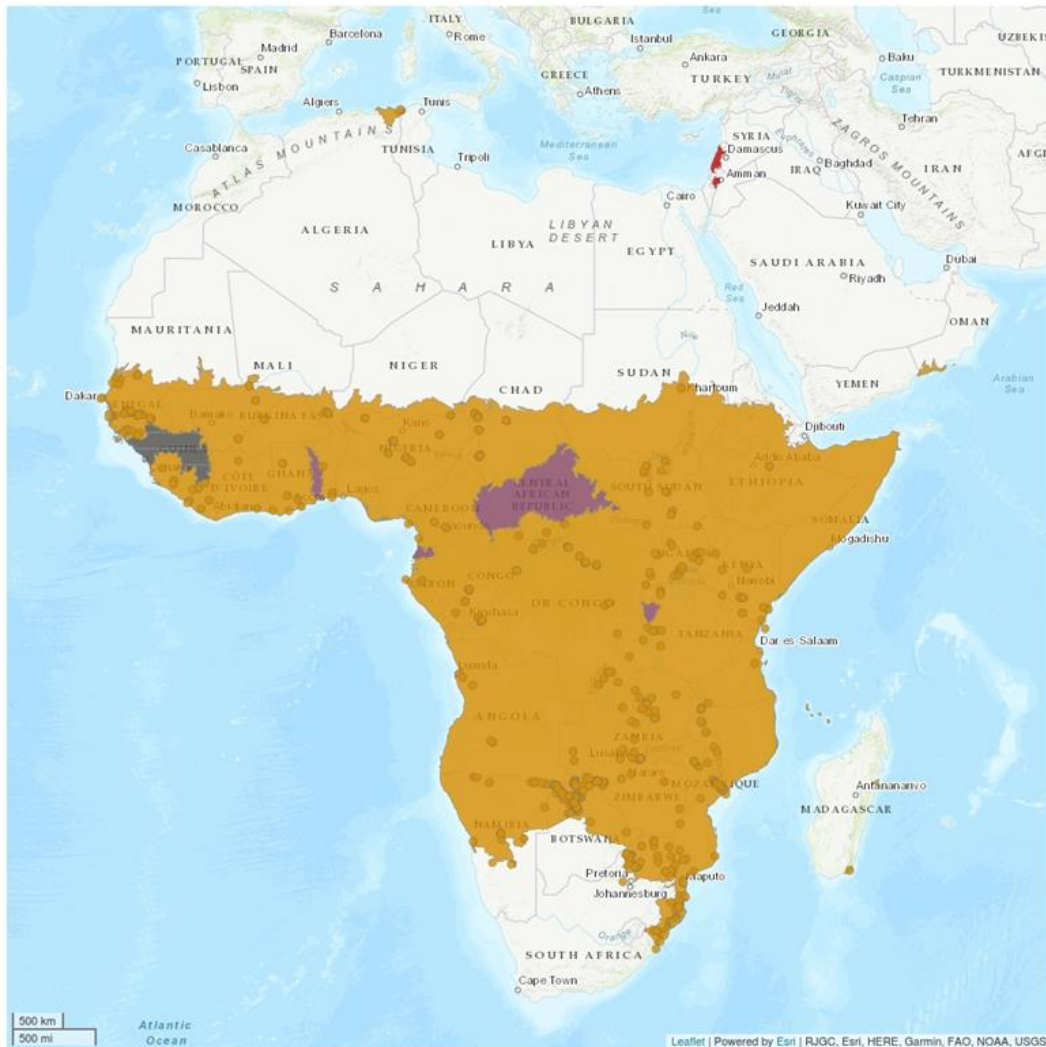


Fig.12. Carte de distribution d'*U. edwardsii* (Selys, 1849). (Boudot et al., 2016).

4. Conservation

Les activités humaines font peser de nombreuses menaces sur la biodiversité terrestre et aquatique (Scheffers et al., 2016). Des plans de conservation ont été élaborés dans de nombreux pays afin de minimiser les pertes de biodiversité (Rands et al., 2010). Pour être efficaces, ces plans doivent être étayés par des connaissances écologiques précises sur les traits du cycle de

vie des espèces (**Balmford & Cowling 2006**), mais les exigences en matière d'habitat restent encore à déterminer pour la plupart des espèces. Ceci est particulièrement crucial pour les espèces menacées, qui sont souvent rares et difficiles à étudier (**LeNaour, 2019**). En outre, lorsque les menaces sont synergiques et que, de surcroît, les populations sont isolées, le risque d'extinction de la population augmente à mesure que la fragmentation du milieu naturel s'accroît. Cette situation est aggravée en cas de changement climatique (**Travis, 2003**). La protection des insectes aquatiques rares dans les réserves naturelles ne garantit pas nécessairement leur survie, car la gestion actuelle du bétail et d'autres activités humaines ont un impact négatif sur ces espèces (**Sánchez-Bayo & Wyckhuys, 2019**).

Les odonates sont d'excellents organismes modèles et des espèces phares pour la conservation des eaux douces. La plupart d'entre eux passent la majeure partie de leur vie au stade larvaire dans des habitats aquatiques et les études de conservation se sont principalement concentrées sur ce type d'habitat (**Samways, 2008**). Cependant, les milieux terrestres peuvent également jouer un rôle important en limitant la présence des espèces (**Rouquette & Thompson, 2007 ; Dolný et al., 2012 ; Hykel et al., 2016**). Les réponses à un environnement stressant, à n'importe quel stade, peuvent se transmettre et influencer le fitness dans les stades et générations suivantes (**Stoks & Córdoba-Aguilar, 2012**).

Une description précise des habitats utilisés par les libellules pendant la période critique de maturation devrait permettre de déterminer leur position trophique exacte dans les écosystèmes terrestres et donc d'améliorer les plans de conservation (**Foster & Soluk, 2006**). La télémétrie s'est avérée très utile pour étudier l'utilisation de l'habitat et les déplacements de chaque stade de vie d'une libellule (**Moskowitz & May 2017 ; LeNaour, 2019**).

Des plans de restauration comprenant la translocation et la réintroduction d'espèces menacées ont été appliqués pour la conservation des odonates (**Hannon & Hafernik, 2007 ; Thompson et al., 2015**). Une bonne compréhension d'habitat des espèces et des besoins écologiques est une condition préalable au succès de la restauration des espèces. (**Khelifa et al., 2016**).

Les travaux mis en œuvre dans le cadre de cette thèse s'attachent à répondre aux grands enjeux de conservation concernant une espèce de libelludiae en danger critique d'extinction et qui existe au nord-est de l'Algérie sous forme de relique. Cette étude fournit des quantifications sur la phénologie, les traits morphologiques d'adulte et la mise à jour de la distribution d'*Urothemis edwardsii*.

Chapitre 1 : La variation de la taille de *Urothemis edwardsii* au Lac Bleu, Nord-est de l'Algérie



© A. Zouaimia

Introduction

La taille du corps est un déterminant fondamental de l'écologie d'une espèce (**Worthen & Jones, 2006**). Elle est même l'une des variables biologiques les plus importantes en raison de ses corrélations avec le fitness. Elle influence de nombreux traits tels que la survie, la dispersion, la fécondité et la compétitivité (**Stearns, 1992 ; Fairbairn, 1997 ; Honek, 1999 ; Roff, 2002, Blanckenhorn, 2005**). Il existe une énorme variabilité de la taille du corps entre et au sein des populations, et cette variation est déterminée par un certain nombre de facteurs environnementaux, notamment les parasites, la nutrition et la température (**Davidowitz et al. 2004 ; Davidowitz & Nijhout, 2004**). La taille du corps et les proportions des ailes sont particulièrement importantes pour les animaux volants car ces caractéristiques influencent des aspects critiques de la dynamique de vol tels que la portance, la traînée, la vitesse et la manœuvrabilité (**Norberg, 1995 ; Lindhe Norberg, 2002**). Bien que de nombreuses études aient été menées sur la taille du corps et sa variation en fonction de la saison, notamment chez les insectes (**Atkinson, 1994 ; Simmons, 2001 ; khelifa et al., 2015**). Quelques-unes ont utilisé une approche à plusieurs stades de vie pour déterminer les similitudes ou les différences dans les modèles de ce trait à travers la saison de reproduction (**khelifa et al., 2019**).

Dans les environnements saisonniers, la saison d'accouplement chez de nombreux insectes est limitée à quelques mois de l'année. Cette pression de sélection favorise l'émergence d'un compromis (Trade-off) entre la période d'émergence, le temps de maturation et la taille du corps (**Johansson et al., 2001 ; De Block & Stoks, 2005**). La maturation précoce peut être favorisée par la sélection naturelle car elle augmente le succès de l'accouplement et de la reproduction pour les deux sexes grâce à l'arrivée précoce sur les sites de reproduction (**Cueva del Castillo & Nunez-Farfan, 2002**). Les données sur la taille du corps et sa variation dans les zones méridionales où la sécheresse est commune et la température annuelle moyenne est considérablement plus élevée sont rares (**Ferreras-Romero, Atienzar, & Corbet, 2000 ; Jödicke & Thomas, 1993**).

Chez les odonates, la survie, la recherche de nourriture et le succès de la reproduction sont corrélés à la taille du corps, ce dernier pouvant influencer la capacité des odonates mâles à défendre leurs territoires (**Koenig & Albano, 1985 ; Moore, 1990 ; Fincke, 1997 ; Sokolovska et al, 2000 ; Beck & Pruett-Jones, 2002**), notamment chez les libellules, où il y a une tendance au dimorphisme sexuel portant sur la taille biaisé vers les mâles (**Serrano-Meneses et al., 2008**).

La taille du corps et d'autres traits, tels que le voltinisme (c'est-à-dire le nombre de générations par an), sont déterminés par la température (Corbet *et al.*, 2006 ; Zeuss *et al.*, 2017). La date d'éclosion et les conditions larvaires ont un impact significatif sur les traits des adultes, au moins pour les espèces de demoiselles (Arambourou, 2017 ; Stoks & Córdoba-Aguilar, 2012, Tüzün & Stoks, 2018). Cependant, plus d'informations sont nécessaires pour déchiffrer les mécanismes responsables des effets de report entre les stades larvaire et adulte, en particulier chez les odonates de taille moyenne et grande. Sur la base d'un ensemble de mesures morphologiques, cette étude contribue à apporter de nouvelles connaissances sur la biométrie de d'une libellule de taille moyenne, *Urothemis edwardsii* (Selys, 1849).

Dans cette étude, nous avons réalisé une étude sur terrain basée sur une vaste opération de capture-marquage de deux générations consécutives d'une espèce en danger critique univoltine de libellulidae. Nous avons estimé les différences dans la taille du corps, longueur des ailes entre les deux saisons, et le dimorphisme sexuel portant sur taille pour chaque année d'étude.

Matériel et méthodes

Site d'étude

Lac Bleu (36°54'33.75"N, 8°20'17.53"E) est un étang d'eau douce de faible superficie 2 ha, situé dans le nord-ouest du Parc National d'El Kala à 0,6 km au nord-est du lac Mellah et à 0,6 km au sud de la mer Méditerranée. Il s'agit d'une dépression qui a permis la mise en place d'une ceinture caractéristique de végétation dominée par *Phragmites australis*, *Nymphaea alba*, et *Ceratophyllum demersum*, La communauté des libellules était dominée par *Acisoma inflatum*, *Orthetrum trinacria*, *Crocothemis erythraea* Ce lac actuellement protégé a bénéficié en 2004, d'un statut international en étant inscrit, à la demande de l'Algérie, dans la liste des sites Ramsar (Ramsar, 2010).

Protocole d'échantillonnage des adultes

Nous avons effectué un travail régulier de capture marquage (à l'aide d'un marqueur permanent et des codes alphanumériques) des individus adultes de *Urothemis edwardsii* sur un transect de 100 m près de la berge sud du lac durant la période de reproduction (de vol) pendant deux années successives 2018, 2019. Nous avons noté : 1- la longueur du corps (de la tête à l'extrémité de l'abdomen, y compris les appendices), et de l'aile postérieure gauche, avec un pied à coulisse digitale en millimètres près 0.001 d'erreur, 2- détermination du sexe (Mâle ou

Femelle), Comme la taille du corps des odonates adultes ne change pas avec l'âge, nous avons pris une seule mesure de la taille du corps lors de la première capture.

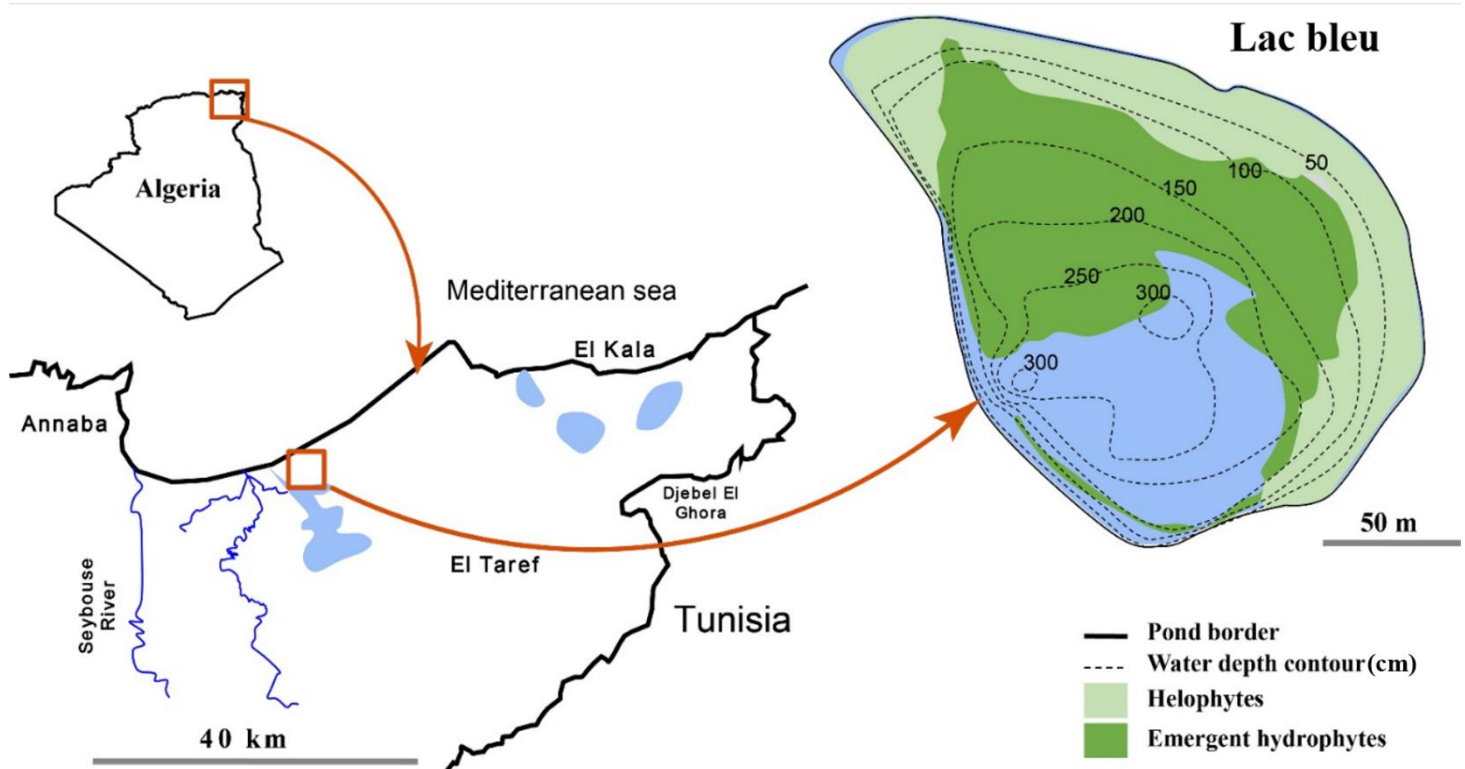


Fig.13. Carte montrant la localisation géographique du Lac Bleu dans le nord-est de l'Algérie. Le gros plan du Lac Bleu montre la bathymétrie de la zone humide en cm.

Analyses Statistiques

Nos analyses statistiques ont été réalisées à l'aide de R 4.0.2 (R Development Core Team 2021). Des tests U de Mann-Whitney ont été utilisés pour tester les différences de longueur du corps et de longueur des ailes des adultes entre les mâles et les femelles au sein des populations et entre les deux années d'étude. Des régressions linéaires multiples ont été utilisées pour rechercher la variation de la taille du corps pendant la saison d'accouplement en utilisant les jours de l'année (date julienne) et le sexe comme variables explicatives et la longueur du corps et la longueur des ailes chez l'adulte comme variables de réponse. Les valeurs sont des moyennes \pm SD.

Résultats**Phénologie de capture et Dimorphisme sexuel**

Un total de 711 (Mâle = 594, Femelle = 117) et 655 (Mâle = 527, Femelle = 128) individus a été marqué et suivi durant la période de reproduction fin Mai jusqu'au fin Aout pendant deux années successives 2018, 2019, respectivement. Le nombre marqué des adultes mâles était plus grand que ceux des femelles pendant les deux années d'étude (Figure 14). En général, la taille moyenne du corps est 45.23 ± 1.03 mm, et 37.54 ± 0.89 mm de longueur d'aile pour les deux années et les deux sexes (mâle et femelle). Un dimorphisme significatif entre mâle et femelle dans la taille et la longueur d'aile a été détecté (Tableau 2) (Figure 15 et 16). La moyenne de la longueur d'aile des mâles de l'année 2018 est significativement plus grande que celle de l'année 2019 ($U = 91845$; $p < 0.000$), mais pas pour la taille du corps ($U = 152277$; $p < 0.465$). La taille moyenne du corps des femelles dans l'année 2018 était plus petite que celle de l'année 2019 ($U = 6294$; $p < 0.025$), mais le contraire pour la longueur d'aile dont cette dernière était plus grande en 2018 ($U = 4909.500$; $p < 0.000$). (Figure 15 et 16).

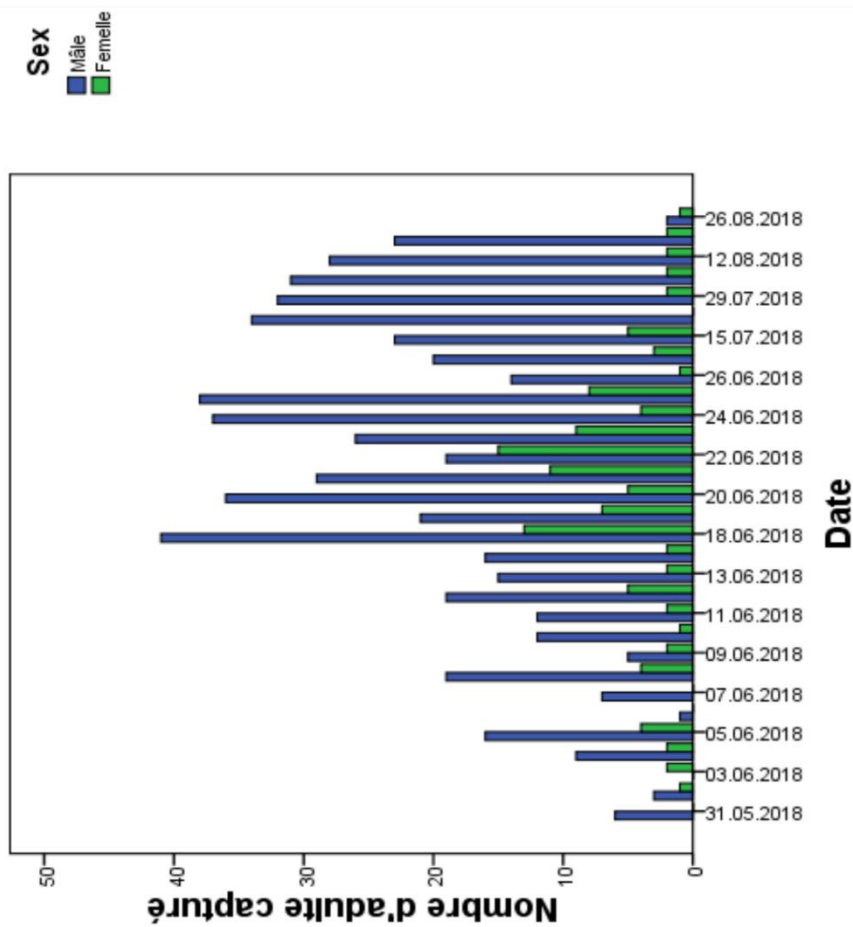
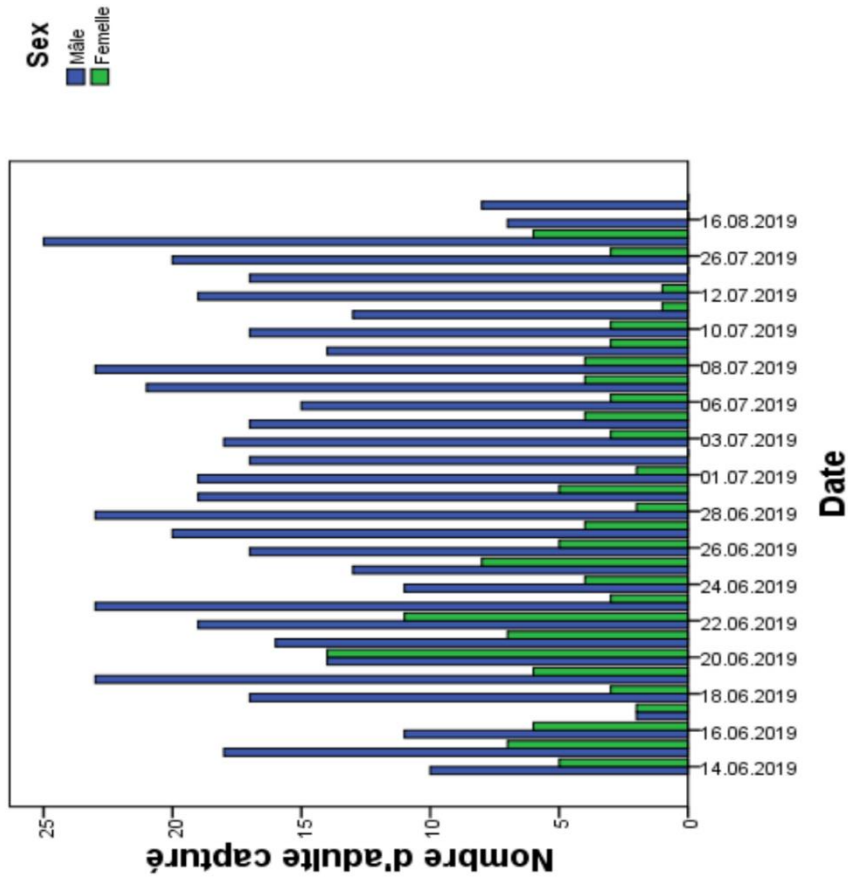


Fig.14. Le sex-ratio des individus capturé pendant les deux années

Tableau 2. Morphométrie du corps et des ailes postérieures de *Urothemis edwardsii* en 2018, 2019 dans le Lac Bleu Nord-est Algérien.

Paramètres		Moyenne ± Ecart-type
2018		
<i>Taille de l'adulte</i>		
<i>Sexe</i>	Mâle	45.44 ± 0.39
	Femelle	44.27 ± 0.11
Mann Withney-test		U= 13958.500; p<0.000
<i>Longueur d'aile</i>		
<i>Sexe</i>	Mâle	37.74 ± 0.03
	Femelle	38.22 ± 0.06
Mann Withney-test		U=22944.500; p<0.000
2019		
<i>Taille de l'adulte</i>		
<i>Sexe</i>	Mâle	45.39 ± 0.03
	Femelle	44.56 ± 0.1
Mann Withney-test		U= 19063.00; p<0.000
<i>Longueur d'aile</i>		
<i>Sexe</i>	Mâle	37.14 ± 0.03
	Femelle	37.67 ± 0.08
Mann Withney-test		U=21587.500; p<0.000

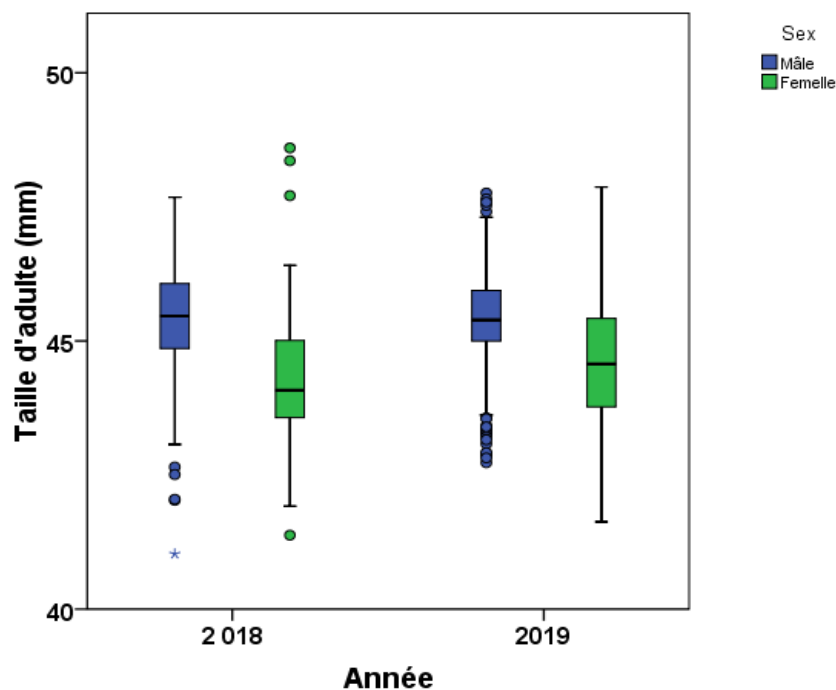


Fig.15. Comparaison des tailles d’adultes capturés pour chaque sexe pendant les années 2018 et 2019.

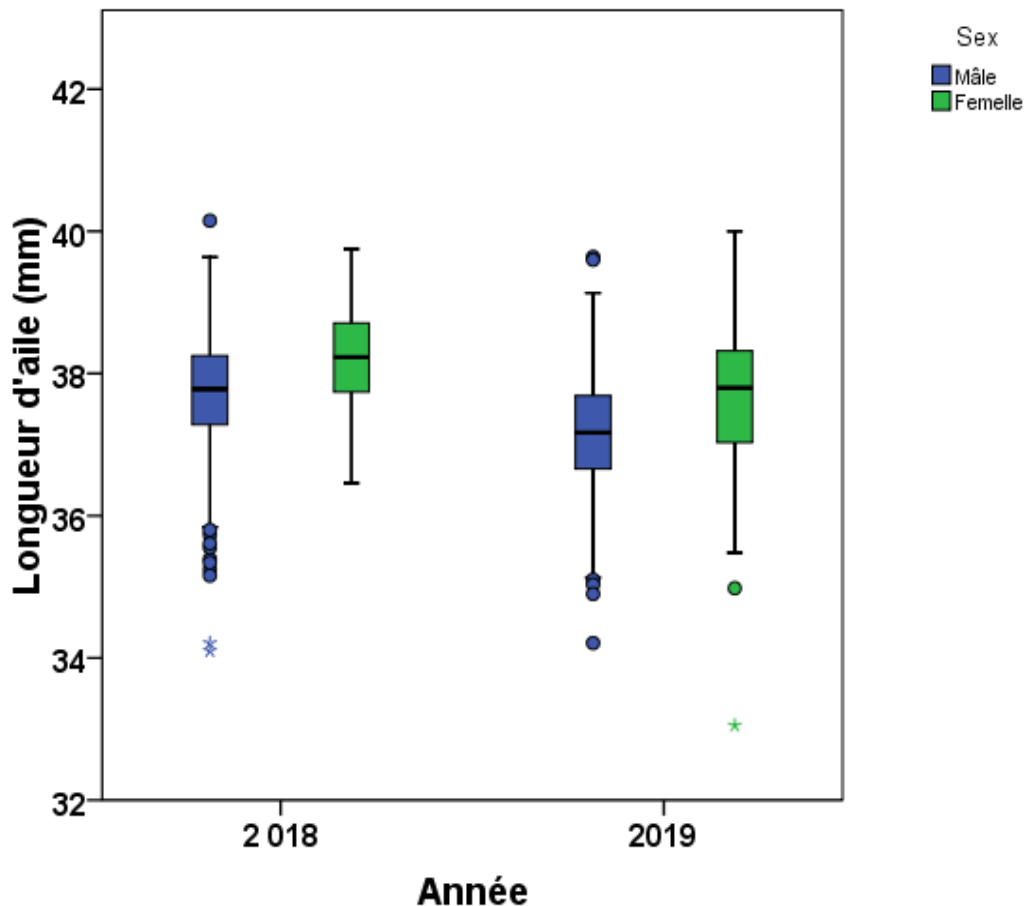


Fig.16. Comparaison des longueurs des ailes postérieures d’adultes capturés pour chaque sexe pendant les années 2018 et 2019.

Changement de la taille

La taille des adultes augmente au cours de la saison de reproduction dans deux années d’étude 2018 et 2019, ($r = 0.320$, $p < 0.000$; $r = 0.244$, $p < 0.000$) (Figure 17), respectivement. Une diminution saisonnière (baisse saisonnière) était remarquée en ce qui concerne la longueur des ailes postérieures des adultes au cours de l’année 2018 ($r = - 0.231$ $p < 0.000$), au contraire de l’année 2019 qui avait connu une relation positive entre la longueur des ailes et la date de la période de reproduction ($r = 0.179$ $p < 0.000$) (Figure 18).

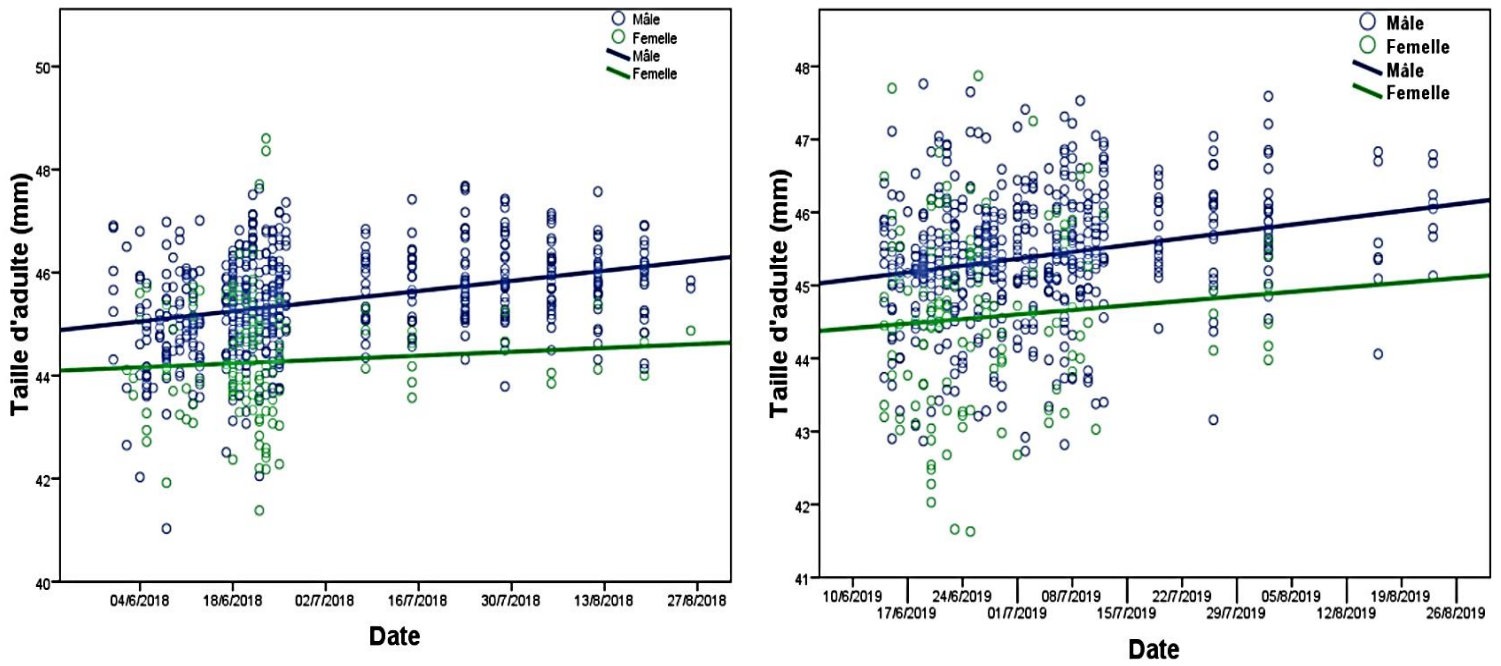


Fig.17. Relations linéaires de la taille d'adulte pour chaque sexe par rapport à la date de capture des deux années d'étude (2018 et 2019).

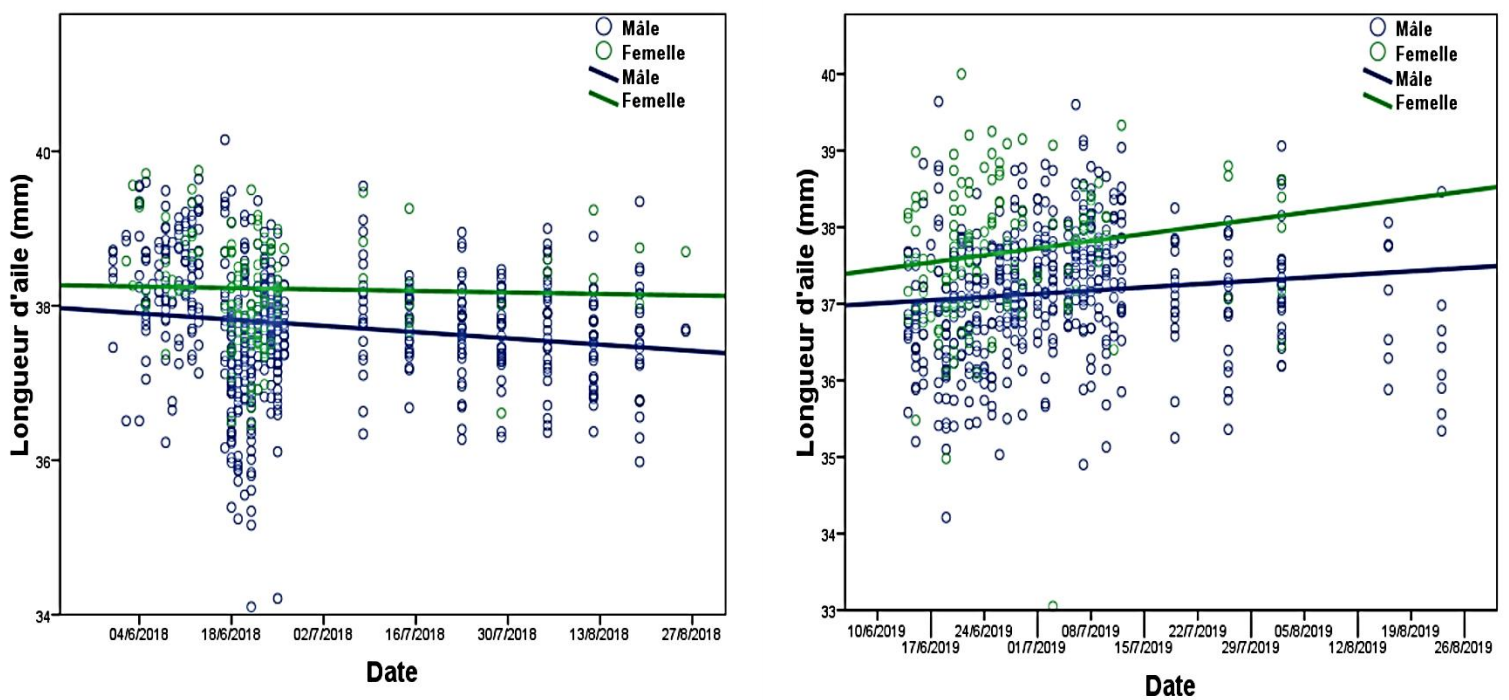


Fig.18. Relations linéaires de la longueur d'aile d'adulte pour chaque sexe par rapport à la date de capture des deux années d'étude (2018 et 2019).

Discussion

Notre étude a examiné les différentes variations de la taille du corps au cours de deux saisons de reproduction de l'un des odonates les plus menacés d'Afrique du Nord et fournit des informations qui pourraient être utiles pour la conservation et la gestion de cette espèce. Étant donné le statut de conservation alarmant de *U. edwardsii* dans le nord de l'Afrique (**Riservato et al., 2009**), les données sur l'écologie et la biologie de cette espèce sont cruciales pour la gestion et la planification de la conservation. Cette étude prend initiative pour combler certaines lacunes dans les connaissances à cet égard.

L'effet du sexe est apparu systématiquement dans les modèles les plus élevés pour la probabilité de recapture, révélant une probabilité de capture supérieure pour les mâles. Ceci est cohérent avec les études sur les demoiselles et les libellules (**Cordero-Rivera & Stoks, 2008**). Le comportement cryptique des femelles est une hypothèse probable pour expliquer ce schéma où les femelles passent plus de temps en dehors de la zone de reproduction (loin de l'eau) (**Conrad et al., 1999 ; Stoks, 2001**).

La taille du corps des odonates peut varier au cours de la saison (**Cothran & Thorp, 2006 ; Penn, 2015**). La taille du corps d'*U. edwardsii* présente un faible schéma d'augmentation saisonnière tout au long de la saison de reproduction. Le déclin saisonnier de la taille du corps pendant l'émergence est considéré comme la norme car il a été observé chez de nombreuses libellules et demoiselles (**Banks & Thompson, 1985 ; Inden-Lohmar, 1997 ; Corbet, 1999 ; Purse & Thompson, 2003**). En Afrique du Nord, il y a de plus en plus de preuves qu'une augmentation temporelle de la taille du corps existe chez les libellules locales (**Hadjoudj et al., 2014 ; Zebsa et al., 2014b**). Il est probable qu'en Afrique du Nord (au moins dans les basses terres), la température ne tombe pas en dessous du seuil de développement et que la diapause hivernale n'existe pas. Par conséquent, les individus qui émergent tardivement pourraient bénéficier d'un développement plus long et ainsi sortir plus grands (**Blanckenhorn & Fairbairn, 1995**). Le dimorphisme sexuel de taille (DST) chez les libellules peut être biaisé vers le mâle ou la femelle, mais il y a une tendance au DST biaisé vers le mâle chez les espèces territoriales et au DST biaisé par la femelle chez les espèces non territoriales (**Serrano-Meneses et al., 2008**). Dans notre étude, les mâles adultes étaient significativement plus longs que les femelles au cours des deux années. Ce DST biaisé vers les mâles chez *Urothemis edwardsii* est cohérent avec le comportement territorial de cette espèce.

La variation de la longueur d'ailes par rapport au sexe peut être attribué à la différence des pressions de sélection auxquelles sont soumis les mâles et les femelles. Les mâles et les femelles se dispersent loin de leur plan d'eau natal après l'émergence pour se nourrir jusqu'à ce qu'ils atteignent la maturité sexuelle (**Corbet, 1999**). Cependant, les femelles ne reviennent sur les sites de reproduction que lorsqu'elles sont femelles prêtes à s'accoupler (**Corbet, 1999**) et subissent une pression sélective plus forte pour la recherche de nourriture (**Anholt, 1999**). Alors que les mâles ont tendance à rester à proximité des sites de reproduction afin de trouver un partenaire (**Beirinckx, Van Gossom, Lajeunesse, & Forbes, 2006 ; Corbet, 1999**), les femelles peuvent donc avoir besoin d'être plus dispersives que les mâles (**Beirinckx et al., 2006**). De plus les femelles peuvent également présenter des performances locomotrices réduites lorsqu'elles deviennent gravides (**Carlson, McGinley, & Rowe, 2014 ; Samietz & Köhler, 2012**). Dans ce cas, le motif de l'aile plus grand, plus long et plus étroit que l'on trouve chez les femelles pourrait être utile pour les déplacements à longue distance. D'autre part, les ailes courtes chez les mâles améliorent leurs manœuvrabilité (**Norberg, 1989**), une caractéristique particulièrement importante pour échapper aux prédateurs, attraper des proies ou lutter contre un autre mâle rival.

Les mâles et les femelles peuvent différer en termes de niveaux d'activité au stade larvaire (**Baker et al., 1992**), Cependant, d'autres facteurs tels que la disponibilité de la nourriture (**Davidowitz et al., 2003**), la prédation (**Abrams & Rowe, 1996**) et la compétition intra- et interspécifique (**Wissinger, 1989**), température de l'eau (**Suhling, Suhling, & Richter, 2015**) doivent également être pris en compte car ils peuvent influencer, l'accumulation de masse, la croissance et finalement la taille du corps à l'émergence

Conclusion

Les informations présentées ici sont essentielles pour préparer des plans de conservation des espèces, non seulement à l'échelle régionale mais aussi à une plus grande échelle. On sait que la dégradation des habitats est un facteur important facteur d'extinction des populations d'espèces menacées (**Khelifa & Mellal, 2017**). Les études futures devraient examiner plus en détail les autres caractéristiques morphologiques, telles que le poids, la masse corporelle et la forme des ailes, qui sont également affectées par la température. En outre, d'autres études visant à déterminer si la territorialité affecte la réponse de la longueur de l'aile chez les Anisoptères et les Zygoptères sont nécessaires.

Chapitre 2 : La Phénologie de *Urothemis edwardsii* au Parc National d'El Kala, Nord-est de l'Algérie



© A. Zouaimia

Introduction

La perte de biodiversité des insectes a suscité un débat dans le monde entier (**Jähnig et al., 2021 ; Wagner, 2020**). Les scientifiques conviennent que le changement climatique, la perte d'habitat et d'autres facteurs anthropiques ont entraîné la disparition des populations d'insectes et, potentiellement, l'extinction de plusieurs espèces (**Hallmann et al., 2021; Raven & Wagner, 2021**). Actuellement, plusieurs populations sont au bord de l'extinction à l'échelle locale ou mondiale, ce qui justifie une attention particulière pour les protéger afin de maintenir la biodiversité et les services écosystémiques mondiaux (**Samways et al., 2020 ; Schowalter et al., 2018**). Cependant, la conservation des espèces nécessite une compréhension des exigences en matière d'habitat, du comportement et du cycle de vie afin d'établir un plan de conservation efficace (**Samways et al., 2010**).

La conservation des populations relictuelles (populations éloignées de l'aire géographique principale) est cruciale car elles sont porteuses d'une mine d'informations écologiques et évolutives pour les scientifiques (**Habel & Assmann, 2014 ; Habel et al., 2010**). Par exemple, elles représentent des exemples vivants de l'impact des grands événements géologiques et climatiques sur la biodiversité (**Hampe & Petit, 2005**). Ils expliquent également une grande partie des variations phénotypiques et génétiques et représentent de bons modèles pour étudier la spéciation allopatrique (**Cronk, 1997 ; Joger et al., 2010 ; Spikkeland et al., 2016**). Toutefois, les populations relictuelles sont très sensibles et leur conservation est difficile en raison de la faible taille typique de la population, de l'absence d'immigration et du faible potentiel de déplacement géographique.

Les odonates sont un groupe relativement diversifié d'insectes aquatiques qui compte environ 7000 espèces dans le monde (**Kalkman et al. 2008**). Bien qu'ils aient de bonnes capacités de dispersion, de nombreuses espèces ont des populations relictuelles éloignées de leur aire de répartition géographique principale (**Riservato et al. 2009**). En Afrique, quelques exemples existent dans le Nord où de petites populations de libellules (*Acisoma inflatum* Selys et *Urothemis edwardsii* Selys) et de demoiselles (*Pseudagrion subLacteam* Karsch) existent loin des populations africaines centrales (**Khelifa et al. 2021**). *Urothemis edwardsii*, en particulier, est restreinte au nord-est de l'Algérie. Il y a une décennie, la distribution de l'espèce était limitée

à un seul endroit, mais plus récemment, l'espèce a été enregistrée dans différents endroits localement (Khelifa et al. 2016 ; Khelifa et al. 2018). Bien que certains aspects du comportement et de l'écologie de *U. edwardsii* aient été étudiés (Khelifa et al. 2013a ; Khelifa et al. 2013b), les études sur son émergence sont encore très limitées (Baaloudj, 2019).

Dans cette étude, nous évaluons la phénologie de l'émergence et de la saison de vol de *Urothemis edwardsii* pendant deux ans (2018-2019) au Lac Bleu, dans le nord-est de l'Algérie. Nous avons spécifiquement effectué des collectes régulières d'exuvies et le marquage des adultes pendant la saison d'émergence et de vol de 2018 et 2019, puis nous avons estimé la taille de la population, Le sex-ratio et les modèles temporels. Cette étude est cruciale pour l'établissement d'un plan de conservation de l'espèce dans le Nord-Est algérien.

Matériel et méthodes

Site d'étude

L'étude a été menée dans le Lac Bleu, situé dans le parc national d'El Kala, au nord-est de l'Algérie. Le Lac Bleu est une réserve intégrale de 2 ha de superficie. En général, le climat est typiquement méditerranéen avec une saison humide d'octobre à mars et une saison sèche d'avril à août/septembre. La température moyenne varie entre 8°C et 29,7°C et les précipitations annuelles sont de 717 à 944 mm. La zone humide est entourée du scirpe lacustre (*Scirpus lacustris*), Masette à feuilles étroites (*Typha angustifolia*), Salicaire commune (*Lythrum salicaria*), Roseau commun (*phragmites australis*) et du marisque (*Cladium mariscus*). Environ 20 % de la zone humide est couverte d'une ceinture de nénuphars blancs flottants (*Nymphaea alba*). La zone humide abrite une faune d'odonates diversifiée (13 libellules et 5 demoiselles).



Fig.19. Représentation photographique du site d'étude (Lac bleu). Photo personnelle prise le 18 juillet 2019.

Protocole d'échantillonnage des exuvies

Avant le début de la saison d'émergence, nous avons effectué des visites hebdomadaires sur le site en mai pour déterminer si la saison d'émergence/de vol avait commencé. Nous avons sélectionné la partie sud de la zone humide qui s'est avérée précédemment accueillir la population émergente (**Khelifa et al. 2018**). Nous avons choisi une parcelle de $15 \times 2 \text{ m}^2$ qui a été attentivement vérifiée pour les exuvies à chaque visite. Pour éviter les effets de piétinement sur la zone humide, une seule personne a effectué l'échantillonnage des exuvies et a utilisé le même chemin de marche à chaque occasion d'échantillonnage. L'échantillonnage a eu lieu pendant la saison d'émergence de 2018 (du 31 mai au 05 août) et de 2019 (du 14 juin au 16 août), réalisant un total de 22 et 19 jours d'échantillonnage en 2018 et 2019, respectivement. L'échantillonnage a été effectué quotidiennement pendant le pic d'émergence, mais seulement une fois par semaine par la suite, lorsque la fréquence des exuvies a diminué de façon considérable. Bien qu'il soit probable que nous ayons manqué certaines exuvies en raison de la non-détection (**DuBois, 2015**) ou de la perte d'exuvies due aux conditions météorologiques (p. ex. vent, pluie) (**Lubertazzi & Ginsberg, 2009**), ces pertes partielles ne devraient pas avoir modifié le modèle temporel d'émergence de l'espèce.

Au cours de chaque visite, toutes les exuvies détectées ont été recueillies et mises dans une boîte pour l'identification du sexe au laboratoire. En utilisant le nombre d'exuvies collectées tout au long de la saison, nous avons pu déterminer la phénologie de l'émergence et calculer certains paramètres d'émergence. EM10, EM50, et EM90 ont été calculés comme le nombre total de jours où 10%, 50%, et 90% des exuvies collectées ont été enregistrées. Nous avons utilisé la clé d'identification de **Khelifa et al. (2013b)** pour identifier le sexe des exuvies de *U. edwardsii*.

Protocole d'échantillonnage des adultes

Nous avons effectué des captures régulières d'odonates adultes sur un transect de 100 m près de la berge de la partie sud de la zone humide du 31 mai au 03 août en 2018 (25 jours d'échantillonnage) et du 14 juin au 23 août en 2019 (19 jours d'échantillonnage). Les adultes ont été capturés à l'aide d'un filet à main, mesurés avec un pied à coulisse électronique (les données sur la taille des adultes ne sont pas incluses ici), marqués avec un marqueur permanent, et relâchés au même endroit. Comme le nombre de recaptures était très faible, le modèle temporel de la saison de vol a été dérivé du nombre total de captures. De la même manière que pour EM (10, 50, 90), nous avons calculé AD10, AD50, et AD90 comme le nombre total de jours où 10%, 50%, et 90% des individus marqués ont été enregistrés.

Analyses Statistiques

Nos analyses statistiques ont été réalisées à l'aide de R 4.0.2 (**R Development Core Team 2021**). Nous avons testé si les températures moyennes quotidiennes étaient significativement différentes d'une année à l'autre en utilisant un test t. Nous avons comparé le modèle temporel de la distribution phénologique de l'émergence entre les sexes et les années en utilisant un test de Kolmogorov-Smirnov à deux échantillons. Nous avons également testé si le rapport des sexes à l'émergence s'écartait significativement de 1 :1 en utilisant des tests de chi-square. Les valeurs sont la moyenne \pm écart-type.

Résultats

Conditions climatiques

Les deux années d'étude ont connu des conditions climatiques différentes. Bien que la température moyenne quotidienne n'ait pas été significativement différente au cours des deux années (test t : $t = -1,029$, $df = 709,8$, valeur $p = 0,30$), la température moyenne quotidienne cumulée était plus élevée au cours de 2019 par rapport à 2018 (figure 20a). Pendant l'automne

(du 1er septembre au 30 novembre), la température moyenne cumulée était 6,8 % plus élevée en 2019 (1728°C contre 1854°C). Pendant l'automne-hiver (du 1er septembre au 28 février), elle a été supérieure de 3,7 % en 2019 (2827°C vs 2926°C). En combinant l'automne, l'hiver et le printemps (du 1er septembre au 31 mai), les deux années ont présenté des températures moyennes cumulées similaires (4345°C vs 4331°C). Les précipitations ont été plus fréquentes en 2019 qu'en 2018 (figure 20b). En automne (du 1er septembre au 30 novembre), les précipitations cumulées ont été supérieures de 37,6 % en 2019 et, en combinant l'automne, l'hiver et le printemps (du 1er septembre au 31 mai), les précipitations cumulées ont été supérieures de 13,1 % en 2019 par rapport à 2018.

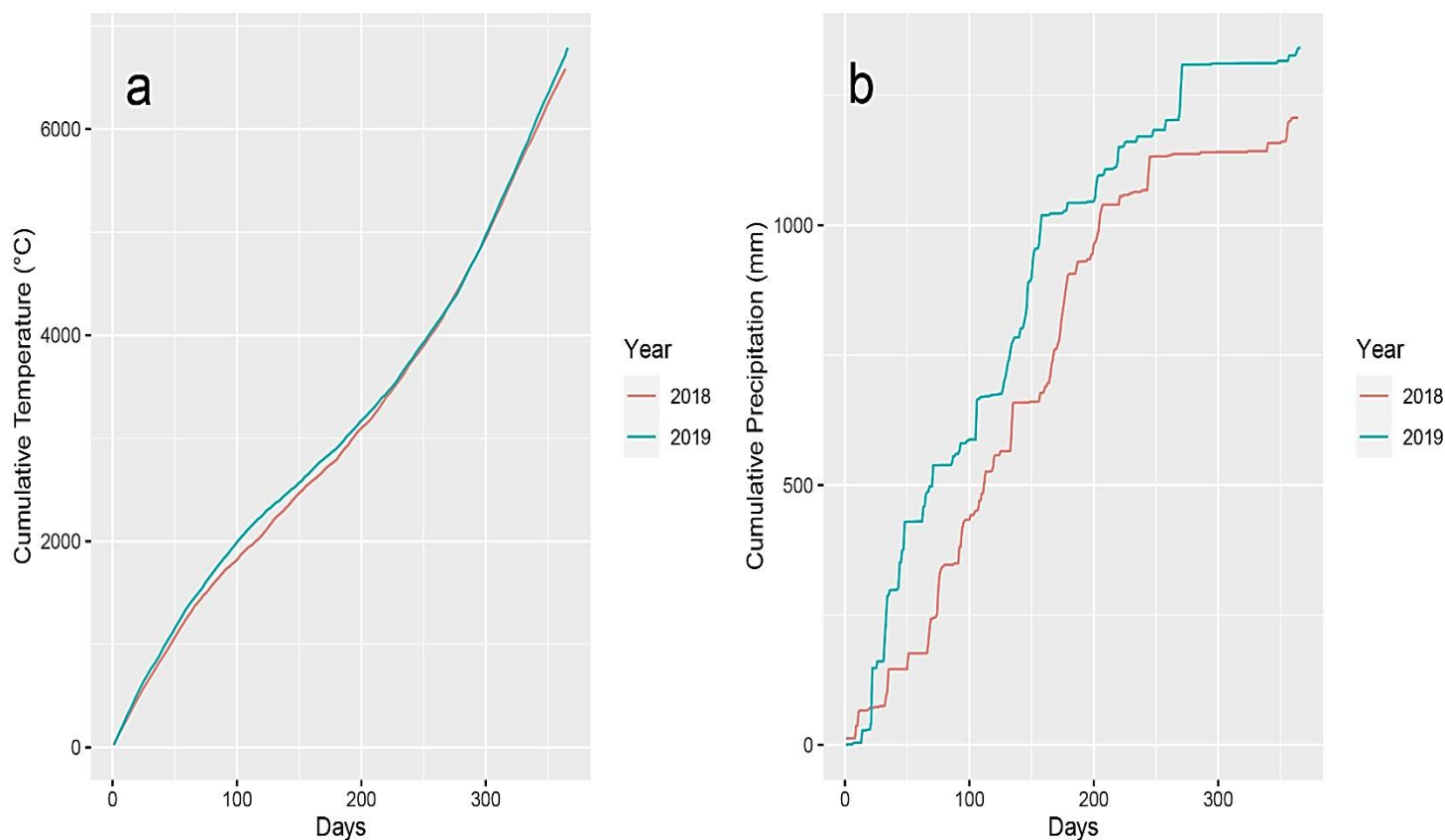


Fig.20. Cumul des températures moyennes quotidiennes (a) et des précipitations (b) dans la région d'étude en 2018 et 2019. Les données ont été obtenues à partir d'une station météorologique située à 35 km du site d'étude (Tebarka, Tunisie). Le jour 1 correspond au 1er septembre, qui est approprié pour l'histoire de vie des libellules.

Modèle temporel d'émergence

Un total de 576 et 887 exuvies ont été collectées pendant la saison d'émergence de 2018 et 2019, respectivement. Le sex-ratio à l'émergence était légèrement biaisé par les femelles en 2018 (57,1 %, $X^2= 11,6$, $P = 0,0006$) mais ne s'est pas écarté de l'unité en 2019 (50,5 %, $X^2= 0,9$, $P = 0,76$). La phénologie (distribution temporelle) de l'émergence était significativement différente entre les deux années (test de Kolmogorov-Smirnov à deux échantillons : $D=0,64$, $P<0,0001$). EM10, EM50 et EM90 étaient de 5 jours, 11 jours et 39 jours en 2018, et de 4 jours, 18 jours et 36 jours en 2019 (Figure 21).

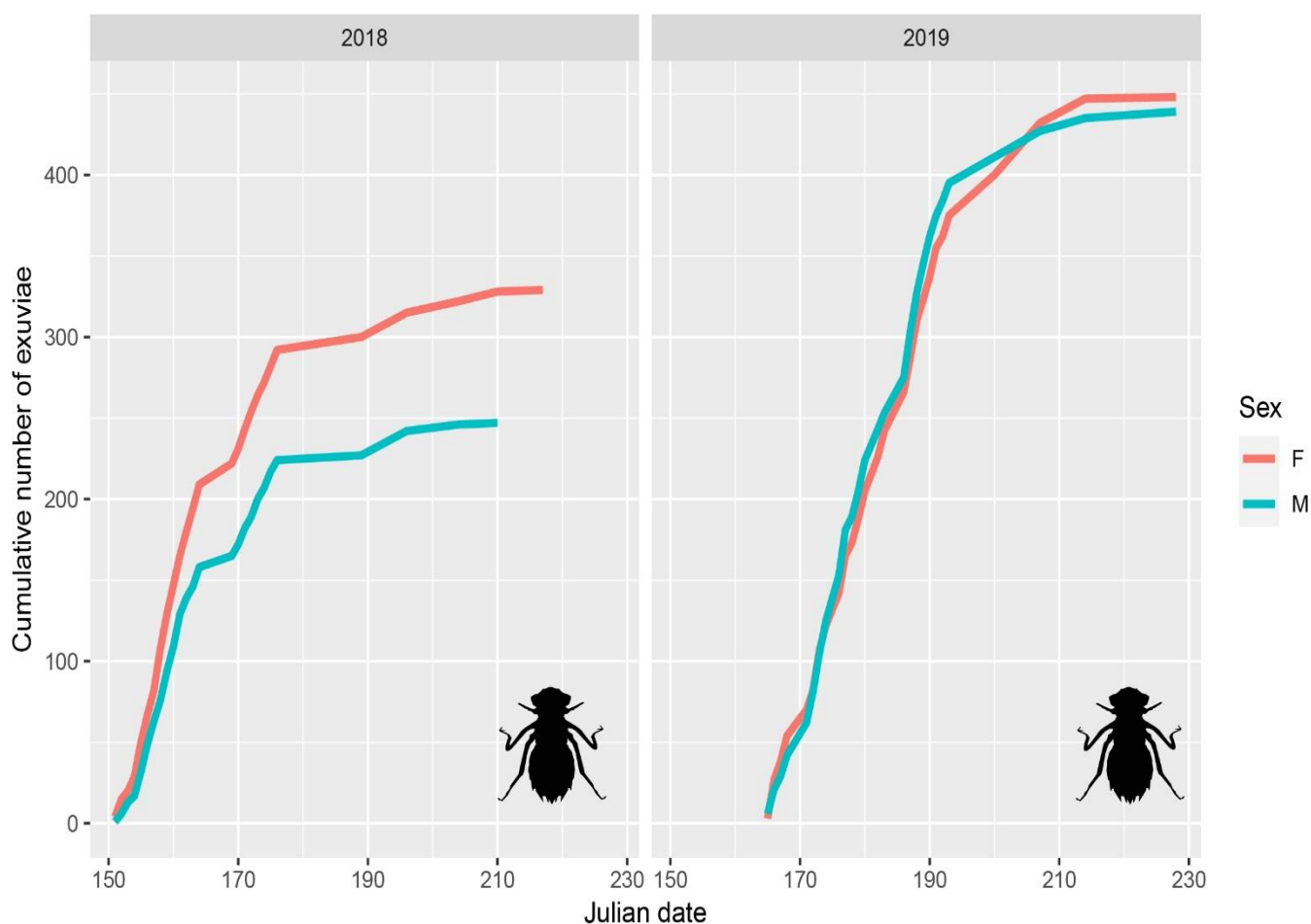


Fig.21. Cumul du nombre d'exuvies de *Urothemis edwardsii* dans le Lac Bleu en 2018 et 2019.

Modèle temporel des adultes

Un total de 711 et 655 adultes ont été capturés pendant la saison d'émergence de 2018 et 2019, respectivement. Le sex-ratio dans la saison de vol était fortement biaisé vers les mâles en 2018 (83,5 %, $X^2= 320$, $P < 0,0001$) et en 2019 (80,3 %, $X^2= 240,6$, $P < 0,0001$). La phénologie (distribution temporelle) de la saison de vol était significativement différente entre les deux années (test de Kolmogorov-Smirnov à deux échantillons : $D=0,29$, $P<0,0001$). AD10, AD50 et AD90 étaient de 9 jours, 23 jours et 67 jours en 2018, et de 5 jours, 16 jours et 43 jours en 2019 (figure 22).

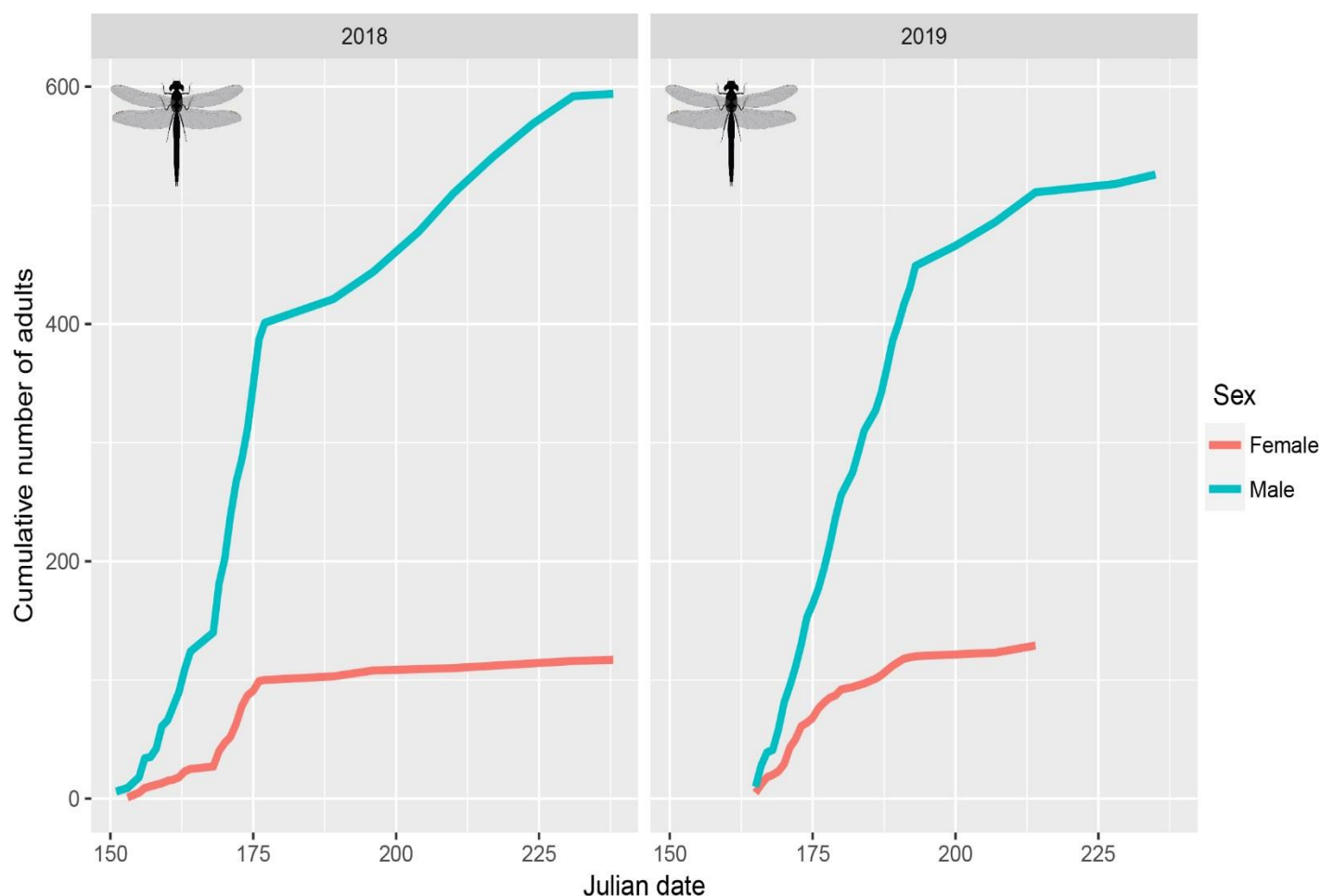


Fig.22. Cumul du nombre d'adultes mâles et femelles de *Urothemis edwardsii* dans le Lac Bleu en 2018 et.

Discussion

La présente étude porte sur la phénologie de l'émergence et de la saison de vol de *U. edwardsii* dans le nord-est de l'Algérie, en particulier dans la population type (Lac Bleu). Nos données montrent que l'espèce a une saison d'émergence et de vol asynchrone et relativement longue. Le sex-ratio à l'émergence était égale avec un biais léger en faveur des femelles, particulièrement pendant l'année sèche. Le sex-ratio au stade adulte était fortement biaisée en faveur des mâles. Sur la base des estimations obtenues à partir des collectes d'exuvies au cours de 2018-2019, nous avons enregistré une taille de populations plus importante au cours de l'année la plus humide (2019). Il s'agit de la première étude utilisant des collectes de données étendues sur l'émergence de *U. edwardsii* dans le Lac Bleu.

Les deux années étudiées ont connu des conditions climatiques différentes, ce qui nous a permis (dans une certaine mesure) d'évaluer comment le climat affecte la distribution phénologique de l'espèce. L'année 2018 a été plus sèche mais légèrement plus fraîche que 2019. Le climat a une influence importante sur le cycle de vie des odonates (**Frances et al., 2017 ; Hassall & Thompson 2008 ; McCauley et al., 2018**). Des études ont montré expérimentalement que les larves d'odonates se développent plus rapidement et émergent plus tôt dans des conditions plus chaudes (**Lutz 1974 ; Pickup et Thompson 1990**), ce qui explique le décalage phénologique enregistré au cours des dernières décennies (**Dingemans & Kalkman 2008 ; Hassall et al., 2007**). Alors que de nombreuses études ont porté sur l'impact de la température sur le cycle de vie des odonates, la sécheresse a reçu moins d'attention. Des études empiriques montrent qu'une baisse du niveau d'eau pousse les espèces aquatiques à émerger plus tôt (**Leips et al., 2000**). Bien que notre étude ne soit basée que sur deux années, l'émergence et la saison de vol des adultes plus précoces observées en conditions sèches, basées sur le début (EM10) et la médiane (EM50) de la distribution phénologique, vont dans le sens des preuves empiriques. Une autre hypothèse non-mutuellement exclusive est que les changements dans les conditions climatiques pourraient entraîner des changements non seulement dans les interactions biotiques (par exemple, la prédation, la compétition), mais aussi dans les impacts anthropogéniques (par exemple, les concentrations de polluants), induisant une réponse du cycle de vie qui contribue au moment de l'émergence (**Stoks et al., 2008**).

La variation annuelle du modèle temporel d'émergence est courante chez les libellules (**Cham, 2012**). L'EM50 enregistré chez *U. edwardsii* (11-18 jours) était plus court que celui observé pour la même espèce à El Graeate en 2016 (23 jours), à 15 kilomètres de distance

(Baaloudj, 2019). Cette différence dans EM50 pourrait être due aux différences climatiques entre les années ainsi qu'à d'autres conditions abiotiques et biotiques (prédation et compétition). L'étang d'El Graeate est 15 fois plus grand que le Lac Bleu, ce qui suggère que la composition de la communauté locale est différente **(Doi et al. 2009)**. En outre, on pense que le site d'El Graeate abrite une plus grande population de *U. edwardsii* **(Khelifa et al. 2018)**, ce qui suggère une compétition intraspécifique distincte. L'EM50 de *U. edwardsii* était très différent de ceux estimés pour d'autres Libellulidae étudiés dans le nord-est de l'Algérie, notamment *Sympetrum meridionale* Selys (16 jours) **(Hadjadji et al., 2019)**, *l'Acisoma inflatum* afrotrropical (25 jours) **(Baaloudj, 2020)** et *l'Orthetrum cancellatum* L. (20 jours) **(Hadjoudj et al., 2014)**. Le modèle d'émergence asynchrone général était typique d'une "espèce d'été" **(Corbet, 1954)**.

Il y avait une différence dans Le sex-ratio à l'émergence entre les deux années. Le sex-ratio était biaisé vers les femelles dans l'année la plus sèche et égal dans l'année la plus humide. Le sex-ratio chez les libellules est commun **(Corbet & Hoess, 1998 ; Cordero-Rivera & Stoks, 2008)**, mais il peut changer d'une année à l'autre. Le biais observé chez les femelles était semblable à celui observé chez la même espèce à El Graeate (54,1 %) **(Baaloudj, 2019)**. Il est probable que les mâles aient connu une mortalité plus élevée en raison de différences de comportement. Au stade adulte, Le sex-ratio était fortement biaisé vers les mâles au cours des deux années, ce qui est typique pour les libellules en Afrique du Nord **(Khelifa et al., 2012 ; Zebza et al., 2015)**, et ailleurs **(Corbet, 1999 ; Cordero-Rivera & Stoks, 2008)**. Cette différence dans Le sex-ratio est due à la ségrégation sexuelle de l'habitat où les femelles restent loin de l'eau alors que les mâles restent près de l'eau, gardant des territoires et attendant des partenaires **(Foster & Soluk, 2006 ; Khelifa et al. 2013a)**.

L'estimation de la taille de la population de l'espèce et la compréhension de la ségrégation de l'habitat entre les sexes ont des implications importantes en matière de conservation étant donné le statut gravement menacé de l'espèce **(Foster & Soluk, 2004 ; Foster & Soluk, 2006)**. Sur la base de notre échantillonnage d'exuvies et d'adultes dans une zone restreinte pendant les deux années, nous avons collecté un total de 576-887 exuvies et 655-711 adultes. Les estimations de population basées sur les exuvies reflètent le nombre réel d'individus qui ont effectivement émergé du site **(Raebel et al. 2010)**. La taille de population plus importante enregistrée en 2019 est probablement due aux conditions plus humides tout au long de la saison de développement.

Le nombre d'exuvies collectées reste un sous-ensemble de la taille réelle de la population de l'espèce dans le Lac Bleu. Nous avons effectué une capture-marquage-recapture (non

présentée ici) et avons trouvé un faible taux de recapture, similaire à celui de **Khelifa et al., 2016**), suggérant une grande taille de population et une faible tendance à rester au même endroit. Des estimations antérieures de la taille de la population de l'espèce au Lac Bleu ont donné un total de ~3200 exuvies (**Khelifa et al., 2018**), ce qui est raisonnable sur la base de notre échantillonnage d'exuvies et de l'observation des adultes.

Conclusion

Alors que *U. edwardsii* a montré une expansion prometteuse de sa population au cours de la dernière décennie (**Baaloudj, 2019 ; Khelifa et al., 2016**), une attention particulière doit être portée à son statut et à la dynamique de son aire de répartition géographique. Le changement climatique en Afrique du Nord est une menace majeure pour l'espèce dans les prochaines décennies (**Khelifa et al., 2021**), notamment parce que l'espèce semble exister dans les zones humides permanentes. La diminution prévue des précipitations et l'augmentation des températures extrêmes modifieront probablement l'hydropériode des zones humides et altéreront l'intégrité écologique des écosystèmes d'eau douce (**Khelifa et al., 2021b ; Xi et al., 2021**). Notre incompréhension des raisons pour lesquelles l'espèce semble avoir du mal à se disperser et à établir de nouvelles populations similaires à celles de l'aire de répartition principale de l'espèce et d'autres espèces afro-tropicales est une lacune cruciale dans nos connaissances et une voie de recherche importante à aborder dans les prochaines années. Il est également urgent d'identifier les habitats terrestres où les femelles passent la plupart de leur temps (**Foster & Soluk, 2006**). Malheureusement, il y a un manque de financement pour effectuer les étapes essentielles pour développer des plans de gestion pour restaurer les habitats et étendre la distribution de l'espèce (**Samways et al., 2010**), y compris l'établissement de programmes de suivi à long terme pour l'espèce afin d'estimer la répartition géographique à l'échelle détaillée, l'estimation de la taille de la population dans le nord-est de l'Algérie, et la compréhension des préférences d'habitat.

Chapitre 3 : Mise à jour de la distribution géographique de *Urothemis edwardsii* (Selys, 1849) (Odonata : Libellulidae) dans le nord-est de l'Algérie.



Introduction

La distribution géographique des espèces est régie par des facteurs historiques, extrinsèques et intrinsèques (**Gaston, 2009**). La disponibilité de l'habitat est un déterminant crucial de l'aire de répartition géographique des espèces, car celles-ci peuvent vivre et persister dans un espace où leur niche écologique est remplie. De plus, certaines espèces ont des attributs qui leur confèrent une plus grande capacité à occuper un espace plus grand, comme une plus grande tolérance et une plus grande capacité de dispersion (**Calosi et al., 2010 ; Angert et al., 2011**). Aux marges de l'aire de répartition, l'aire géographique des espèces est généralement fragmentée en différentes entités spatiales (**Pironon et al., 2015**). Cependant, il arrive parfois que certaines espèces aient des populations isolées éloignées de leur aire de répartition géographique principale (**Habel & Assmann, 2014**). Il est très important de comprendre l'aire de répartition et la dynamique de ces populations relictuelles pour gérer et maintenir ces populations.

En Afrique du Nord, des barrières écologiques telles que la mer Méditerranée et le Sahara ont isolé les populations de divers taxons de leur aire géographique principale (**Khelifa et al., 2021b**). Chez les odonates, par exemple, trois espèces afrotropicales *Pseudagrion subblacteum* (Karsch, 1893), *Acisoma inflatum* (Selys, 1889), et *Urothemis edwardsii* (Selys, 1849) qui ont de grandes aires de répartition géographique en Afrique centrale et australe n'ont que quelques populations isolées en Algérie ou au Maroc (**Boudot et al., 2009**). *Urothemis edwardsii* est un bon exemple d'espèce locale relictuelle qui a connu un grave déclin de sa population au cours du dernier siècle (**Riservato et al., 2009**). L'espèce était autrefois présente dans différentes localités d'Afrique du Nord, certaines populations présentant des variations phénotypiques par rapport à la population principale. Cependant, presque toutes ces populations ont disparu, probablement en raison du changement climatique et des perturbations humaines. Jusqu'au début des années 90, l'espèce était limitée à un seul endroit dans le nord-est de l'Algérie, dans le parc national d'El Kala. Puis plus récemment, un plan de restauration a été suivi d'une augmentation rapide de la distribution géographique de l'espèce. Il a été confirmé que l'espèce se reproduit avec succès dans différents endroits (**Khelifa et al., 2016 ; Khelifa et al., 2018**). Alors qu'un grand nombre d'études sur les odonates de la région ont été réalisées (**Razkallah & Houhamdi 2018 ; Hadjadji et al., 2019 ; Halassi et al., 2021**), y compris celles sur les espèces menacées (**Zebsa et al., 2014 ; Mahdjoub et al., 2015 ; Zebsa et al., 2015 ; Chelli et al., 2019 ; Baaloudj, 2020**), moins d'attention a été consacrée à *U. edwardsii* malgré le fait qu'il s'agisse de l'odonate le plus menacé de la zone. Même si nous disposons actuellement de plus d'informations sur les préférences

d'habitat, la taxonomie, le comportement reproductif et le statut de conservation de l'espèce (Khelifa et al., 2013a ; Khelifa et al., 2013b ; Khelifa et al., 2016 ; Baaloudj, 2019), nous avons toujours un besoin urgent d'une mise à jour de l'aire de répartition géographique locale de cette espèce relictuelle. Dans cette étude, nous réalisons des enquêtes sur la distribution géographique de l'espèce sur la base de trois années de collecte de données (2018, 2019 et 2021) à travers un ensemble de sites qui ont été précédemment visités (présence/absence données disponibles). Ensuite, nous discutons du changement historique de l'aire de répartition géographique de l'espèce dans le nord-est de l'Algérie au cours des 32 dernières années (1989-2021) et tentons d'expliquer les causes de la distribution géographique restreinte.

Matériel et méthodes

Zone d'étude

L'étude se focalise sur le Parc National d'El Kala situé à l'extrême nord-est de l'Algérie. Le climat est l'un des plus humides d'Afrique du Nord. Il est typiquement méditerranéen avec des précipitations annuelles de 710 à 910 mm. La saison humide s'étend d'octobre à mars et la saison sèche d'avril à septembre. Le parc national possède un large spectre de zones humides d'importance internationale où l'on trouve un grand nombre d'oiseaux d'eau hivernants et nicheurs. Il abrite également un grand nombre de populations d'odonates menacés, notamment *Urothemis edwardsii*, *Acisoma inflatum* et *Lindenia tetraphylla* (Vander Linden, 1825). (Khelifa & Zebsa, 2018 ; Baaloudj, 2020).

Méthodes d'échantillonnage

Nous avons effectué une analyse des 15 sites précédemment étudiés par Khelifa et al., 2016). En plus de ces données, nous avons effectué des enquêtes de terrain sur la présence de *U. edwardsii* dans tous les sites pendant l'été (juin, juillet et août) de 2018, 2019 et 2021 où chaque site a été visité au moins deux fois. L'échantillonnage a eu lieu principalement entre 10:00 et 16:00. Dans chaque site et à chaque visite, nous avons enregistré le nombre total d'individus (mâles et femelles) sur un transect de 100 m près des berges de la zone humide. Nous avons également enregistré si la reproduction a eu lieu dans chaque site en vérifiant l'occurrence d'exuvies, de ténérals, de copulation et d'oviposition de l'espèce.

Analyses Statistiques

Nos analyses statistiques ont été réalisées à l'aide de R 4.0.2 (R Development Core Team 2021). Nous avons utilisé les données climatiques de WorldClim v2 pour 1980-2018 (résolution spatiale de 2,5 minutes) (Fick & Hijmans, 2017). Pour produire des cartes, nous avons utilisé le raster (Hijmans et al., 2015), le sf (Pebesma, 2018) et le sp (Pebesma et al., 2012).

Résultats

Climat de la région côtière

Sur la base de toutes les localités où l'espèce a été trouvée, nous avons extrait la température annuelle moyenne et les précipitations sur l'ensemble des sites. La température annuelle moyenne des sites était de 18,4°C, ce qui est relativement faible par rapport au profil thermique national (Fig. 23AB). Les précipitations annuelles moyennes étaient de 890,4 mm, ce qui est une valeur très élevée par rapport à la distribution géographique nationale des précipitations (Fig. 23CD). Les zones humides sont limitées à la partie nord du pays, et l'espèce est particulièrement limitée à la partie nord-est, notamment à la province d'El Tarf (Figure. 24).

Changement historique de l'aire de répartition géographique

Sur l'ensemble de la période (1989-2021), l'espèce a été recensée dans sept sites sur les 15 sites. En 1989, l'espèce a été enregistrée dans deux sites (lac Bleu et lac Noir). Après une grave dégradation du lac Noir due au drainage et aux incendies, l'espèce a été limitée à un seul site en 1991. De 1991 à 2006, l'espèce n'a reçu aucun enregistrement supplémentaire, mais seulement un faux négatif qui a suggéré que l'espèce était probablement éteinte. Ensuite, l'espèce n'a reçu aucun enregistrement jusqu'en 2011, lorsque les adultes du lac Bleu ont été enregistrés, confirmant l'existence de l'espèce. Le programme de restauration initié cette année-là, visant à étendre l'aire de répartition de l'espèce avec des translocations dans le lac Tonga et le lac Noir, a conduit à l'enregistrement subséquent de l'espèce dans ces deux sites en 2012. En 2015, l'espèce a été enregistrée dans un nouveau site, El Graeate 2, qui se trouve à 2,5 km du lac Noir. Il s'agissait de la première dispersion naturelle confirmée de l'espèce dans le nord-est de l'Algérie. Par conséquent, jusqu'en 2015, seules trois populations existaient encore.

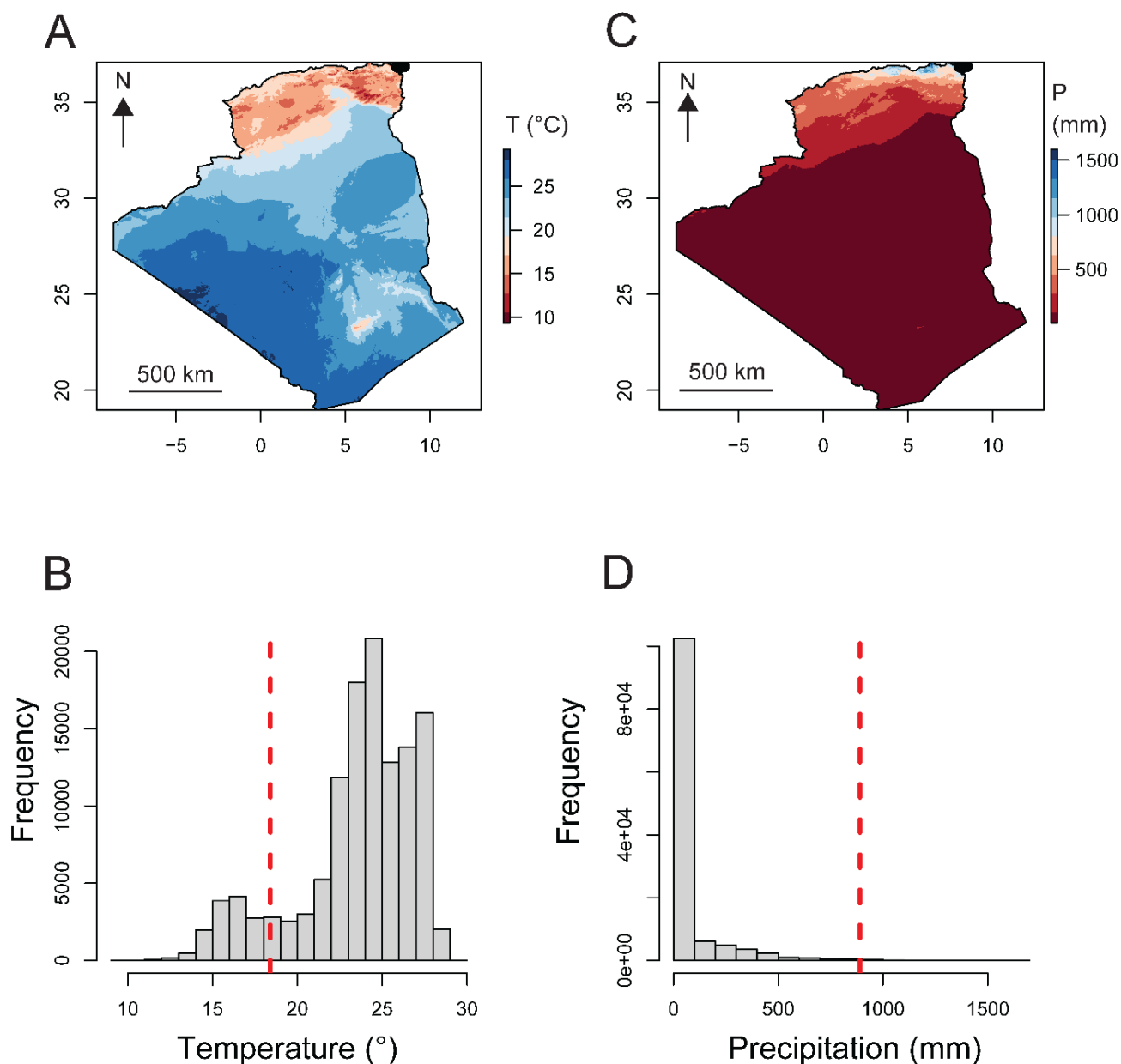


Fig.23. Conditions climatiques en Algérie avec la distribution de *Urothemis edwardsii* à l'échelle nationale. **A.** Carte de la température moyenne annuelle. **B.** Distribution de fréquence de la température moyenne annuelle en Algérie indiquant la température moyenne à travers les sites de *U. edwardsii* comme ligne pointillée verticale. **C.** Carte des précipitations annuelles. **D.** Distribution de fréquence de la précipitation annuelle en Algérie indiquant la précipitation annuelle moyenne à travers les sites de *U. edwardsii* comme ligne pointillée verticale.

En 2018-2021, nous avons enregistré l'espèce dans sept localités dans six zones humides distinctes (tableau 1). La reproduction de l'espèce a été confirmée uniquement dans quatre

localités (El Graete 2, Lac Bleu, Lac Noir, Lac Tonga). Dans le reste des sites, l'espèce n'a été enregistrée que sous forme d'adultes uniques. Nous avons enregistré deux nouvelles localités, à savoir El Graete 4 et Mare Ruppia, où seuls des adultes ont été observés. La plus grande distance entre les localités était de 26 km. La superficie des sites variait entre 0,21 ha (Mare Ruppia) et 2700 ha (Lac Tonga). Nous avons trouvé que la surface estimée du polygone dessiné sur les localités d'observation des espèces était de 186 km² (Figure 2).

Tableau 3. Données historiques et coordonnées géographiques des sites étudiés.

Code	Site	Geographic coordinates	Historical_records	Area (ha)
1	El Graete 1	36.8485°N, 8.1762°E	0	10
2	El Graete 2	36.8539°N, 8.1754°E	1	35
3	El Graete 3	36.8415°N, 8.1695°E	0	1.3
4	El Graete 4	36.8434°N, 8.1785°E	1	3.2
5	G. Dakhla	36.8448°N, 7.9868°E	0	6.2
6	G. Estah	36.8436°N, 7.9831°E	0	3.6
7	Lac Bleu	36.9092°N, 8.3382°E	1	2
8	Lac des oiseaux	36.7814°N, 8.1254°E	0	70
9	Lac Mellah	36.8809°N, 8.3427°E	0	873
10	Lac Noir	36.8547°N, 8.2068°E	1	2.2
11	Lac Oubeira 1	36.8652°N, 8.3640°E	0	2198
12	Lac Oubeira 2	36.8245°N, 8.4037°E	0	2198
13	Lac Tonga NE	36.8816°N, 8.5251°E	1	2700
14	Lac Tonga SW	36.8266°N, 8.4869°E	1	2700
15	Ruppia	36.9169°N, 8.3440°E	1	0.21

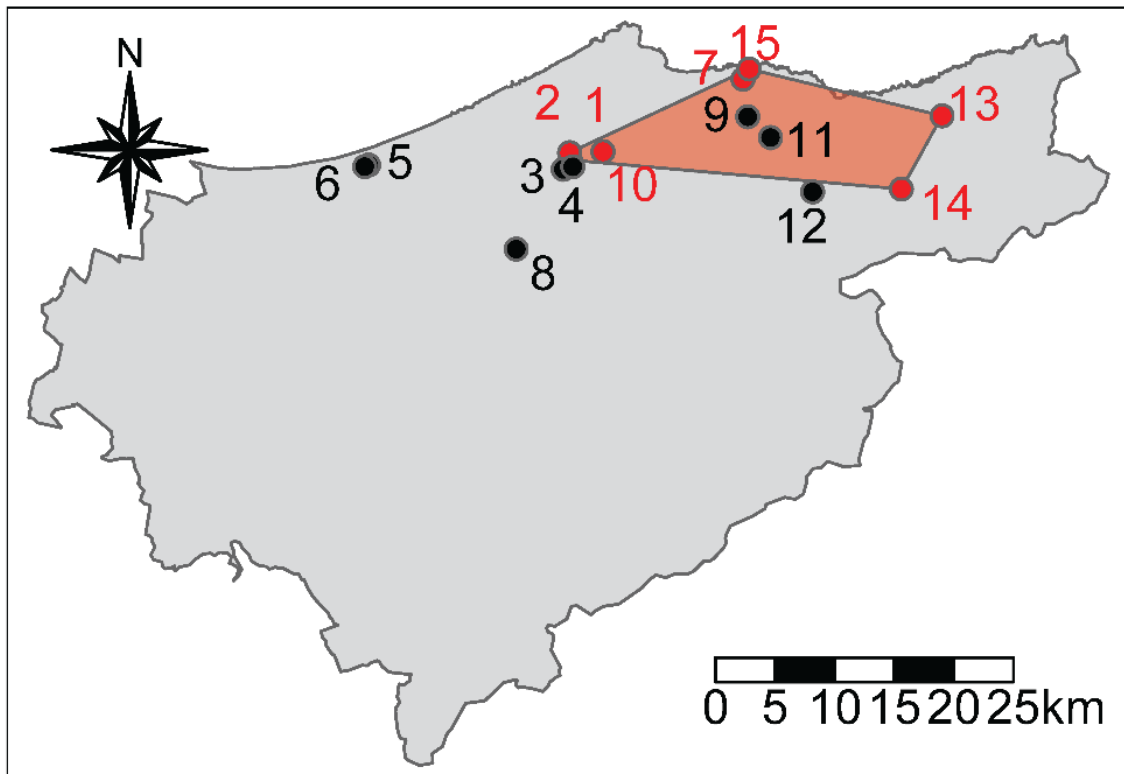


Fig.24. Sites d'étude et distribution géographique d'*Urothemis edwardsii* dans la province d'El Tarf (nord-est de l'Algérie). Les points rouges sont les sites où l'espèce a été enregistrée. Les points noirs sont les sites où l'espèce n'a pas été enregistrée. Le polygone rouge est la zone entourant les sites où l'espèce a été enregistrée, indiquant un domaine vital local de l'espèce.



Fig.25. *Urothemis edwardsii* mâle adulte dans une nouvelle localité (Gareat 4), Parc National d'El Kala, Algérie. Photo personnelle prise le 28 juillet 2019.

Discussion

Nous présentons ici la première dynamique historique complète et actualisée de l'aire de répartition géographique d'*U. edwardsii* dans le nord-est de l'Algérie. L'étude montre que l'espèce a connu une expansion récente considérable de son aire de répartition au niveau local et le maintien des populations récemment découvertes. Nos observations ajoutent de nouvelles localités où l'espèce a été enregistrée, mais aucune nouvelle population reproductrice au-delà du El Gareat 2, lac Bleu, du lac Noir et du lac Tonga n'a été enregistrée. Nous discutons des implications de notre compte-rendu historique et présentons quelques actions de conservation qui doivent être établies pour gérer cette population menacée.

L'espèce présente des limitations de dispersion évidentes qui peuvent être expliquées par quelques hypothèses. Premièrement, il est probable que l'espèce ait une capacité de déplacement limitée. Des rapports précédents ont souligné que les adultes du lac Bleu restent éloignés de l'eau jusqu'à 1,2 km (**Khelifa et al., 2016**). Les distances qui dépassent cet ordre de grandeur n'ont pas été signalées. La même étude évaluant la probabilité de dispersion entre le lac Bleu et le lac Noir

(distants de 13 km) sur la base du marquage de 102 individus dans le premier site et de 49 individus dans le second site n'a trouvé aucune preuve de transition d'un site à l'autre. La deuxième hypothèse est qu'il y a un manque de zones humides à proximité qui fournissent l'exigence écologique de l'espèce. Cette hypothèse est renforcée par la présence d'un ensemble de petits étangs dans la zone où l'espèce pourrait potentiellement se disperser mais où elle n'a jamais été enregistrée (**Khelifa et al., 2018**). Parmi les plus grands sites qui auraient pu accueillir une population importante, on peut citer le lac Oubeira (2200 ha) qui a malheureusement été sévèrement dégradé après l'introduction de la carpe (**Stevenson et al., 1988**). Les deux hypothèses énoncées ci-dessus sont plausibles et posent un sérieux problème pour le maintien à long terme de l'espèce sous le stress climatique et anthropique.

Il est nécessaire de comprendre l'adéquation de l'habitat pour l'espèce afin de planifier les futurs plans de translocation vers les zones occidentales de l'Algérie. La région côtière du centre-est, près de Jijel, a un climat humide similaire à celui du parc national d'El Kala. Certaines zones humides abritent déjà des populations de *Acisoma inflatum* afrotropical, qui coexiste souvent avec l'espèce, ce qui suggère que la niche écologique de *U. edwardsii* pourrait être remplie. Une planification attentive de ce type d'opération permettra d'accroître la résilience de l'espèce face au changement climatique et à la pression anthropique qui devraient augmenter dans les zones lotiques et lentiques au cours des prochaines décennies (**Khelifa et al., 2021a ; Khelifa et al., 2021b**).

Conclusion

Il est fort probable que le long isolement d'*U. edwardsii* en Afrique du Nord par rapport à son milieu principal ait entraîné des changements génétiques qui ont façonné à la fois sa capacité de dispersion et ses préférences en matière d'habitat. En Afrique australe, l'espèce est capable de coloniser des étangs artificiels, d'établir de grandes populations et semble tolérer la pression anthropique (**Suhling et al., 2003**). De futures études utilisant l'analyse génétique sur différentes populations révéleront une potentielle différenciation génétique similaire à celles enregistrées entre les populations nord-africaines et européennes des espèces paléarctiques (**Guan et al., 2013 ; Froufe et al., 2014 ; Swaegers et al., 2014 ; Ferreira et al., 2016 ; Simonsen et al., 2020**).

Conclusion Générale

En conclusion, l'étude actuelle fournit des informations utiles sur la variation de la taille du corps et la plasticité de *U. edwardsii*, qui pourraient être utilisées pour la gestion de cette libellule localement en danger critique d'extinction.

De même, notre étude fournit une mise à jour du statut et de la distribution d'*U. edwardsii* de la dernière population relique de la Méditerranée, l'avenir de cette espèce semble prometteur puisqu'il y a des preuves d'expansion de l'aire de répartition et de croissance de la population. L'évaluation des changements temporels de la distribution des espèces menacées est primordiale pour une gestion efficace. Les espèces menacées sont sensibles aux changements environnementaux et peuvent disparaître rapidement en raison des effets climatiques et anthropiques.

En effet, notre enquête a fourni de nouvelles données sur la phénologie de l'odonate *U. edwardsii*. Il est important de déterminer les besoins en habitat pendant l'émergence afin de surmonter la mortalité potentielle induite par les perturbations pendant l'émergence, qui est une période sensible du cycle de vie de l'espèce. Les informations présentées ici sont essentielles pour la préparation de plans de conservation des espèces, non seulement à l'échelle régionale mais aussi à une plus grande échelle. La dégradation de l'habitat est connue pour être un facteur important dans l'extinction des populations d'espèces menacées.

Finalement, La faible étendue de la répartition de l'espèce dans la région suggère un manque d'habitat local approprié et potentiellement des limitations de dispersion. On ne sait toujours pas combien de sites l'espèce occupe et quelle est la taille de la population dans les localités connues. Bien que l'état de conservation local de l'espèce soit meilleur que dans les années 90, il existe encore différentes menaces qui doivent être traitées et des mesures de conservation qui doivent être mises en œuvre ou renforcées pour assurer le maintien et l'expansion future de l'espèce, d'autres enquêtes sont indispensables pour réaliser des modèles démographiques pour estimer la taille de la population dans toutes les localités afin de comprendre la dynamique de la population de l'espèce et de suivre l'évolution de la distribution spatio-temporelle pour la réévaluation de son aire de répartition. Il est aussi nécessaire d'évaluer non seulement le stade adulte mais aussi les larves pour améliorer les estimations de l'occupation de l'espèce.

Références Bibliographiques

A

Abrams, P. A., & Rowe, L. (1996). The effects of predation on the age and size of maturity of prey. *Evolution*, 50, 1052–1061.

Alexander, D. E. (2002). Nature's flyers: birds, insects, and the biomechanics of flight. JHU Press

Angert AL, Crozier LG, Rissler LJ, Gilman SE, Tewksbury JJ, Chuncó AJ. (2011). Do species' traits predict recent shifts at expanding range edges? *Ecology Letters* 14: 677–689.

Anholt, B. R. (1992). Sex and habitat differences in feeding by an adult damselfly. *Oikos*, 65(3), 428–432.

Arambourou, H., Sanmartín-Villar, I., & Stoks, R. (2017). Wing shape-mediated carry-over effects of a heat wave during the larval stage on post-metamorphic locomotor ability. *Oecologia*, 184(1), 279-291.

Askew, R.R. (2004). The Dragonflies of Europe (second edition). Harley books, Colchester.

Atkinson, D. (1994). Temperature and organism size – a biological law for ectotherms. *Adv. Ecol. Res.*, 25: 1–58

B

Baaloudj, A. (2019). Emergence ecology of the critically endangered *Urothemis edwardsii* in a new colonized site In El Kala National Park (Algeria): Conservation Implications. *Zoology and Ecology* 29: 140–145.

Baaloudj, A. (2020). Aspects of life history of the Afrotropical endangered *Acisoma inflatum* (Selys, 1889) (Odonata: Libellulidae) in Northeast Algeria. *Annales de la Société Entomologique de France* 56: 180–188.

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

Références Bibliographiques

- Banks, M., & D. Thompson. (1985).** Emergence, longevity and breeding area fidelity in *Coenagrion puella* (L.) (Zygoptera: Coenagrionidae). *Odonatologica* 14: 279–286.
- Barua, M., Gurdak, D. J., Ahmed, R. A., & Tamuly, J. (2012).** Selecting flagships for invertebrate conservation. *Biodiversity and Conservation*, 21(6), 1457-1476
- Beck, M. L., & Pruett-Jones, S. (2002).** Fluctuating asymmetry, sexual selection, and survivorship in male dark-winged damselflies. *Ethology*, 108(9), 779-791.
- Beirinckx, K., Van Gossum, H., J. Lajeunesse, M., & R. Forbes, M. (2006).** Sex biases in dispersal and philopatry: Insights from a meta-analysis based on capture-mark-recapture studies of damselflies. *Oikos*, 113(3), 539-547.
- Bevan, A., Racine, E.B., Shortridge, A. (2015).** Package ‘raster’. *R package*, 734.
- Bick, G.H. (1951).** Notes on Oklahoma dragonflies. *J Tenn Acad Sci* 26:178–180.
- Birkhead, T.R., Hunter F.M. (1990).** Mechanisms of sperm competition. *Trends Ecol. Evol.* 5, p. 48–52.
- Blanckenhorn, W. U. (2005).** Behavioral causes and consequences of sexual size dimorphism. *Ethology*, 111(11), 977-1016.
- Blanckenhorn, W., & Fairbairn. D. (1995).** Life history adaptation along a latitudinal cline in the water strider *Aquarius remigis* (Heteroptera: Gerridae). *Journal of Evolutionary Biology* 8: 21–41.
- Block, M. D., & Stoks, R. (2005).** Pond drying and hatching date shape the tradeoff between age and size at emergence in a damselfly. *Oikos*, 108(3), 485-494.
- Borror, D. J., Triplehorn, C. A., & Johnson, N. F. (1989).** An introduction to the study of insects (No. Ed. 6). Saunders college publishing)
- Boudot J.-P., Kalkman V.J., Azpilicueta Amorin M., Bogdanovic T., Cordero Rivera A., Degabriele G., Dommanget J.-L., Ferreira S., Garrigos B., Jović M., Kotarac M., Lopau W., Marinov M., Mihokovic N., Riservato E., Samraoui B. & Schneider W. (2009).** Atlas of the Odonata of the Mediterranean and North Africa. *Libellula*, 9: 1-256
- Boudot, J.-P., Clausnitzer, V., Dijkstra, K.-D.B., Suhling, F., Samraoui, B. & Schneider, W. (2016).** *Urothemis edwardsii*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e. T60073A83876779.

Bybee, S., A. Córdoba-Aguilar, M. C. Duryea, R. Futahashi, B. Hansson, M. O. Lorenzo-Carballa, R. Schilder, R. Stoks, A. Suvorov, E. I. Svensson, J. Swaegers, Y. Takahashi, P. C. Watts, & M. Wellenreuther, (2016). Odonata (dragonflies and damselflies) as a bridge between ecology and evolutionary genomics. *Frontiers in Zoology* 13

C

Calosi P, Bilton DT, Spicer JI, Votier SC, Atfield A. (2010). What determines a species' geographical range? Thermal biology and latitudinal range size relationships in European diving beetles (Coleoptera: Dytiscidae). *Journal of Animal Ecology* 79: 194–204.

Carlson, B. E., McGinley, S., & Rowe, M. P. (2014). Meek males and fighting females: Sexually-dimorphic antipredator behavior and locomotor performance is explained by morphology in bark scorpions (*Centruroides vittatus*). *PLoS ONE*, 9(5), e97648.

Ceballos, G., Ehrlich, P.R. (2002). Mammal population losses and the extinction crisis. *Science* 296, 904–907.

Ceballos, G., Ehrlich, P.R., Dirzo, R. (2017). Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 114, E6089–E6096.

Cham, S. (2012). A study of Southern Hawker *Aeshna cyanea* emergence from a garden pond. *Journal of the British Dragonfly Society* 28(1): 1–20.

Chelli, A., Zebsa R., Khelifa, R. (2019). Discovery of a new population of the endangered *Calopteryx exul* in central North Algeria (Odonata: Calopterygidae). *Notulae Odonatologica* 9: 150–154.

Clausnitzer, V., Dijkstra, K. D. B., Koch, R., Boudot, J. P., Darwall, W. R., Kipping, J., ... & Suhling, F. (2012). Focus on African freshwaters: hotspots of dragonfly diversity and conservation concern. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10(3), 129-134

Clausnitzer, V., Kalkman, V. J., Ram, M., Collen, B., Baillie, J. E., Bedjanič, M., ... & Wilson, K. (2009). Odonata enter the biodiversity crisis debate: the first global assessment of an insect group. *Biological conservation*, 142(8), 1864-1869.

Références Bibliographiques

- Conrad, K.F., Pritchard, G. (1992).** An ecological classification of odonate mating systems: the relative influence of natural, inter- and intra-sexual selection on males. *Biol. J. Linn. Soc.* 45, 255–269.
- Conrad, K., Willson, K., Harvey, I., Thomas, C., & Sherratt, T. (1999).** Dispersal characteristics of seven odonate species in an agricultural landscape. *Ecography*, 22, 524–531.
- Corbet, P., Hoess, R. (1998).** Sex ratio of Odonata at emergence. *International Journal of Odonatology* 1(2): 99–118.
- Corbet, P.S. (1954).** Seasonal regulation in British dragonflies. *Nature* 174: 655.
- Corbet, P.S. (1999).** Dragonflies: Behavior and ecology of Odonata. Colchester: *Harley Books*. 882 p.
- Corbet, P. S. (1957).** The Life-History of the Emperor Dragonfly *Anax imperator* Leach (Odonata: Aeshnidae). *Journal of Animal Ecology* 26: 1–69.
- Corbet, P. S., F. Suhling, & D. Soendgerath. (2006).** Voltinism of Odonata: a review. *International Journal of Odonatology* 9: 1–44.
- Corbet, P.S. (2004).** Dragonflies. Behavior and Ecology of Odonata, revised edition. *Cornell University Press*. Ithaca, NY.
- Cordero-Rivera, A., Stoks, R. (2008).** Mark-recapture studies and demography. In: A. Córdoba-Aguilar (Ed.): Dragonflies and damselflies: Model organisms for ecological and evolutionary research. Oxford: *Oxford University Press*. P. 7–20.
- Cothran, M.L. & Thorp, J.H. (2006).** Emergence patterns and size variation of odonata in a thermal reservoir. *Freshwater Invertebrate Biology*, 1, 30–39
- Cronk, Q. (1997).** Islands: stability, diversity, conservation. *Biodiversity and Conservation* 6(3): 477–493.
- Crumrine, P.W., Switzer, P.V., Crowley P.H. (2008).** Structure and dynamics of odonate communities: accessing habitat, responding to risk, and enabling reproduction. In: Dragonflies and Damselflies. *Oxford University Press*, pp 21–38.
- Culin, J. (2018).** lepidopteran. Encyclopedia Britannica.
<https://www.britannica.com/animal/lepidopteran>

D

D'Aguilar, J. & Dommaget J.-L. (1985). Guide des libellules d'Europe et d'Afrique du Nord. Delachaux & Niestlé, Paris.

Davidowitz, G., D'Amico, L. J., & Nijhout, H. F. (2003). Critical weight in the development of insect body size. *Evolution and Development*, 5, 188–197.

Davidowitz, G., & Nijhout, H. F. (2004). The physiological basis of reaction norms: the interaction among growth rate, the duration of growth and body size. *Integrative and Comparative Biology*, 44(6), 443-449.

Davidowitz, G., D'Amico, L. J., & Nijhout, H. F. (2004). The effects of environmental variation on a mechanism that controls insect body size. *Evolutionary Ecology Research*, 6(1), 49-62.

Davidson, N. C. (2014). How much wetland has the world lost? Long-term and recent trends in global wetland area. *Marine and Freshwater Research*, 65(10), 934-941.

Del Castillo, R. C., & Núñez-Farfán, J. (2002). Female mating success and risk of pre-reproductive death in a protandrous grasshopper. *Oikos*, 96(2), 217-224.

Diamond, J. M. (1989). The present, past and future of human-caused extinctions. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences*, 325(1228), 469-477.

Dickinson, M. H., Lehmann, F. O., & Sane, S. P. (1999). Wing rotation and the aerodynamic basis of insect flight. *Science*, 284(5422), 1954-1960.

Dijkstra KDB, Clausnitzer V. (2014). The Dragonflies and Damselflies of Eastern Africa. Handbook for all Odonata from Sudan to Zimbabwe, Royal Museum for Central Africa, Tervuren, Belgique, 264 pp.

Dijkstra, K.-D. B., Kipping, J., & Mézière, N. (2015). Sixty new dragonfly and damselfly species from Africa (Odonata). *Odonatologica*, 44(4), 447-678.

Dijkstra, K.D.B., Lewington, R., (2007). Guide des libellules de France et d'Europe. Delachaux et Niestlé. Paris.

Dingemans, N.J., Kalkman, V.J. (2008). Changing temperature regimes have advanced the phenology of Odonata in the Netherlands. *Ecological Entomology* 33(3): 394–402.

Dirzo, R., Young, H.S., Galetti, M., Ceballos, G., Isaac, N.J.B., Collen, B. (2014). Defaunation in the Anthropocene. *Science* 345:401–6

Doi, H., Chang, K.H., Ando, T., Ninomiya, I., Imai, H., Nakano, S. (2009). Resource availability and ecosystem size predict food-chain length in pond ecosystems. *Oikos* 118(1): 138–144.

DuBois, R.B. (2015). Detection probabilities and sampling rates for Anisoptera exuviae along river banks: influences of bank vegetation type, prior precipitation, and exuviae size. *International Journal of Odonatology* 18(3): 205–215.

F

Fairbairn, D. J. (1997). Allometry for sexual size dimorphism: pattern and process in the coevolution of body size in males and females. *Annual review of ecology and systematics*, 28(1), 659-687.

Ferreira, S., Boudot, J-P., El Haissoufi, M., Alves, P.C., Thompson, D.J., Brito, J.C et al. (2016). Genetic distinctiveness of the damselfly *Coenagrion puella* in North Africa: an overlooked and endangered taxon. *Conservation Genetics* 17: 985–991.

Ferreras-Romero, M., Atienzar, M. D., & Corbet, P. S. (2000). Voltinism of *Calopteryx haemorrhoidalis*, (Vander Linden) in the Sierra Morena mountains, southern Spain (Zygoptera: Calopterygidae): a preliminary study. *International Journal of Odonatology*, 3(2), 125-130.

Fick, S.E., Hijmans, R.J. (2017). WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 37: 4302–4315.

Fincke, O. M. (1997). Conflict resolution in the Odonata: implications for understanding female mating patterns and female choice. *Biological Journal of the Linnean Society*, 60(2), 201-220.

Références Bibliographiques

- Fleck, G., Nel, A., Bechly, G., Delclòs, X., Jarzembowski, E.A., Coram, R.A. (2008).** New lower cretaceous 'libelluloid' dragonflies (Insecta: Odonata: Cavilabiata) with notes about estimated divergence dates for this group. *Palaeodiversity* 1:19–36.
- Fleck, G., Nel, A., Martínez-Delclòs, X. (1999).** The oldest record of the Libellulidae from the upper cretaceous of Kazakhstan (Odonata, Anisoptera). *Cretac Res* 20:655–658.
- Foster, S., Soluk, D. (2004).** Evaluating exuvia collection as a management tool for the federally endangered Hine's emerald dragonfly, *Somatochlora hineana* Williamson (Odonata: Cordulidae). *Biological Conservation* 118(1): 15–20.
- Foster, S., 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(2): 158–166.
- Fox, R., (2013).** The decline of moths in Great Britain: a review of possible causes. *Insect Conserv. Divers.* 6, 5–19.
- Frances, D., Moon, J., McCauley, S.J. (2017).** Effects of environmental warming during early life history on libellulid odonates. *Canadian Journal of Zoology* 95(6): 373–382.
- Froufe, E., Ferreira, S., Boudot, J-P, Alves, P.C., Harris, D.J. (2014).** Molecular phylogeny of the Western Palaearctic Cordulegaster taxa (Odonata: Anisoptera: Cordulegastridae). *Biological Journal of the Linnean Society* 111: 49–57.

G

- Galliani, C., Scherini, R., & Piglia, A. (2017).** Dragonflies and Damselflies of Europe: A scientific approach to the identification of European Odonata without capture (Vol. 7). *WBA Project Srl*.
- Garrison, M.** [Dragonfly Society of the Americas]. (2021, 8 novembre). Anatomy & Functional Morphology of Dragonfly Nymphs [Vidéo]. YouTube.
<https://www.youtube.com/watch?v=mX6hTvlc4Fg>
- Gaston, K.J. (2009).** Geographic range limits of species. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Science* 276: 1395–1406.

Références Bibliographiques

Grand, D., & Boudot, J. P. (2006). Les libellules de France. Belgique et Luxembourg: Meze, Biotope.

Gressitt, J. Linsley (2021). coleopteran. Encyclopedia Britannica.
<https://www.britannica.com/animal/beetle>)

Grimaldi, D., Engel, M. S., Engel, M. S., & Engel, M. S. (2005). Evolution of the Insects. *Cambridge University Press.*

Guan, Z., Dumont, H.J., Yu, X., Han, B.P., Vierstraete, A. (2013). *Pyrrhosoma* and its relatives: a phylogenetic study (Odonata: Zygoptera). *International Journal of Odonatology* 16: 247–257.

Gullan, P. J., & Cranston, P. S. (2014). The insects: an outline of entomology. *John Wiley & Sons.*

Günter, F., Beaulieu, M., Brunetti, M., Lange, L., Schmitz Ornés., A., Fischer, K. (2019). Latitudinal and altitudinal variation in ecologically important traits in a widespread butterfly. *Biol J Linn Soc* 128:742–755.

H

Habel, J.C., Assmann, T., Schmitt, T., Avise, J.C. 2010. Relict species: from past to future. In: J.C. Habel, T. Assmann (Eds.): Relict species: Phylogeography and Conservation Biology. Berlin: *Springer*. P. 1–5.

Habel, J.C, Assmann, T. (2014). Relict species: phylogeography and conservation biology. Springer, Berlin, Germany, 466 pp.

Hadjadji, S., Amari, H., Bouiedda, N., Guebailia, A., Boucenna, N., Mayache, B., Houhamdi, M (2019). Emergence ecology and body size dimorphism in *Sympetrum fonscolombii* and *S. meridionale* (Odonata: Libellulidae). *Zoology and Ecology* 29(1): 7–14.

Hadjoudj, S., Khelifa, R., Guebailia, A., Amari, H., Hadjadji, S., Zebsa, R., Houhamdi, M., Moulaï, R. (2014). Emergence ecology of *Orthetrum cancellatum*: temporal pattern and microhabitat selection (Odonata: Libellulidae). *Annales de la Société Entomologique de France* 50(3–4): 343–349.

Références Bibliographiques

- Halassi, I., Elafri, A., Halassi, I., Amari, H., Houhamdi, M. (2021).** Phenotypic Plasticity and Parental Effect on Rearing of Two Diverse Habitat Environment for Laboratory Reared *Sympetrum Meridionale*. *Journal of Bioresource Management*, 8(2): 120–130.
- Hallmann, C.A., Ssymank, A., Sorg, M., de Kroon, H., Jongejans, E. (2021).** Insect biomass decline scaled to species diversity: General patterns derived from a hoverfly community. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 118(2): e2002554117.
- Hallmann, C. A., Sorg, M., Jongejans, E., Siepel, H., Hofland, N., Schwan, H., ... & de Kroon, H. (2017).** More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PloS one*, 12(10), e0185809.
- Hampe, A., Petit R.J. (2005).** Conserving biodiversity under climate change: the rear edge matters. *Ecology Letters* 8(5): 461–467.
- Hassall, C., Thompson, D.J., Harvey, I.F. (2008).** Latitudinal variation in morphology in two sympatric damselfly species with contrasting range dynamics (Odonata: Coenagrionidae). *Eur J Entomol* 105:939–944.
- Hassall, C., Thompson, D.J. (2008).** The effects of environmental warming on Odonata: a review. *International Journal of Odonatology* 11(2): 131–153.
- Hassall, C., Thompson, D.J., French, G.C., Harvey, I.F. (2007).** Historical changes in the phenology of British Odonata are related to climate. *Global Change Biology* 13(5) : 933–941.
- Heidemann, H., & R. Seidenbusch, (2002).** Larves et exuvies des libellules de France et d'Allemagne. *Société Française d'Odonatologie*.
- Hijmans, R.J., Van Etten, J., Cheng, J., Mattiuzzi, M., Sumner, M., Greenberg, J.A., Lamigueiro, O.P., Hoffmann, A.A., Woods, R.E, Collins, E., Wallin, K., White, A., McKenzie, J.A. (2005.)** Wing shape versus asymmetry as an indicator of changing environmental conditions in insects. *Aust J Entomol* 44:233–243.
- Honek, A. (1999).** Constraints on thermal requirements for insect development. *Entomological Science*, 2(4), 615-621.

I

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

J

Jähnig, S.C., Baranov, V., Altermatt, F., Cranston, P., Friedrichs-Manthey, M., Geist, J., He, F., Heino, J., Hering, D., Hölker, F., Jourdan, J., Kalinkat, G., Kiesel, J., Leese, F., Maasri, A., Monaghan, M.T., Schäfer, R.B., Tockner, K., Tonkin, J.D., Domisch S. 2021. Revisiting global trends in freshwater insect biodiversity. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water* 8(2): e1506.

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

Jödicke, R., & Thomas, B. (1993). Bivoltine Entwicklungszyklen bei *Sympetrum striolatum* (Charpentier) in Mitteleuropa (Anisoptera: Libellulidae). *Odonatologica*, 22(3), 357-364.

Joger, U., Fritz, U., Guicking, D., Kalyabina-Hauf, S., Nagy, Z.T., Wink, M. (2010). Relict populations and endemic clades in palearctic reptiles: evolutionary history and implications for conservation. In: J.C. Habel, T. Assmann (Eds.): *Relict species: Phylogeography and Conservation Biology*. Berlin: Springer. P. 119–143.

Johansson, F., Stoks, R., Rowe, L., & De Block, M. (2001). Life history plasticity in a damselfly: effects of combined time and biotic constraints. *Ecology*, 82(7), 1857-1869.

K

Kalkman, V.J., Clausnitzer, V., Dijkstra, K.-D.B., Orr, A.G., Paulson, D.R., van Tol, J. (2008). Global diversity of dragonflies (Odonata) in freshwater. *Hydrobiologia* 595(1): 351–363.

Références Bibliographiques

Kalkman, V. J., Clausnitzer, V., Dijkstra, K. D. B., Orr, A. G., Paulson, D. R., & van Tol, J. (2007). Global diversity of dragonflies (Odonata) in freshwater. In *Freshwater animal diversity assessment* (pp. 351-363). Springer, Dordrecht.

Khelifa, R., Mahdjoub, H., Baaloudj, A., Cannings, R.A., Samways, M.J. (2021). Remarkable population resilience in a North African endemic damselfly in the face of rapid agricultural transformation. *Insects* 12: 353.

Khelifa, R., Mahdjoub, H., Samways, M.J. (2021b). Combined climatic and anthropogenic stress threaten resilience of important wetland sites in an arid region. *Science of The Total Environment* 806: 150806.

Khelifa, R., Mahdjoub, H., Zebba, R., Kahalerras, A., Guebailia, A., Amari, H, Houhamdi, M. (2013a). Aspects of reproductive biology and behaviour of the regional critically endangered *Urothemis edwardsii* (Odonata: Libellulidae) on Lake Bleu (Algeria). *Zoology and Ecology* 23: 282–285.

Khelifa, R., & Mellal, M. K. (2017). Host-plant-based restoration as a potential tool to improve conservation status of odonate specialists. *Insect Conservation and Diversity*, 10(2), 151-160.

Khelifa, R., Mellal, M.K., Zouaimia, A., Amari, H., Zebba, R., Bensouilah, S., Laouar, A., Houhamdi, M. (2016). On the restoration of the last relict population of a dragonfly *Urothemis edwardsii* Selys (Libellulidae: Odonata) in the Mediterranean. *Journal of insect conservation* 20 (5): 797–805.

Khelifa, R., Mellal, M.K., Zouaimia, A., Amari, H., Zebba, R., Bensouilah, S., Laouar, A., Houhamdi, M. (2018). The hand of man first then Santa Rosalia's blessing: a critical examination of the supposed criticism by Samraoui (2017). *Journal of insect conservation* 22: 351–361.

Khelifa, R., Zebba, R., Kahalerras, A., Laouar A., Mahdjoub, H., Houhamdi, M. (2013b). Description of the Final Instar Exuvia of *Urothemis edwardsii* with reference to its Emergence site Selection (Odonata: Libellulidae). *Entomologia Generalis* 34: 303–312.

Khelifa, R., Zebba, R. (2018). Rediscovery of the regionally critically endangered dragonfly *Lindenia tetraphylla* in Northeast Algeria after 170 years of apparent absence (Odonata: Gomphidae). *Notulae odonatologicae* 9 (2): 50–54.

Références Bibliographiques

- Khelifa, R., Deacon, C., Mahdjoub, H., Suhling, F., Simaika, J.P., Samways, M.J. (2021).** Dragonfly conservation in the increasingly stressed African Mediterranean-type ecosystems. *Frontiers in Environmental Science* 9: 660163.
- Khelifa, R., Zebsa, R., Kahalerras, A., Mahdjoub H. (2012).** Clutch size and egg production in *Orthetrum nitidinerve* Selys, 1841 (Anisoptera: Libellulidae): effect of body size and age. *International Journal of Odonatology* 15(2): 51–58.
- Khelifa, R., Guebailia, A., Mahdjoub, H., Aouaouche, M. S., & Houhamdi, M. (2015).** Aspects of life history of *Platycnemis subdilatata* (Zygoptera: Platycnemididae) in Northeast Algeria. *International Journal of Odonatology*, 18(4), 317-327.
- Khelifa, R., Zebsa, R., Amari, H., Mellal, M. K., & Mahdjoub, H. (2019).** Field estimates of fitness costs of the pace-of-life in an endangered damselfly. *Journal of evolutionary biology*, 32(9), 943-954.
- Koenig, W. D., & Albano, S. S. (1985).** Patterns of territoriality and mating success in the white-tailed skimmer *Plathemis lydia* (Odonata: Anisoptera). *American Midland Naturalist*, 1-12.
- Kohli, M., Letsch, H., Greve, C., Béthoux, O., Deregnacourt, I., Liu, S., ... & Ware, J. (2020).** How old are dragonflies and damselflies? Odonata (Insecta) transcriptomics resolve familial relationships. *bioRxiv*.
- Kolbert, E. (2014).** *The Sixth Extinction: An Unnatural History*. New York: Henry Holt 98, 204 Wilson EO. 1987
- Kremen, C. (2018).** The value of pollinator species diversity. *Science* 359:741–42
- Kriska, G. (2013).** Dragonflies and Damselflies–Odonata. In: Kriska, G. (Ed.). *Freshwater Invertebrates in Central Europe*. Springer Vienna. 194-209.
- Kukalová-Peck, J. A. R. M. I. L. A. (2009).** Carboniferous protodonatoid dragonfly nymphs and the synapomorphies of Odonoptera and Ephemeroptera (Insecta: Palaeoptera). *Palaeodiversity*, 2, 169-198.
- Kumar, A. (1984)** On the life history of *Pantala flavescens* (Fabricius). *Ann Entomol Soc New Delhi* 2 :43–50.

L

Le Naour, A., R. Baeta, E. Sansault, M. Deville, & S. Pincebourde, (2019). Telemetry reveals the habitat selected by immature dragonflies: implications for conservation of the threatened dragonfly *Leucorrhinia caudalis* (Odonata: Anisoptera). *Journal of Insect Conservation* 23: 147-155.

Leips J., McManus M.G., Travis J. (2000). Response of treefrog larvae to drying ponds: comparing temporary and permanent pond breeders. *Ecology* 81(11): 2997–3008.

Lindauer, M. (2019). hymenopteran. Encyclopedia Britannica.
<https://www.britannica.com/animal/hymenopteran>

lindhe Norberg, U.M. (2002). Structure, form, and function of flight in engineering and the living world. *journal of Morphology* 252: 52-81.

Lister, B, Garcia, A. (2018). Climate-driven declines in arthropod abundance restructure a rainforest food web. *PNAS* 115(44): E10397–406

Lubertazzi, M.A.A., Ginsberg, H.S. (2009). Persistence of dragonfly exuviae on vegetation and rock substrates. *Northeastern Naturalist* 16(1): 141–147.

Lutz P.E. (1974). Effects of temperature and photoperiod on larval development in *Tetragoneuria cynosura* (Odonata: Libellulidae). *Ecology* 55(2): 370–377.

M

Mahdjoub, H., Khelifa, R., Zebsa, R., Bouslama, Z., Houhamdi, M. (2015). Bivoltinism in *Coenagrion mercuriale* (Zygoptera: Odonata) in the southern margin of its distribution range: emergence pattern and larval growth. *African Entomology* 23: 59–67.

Manne, L.L., Brooks, T.M., Pimm, S.L. (1999). Relative risk of extinction of passerine birds on continents and islands. *Nature* 399, 258–261.

Maxwell, S.L., Fuller, R.A., Brooks, T.M., Watson, J.E.M. (2016). The ravages of guns, nets and bulldozers. *Nature* 536:143–45

Références Bibliographiques

- McCauley, S.J., Hammond, J.I., Mabry, K.E. (2018).** Simulated climate change increases larval mortality, alters phenology, and affects flight morphology of a dragonfly. *Ecosphere* 9(3): e02151.
- McCauley, S.J (2013)** Relationship between morphology, dispersal and habitat distribution in three species of *Libellula* (Odonata: Anisoptera). *Aquat Insects* 34:195–204.
- McKinney, M.L. (1999).** High rates of extinction and threat in poorly studied taxa. *Conserv. Biol.* 13, 1273–1281.
- McPeck, M. A. (2008).** Ecological factors limiting the distributions and abundances of Odonata Dragonflies and damselflies: Model organisms for ecological and evolutionary research. Oxford: 51–62.
- Meineke, E. K. (2019).** Innumerable Insects: The Story of the Most Diverse and Myriad Animals on Earth.
- Moore, A. J. (1990).** The evolution of sexual dimorphism by sexual selection: the separate effects of intrasexual selection and intersexual selection. *Evolution*, 44(2), 315-331.
- Moore, M. P., C. Lis, I. Gherghel, & R. A. Martin. (2019).** Temperature shapes the costs, benefits and geographic diversification of sexual coloration in a dragonfly. *Ecology Letters* 22: 437–446.
- Morin, P.J. (1984a).** Odonate guild composition: experiments with colonization history and fish predation. *Ecology* 65:1866–1873
- Morin, P.J. (1984b).** The impact of fish exclusion on the abundance and species composition of larval odonates: results of short-term experiments in a North Carolina farm pond. *Ecology* 65:53–60
- Murat, H. (2021).** Characteristics of Dipteran Insects, The Wonders of Diptera - Characteristics, Diversity, and Significance for the World's Ecosystems, Farzana Khan Perveen, IntechOpen.

N

- Nair, M. V. (2011).** Dragonflies & damselflies of Orissa and eastern India. Wildlife Organization, Forest & Environment Department, Government of Orissa.

Norberg, U. M. (1989). Vertebrate flight, mechanics, physiology, morphology, ecology and evolution. Berlin : Springer-Verlag.

Norberg, U.M. (1995). How a long tail and changes in mass and wing-shape affect the cost for flight in animals. *Functional Ecology* 9: 48-54.

Norling, U. (1984). Life history patterns in the northern expansion of dragonflies. *Advances in Odonatology* SIO 2: 127–156.

O

Okude, G., & Futahashi, R. (2021). Pigmentation and color pattern diversity in Odonata. *Current Opinion in Genetics & Development*, 69, 14-20.

Oliveira-Junior, J.M.B., Teodósio, M.A., Juen, L. (2021). Patterns of cooccurrence and body size in dragonflies and damselflies (Insecta: Odonata) in preserved and altered Amazonian streams. *Austral Entomol* 60:436–450.

Ollerton, J., Winfree, R., Tarrant, S. (2011). How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos* 120:321–26

Outomuro, D., Johansson, F. (2011). The effects of latitude, body size, and sexual selection on wing shape in a damselfly. *Biol J Linn Soc* 102: 263–274.

P

Paulson, D., & Schorr, M. (2021). World Odonata List, Slater Museum of Natural History. University of Puget Sound, Tacoma, Washington.

Pebesma, E., Bivand, R. (2012). Package ‘sp’. The Comprehensive R Archive Network.

Pebesma, E. (2018). Simple Features for R: Standardized Support for Spatial Vector Data. *The R Journal* 10: 439–446.

Penn, G.H. (2015). Seasonal Variation in the Adult Size of *Pachydiplax longipennis* (Burmeister) (Odonata, Libellulidae)1. *Annals of the Entomological Society of America*, 44, 193-197.

Références Bibliographiques

- Pickup, J., Thompson, D.J. (1990).** The effects of temperature and prey density on the development rates and growth of damselfly larvae (Odonata: Zygoptera). *Ecological Entomology* 15(2): 187–200.
- Pironon, S., Villellas, J., Morris, W.F, Doak, D.F, García, M.B. (2015).** Do geographic, climatic or historical ranges differentiate the performance of central versus peripheral populations? *Global Ecology and Biogeography* 24: 611–620.
- Poulin, B., Lefebvre, G., Paz, L. (2010).** Red flag for green spray: adverse trophic effects of Bti on breeding birds. *J. Appl. Ecol.* 47, 884–889.
- Purse, B. V., and 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.

R

- R Development Core Team. (2021).** <http://www.R-project.org/>. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, Accessed on: 2021-11-10.
- Raebel, E.M., Merckx, T., Riordan, P., Macdonald, D.W., Thompson, D.J. (2010).** The dragonfly delusion: why it is essential to sample exuviae to avoid biased surveys. *Journal of Insect Conservation* 14(5): 523-533.
- Ramamonjisoa, N., H. Rakotonoely, & Y. Natuhara. (2018).** Defense investments and growth responses under different predation risks and gape-limitation predation threats in a tadpole prey. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 72: 144.
- Ramsar, (2010).** Manuel 1 : Utilisation rationnelle des zones humides. Manuel RAMSAR 4ème édition. <http://www.ramsar.org/>
- Raven, P.H., Wagner, D.L. (2021).** Agricultural intensification and climate change are rapidly decreasing insect biodiversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 118(2): e2002548117.

Razkallah, Z, Houhamdi, M. (2018). Community structure of the odonatofauna of an important Maghrebian watershed: the Seybouse (Northeast Algeria). *Zoology and Ecology* 28: 395–402.

Riservato, E., Boudot J.P., Ferreira, S., Jović, M., Kalkman, V. J., Samraoui, B. & Cuttelod. A. (2009). The status and distribution of dragonflies of the Mediterranean Basin. Gland, Switzerland and Malaga, Spain

Rivas-Torres, A., R. A. Sánchez-Guillén, & A. Cordero-Rivera. (2019). Alternative reproductive strategies in blackwinged territorial males of *Paraphlebia zoe* (Odonata, Thaumatonneuridae). *PeerJ* 7: e6489.

Roff, D.A. (2002). Life history evolution. Sinauer, Sunderland.

S

Samietz, J., & Köhler, G. (2012). A fecundity cost of (walking) mobility in an insect. *Ecology and Evolution*, 2(11), 2788–2793.

Samraoui B., Benyacoub, S., Mecibah, S. & Dumont, H.J. (1993). Afrotropical libellulids (Insecta: Odonata) in the lake district of El Kala, North-East Algeria, with a rediscovery of *Urothemis edwardsi* (Selys) & *Acisoma panorpoides ascalaphoides* (Rambur). *Odonatologica* 22: 365-372

Samraoui, B., Boudot, J., Ferreira, S., Riservato, E., Jović, M., Kalkman, V. & Schneider W. (2010). The status and distribution of dragonflies. In Garcia N., Cuttelod A. & Abdul Malak. D (Eds.), the status and distribution of freshwater biodiversity in in Northern Africa, 13, 51-70

Samways M.J. (2008). Dragonflies and Damselflies of South Africa. Pensoft Sofia-Moscow, 297 p.

Samways, M.J., Barton, P.S., Birkhofer, K., Chichorro, F., Deacon, C., Fartmann, T., Fukushima, C., Gaigher, R., Habel, J., Hallmann, C., Hill, M., Hochkirch, A., Kaila, L., Kwak, M., Maes, D., Mammola, S., Noriega, J., Orfinger, A., Pedraza, F., Pryke, J., Roque, F., Settele, J., Simaika, J., Stork, N., Suhling, F., Vorster, C., Cardoso, P. (2020). Solutions for humanity on how to conserve insects. *Biological Conservation* 242: 108427.

Références Bibliographiques

- Samways, M.J., McGeoch, M.A., New, T.R. (2010).** Insect conservation: a handbook of approaches and methods. Oxford: *Oxford University Press*. 432 p.
- Sánchez-Bayo, F., Wyckhuys, K.A.G. (2019).** Worldwide decline of the entomofauna: a review of its drivers. *Biol. Conserv.* 232:8–27
- Sánchez-Herrera, M., & J. L. Ware. (2012).** Biogeography of Dragonflies and Damselflies: Highly Mobile Predators. *Global Advances in Biogeography*.
- Schowalter, T.D., Noriega, J.A., Tschardt, T. (2018).** Insect effects on ecosystem services – Introduction. *Basic and Applied Ecology* 26: 1–7.
- Serrano-Meneses, M. A., A. Córdoba-Aguilar, M. Azpilicueta-Amorín, E. González-Soriano, & T. Székely, (2008a).** Sexual selection, sexual size dimorphism and Rensch's rule in Odonata. *Journal of Evolutionary Biology* 21: 1259–1273.
- Serrano-Meneses, M. A., A. Córdoba-Aguilar, & T. Székely, (2008b).** Sexual size dimorphism: patterns and processes. Dragonflies and damselflies: model organisms for ecological and evolutionary research. *Oxford University Press*, Oxford 231–248.
- Simmons, L. W. (2001).** Sperm competition and its evolutionary consequences in the insects. Princeton Univ. Press, Princeton, NJ.
- Simonsen, T.J., Olsen, K., Djernæs, M. (2020).** The African-Iberian connection in Odonata: mtDNA and ncDNA based phylogeography of *Aeshna cyanea* Müller, 1764 (Odonata: Aeshnidae) in Western Palearctic. *Arthropod Systematics and Phylogeny* 78: 309–320.
- Sokolovska, N., Rowe, L., & Johansson, F. (2000).** Fitness and body size in mature odonates. *Ecological entomology*, 25(2), 239-248.
- Spikkeland, I., Kinsten, B., Kjellberg, G., Nilssen, J.P., Väinölä, R. 2016.** The aquatic glacial relict fauna of Norway – an update of distribution and conservation status. *Fauna norvegica* 36: 51–65.
- Sternberg, K. (1998).** The postglacial colonization of Central Europe by dragonflies, with special reference to southwestern Germany (Insecta, Odonata). *Journal of biogeography*, 25(2), 319-337.
- Stevenson, A.C., Skinner, J., Hollis, G.E., Smart, M. (1988).** The El Kala National Park and environs, Algeria: An ecological evaluation. *Environmental conservation* 15 (4): 335–348.

Références Bibliographiques

- Stewart, S.S., Vodopich, D.S. (2018).** Environmental effects on wing shape and wing size of *Argia sedula* (Odonata: Coenagrionidae). *Int J Odonatol* 21:189–203.
- Stockley, P. (1997).** Sexual conflict resulting from adaptations to sperm competition. *Trends Ecol. Evol.* 12, p. 154–159
- Stoks, R. (2001).** Male-biased sex ratios in mature damselfly populations: Real or artefact? *Ecological Entomology*, 26, 181–187.
- Stoks, R., Córdoba-Aguilar, A. (2012).** Evolutionary ecology of Odonata: a complex life cycle perspective. *Annu Rev Entomol* 57:249–265.
- Stoks, R., Johansson, F., De Block, M. (2008).** Life-history plasticity under time stress in damselfly larvae. In: A. Córdoba-Aguilar (Ed.): *Dragonflies and damselflies: Model organisms for ecological and evolutionary research*. Oxford: *Oxford University Press*. P. 39–51.
- Stork, N. E. (2018).** How many species of insects and other terrestrial arthropods are there on Earth? *Annual review of entomology*, 63, 31-45.
- Suhling, F., Jödicke, R., Schneider, W. (2003).** Odonata of African arid regions—are there desert species. *Cimbebasia* 18: 207–224.
- Suhling, F., Sahlén, G., Gorb, S., Kalkman, V. J., Dijkstra, K. D. B., & van Tol, J. (2015).** Order Odonata. In Thorp and Covich's freshwater invertebrates (pp. 893-932). Academic Press.
- Suhling, F., Suhling, I., & Richter, O. (2015).** Temperature response of growth of larval dragonflies – an overview. *International Journal of Odonatology*, 18(1), 15-30
- Suhonen, J., M. J. Rantala, & J. Honkavaara, (2008).** Territoriality in odonates Dragonflies and damselflies: model organisms for ecological and evolutionary research. Oxford: 203–217.
- Swaegers J., Mergeay, J., Therry., L, Bonte, D., Larmuseau M., Stoks R. (2014).** Unravelling the effects of contemporary and historical range expansion on the distribution of genetic diversity in the damselfly *Coenagrion scitulum*. *Journal of Evolutionary Biology* 27(4): 748–759.

T

Tennessen, K. J. (2019). Libellulidae. In *Dragonfly Nymphs of North America* (pp. 407-576). *Springer*, Cham.

Thomas, J.A., Telfer, M.G., Roy, D.B., Preston, C.D., Greenwood, J., et al. (2004). Comparative losses of British butterflies, birds, and plants and the global extinction crisis. *Science* 303:1879–81

Tüzün, N., & Stoks, R. (2018). Pathways to fitness: carry-over effects of late hatching and urbanisation on lifetime mating success. *Oikos*, 127(7), 949-959.

V

Vanbergen, A.J. (2013). Threats to an ecosystem service: pressures on pollinators. *Front. Ecol. Environ.* 11:251–59.

Vitousek, P.M., Mooney, H.A., Lubchenco, J., Melillo, J.M. (1997). Human domination of Earth's ecosystems. *Science* 277, 494–499.

W

Waage, J.K. (1979). Dual function of the damselfly penis: sperm removal and transfer. *Science* 203, 916–918.

Wagner, D.L. (2020). Insect declines in the Anthropocene. *Annual Review of Entomology* 65: 457–480.

Watson, J. A. L., & G. Theischinger, (1980). The larva of *Antipodophlebia asthenes* (Tillyard): a terrestrial dragonfly? (Anisoptera: Aeshnidae). *Odonatologica* 9: 253–258.

Watson, J. A. L. (1982). A Truly Terrestrial Dragonfly Larva from Australia (odonata: Corduliidae). *Australian Journal of Entomology* 21: 309–311.

Wickramasinghe, L.P., Harris, S., Jones, G., Vaughan, N. (2004). Abundance and species richness of nocturnal insects on organic and conventional farms: effects of agricultural intensification on bat foraging. *Conserv. Biol.* 18, 1283–1292.

Références Bibliographiques

Wilson, E.O. (1987). The little things that run the world: the importance and conservation of invertebrates. *Conserv. Biol.* 1:344–46–206.

Wilson, E.O. (2016). Half-Earth: Our Planet's Fight for Life. New York: Leveright,

Wissinger, S. A. (1989). Seasonal variation in the intensity of competition and predation among dragonfly larvae. *Ecology*, 70, 1017–1027.

Wong, MKL., Guénard, B., Lewis, OT. (2019). Trait-based ecology of terrestrial arthropods. *Biol Rev* 94:999–1022.

Wong-Muñoz, J., Córdoba-Aguilar, A., Del Castillo, R. C., Serrano-Meneses, M. A., & Payne, J. (2011). Seasonal changes in body size, sexual size dimorphism and sex ratio in relation to mating system in an adult odonate community. *Evolutionary ecology*, 25(1), 59-75.

Worthen, W. B., & Jones, C. M. (2006). Relationships between body size, wing morphology, and perch height selection in a guild of Libellulidae species (Odonata). *International Journal of Odonatology*, 9(2), 235-250

X

Xi, Y., Peng, S., Ciais, P., Chen, Y. (2021). Future impacts of climate change on inland Ramsar wetlands. *Nature Climate Change* 11(1): 45–51.

Y

Yadav, S., Stow, A.J., Harris R.M.B., Dudaniec, R.Y. (2018). Morphological variation tracks environmental gradients in an agricultural pest, *Phaulacridium vittatum* (Orthoptera: Acrididae). *J Insect Sci* 18.

Z

Zebsa, R., Khelifa, R., Kahalerras, A. (2014). Emergence pattern, microhabitat choice, and population structure of the Maghribian endemic *Gomphus lucasii* Selys, 1849 (Odonata: Gomphidae) in northeastern. *Algeria Aquatic Insects* 36: 245–255.

Références Bibliographiques

Zebba R., Khelifa R., Kahalerras A. (2015). Adult movement pattern and habitat preferences of the Maghribian endemic *Gomphus lucasii* (Odonata: Gomphidae). *Journal of Insect Science* 15(1): 151.

Zeuss, D., Brunzel, S., & Brandl, R. (2017). Environmental drivers of voltinism and body size in insect assemblages across Europe. *Global Ecology and Biogeography*, 26(2), 154-165.

1985



جامعة محمد بوضياف - المسيلة
Université Mohamed Boudiaf - M'sila

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mohamed Boudiaf de M'sila

Faculté des Sciences

Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Laboratoire de la biodiversité et techniques biotechnologiques de la valorisation

des ressources végétales (BTB-VRV)

1985



جامعة محمد بوضياف - المسيلة
Université Mohamed Boudiaf - M'sila

International Seminar on Biodiversity, Valorization and Conservation of Urban and Forest Ecosystems: (In support of sustainable development)

28-29.04.2021

ATTESTATION DE PARTICIPATION

Le comité scientifique du Séminaire atteste que :

Melle/Mme/Mr : ZOUAIMIA Abdelheq

A présenté une Communication affichée

Intitulée : **Insect Conservation: *Urothemis edwardsii* (Odonata: Libellulidae) as a model of threatened dragonflies**

Co-auteurs : ZEBSA Rabah, HOUHAMDI Moussa, MOHAMED LAID Ouakid

Le Président du Séminaire
Dr. Rabah BOUNAR

Univ. M. B. M'Sila
Faculté des Sciences / SNV
28-29.04.2021



عميد كلية العلوم
بن بوساسي الطيب



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mohamed Chérif Messaadia de Souk-Ahras

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Journée d'étude Zones Humides & Changements Climatiques 1^{ère} édition

Le 25 Février 2020

Attestation de participation

Le comité d'organisation de la journée d'étude Zones Humides & Changements Climatiques 1^{ère} édition, organisée par la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, le Laboratoire des Ecosystèmes Aquatiques et Terrestres de l'Université Mohamed Chérif Messaadia de Souk-Ahras, et l'Association Nationale Algérienne d'Ornithologie, atteste que:

ZOUAIMIA Abdelheq

A participé activement à la journée et a présenté la communication affichée intitulée :

Ecology and biology conservation of *Urothemis edwardsii* (Odonata: Libellulidae) in the Northeastern Algeria

Co-Auteurs, BOUAICHA A. Raouf, KACHABIA Elkhansa, HOUHAMDI Moussa, OUAKID M^{ed} Laid

Pr. MAAZI Mohamed Cherif

Le Doyen de la faculté

Dr. GUELLATI Kaouther

La Présidente du comité d'organisation

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة محمد الشريف
مقرى محمد الشريف
القضاء
الطبيعية و الحياة



Association Tunisienne des Sciences Biologiques <ul style="list-style-type: none"> • Membre de l'IUBMB • Membre de la FASBMB • Membre de l'IUSB • Membre de la FEBS 	الجمعية التونسية للعلوم البيولوجية 	Tunisian Association of Biological Sciences <ul style="list-style-type: none"> • Member of the IUBMB • Member of the FASBMB • Member of the IUSB • Member of the FEBS
--	--	--

CERTIFICATE OF ATTENDANCE

This is to certify that

Name : ZOUAIMIA

Surname : Abdelheq

Participated and presented the communication:

Entitled : Status and conservation of *Urothemis edwardsii* odonata libellulidae in the northeastern Algeria

Authors : Zouaimia abdelheq, Khelifa rassim, Zebssa rabah, Houhamdi moussa

Type : Poster

at the 30th international congress of the Tunisian Society of Biological Sciences (ATSB) held in Sousse, Tunisia on 25-28 march 2019.

ATSB Congress Organization Board
The secretary general
Dr. Manel Ben M'hadheb

