A-PDF Merger DEMO : Purchase from www.A-PDF.com to remove the watermark

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

UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU
FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ANIMALE ET VEGERALE

THESE

Présentée par
Mme. Boucenna Nedjwa

En vue de l'obtention du titre de
DOCTEUR EN SCIENCES BIOLOGIQUES
Option : **Ecologie**

THEME

Biologie et écologie des Aeshnidés (genre *Anax*) dans le bassin versant de la Seybouse

Devant le jury composé de :

Pr. BOUKHEMZA Mohamed	**Univ. de Tizi-Ouzou**	**(Président)**
Pr. HOUHAMDI Moussa	**Univ. de Guelma**	**(Directeur de thèse)**
Pr. BOUKHEMZA-ZEMMOURI Nabila	**Univ. de Tizi-Ouzou**	**(Co-directrice de thèse)**
Pr. OUAKID Mohamed-Laid	**Univ. d'Annaba**	**(Examinateur)**
Pr. KERFOUF Ahmed	**Univ. de Sidi Bel-Abbés**	**(Examinateur)**
Pr. LOUNACI Abdelkader	**Univ. de Tizi-Ouzou**	**(Examinateur)**

Année universitaire : 2017/2018

Remerciements

Je remercie avant tout Dieu le tout puissant, qui m'a donné la force et la volonté pour travailler et pour réussir.

Mes chaleureux remerciements vont en particulier à mon directeur de thèse, monsieur **Houhamdi Moussa** professeur à l'Université de Guelma, qui ma bien guidé pour réaliser cette thèse.

Je tien à remercie, monsieur **Boukhemza Mohamed** professeur à l'Université de Tizi-ouzou qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury.

A ma co-directrice de la thèse, madame **Boukhemza-Zemmouri Nabila** professeur à l'Université de Tizi-ouzou pour l'honneur qu'elle m'a fait d'avoir acceptée de diriger ce travail.

A monsieur **Ouakid Mohamed-Laid**, professeur à l'Université d'Annaba, à monsieur **Kerfouf Ahmed** professeur à l'Université de Sidi Bel-Abbés et à monsieur **Lounaci Abdelkader** professeur à l'Université de Tizi-ouzou pour l'honneur qu'ils me font d'avoir bien voulus accepter d'examiner ce travail.

Un grand merci aussi à mon mari **Amin** qui m'a beaucoup aidé et encouragé tout au long de ce travail.

Je ne dois pas oublier mes amis, frères et collègues, **Khelifa Rassim** et **Zebsa Rabah** pour ses aides et ses conseils qui m'ont été très précieux.

Le travail de terrain n'aurait jamais eu lieu sans l'aide de plusieurs personnes qui sont : **Amin kahalerras**, **Rassim Khelifa**, **Rabah Zebsa**, **Hichem Amari**, **Amina Guebailia**, **Saida Hadjoudj**, **Sana Hadjadji** et **Nadia Bouiedda**. Qu'ils soient vivement remercier.

En fin, je remercie tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin dans l'accomplissement de ce travail.

Boucenna Nedjwa.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à mes parents pour leur amour, leur tendresse et pour leur soutien moral

À mes plus chers êtres au monde, mon mari Kahalerras Amin pour leur sacrifice, leur encouragement continuel et À mon fils Abderrahman ''Abdo'' et ma belle-fille Roumaissa

À mon adorable sœur Hanane et mes chers frères Fawzi, Radil et Karim

À mes nièces Meryouma, Zeynouba et Zaydou

Nedjwa.

TABLE DES MATIERES

Liste des tableaux
Liste des figures
Introduction…… 01

Première partie : *Synthèse bibliographique*

Chapitre 01: *Généralités sur les odonates*

1. Généralités sur les odonates…… 05
1.1. Historique et évolution des odonates…… 05
1.2. Etymologie du nom Odonate…… 06
1.3. Classification des odonates…… 06
1.4. Importance des Odonates…… 11
1.5. Les libellules et l'homme…… 12
1.6. Menaces sur la diversité odonatologique…… 13
1.6.1. Parasitisme…… 13
1.6.2. Prédation…… 15
1.6.3. Conditions Climatiques…… 16
1.6.4. Perte des milieux aquatiques (habitats)…… 16
1.6.5. L'effet de l'espèce exotique envahissante…… 16
1.6.6. La démoustication et l'effet secondaires de la lutte biologique…… 17
1.7. Statut et conservation…… 17
1.7.1. Statut des Libellules dans le bassin méditerranéen…… 18

Chapitre 02 : *Biologie des odonates*

2. Biologie des odonates…… 20
2.1. Morphologie des odonates…… 20
2.1.1. Adultes…… 20
2.1.2. Larves…… 25
2.2. Anatomie des Odonates…… 28
2.2.1. Organisation interne des odonates…… 28
2.3. Cycle de vie des Odonates…… 29
2.3.1. Stade œuf…… 31
2.3.2. Stade larvaire…… 33
2.3.3. Stade Adulte…… 35
2.3.3.1. Période pré-reproductive (maturation)…… 35
2.3.3.2. Période reproductive…… 35
2.3.3.3. Période post-reproductive…… 37
2.4. Régime alimentaire…… 38
2.5. Habitats…… 38
2.6. Colonisation de nouveaux milieux…… 39

Deuxième partie : *Etude expérimentale*

Chapitre 03 : *Présentation de site d'étude*

3. Présentation de la région d'étude…….. 40
3.1. Bassin versant de la Seybouse…….. 40
3.1.1. Situation géographique…… 40
3.1.2. Réseau hydrographique…… 40
3.1.3. Relief…… 42
3.1.4. Climatologie……. 44
A. Température……. 44
B. Précipitation……. 45
C. L´humidité…….. 46
D. Vent……. 46
3.1.5. Bioclimat…….. 46
A. Climagramme d'Emberger……..... 46
B. Diagramme Pluvio-thermique de Bagnouls et Gaussen……. 48
3.1.6. Richesse biologique……. 49
3.2. Description de site d'étude…… 51
3.2.1. Mare Beddoude…….. 51
3.2.2. La Flore……..... 51
3.2.3. La Faune…….. 51

Chapitre 04 : *Matériel et méthodes*

4. Matériel et méthodes…….. 54
4.1. Description du model biologique…….. 54
4.1.1. Systématique…… 54
4.1.2. Famille des Aeshnidae……. 54
4.1.3. Différences entre les genres des Aeschnidés…….. 55
4.2. Identification des espèces étudiées…… 56
4.2.1. Anax empereur *Anax perator*……..… 56
4.2.2. Anax napolitain *Anax parthenope*…….. 60
4.2.3. Critères d'identification à distance des mâles de *Anax imperator* et *A. parthenope*... 64
4.3. Le pattern de l'émergence……. 65
4.3.1. La collecte des exuvies..... 65
4.3.2. Stratification verticale……. 65
4.3.3. Pattern saisonnier de la taille du corps…… 65
4.3.4. Identification des exuvies…… 66
4.4. Le suivi des adultes……..... 66
4.4.1. Capture et marquage……..... 66
4.5. Analyses statistiques……..... 69

Chapitre 05 : *Résultats et discussion*

5. Résultats…… 70
5.1. Emergence…….. 70
5.1.1. Abondance et Sex-ratio…… 70
5.1.2. Pattern d'émergence…… 72
5.1.3. Stratification verticale…….. 75
5.1.4. Pattern saisonnier de la taille du corps……. 79
5. 2. Le suivi des adultes……... 81
5.2.1. Analyse générale…….. 81
5.2.2. Phénologie des adultes…… 81
5.2.3. Abondance des adultes…… 81
5.2.4. Taille des adultes……. 83
5.2.5. Démographie des adultes…… 88
6. Discussion…….. 89
Conclusion…… 92
Références bibliographiques……..... 93
Résumés

Liste des tableaux

Tab.01. Liste des espèces actuelles en Europe et en Afrique du Nord…….. 07

Tab.02. Différences morphologiques entre les deux sous-ordres d'odonates…… 25

Tab.03. Répartition par superficie des sous bassins de la Seybouse…….. 40

Tab.04. Températures moyennes mensuelles de la station de Guelma (2002-2013)……. 44

Tab.05. Inventaire et nombre de site des odonates de la Seybouse…… 50

Tab.06. Identification et différences entre les genres des Aeschnidés……..…..…… 55

Tab.07. Abondance et sex-ratio à l'émergence de *A. imperator* et *A. parthenope*…..……..… 70

Tab.08. Résultats de l'estimateur quantile bootstrap de la phase phénologique précoce (quantile 10%), intermédiaire (quantile 50%) et tardif (quantile 90%)……..……..... 74

Tab.09. Pourcentage des supports végétaux utilisé par *A. imperator* et *A. parthenope* pour l'émergence dans le site d'étude……..…… 75

Tab.10. Stratification verticale des exuvies de *A. imperator* et de *A. parthenope*……. 77

Tab.11. Résultats de la régression linéaire multiple évaluant le pattern de la hauteur de fixation de l'exuvie à l'émergence (HE) sur la longueur de la hauteur de support (HS), la saison (date julienne), les espèces (*Anax imperator* et *A. parthenope*) et le sexe……. 78

Tab.12. Résumé des résultats de la régression linéaire multiple évaluant le pattern saisonnier de la longueur du fourreau alaire à l'émergence chez *A. imperator* et *A. parthenope*……... 79

Liste des figures

Fig.01. *Meganeuropsis permiana*, famille des Meganeuridae, carbonifère supérieur…….. 05

Fig.02. Parasitisme des œufs des Odonates……... 13

Fig.03. Parasitisme des adultes des Odonates……... 14

Fig.04. Prédation des odonates…….…. 15

Fig.05. Libellules éteintes du bassin méditerranéen…….. 19

Fig.06. Morphologie de l'adulte d'odonate……... 20

Fig.07. Têtes des adultes des odonates…….. 21

Fig.08. Morphologie générale du Thorax…….. 22

Fig.09. Positions des ailes des odonates au repos…….. 23

Fig.10. Nervations alaires (Anisoptère)……. 23

Fig.11. Structure abdominale d'un mâle d'Anisoptère…….……..... 24

Fig.12. Segment terminal d'une femelle adulte de *Anax imperator*……..…… 25

Fig.13. Morphologie générale des larves d'odonates…… 26

Fig.14. Pièces buccales de la larve d'odonate……... 27

Fig.15. Extrémité abdominale des larves d'Odonates……... 28

Fig.16. Cycle de vie des Odonates…… 30

Fig.17. Différents types de Ponte ……...…….……... 31

Fig.18. Morphologie des œufs des odonates…… 32

Fig.19. Étapes de l'émergence de la Libellule *Anax nigrofasciatus*……..…… 34

Fig.20. Le cœur copulatoire des odonates…… 36

Fig.21. *Calopteryx maculata* en copulation…….. 37

Fig.22. Présentation des sous-bassins et le réseau hydrique du bassin versant de la Seybouse……... 41

Fig.23. Evolution des précipitations moyennes mensuelles de la station de Guelma…….. 45

Fig.24. Situation de Guelma dans le Climagramme d'Emberger……. 47

Fig.25. Diagramme pluvio-thermique de Guelma…… 48

Fig.26. Situation géographique des sites d'étude……. 52

Fig.27. Représentation photographique des sites d'étude…… 53

Fig.28. Morphologie générale des larves de *Anax imperator*…….. 57

Fig.29. Morphologie générale des adultes de *Anax imperator* (Mâle et Femelle)……... 59

Fig.30. Aire de répartition de *Anax imperator*……. 59

Fig.31. Morphologie générale des larves de *Anax parthenope*…… 61

Fig.32. Morphologie générale des adultes de *Anax parthenope* (Mâle et Femelle)…… 63

Fig.33. Aire de répartition de *Anax parthenope*……. 63

Fig.34. Les traits morphologiques choisis pour tester le Pattern saisonnier de la taille du corps….. 66

Fig.35. Mesure de la longueur totale du corps et de l'aile postérieure gauche……... 67

Fig.36. Photos d'adultes matures marqués……. 68

Fig.37. Abondance des exuvies des mâles et des femelles de *A. imperator*…….. 71

Fig.38. Abondance des exuvies des mâles et des femelles de *A. parthenope*…… 71

Fig.39. Pattern d'émergence de *Anax imperator* et *A. parthenope*…… 72

Fig.40.	Pourcentage cumulé de l'émergence annuel de *Anax imperator* durant la saison de l'émergence ...……	73
Fig.41.	Pourcentage cumulé de l'émergence annuel de *Anax parthenope* durant la saison de l'émergence ……...……	73
Fig.42.	Les végétaux utilisés par *A. imperator* et *A. parthenope* pour l'émergence…….....	75
Fig.43.	Pourcentage des végétaux utilisés par *Anax parthenope* pour l'émergence dans le site d'étude……...	76
Fig.44.	Pourcentage des végétaux utilisés par *Anax imperator* pour l'émergence dans le site d'étude……...	76
Fig.45.	Relation de la stratification verticale des deux espèces de *Anax* avec la saison d'émergence et la hauteur de support…….	78
Fig.46.	Pattern saisonnier de la longueur du corps chez *Anax imperator* et *A. parthenope*, et chez les deux sexes……	80
Fig.47.	Répartition quantitative des mâles et des femelles marqués de *Anax imperator* et de *A. parthenope*…….	81
Fig.48.	Abondance des mâles et des femelles marqués de *Anax imperator*……..	82
Fig.49.	Abondance des mâles et des femelles marqués de *A. parthenope*……	82
Fig.50.	Box-plots montrant la longueur du corps de males et des femelles de *Anax imperator*……...	84
Fig.51.	Box-plots montrant la longueur du corps de males et des femelles de *A. parthenope*…….	84
Fig.52.	Box-plots montrant la longueur de l'aile postérieure de deux sexes de *Anax imperator*……..	85
Fig.53.	Box-plots montrant la longueur de l'aile postérieure de deux sexes de *Anax parthenope*……	85
Fig.54.	La longueur du corps des adultes mâles et femelles de *A. parthenope* au cours de la saison de reproduction……..	86
Fig.55.	La longueur de l'aile postérieure des adultes mâles et femelles de *Anax parthenope* au cours de la saison de reproduction……..	87
Fig.56.	La longueur du corps des adultes mâles et femelles de *Anax imperator* au cours de la saison de reproduction…….	87
Fig.57.	La longueur de l'aile postérieure des adultes mâles et femelles de *Anax imperator* au cours de la saison de reproduction……..	88
Fig.58.	Taux de recapture de *Anax imperator* et *A. parthenope* dans le site d'étude……...	88

Introduction

Introduction

Les écosystèmes aquatiques comme les lacs, les rivières, les ruisseaux et les mares jouent un rôle important dans les processus vitaux, entretenant des cycles hydrologiques, et abritant une biodiversité faunistique et floristique très diversifiée. Le contrôle permanant et la préservation de ces écosystèmes constituent un élément important pour la gestion et la conservation de la biodiversité aquatique qui est en diminution progressive. En effet, il existe plusieurs facteurs qui affectent l'abondance et la distribution des écosystèmes aquatiques dans le monde. Actuellement, La perte de la biodiversité est un problème mondialement connu (Worm et *al.*, 2006). Ce problème a un effet négatif sur la stabilité et le fonctionnement des écosystèmes (Naeem et *al.*, 1994 ; Tilman, 2000 ; Baillie et *al.*, 2008). Les facteurs les plus puissants et qui agissent le plus sur les écosystèmes aquatiques sont : l'urbanisation, l'agriculture, la dégradation et la fragmentation des habitats (Gibbs, 2000 ; Keiper et *al.*, 2002 ; Watts et *al.*, 2007a, b ; Khelifa et *al.*, 2011).

Parmi les groupes faunistiques qui caractérisent le plus les écosystèmes aquatiques, les invertébrés. Ce groupe joue un rôle primordiale dans le fonctionnement des écosystèmes aquatiques (Cummins, 1973 ; Fisher et Likens, 1973 ; Fisher, 1977 ; Liaw et Maccrimmon, 1977 ; Wallace et *al*., 1977 ; Vannote et *al*., 1980 ; Wallace et Merritt, 1980 ; Euliss Jr et *al*., 1991 ; De Szalay et Resh, 1997 ; Anderson et Vondracek, 1999 ; Batzer et *al*., 1999) et l'indication de la qualité des écosystèmes (Anderson et Vondracek, 1999 ; Meziane, 2009). C'est le groupe faunistique le plus menacé par la perte de la biodiversité et le risque d'extinction de ses espèces (Møller et Rørdam, 1985 ; Dodd, 1990 ; Sjögren, 1991 ; Hadfield, 1993 ; Thomas et *al*., 2004 ; Watts et *al*., 2007a ; Clausnitzer et *al*., 2009).

Le bassin Méditerranéen possède l'une des plus riches biodiversités du monde faisant partie des 25 hotspots de la biodiversité globale (Medail et Quezel, 1997 ; Myers et *al.*, 2000). Cette biodiversité est caractérisée par le grand nombre d'espèce endémique (des espèces existent seulement dans cette région et nulle par ailleurs) aux rivières, lacs, ruisseaux et d'autres types de zones humides d'eau douce. Par exemple, Myers (2000) a montré que plus 25000 espèces de plantes sont natives à la Méditerranée dont plus de 50% sont endémiques.

Les écosystèmes d'eau douce hébergent des communautés de macroinvertébrés riches et complexes dont les Odonates (libellules et demoiselles) représentent une proportion importante de cette biomasse. Ces créatures (Odonates) tiennent une place importante dans la chaîne trophique puisqu'elles sont à la fois prédateurs et proies. Elles sont aussi également de bons indicateurs de la qualité de l'environnement. En effet, les travaux de Sladececk, 1973 ;

Carchini et Rota, 1985 et de Rosenberg et Resh, 1993 ont démontré la sensibilité ou la tolérance de certaines espèces à la pollution organique. De plus, le groupe des libellules a été largement utilisé pour tester des questions centrales d'écologie et d'évolution. Cependant, plusieurs espèces n'ont pas été étudiées jusqu'à maintenant. Ceci est le cas pour les espèces africaines en général et maghrébines en particulier. Au total, 83 espèces (35 Zygoptères et 48 Anisoptères) sont recensées en Afrique du Nord, avec un taux d'endémisme plus élevé chez les Zygoptères (14.3%) que les Anisoptères (4.2%) (Samraoui et *al*., 2010). Malheureusement, le manque d'information sur certaines espèces endémiques a été problématique pour leur conservation. Récemment, une équipe du Laboratoire Biologie, Eau et Environnement de l'université 08 mai 1945 - Guelma – a lancé des études sur les aspects de l'écologie, l'histoire de vie et le comportement de certains odonates méditerranéennes endémiques comme *Calopteryx exul* (Khelifa, 2012b, 2013c, 2016 ; Khelifa et *al*., 2014), *Orthetrum nitidinerve* (Khelifa et *al*., 2012a), *Urothemis edwardsii* (Khelifa et *al*., 2013a ; Khelifa et *al*., 2013c) mais d'autres restent non étudiées.

D'une manière générale, en Algérie, les études odonatologiques ont commencé depuis bien longtemps. Elles débutaient avec Lucas durant « Exploration scientifique de l'Algérie » (Sélys-Longchamps, 1849). Ensuite d'autre travaux ont suivi (Selys 1865, 1866, 1871, 1902 ; Kolbe, 1885 ; McLachlan, 1897 ; Martin, 1901, 1910 ; Morton, 1905). Puis d'autres chercheurs se sont intéressés principalement aux espèces du désert (Le Roi, 1915 ; Kimmins, 1934 ; Reymond, 1952 ; Nielsen, 1956 ; Dumont, 1978, Samraoui et Menai, 1999). L'étude entomologique dans le bassin de la Seybouse (Guelma) a été récemment initiée par Khelifa et *al*., 2011, 2012a, 2012b, 2013a, 2013b, 2013c, 2013d, 2014, 2015a, 2015b, 2016a, 2016b, 2016c ; Hadjoudj et *al*., 2014 ; Hadjoudj, 2016 ; Mahdjoub et *al*., 2014, 2015 ; Zebsa et *al*., 2014a, 2014b, 2015 ; Guebailia et *al*., 2016)

En outre, la coexistence des espèces a été un sujet central dans l'écologie communautaire. La théorie écologique prédit que les espèces étroitement apparentées et vivant en sympatrie devraient être en concurrence et éventuellement s'exclure mutuellement (Chesson, 2000). Cependant, des études de terrain ont montré que de tels cas existent dans la nature (Harper et *al*., 1961; Rydin et Barber, 2001) et que la répartition des niches par l'utilisation différentielle du microhabitat ou le pattern temporel diurne et saisonnier tend à réduire la compétition interspécifique et permettre la coexistence (Schoener, 1974). Comprendre les facteurs clés impliqués dans la partition des niches est la clé pour une meilleure gestion de la biodiversité (Cornell et Lawton, 1992).

Les espèces de *Anax* sont parmi les plus grandes et les plus massives libellules dans le monde. Ils se produisent dans tout le Paléarctique et dominent la plupart des systèmes d'eau douce. Les larves de *Anax* représentent les principaux prédateurs de la plupart des écosystèmes sans poisson. Ils appartiennent aux prédateurs les plus largement utilisés dans les expériences d'écologie communautaire et de la biologie de l'évolution (Blois-Heulin, 1990 ; Werner et McPeek, 1994 ; Werner et Anholt, 1996). Bien que de nombreuses études aient été consacrées à leur stade larvaire, on sait peu de choses sur l'interaction interspécifique au cours de l'émergence entre les espèces congéniques sympatriques de *Anax*.

Dans cette étude, nous avons étudié deux espèces répandues dans la Paléarctiques de *Anax*, à savoir *Anax imperator* Leach, 1815 et *A. parthenope* Sélys, 1839. La première espèce est répandue en Afrique, en Europe et en Asie centrale et du Sud-Ouest (Mitra, 2013a), alors que la dernière espèce, *A. parthenope,* est répandue en Europe, en Afrique du Nord et dans la plupart des pays d'Asie (Mitra, 2013b). L'aire de répartition géographique des deux espèces se déplace vers le nord probablement à cause des changements climatiques, mais l'expansion est plus rapide chez *A. imperator* (Dijkstra et Lewington, 2006). Cependant, en raison de leur capacité de vol élevée, les individus erratiques peuvent être trouvés plus au nord en Scandinavie. En plus de l'aire de répartition géographique qui se chevauche, les espèces congéniques de taille similaire coexistent souvent dans le même système. Étant donné que les espèces étroitement apparentées sont moins susceptibles de coexister en raison de leurs similitudes écologiques et phénotypiques (Colwell et Fuentes, 1975), nous émettons l'hypothèse que deux espèces de *Anax* devraient être isolées temporellement et / ou spatialement (Schoener, 1974 ; Khelifa et *al.*, 2013b).

Au cours de l'émergence, les individus choisissent un substrat approprié pour grimper afin d'effectuer la mue imaginale (Corbet, 1999). Ce dernier processus prend beaucoup de temps et met donc les individus dans une situation vulnérable parce que l'odonate est incapable de bouger ou d'échapper aux prédateurs. La microhabitat de la mue imaginale n'est pas seulement lié à l'évitement de la prédation, mais aussi probablement au microclimat (Bennett et Mill, 1993) et à la compétition intra et interspécifique pour le meilleur emplacement de la mue imaginale (Zebsa et *al.*, 2014). En effet, pendant le pic d'émergence, plusieurs individus pourraient utiliser le même substrat en même temps, et ainsi les individus pourraient grimper les uns contre les autres et endommager les larves qui effectuent la mue imaginale (Corbet, 1957), ce qui serait mortel pour les piétinés. De plus, il existe une forte variation intra- et interspécifique de la stratification verticale des Odonates, généralement en fonction de la taille corporelle (Cordero, 1995 ; Khelifa et *al.*, 2013a).

Bien que l'histoire de vie des deux espèces ait été étudiée principalement en Europe (Corbet, 1957, Cayrou et Céréghino, 2005), aucune étude n'a été réalisée en Afrique du Nord où le climat est typiquement méditerranéen. Dans cette étude, l'émergence des deux espèces a été étudiée chez deux populations vivant en sympatrie dans un habitat naturel du nord-est algérien, en mettant l'accent sur les différences temporelles, la stratification verticale et la taille saisonnière du corps.

Notre thèse est structurée en cinq chapitres : le premier est consacré aux généralités sur les odonates. Le second chapitre décrit la biologie des odonates. Un troisième chapitre est consacré au site d'étude, et le quatrième chapitre présentera le matériel et les méthodes utilisées et enfin, dans le dernier chapitre va porter les résultats ainsi que leur interprétation et on finit par une conclusion.

Première partie
Synthèse bibliographique

Chapitre 01
Généralités sur les Odonates

1. Généralités sur les odonates

1.1. Historique et évolution des Odonates

Les odonates constituent un ordre d'insectes hémimétaboles à larves exclusivement aquatiques. Ils sont paléontologiquement un peu plus récents que les Ephéméroptères (Tachet et *al.*, 2000). Ils sont apparus dans les forêts Carbonifères, il y a 325 millions d'années, bien avant les dinosaures (Silsby, 2001; Corbet et Brooks, 2008). La gigantesque *Meganeuropsis permiana* **(Fig. 1)**, qui appartient au groupe Protodonata, est le plus gros insecte connu qui ait jamais vécu avec 70 cm d'envergure contre environ 15 cm pour l'actuel *Anax imperator* (Carpenter, 1939 ; Brauckman et Zessin, 1989 ; Tachet et *al.*, 2000).

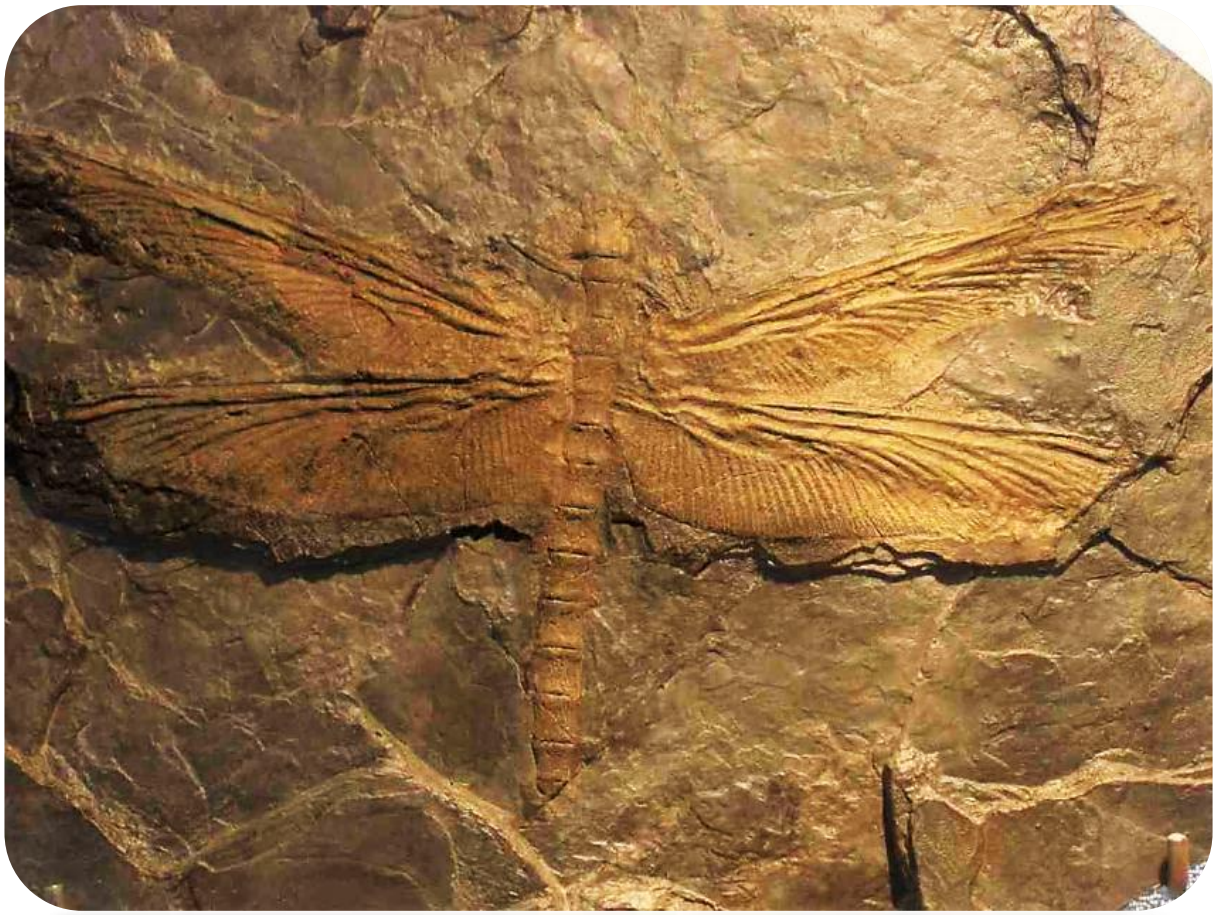

Fig. 1 ***Meganeuropsis permiana*, appartient à la famille des Meganeuridae, carbonifère supérieur** [1].

C'est à l'ère Permien qu'apparaisse la véritable "Odonata" avec des formes primitives éteints (Protanisoptera et Protozygoptera) (Tillyard, 1928 ; Miller, 1995; Brooks, 2002). Actuellement l'ordre des Odonates est divisé en trois (03) sous-ordres; les Zygoptères, les Anisoptères et les Anisozygoptères. Le dernier sous-ordre, Anisozygoptera, est représenté, auj+ourd'hui, que par deux (02) espèces appartenant à la même famille (au Japon et dans l'Himalaya) (Fraser, 1957). Tandis que les autres sous-ordres, Zygoptera et Anisoptera, forment la quasi-totalité de la diversité de ce groupe d'insecte (c.à.d. la diversité odonatologique). D'un point de vue phylogénétique, les Zygoptères sont plus primitifs que les Anisoptères (Tachet et *al.*, 2000).

1.2. Etymologie du nom Odonate

C'est en 1792 que le naturaliste Fabricius donna le nom d'Odonata aux libellules qui par la suite s'est francisé en Odonate. Ce nom est la contraction des mots Grecs « Odonto » (dent) et gnathos (mâchoire) et signifie « mâchoire dentée » qui est une particularité anatomique induite par la forme des mandibules des adultes.

Réaumur en 1742 utilise le vocable de « demoiselles ». La forme définitive revient à Linné, créateur de la systématique moderne qui l'applique en 1758 à toutes les espèces d'odonates.

1.3. Classification des odonates

Actuellement, les systématiciens distinguent chez les Odonates trois (03) sous-ordres, regroupant plusieurs familles, allant de 29 à 35 familles selon les auteurs, 620 genres et environs 5500 espèces réparties dans tous les continents, excepté l'antarctique (**Tab. 01**). La diversité la plus grande a été enregistrée dans les tropiques (Corbet, 1999). Cette classification est bien entendu susceptible d'être modifiée au gré des nouvelles découvertes, liées notamment aux études phylogénétiques (Grand et Boudot, 2006).

- **Les Anisoptères**
  - Des espèces fortes et trapues
  - Les ailes antérieures et postérieures sont toujours dissemblables (les ailes antérieures sont plus étroites que les postérieures)
  - Ailes toujours écartées du corps (parfois ramenées vers l'avant du corps)
  - Vol puissant.

– **Les Zygoptères**

- Espèces fines et grêles.
- Ailes postérieures et antérieures de forme identique.
- Yeux largement séparés ;
- Les ailes sont généralement jointes au-dessus de l'abdomen ou légèrement écartées du corps, exception faite pour les Lestidés.
- Vol peu soutenu.
- Ce sont tous des « percheurs».

– **Les Anisozygoptères**

Ce sont des espèces intermédiaires, ne comprennent que deux espèces toutes deux Asiatiques, pouvant vivre à plus de 3000 mètres d'altitude. Ce sont les plus anciennes apparues sur Terre et toujours présentes. Dotées d'yeux et d'ailes proches des Zygoptères, le reste de leur corps est semblable à celui des Anisoptères.

Tab. 01. Liste des espèces actuelles en Europe et en Afrique du Nord (Satha, 2008)

Sous-ordre des Zygoptères : Comprend cinq (05) familles en Europe et en Afrique du Nord		
Famille des Caloptérigidae	*Calopteryx*	*haemorrhoidalis (Vander Linden, 1825)* *splendens (Harris, 1776)* *virgo (Selys,1873)* *xanthostoma (Charpentier,1825)* *exul (Selys, 1853)*
Famille des Lestidae	*Lestes*	*numidicus (Weekers et Dumont, 2003)* *viridis (Vander Linden, 1825)* *barbarus (Fabricius, 1798)* *dryas (Kirby, 1890)* *macrostigma (Eversmann, 1836)* *sponsa (Hansemann, 1823)* *virens (Charpentier, 1825)*
	Sympecma	*fusca (Vander Linden, 1820)* *paedisca (Brauer, 1882)*
Famille des Platycnemididae	*Platycnemis*	*latipes (Rambur, 1842)* *acutipennis (Sélys, 1841)* *pennipes (Pallas, 1771)* *subdilatata (Sélys, 1849)*
Famille des Epallagidae	*Epallage*	*fatime (Charpentier, 1840)*
Famille des Coenagrionidae	*Pyrrhosoma*	*nymphula (Selzer, 1776)*
	Ischnura	*elegans (Vander Linden, 1820)* *fountainei (Morton,1905)*

		genei (Rambur, 1842) *pumilio (Charpentier, 1825)* *saharensis Aguesse, 1958* *graellsii (Rambur, 1842)* *senegalensis (Rambur, 1842)*
	Coenagrion	*caerulescens (Fonscolombe, 1838)* *hastulatum (Charpentier, 1825)* *lunulatum (Charpentier, 1840)* *mercuriale (Charpentier, 1840)* *ornatum (Selys,1850)* *puella (Linné, 1758)* *pulchelum (Vander Linden, 1825)* *scitulum (Rambur, 1842)* *johanssoni (Wallengren, 1894)* *freyi (Bilek, 1954)* *armatum (Charpentier, 1840)*
	Enallagma	*cyathigerum (Charpentier, 1840)* *deserti (Selys, 1870)*
	Ceriagrion	*tenellum (de Villers, 1789)*
	Erythromma	*najas (Hansemann, 1823)* *viridilum (Charpentier, 1840)* *lindenii (Selys, 1840)*
	Nehalennia	*speciosa (Charpentier, 1840)*
Sous ordre des Anisoptères : Comprend cinq (5) familles		
Familles des Aeschnidae	*Boyeria*	*irene (Fonscolombe, 1838)*
	Caliaeschna	*microstigma (Schneider, 1845)*
	Brachytron	*pratense (Müller, 1764)*
	Aeschna	*juncea (Linné, 1758)* *subarctica (Walker, 1908)* *caerulea (Ström, 1783)* *cyanae (Müller, 1764)* *grandis (Linné, 1758)* *mixta (Latreille, 1805)* *affinis (Vander linden, 1820)* *serrata (Hagen, 1856)* *crenata (Hagen, 1856)* *viridis (Eversmann, 1836)*
	Anaciaeshna	*isosceles (Müller, 1767)*
	Anax	*ephippiger (Burmeister, 1839)* *imperator (Leach, 1815)* *parthenope (Selys, 1839)*

Famille des Gomphidae	*Gomphus*	*flavipes (Charpentier, 1825)* *graslini (Rambur, 1842)* *pulchellus (Selys, 1840)* *similimus (Selys, 1840)* *vulgatissimus (Linné, 1758)* *lucasi (Selys, 1850)*
	Paragomphus	*genei (Selys, 1841)*
	Ophiogomphus	*serpentinus (Charpentier, 1825)*
	Onychogomphus	*forcipatus (Linnée, 1758)* *uncatus (Charpentier, 1840)* *costae (Selys, 1885)* *lefebvrii (Rambur, 1842)*
	Lindenia	*tetraphylla (Vander Linden, 1825)*
Famille des Cordulegastridae	*Cordulegaster*	*boltonii (Donovan, 1807)* *picta (Selys, 1854)* *heros (Theischinger, 1979)* *princeps (Morton, 1915)* *bidentata (Selys, 1843)* *insignis (Schneider, 1845)* *trinacriae (Waterston,1976)* *helladica (Lohmann, 1993)*
Famille des Cordulidae	*Cordulia*	*aenea (Linné, 1758)*
	Oxygastra	*curtisii (Dale, 1834)*
	Macromia	*splendens (Pictet, 1843)*
	Epitheca	*bimaculata (Charpentier, 1825)*
	Somatochlora	*alpestris (Selys, 1840)* *sahlbergi (Trybom, 1889)* *metallica (Vander linden, 1825)* *flavomaculata (Vander Linden, 1825)* *arctica (Zetterstedt, 1840)* *meridionalis (Nielsen, 1935)* *borisi (Marinov, 2001)*
Famille des Libellulidae	*Libellula*	*depressa (Linné, 1758)* *quadrimaculata (Linné, 1758)* *fulva (Müller, 1764)* *pontica (Selys, 1887)*
	Orthetrum	*cancelatum (Linné, 1758)* *albistylum (Selys, 1848)* *coerulescens (Fabricius, 1798)* *brunneum (Fonscolombe, 1837)* *trinacria (Selys, 1841)* *chrisostigma (Burmeister, 1839)*

	nitidinerve (Selys 1841) *ransonneti (Brauer, 1865)* *sabina (Drury, 1773)* *taeniolatum (Schneider, 1845)*
Acisoma	*panorpoides Rambur, 1842*
Diplacopdes	*lefebvrii (Rambur, 1842)*
Crocothemis	*erythraea (Brullé, 1832)* *sevillia (Drury, 1773)*
Brachythemis	*leucosticta (Burmeister, 1839)* *fuscopalliata (Selys, 1887)*
Sympetrum	*pedemontanum (Müller, 1766)* *danae (Sulzer, 1776)* *depressiusculum (Selys, 1841)* *sanguineum (Müller, 1764)* *flaveolum (Linné, 1758)* *fonscolombii (Selys, 1840)* *meridionale (Selys, 1841)* *striolatum (Charpentier, 1840)* *vulgatum (Linné, 1758)* *nigrescens (Lucas, 1912)* *nigrifemur (Selys, 1884)* *sinaiticum (Dumont, 1977)* *haritonovi (Borisov, 1983)*
Leucorrhinia	*dubia (Vander Linden, 1825)* *pectoralis (Charpentier, 1825)* *rubicunda (Linné, 1758)* *caudalis (Charpentier, 1840)* *albifrons (Burmeister, 1839)*
Pantala	*flavescens (Fabricius, 1798)*
Zygonix	*torridus (Kirby,1889)*
Trithemis	*annulata (Palisot de Beauvois, 1807)* *arteriosa (Burmeister, 1839)* *kirbyi (Selys, 1891)* *festiva (Hambur, 1842)*
Selsyothemis	*nigra (Vander Linden, 1825)*
Urothemis	*edwadsii (Selys, 1849)*

1.4. Importance des Odonates

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

- **Odonates comme proies**
  - Les larves d'Odonates sont la proie de Batracien, de Poisons…
  - Les adultes sont chassés par des Araignées, des Fourmis, des Oiseaux (guêpiers)…
  - Les espèces de grande taille peuvent s'attaquer aux espèces de petite taille.
- **Odonates comme prédateurs**

Les Odonates consomment entre 10 et 15% de leur poids chaque jour. Ce qui pourrait correspondre à environ 300 moustiques et autres petits insectes proies. Les larves sont carnassières et accessoirement cannibales. Elles chassent à l'affût et capturent les proies en se servant de leur « masque » (labium ou lèvre inférieure) munie de dents. Les plus jeunes mangent des animaux unicellulaires, puis, plus tard, elles attrapent de petits crustacés, des vers et des insectes aquatiques de toutes sortes. Les larves plus âgées se nourrissent d'isopodes, d'amphipodes, de têtards et de jeunes alevins. Largement opportunistes, elles adaptent leurs captures à la richesse du milieu. On note une stratification de la prédation en fonction de la taille, des moyens de captures (forme du masque) et de l'accessibilité des proies (habitats). Les adultes se nourrissent au vol de petits insectes (Diptères surtout). Les anisoptères de grande taille (Aeshnidae et Libellulidae) peuvent consommer des Zygoptères. Les adultes des espèces crépusculaires s'attaquent aux essaims de Culicidae (moustiques).

- **Odonates comme Bio indicateurs**

Les différentes espèces à la base de la production de ressources et de services écologique d'un écosystème sont sous le contrôle de facteurs physiques, chimiques, hydrologiques et biologiques. Toute modification de ces facteurs se répercute sur les espèces. Certaines espèces à sensibilité élevée servent à détecter les perturbations (pollutions, modification des habitats, changements climatiques…). Ce sont des espèces dites bioindicateurs qui renseignent sur l'état de santé des habitats. Les stades larvaires des Odonates, très sensibles aux conditions de leur milieu de vie, subissent directement les modifications des paramètres biotiques et abiotiques des habitats humides. Ce qui fait des Odonates de robustes biondicateurs de l'évolution des zones humides.

1.5. Les libellules et l'homme

La libellule a connu au cours de l'histoire des fortunes diverses. Symbole de bonheur et de victoire en Orient, elle fut longtemps associée aux puissances maléfiques en Occident. Muse des créateurs de bijoux et des peintres, elle est aussi appréciée comme ingrédient de préparations culinaires et pharmacologiques.

Parmi les prédateurs des libellules, il faut compter l'homme. Que ce soit en Afrique, en Amérique, ou surtout en Extrême-Orient, les libellules font partie du régime alimentaire de certaines populations. Les libellules adultes sont préparées frites, les larves servent d'ingrédients dans des soupes… Les libellules font aussi partie de la pharmacopée orientale. Au Japon, on vend certaines espèces d'odonates pour guérir divers maux comme le mal de gorge ou la fièvre.

Les libellules ont aussi servi de modèles aux créateurs de bijoux, qui les ont représentées par exemple en barrettes ou en broches. Enfin, les libellules ont fasciné les poètes, comme le victorien *Alfred Tennyson*, qui décrit leurs ailes comme des « *lames transparentes d'une cuirasse de saphir* ». D'autres auteurs ont à leur tour célébré la libellule, tel *Jules Renard* dans ses Histoires naturelles. L'académicien *Maurice Genevoix*, dans son Bestiaire, évoque avec précision les libellules du bord de Loire : « Elles sont comme vous les voyez : gracieuses, jolies, amies de la rivière, des roseaux, de ce vieux saule... De vous aussi. »

- **Le bonheur ou le diable ?**

Les libellules provoquent des sentiments très différents selon les cultures. En Orient, elles sont depuis fort longtemps partout présentes. Au Japon, représentantes de la force et de la bravoure, elles symbolisent le bonheur et la victoire. Au point que le premier empereur du Japon avait baptisé son pays « l'Île des libellules » et que certains guerriers les adoptèrent comme blason. En Amérique du Nord, chez les Hopi de l'Arizona, elles symbolisent la vie et ornent de nombreuses poteries.

En revanche, en Europe, dès le Moyen Âge, les libellules ont été associées au diable, à l'instar des reptiles. Remarquons à ce propos le nom vernaculaire anglais des anisoptères : « mouches-dragons » (Dragonflies), écho de cette symbolique maléfique.

1.6. Menaces sur la diversité odonatologique

1.6.1. Parasitisme

Les libellules sont soumises à la pression des parasites à tous leurs stades de développement.

- **Le parasitisme des oeufs**

Des petits Hyménoptères, essentiellement des Chalcidoidés, pondent directement dans les œufs de Libellules à ponte endophytique (Corbet, 2004). Par exemple ; Les guêpes Mymaridae sont des parasitoïdes oophage de *Epiophlebia superstes.* (**Fig. 02**)

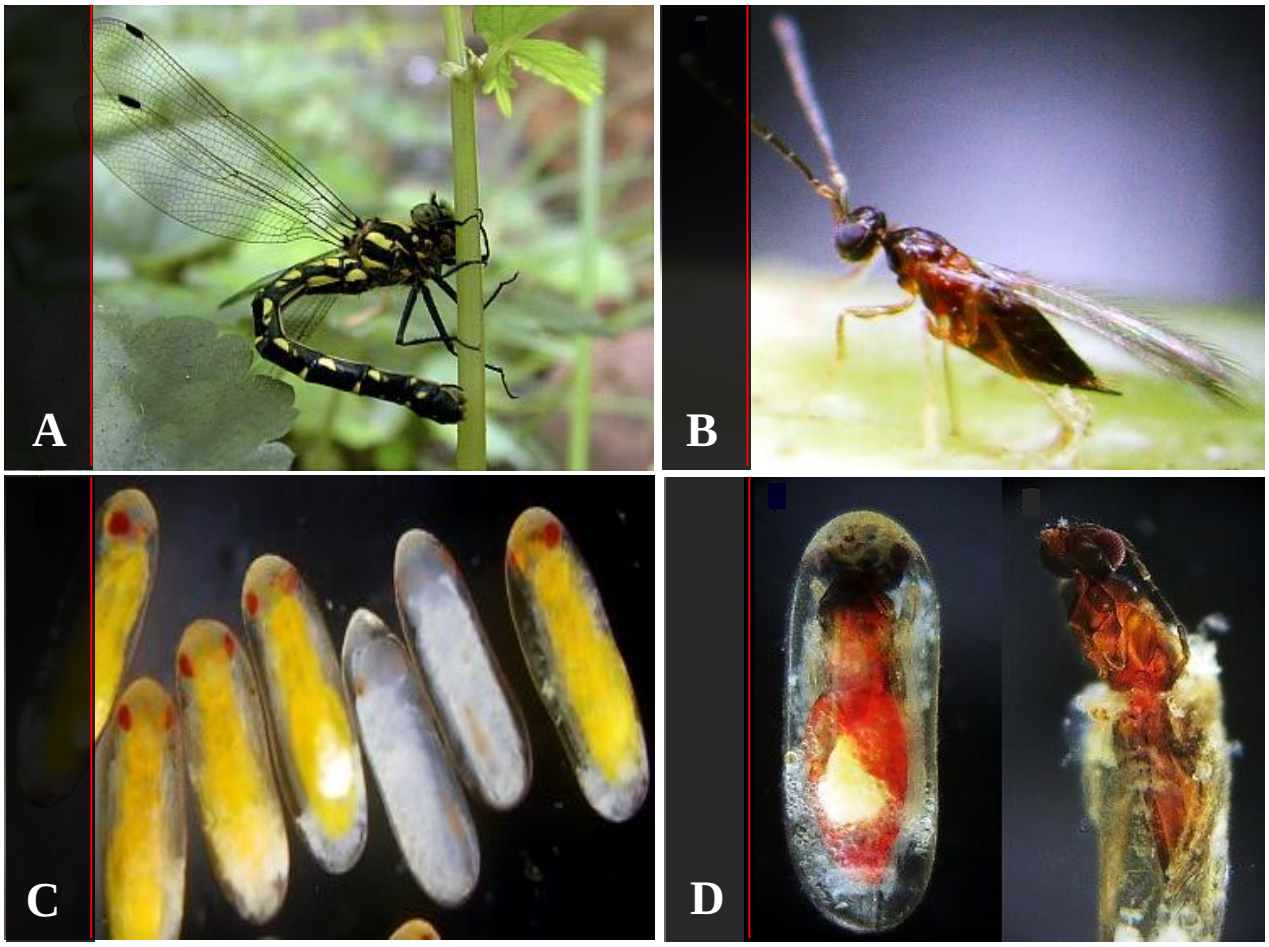

Fig. 02 | **Parasitisme des œufs des Odonates** [2].
(A) Femelle de *Epiophlebia superstes* en ponte.
(B) Femelle de guêpe Mymaridae en ponte.
(C) œufs parasitées (en jaune) par la guêpe Mymaridae.
(D) Femelle de la guêpe œuf-parasitoïdes qui casse la coquille d'œuf de *E. superstes* et apparaît.

– **Le parasitisme des adultes**

Les odonates sont fréquemment parasitées par des Protozoaires de la classe des Grégarines (**Fig. 03a**), qui sont capables de réduire leur longévité en s'attaquant à leur épithélium intestinale (Abro, 1971, 1974 ; Aguilar et Dommanget, 1998 ; Siva-Jothy et Plaistow, 1999 ; Cordoba-Aguilar, 2002a, 2003a ; Boudot, 2006).

Des études faites sur plusieurs espèces de *Calopteryx* ont montré que les grégarines sont un facteur sélective majeur provoquant un impact négatif sur le fitness des adultes (Abro, 1987, 1990; Siva-Jothy et Plaistow, 1999). Le taux d'infection varie largement, 60 % chez les larves et 100% chez les adultes (Jarry & Jarry, 1961).

Les odonates sont également vecteurs de Trématodes et de Cestodes (Askew, 2004 ; Corbet & Brooks, 2008). Enfin, ils sont fréquemment parasités par des Nématodes Mermithidés. Leurs parasites externes sont essentiellement des larves d'Hydracariens (**Fig. 03b**), et quelques Diptères Ceratopogonidés qui vivent accrochés aux nervures de la base des ailes (Durand et Lévesque, 1981; Aguilar et Dommanget, 1998; Heidemann et Seidenbusch, 2002).

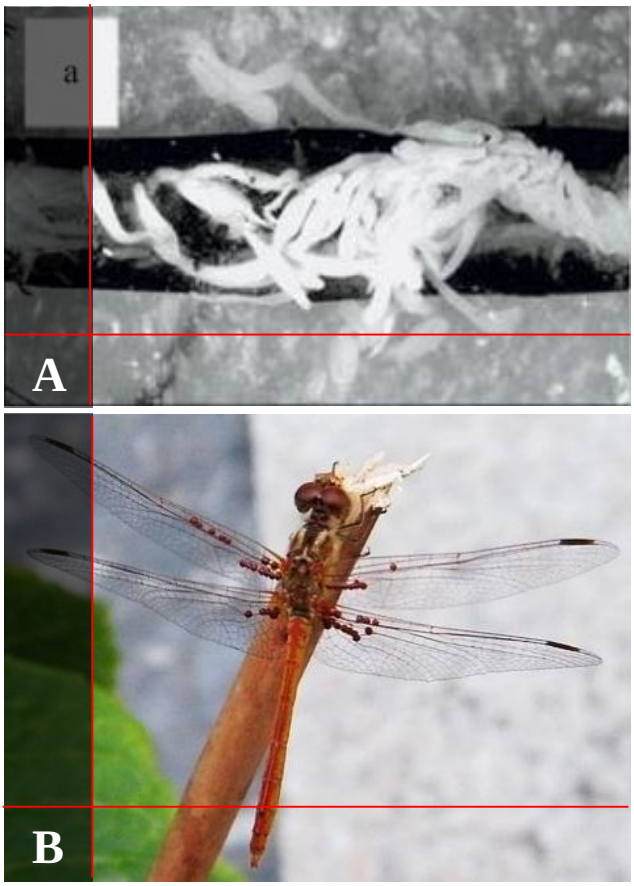

Fig. 03 **Le parasitisme des adultes** (Córdoba-Aguilar et Cordero-Rivera, 2005)
(A) Un abdomen disséqué du *Calopteryx* montre le parasite grégarine (tâche blanche).
(B) *Sympetrum Meridionale* parasité par des hydracariens (les minuscules boules rouges) fixés sur les nervures

1.6.2. Prédation

L'action des prédateurs représentait un élément important parmi les facteurs qui, en particulier au moment de l'émergence, jouent un rôle sur la diminution des effectifs. Par exemple, Gribbin et Thompson (1990) ont attribué plus de 75% de mortalité à l'émergence dans l'espèce de *Pyrrhosoma nymphula* causée par les Oiseaux, les fourmis et les Araignées, les Araignées capturent souvent les ténérales (immatures) (Mathaven et Pandian, 1977; Larochelle, 1978 ; Bennett et Mill, 1993) ou même les post-ténérales (Robinson et Robinson 1970, Rehfeldt, 1992). Les hydracariens consomment les œufs des espèces à ponte exophytique et peuvent, semble-t-il, avoir un impact certain sur la productivité des Libellules (Proctor et Pritchard, 1989). Les Odonates, à tous les stades, servent d'aliment aux poissons, aux oiseaux et aux insectes aquatiques (**Fig. 04**) (Aguilar et Dommanget, 1998).

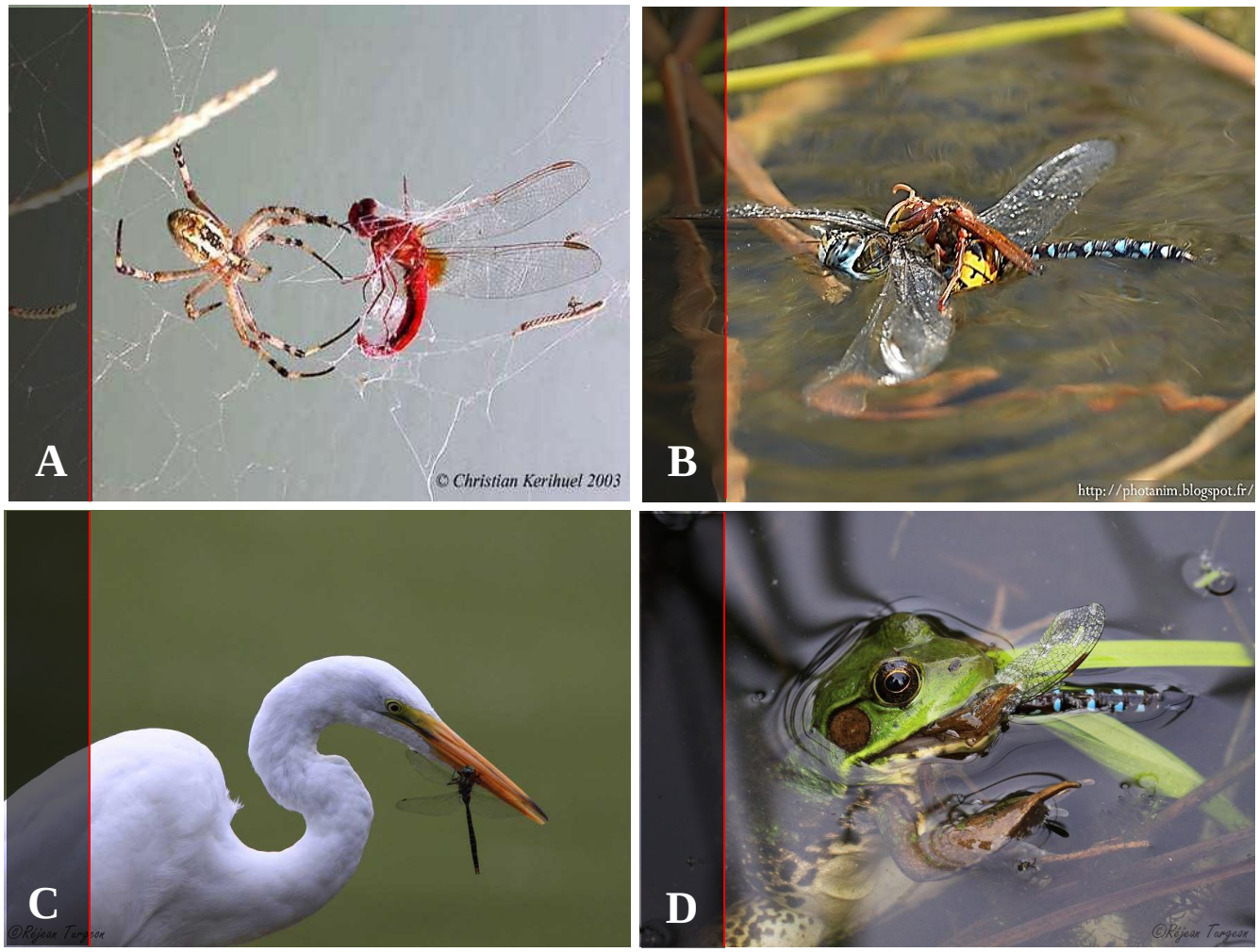

Fig. 04 | **Prédation des odonates par ;**
(A) Araignée [3], **(B)** Frelon [4], **(C)** oiseau [5] et **(D)** Grenouille [6]

1.6.3. Conditions Climatiques

Les insectes sont parmi les groupes d'organismes les plus susceptibles d'être affectés par le changement climatique, parce que le climat a une influence directe sur leur développement, leur reproduction et leur survie (Bale et *al.*, 2001; Sinclair et Chown, 2005). Le réchauffement peut avoir une incidence sur plusieurs aspects dans le cycle de vie des insectes et l'écologie. Les conditions météorologiques défavorables peuvent avoir un impact important sur le succès de reproduction dans la vie des odonates. Les basses températures réduisent les performances de vol et réduisent le succès de recherche de nourriture (Corbet, 1999 ; Braune et Rolff, 2001). Plusieurs études ont rapporté des effets négatifs de la faible température sur la durée de vie, le succès d'accouplement et la fécondité (Dick et *al*., 2013).

1.6.4. Perte des milieux aquatiques (habitats)

La richesse odonatologique des eaux courantes a été fortement appauvrie au cours du XXe siècle, essentiellement suite à la multiplication d'aménagements pour lutter contre l'érosion tel que le : reprofilage de berges, la canalisation, le remblaiement et la correction des tracés… La pollution, surtout importante dans les zones plus peuplées et industrialisées, est une menace supplémentaire pesant sur ce type de milieu.

Dans les milieux stagnants mésotrophes, ce sont surtout l'eutrophisation, les aménagements divers (curage des fossés, régulation des niveaux d'eau…) et les densités excessives de poissons (indigènes ou non) qui constituent les menaces les plus sérieuses. Ce dernier point est particulièrement important, du fait d'une prédation directe sur les larves de libellules mais aussi d'une réduction des herbiers aquatiques et de l'augmentation de la turbidité des eaux (carpes, brèmes…)

1.6.5. L'effet de l'espèce exotique envahissante

Une espèce exotique est un organisme dont les êtres humains ont introduit intentionnellement ou accidentellement en dehors de sa gamme précédente. Elle est réputée « invasive » si elle a des effets négatifs sur son environnement. Elles peuvent affecter profondément les milieux aquatiques par leur prolifération. Par exemple, les écrevisses américaines introduites sont ainsi devenues un facteur de menace pour plusieurs espèces de libellules, du fait des fortes transformations qu'elles engendrent dans les habitats envahis et de leur importante prédation des larves. L'empoissonnement en trop forte densité de carpes accentue la turbidité des eaux stagnantes et modifie les habitats. Par exemple, originaire d'Asie, la Carpe amour (*Ctenopharyngodon idella*) décime les herbiers de plantes aquatiques (*nénuphars, potamots*), végétation typique pour la reproduction de la libellule *Leucorrhinia*

caudalis. Elles peuvent coloniser des plans d'eau entiers, réduisant ainsi la diversité de la faune et de la flore.

1.6.6. La démoustication et l'effet secondaires de la lutte biologique

Bien que l'introduction des agents étrangers de la lutte biologique pour Contrôler certains ravageurs a eu des avantages économiques et environnementaux, inévitablement ils comportent certains risques pour les organismes non ciblés (Howarth, 1991 ; Samways, 1997 ; Lockwood et *al.*, 2001). Les impacts négatifs de lutte biologique sont souvent difficiles à prouver, mais il y a néanmoins des preuves que certains aspects de cette dernière sont préjudiciables à la faune et la flore autochtone. En contexte méditerranéen, il a été localement démontré que, de par son efficacité sur leur principale ressource alimentaire, la démoustication induit une perte notable de diversité des libellules. De plus, la localisation des secteurs démoustiqués est confrontée aux enjeux de conservation de certaines espèces spécialistes telles que le Leste à grands stigmas (*Lestes macrostigma*).

1.7. Statut et conservation

Les libellules sont intimement liées aux milieux humides, du fait de leur mode de vie larvaire aquatique. Particulièrement appréciées par les naturalistes, leur suivi sur le long terme a permis de mettre en évidence la progression de certaines espèces mais aussi, de manière plus générale, la banalisation des communautés. En effet, les évaluations récentes révèlent une situation très préoccupante, puisque environ 50 % des espèces sont menacées. Si les raisons qui ont conduit à cette situation ont en partie évolué au cours du temps, l'altération des milieux humides par les activités humaines et le nombre encore insuffisant d'interventions sur le terrain pour créer ou restaurer des sites favorables, n'ont pas encore permis d'inverser la tendance.

À ce jour, l'UICN a déjà évalué le statut de conservation de 629 (11 %) espèces de libellules dans le monde (UICN, 2008). À l'échelle mondiale, 22 % des espèces de libellules évaluées sont classées dans une des catégories menacées, et deux espèces sont éteintes (*Megalagrion jugorum* et *Sympetrum dilatatum*).

1.7.1. Statut des Libellules dans le bassin méditerranéen

Riservato et *al.*, 2009 ont montré que presque un cinquième (1/5) des espèces de libellules du bassin méditerranéen sont menacées et 16 % sont Quasi menacées. Quatre espèces (2 %), à savoir *Agriocnemis exilis*, *Ceriagrion glabrum*, *Rhyothemis semihyalina* et *Phyllomacromia africana*, sont Éteintes au niveau régional (**Fig. 05**).

Les libellules menacées sont réparties sur l'ensemble de la région méditerranéenne. Néanmoins, certaines zones se distinguent par une concentration relativement élevée d'espèces menacées, notamment le sud des Balkans, le nord-est de l'Algérie et le Levant, plus précisément au niveau des parties adjacentes de la Turquie méridionale. Quatorze pour cent des espèces du bassin méditerranéen sont endémiques (9 d'entre elles sont menacées et 5 sont Quasi menacées). Ceci met en évidence la responsabilité des pays méditerranéens vis-à-vis de la protection des populations mondiales de ces espèces.

Le Maghreb et le Levant comptent un nombre élevé d'espèces endémiques, tandis que le sud des Balkans, la Crète et la Méditerranée occidentale affichent un taux d'endémisme faible. La diversité des libellules est plus importante dans la partie septentrionale de la région puisque à la fois des espèces méditerranéennes et, surtout, des espèces boréales, peuvent être observées dans le même milieu.

Au cœur de la Numidie (nord-est Algérien) se trouve le bassin de la Seybouse, ayant une odonatofaune très riche (60% des espèces Algérienne) (Samraoui et Menai, 1999). Ce bassin a été récemment exploré, 35 espèce sont été recensées, dont trois espèces sont menacés, en voie de disparition (*Calopteryx exul* et *Coenagrion mercuriale*) ou vulnérable (*Gomphus lucasii*) (Khelifa et *al.*, 2011). L'endémique maghrébine *C. exul* n'a pas été enregistrée pendant environ un siècle avant 2007, mais les enregistrements récents ont montré qu'il existe une population florissante dans le bassin versant de la Seybouse (Khelifa et *al.*, 2013c, 2016b). Cette espèce est classée comme espèce en danger et la plupart des populations connues sont probablement éteinte ou en voie d'extinction (Boudot, 2010a).

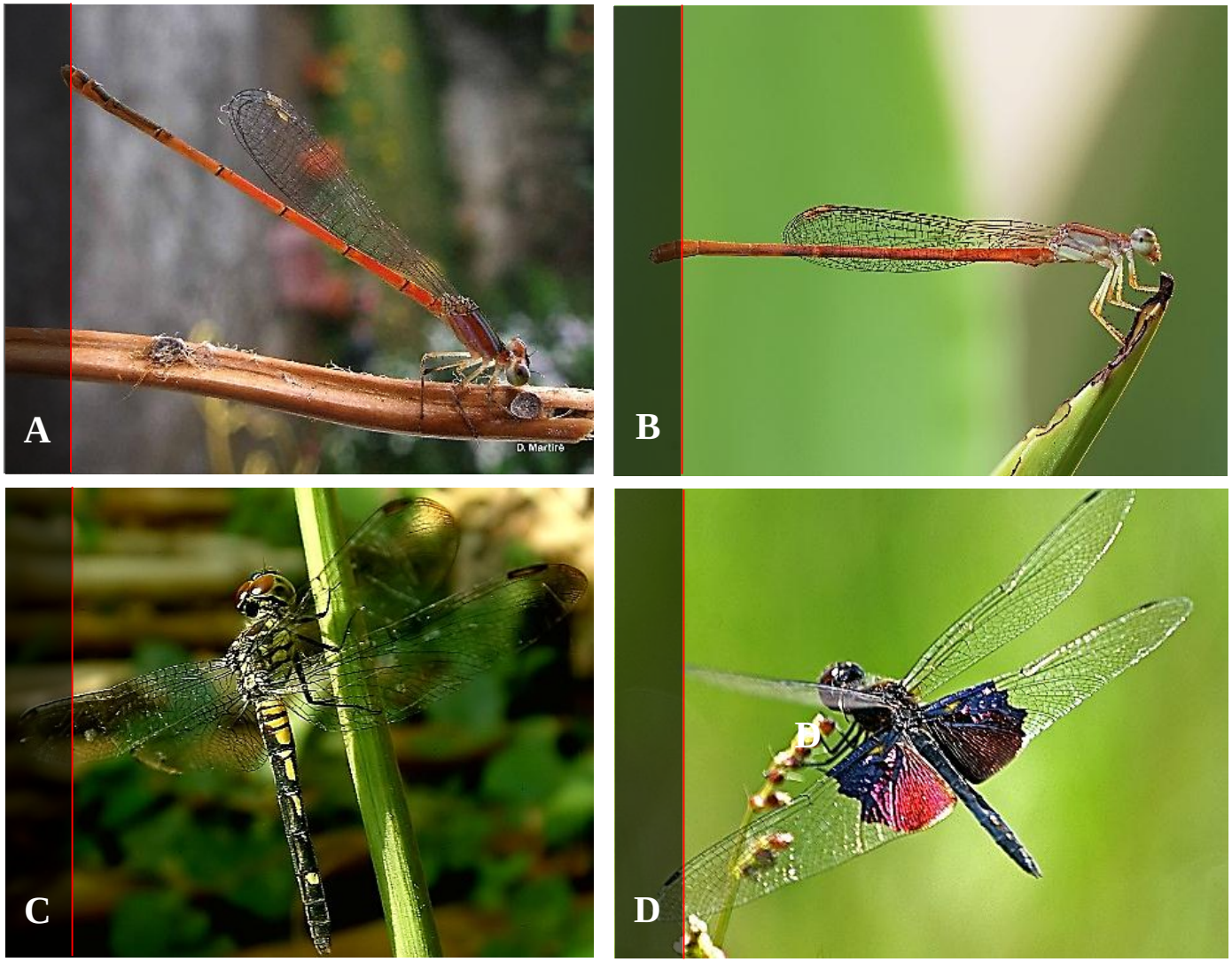

Fig. 05 **Libellules éteintes du bassin méditerranéen**
(A) *Agriocnemis exilis* [7], **(B)** *Ceriagrion glabrum* [8]
(C) *Phyllomacromia Africana* [9], **(D)** *Rhyothemis semihyalina* [10]

Chapitre 02
Biologie des Odonates

2. Biologie des odonates

2.1. Morphologie des odonates

2.1.1. Adultes

Les Odonates forment un groupe d'insectes bien connu et qui sont particulièrement appréciées pour leurs couleurs vives et leurs vols acrobatiques (Corbet, 1999). Ils ont un corps allongé, doté de deux paires d'ailes puissantes mais flexibles. Leurs corps, comme les autres insectes, est divisé en trois parties : la **tête**, le **thorax** et l'**abdomen (Fig. 06)**. La tête est volumineuse et elle porte des yeux composés et les pièces buccales. Ensuite, le thorax porte trois (03) paires de pattes fortes, orientées vers l'avant pour capturer leurs proies et pour bien percher. Il porte aussi les deux paires d'ailes. Enfin, l'abdomen est très allongé et se termine par des appendices anaux.

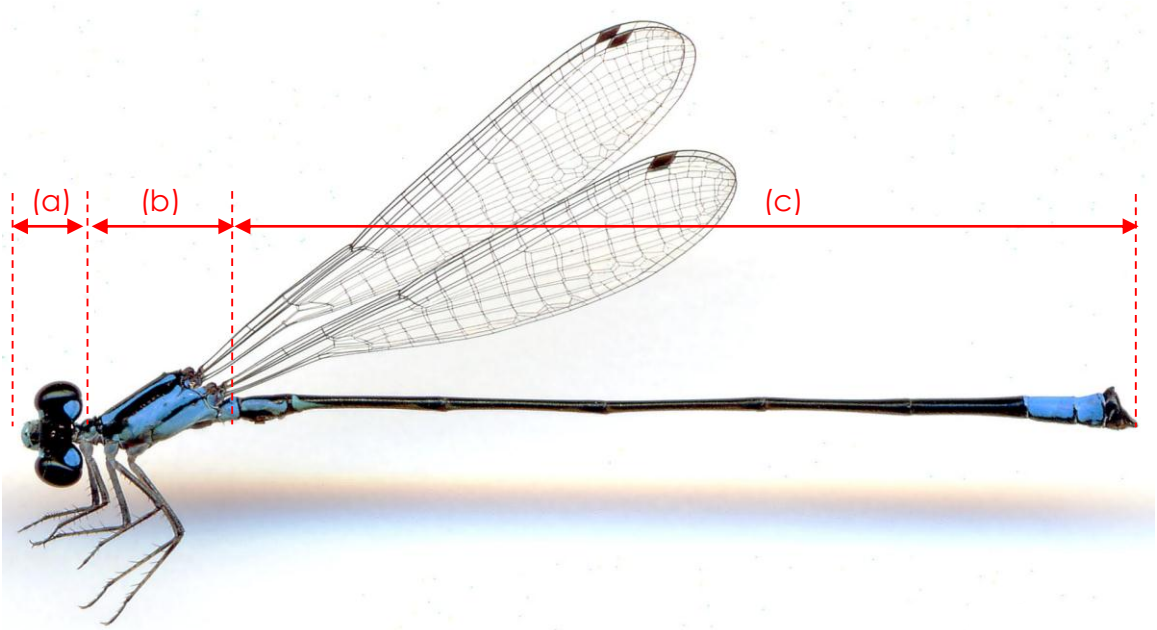

Fig. 06 | **Morphologie de l'adulte d'odonate** (*Coenagrionidae*, Zygoptère) [11]. **(a)** Tête, **(b)** Thorax et **(c)** Abdomen.

Les yeux composés des Odonates sont très développées. Leur disposition est un trait très important pour l'identification des sous-ordres. Ils sont clairement séparés dans le plan médian chez les Zygoptères et les Gomphidae (c'est la seule famille des Anisoptères qui ont des yeux séparés) ; ils se rejoignent et se touchent dans le plan médiodorsal chez les autres Anisoptères (**Fig. 07**).

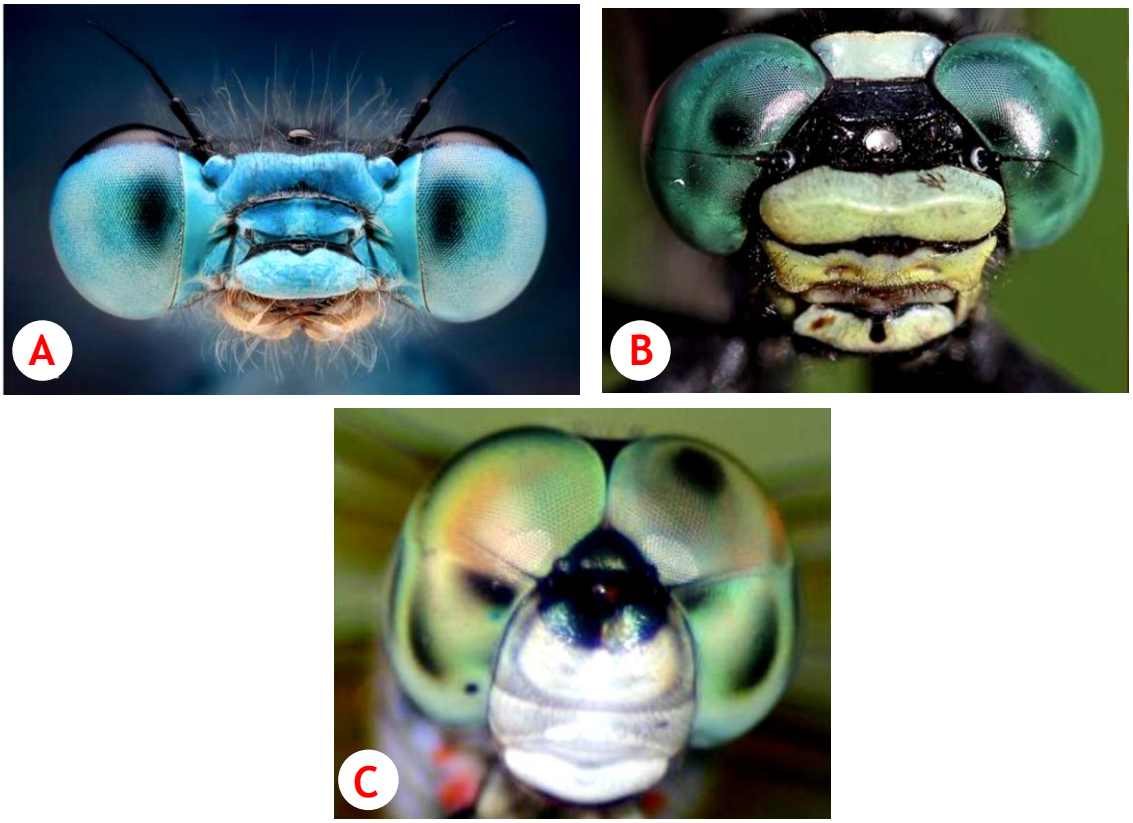

Fig. 07 | **Têtes des adultes des odonates** (Khelifa, 2017).
(A) Zygoptère, **(B)** Anisoptère (Gomphidae), **(C)** Anisoptère.

Le thorax est classiquement composé de trois segments comme chez tous les insectes **(Fig. 08).** Le premier segment qui s'appelle le prothorax, est très court, et porte la première paire de patte. La partie dorsale du prothorax, appelée le pronotum, présente souvent des motifs colorés diagnostiques permettant de différencier des espèces proches, notamment pour les femelles de certaines espèces de Zygoptères**.**

Contrairement aux autres insectes, le deuxième et troisième segment à savoir le mésothorax et le métathorax sont fusionnés et donnent le synthorax. Ce dernier porte la deuxième et troisième paire de pattes, ainsi que les deux paires d'ailes (Aguilar et Dommanget, 1998).

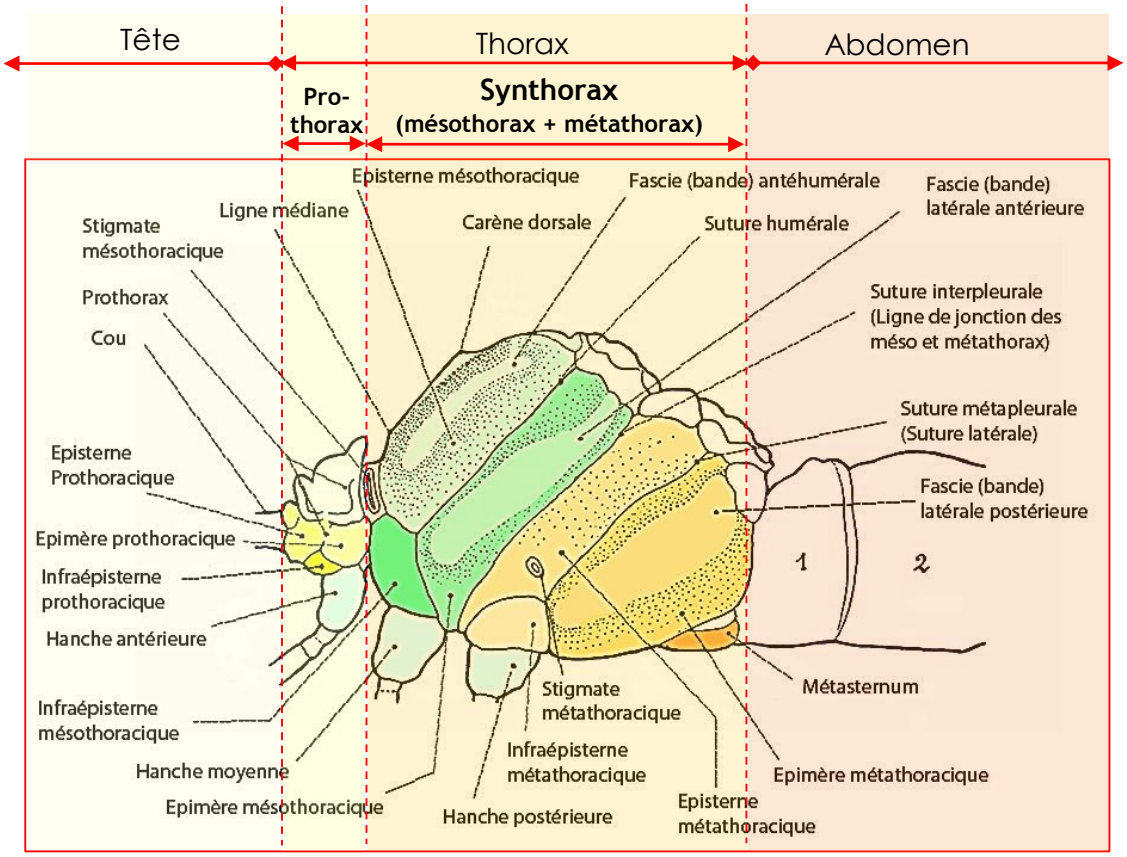

Fig. 08 | **Morphologie générale du Thorax** [12].
Aeshna juncea (vue latérale)

Les quatre (04) ailes, sont membraneuses, allongées et étroites. Elles ont des formes différentes entre les Zygoptères et les anisoptères ; les ailes antérieures et postérieures sont identiques chez les Zygoptères tandis qu'elles sont inégales chez les Anisoptères, où les postérieures sont larges à la base. Au repos les ailes sont toujours disposées dans un plan horizontal chez les anisoptères et tenues perpendiculairement à leurs corps chez les Zygoptères (**Fig. 09**). La nervation des ailes est complexe (**Fig. 10**), elle constitue le plus important critère d'identification des familles, genres et même d'espèces (Aguilar et Dommanget, 1998 ; Corbet, 1999). Chez tous les Odonates, chaque aile porte près du bord antérieur externe un ptérostigma (Tachet et *al.*, 2000).

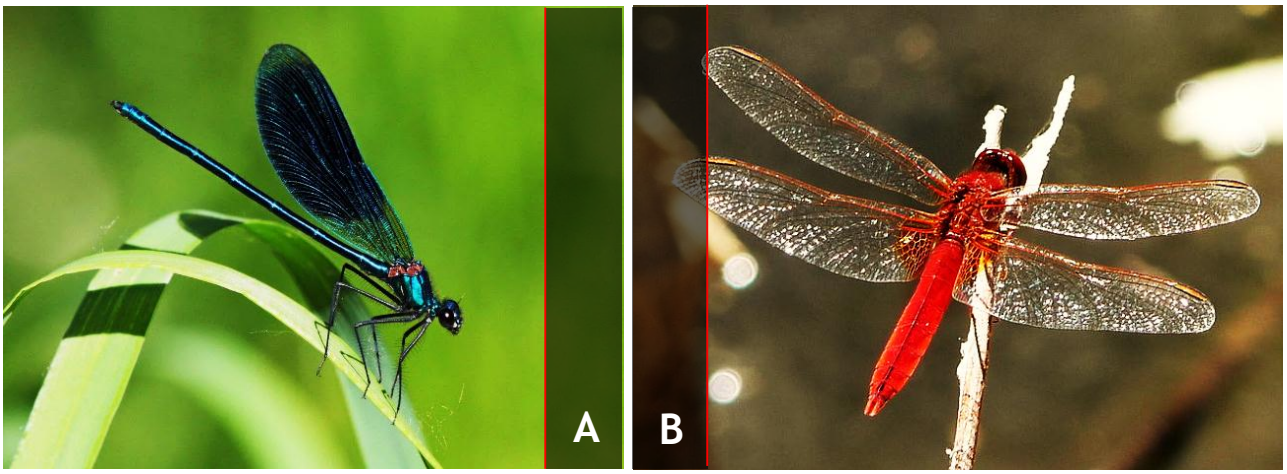

Fig. 09 | **Positions des ailes des odonates au repos.**
(A) Zygoptère *Calopteryx splendens* [13]
(B) Anisoptère *Crocothemis erythraea* [14]

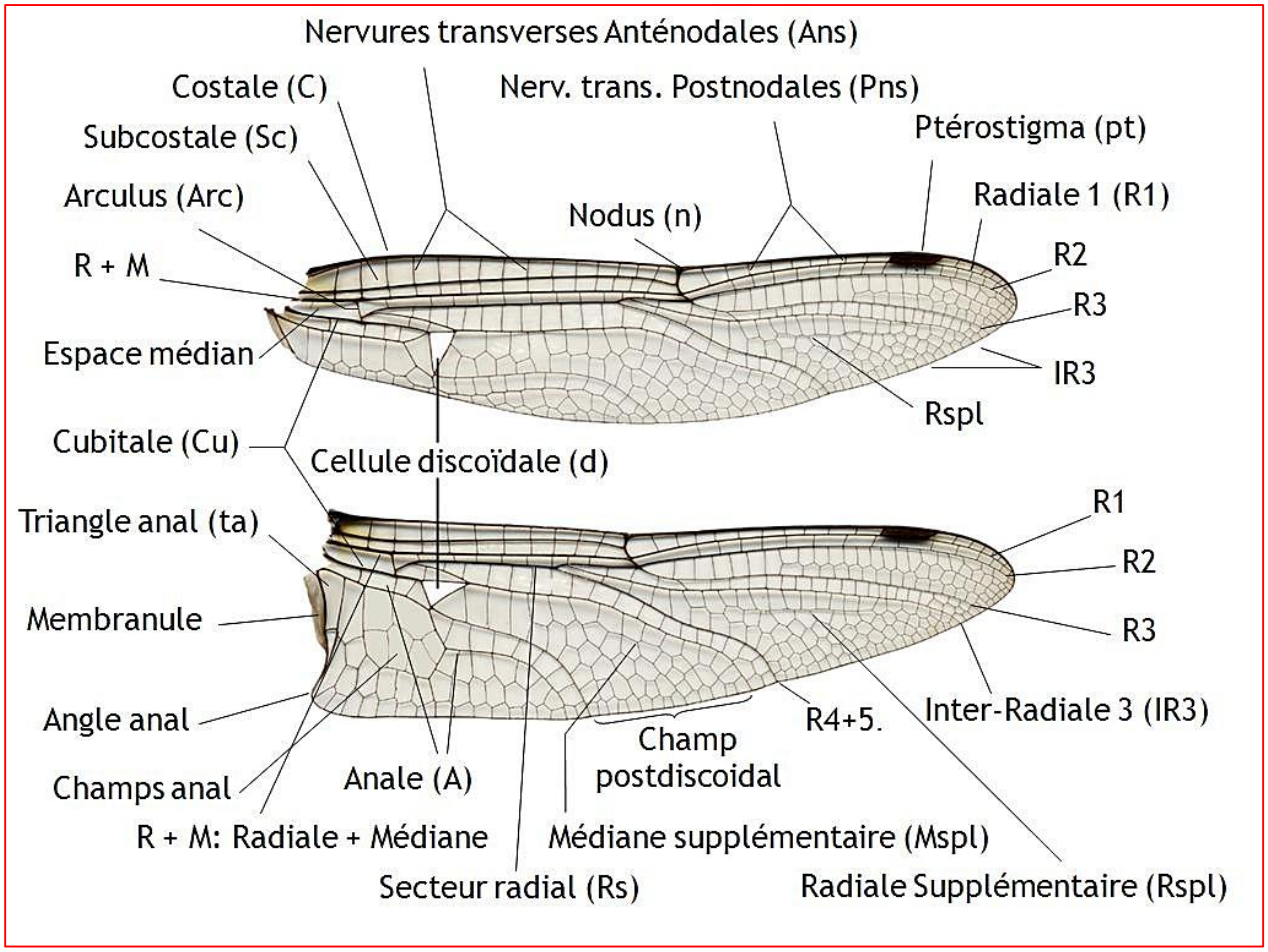

Fig. 10 | **Nervations alaires (Anisoptère)** (Aguilar et Dommanget, 1998).

L'abdomen **(Fig. 11)** peut être de forme variable, plus ou moins cylindrique ou aplati, épaissi ou rétréci à certaines segments, et présente très souvent des motifs colorés permettant d'identifier les espèces d'Odonates. Le dixième (10eme) segment, porteur de l'anus, est prolongé par une paire d'appendices dorsaux et un ou deux appendices ventraux, auxquels on applique le terme général d'appendices anaux parce qu'ils voisinent l'anus **(Fig. 11c)**. Les mâles portent les pièces copulatrices sous le deuxième (2eme) segment abdominal, tandis que chez les femelles l'organe qui permet la fécondation et la ponte des œufs est appelée l'**ovipositeu**r (**Fig. 12**). Il est situé sous le huitième (8eme) et neuvième (9eme) segment.

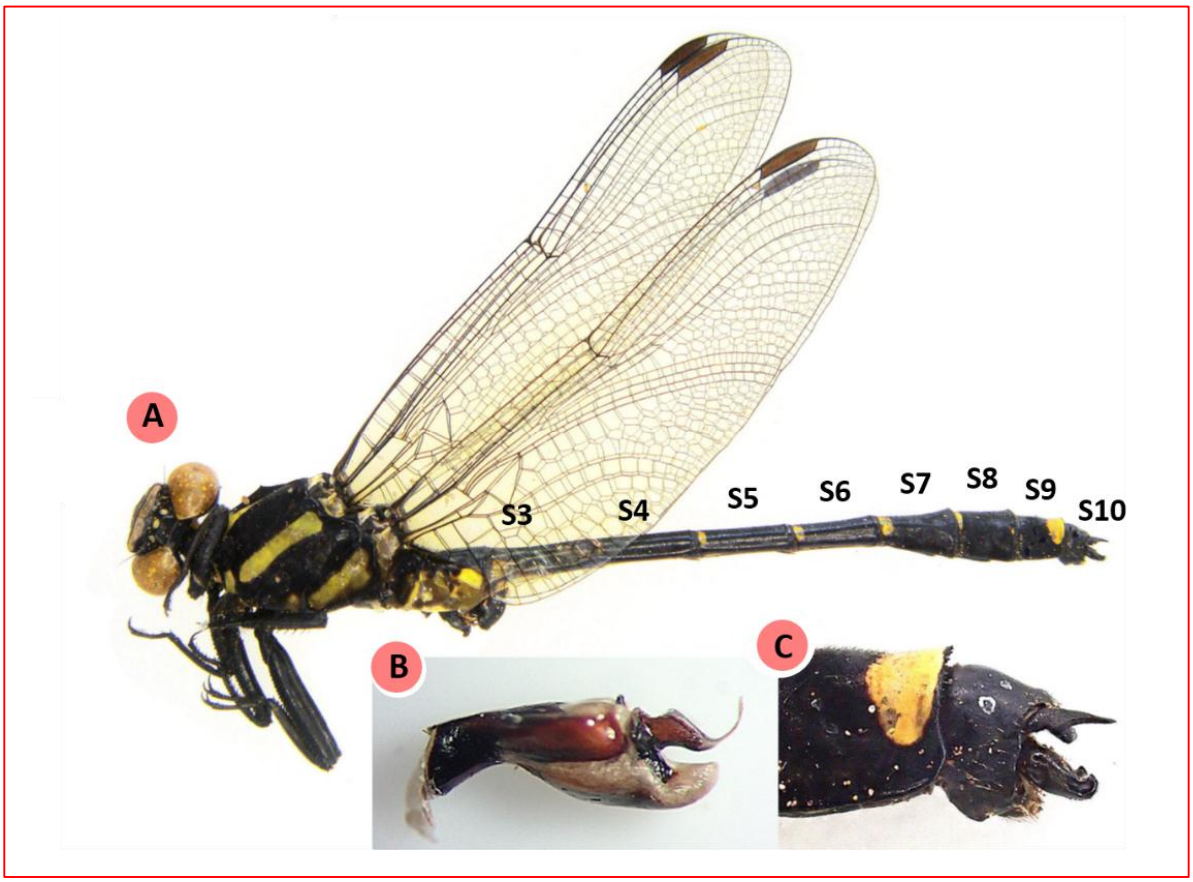

Fig. 11 **Structure abdominale d'un mâle d'anisoptère** (*Asiagomphus reinhardti*) (Kosterin et Yokoi, 2016).

(A) Segmentation d'abdomen.
(B) vesica spermalis.
(C) appendices anaux.

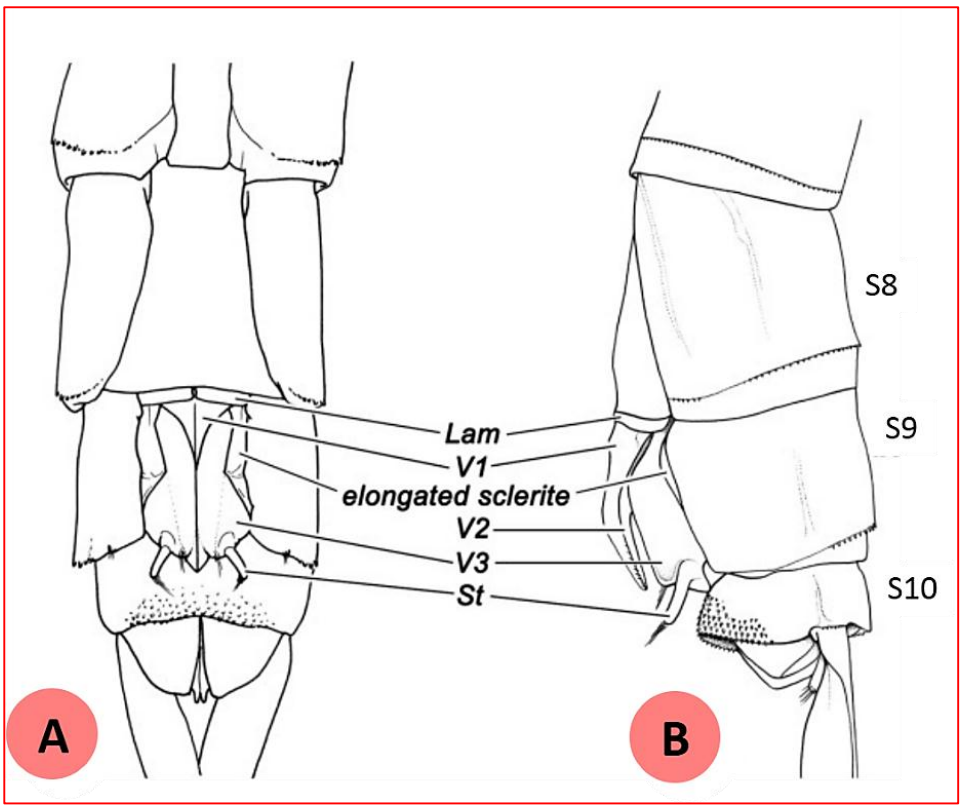

Fig. 12 **Segment terminal d'une femelle adulte de *Anax imperator*** (Matushkina, 2008). **(A)** vue ventrale, **(B)** vue latérale.
Lam, lamina valvarum V1, valvulae 1 V2, valvulae 2 V3, valvulae 3 St, stylus.

2.1.2. Larves

Il existe de nombreuses différences morphologiques entre les Anisoptères et les Zygoptères ce qui permet de les identifier facilement (**Tab. 02**) (**Fig. 13**). Par contre, il est un peu difficile d'identifier les espèces qui appartiennent au même genre et parfois à la même famille.

Tableau.02. différences morphologiques entre les deux sous-ordres d'odonates

Larves de Zygoptères	Larves d'Anisoptères
– Larves à pattes grêles – 03 lamelles branchiales à l'extrémité jouant le rôle d'organes natatoires – Antennes de 7 articles	– Larves épaisses – Appendices abdominaux terminaux courts – Chambre branchiale rectale – Vivent plutôt au fond de l'eau plus ou moins enfouies dans la vase

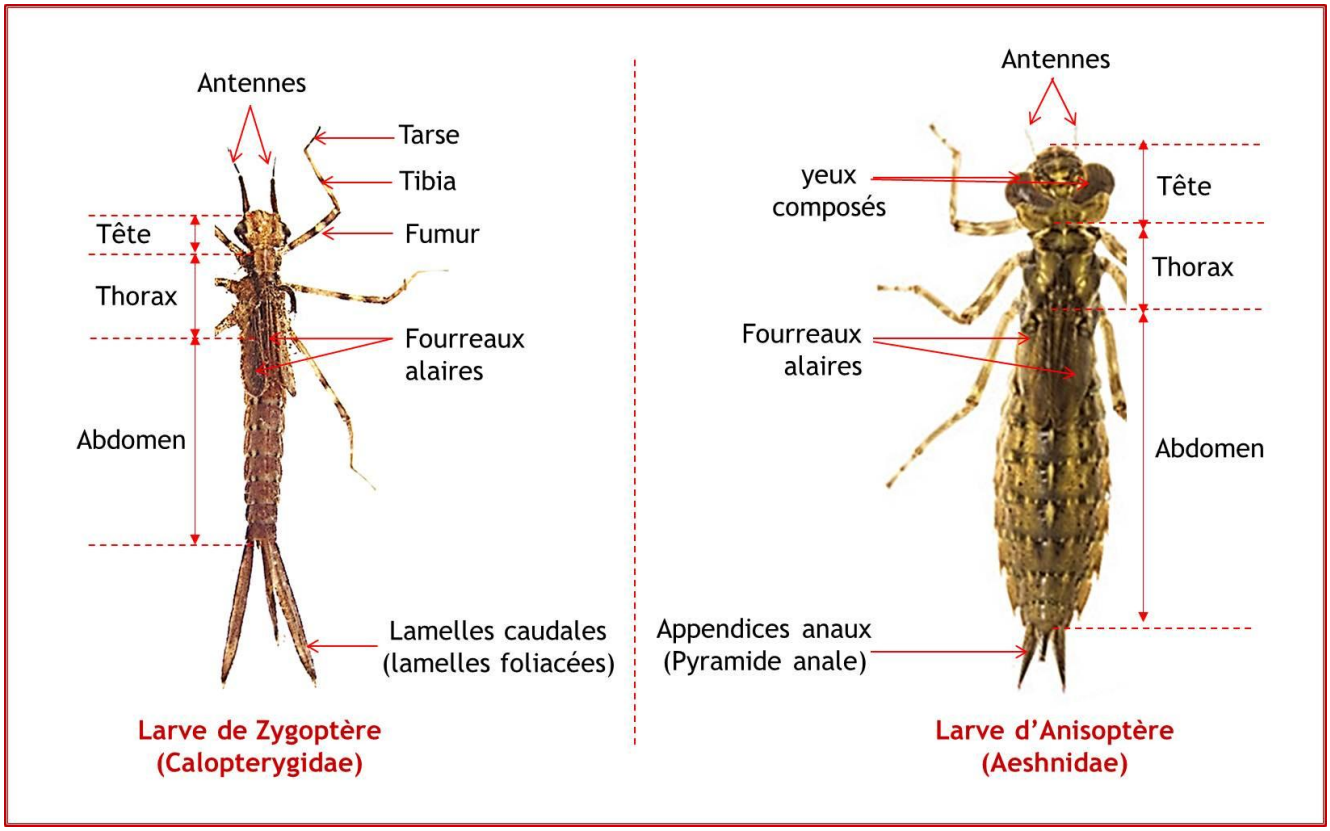

Fig. 13 | **Morphologie générale des larves d'odonates** [15].

La tête des larves est peu mobile comparée à celle des adultes : elle porte des antennes multiarticulées, mais le nombre d'articles ne dépasse pas sept. Les yeux composés sont bien développés, présentant de nombreuses facettes. Les ocelles sont peu visibles (Tachet et *al.*, 2000).

Le labium, autrement dit le masque préhensile, pliable et projetable, est l'homologue du labium de l'imago **(Fig. 14)**. Le masque de la larve, comme les pièces copulatrices de l'imago, prouve que l'ordre des Odonates est un groupe monophylétique (Heidemann et Seidenbusch, 2002).

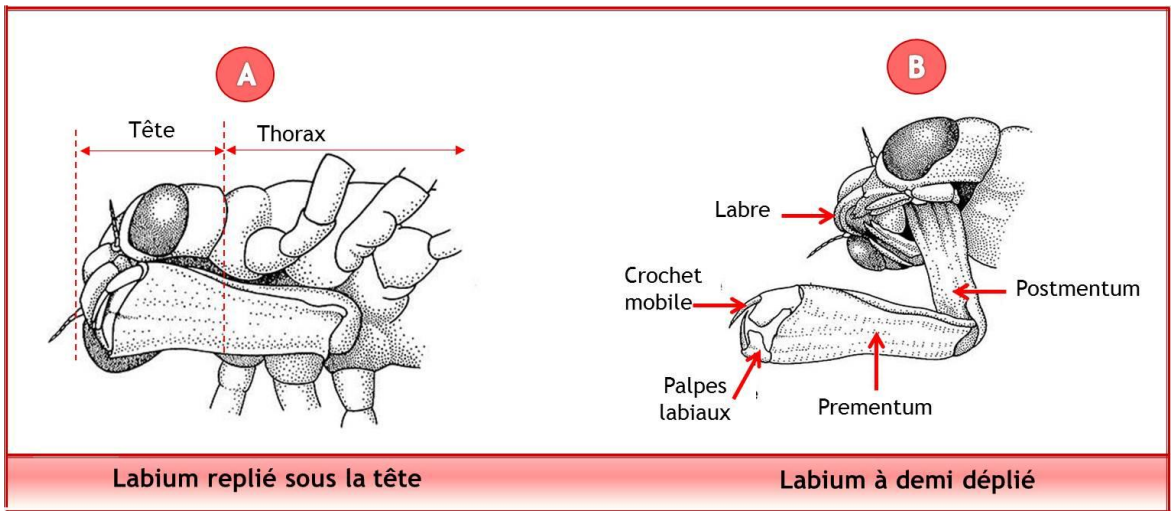

Fig. 14 | **Pièces buccales de la larve d'Odonate** [16].
(A) ; Position de guet, **(B)** ; Lancement du masque en avant

Le thorax se divise en 2 parties, le prothorax et le synthorax (méso-métathorax). Le premier est muni d'expansions latérales, les apophyses supracoxales, alors que le dernier, à savoir le synthorax porte les 04 fourreaux alaires (Aguilar et Dommanget, 1998 ; Heidemann et Seidenbusch, 2002). Quelques jours avant la métamorphose, le thorax et les fourreaux alaires augmentent nettement du volume, permettant ainsi de reconnaître aisément cette phase ultime du développement larvaire.

Les trois paires de pattes sont fixés au thorax par les trochanters, auxquels font suite les fémurs, les tibias et enfin les tarses eux-mêmes divisés en trois articles et terminés par des ongles (Martin, 1937 *in* Bouchelaghem, 2008). Ces pattes présentent à peu près la même morphologie que celles des adulte, elles sont néanmoins plus longues et adaptées à la marche, parfois au maintien des proies ou bien encore à l'enfouissement dans le substrat (**Fig. 13**) (Aguilar et Dommanget, 1998).

L'abdomen est constitué, comme chez l'adulte, de dix segments visibles. Il porte souvent des épines sur l'axe médio-dorsal et sur les bords latéraux postérieurs des derniers segments abdominaux, il s'agit souvent de critères distinctifs utilisés pour la reconnaissance des espèces. En plus, l'extrémité de l'abdomen permet de différencier les Zygoptères et Anisoptères (**Fig. 15)**. Chez les Zygoptères, elle comprend deux pièces latérales très coutres : les paraproctes, chacun prolongé par une lamelle branchiale (lamelle caudale), dorsalement un épiprocte court également prolongé par une lamelle branchiale. Ces lamelles branchiales ont des formes variées selon les genres et sont de ce fait utilisées en systématique.

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

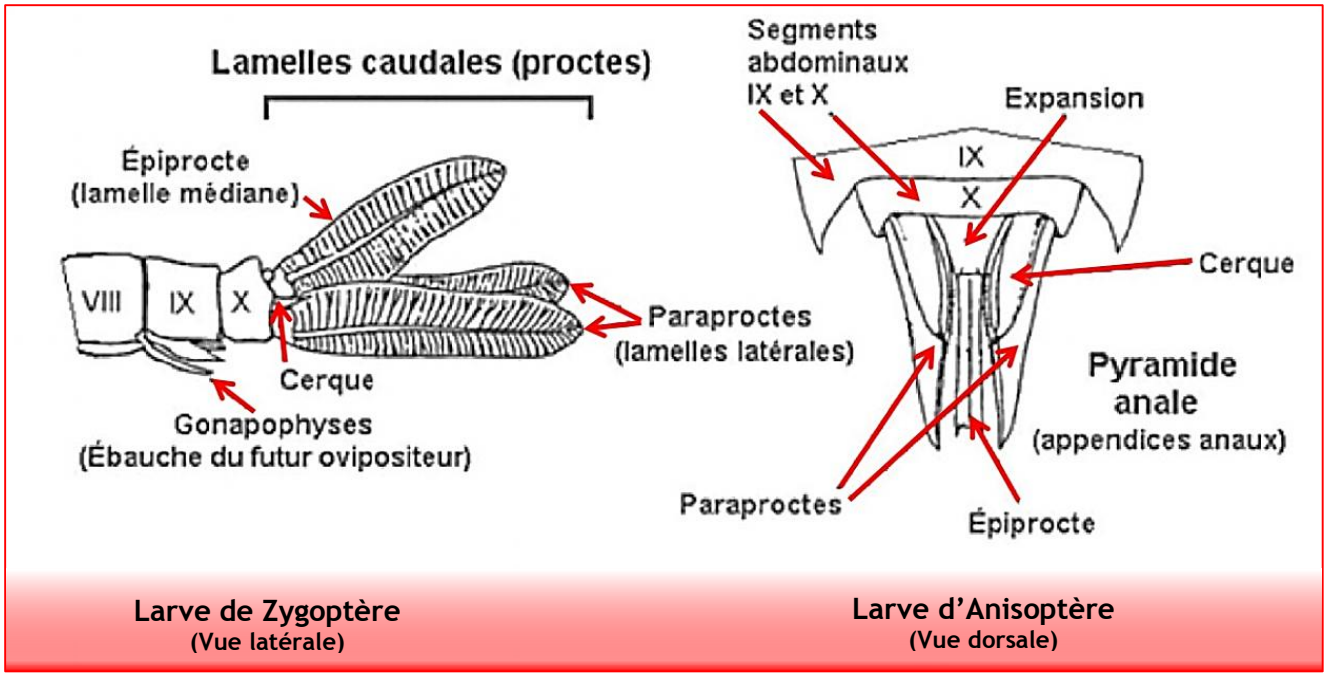

Fig. 15 | **Extrémité abdominale des larves d'Odonates** (Satha, 2008).

Les yeux forment des protubérances latérales non jointives ; le vertex est bien développé et souvent bilobé. Les antennes proches des yeux sont plus longues et souvent plus massives que chez l'adulte ; elles comportent en générale 7 articles : des exceptions concernant les Gomphidae à 4 articles.

2.2. Anatomie des Odonates

Les insectes sont recouverts d'une cuticule chitineuse comme l'ensemble des arthropodes. C'est un exosquelette qui leur sert à limiter les pertes d'eau en milieu aérien. L'anatomie des odonates, conforme dans ses grandes lignes à celle des autres insectes, présente toutefois des différences qui font de ces animaux exclusivement carnivores, de parfaites machines de chasse.

2.2.1. Organisation interne des odonates

- **Appareil circulatoire**

Tous les organes internes sont baignés dans l'hémolymphe, autrement dit le sang de l'insecte, ce liquide est dépourvu d'hémoglobine et n'apparaît donc pas rouge, mais plutôt

transparent. L'hémolymphe pénètre dans le cœur, puis est dirigée vers l'avant du corps jusque dans le thorax où elle est de nouveau libérée dans le corps. Mis à part son rôle nourricier, l'hémolymphe est importante dans le processus de la mue. En effet, elle aide les Odonates à se débarrasser de sa vieille peau (exuvie) en créant des surpressions locales. De plus lors de la mue imaginale (dernière mue) des Odonates, c'est l'hémolymphe qui, en envahissant les nervures des ailes, les aide à se tendre avant de sécher.

- **Appareil respiratoire**

Les Odonates respirent par un orifice olfactif situé dans la tête. On ne voit ni poumons, ni branchies, mais on observe des trachées qui constituent des tubes débouchant sur l'extérieur du corps par des ouvertures variables, les stigmates. Ces derniers sont répartis en 02 stigmates situés dans le thorax et 08 dans l'abdomen. Les trachées se ramifient en tubes de plus en plus fins, les trachéoles, qui conduisent l'air dans tous les organes. À ce niveau, l'oxygène de l'air diffuse dans l'hémolymphe, et le dioxyde de carbone passe dans l'air.

- **Appareil nerveux**

Il est formé d'un ganglion cérébral situé dans la partie supérieure de la tête ; de ce cerveau partent des nerfs dont certains sont particulièrement importants : nerfs optiques, nerfs antennaires. Deux nerfs latéraux passent de part et d'autre de l'œsophage (collier œsophagien) et se rejoignent au niveau d'un collier nerveux sous œsophagien ; de cet endroit part un nerf de fort diamètre qui longe la partie inférieure de l'insecte jusqu'à bout de l'abdomen : la chaîne nerveuse ventrale, il présente des ganglions nerveux d'où partent les différentes fibres qui innervent les organes et les muscles.

2.3. Cycle de vie des Odonates

Les Odonates appartiennent aux insectes hétérométaboles (avec métamorphose continu) et hémimétaboles (milieu de vie de la larve est différent de milieu de vie de l'adulte). Ils sont caractérisés par un cycle de vie qui se divise en 03 stades, à savoir ; le stade Œuf, le stade Larve et le stade Adulte (**Fig. 16**) (Corbet, 1999 ; Resh & Cardé, 2009 ; Stoks & Córdoba-Aguilar, 2012). Ce cycle de vie commence avec les œufs déposés dans l'eau (les lacs, les étangs, les cours d'eau, les rivières, les tourbières etc..). Les œufs se transforment en nymphes (Larves) qui passent généralement environ un an (parfois plus) à vivre et à se développer en tant qu'insectes aquatiques avant d'être aptes à émerger en tant qu'adultes. Une fois l'eau atteint la température appropriée pour une espèce particulière, les nymphes grimpent de l'eau vers la végétation ou les roches voisines où elles vont émerger et donner des adultes.

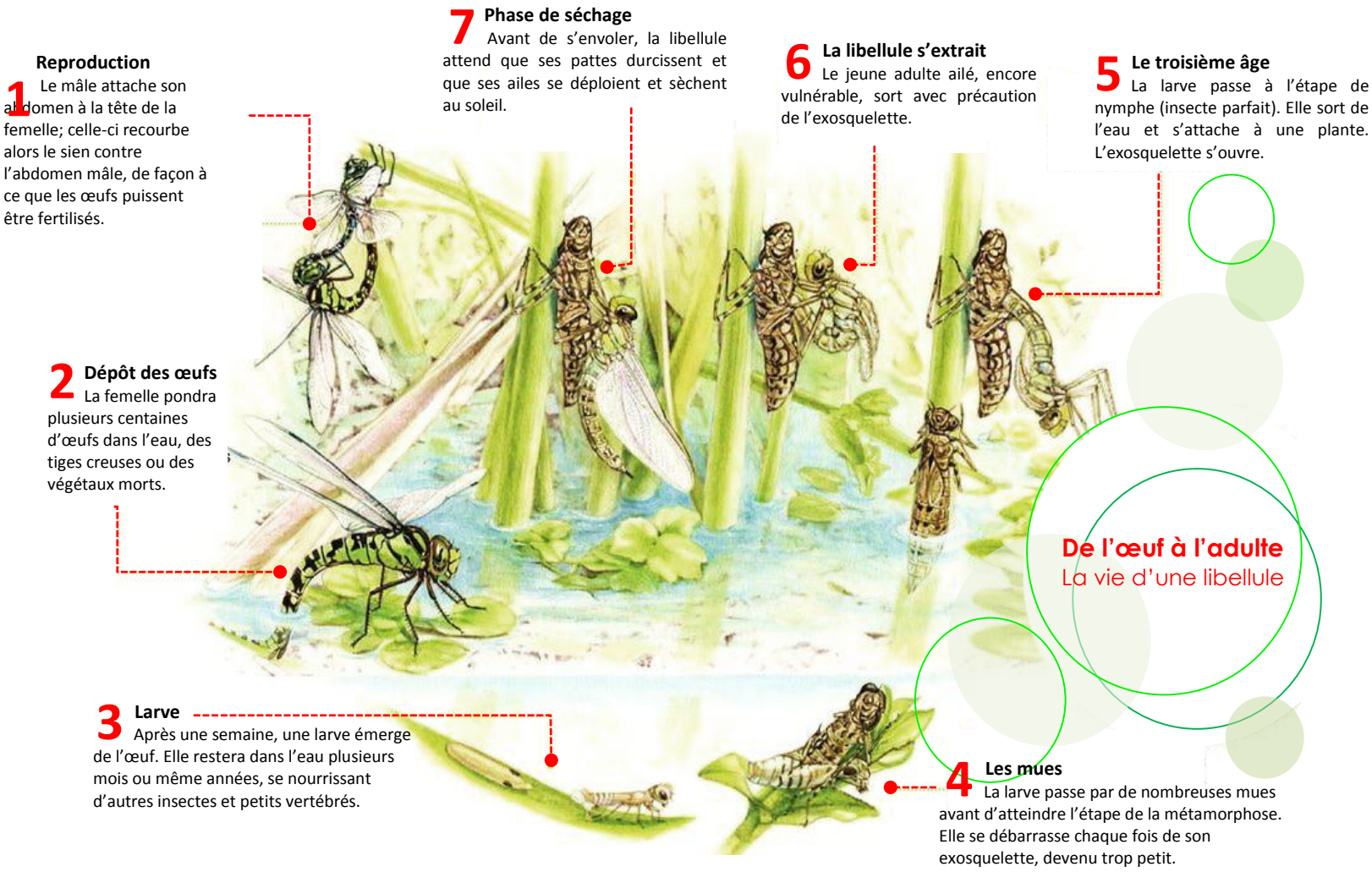

Fig. 16 | **Cycle de vie des Odonates** [17].

2.3.1. Stade œuf

Les femelles des odonates adoptent en générale 03 types de ponte (**Fig. 17**) : (**1**) **Endophytique** (à l'intérieur d'une plante), (**2**) **Epiphytique** (sur la surface d'une plante), et (**3**) **Exophytique** (sur l'eau ou la terre).

Les œufs existent sous un large éventail de formes. En général, les œufs de type endophytique sont typiquement plus allongés et fins alors que ceux qui sont pondus dans une tige de plante ou à la surface de l'eau ou sous terre sont plus ovales a sous-spheriques (**Fig. 18**) (Corbet 1999).

Le développement des œufs peut être de deux types ceux à éclosion rapide (quelques jours à trois semaines) et ceux à éclosion retardée qui survient alors plusieurs mois après la ponte (Corbet, 1962 ; Aguilar et Dommenget, 1998). En général, les œufs éclosent 7 à 8 jours après la ponte mais l'éclosion peut être délayée de 80 jours (Miller, 1992) voir 360 jours selon un cas étudié (Sternberg, 1990).

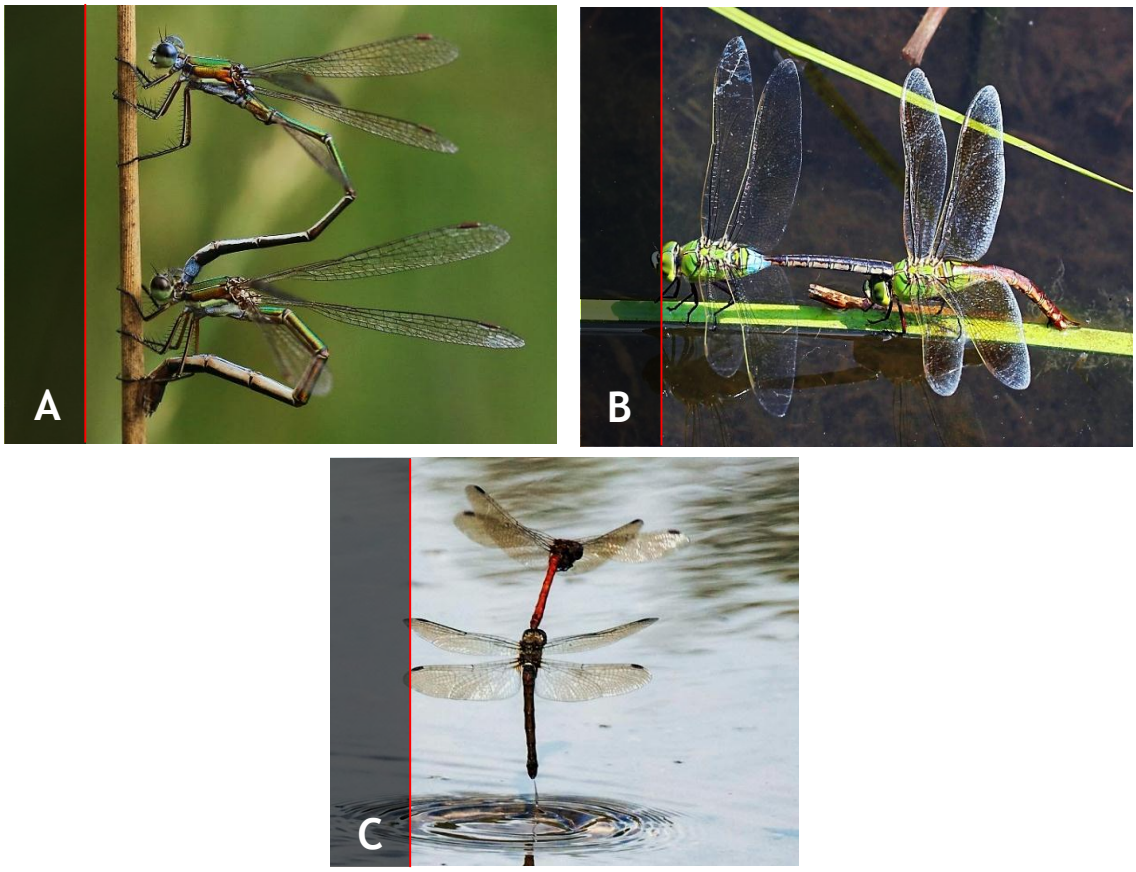

Fig. 17 | **Différents types de Ponte.**
(A) Oviposition Endophyte [18]
(B) Oviposition Epiphyte [19]
(C) Oviposition Exophyte [20]

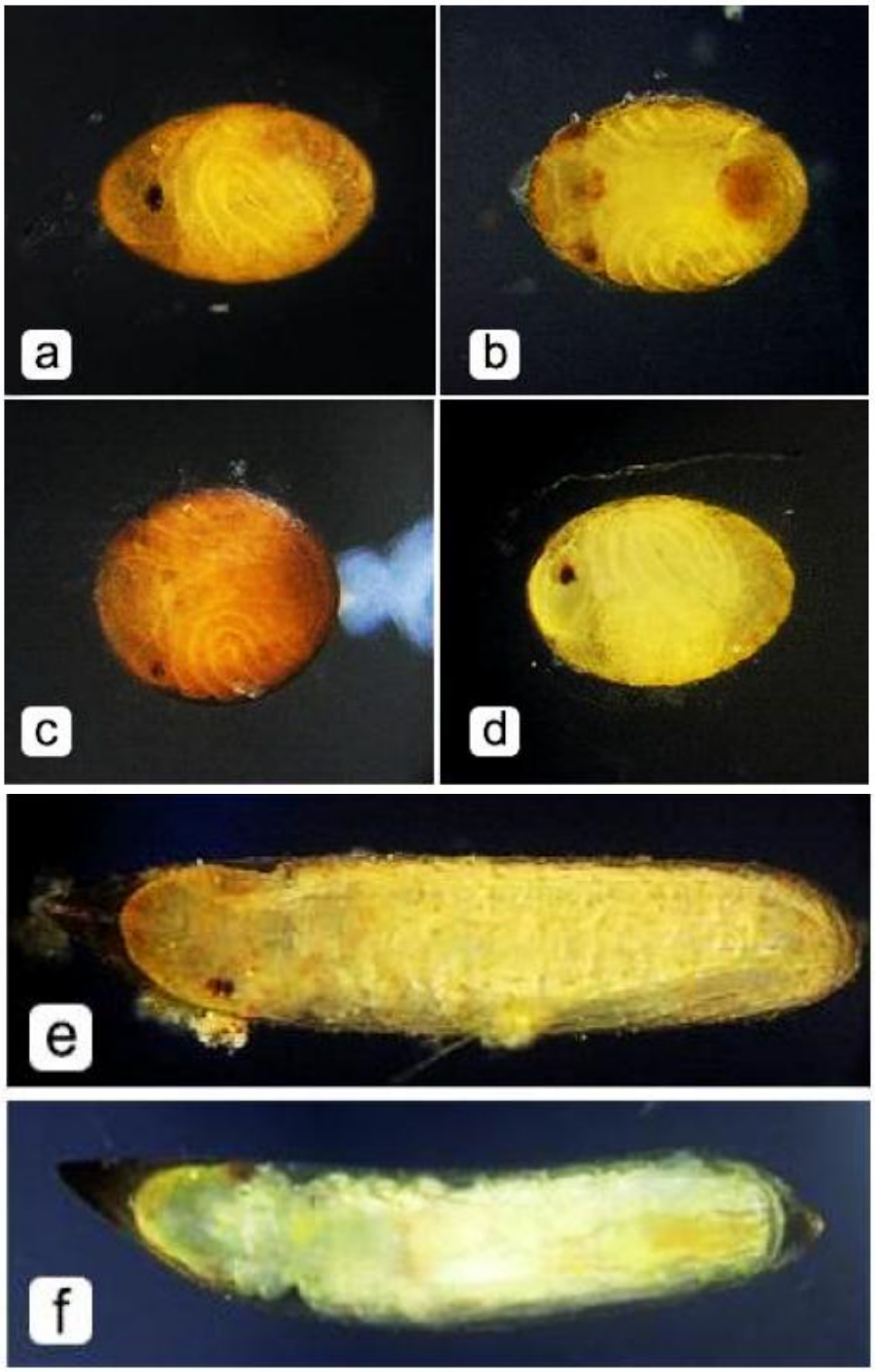

Fig. 18 **Morphologie des œufs des odonates** (Guebailia, 2017).
(a) *Orthetrum triangulare*, **(b)** *Libellula quadrimaculata asahinai*, **(c)** *Tramea virginia*, **(d)** *Pantala flavescens*, **(e)** *Caloperyxjaponica*, **(f)** *Lestes sponsa*.

2.3.2. Stade larvaire

La croissance larvaire s'effectue de façon générale dans l'eau. Les larves peuplent la plupart des milieux aquatiques, elles fréquentent les eaux calmes (*Gomphus* - *Anax*...) ou vivent dans les courants rapides (*Calopteryx*...). Il y'en a même qui peuvent survivre dans les eaux saumâtres (Corbet 1999).

En premier lieu, les œufs donnent naissance à une prolarve (qui constitue un stade bref) puis à une larve, qui va subir un certain nombre de mues avant d'atteindre la forme adulte. Le nombre des mues varie entre 7 et 16 mues en fonction des espèces et des conditions écologiques régnant au sein des habitats dans lesquels elles se développent tels que : la température, la photopériode, l'altitude et la latitude (Corbet, 1956 ; Aguesse, 1961 ; Schaller, 1968 ; Aguilar et Dommanget, 1998 ; Corbet ,1999 ; Sniegula et *al.*, 2010, 2014 ; Nilsson-Ortman et *al.*, 2013).

La mue imaginale constitue la dernière mue de la libellule qui prend alors sa forme adulte. Quelques jours (parfois quelques semaines) après l'éclosion, la larve quitte le milieu aquatique où elle va choisir un support végétal favorable pour se fixer en position horizontale ou verticale (selon les espèces). Ensuite, le thorax se dilate et la peau se fend entre les deux fourreaux alaires. La déchirure s'agrandie en laissant, ainsi, le thorax de l'adulte pour saillir, la tête apparaît puis les pattes et les ailes.

Le jeune adulte se renverse complètement la tête en bas. Après une phase de repos, il se redresse et se raccroche à la partie antérieure et il extrait l'abdomen. Enfin, il est dégagé de sa dépouille larvaire, les ailes vont lentement se déployer et finalement et après une phase de desséchement complet, l'insecte peut prendre son premier envol (**Fig. 19**) (Aguilar et Dommanget, 1998)

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

Par conséquent, le choix et la sélection du site et du timing jouent un rôle important pour minimiser le risque de mortalité durant l'émergence (Banks et Thompson, 1985 ; Gribbin et Thompson, 1990 ; Corbet, 1999 ; Purse et Thompson, 2003).

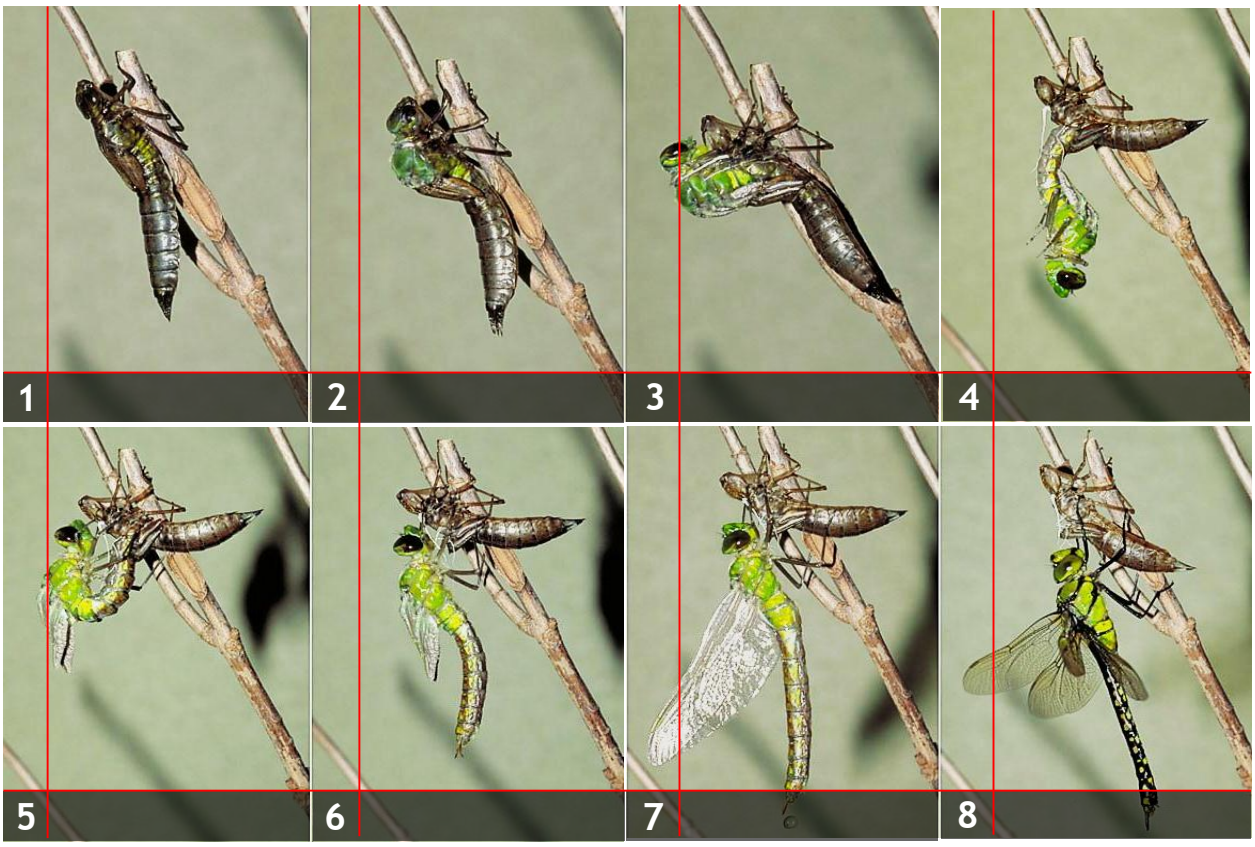

Fig. 19 **Étapes de l'émergence de la Libellule** *Anax nigrofasciatus* [21].

(1) La libellule est hors de l'eau, se positionne et s'apprête à la transformation qui l'attend ;

(2) Elle s'immobilise et attend un long moment. Son corps qui se gonfle petit à petit d'air fait éclater sa peau au niveau du dos ;

(3) La peau du thorax et de la tête se craquelle, la libellule sort sa tête, son thorax et ses pattes, l'abdomen restant inséré dans l'exuvie ;

(4) La libellule se trouve la tête en bas, l'abdomen encore coincé. Elle s'immobilise ainsi de longs moments, comme pour reprendre ses forces ;

(5) D'un violent coup de rein, elle se redresse, et libère son abdomen. Elle a alors entièrement quitté son enveloppe larvaire ;

(6) L'insecte est entièrement sorti. Les ailes vont lentement se déployer, sous l'action d'un liquide irriguant les minuscules vaisseaux des ailes et l'abdomen va se gonfler à son tour et grandir pour prendre sa forme finale ;

(7) Les ailes et l'abdomen s'allongent encore sous la pression des fluides corporels où ils vont se rigidifier ;

(8) Après quelques minutes de séchage, l'insecte est capable d'entreprendre son premier vol.

2.3.3. Stade Adulte

On peut distinguer trois périodes importantes dans la vie de l'adulte (Corbet, 1962) :

- La période pré-reproductive ou (de maturation).
- La période reproductive.
- La période post-reproductive

2.3.3.1. Période pré-reproductive (maturation)

Suivant l'émergence, la vie adulte commence par un état de fragilité, de vulnérabilité et d'immaturité sexuelle : c'est le stade ténéral (immature) durant lequel les adultes ont un vol faible, un tégument luisant. Les libellules entreprendront par la suite une période de maturation sexuelle variable selon les espèces. Durant cette période de maturation, les libellules terminent les transformations physiologiques qui leur permettront d'atteindre la maturité. Elle est caractérisée par des changements de couleurs (Corbet, 1962), l'augmentation du poids et développement des gonades (Ueda, 1989).

La période pré-reproductive se fait loin des sites de reproduction et elle peut être courte lorsque la température est élevée (par exemple elle dure 2 jours chez *Calopteryx splendens*) (Buchholtz, 1951 ; Zahner, 1960 ; Corbet 1962). Dans le cas contraire elle est prolongée par une estivation ou une hibernation durant une ou plusieurs semaines. Dans la Numidie, les adultes immatures des espèces *Aeshna mixta*, *Lestes virens*, *Sympetrum meridionale* et *Sympetrum striolatum* se déplacent vers les hautes altitudes et subissent une période de maturation de plus de 4 mois (Samraoui & Corbet, 2000b). En plus, les mâles sont matures plus tôt que les femelles. Exemple, le mâle de *Anax imperator* arrive à sa maturation en 7-12 jours tandis que la femelle 13 à 16 jours (Corbet, 1957).

A la fin de cette période, les adultes atteints leurs maturités et reviennent près des milieux aquatiques pour entreprendre leur période de reproduction.

2.3.3.2. Période reproductive

Elle débute lorsque les adultes montrent un comportement sexuel (parade nuptial, garde de site de reproduction,…). Cette période comporte deux phases essentielles: l'**accouplement** et la **copulation.**

– **L'accouplement**

L'accouplement commence soit par une poursuite de la femelle chez quelques anisoptères comme ; *Crocothemis erythraea, Trithemis annulata, Trithemis arteriosa*, soit par une parade nuptiale c'est le cas du ; *Calopteryx haemorrhoidalis, C. Exul.* Ensuite, le mâle attrape la femelle entre ces pattes, puis il va la saisir dans la région entre la tête et le prothorax (la nuque) à l'aide de ses appendices anaux et le **tandem** se forme (Corbet, 1999).

– **La copulation**

Après le transfert du sperme débute la copulation, le mâle soulève son abdomen en repliant vers la bas son extrémité, la femelle courbe à son tour son abdomen pour joindre son orifice génital à l'organe copulateur du mâle (deuxième segment) il y a alors formation du cœur copulatoire (**Fig. 20**).

La copulation dure plus ou moins longtemps, parfois seulement quelques secondes et en vol (Libellula, *Crocothemis*), parfois elle sopère sur un support chez Coenagrionidae, Calopterygidae et elle dure un temps beaucoup plus long (Corbet, 1962).

Fig. 20 | **Le cœur copulatoire des odonates** (Suhling et *al.,* 2015).
(A) *Ishnura elegans*
(B) *Onychogomphus uncatus*

Après la formation du tandem, nous arrivons à ce que nous appelons " une compétition spermatique". Les males des odonates ont le pouvoir, selon les espèces, de retirer et de nettoyer le sperme d'un accouplement précédent par un autre mâle avant de transférer leurs propres spermatozoïdes (Waage, 1979, 1984, 1986 ; Siva-Jothy, 1987a, b, c ; Siva-Jothy & Tsubaki, 1989a ; Miller, 1990 ; Cordero et *al.*, 1992 ; Hooper & Siva-Jothy, 1996). Ce phénomène a été découvert pour la première fois chez *Calopteryx maculata* (Zygoptera) en 1979 par Waage (**Fig. 21**).

Fig. 21 ***Calopteryx maculata* en copulation.**
Le mâle introduit son pénis dans la spermathèque de la femelle, et, par un mouvement de brossage, ôte 90-100% des spermatozoïdes qui s'y trouvent déjà. Puis il dépose ses propres gamètes. (**Waage, 1979**)

2.3.3.3. Période post-reproductive

Après la période de reproduction, peu d'individus d'odonates passent une période de post-reprductive où ils se rendent de moins en moins sur les sites de ponte. Leurs couleurs deviennent ternes, leurs ailes amochées et finissent par mourir.

2.4. Régime alimentaire

Les adultes se nourrissent en vol et essentiellement d'insectes de petite taille (diptères surtout). Les Aeshnidae et les Libellulidae de grande taille peuvent consommer des Zygoptères. Les larves sont elles aussi carnassières et éventuellement cannibales et bien qu'elles s'adressent à des proies mobiles. Au cours des tout premiers stades, elles consomment essentiellement des proies unicellulaires et des éléments zooplanctoniques de petite taille, puis le spectre alimentaire s'élargit rapidement vers des proies plus grandes et plus diverses. Il existe une bonne corrélation entre le mode de vie des larves et leur mode de détection des proies : les fouisseurs les détectent à la fois par des moyens tactiles et visuels, les grimpeurs et marcheurs utilisent surtout le repérage à vue (Durand & Léveque, 1981).

Dans l'analyse du contenu de l'estomac d'une *Somatochlora arctica* en Norvège, la nourriture consistait en 58% de larves de chrirome, 40% de puces d'eau, et les 2% restants d'hydrachnidiae.

2.5. Habitats

La majorité des espèces sont inféodées soit aux eaux courantes (ruisseaux, rivières), soit aux eaux stagnantes (mares, étangs, lacs). Cette stricte dichotomie se fait souvent à l'échelle de la famille. Ainsi, les Platycnemididae et les Gomphidae fréquentent presque tous des eaux courantes alors que les Coenagrionidae et les Libellulidae préfèrent les eaux stagnantes. Les différences de peuplement sont induites par le taux d'oxygène dissous et le type de substrat.

Dans les zones tempérées du globe, les Libellules interviennent surtout dans la gestion des milieux naturels et sont souvent considérées comme des espèces indicatrices clés pour la qualité de l'environnement et la gestion de la biodiversité. Leur sensibilité à la qualité de l'habitat comme les couverts forestiers, la chimie de l'eau, la structure des rivières et des rives (Schmidt, 1985 ; Castella, 1987 ; Moore, 1997; Chovanec et *al.*, 2001, 2004, 2005 ; Oertli et *al.*, 2005 ; Indermuehle et *al.*, 2008), leur caractère amphibien et leur identification relativement simple procurent aux Libellules le statut d'indicateur fiable pour l'évaluation des changements environnementaux sur le long terme (biogéographie, climatologie) et le court terme (conservation de la biologie, pollution des eaux, altération de la structure des eaux courantes et stagnantes), bien qu'elles ne soient pas aussi vulnérables que d'autres invertébrés benthiques (Riservato et *al.*, 2009).

2.6. Colonisation de nouveaux milieux

Certaines libellules entreprennent des vols migratoires comme les oiseaux. Cela peut paraître étonnant et pourtant certaines espèces effectuent un vol de plusieurs heures dans une même direction les menant dans des localités imprévues. Il faut ajouter à cela qu'entre les vols de maturation qui s'effectuent à courte distance et les vols de migration, continus et dirigés dans une même direction, il existe toute une gamme de déplacements permettant à l'espèce de coloniser de nouveaux milieux (Dommanget, 1985). Par exemple, *Hemianax ephippiger*, qui est originaire de la zone équatoriale et tropicale d'Afrique, a été exceptionnellement observée en France, en Angleterre et jusqu'en Islande. Des individus ont même été notés en montagne jusqu'à 4 000 mètres d'altitude et à plus de 1 000 mètres des côtes en mer. En plus, ***Anax junius***, espèce nord-américaine, traverse exceptionnellement l'Atlantique emportée par des vents d'ouest (en septembre 1998 et suite à une violente tempête atlantique, 06 individus appartenant à cette dernière espèce ont été enregistrés dans la côte ouest d'Angleterre) (Corbet, 2000).

Deuxième partie
Etude expérimentale

Chapitre 03
Présentation de site d'étude

3. Présentation de la région d'étude

3.1. Bassin versant de la Seybouse

3.1.1. Situation géographique

Le bassin versant de la Seybouse est l'un des plus grands bassins hydrographiques en Algérie, sa superficie est de l'ordre de 6471 Km^2 (Mezian, 2009). Il est limité au Nord par la mer Méditerranée, au Sud par la Wilaya de Souk-Ahras, à l'Ouest par les Wilayas de Constantine et Skikda et à l'Est par la Wilaya d'El Tarf (Adjissi, 2009). Le bassin de la Seybouse a été divisé en trois partis à savoir (**Tab. 03**, **Fig. 22**) (Mezian, 2009) ;

- La haute- Seybouse : qui comprend les sous bassins appelés 14-01, 14-02 et 14-03.
- La moyenne- Seybouse : qui couvre le sous bassin 14-04 et 14-05
- La basse- Seybouse : qui comprend les sous bassins appelés 14-06.

Tableau 03 : Répartition par superficie des sous bassins de la Seybouse (A.B.H, 1999).

Sous – Bassins	Superficie (km^2)	Caractère général
14-01	1739	Haute Seybouse
14-02	1166	Haute Seybouse
14-03	1136	Haute Seybouse
14-04	818	Moyenne Seybouse
14-05	555	Moyenne Seybouse
14-06	1057	Basse Seybouse
Total	**6471**	

3.1.2. Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique du bassin de la Seybouse **(Fig. 22)** possède un régime hydrologique de type pluvial, fortement dominé par les précipitations sur l'ensemble de l'année avec un chevelu hydrologique de plus de (3.000 Km). Quarante-deux oueds ont une longueur supérieure à 10 Km dont deux : le Cherf (88.61 Km), et le Bouhamdane (37.49 Km), se réunissent à Medjez Amar pour donner naissance à l'oued Seybouse (134.74 Km), qui serpente vers le Nord en parcourant la basse plaine de Annaba, souvent inondée au moment des crues, avant de se jeter dans la baie d'Annaba par l'estuaire de Sidi Salem (Bouchelaghem, 2008).

La majorité des cours d'eau de la Seybouse sont petits voire très petits, ce qui les rend sensibles à toute perturbation qu'elle soit d'origine naturelle ou humaine (Bouchelaghem, 2008). Sur ce bassin s'exercent d'importantes activités agricoles (céréales et cultures maraîchères) et industrielles intenses (plus de 70 usines dont les plus importantes se regroupent sur la Seybouse maritime) (Gouiez, 2006).

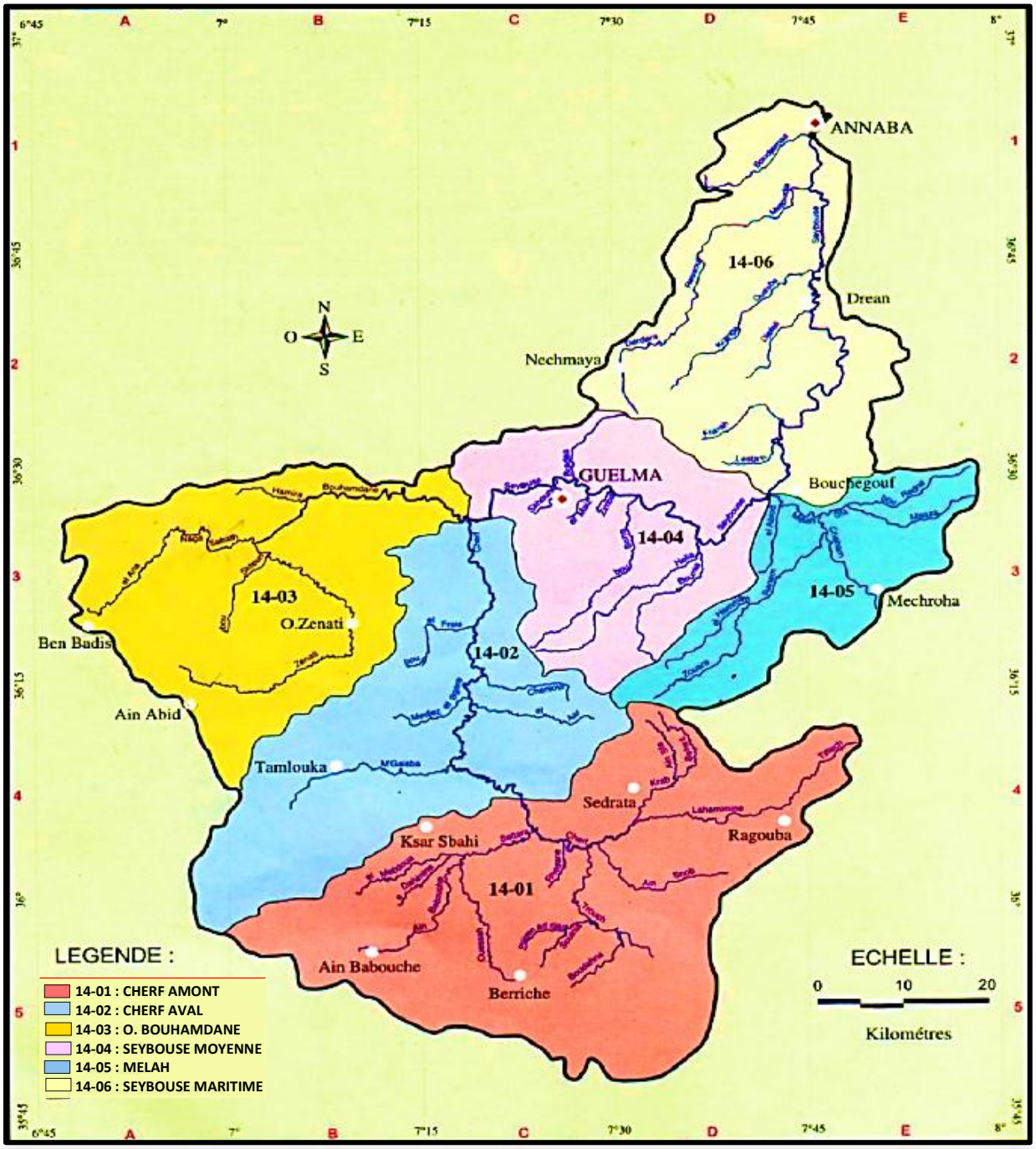

Fig. 22 | **Présentation des sous-bassins et le réseau hydrique du bassin versant de la Seybouse** (A. B. H, 1999).

3.1.3. Relief

La géographie de la wilaya se caractérise par un relief diversifié dont on retient essentiellement une importante couverture forestière et le passage de la Seybouse qui constitue le principal cours d'eau. Les mouvements tectoniques du Plio-Quaternaire ont joué un rôle important dans la morphogenèse de la région. Ce relief est composé de :

- Montagnes : 37,82 % dont les principales sont :
  - Mahouna (Ben Djerrah) : 1 411 m d'altitude ;
  - Houara (Ain Ben Beidha) : 1 292 m d'altitude ;
  - Taya (Bouhamdane) : 1 208 m d'altitude ;
  - D'bagh (Hammam Debagh) : 1 060 m d'altitude.
- Plaines et Plateaux : 27,22 %
- Collines et Piémonts : 26,29 %
- Autres : 8,67 %

Le sud de Guelma comporte la chaîne centrale de la Medjerda où s'impose l'important massif du Ras El Alia : série d'entablements de calcaires Eocène, dont les principaux sont le Djebel Bardou (1261 m) et le Djebel Houara (1292 m). Vers le Sud – Est, la haute chaîne se poursuit par les massifs calcaires sénoniens du Djebel El Arous (1160 m) et les calcaires Eocène du Djebel Safiet, puis par les monts d'Ain Seynour couverts par les grés numidiens.

Tout le massif constituant la haute chaîne centrale des monts de la Medjerda s'ennoie sous les plaines de Sellaoua au Sud - Ouest de la wilaya. A l'Est de la wilaya, les montagnes boisées du versant septentrional des monts de la Medjerda s'abaissent rapidement par gradins vers la vallée de l'Oued Seybouse, dont Kef Erramoul (797 m) et Kef Djemmel (812 m).

La majeure partie du versant est recouverte par l'épaisse formation gréso-argileuse du Numidien qui caractérise le paysage jusqu'à la frontière algéro-tunisienne. Les sommets sont arrondis sans alignement net, les formes massives et les vallées peu profondes. Il en est de même pour les formations triasiques d'Ain Seynour-Nador qui s'élèvent en massif sans vigueur au-dessus de la plaine de Bouchegouf. Au Nord, s'étendent les monts d'Ain Berda qui séparent la dépression de Guelma de celle du lac Fetzara, au-delà des limites septentrionales de la wilaya. Au Nord - Ouest, les derniers abrupts calcaires du chainon du Débar (1060 m) viennent s'ennoyer dans les formations marneuses ou gréseuses à relief plus mou. Un autre calcaire, djebel Taya (1208 m) continue vers l'Ouest, séparant le bassin d'Oued Safsaf au Nord de l'Oued Bouhamdane au Sud. L'Ouest de la région comprend des

zones très variées, allant de la large et profonde vallée de l'Oued Cherf qui s'écoule du Sud au Nord, aux plaines élevées de la région de Ras El Agba (700 – 800 m) et des vallées profondes en aval et amont de Bordj Sabath (Benmarce, 2007).

La répartition générale des terres au niveau de la wilaya de Guelma distingue l'importance de la surface agricole totale (SAT) qui représente une superficie totale de 264618 ha soit 70,99% de la superficie totale wilaya, dont (70,80%) surface agricole utile (SAU) soit 187 338 ha.

Les ressources hydriques sont assez importantes pour permettre d'irriguer une superficie totale de 16 150 ha, soit un taux d'irrigation de 8,62% par rapport à la SAU. Les parcours occupent une superficie de 50 875 ha soit 19,23% de la surface agricole totale et 13,65 % de la surface totale de la wilaya. Les terres improductives ne représentent que 7,08% soit 26 405ha de la surface totale de la wilaya. Sur les 187 338 ha de surface agricole utile, seulement 15 011,45 ha sont irrigués soit 8.62% de la SAU.

On compte une grande variété d'écosystèmes forestiers et la superficie de toutes ces terres forestières couvre plus de 1/3 de la wilaya de Guelma. Elle représente de 116 864,95 ha, un taux de couverture 31,70% de la superficie totale de la wilaya et qui se répartissent selon les domaines suivants :

- Les maquis représentent une superficie de 70 384,4 ha soit 60% de la couverture forestière totale ;
- Les forêts représentent une superficie de 32 588,55 ha soit 28% de la couverture forestière totale ;
- Les terrains nus disposent une superficie de 13 982 ha soit 12% de la superficie forestière.

La couverture forestière de la wilaya de Guelma est constituée principalement par le chêne liège *Quercus suber* et le chêne vert *Quercus ilex* avec une superficie de 17 680,5 ha soit 54%, suivie par le pin d'Alep *Pinus halepensis* avec une surface de 5 715,5 ha soit 18%, l'Eucalyptus avec une superficie de 3530 ha soit 11%. Les superficies des autres essences, sont assez significatives (chêne zen 2201 ha, pin maritime *Pinus pinaster* et pin pignon *Pin parasol* 1638 ha, cyprès 1019 ha, et liège privé 804,55 ha) (URBACO, 2012).

3.1.4. Climatologie

Le climat est certainement un facteur du milieu très important, il a une influence directe sur la faune et la flore (Touati, 2008). La description du climat tient principalement compte de certains paramètres, tels que la température, les précipitations, le régime des vents et l´humidité.

De part sa latitude, le bassin de la Seybouse se trouve dans la zone subtropicale et soumis aux influences des climats sahariens, méditerranéens et aux descentes polaires (Cherairia et *al.*, 2014).

- **Sahariens** : car elles se manifestent par les hautes pressions tropicales (Anticyclone saharien), par le Sirocco (Chehili) qui souffle en été, c'est un vent chaud et sec qui est redouté par les agriculteurs, il est synonyme de sécheresse.
- **Méditerranéens** : pour le régime des pluies en hiver et la sécheresse estivale.
- **Polaires** : des masses d'air froides en provenance de Sibérie ou du pôle viennent lécher la partie Nord du Maghreb en hiver.

En revanche, le climat est de type tempéré et ensoleillé. Les hivers sont froids avec des épisodes neigeux parfois importants sur les régions Sud.

Les étés sont très chauds et secs, quelques nuages orageux rompent la monotonie du temps, accompagnés d'averses de grêle et de fortes précipitations brèves et locales, alterne souvent avec des chaleurs brûlantes qui peuvent se manifester de manière violente même en Juillet et début Août.

Pour caractériser le climat de notre zone d´étude, nous avons tenu compte des données météorologiques récoltées dans la station de Guelma sur 20 ans (1994-2014).

A. Température

La température dépend de l'altitude, de la distance du littoral et de la topographie (Dajoz, 1985). Elle représente un facteur limitant de toute première importance, car elle contrôle l´ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait, la répartition de la totalité des espèces et des communautés d´êtres vivants dans la biosphère (Ramade, 2003).

Les données des températures moyennes mensuelles récoltées de la station météorologique de Guelma (1994-2014) sont présentées dans le **(Tab. 04)**.

Tab. 04. Températures moyennes mensuelles de la station de Guelma (1994-2014).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T (°C)	9,04	9,95	13,26	16,44	21,01	25,87	29,54	29,56	25,1	20,44	14,35	10,14

Les moyennes mensuelles les plus élevées sont observées pendant la période allant de mai à octobre, avec des températures variant de 20 à 29.56 °C. Par contre les températures les plus basses 9.04 à 16.44 °C sont observées de novembre à avril. Ainsi, la température la plus élevée est enregistrée durant le mois d'aout avec 29.56°C et la température minimale est observée durant le mois de janvier avec 9.04°C.

B. Précipitation

Les précipitations sont un facteur climatique très important qui conditionnent l´écoulement saisonnier et par conséquent le régime des cours d´eau ainsi que celui des nappes aquifères (Chibani, 2009).

La saison hivernale est la plus pluvieuse avec une moyenne de 80.41 mm/mois, tandis que l'été est sec avec une faible recharge de 11.38 mm/mois **(Fig. 23)**. La plus grande valeur de précipitation moyenne mensuelle correspond au mois de décembre (88.71 mm), par contre la plus faible valeur correspond au mois de juillet avec (4.67 mm).

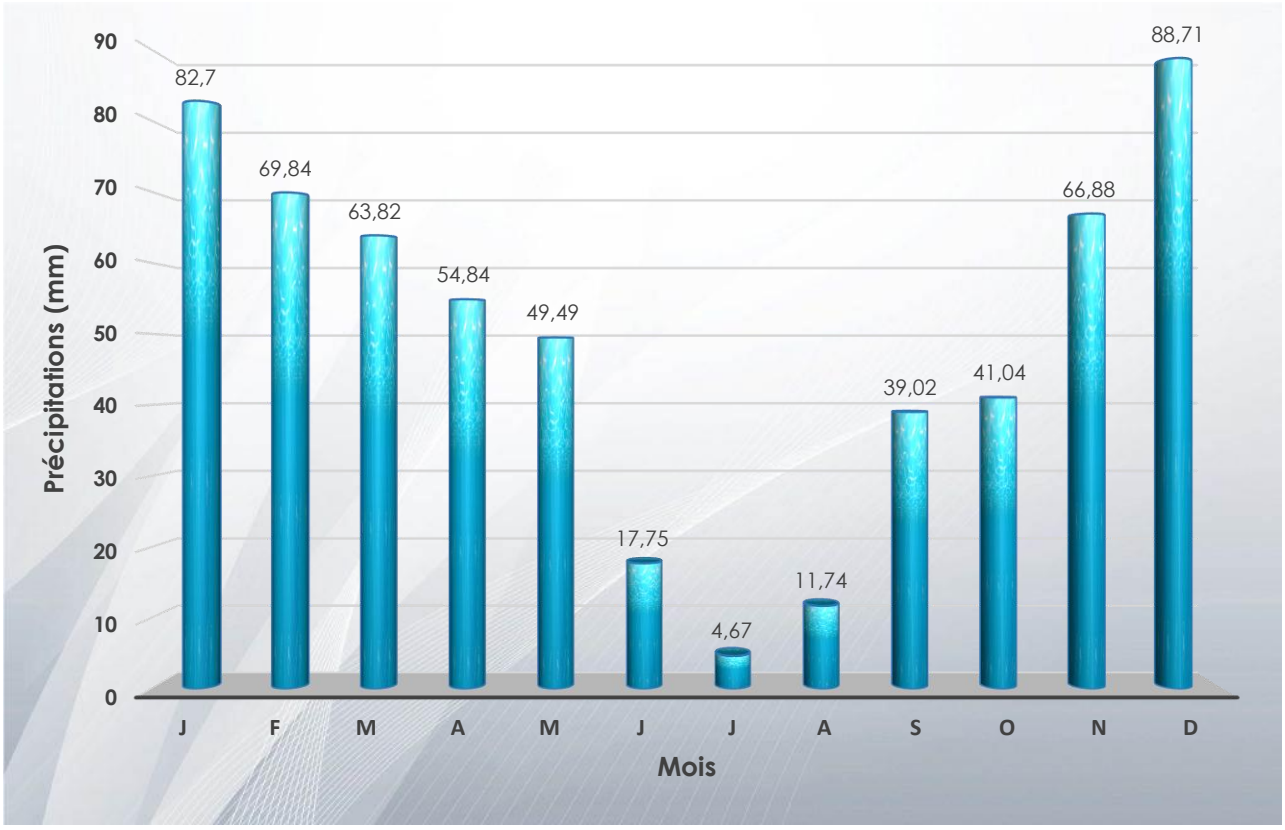

Fig. 23 | **Evolution des précipitations moyennes mensuelles de la station de Guelma** (1994-2014)

C. L´humidité

Ce paramètre est fonction de la distance à la mer et de la présence d'une surface importante de forêt. L'humidité de l'air est peu variable au cours de l'année, le taux maximal de l'humidité est observé pendant le mois de janvier (78,25%), alors que le taux minimal est observé pendant le mois de juillet (55.99%) (S.M.G 1994-2014).

D. Vent

Les vents dominants à Guelma sont de direction nord–ouest pendant l'hiver et nord-est pendant l'été (Boussekine, 2009).

3.1.5. Bioclimat

Les différents facteurs climatiques n´agissent pas indépendamment les uns des autres. Pour tenir compte de cela, divers indices ont été créés, principalement dans le but de rendre compte de la répartition des types de végétations. Les indices les plus employés font usage de la température et de la pluviosité qui sont les facteurs les plus importants et les mieux connus (Dajoz, 1985).

A. Climagramme d'Emberger

Pour caractériser un bioclimat, Emberger (1955), a établi un quotient représenté par le rapport entre les précipitations moyennes annuelles et les températures moyennes. L'expression de ce quotient est la suivante :

$$Q_2 = (2000\ P) / (M^2 - m^2)$$

Q_2 : quotient pluviométrique.
P : précipitations moyennes annuelles.
M : température des maxima du mois le plus chaud en Kelvin
m : température des minima du mois le plus froid en Kelvin.

Selon Emberger, la région méditerranéenne est subdivisée en cinq étages bioclimatiques. Pour déterminer l'étage bioclimatique de la région d'étude (Guelma), il faut procéder au calcul du quotient pluviométrique d'Emberger (Q_2).

- P = 606,07 mm : Précipitations annuelles en mm ;
- M = 36,34 °C = 309,34 K : Moyenne des maxima du mois le plus chaud ;
- m = 4,62 °C = 277,62 K : Moyenne des minima du mois le plus froid.

Après le calcul, le quotient pluviométrique **Q_2** est de **65.10**. Donc, notre région est sous l'influence d'un climat semi-aride à hiver tempéré **(Fig. 24)**.

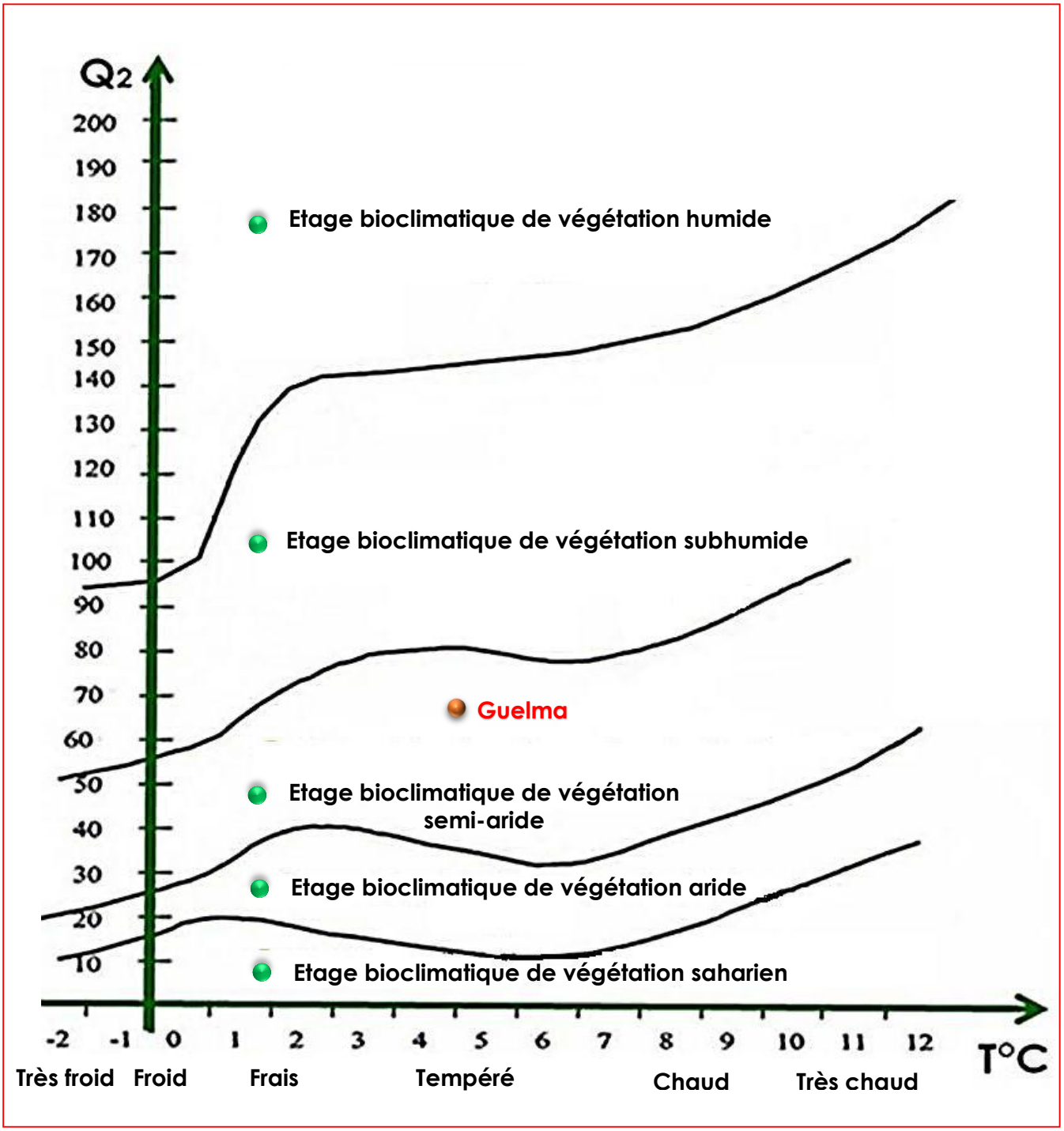

Fig. 24 | **Situation de Guelma dans le Climagramme d'Emberger.**

B. Diagramme Pluvio-thermique de Bagnouls et Gaussen

Le diagramme pluvio-thermique (ombrothermique) de Bagnouls et Gaussen nous permet de mettre en évidence la période sèche et humide de notre zone d'étude (Bagnouls et Gaussen, 1957).

Selon Bagnouls et Gaussen, une période sèche est due aux croisements des courbes de température et des précipitations. Cette relation permet d'établir un histogramme pluviométrique sur lequel les températures sont portées à une échelle double des précipitations.

Un mois est biologiquement sec lorsque le rapport précipitation (P) sur température (T) est inférieur à 2 (P/T<2).

En tenu compte des données climatiques bien précises qui sont les précipitations annuelles et les températures moyennes étalées sur plusieurs années (1994-2014) et sur la base de l'équation P = 2T, nous avons réalisé le diagramme pluvio-thermique de la région de Guelma. L'analyse des courbes de ce diagramme **(Fig. 25),** nous a permis de visualiser deux saisons distinctes :

- une saison sèche (d'environ 05 mois) qui s'étend du mois de mai jusqu'à le mois d'octobre
- une saison humide qui s'étend du mois de novembre jusqu'au mois de mai de novembre à avril.

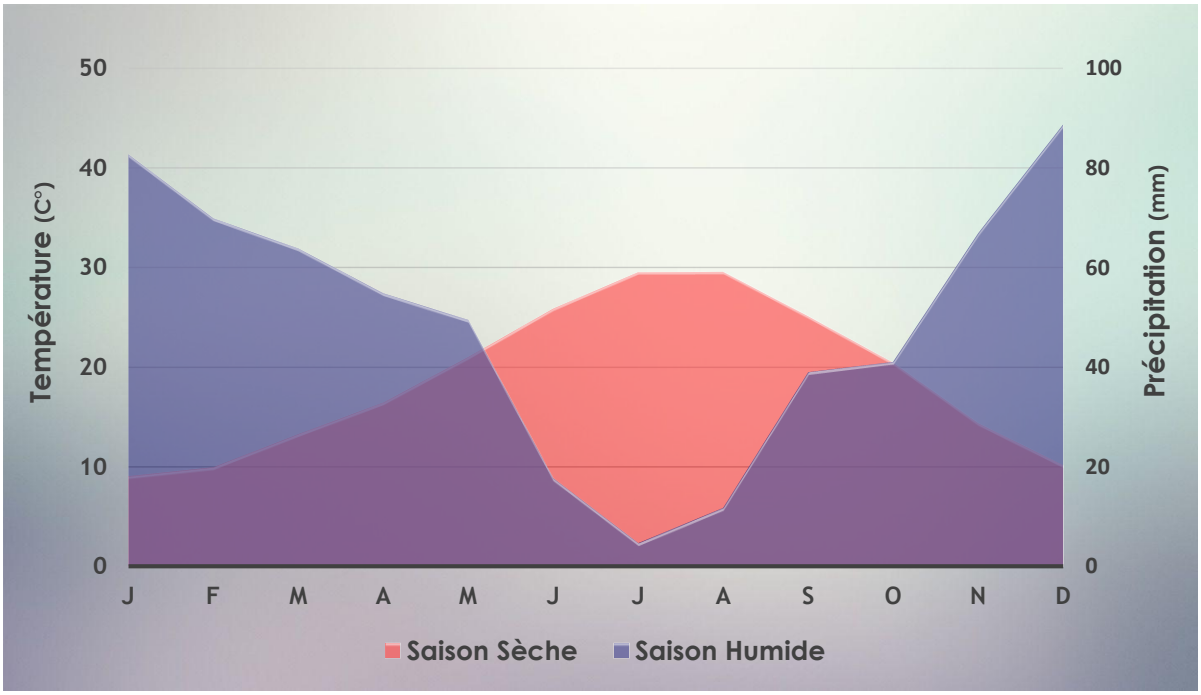

Fig. 25 | **Diagramme Pluvio-thermique de Guelma** (1994-2014)

3.1.6. Richesse biologique

Concernant la biodiversité, le bassin versant de la Seybouse abrite une diversité floristique et faunistique très intéressante (Meziane, 2009 ; Mellal, 2013).

– **La flore**

La couverture végétale est représentée par une dominance de peuplements forestiers qui occupent une superficie de 107 704 ha avec un pourcentage de 28% de la superficie de la wilaya (URBACO, 2012). On note la présence de 140 espèces appartenant à 41 familles et 107 genres avec deux espèces qui sont endémique à l'Afrique du Nord.

La végétation aquatique est principalement dominée par *Typha Angustifolia, Nasturtium officinale, Alisma plantago aquatica, Apium nodiflorum, Phragmites australis* et *Veronica anagallis-aquatica.*

– **La faune**

A propos de la richesse faunistique, plusieurs études ont montré une biodiversité faunistique très diversifié (Meziane, 2009 ; Khelifa et *al.,* 2011 ; Khelifa et *al.,* 2016c). Parmi les espèces existantes, on peut citer:

- **Les mammifères** : le Sanglier, le Chacal, le Renard, le Lièvre, le Lapin, le Gerboise, le Cerf de Barbarie qui est une espèce protégée dans la réserve national de Béni Salah.
- **Les oiseaux** : Héron garde bœuf, Héron cendré, Cigogne blanche, Canard colvert, Milan royale, Milan noir, Epervier d'Europe, Elanion blanc, Vautour percnoptère, Vautour fauve, Busard des roseaux, Buse féroce, Aigle de Bonelli, Aigle botté, Aigle royal, Faucon crécerelle, Faucon pèlerin, Faucon crécerellette, Pintade de Numidie, Perdrix gambra, Caille des blés, Chouette hulotte, Martinet noir, Guêpier d'Europe, Tourterelle turque, Tourterelle maillée, Tourterelle des bois, Huppe fasciée, Pic de Levaillant, Fauvette à tête noire, Bulbul des jardins, Bergeronnette grise, Bergeronnette des ruisseaux, Gobemouche de l'Atlas, Gobemouche gris, Grive musicienne, Merle noir, Mésange charbonnière, Mésange bleue, Chardonneret élégant, Verdier d'Europe etc… (Bensouilah, 2015).
- **Les reptiles** : la Tortue, le Lézards et la Couleuvre.

Concernant la richesse Odonatologique dans le bassin de Seybouse, on a pu recenser un total de 42 espèces d'odonate, parmi ces espèces *Calopteryx exul* et *coenagrion mercuriale* deux espèce très rare dans le nord d'Afrique (Khelifa et *al.,* 2016c) (**Tab. 05**).

Tab.05. Inventaire et nombre de site des odonates de la Seybouse (Mahdjoub, 2017)

Sous ordre	Famille	Espèces	Nombre de site (sur 61)
Zygoptère	Calopterygidae	*Calopteryx exul*	14
		Calopteryx haemorrhoidalis	21
	Coenagrionidae	*Ceriagrion tenellum*	12
		Coenagrion caerulescens	13
		Coenagrion mercuriale	12
		Coenagrion puella kocheri	10
		Coenagrion scitulum	2
		Enallagma deserti	7
		Erythromma lindenii	14
		Erythromma viridulum	4
		Ischnura graellsii	39
		Ischnura pumilio	6
	Lestidae	*Lestes barbarus*	10
		Lestes numidicus	10
		Lestes v. virens	12
		Chalcolestes viridis	13
		Sympecma fusca	10
	Platycnemididae	*Platycnemis subdilatata*	31
Anisoptère	Aeshnidae	*Aeshna mixta*	12
		Aeshna affinis	1
		Aeshna isosceles	1
		Anax imperator	20
		Anax parthenope	11
		Boyeria irene	3
	Gomphidae	*Onychogomphus costae*	11
		Onychogomphus forcipatus unguiculatus	4
		Onychogomphus uncatus	1
		Gomphus lucasii	14
	Libellulidae	*Crocothemis erythraea*	19
		Diplacodes lefebvrii	9
		Brachythemis impartita	3
		Orthetrum coerulescens anceps	16
		Orthetrum cancellatum	16
		Orthetrum chrysostigma	17
		Orthetrum nitidinerve	15
		Orthetrum trinacria	4
		Sympetrum fonscolombii	12
		Sympetrum meridionale	3
		Sympetrum striolatum	8
		Trithemis annulata	8
		Trithemis arteriosa	5
		Trithemis kirby	4

3.2. Description de site d'étude

3.2.1. Mare Beddoude ; (36° 31' 54.30'' N, 7° 22' 48.08'' E)

C'est une mare artificielle située à 3 Km au Nord-Ouest de village de Fedjoudj wilaya de Guelma près de la route nationale RN° 80 (**Fig. 26**). Elle est constituée de deux (02) patries ; **Beddoude 01**, caractérisée par la présence d'une bande de végétation au bord, et **Beddoude 02** qui constitue un milieu ouvert.

Cette mare est permanente, bien ensoleillée et de faible profondeur, elle semble être alimentée par l'eau potable et s'étend sur une superficie 0.4 hectares (**Fig.27**).

3.2.2. La Flore

Les espèces végétales dominantes sont limitées. Elles sont composées principalement par des îlots de ;

- Massette à feuilles étroites (*Typha angustifolia).*
- Jonc des chaisiers (*Scirpus lacustris).*
- Souchet long (*Cyperus longus).*
- Paspale à deux épis (*Paspallum distichum).*

La végétation terrestre est principalement herbacée, dominée par l'Inule visqueuse *Dittrichia viscosa* et le Lythrum faux jonc *Lythrum junceum*.

3.2.3. La Faune

La mare révèle une richesse Odonatologique importante malgré son faible superficie. Elle constitue un refuge pour *Anax imperator* et *Anax parthenope.* En plus, elle abrite d'autres espèces de libellules à savoir ;

Les Anisoptères : l'Orthétrum réticulé (*Orthetrum cancellatum),* Le Sympétrum à nervures rouges (*Sempetrum fonscolombii),* Crocothémis écarlate (*Crocothemis erythraea),* le Trithémis pourpré (*Trithemis annulata)* et le Trithémis écarlate (*Trithemis arteriosa).*

Les Zygoptères : la Naïade aux yeux bleus (*Erythromma lindenii),* l'Agrion de Graëlls (*Ischnura graellsii),* le Leste brun *(Sympecma fusca),* l'Agrion mignon *(Coenagrion scitulum)* et l'Agrion jouvencelle (*Coenagrion puella*).

On peut noter la présence de certaines familles d'insectes telles que les Corixidae, les Chironomidae et les Culicidae, quelques tortues et des grenouilles. Les poissons ne sont pas présents dans la mare.

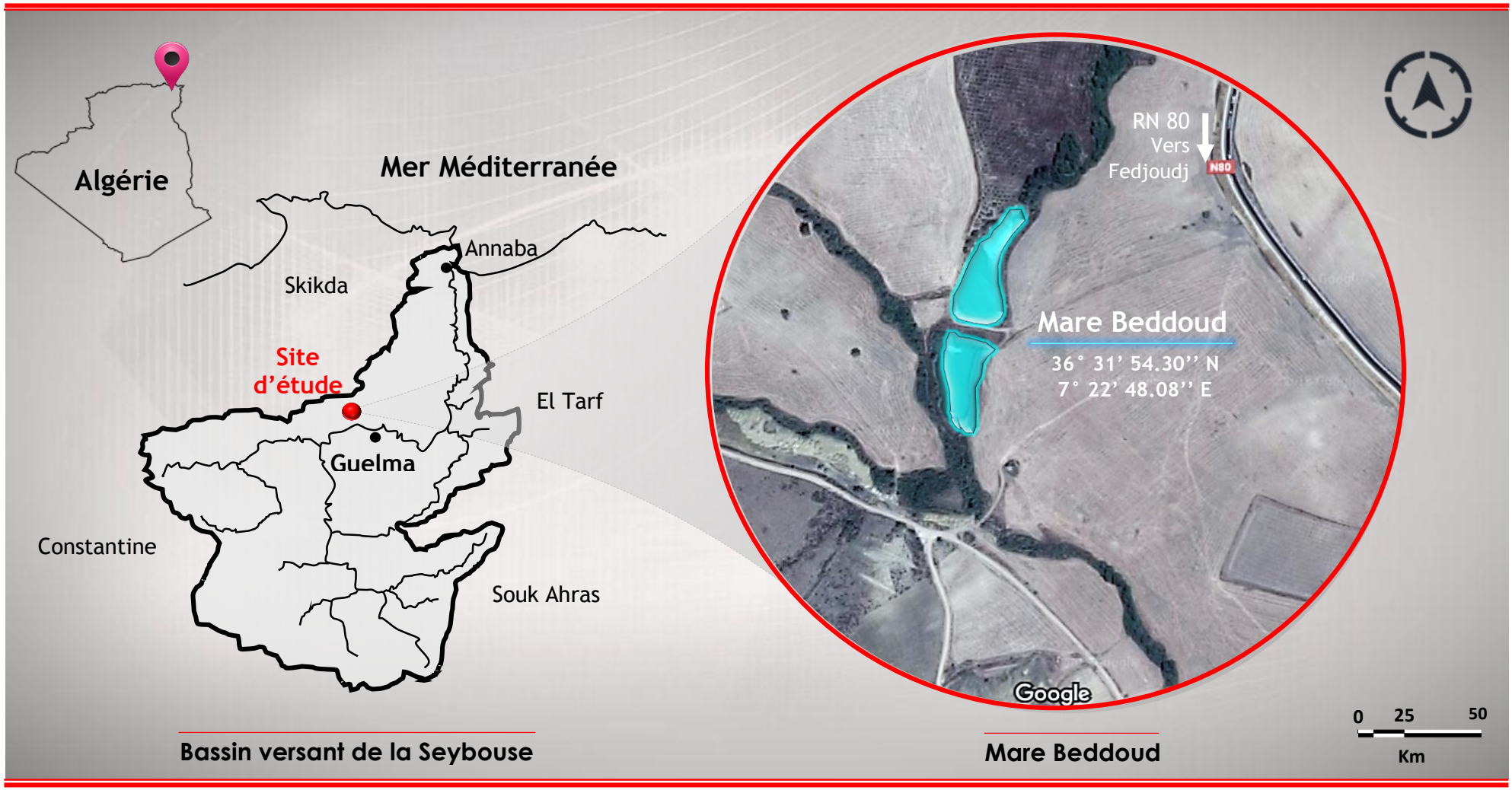

Fig. 26 | Situation géographique des sites d'étude

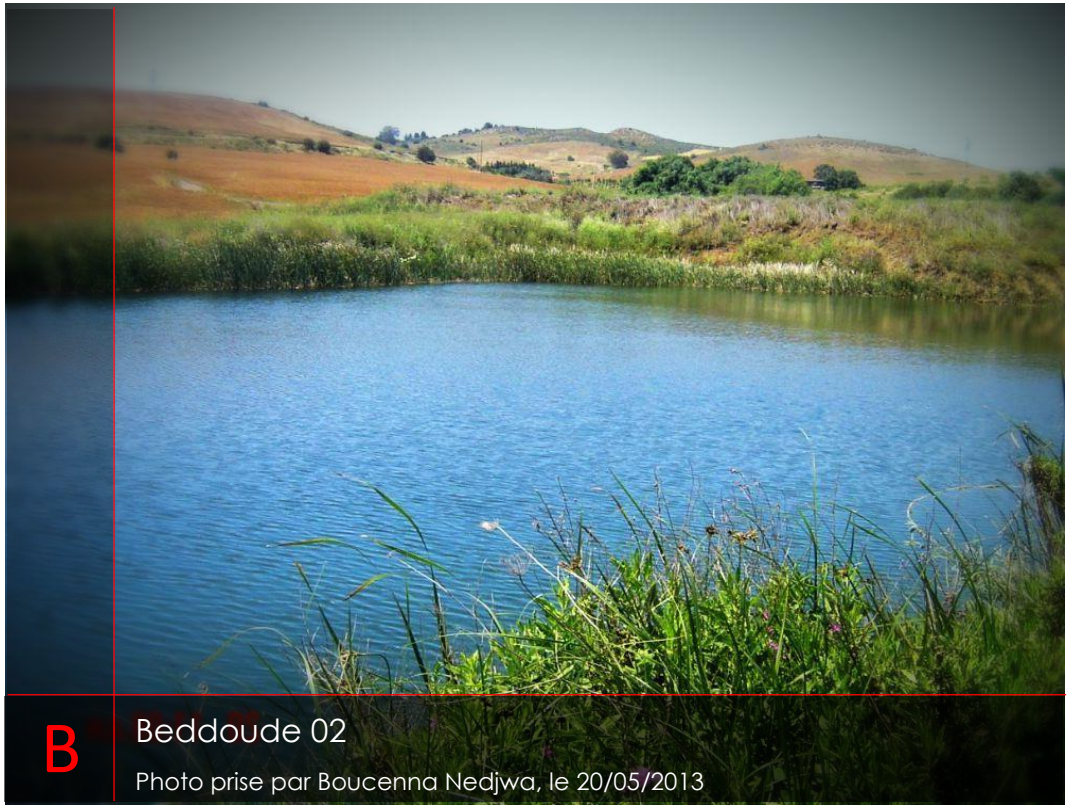

Fig. 27 | Représentation photographique des sites d'étude
(A) ; mare Beddoude 01
(B) ; mare Beddoude 02
(Photos prises par Boucenna Nedjwa, 2013)

Chapitre 04
Matériel et méthodes

4. Matériel et méthodes

4.1. Description du model biologique

4.1.1. Systématique

- **Règne** : Animalia
- **Embranchement** : Arthropoda
- **Classe** : Insecta
- **Ordre** : Odonata
- **Sous-ordre** : Anisoptera
- **Famille** : Aeshnidae
- **Genre** : Anax
- **Espèces d'étude** : *Anax imperator* et *Anax parthenope*

4.1.2. Famille des Aeshnidae

La famille des Aeshnidae fait partie des (08) familles d'anisoptères vivantes actuellement. Elle comprend principalement des libellules de grandes tailles. Les membres de cette famille ont un long abdomen généralement sombre à taches de couleurs qui varient selon l'espèce et le sexe. Ils ont des yeux énormes qui se rencontrent largement sur la surface dorsale de la tête, et c'est l'une des caractéristiques clés pour différencier cette famille des autres groupes de libellules. Les femelles ont un ovipositeur complet (insertion des œufs dans les végétaux vivants ou morts).

Les Aeshnidae se reproduisent principalement dans les eaux stagnantes: étangs, marécages, lacs, tourbières et, plus rarement, dans les cours d'eau. Ces libellules ont un vol très puissant qui les éloigne souvent de l'environnement aquatique. Les imagos volent pendant la majeure partie de la journée, ne posant que rarement pour dévorer une proie quelque peu volumineuse, en haut des arbres ou des arbustes. Certaines espèces ont parfois des habitudes crépusculaires (*Boyeria irene*, *Aeshna mixta*); d'autres sont éminemment migratoires, comme *Hemianax ephippiger* qui, d'origine africaine, a été capturé dans toute l'Europe, y compris en Islande.

Les adultes ont une durée de vie, variable selon les espèces et les conditions climatiques, pouvant atteindre plus de deux mois. Après l'accouplement, la femelle insère ses œufs dans différents substrats. Le monde de ponte varie selon les espèces et peut aider à l'identification. Les larves ont une durée de vie nettement plus longue que les adultes et vont de quelques mois à plusieurs années, selon les espèces. Ils sont nourris, selon le stade dans lequel ils se trouvent, de petits crustacés, de larves ou d'adultes d'insectes ou de larves de petits vertébrés.

4.1.3. Différences entre les genres des Aeschnidés

L'examen des caractéristiques de nervation permet une identification directe des genres. L'absence de **nervures transverses dans le champ médian** est particulièrement visible. **La fourche interradiale 1R3**, quand elle est présente, se situe centralement dans la moitié apicale de l'aile. Il s'agit du dédoublement d'une nervure longitudinale, située entre le ptérostigma et la radiale supplémentaire. Il peut y avoir une ou plusieurs (de 1 à 5) **rangées de cellules antérieures à la radiale supplémentaire (Nrs) et/ou la médiane supplémentaire (Nms).** Ces rangées de cellules se situent entre ces nervures et la nervure longitudinale qui les surplombe. L'orientation de la radiale supplémentaire (Nrs) par rapport à l'extrémité de l'aile permet de différencier les *Anax* (Nrs dirigée en avant de l'apex) des autres Aeshnidae (Rspl dirigée postérieurement à l'apex). Les femelles d'Aeshnidae sont toutes dépourvues d'angle anal et d'oreillettes latérales sur S2. Seuls les mâles de *Brachytron* présentent la première lacune et seuls ceux d'*Anax* la seconde (**Tab. 06**).

Tableau 06. Identification et différences entre les genres des Aeschnidés (Dijkstra et Lewington, 2006)

Critères diagnostique	Nervures transverses dans le champ médian	Fourche IR3	Rangées de cellules antérieures à NRS et Nms	>
Thorax généralement uniforme, non barré. ♂ à base postérieure des Ap arrondie, non anguleuse, pas de triangle anal, pas d'oreillettes latérales sur S2. Nrs pointe entre le ptérostigma et l'apex de l'aile.	Absentes	Absente	4-5	*Anax*
Pas comme ci-dessous.	Absentes	Présente	3-5	*Aeshna*
Généralement pointes des ailes fumées.	Présentes	Absente	2	*Boyeria*
♂ à abdomen cylindrique près de la base (non rétréci). ♂ à base postérieure des Ap arrondie, mais triangle anal et oreillettes latérales sur S2 présents. Ptérostigma très long.	Absentes	Présente	1 (2)	*Brachytron*
Ptérostigma à peine plus long que large.	Présentes	Présente	1	*Caliaeschna*

4.2. Identification des espèces étudiées

4.2.1. Anax empereur (*Anax imperator* Leach, 1815)

- **Larves et exuvies**

l. Tête, vue de dessus (**Fig. 28a**) : la partie postérieure des yeux est un peu effilée en forme de lobe. Les extrémités des lobes sont à peu près aussi larges que les extrémités frontales des yeux, touchant les genae. Le bord arrière des yeux est légèrement concave.

2. Mentum (**Fig. 28b**) : plus long et plus étroit que chez *A. parthenope*, avec un rétrécissement plus prononcé. Le rapport entre les largeurs maximale et minimale est de 2 : l, celui entre largeur maximale et longueur de 1 : l,5. Dans les 90% des cas, les espèces *imperator* et *parthenope* se distinguent d'après la forme du mentum. Parmi les quelques formes intermédiaires, les mâles peuvent être distingués d'après la forme de l'expansion de la pyramide anale.

Palpes labiaux (**Fig. 28c et d**) : en position fermée, les bords distaux de la partie large, l'un en face de l'autre, sont à peu près parallèles, l'interstice est de largeur égale. Les pointes se dirigent perpendiculairement vers le bord distal du mentum.

3. Pyramide anale : chez le mâle, l'expansion se découpe nettement, en ligne droite, de l'épiprocte. Sa longueur égale sa largeur a la base. Elle mesure une petite moitié de la longueur des cerques (**Fig. 28e**). Le rapport des longueurs est de 0,4 : l à 0,5 : 1. Celui des longueurs des cerques et paraproctes est de 0,5 : l.

4. Epines latérales aux segments 7 à 9 : Les épines du segment 9 mesurent plus de la moitié de la longueur du segment 10 (**Fig. 28e**).

5. Tégument : brun jaunâtre a gris noirâtre. Les dessins sont plus marqués chez les exemplaires foncés (où ils ressemblent souvent à une marbrure, divisée par une bande médiane clair-obscur) que chez les pièces claires. En moyenne les dessins sont plus marqués que chez *parthenope*.

6. Longueur : 49 à 57 mm (dans un cas exceptionnel 47 mm).

7. Habitat : Eaux stagnantes, bien ensoleillées, dont les dimensions peuvent être extrêmement différentes, pourvu qu'il y ait une zone de feuilles flottantes et au moins quelques hélophytes. Lacs petits et grands, étangs, bras morts, gravières et glaisières, mares, bassins d'agrément dans les jardins. La profondeur de l'eau peut être très variable. L'espèce aime les surfaces d'eau ouverte et des hélophytes qui ne soient pas trop denses. Des ceintures de roseaux peuvent exister, mais elles ne sont pas l'habitat

proprement dit de la larve. Parfois dans les parties calmes des rivières, envahies par des potamots. Des exuvies ont même été trouvées sur un torrent s'asséchant en été, et sur une source. Dans sa jeunesse, la larve vit aux emplacements qui se prêtent à la ponte, autrement dit aux faces inférieures de feuilles ou d'autres végétaux flottants. Plus tard, elle s'accroche aux parties verticales des plantes ou vit sur le sédiment. Elle hiverne une ou deux fois. L'espèce colonise des pièces d'eau récemment créées à partir du moment où i1 y a un minimum de plantes aquatiques. Pendant les premiers stades de l'évolution phyto-sociologique, la reproduction de l'espèce peut entrainer une multiplication massive. Quand les hélophytes se multiplient de leur cote, le nombre de larves diminue.

8. Exuvies sur les hélophytes : 5 à 150 cm au-dessus de la nappe d'eau, rarement au-dessus de la terre ferme.

9. Au sud, l'espèce émerge à partir de la mi-mai, en Europe centrale de fin mai jusqu'au début juillet, dans les reliefs jusqu'à fin juillet. Les larves qui ont deux ans se métamorphosent plus tôt que celle qui n'ont qu'un an. Les libellules émergent au coucher ou au lever du soleil. Dans tous les cas la libellule effectue son premier vol le matin.

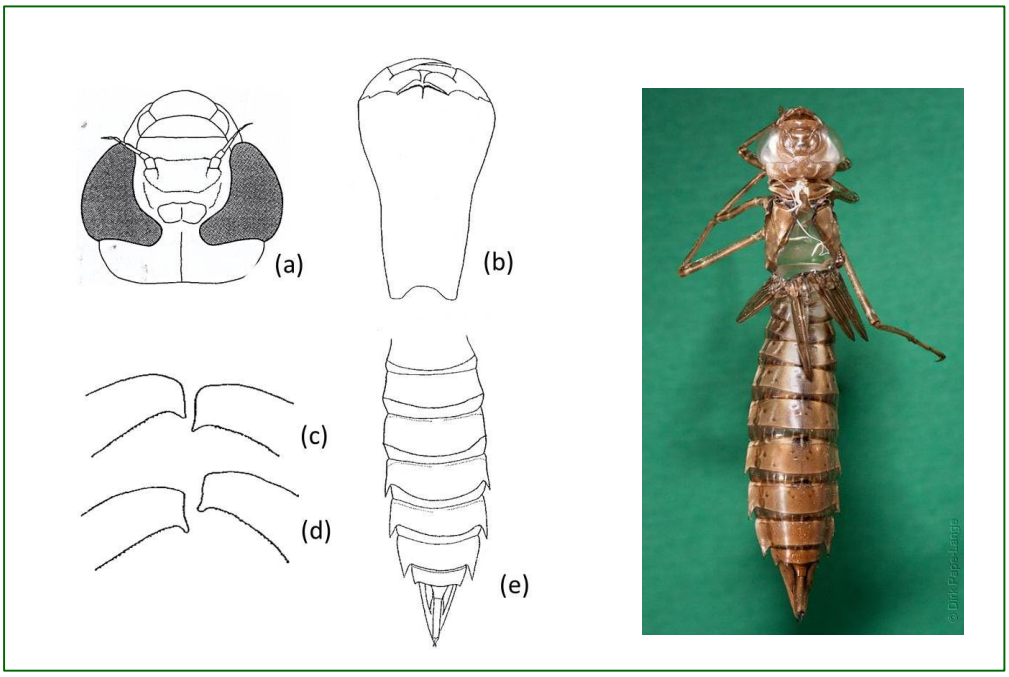

Fig. 28 | **Morphologie générale des larves de *Anax imperator*** (Heidemann et Seidenbush, 2002)

(a) ; Tête, vue dorsale. **(b)** ; Mentumen position naturelle non pressée,
(c) et **(d)** ; Crochets fixes des palpes labiaux, **(e)** ; Abdomen, vue ventrale.

- **Adultes**

1. **Identification :** (Total ; 66-84 mm, Abdomen ; 50-61 mm, Aile postérieure ; 45-52 mm)
   Odonate commun et très démonstratif, d'origine africaine **(Fig. 29)**. Le mâle se reconnaît facilement à sa taille et son vol calme et majestueux. Son thorax dépourvu de bandes latérales et couleur verte qui s'étend jusqu'au segment (S1) de l'abdomen et aux côtés du segment (S2), son abdomen bleu marqué d'une bande médiodorsale noire. Les yeux sont bleu verdâtre. Les femelles, quant à elles, ont une coloration assez variable et peuvent être parfois confondues avec celles de *Anax parthenope* ou bien de *Hemianax ephippiger*.
   A. imperator peut être confondu avec *Aeshna affinis* et *A. viridis*, qui ont aussi des yeux et un abdomen bleu ainsi qu'un thorax vert. Elles sont plus petites, ont des lignes thoraciques noires et un abdomen orné d'une mosaïque de taches colorées.

2. **Comportement** : En vol, les mâles ont l'abdomen légèrement arqué vers le bas. C'est le seul Anax dont la femelle pond seule. Elle insère ses œufs dans des végétaux flottants, souvent à découvert. Elle est donc généralement beaucoup plus visible que les autres Aeschnidés. Les mâles sont très territoriaux, les effectifs sont réduits à un ou deux individus suivant la taille du biotope (Moore, 1964 ; Dommanget, 1987), patrouillant leur territoire, 2-3 m au-dessus de la surface. La copulation a lieu loin de l'eau, parfois au sommet des arbres, et dure environ 10 minutes (Dijkstra et Lewington, 2006).

3. **Habitats :** eaux stagnantes à légèrement courantes, souvent vastes et riches en végétation. il colonise rapidement les milieux nouvellement créés (gravières, sablières, marnières, etc.). il se reproduit dans les étangs et les lacs.
4. **Période de vol :** de mars à décembre dans le nord de l'Afrique (Samraoui et Corbet, 2000), d'avril à octobre en Europe occidentale et centrale. Pic de juin à août (Dijkstra et Lewington, 2006).

5. **Statut et distribution (Fig. 30) :** *A. imperator* a une très large distribution mondiale. Commun dans une grande partie de l'Afrique et de I 'Eurasie occidentale

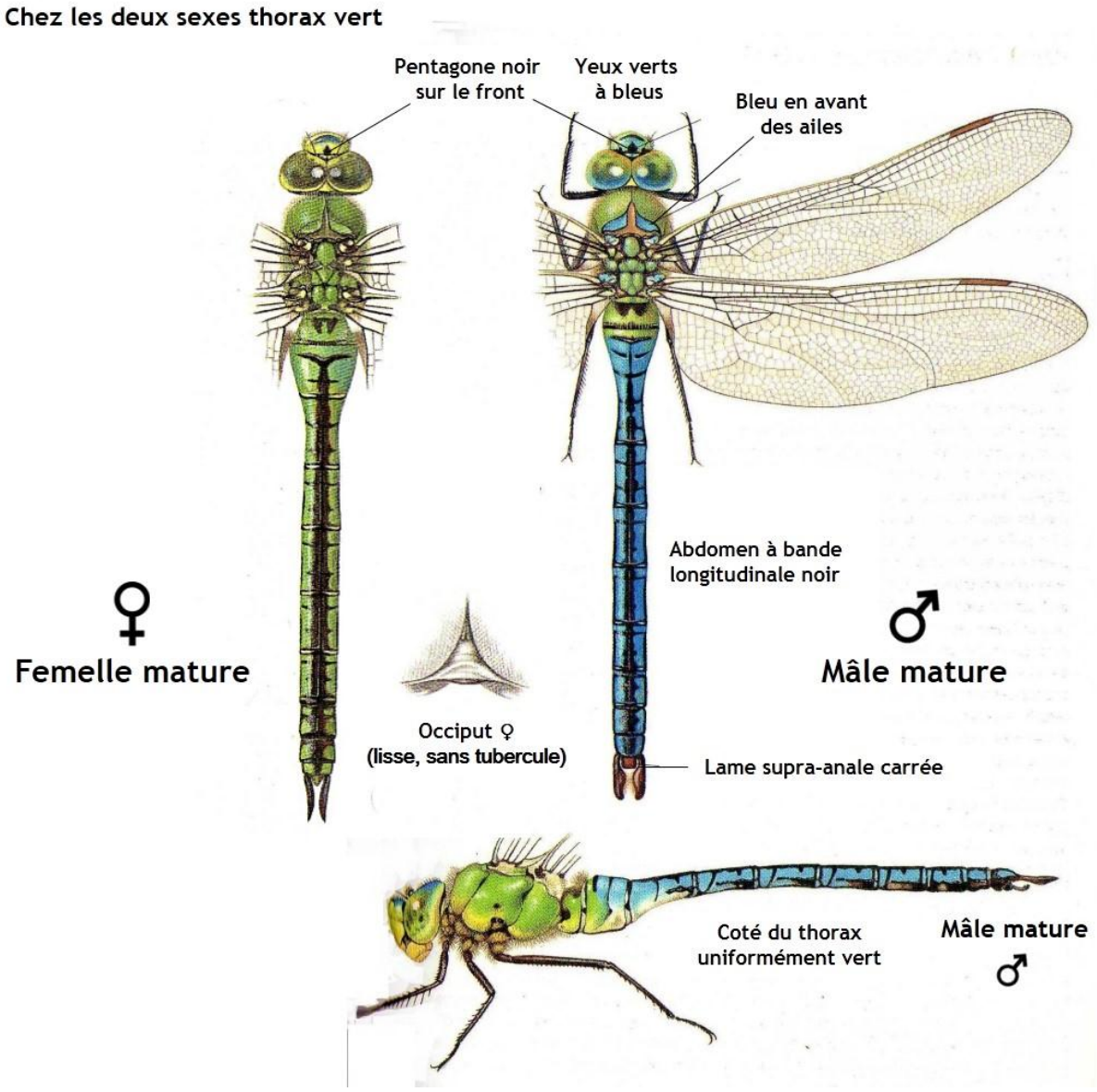

Fig. 29 | **Morphologie générale des adultes de *Anax imperator* (Mâle et Femelle)** (Dijkstra, 2007)

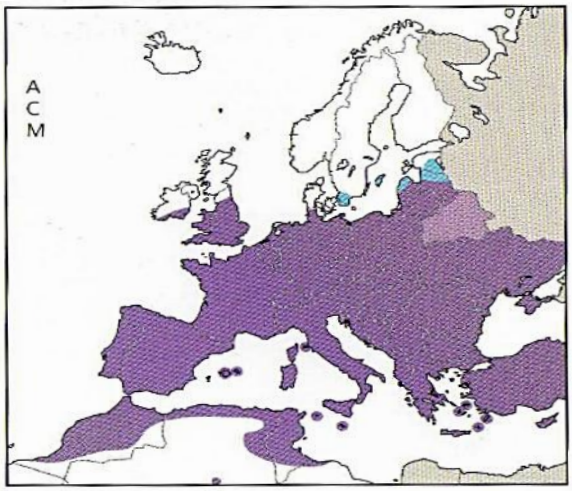

Fig. 30 | **Aire de répartition de *Anax imperator*** (Dijkstra, 2007)

4.2.2. Anax napolitain *Anax parthenope* (Selys, 1839)

- **Larves et exuvies**

1. Tête, vue de dessus : la partie postérieure des yeux est un peu effilée en forme de lobe. Les extrémités des lobes sont à peu près aussi larges que les extrémités frontales des yeux, touchant les genae. Le bord arrière des yeux est légèrement concave.

2. Mentum (Fig. 31a) : plus court et plus large que chez *A. imperator*, il se rétrécit de manière non brusque, mais progressivement vers la base. Le rapport entre les largeurs maximale et minimale est de 2 : l, celui entre largeur maximale et longueur de l : 1,3. Dans 90 % des cas, les espèces *A. imperator* et *A. parthenope* se distinguent d'après la forme du mentum. Parmi les quelques formes intermédiaires, les mâles peuvent être distingués d'après la forme de l'expansion de la pyramide anale.

Palpes labiaux (**Fig. 31b et c**) : en position fermée, les bords distaux de la partie large, l'un en face de l'autre, sont à peu près parallèles, l'interstice est de largeur égale. Les pointes se dirigent perpendiculairement vers le bord distal du mentum.

3. Pyramide anale : chez le mâle, l'expansion se découpe nettement, en ligne droite, de l'épiprocte. Elle mesure le tiers de la longueur des cerques. Sa largeur à la base dépasse la longueur (**Fig. 31d**). Le rapport des longueurs (expansion : cerques) est de 0,3 : l à 0,35 : l. Celui des longueurs des cerques et paraproctes est de 0,5 : l.

4. Épines latérales aux segments 7 à 9 : Les épines du segment 9 mesurent plus de la moitié de la longueur du segment 10 (**Fig. 31d**).

5. Tégument : brun jaunâtre à gris. Les exemplaires brun jaunâtre ont des dessins peu marqués ou sont dépourvus de dessins, les pièces grises ont une légère marbrure. En moyenne les dessins sont moins marqués que chez *imperator*.

6. Longueur : 49 à 53 mm (rarement 47 ou 48 mm).

7. Habitat : Eaux stagnantes bien ensoleillées, avec feuilles flottantes et ceinture de roseaux ou d'autres hélophytes denses. Parfois, surtout au sud, dans des eaux légèrement courantes pourvu qu'il y ait des feuilles flottantes. Les plans d'eau, formés en amont de petits barrages, sont alors préférés. Grands et petits lacs, étangs, bras morts, gravières et mares, drains. Les larves vivent dans l'eau ensoleillée de profondeur réduite entre les hydrophytes. Elles hivernent une ou deux fois. En Europe centrale, l'espèce préfère les pièces d'eau de grandes dimensions - quoiqu'elle ne colonise que les rivages - dans le midi, elle colonise des habitats très petits aussi bien

que ceux de grandes dimensions. *A. parthenope* est moins résistant qu'*A. imperator* à l'eutrophisation de l'eau.

8. L'exuvie se trouve sur les hélophytes, à quelques centimètres ou décimètres au-dessus de l'eau, là où les hélophytes forment des effectifs denses (par exemple des roselières).

9. Émergence au sud à partir de la mi-mai, au nord de fin mai jusqu'à fin juin.

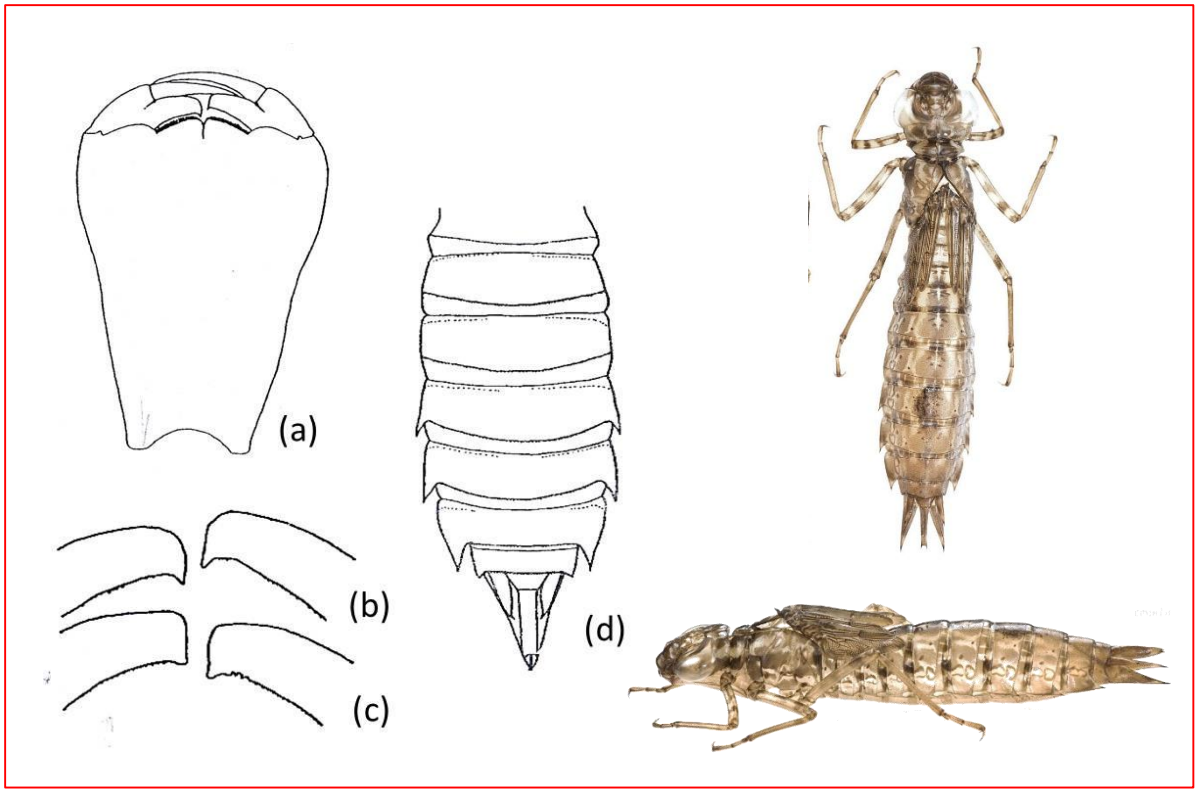

Fig. 31 | **Morphologie générale des larves de *Anax parthenope*** (Heidemann et Seidenbush, 2002)

(a) ; Mentumen position naturelle non pressée,
(b) et **(c)** ; Crochets fixes des palpes labiaux,
(d) ; Abdomen, vue ventrale.

- **Adultes**

1. **Identification** : (Total ; 62-75 mm, Abdomen ; 46-53 mm, Aile postérieure ; 44-51 mm)
   Grand Aeschnidé dont la coloration terne fait ressortir le vert des yeux (**Fig. 32**). Il a un abdomen brunâtre à brun vert ou bleu noir selle. Le bleu azur est bien visible sur le second et une partie du troisième segment chez les mâles et jeunes femelles. Les côtés du thorax sont bruns. Légèrement plus petit que *A. imperator,* des individus typiques peuvent être confondus avec *Hemianax ephippiger*

2. **Comportement** : En vol, l'abdomen du mâle est tenu plus horizontalement que chez *A. imperator*. Contrairement à la grande majorité des Aeshnidae vivant dans nos régions, le mâle reste lié en tandem avec la femelle pendant la ponte ; néanmoins, il arrive parfois que la femelle ponde seule. Cette espèce vole souvent le soir et s'attarde jusqu'à la tombée de la nuit, lorsque les conditions climatiques sont favorables.

3. **Habitats :** Eaux calmes, souvent de vastes superficies.

4. **Période de Vol** : En zone méditerranéenne de mars à novembre, essentiellement de juin à août plus au nord.

5. **Répartition et statut** : Commun dans les régions méditerranéennes, rare plus au nord, bien que parfois localement abondant. A étendu son aire de répartition depuis les années 1990 mais dans de moindres proportions que *A. imperator*. Trouvé récemment à Madère. S'étend jusqu'au Japon, en Chine et pénètre dans le Sahara (**Fig. 33**).

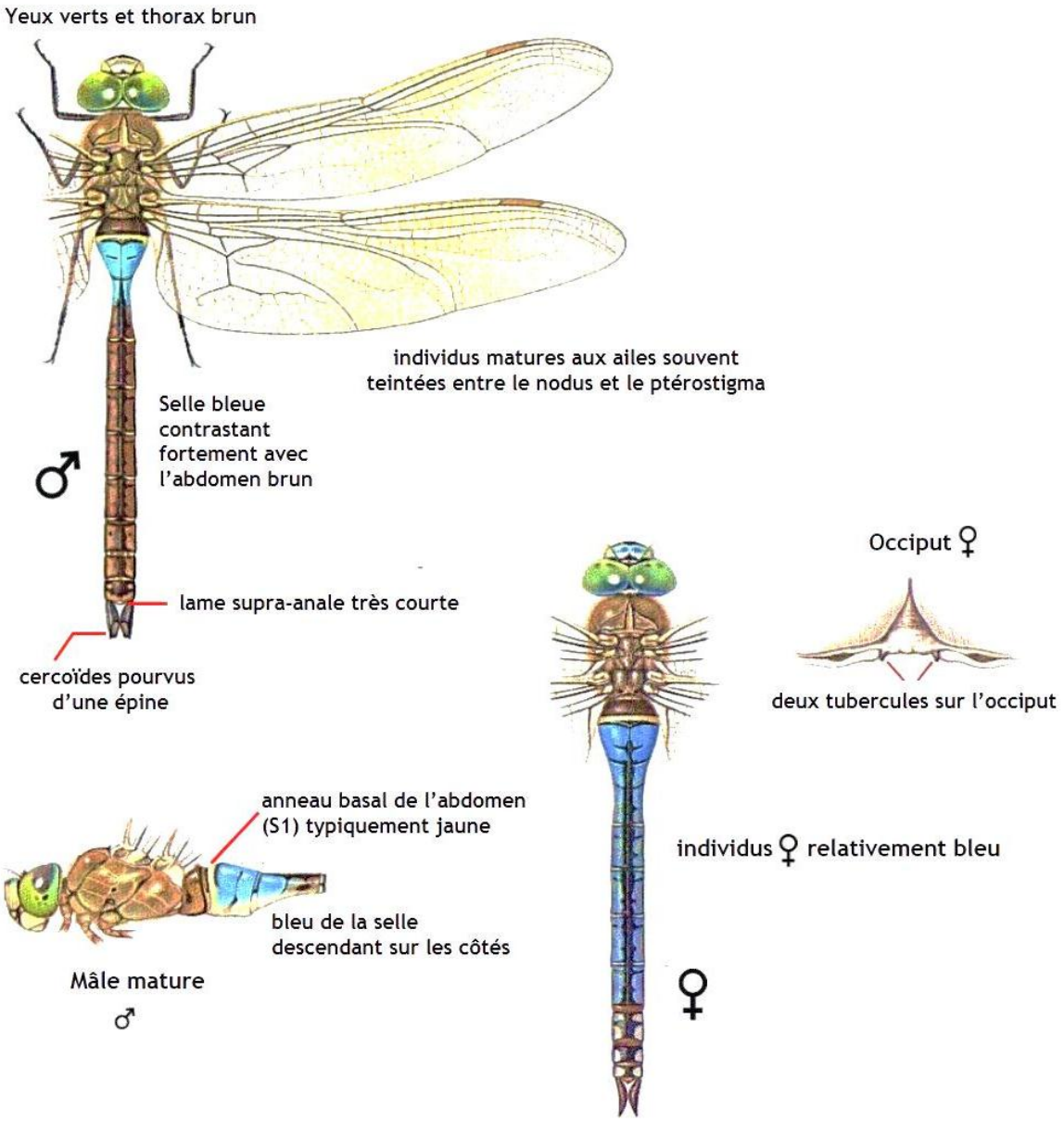

Fig. 32 | **Morphologie générale des adultes de *Anax parthenope* (Mâle et Femelle)**
(Dijkstra, 2007)

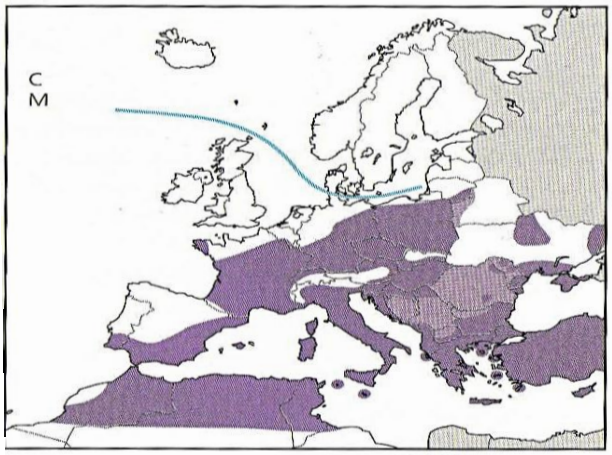

Fig. 33 | **Aire de répartition de *Anax parthenope***
(Dijkstra, 2007)

4.2.3. Critères d'identification à distance des mâles de *Anax imperator* et *Anax parthenope*

	Anax imperator	***Anax parthenope***
Taille et allure générale	Grand, abdomen large et plus que Ap.	Grand, abdomen large et plus que Ap.
Front	Pentagone noir devant les yeux.	triangle noir devant les yeux.
Yeux	Verts à bleus sur le dessus, jaunes à verts en dessous.	Uniformément Verts (plus sombres que chez *A. imperator*), parfois teintés de jaune, de bleu et/ou de brun.
Thorax devant des ailes	Normalement vert ou bleu (♂)	Normalement brun
Thorax	Vert, parfois brunâtre chez les vieux spécimens	Brun, parfois teinté de gris ou vert
S1	Vert, parfois bleu.	Normalement brun.
Anneau basal de S2	Vert (jaune chez les immatures)	Normalement jaune
Selle bleue sur S2	Indistincte car S3-S10 bleus aussi (ou S2-S10 entièrement verts chez ♀ et ténéraux)	Normalement distincte, s'étend sur les côtés et la base S3
Couleur de fond de S3-S7	Vert, virant au bleu (♂ et certaines ♀)	Brunâtre, parfois bleuâtre
S8-S10	Couleur et marques semblables aux segments précédents, parfois brunâtres	Couleur et marques semblables aux segments précédents, parfois plus noirs
Ailes	Parfois teintées entre le triangle et l'apex	Souvent teintées de brun entre le nodus et le ptérostigma

4.3. Le pattern de l'émergence

4.3.1. La collecte des exuvies

Des visites de prospections sur le terrain ont été commencées au début d'avril 2013 afin de souligner le début exact de l'émergence. Les exuvies ont été collectées tous les deux jours (après-midi) dans un transect de 120 m et dans les zones d'émergences en effectuant une recherche intensive dans la végétation des berges, les pierres émergentes et sur le sol. Nous nous sommes assuré qu'aucune exuvie des deux (02) espèces étudiées n'a été laissée sur site après chaque visite. La fin de l'émergence a été confirmée après 10 visites ultérieures échouées de collection d'exuvie.

Le temps nécessaire à l'émergence de la moitié de la population (EM_{50}) a été calculé comme étant le nombre de jours où la moitié de la population annuelle a émergé.

4.3.2. Stratification verticale

Les exuvies récoltées sont récupérées dans des sachets en plastique transparent sur lesquels le site, la date sont inscrits et complétés par une fiche de terrain comprenant les paramètres suivants ;

- La hauteur d'émergence (**HE**) ; est la distance verticale entre la surface de l'eau et la pointe de la pyramide anale de l'exuvie.
- La hauteur totale de support (**HS**)
- Le type de végétation (**Tv**).

Ces paramètres nous fournissent un outil fiable pour évaluer la sélection de microhabitat (Khelifa et *al.,* 2013b) parce que l'exuvie reste généralement en même position où l'individu à effectuer la mue imaginale.

Les exuvies trouvées à la surface de l'eau (9,7% et 12,1% respectivement pour *A. imperator* et *A. parthenope*) n'ont pas été prises en compte dans les analyses.

4.3.3. Pattern saisonnier de la taille du corps

Pour tester comment la taille du corps change au cours de la saison d'émergence, des régressions linéaires sont souvent appliquées. Cependant, le choix des traits morphologiques qui reflètent la taille du corps est important. Nous avons mesuré trois (03) traits morphologiques (**Fig. 34**) avec un pied à coulisse numérique (plus proche 0,01 mm), y compris : la longueur du corps (1), la longueur du fourreau alaire postérieure (2) et la largeur de la tête (3).

Les exuvies cassées ou fragmentées ne sont pas mesurés et, par conséquent, ne sont pas inclues dans les analyses statistiques liées à la taille du corps. Le sexe des individus a été déterminé après chaque mesure

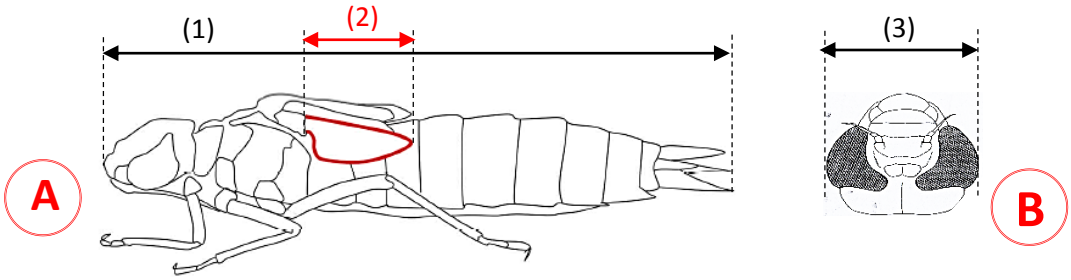

Fig. 34 **Les traits morphologiques choisis pour tester le Pattern saisonnier de la taille du corps.**
(A) : exuvie de *Anax*, **(B)** tête d'exuvie de *Anax*

4.3.4. Identification des exuvies

Les exuvies récoltées sont rarement identifiées sur le terrain, bien souvent celles-ci sont ramenées au laboratoire et observées sous loupe binoculaire (ou à l'œil nu dans de rares cas). L'identification est assurée à l'aide de :

- Guide des "Larves et exuvies des libellules de France et d'Allemagne" (Heidemann et Seidenbush, 2002)
- Advanced Identification Of Dragonflies and Damselflies (Odonata): Larvae and Exuviae " (Brooks et Cham, 2009).

4.4. Le suivi des adultes

4.4.1. Capture et marquage

Tout d'abord, les adultes matures ont été capturés par un filet à main (40 cm de diamètre) et gardés dans une cage pour être marqués et mesurés. Puis, nous avons mesuré la longueur totale du corps (1) (de la tête à l'extrémité de l'abdomen, y compris les appendices) et celle de l'aile postérieure gauche (2) avec un pied à coulisse digitale (**Fig. 35**).

Ensuite, nous avons utilisé des marqueurs permanents pour marquer les individus avec des codes symboliques (individuellement) sur les différentes ailes (autrement dit chaque individu a un code différent, de couleur différente et sur une aile différente) (**Fig. 36**).

Enfin et après les diverses mesures, les libellules sont libérées. Au cours de cette opération, la date, la localisation, le code individuel, le sexe et les mesures du corps et d'aile, des individus ont été notés sur une fiche de terrain.

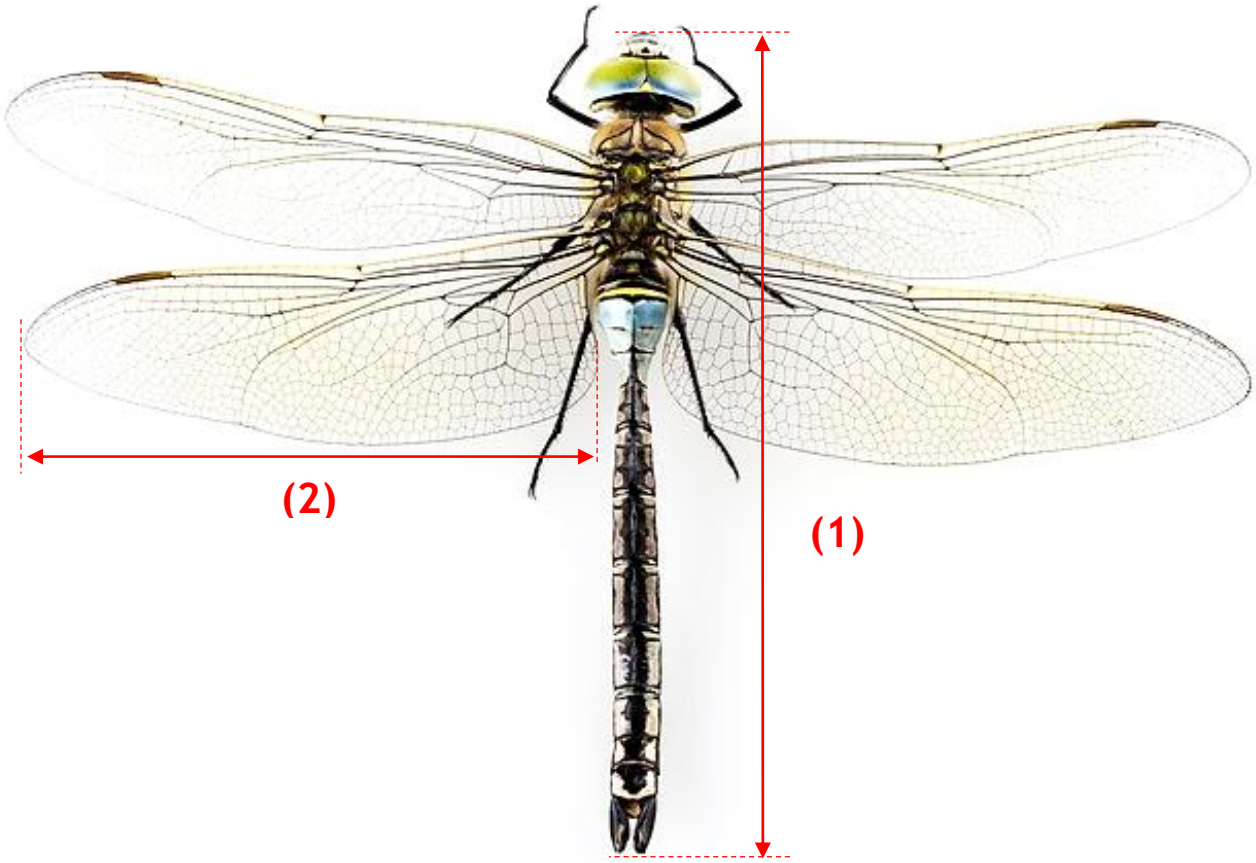

Fig. 35 **Mesure de la longueur totale du corps et de l'aile postérieure gauche (Mâle *Anax parthenope*).**

(1) ; longueur totale du corps.
(2) ; longueur de l'aile postérieure gauche.

Fig. 35 | **Photos d'adultes matures marqués** (photos prises par Kahalerras Amin, 2013); **(A)** et **(A')** représentent un mâle et femelle de *Anax imperator*. **(B)** et **(B')** représentent un mâle et femelle de *Anax parthenope*.

3.5. Analyses statistiques

Toutes les analyses ont été réalisées avec le logiciel R3.3.2 (R *Development Core Team* 2017).

- Nous avons testé les différences significatives de la phénologie de l'émergence entre les espèces en utilisant la fonction *"Qcomhd"* dans le package WRS pour R (Wilcox & Schönbrodt 2014). Nous avons utilisé la même analyse pour tester les différences potentielles entre les sexes pour chaque espèce.

- Les tests de chi-deux ont été réalisés pour tester (1) si la proportion de mâles à l'émergence est équivalente à celle des femelles et (2) si les deux espèces ont utilisé différents types de supports végétaux pour l'émergence.

- Le Test T de Wilcoxon a été effectué pour tester les différences dans la hauteur de fixation de l'exuvie et la hauteur de soutien entre les espèces et les sexes.

- Des régressions linéaires simples ont été calculées pour évaluer la tendance saisonnière de la taille du corps et de la stratification verticale. Pour cela, nous avons effectué des corrélations par paires entre les trois caractères morphologiques et nous avons trouvé une corrélation positive entre ;
  - La longueur du corps et la largeur de la tête (corrélation de Spearman: $r = 0.31$, $p < 0.0001$).
  - La longueur du corps et la longueur de l'aile ($r = 0.28$, $p < 0.0001$).
  - La longueur du fourreau alaire et largeur de la tête ($r = 0,14$, $p = 0,002$).

Chapitre 05
Résultats et discussion

5. Résultats

5.1. Emergence

5.1.1. Abondance et Sex-ratio

Pendant toute la saison d'émergence, nous avons recueilli un total de 577 exuvies qui sont réparties comme suit ;

- 316 exuvies de *Anax imperator* (160 mâles et 156 femelles) (**Fig. 37)**;
- 261 exuvies de *Anax parthenope* (116 mâles et 145 femelles) (**Fig. 38**).

Le sex-ratio qui est le taux comparé de mâles et de femelles au sein d'une population d'une espèce à reproduction sexuée. Il est un indice biologique d'une grande importance parce que ce rapport peut affecter le succès de la reproduction. Il permet en outre de donner une idée sur l'évolution de la population en analysant le nombre de femelles disponibles et aptes à se reproduire.

Le sex-ratio à l'émergence des deux espèces d'étude n'est pas significativement différent de l'équilibre (*A. imperator* : $\chi^2 = 0,05$, p = 0,82, *A. parthenope* : $\chi^2 = 3,01$, p = 0,08). Le pourcentage de femelles est de 49,4 % chez *A. imperator* et de 55,56 % chez *A. parthenope* (**Tab. 07**)

Tab. 07. Abondance et sex-ratio à l'émergence de *A. imperator* et *A. parthenope*

	Anax imperator	*Anax parthenope*
Nombre total d'exuvies	316	261
Nombre des mâles	160	116
% Mâles	50.6 %	44.44 %
Nombre des femelles	156	145
% femelles	49.4 %	55.56 %
P-value de χ^2 test	0.82	0,08

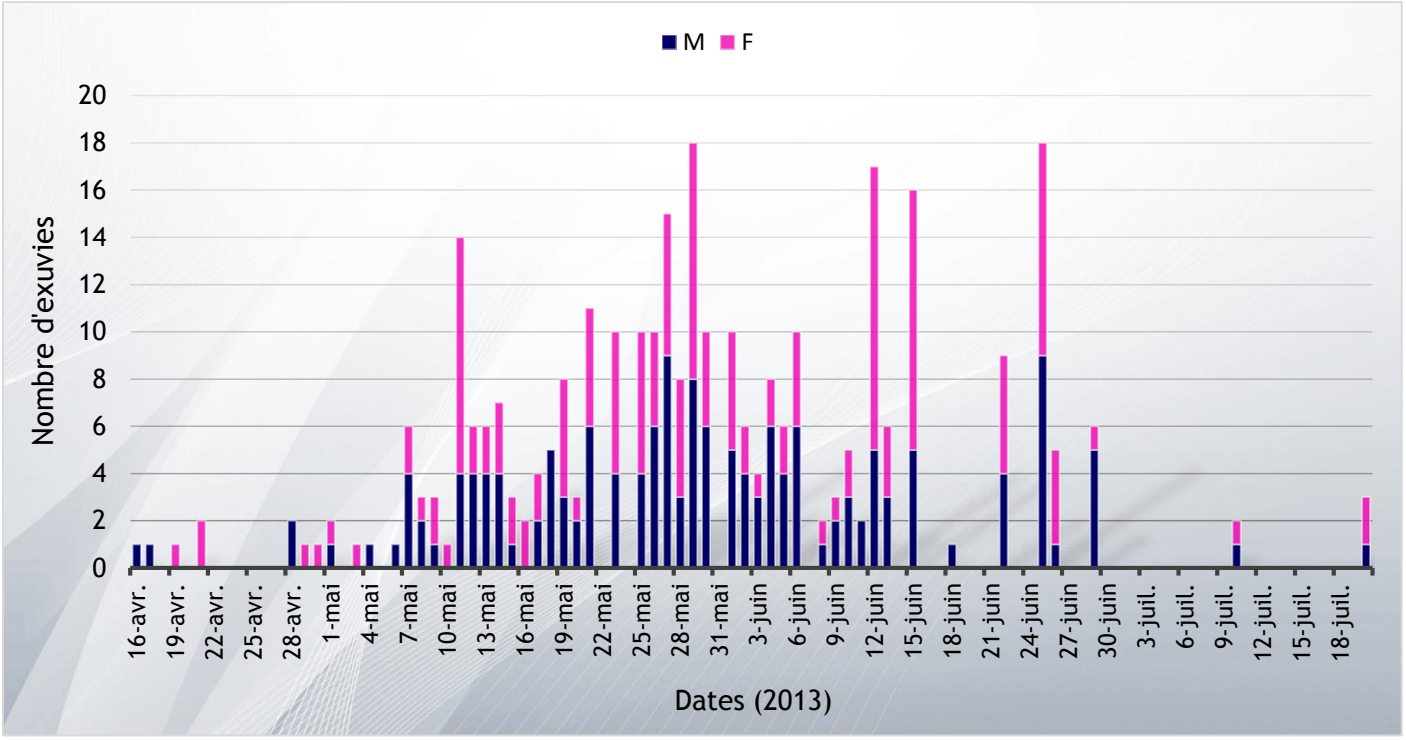

Fig. 37 | **Abondance des exuvies des mâles et des femelles de *A. imperator*.**

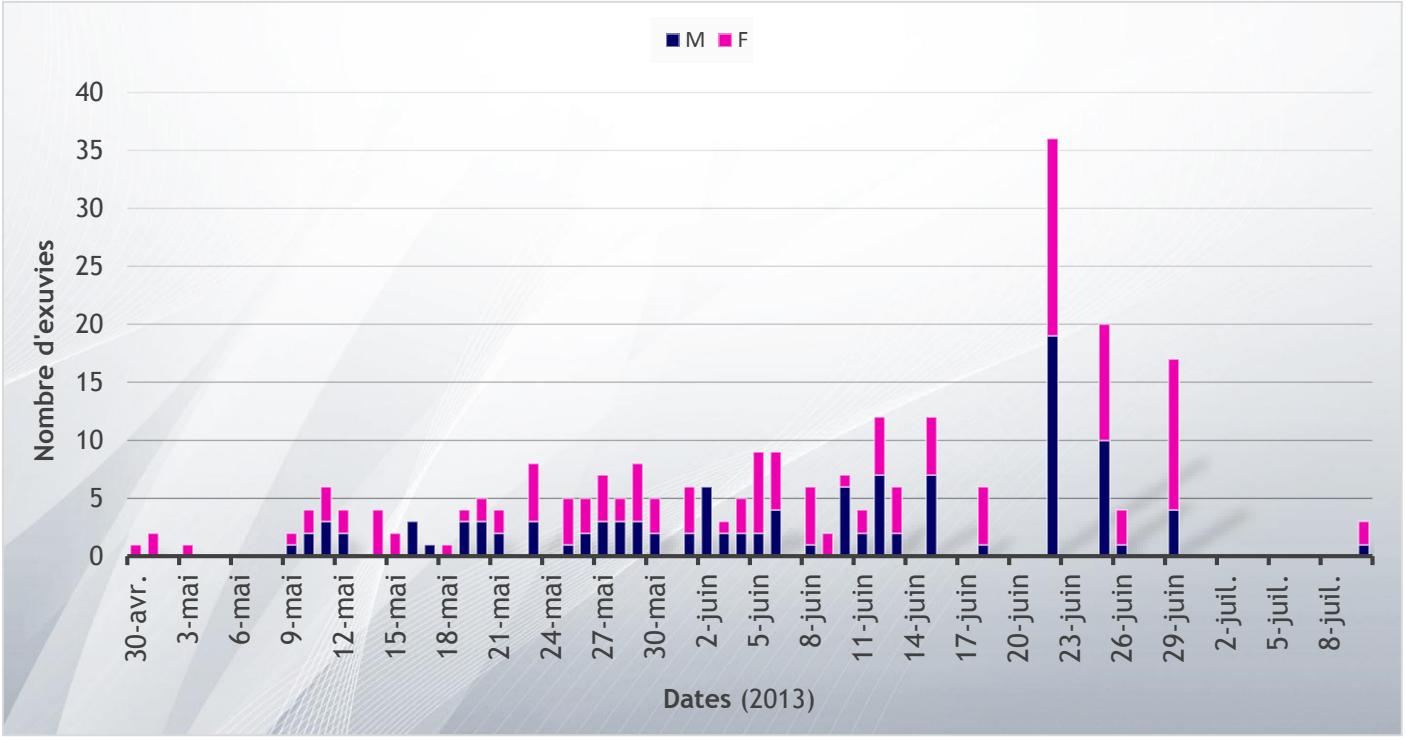

Fig. 38 | **Abondance des exuvies des mâles et des femelles de *A. parthenope*.**

5.1.2. Pattern d'émergence

Le pattern d'émergence des deux espèces se chevauche mais il présente quelques différences. *Anax imperator* a émergé dans les 53 jours à partir du 16 avril alors que *A. parthenope* a émergé dans 41 jours à partir du 30 avril **(Figs. 39, 40 et 41)**.

EM_{10} a été enregistrée après le seizième (16) jour d'émergence chez les deux sexes de *Anax imperator*, le huitième (08) et le onzième (11) jour d'émergence pour, les femelles et les mâles de *A. parthenope*, respectivement. Ainsi que, le temps nécessaire à l'émergence de la moitié de la population (EM_{50}) de *Anax imperator* est de 32 jours chez les deux sexes et de 29 jours chez les femelles et de 31 chez les mâles de *A. parthenope* (**Figs. 38, 39**).

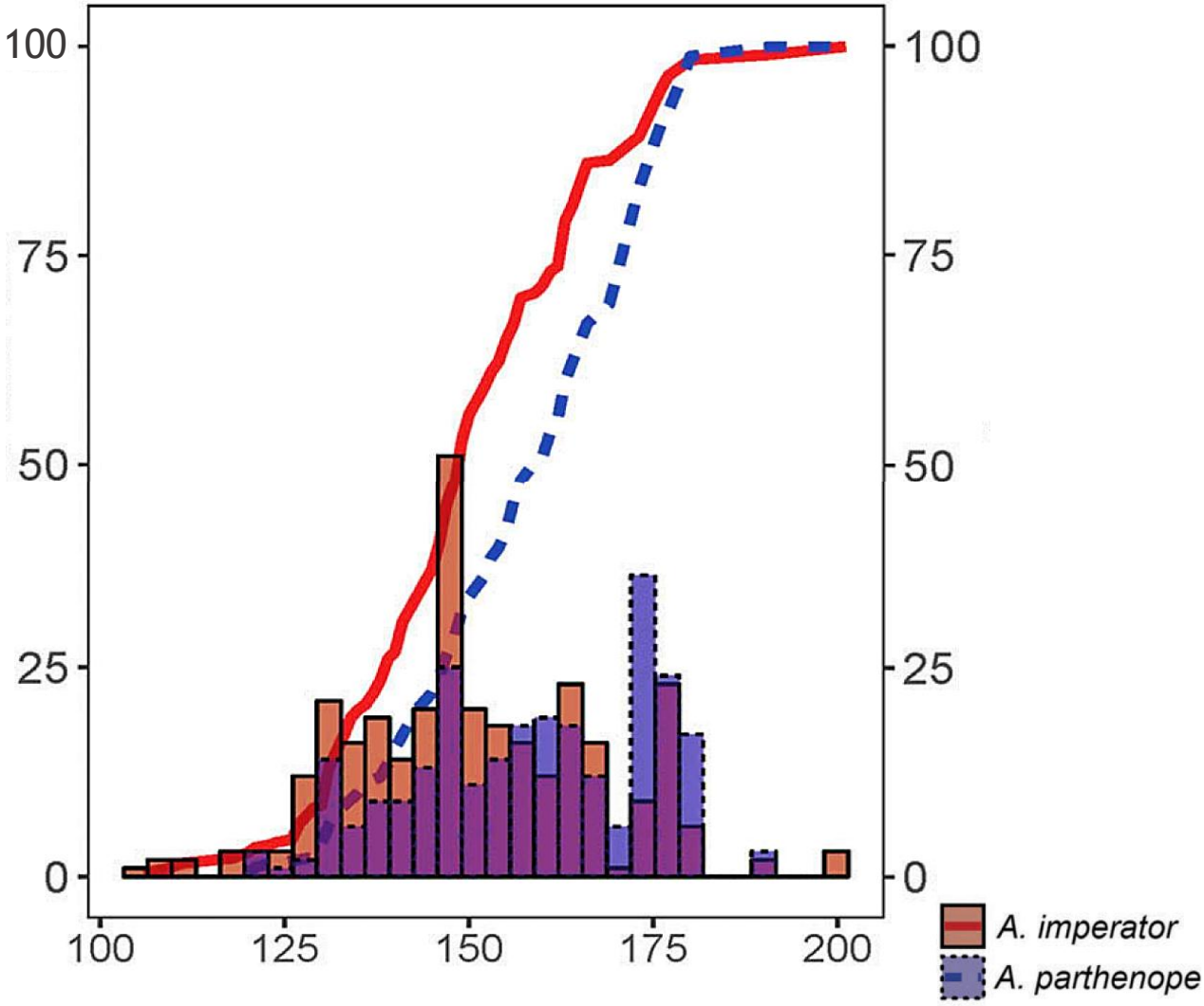

Fig. 39 **Pattern d'émergence de *Anax imperator* et *A. parthenope***. Cette figure montre la distribution temporelle du nombre d'exuvies collectées (axe vertical gauche) et le pourcentage cumulé d'émergence (axe vertical droit). Les dates juliennes 100, 125, 150, 175 et 200 sont les 10 avril, 5 mai, 30 mai, 24 juin et 19 juillet.

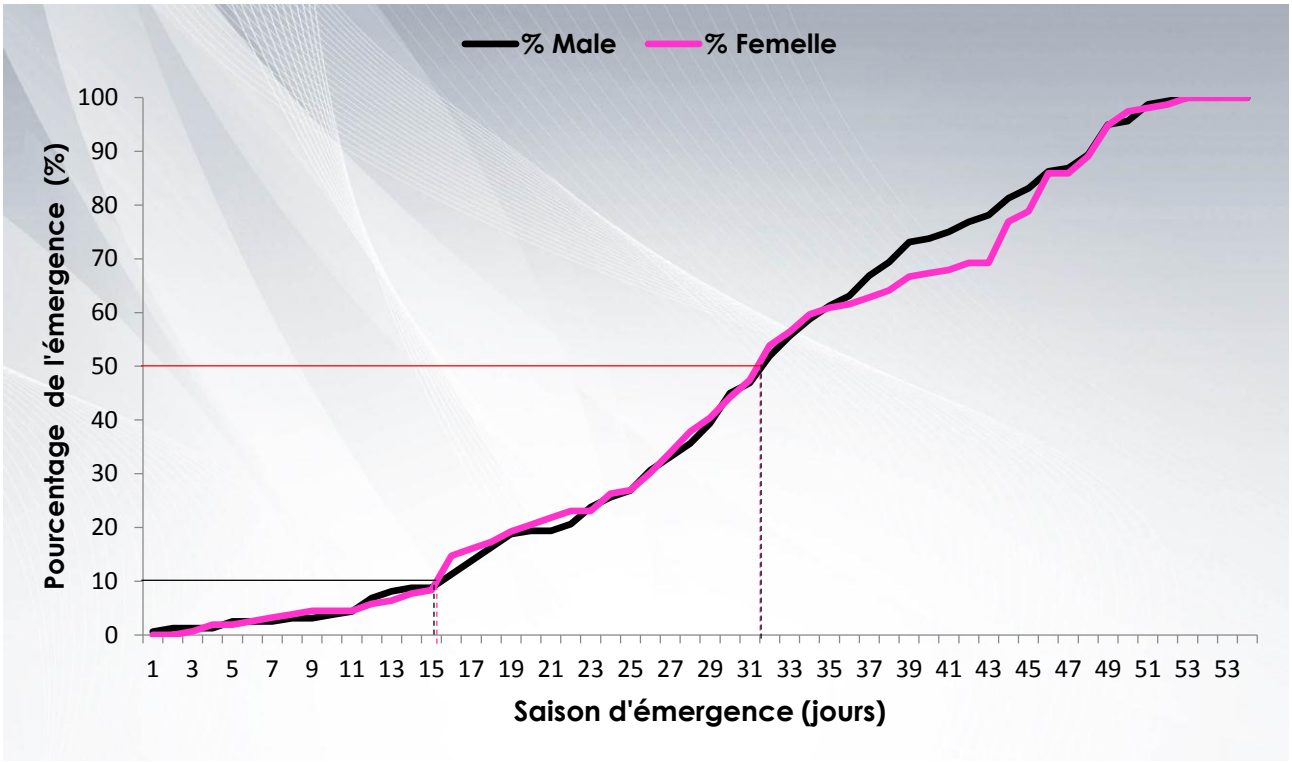

Fig. 40 **Pourcentage cumulé de l'émergence annuel de *Anax imperator* durant la saison de l'émergence.** Les lignes horizontales sont fixées à 10% et 50%, de sorte que les lignes verticales indiquent l'EM_{10} et l'EM_{50} de chaque sexe, respectivement.

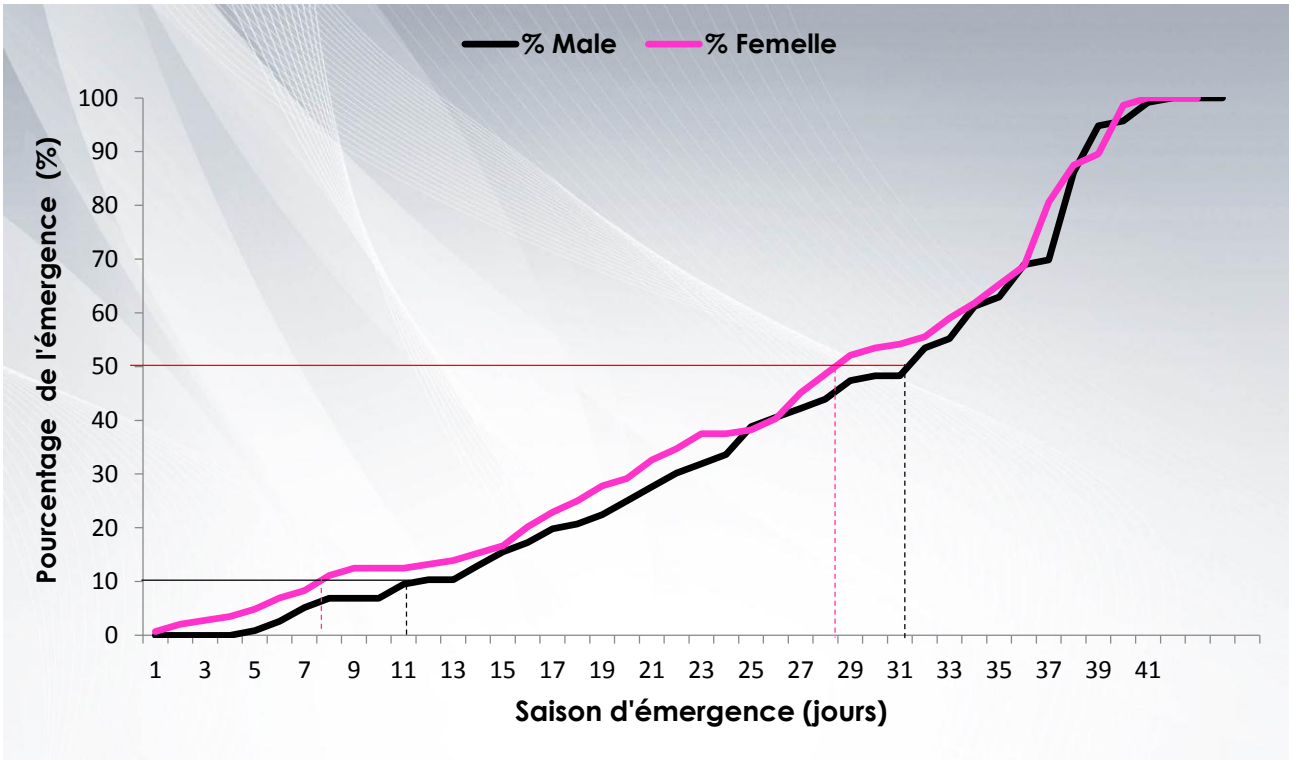

Fig. 41 **Pourcentage cumulé de l'émergence annuel de *Anax parthenope* durant la saison de l'émergence.** Les lignes horizontales sont fixées à 10% et 50%, de sorte que les lignes verticales indiquent l'EM_{10} et l'EM_{50} de chaque sexe, respectivement.

La distribution phénologique des deux espèces a été comparée à l'aide de trois quantiles qui correspondent à la **phase précoce** (quantile 10%), à la **phase intermédiaire** (quantile 50%) et à la **phase tardive** (quantile 90%) de la phénologie d'émergence.

Nous avons trouvé que la phénologie de *A. imperator* est plus précoce que celle de *A. parthenope*, montrant une différence de **(Tab. 08) ;**

- 4,90 jours pour la phase précoce (95%CI : 1,17-10,0 ; p <0,0001).
- 10,37 jours pour la phase intermédiaire (6,12-14,24; p <0,0001).
- 1,72 jours pour la phase tardive (0,13-6,79; p = 0,02).

La différence dans le pattern temporel entre les sexes n'est pas significative pour les phases phénologiques ; précoce, intermédiaire et tardive chez les deux espèces (p> 0,05) (**Tab. 08**). Chez *A. imperator*, les mâles ont émergé deux (02) jours plus tôt que les femelles alors que les mâles ont commencé à émerger trois (03) jours plus tard chez *A. parthenope*.

Tableau 08. Résultats de l'estimateur quantile bootstrap de la phase phénologique précoce (quantile 10%), intermédiaire (quantile 50%) et tardif (quantile 90%).

Différences	q	n1 (*A.imp*)	n2 (*A.par*)	ED1 (*A.imp*)	ED2 (*A.par*)	ED1-ED2	CI.low	CI.up	Valeur P
Interspécifique	0.1	316	260	130.66	135.56	-4.90	-10.00	-1.17	<0.0001
	0.5	316	260	149.00	159.38	-10.37	-14.24	-6.12	<0.0001
	0.9	316	260	174.93	176.65	-1.73	-6.80	-0.13	0.02
Intersexuel (A. imperator)	q	n1 (Female)	n2 (Male)	ED1 (Female)	ED2 (Male)	ED1-ED2	CI.low	CI.up	Valeur P
Intersexuel (A.parthenope)	0.1	156	160	130.54	130.42	0.12	-3.64	3.52	0.93
	0.5	156	160	148.95	149.17	-0.22	-4.32	3.76	0.93
	0.9	156	160	174.64	174.29	0.35	-7.10	7.51	0.91
	0.1	144	116	134.36	137.07	-2.71	-8.38	4.74	0.44
	0.5	144	116	158.90	159.92	-1.01	-5.75	5.07	0.80
	0.9	144	116	178.62	175.76	2.86	-0.68	5.61	0.06

Remarque. La variable est la date d'émergence (**ED**) et l'unité est les jours. **q,** quantile; **n,** taille de l'échantillon; **A. imp,** *A. imperator* et **A. par**, *A. parthenope*; **CI.low**, intervalle de confiance inférieur de 95% pour la différence interspécifique entre les dates juliennes; **CI.up**, intervalle de confiance supérieur à 95% de la différence.

5.1.3. Stratification verticale

Les larves des deux espèces ont choisi des types de supports similaires dans les bords de la mare d'étude pour effectuer la mue imaginale (**Tab. 8**). Les deux espèces sont apparues exclusivement sur des supports végétaux.

Les exuvies sont principalement présentes sur les feuilles et les tiges de ***Typha angustifolia*** et de ***Scirpus lacustris***, qui représentaient ensemble près de 90% des supports utilisés. Les autres supports rarement utilisés étaient ***Cyperus longus, Carex riparia, Paspalum distichum*** et les branches d'arbustes (**Tab. 09, Fig. 42**).

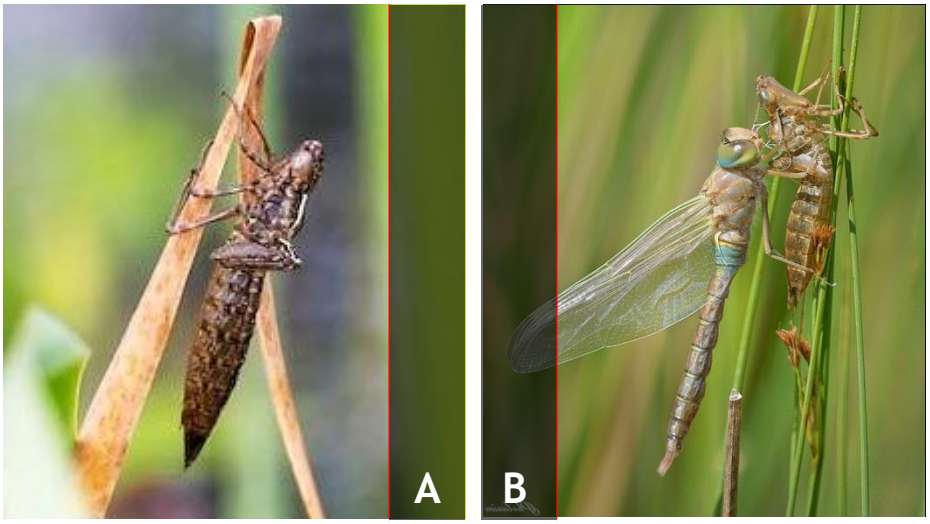

Fig. 42 | Les végétaux utilisés par *A. imperator* et *A. parthenope* pour l'émergence.
(A) *A. imperator* utilise *Typha angustifolia* [22].
(B) *A. parthenope* utilise *Scirpus lacustris* [23].

Compte tenu de tous les types de support végétal pour l'émergence, il n'y avait pas de différence significative interspécifique dans la distribution des larves entre les supports (χ^2 = 7.36, df = 5, p = 0.19), ce qui suggère qu'ils utilisaient les mêmes microhabitats pour l'émergence.

Tableau 09. Pourcentage des supports végétaux utilisé par *A. imperator* et *A. parthenope* pour l'émergence dans le site d'étude.

Supports végétaux	*A. imperator*	*A. parthenope*
Typha angustifolia	62.85% (N = 181)	72.41% (N = 168)
Scirpus lacustris	25.35% (N = 73)	17.24% (N = 40)
Shrubs (branches)	8.33% (N = 24)	7.76% (N = 18)
Cyperus longus	2.43% (N = 7)	2.16% (N = 5)
Carex riparia	0.69% (N = 2)	0% (N = 0)

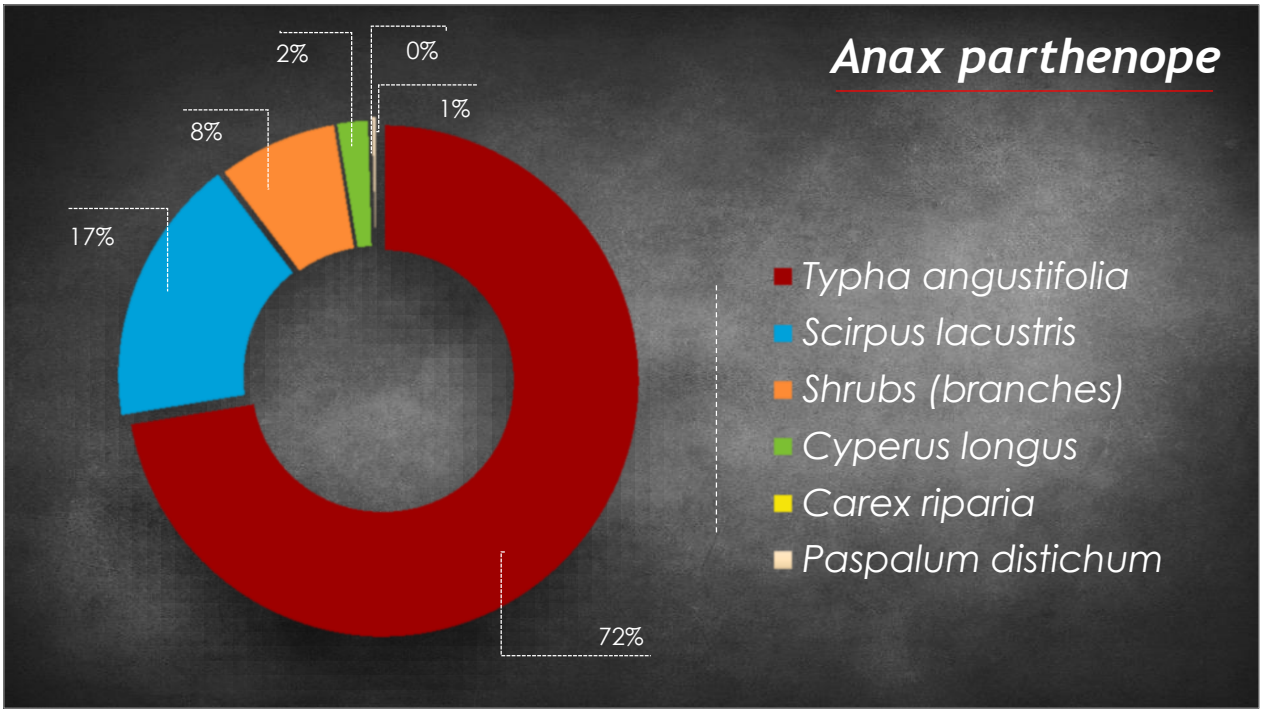

Fig. 43 | **Pourcentage des végétaux utilisés par *Anax parthenope* pour l'émergence dans le site d'étude.**

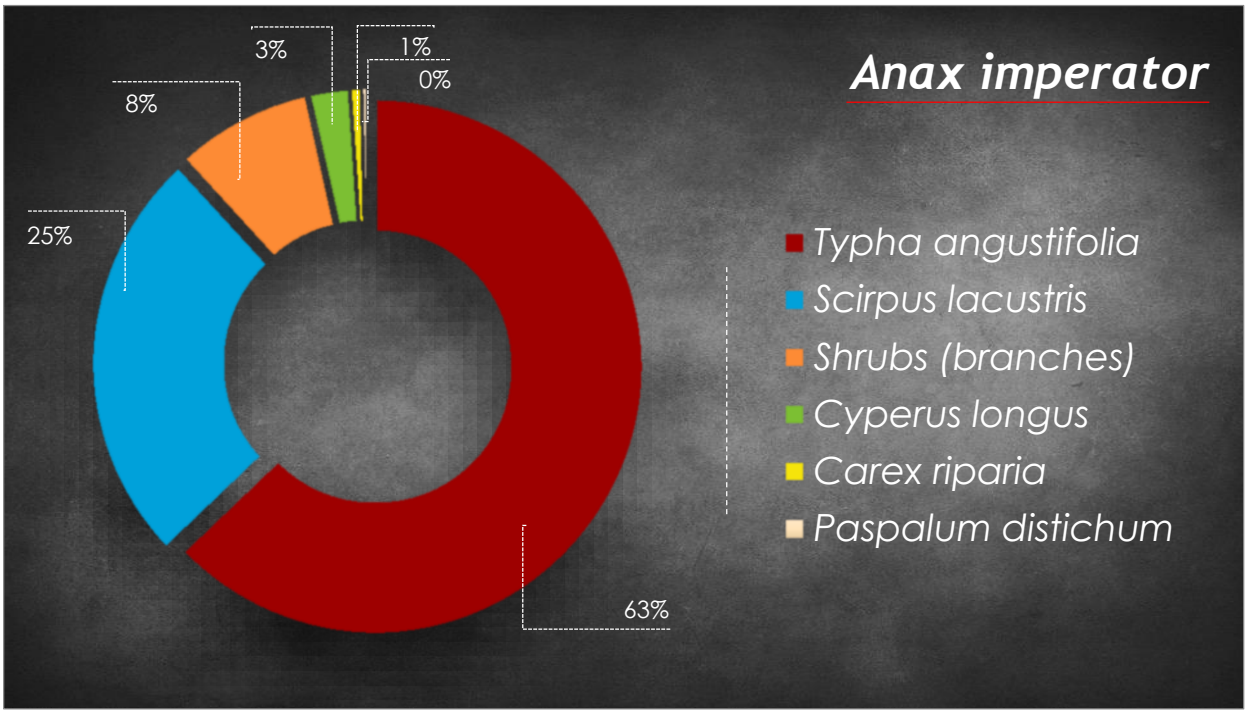

Fig. 44 | **Pourcentage des végétaux utilisés par *Anax imperator* pour l'émergence dans le site d'étude.**

Les caractéristiques de la stratification verticale de deux espèces sont présentées dans le **tableau 10**. Nous avons trouvé qu'il n'y a pas de différences significatives interspécifiques et sexuelles dans la hauteur de la fixation de l'exuvie (p> 0,05), mais la hauteur de l'exuvie est positivement corrélée à la hauteur du support et à la saison d'émergence chez les deux espèces (p <0,0001 ; **Tab. 11** ; **Fig. 45**).

Les femelles de *Anax imperator* sont émergées à une hauteur moyenne de 47.64 ± 25.37 cm au-dessus de la surface de l'eau avec un maximum de 170 cm, alors que les mâles sont fixés à une hauteur de 52.71 ± 28.66 cm en moyenne. La hauteur moyenne des supports choisis varie entre 91.23 ± 48.50 cm (femelles) et 101.62 ± 56.88 cm (mâles). Le ratio moyen He/Hs est de ; 0.59 ± 0.25% (F) / 0.57 ± 0.21 (M).

La hauteur moyenne de fixation (HE) de *A. parthenope* varie entre 49.21 ± 27.83 cm (femelles) et 53.03 ± 29.21 cm (mâles) avec hauteur moyenne des supports de 109.80 ± 60.96 cm pour les femelles, et de 110.77 ± 61.28 cm pour les mâles. Le ratio moyen He/Hs est de 0.52 ± 0.26% (F) / 0.55 ± 0.24 (M).

Tableau 10. Stratification verticale des exuvies de *A. imperator* et de *A. parthenope*

	A. imperator		*A. parthenope*	
Variable	(Femelle)	(Mâle)	(Femelle)	(mâle)
HE (cm)	47.64 ± 25.37 (132)	52.73 ± 28.66 (136)	49.21 ± 27.83 (108)	53.03 ± 29.21 (83)
HS (cm)	91.23 ± 48.50 (132)	101.62 ± 56.88 (136)	109.80 ± 60.96 (108)	110.77 ± 61.28 (83)
HE/HS	0.59 ± 0.25 (132)	0.57 ± 0.21 (136)	0.52 ± 0.26 (108)	0.55 ± 0.24 (83)

Remarque. HE ; hauteur de fixation des exuvies, **HS ;** hauteur de support, Valeurs entre () sont la taille d'échantillon

L'interaction négative significative des hauteurs des supports (HS) par saison (HS/Saison) montre que la larve monte plus haut sur le support végétatif au début de saison qu'en fin de saison (p = 0,002). L'interaction positive significative entre (HS) par sexe (HS/Sexe) montre que les mâles grimpent plus haut que les femelles par rapport à la hauteur de support (p = 0,01). De plus, la hauteur du support était significativement affectée par l'espèce (ANOVA à deux voies: p = 0,005), mais pas par sexe (p = 0,35) et par l'interaction espèce par sexe (p = 0,22). HS est de 14,6 cm [IC 95%: 4,3-24,9] plus longtemps chez *A. parthenope* que chez *A. imperator*.

Tableau 11. Résultats de la régression linéaire multiple évaluant le pattern de la hauteur de fixation de l'exuvie à l'émergence (HE) sur la longueur de la hauteur de support (HS), la saison (date julienne), les espèces (*Anax imperator* et *A. parthenope*) et le sexe.

	Estimation	Erreur standard	Valeur-*t*	Valeur-*p*
Interception	-26.045	23.641	-1.102	0.271
HS	0.855	0.201	4.253	<0.0001
Saison	0.340	0.156	2.174	0.030
Espèces (*A. parthenope*)	-17.577	21.171	-0.830	0.407
Sexe (Male)	-6.468	4.517	-1.432	0.153
Saison/Espèces (*A. parthenope*)	0.147	0.141	1.042	0.298
HS/Saison	-0.004	0.001	-3.110	0.002
HS/Sexe (Male)	0.093	0.039	2.387	0.017
HS/ Espèces (*A. parthenope*)	-0.060	0.041	-1.456	0.146

Remarque. A. imperator et les femelles sont utilisés comme niveaux de référence pour les calculs de contraste. $R^2 = 0,27$.

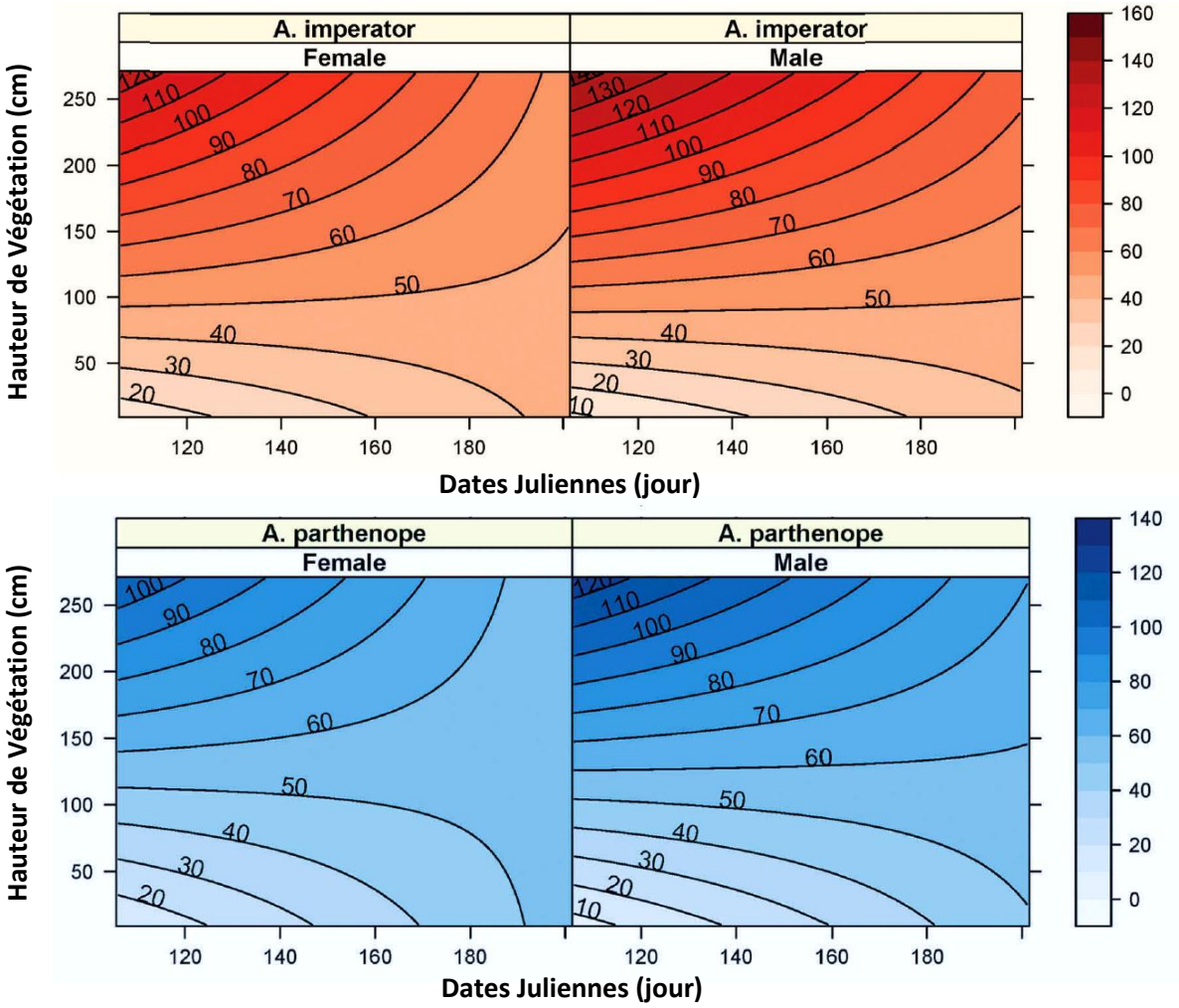

Fig. 45 **Relation de la stratification verticale des deux espèces de *Anax* avec la saison d'émergence et la hauteur de support.** Le gradient de couleur reflète la hauteur prédite de l'exuvie. Les dates juliennes 120, 140, 160 et 180 sont les 30 avril, 20 mai, 9 juin et 29 juin.

5.1.4. Pattern saisonnier de la taille du corps

La longueur du corps des exuvies de *Anax imperator* varie entre 47.63 ± 1.66 et 47.97 ± 1,89 mm pour les deux sexes, la valeur maximale de la longueur du corps des exuvies mâle peut atteindre les 52.92 mm par contre la valeur minimale est de 43.17 mm, pour les exuvies des femelles la valeur maximale est de 52.67 mm et minimale de 43.04 mm.

Pour *Anax parthenope*, la longueur moyenne du corps des mâles et des femelles varie entre 48.47 ± 3.70 et 48.65 ± 1.91 mm par contre les mâles peuvent atteindre une longueur de 52.55 mm enregistrée le 29/06/2013 tandis que la valeur minimale est de 42.16 mm enregistrée le 05/06/2013. Les femelles ont enregistré une valeur maximale de 52.50 mm le 25/06/2013 et une valeur minimale de 43.89 mm le 04/06/2013.

Nous avons réalisé une régression linéaire multiple pour évaluer le pattern temporel de la longueur du fourreau alaire pour chaque espèce et chaque sexe (**Tab. 12**). Nous avons trouvé que la longueur du fourreau alaire n'est pas significativement différente entre les espèces (p = 0,55), mais elle est légèrement différente entre les sexes chez *A. imperator* où nous avons trouvé que les femelles présentent des fourreaux alaires légèrement plus longues (p = 0,059).

Cependant, l'effet significatif de la saison (p <0,0001) montre que la longueur du fourreau alaire a augmenté au cours de la saison, et l'effet non-significatif de la saison par espèce (S/Esp) (p = 0,79) montre que la tendance croissante est applicable aux deux espèces et l'ampleur de l'augmentation n'est pas différente entre les espèces (**Fig. 46**). Tandis que, l'effet non-significatif saison par sexe (S/Sexe) (p = 0,10) montre que la longueur du fourreau alaire des mâles et des femelles a augmenté de façon similaire.

Tableau 12. Résumé des résultats de la régression linéaire multiple évaluant le pattern saisonnier de la longueur du fourreau alaire à l'émergence chez *A. imperator* et *A. parthenope*.

	Estimation	Erreur standard	Valeur-*t*	Valeur-*p*
Interception	8.838	0.337	26.262	<0.0001
Saison	0.009	0.002	4.051	<0.0001
Espèces (*A. parthenope*)	0.257	0.435	0.590	0.556
Sexe (Male)	-0.814	0.429	-1.896	0.059
Saison : Espèces (*A. parthenope*)	-0.001	0.003	-0.263	0.793
Saison : Sexe (Male)	0.005	0.003	1.641	0.102
Espèces (*A. parthenope*) : Sexe (Male)	-0.060	0.093	-0.645	0.519

Remarque. Le modèle inclut la saison, l'espèce et le sexe comme effets principaux. *A. imperator* et femelle sont utilisés comme niveaux de base pour les calculs de contraste. R^2 = 0,20.

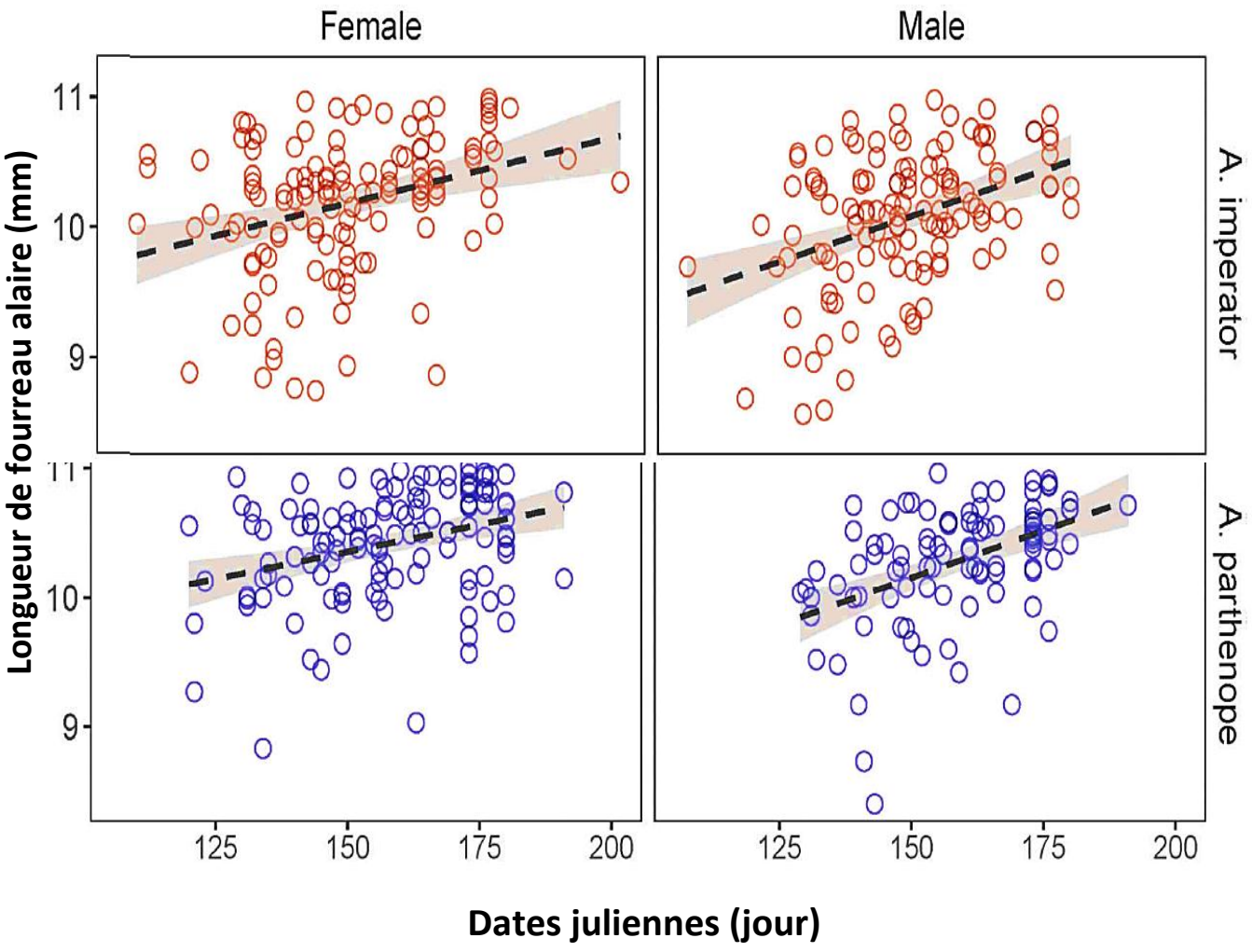

Fig. 46 **Pattern saisonnier de la longueur du corps chez *Anax imperator* et *A. parthenope*, et chez les deux sexes.** Les lignes en tirets noirs correspondent aux lignes de régression et les rubans gris se réfèrent à l'erreur standard. Les dates juliennes 125, 150, 175 et 200 sont les 5 mai, 30 mai, 24 juin et 19 juillet.

5. 2. Le suivi des adultes

5.2.1. Analyse générale

Dans cette étude nous avons pu marquer 124 individus d'*Anax imperator* (50% mâles et 50% femelles) et 189 individus d'*A. parthenope* qui sont réparties en 85% mâles avec 161 individus et 15% femelles avec 28 individus (**Fig. 42**).

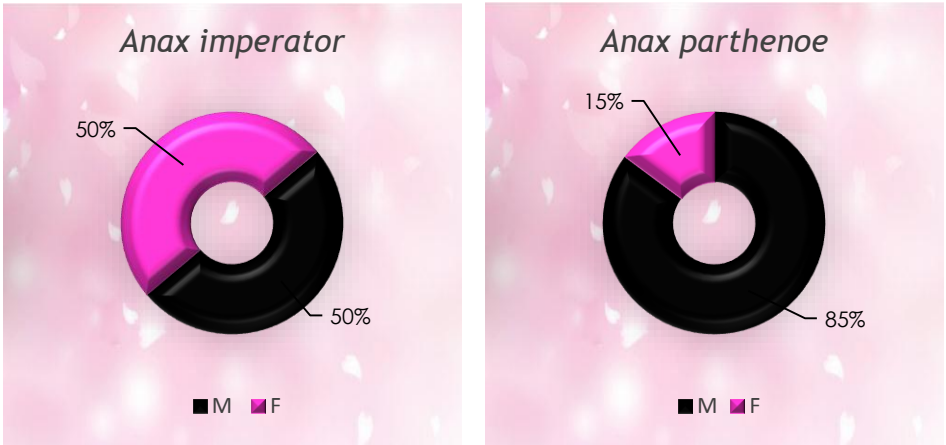

Fig. 47 **Répartition quantitative des mâles et des femelles marqués de *Anax imperator et de A. parthenope***

5.2.2. Phénologie des adultes

Dans les sites d'étude les adultes reproducteurs d'*Anax imperator* ont commencé à apparaître aux niveaux des plans d'eau dès le début avril, tandis que les individus d'*A. parthenope* ont commencé à se reproduire au début mai.

La période de reproduction des deux espèces a atteint son pic vers la fin mai et au début juin, puis le nombre des adultes des deux espèces a diminué progressivement jusqu'à la fin de la période de vol mi-novembre.

5.2.3. Abondance des adultes

En terme d'abondance des individus marqués de deux espèces, nous avons trouvé que l'abondance maximale chez *Anax imperator* a été enregistrée le 18-mai et 02-juin avec un total de huit (08) individus (**Fig. 48**), alors que chez *Anax parthenope* l'abondance maximale a été enregistrée le 25-mai avec un total de 17 individus (**Fig. 49**).

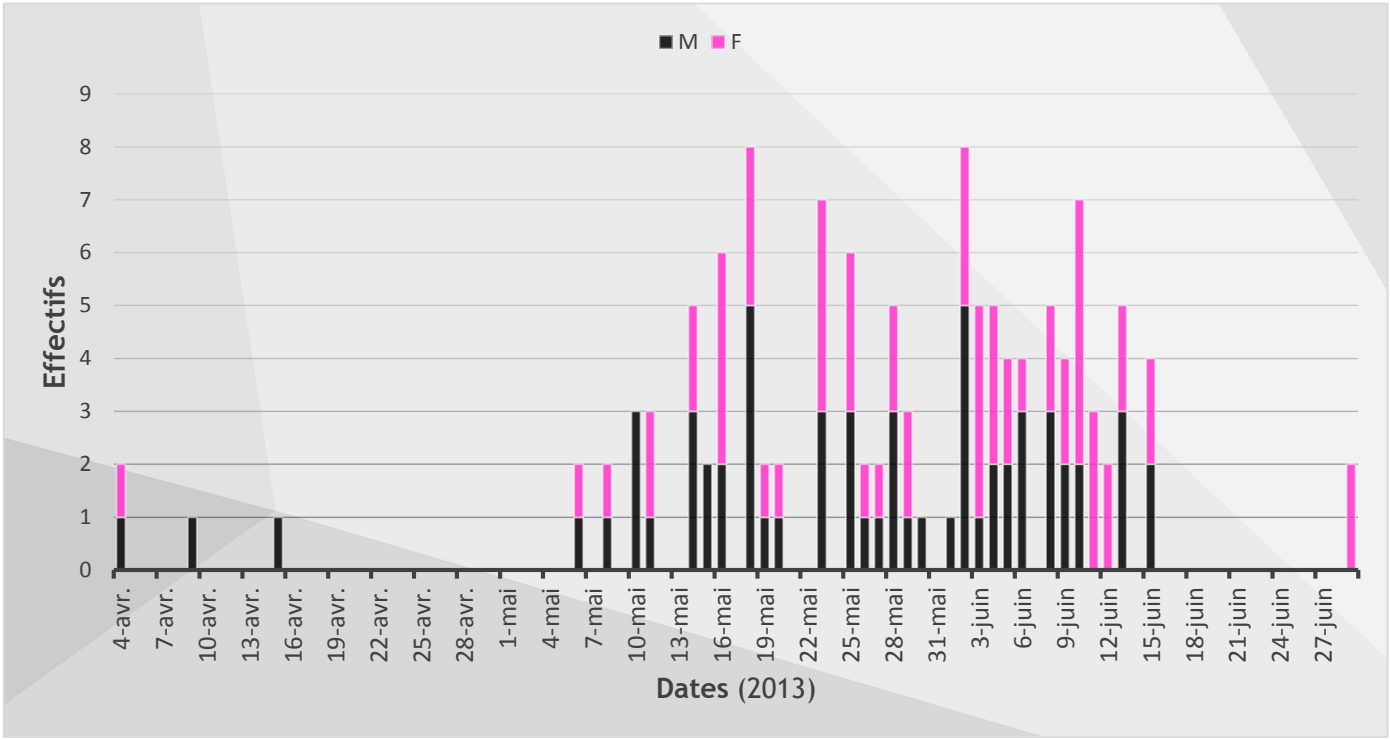

Fig. 48 | **Abondance des mâles et des femelles marqués de *Anax imperator*.**

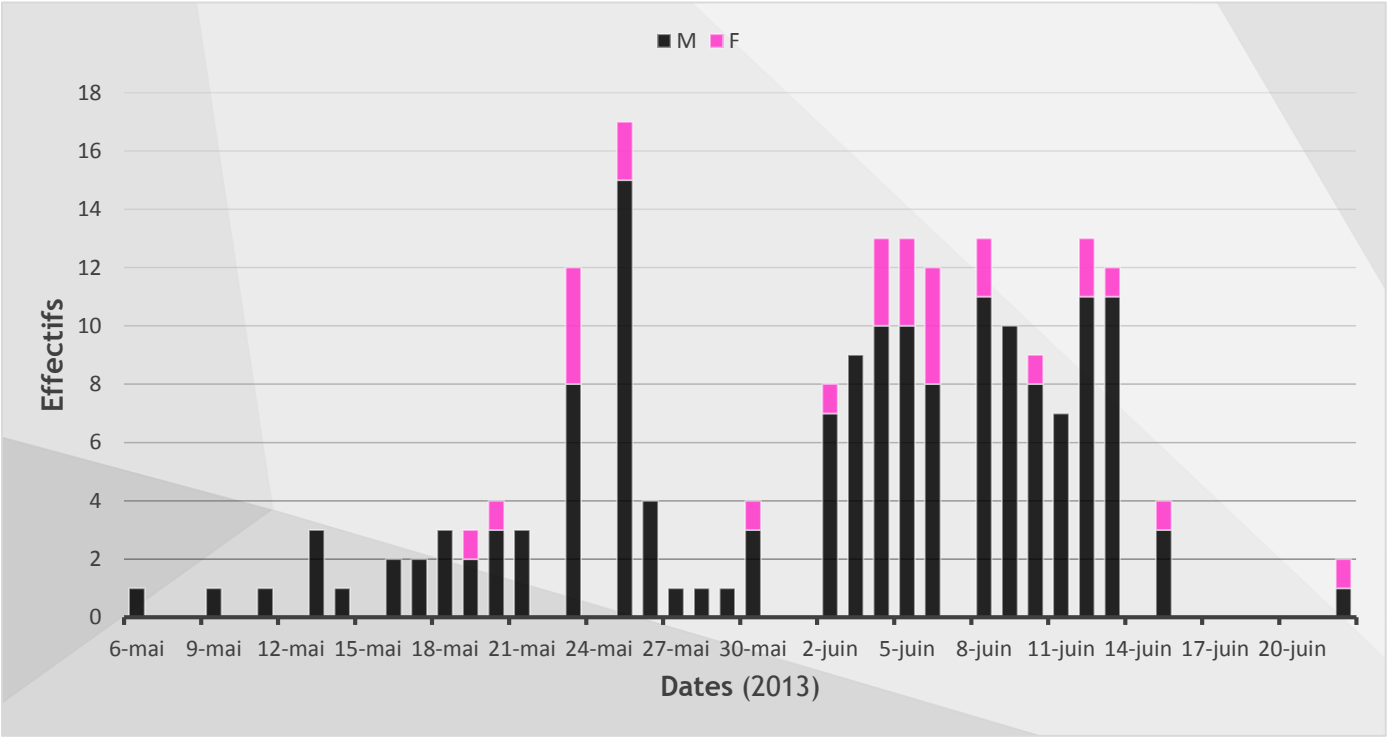

Fig. 49 | **Abondance des mâles et des femelles marqués de *Anax parthenope*.**

5.2.4. Taille des adultes

– **Longueur du corps**

Chez *Anax imperator*, La taille des adultes varie entre 70.23 ± 2.72 et 73.64 ± 2.73 mm pour les deux sexes, la valeur maximale de la longueur du corps des adultes mâle peut atteindre les 78.81 mm par contre la valeur minimale est de 64.72 mm. Pour les adultes femelles la valeur maximale est de 75.77 mm et minimale de 63.02 mm.

Nous avons trouvé que la taille des adultes mâles est significativement plus longue que celle des femelles (Mann-Whitney U-test = 659.5, P < 0.001) (**Fig. 50**).

Pour *Anax parthenope*, Il n'y a pas une différence significative dans la taille des adultes entre mâles et femelles (Mann-Whitney U= 2104.5, P = 610) (**Fig. 51**).

La longueur moyenne du corps des mâles et des femelles varie entre 67.78 ± 1.88 et 67.95 ± 1.91 mm. En effet, les mâles peuvent atteindre une longueur de 72.26 mm enregistrée le 13/06/2013 et la valeur minimale (62.02 mm) est enregistrée le même jour. Les femelles ont enregistré une valeur maximale de 71.08 mm le 15/06/2013 et une valeur minimale de 63.42 mm le 12/06/2013.

– **Longueur de l'aile postérieure**

Nous avons trouvé que la longueur de l'aile de deux espèces est significativement plus grande en faveur des femelles. Pour *Anax imperator*, les femelles ont une longueur moyenne de l'aile de (48.44 ± 1.57 mm, N = 62), avec un maximum de 53 mm et un minimum de 45.77 mm, alors que les mâles ont une moyenne de (47.66 ± 1.35 mm, N = 62), un max. de 51.11 mm et un min. de 44.61 (Mann-Whitney U-test = 1427.5, P <0.01) (**Fig. 52**).

La longueur de l'aile des femelles de *Anax parthenope* est de 48.57 ± 1.43 mm (N=28) [max = 50.83 mm, min= 45.80 mm]. Contrairement, aux mâles qui ont une aile avec une longueur moyenne de 46.55 ± 1.63 mm (N=161), un maximum de 50.37 mm et un minimum de 40.50 mm (Mann-Whitney U-test = 798, P <0.0001) (**Fig. 53**).

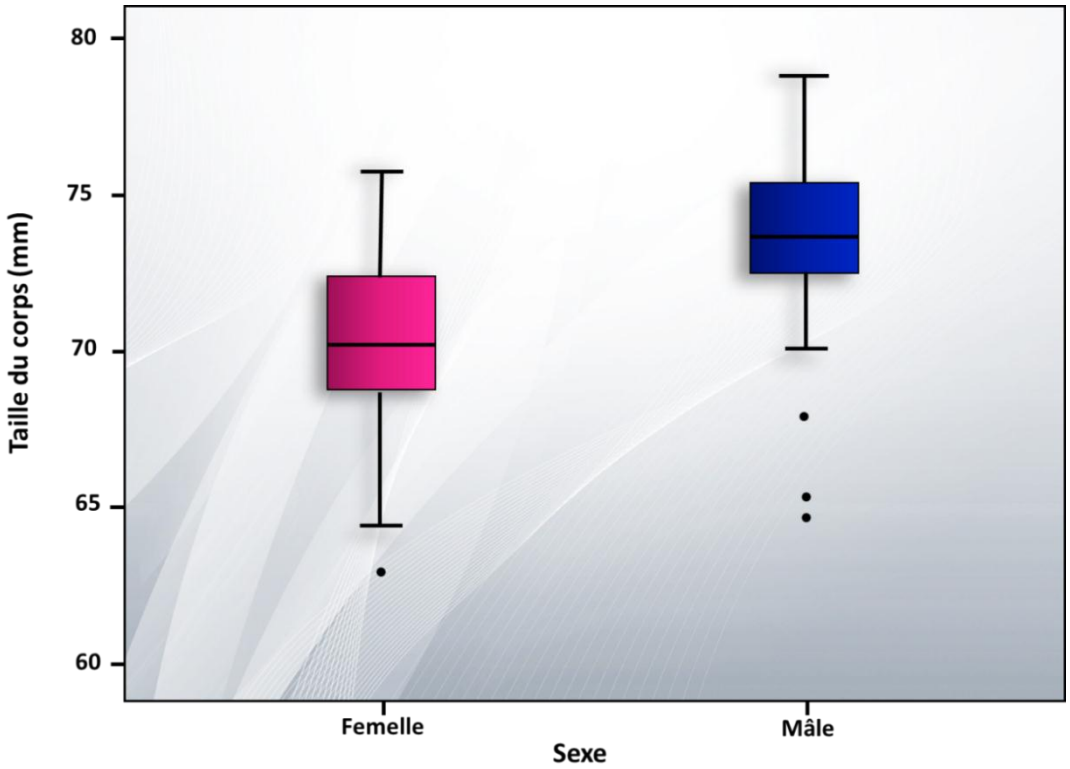

Fig. 50 **Box-plots montrant la longueur du corps de males et des femelles de *Anax imperator***

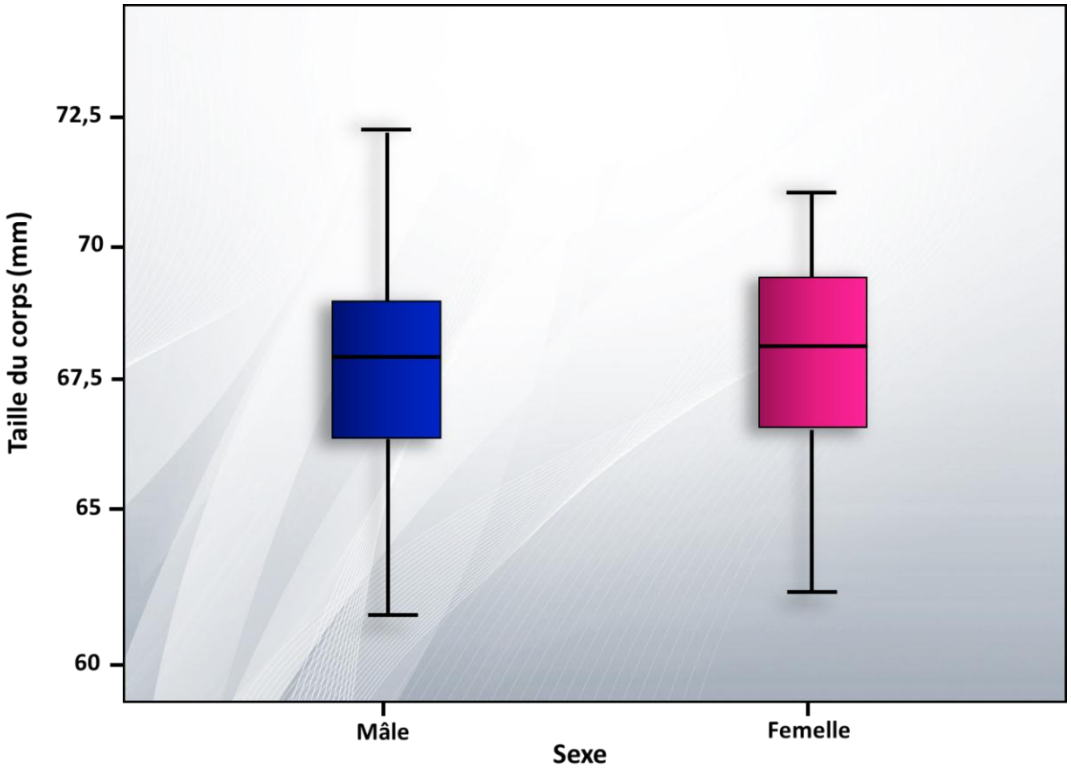

Fig. 51 **Box-plots montrant la longueur du corps de males et des femelles de *Anax parthenope***

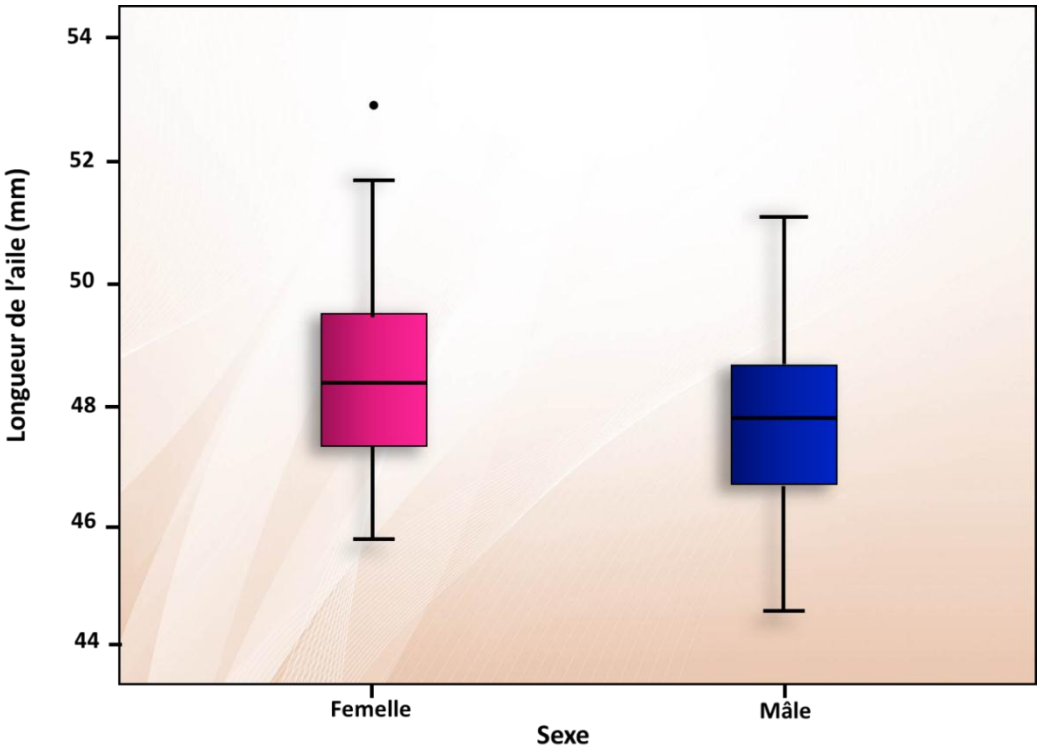

Fig. 52 | **Box-plots montrant la longueur de l'aile postérieure de deux sexes de *Anax imperator***

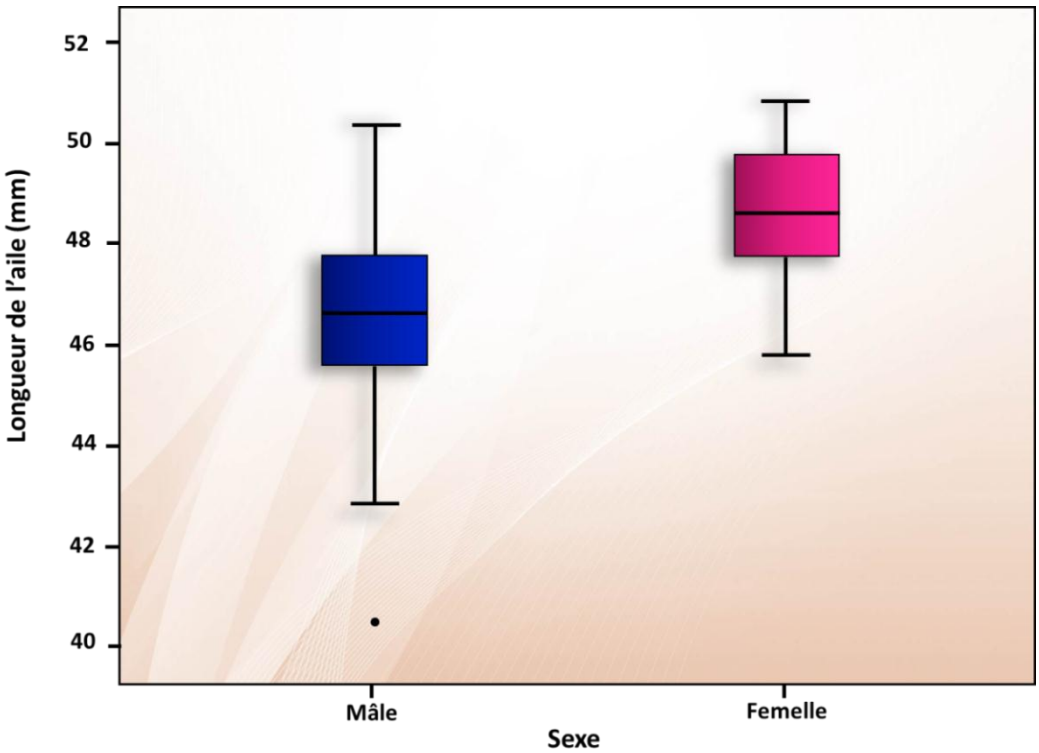

Fig. 53 | **Box-plots montrant la longueur de l'aile postérieure de deux sexes de *Anax parthenope***

Nous avons réalisé une régression linéaire pour les deux espèces afin d'évaluer le pattern temporel de la longueur du corps et de l'aile. Chez *Anax parthenope*, nous avons trouvé qu'il y a une croissance positive et considérable dans la taille des adultes et la longueur de l'aile postérieure pour les mâles (r = 0.09, P = 0.001) et les femelles (r = 0.11, P < 0.0001) durant la saison de la reproduction (**Figs. 54, 55**).

L'ampleur de la tendance croissante de la longueur du corps des adultes de *A. imperator* montre une faible augmentation de la taille du corps au cours de la saison de reproduction (r = 0.002, P = 0.01) (**Fig. 56**). Cependant, l'effet significatif de la saison (P < 0,001) montre que la longueur des ailes de *A. imperator* a augmenté considérablement (r = 0.13, P < 0,001) (**Fig. 57**).

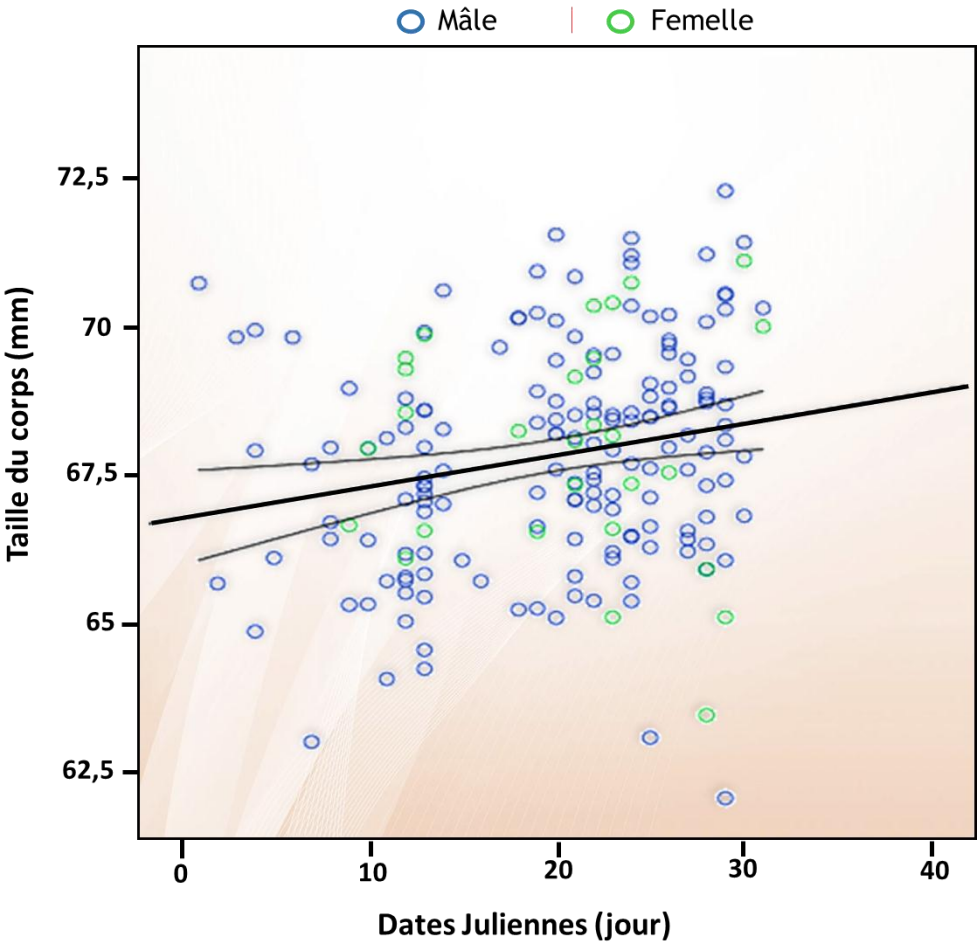

Fig. 54 La longueur du corps des adultes mâles et femelles de *A. parthenope* au cours de la saison de reproduction.

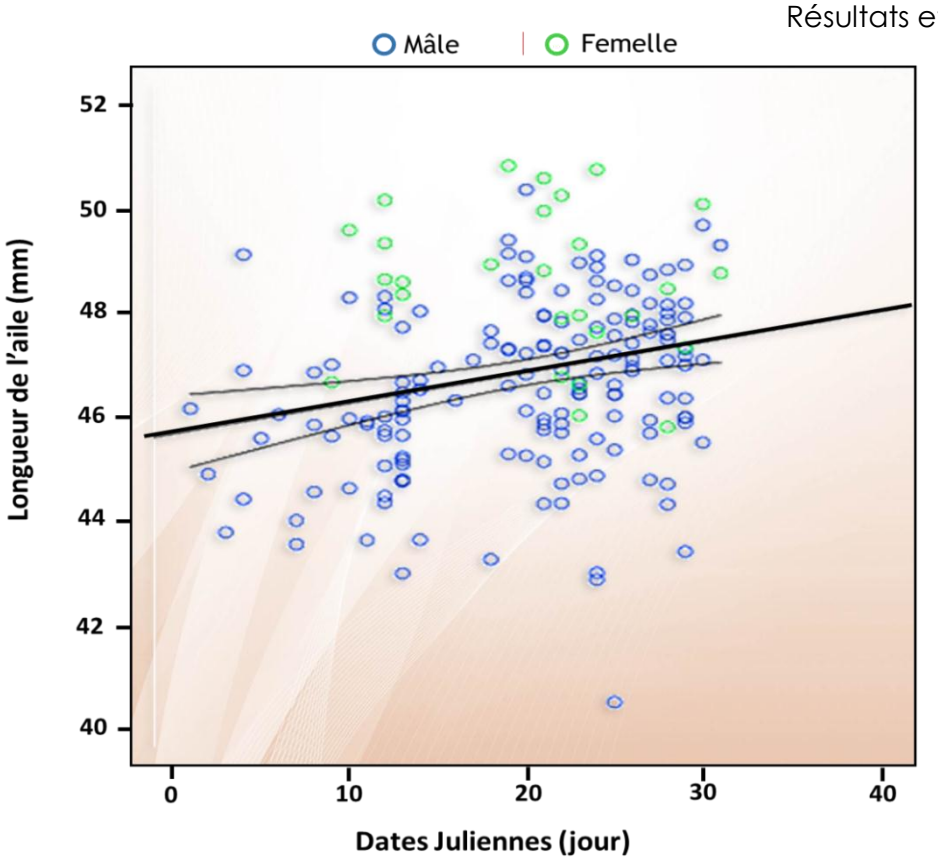

Fig. 55 La longueur de l'aile postérieure des adultes mâles et femelles de *Anax parthenope* au cours de la saison de reproduction.

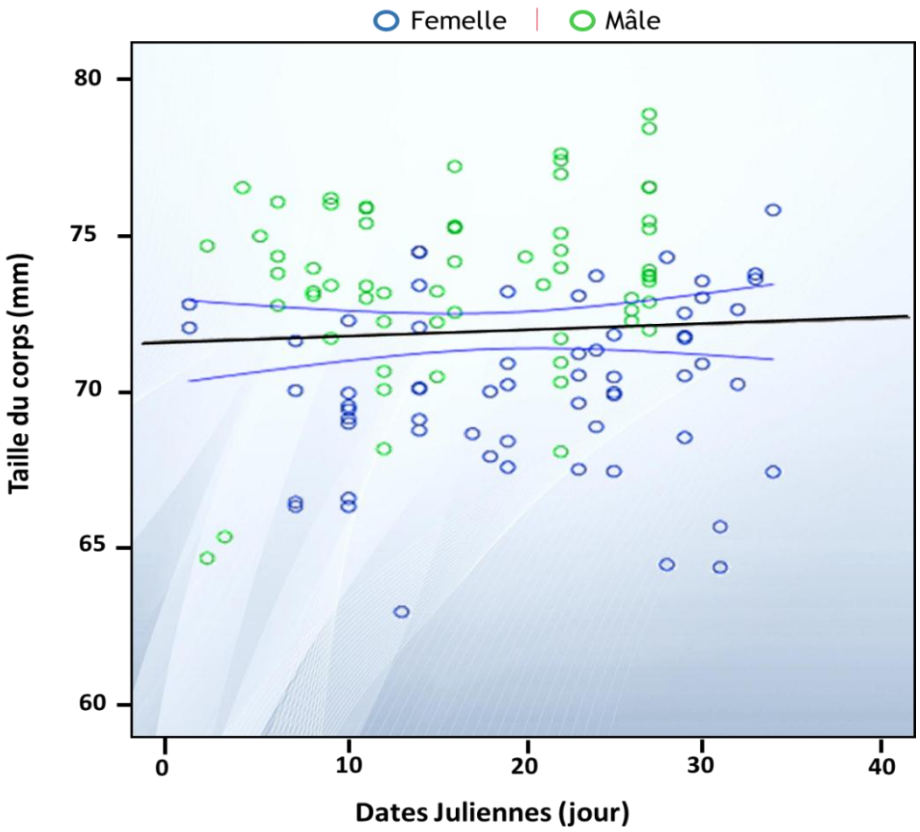

Fig. 56 La longueur du corps des adultes mâles et femelles de *Anax imperator* au cours de la saison de reproduction.

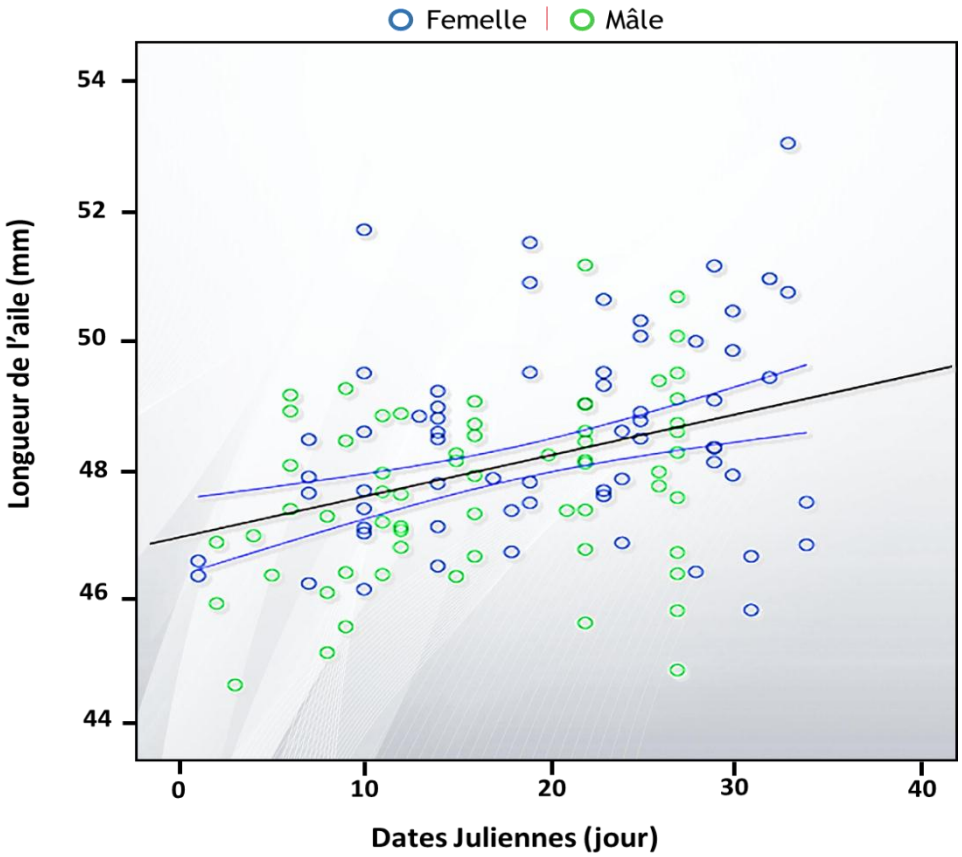

Fig. 57 | **La longueur de l'aile postérieure des adultes mâles et femelles de *Anax imperator* au cours de la saison de reproduction.**

5.2.5. Démographie des adultes

Parmi les 313 adultes marqués quotidiennement, 271 individus (soit 86,6 %) ont été repérés au moins une seul fois. Le taux de recapture chez *A. imperator* est de 88.71 % entre les deux sexes, alors qu'il est de 85.19 % chez *Anax parthenope* (**Fig. 58**).

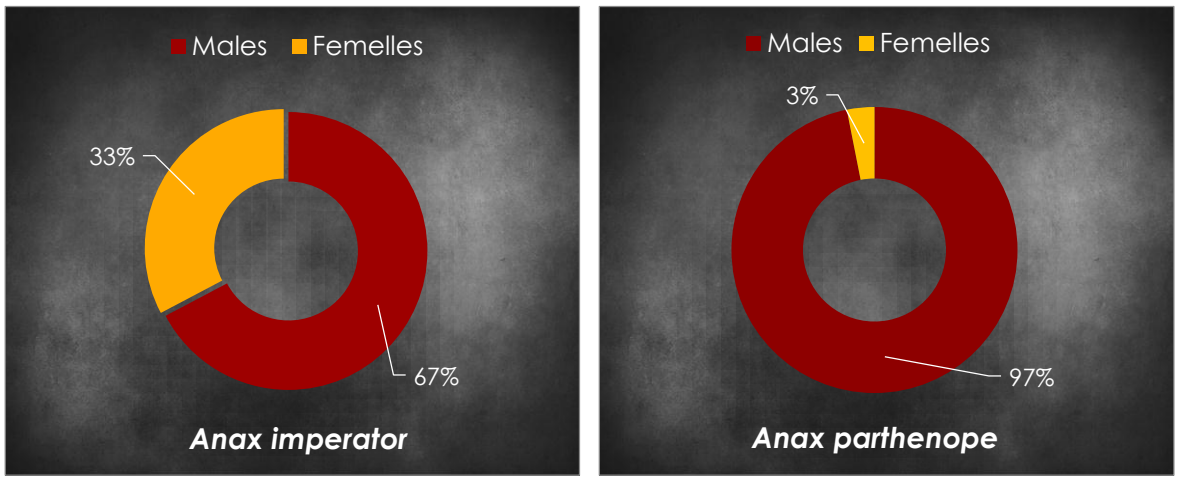

Fig. 58 | **Taux de recapture de *Anax imperator* et *A. parthenope* dans le site d'étude.**

6. Discussion

Les études sur l'écologie des espèces étroitement apparentées qui vivent en sympatrie sont importantes et informatives sur les mécanismes écologiques et comportementaux qui permettent leur coexistence dans l'habitat naturel. En théorie, on s'attend à ce que ces espèces montrent une ségrégation au moins à un axe de niche qui pourrait être spatial (microhabitat) ou temporel (saison).

Notre étude a révélé des similitudes et des différences dans le modèle d'émergence et l'écologie de deux grandes libellules congénères qui dominent la plupart des systèmes d'eau douce de Paléarctique. Les deux espèces ont montré une émergence asynchrone, et sont donc typiquement des espèces d'été (Corbet, 1954). Bien que la phénologie de l'émergence des deux espèces ait présenté un chevauchement important, la distribution temporelle de *A. parthenope* était relativement plus tardive que celle de *A. imperator*. Par exemple, la différence dans la date médiane d'émergence était d'environ 10 jours. Il est probable que ce petit décalage temporel joue un rôle dans la réduction de l'interaction interspécifique entre les deux espèces durant l'émergence. Des études expérimentales élevant les deux espèces séparément et ensemble révéleraient si le développement et l'émergence sont manipulés à la suite de la compétition interspécifique.

Le sex-ratio était proche de l'équilibre chez *A. imperator*, similaire à celui présenté par Corbet (1957) pour la même espèce au Royaume-Uni. Le pourcentage de femelles d'*A. parthenope* était légèrement supérieur à celui des mâles, ce qui était similaire à l'observation de Taketo (1995) sur *A. parthenope julius* avec 54%. En fait, un sex-ratio biaisé chez les femelles des libellules est typique (Corbet & Hoess, 1998 ; Cordero-Rivera & Stoks, 2008), et résulte probablement des différences de taux de mortalité au stade larvaire dues aux différences sexuelles d'activité ou de vigilance. Les deux espèces ont choisi des types de supports similaires et des hauteurs similaires pour réaliser la mue imaginale. La hauteur moyenne était similaire à celle notée par Cordero (1995) pour *A. imperator* (43,08 ± 3,87 cm). Cependant, les supports sélectionnés par *A. parthenope* étaient plus élevés que ceux sélectionnés par *A. imperator*, ce qui confirme l'isolement spatial entre les espèces. Il est difficile à ce stade de savoir si les sites observés occupés par les exuvies de chaque espèce reflètent le microhabitat préféré ou sont le résultat d'une exclusion compétitive. Cette question peut être résolue par des expériences en laboratoire ou sur le terrain où les larves du dernier stade sont maintenues dans des conditions monospécifiques et bispécifiques. En outre, en

manipulant les densités des individus, on comprendrait si la compétition interspécifique est plus forte que la compétition intraspécifique.

La hauteur de la fixation des exuvies augmentait avec la hauteur du support, une relation positive qui a été documentée chez de nombreuses espèces (Khelifa et *al.*, 2013a, Hadjoudj et *al.*, 2014, Zebsa et *al.*, 2014a, 2014b). L'augmentation était toutefois légèrement plus marquée chez les males que chez les femelles. Cette différence sexuelle pourrait être due à des différences morphologiques (les femelles adultes sont plus grandes que les mâles) ou à des différences de comportement (par exemple, les différences de temps d'exposition au soleil). La hauteur de la fixation de l'exuvie augmente avec la saison, probablement en raison de la croissance des supports végétaux. Nos résultats soulignent également que la relation entre la hauteur de l'exuvie et la hauteur du support diminue avec la saison, c'est-à-dire qu'en fin de saison, les larves ont grimpé plus bas que prévu en ce qui concerne la hauteur du support. Un tel changement dans la relation exuvie-plante pourrait s'expliquer par la compétition interspécifique pour l'espace parmi l'odonatofaune. En effet, au début de la saison, de nombreuses espèces d'odonates commencent à émerger, ce qui augmente les risques de mortalité ou de déformation morphologique dus au piétinement par les larves d'autres espèces. Ainsi, monter plus haut peut réduire ce risque.

Une question qui peut se poser est de savoir comment la larve de libellule estime la hauteur du substrat. Nous suggérons que la vision est le moteur de la sélection de l'habitat. En effet, il a été rapporté que la larve avant émergence reste près de la surface de l'eau pendant des heures (Corbet, 1999), ce qui pourrait être considéré, au moins en partie, comme une phase d'évaluation du site d'émergence. Cependant, la détermination des facteurs qui contrôlent la sélection de la hauteur du support nécessite d'autres études expérimentales pour contrôler la structure et la croissance de la plante et d'autres effets confondants.

Les différences de taille entre les mâles et les femelles sont courantes chez de nombreux animaux (Andersson, 1994). Par exemple, chez de nombreuses espèces d'invertébrés, les femelles matures sont plusieurs fois plus grandes que les mâles, alors que chez les mammifères et les oiseaux, les mâles sont plus gros (Abouheif et Fairbairn, 1997; Blanckenhorn, 2005; Székely et *al.*, 2007). En plus, le fitness est généralement considéré comme une fonction croissante de la taille corporelle chez les animaux (Clutton-Brock, 1988 ; Reiss, 1989), et en particulier chez les insectes (Thornhill et Alcock, 1983 ; Honek, 1993).

Parmi les insectes, plusieurs études ont démontré une corrélation positive entre la taille corporelle des individus et la fécondité des femelles (Leather, 1988 ; Elgar et Pierce, 1988 ; Partridge, 1988 ; Berrigan, 1991 ; Kasule, 1991 ; Peckarsky et *al.*, 1993). D'autres études basées sur des espèces territoriales d'insectes ont montré que les mâles plus grands ont un net avantage à obtenir et à défendre des territoires attirés par les femelles (Alcock, 1981 ; Severinghaus et *al.*, 1981 ; Crespi, 1986). De même, le choix des femelles pour les grands mâles est très répandu parmi les insectes (Thornhill et Alcock, 1983 ; Choe et Crespi, 1997).

Dans cette étude, nous avons trouvé que la longueur du corps de *Anax imperator* varie entre 70-73 mm et la longueur moyenne de l'aile postérieure est 48.05 mm, ce qui est également similaire aux valeurs signalées par Grand et Boudot (2006) et Dijkstra (2007) avec une longueur du corps qui varie entre 66-84 mm et une longueur de l'aile postérieure de 45 – 52 mm. En plus, les adultes mâles ont une taille plus longue que celle des femelles. Probablement c'est le résultat du dimorphisme sexuel. Les mâles essaient de maximiser leur fitness en augmentant le taux de copulation dans les zones humides, tandis que les femelles ont évolué le comportement de dispersion dans l'habitat terrestre afin de minimiser leur temps passé dans la zone humide et évitant ainsi le harcèlement des mâles.

La taille des adultes mâles et femelles de *A. parthenope* n'est pas différente, elle est de 67 mm pour la longueur du corps et de 47.56 mm pour la longueur de l'aile postérieure, ce qui corrobore avec ce qui a été présenté par Dijkstra (2007) [longueur du corps de 62-75 mm, longueur de l'aile 44-51 mm].Les mêmes valeurs sont indiquées par Askew, 1988 ; Corbet, 1999, Goffart et *al.*, 2006 ; Devillers et Bertrand, 2017.

Enfin, l'utilisation différentielle de l'habitat par les deux sexes pourrait expliquer les taux de recapture estimés pour les deux espèces, puisque les mâles passent plus de temps dans des endroits visibles que chez les femelles. Les mâles ont été marqués ou repris principalement lorsqu'ils perchent sur la végétation, tandis que les femelles ont été repérées principalement en copulation ou lors de la ponte. En outre, les mâles peuvent être détectés plus facilement en raison de la coloration écarlate de leur abdomen (Anholt et *al.*, 2001; Torres-Cambas et Fonseca-Rodríguez, 2011).

Finalement, nous espérons que cette étude devrait être utilisée à l'avenir pour les plans de conservation et de gestion non seulement pour les habitats aquatiques mais aussi terrestres puisque les Odonates les utilisent pour la maturation, l'alimentation, la copulation…etc.

Conclusion

Conclusion

Notre étude sur deux espèces congénères de la famille des Aeschnidés est la première contribution sur la compréhension de la biologie et l'écologie de *Anax imperator et A. parthenope* dans la limite sud de ses distributions. Elle a été effectuée dans les milieux lentiques du bassin versants de la Seybouse (Nord est Algérien).

Le premier aspect de ce travail montre des informations intéressantes sur les deux espèces en Algérie. Dans cette étude nous avons travaillé sur l'émergence et le développement larvaire dans la limite sud de ses distributions dont l'objet est de déterminer les stratégies de vie dans un climat chaud et les comparer avec la population du nord. Nous avons trouvé que les deux espèces ont montré une émergence asynchrone, et sont donc typiquement des espèces d'été. En plus, la distribution phénologique de *A. parthenope* était relativement plus tardive que celle de *A. imperator*, ceci est probablement la cause de la réduction de l'interaction interspécifique entre les deux espèces durant l'émergence.

De même, cette étude a révélé que le sex-ratio de l'émergence était proche de l'équilibre chez *A. imperator*, similaire à celui présenté par Corbet (1957) pour la même espèce au Royaume-Uni. En outre, les deux espèces ont choisi des types de supports similaires et des hauteurs similaires pour réaliser la mue imaginale. On a trouvé que la hauteur de la fixation de l'exuvie augmente avec la saison, probablement en raison de la croissance des supports végétaux.

En effet, notre travail nous a permis de montrer que la taille du corps des deux espèces augmente de façon significative avec le temps, ce qui semble contredire de nombreuses études antérieures.

Enfin, La connaissance du statut des insectes du Maghreb et spécialement ce fabuleux taxon n'a donc pas beaucoup avancé, en comparaison de nombreuses données recueillies sur des groupes plus charismatiques, notamment les oiseaux. Pour cela, nous espérons que d'autres chercheurs s'intéressent à ces insectes fascinantes et approfondir et améliorer encore plus le présent travail. Des mesures de gestion et de conservation doivent être mises en place en urgence pour préserver notre richesse odonatofaune en particulier mais aussi la faune et la flore du bassin versant de la Seybouse en générale.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

(A)

- **A.B.H. Agence des Bassins Hydrographiques - Constantinois – Seybouse – Mellegue**. (**1999).** Cahiers de l´Agence (Ministère de l´Aménagement du Territoire).
- **Abouheif E. et Fairbairn D.J. (1997).** A comparative analysis of allometry for sexual size dimorphism: assessing Rensch's Rule. *Am. Nat.* 149: 540–562.
- **Abro A. (1971).** Gregarines : Their effect on damselflies (Odonata). *Entomologica Scandinavica* 2: 294-300.
- **Abro A. (1974).** The gregarine infection in different species of Odonata from the same habitat. *Zoologica Scripta* 5: 265-275.
- **Abro A. (1987).** Gregarine infection of Zygoptera in diverse habitats. *Odonatologica* 16: 119-128.
- **Abro A. (1990).** The impact of parasites in adult populations of Zygoptera. *Odonatologica* 19: 223-233.
- **Adjissi O. (2009).** *Etude hydro-climatique de l'écoulement moyen intrannuel du bassin de Seybouse*. Mémoire de Magister. Université Badji Mokhtar Annaba. 187 p.
- **Aguesse P. (1961).** Contribution à l'étude écologique des Zygoptères de Camargue. Thèse de doctorat. Sciences naturelles, Faculté des Sciences de l'Université de Paris, Imp. CRDP Aix en-Provence.
- **Aguilar J. d' et Dommanget J.-L. (1998).** *Guide des libellules d'Europe et d'Afrique du Nord*. Delachaux et Niestlé, Paris, Neuchâtel-Paris, 1985 : 1ère édition, 463 pages.
- **Alcock, J. (1981).** Lek territoriality in the tarantula hawk wasp *Hemipepsis ustulata* (Hymenoptera ; Pompilidae). *Behavioural Ecology and Sociobiology,* 8 : 309-317.
- **Andersson M. (1994).** *Sexual Selection*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 599 pp.
- **Anderson, D. J. et Vondracek, B. (1999).** Insects as indicators of land use in three ecoregions in the prairie pothole region. *Wetlands* 19: 648-664.
- **Anholt B.R., C. Vorburger et P. Knaus. (2001).** Mark–recapture estimates of daily survival rates of two damselflies (*Coenagrion puella* and *Ischnura elegans*). *Canadian Journal of Zoololy*. 79: 895–89.
- **Askew, R. R., (1988)** *The Dragonflies of Europe*, 1ere edition. Harley Books, Colchester, England, 291 pp.

- **Askew, R. R. (2004).** *The dragonflies of Europe*. 2eme edition, Colchester: Harley Books. 308pp.

(B)

- **Bagnouls F. et H. Gaussen (1957).** Les climats biologiques et leurs classifications. *Annales de Géographie* 335: 193-220.
- **Bale J. S., Worland M. R. et Block W. (2001)**. Effects of summer frost exposures on the cold tolerance strategy of a sub-Antarctic beetle. *J. Insect Physiol*. 47: 1161–1167.
- **Banks M.J. et Thompson D.J. (1985).** Lifetime mating success in the damselfly Coenagrion puella. *Animal Behaviour*. 33: 1175-1183.
- **Batzer, D. P., Rader, R. B. et Wissinger, S. A. (1999).** *Invertebrates in freshwater wetlands of North America: ecology and management*. John Wiley et Sons. 1120 p.
- **Benmarce K. (2007).** *Caractéristiques Physico-chimiques Et Isotopiques Des Eaux Souterraines Dans La Région De Guelma (NE algérien)*. Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar, Annaba.
- **Bennett S. et Mill P.J. (1993).** Larval development and emergence in Pyrrhosoma nymphula (Sulzer) (Zygoptera: Coenagrionidae). *Odonatologica.* 22: 133-145.
- **Bensouilah Taqiyeddine. (2015).** *Contribution à l'étude écologique des passereaux nicheurs dans le Nord-Est d'Algérie*. Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar, Annaba.
- **Berrigan, D. (1991).** The allometry of egg size and number in insects. *Oikos*. 60: 313-321.
- **Blanckenhorn W.U. (2005).** Behavioral causes and consequences of sexual size dimorphism. Ethology 111: 977–1016.
- **Blois-Heulin C. (1990).** Influence of prey densities on prey selection in Anax imperator larvae (Odonata: Aeshnidae). *Aquatic Insects*. 12 (4):209–217.
- **Bouchelaghem, H. (2008)**. *Caractérisation des peuplements Odonatologique du bassin de l'oued Cherf, Seybouse*. Mémoire de Magister. Université 8 Mai 1945 Guelma. 102 p.
- **Boudot J.-P. (2006).** Coenagrion mercuriale. *In*: The IUCN Red List of Threatened Species 2009. Online on the internet, URL [25.2.2010] : http://www.iucnredlist.org.
- **Boudot J.-P. (2010a).** *Calopteryx exul*. Retrieved 29 July 2015, from http://www.iucnredlist.org.
- **Boussekine, M. (2009).** Modélisation des pertes de ruissellement : cas de la ville de "Guelma". Mémoire de Magister. Université de Badji Mokhtar Annaba. 118 p.

- **Brauckman C. et Zessin W. (1989).** Neue Meganeuridae aus dem Namurium von Hagen Vorhalle (BRD). und die Phylogenie der Meganisoptera (Insecta, Odonata). *Deutsche entomologische Zeitschrift* 36: 177–215 97.
- **Braune, P. et Rolff, J. (2001).** Parasitism and sex in a damselfly: does sex matter ? *Proceedings of the Royal Society of London*, Series B 268: 1133–1137.
- **Brooks S. (2002).** *Dragonflies*. The Natural History Museum, London.
- **Brooks S. et Cham S. (2009).** The Identification of Freshwater Invertebrates to Species Level: a distance –learning course. Module 8: Advanced identification of Dragonflies and Damselflies (Odonata): Larvae and Exuviae. *Environment Agency et The Freshwater Biological Association (FBA)*.
- **Buchholtz C. (1951).** Untersuchungen an der Libellengattung *Calopteryx* Leach unter besonderer Berucksichtigung ethologischer Fragen. *Zeitschrifts fur Tierpsychologie.* 8: 273 293.

(C)

- **Capinera, J.L. (2008).** *Encyclopedia of Entomology*, 2nd Edition. Vols. 1-4. Springer, Dordrecht, The Netherlands. 4346 pp.
- **Carchini, G et E. Rota. (1985).** Chemico-physical data on the habitats of rheophile Odonata from central Italy. *Odonatologica.* 14(3): 239-245.
- **Carpenter F. M. (1939).** The Lower Permian insects of Kansas. Part 8. Additional Medasecoptera, Protodonata, Odonata, Homoptera, Psocoptera, Protelytroptera, Plectoptera and Protoperlaria. *Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences*, 73: 29-70
- **Castella E. (1987).** Larval Odonata distribution as a describer of fluvial ecosystems: the Rhône and Ain Rivers, France. *Advances in Odonatology*. 3: 23-40
- **Cayrou J, Céréghino R. (2005).** Life-cycle phenology of some aquatic insects: implications for pond conservation. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. 15 (6): 559 571.
- **Cherairia, N., Adler, P.H. et Samraoui, B. (2014).** Biodiversity and Bionomics of the Black Flies (Diptera: Simuliidae) of Northeastern Algeria. *Zootaxa*. 9.
- **Chesson P. (2000)**. Mechanisms of maintenance of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics.* 343-366.

- **Chibani, S. (2009).** *Contribution à l´étude de la qualité physicochimique et microbiologique des eaux de surface et souterraine de la région de Ain Makhlouf (Wilaya de Guelma).* Mémoire de Magister. Université 8 Mai 1945 Guelma. 104 p.
- **Choe, J.**C. et Crespi, B.J. (1997). Mating Systems in Insects and Araacchnids, Cambridge University press. Cambridge.
- **Chovanec A. et Waringer J. (2001).** Ecological integrity of river-floodplains systems assesment by dragonfly survey, Regulated Rivers. *Research and Management*, 17, p. 493 507.
- **Chovanec A., Waringer J., Raab R. et Laister G. (2004).** Lateral connectivity of a fragmented large river system: assessment on a macroscale by dragonfy surveys (Insecta: Odonata). *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. 14-p. 163‑178.
- **Chovanec A., Waringer J., Straif M., Graf W., Reckendorfer W., Waringer-Löschenkohl A., Waidbacher H. et Schultz H. (2005).** The Floodplain Index – a new approach for assessing the ecological status of river/floodplain systems according to the EU Water Framework Directive. *Large Rivers*, 15(1‑4), *Archaeology Hydrobiology suppl*. 155/1 ‑4, p. 169-185.
- **Clausnitzer, V., Kalkman, V. J., Ram, M., Collen, B., Baillie, J. E., Bedjanič, M., Darwall, W. R., Dijkstra, K.-D. B., Dow, R. et Hawking, J. (2009).** Odonata enter the biodiversity crisis debate: the first global assessment of an insect group. *Biological Conservation.* 142: 1864 1869.
- **Clutton-Brock, T.H. (1988).** *Reproductive success: Studies of Individual Variation in Contrasting Breeding Systems* (ed. By T.H Clutton-Brock). The University of Chicago Press, Chicago, Illinois.
- **Colwell RK et Fuentes ER. (1975).** Experimental studies of the niche. *Annual Review of Ecology and Systematics.* 6 (1):281–310.
- **Corbet P. S. (1956).** Environmental factors influencing the induction and termination of diapause in the Emperor dragonfly, *Anax imperator* Leach (Odonata: Aeshnidae). *Journal of experimental biology*. 33: 1-14.
- **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. (1962).** *A Biology of Dragonflies*. Witherby Ltd, London.
- **Corbet P. S. et Hoess R. (1998).** Sex ratio of Odonata at emergence. *International Journal of Odonatology.* 1: 99–118.

- **Corbet P. S. (1999)**. *Dragonflies: Behavior and Ecology of Odonata*. Harley Books, Colchester.
- **Corbet P.S. (2004).** *Dragonflies: Behaviour and Ecology of Odonata*. Revised edition. Harley Books, Colchester.
- **Corbet P.S. et Brooks S. (2008).** *Dragonflies: A new Naturalist Library*. Harper Collins Publishers, London.
- **Cordero A. (1995).** Vertical stratification during emergence in odonates. *Notulae Odonatologicae*. 4(6): 103–105.
- **Cordero-Rivera A. et Miller P.L. (1992).** Sperm transfer, displacement and precedence in *Ischnura graellsii* (Odonata: Coenagrionidae). *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 30 : 261-267.
- **Cordero-Rivera A. et Stoks R. (2008).** Mark-recapture studies and demography. In: *Dragonflies and damselflies*: model organisms for ecological and evolutionary research. Oxford: Oxford University Press; p. 7–20.
- **Cordoba-Aguilar A. (2002a).** Wing pigmentation in territorial male damselflies, *Calopteryx haemorrhoidalis*: a possible relation to sexual selection. *Animal Behaviour*. 63: 759-766.
- **Cordoba-Aguilar A. (2003a).** A description of male and female genitalia and reconstruction of copulatory and fertilisation events in *Calopteryx haemorrhoidalis* (Zygoptera: Calopterygidae). *Odonatologica*. 32: 205-214.
- **Córdoba-Aguilar et Cordero-Rivera.** (**2005).** Evolution and ecology of Calopterygidae (Zygoptera: Odonata): status of knowledge and research perspectives. *Neotrop. Entomol*. vol. 34 no.6 Londrina Nov./Dec. 2005.
- **Cornell H.V. et Lawton J.H. (1992).** Species interactions, local and regional processes, and limits to the richness of ecological communities: a theoretical perspective. *The Journal of Animal Ecology*. 61(1):1–12.
- **Crespi, B.J. (1986).** Size assessment and alternative fighting tactics in Elaphrotrips tuberculatus (Insecta: Thysanoptera). *Animal Behaviour*, 34: 1324-1335.
- **Cummins, K. W. (1973).** Trophic relations of aquatic insects. *Annual review of entomology* 18: 183-206.

(D)

- **Dajoz, R. (1985).** *Précis d'écologie*. 5éme édition. Dunod, Paris. 517p.
- **de Szalay F. A. et Resh V. H. (1997).** Responses of wetland invertebrates and plants important in waterfowl diets to burning and mowing of emergent vegetation. *Wetlands* 17: 149-156.
- **Devillers, C. et Bertrand, S., (2017).** *Clé de détermination des Libellules de Belgique*, Education Environnement, 54 pp.
- **Dick J.T., Gallagher K., Avlijas S., Clarke H.C., Lewis S.E., Leung S. et *al.* (2013).** Ecological impacts of an invasive predator explained and predicted by comparative functional responses. *Biological Invasions*. 15: 837–846.
- **Dijkstra K.-D.B et Lewington R. (2006).** *A field guide to the Dragonflies of Britain and Europe*. British Wildlife Publishing, Dorset.
- **Dijkstra, K.-D. B. (2007).** *Guide des libellules de France et d'Europe*. Les guides du naturaliste. Delachaux & Niestlé, Paris. 320 pp.
- **Dodd C. K. (1990).** Effects of habitat fragmentation on a stream-dwelling species, the flattened musk turtle Sternotherus depressus. *Biological Conservation.* 54: 33-45.
- **Dommanget Jean-Louis. (1987).** *Etude faunistique et bibliographique des Odonates de France.* Inventaires de Faune et de Flore, 36. In: Bulletin mensuel de la Société linnéenne de Lyon, 56e année, n°7, septembre 1987. p. 214.
- **Dumont H. (1978).** Odonates d'Algérie, principalement du Hoggar et d'oasis du Sud. In: *Bulletin et Annales de la Societe Entomologique de Belgique*, Vol. 114. pp. 99-106.
- **Durand J.R. et Levesque C. (1981).** *Flore et Faune Aquatique de l'Afrique Sahelo Soudanienne*. Tome 1, Orstom.

(E)

- **Elgar, M.A. et Pierce, N.E. (1988).** Mating success and fecundity in an ant-tended Lycaneid butterfly, Reproductive Success : Studies of Individual Variation in Contrasting Breeding Systems. pp. 59-75. The University of Chicago Press, Chicago, Illinois.
- **Emberger, L. (1955).** Une classification biogéographique des climats *Rev. Trec. Bot. Geol. Fasc.Scie* : Montpellier, serie botanique. 343 p.
- **Euliss Jr, N. H., Jarvis, R. L. et Gilmer, D. S. (1991).** Feeding ecology of waterfowl wintering on evaporation ponds in California. *Condor*: 582-590.

(F)

- **Fisher, S. G. et Likens, G. E. (1973).** Energy flow in Bear Brook, New Hampshire: an integrative approach to stream ecosystem metabolism. *Ecological monographs*. 43: 421-439.
- **Fisher, S. G. (1977).** Organic matter processing by a stream-segment ecosystem: Fort River, Massachusetts, USA. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie* 62: 701-727.
- **Fraser F.C. (1957).** *A reclassification of the order Odonata*. Royal Zoological of New South Wales, Sydney.

(G)

- **Gibbs, J. P. (2000).** Wetland loss and biodiversity conservation. *Conservation biology.* 14: 314 317.
- **Goffart, P., De Knijf, G., Anselin, A. et Tailly, M., (2006).** Les Libellules (Odonata) de Belgique. Répartition, tendances et habitats. Publication du Groupe de Travail Libellules Gomphus et du Centre de Recherche de la Nature, des Forêts et du Bois, Série "Faune-Flore-Habitats", n° 1, Gembloux, 398 pp.
- **Gouiez H. (2006).** *Apport en sels nutritifs et en matiére organique oxydale au littorl d'Annaba par Oued Seybouse et l'estuaire Mfrag*. Mémoire de Magister. Université Badji Mokhtar Annaba. 36 p.
- **Grand D. et Boudot J. P. (2006).** *Les Libellules de France, Belgique et Luxembourg*. Mèze : Biotope ; 480 p.
- **Gribbin S.D. et Thompson D.J. (1990).** A quantitative study of mortality at emergence in the damselfly *Pyrrhosoma nymphula* (Sulzer) (Zygoptera: Coenagrionidae). *Freshwater Biology*. 24: 295-302
- **Guebailia Amina, Khelifa Rassim, Bouiedda Nadia, Amari Hichem, Hadjadji Sana, Zebsa Rabah, Mayeche Boualem et Houhamdi Moussa. (2016).** Body size, reproductive behaviour, and microhabitat use of two sympatric Trithemis species – what might allow their sympatry? (Odonata: Libellulidae). *Odonatologica*, volume: 45, issue: (1/2), pages: 23-36.
- **Guebailia Amina. (2017).** *Comportement et succès reproducteur des Libellulidae (genres Crocothemis et Trithemis) (Odonata: Anisoptera) dans les milieu lentiques du bassin versant de la Seybouse.* Thèse de Doctorat. Université Mohammed Seddik Benyahia- Jijel. 94p.

(H)

- **Hadfield M. G. (1993).** Introduction to the symposium: the crisis in invertebrate conservation. *American Zoologist.* 33: 497-498.
- **Hadjoudj, S., Khelifa, R., Guebailiac, A., Amarid, H., Hadjadji, S., Zebsad, R., Houhamdi, M.et Moulaï, R. (2014).** Emergence ecology of *Orthetrum cancellatum*: temporal pattern and microhabitat selection (Odonata: Libellulidae). *Annales de la Société entomologique de France* (N.S.) : 1-8.
- **Hadjoudj, S. (2016).** Etude écobiologique du genre *Orthetrum* (Odonata, Anisoptera, Libellulidae) dans le bassin versant de la Seybouse. These de Doctorat. Université Abderrahmane MIRA, Bejaia.73p.
- **Harper JL, Clatworthy J, McNaughton I et Sagar G. (1961).** The evolution and ecology of closely related species living in the same area. *Evolution*. 15 (2):209–227.
- **Heidemann H. et R. Seidenbusch. (2002).** *Larves et exuvies des libellules de France et d'Allemagne*. Société Française d'Odonatologie.
- **Honek, A. (1993).** Intraspecific variation in body size and fecundity in insects : a general relationship. *Oikos*, 66 :483-492.
- **Hooper R.E. et M.T. Siva-Jothy. (1996).** Last male sperm precedence in a damselfly demonstrated by RAPD profiling. *Molecular Ecology*. 5: 449-452.
- **Howarth F.G. (1991).** Environmental impact of classical biological control. *Annu. Rev. Entomol.* 36:485-509.

(I)

- **Indermuehle N., Angelibert S. et Oertli B. (2008).** *IBEM: Indice de Biodiversité des Etangs et Mares. Un outil pour l'évaluation biologique des étangs et mares*. Manuel d'utilisation, école d'ingénieurs de Lullier (eil), Hes•so, Genève, 33 p.

(J)

- **JARRY D. M. et JARRY D. T. (1961).** Contribution à l'étude des parasites d'Invertébrés. Quelques Oxyurides d'Arthropodes du Midi de la France. *Ann. Soc. Hort. Hist. Nat. Hérault*. 101 (2), 70 : 71.

(K)

- **Kasule, F.K. (1991).** Associations of fecundity with adult size in the cotton stainer bug *Dysdercus fasciatus. Heredity*, 66: 281-286.
- **Keiper, J. B., Walton, W. E. et Foote, B. A. (2002).** Biology and ecology of higher Diptera from freshwater wetlands. *Annual Review of Entomology*. 47: 207-232.
- **Khelifa R., Youcefi A., Kahlerras A., Al Farhan A., Al-Rasheid K.A. et Samraoui B. (2011).** L'odonatofaune (Insecta: Odonata) du bassin de la Seybouse en Algérie: intérêt pour la biodiversité du Maghreb. *Revue d'écologie*. 66: 55-66.
- **Khelifa R., Zebsa R., Kahalerras A. et Mahdjoub H. (2012a).** Clutch size and egg production in *Orthetrum nitidinerve* Selys, 1841 (Anisoptera: Libellulidae): effect of body size and age. *International Journal of Odonatology*. 15: 51-58.
- **Khelifa R. (2012b).** Description of the final instar larva of *Calopteryx exul* Sélys, 1853 (Zygoptera: Calopterygidae). *International Journal of Odonatology*. 1: 107-114.
- **Khelifa R, Zebsa R, Moussaoui A, Kahalerras A, Bensouilah S et Mahdjoub H. (2013a).** Niche partitioning in three sympatric congeneric species of dragonfly, *Orthetrum chrysostigma, O. coerulescens anceps*, and *O. nitidinerve*: The importance of microhabitat. *Journal of Insect Science*. 13:71.
- **Khelifa R, Zebsa R, Amari H, Mellal MK.** (**2013b).** Does Wind Affect Emergence Site Selection in Odonata? *African Entomology* 21(2): 383-387
- **Khelifa R. (2013c).** Flight Period, Apparent Sex Ratio and Habitat Preferences of the Maghribian Endemic *Calopteryx Exul* Selys, 1853 (Odonata: Zygoptera). *Revue d'écologie* 68: 37-45.
- **Khelifa R., Mahdjoub H., Zebsa R., Kahalerras A., Guebailia A., Amari H. et Houhamdi M. (2013d).** Aspects of reproductive biology and behaviour of the regional critically endangered *Urothemis edwardsii* (Odonata: Libellulidae) of Lake Bleu (Algeria). *Zoology and Ecology*.
- **Khelifa, R., Zebsa, R., Sakrane, N. E., Youcefi, A., Bensouilah, S. et Amari, H. (2014).** Long range movements of an endangered endemic damselfly *Calopteryx exul* Selys, 1853 (Calopterygidae: Odonata). *African Journal of Ecology*. 52: 375-377.
- **Khelifa R. (2015a).** Does water intake after oviposition indicate the end of oviposition and egg depletion in Odonata females? *International Journal of Odonatology*. 18 : 225-231.

- **Khelifa R., Guebailia A., Mahdjoub H., Mohamed Sahnoun A. et Houhamdi M. (2015b).** Aspects of life history of *Platycnemis subdilatata* (Zygoptera: Platycnemididae) in Northeast Algeria. *International Journal of Odonatology.* 18: 317-327.
- **Khelifa R. (2016a).** Partial bivoltinism and emergence patterns in the North African endemic damselfly *Calopteryx exul*: conservation implication. *African Journal of Ecology.*
- **Khelifa R., Zebsa R., Amari H., Houhamdi M., Khalil Mellal M., Mahdjoub H. et Kahalerras A. (2016b).** A hotspot for threatened Mediterranean odonates in the Seybouse River (Northeast Algeria): are IUCN population sizes drastically underestimated? *International Journal of Odonatology.* 19: 1-11.
- **Khelifa R., (2017).** *Bioécologie de Platycnemis subdilatata (Odonata: Platycnemididae) dans le bassin versant de la Seybouse*. Thèse de Doctorat. Universite Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.
- **Kimmins, D. (1934).** *Odonata collected by Colonel R. Meinertzhagen in the Ahaggar Mountains*. Annals and magazine of natural.
- **Kolbe, H. J. (1885).** Beitrag zur Kenntniss der Pseudoneuroptera Algeriens und der Ostpyrenäen. *Berliner entomologische Zeitschrift.* 29: 151-157.
- **Kosterin O.E. et Yokoi N. (2016).** *Asiagomphus reinhardti sp*. nov. (Odonata, Gomphidae) from eastern Cambodia and southern Laos. *Zootaxa.* 4103 (1): 35-42.

(L)

- **Larochelle A. (1978).** Spiders as predators and prey of Odonata. *Cordulia.* 4: 29-34.
- **Leather, S.R. (1988).** Size, reproductive potential and fecundity in insects; things are not as simple as they seem. *Oikos*, 51: 386-389.
- **Le Roi O. (1915).** Odonaten aus der Algerischen Sahara von der Reise von Freiherrn H. Geyr von Schweppenburg. Mit einer Ubersicht der Nordafrikanischen Odonaten-Fauna. *Deutsche Entomologische Zeitschrift.* 1915: 609-634109.
- **Liaw, W. K. et Maccrimmon, H. R. (1977).** Assessment of particulate organic matter in river water. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie*. 62:445-463.
- **Lockwood J.A., Howarth F.G. et Purcell M.F. (2001).** *Balancing Nature: Assessing the Impact of Importing Non-Native Biological Control Agents (An International Perspective).* Lanham, MD: ESA.

(M)

- **Mahdjoub Hayat (2017).** *Cycle de vie et écologie de Coenagrion mercuriale dans le bassin versant de la Seybouse (Nord-Est de l'Algérie).* Thèse de doctorat, Universite Badji Mokhtar, Annaba.
- **Martin R. (1901).** *Les odonates en Algérie au mois de mai*. La feuille des Jeunes Naturalistes, Paris 3: 249-250.
- **Martin R. (1910).** Contribution à l'étude des Neuroptères de l'Afrique. II. Les odonates du département de Constantine. In: *Annales de la Société entomologique de France*, Vol. 79. pp. 95-104.
- **Mathaven S. et Pandian T.J. (1977).** Patterns of emergence, import of egg energy and energy export via emerging dragonfly populations in a tropical pond. *Hydrobiologia*. 54: 257-272.
- **Matushkina NA. (2008).** Skeletomuscular development of genital segments in the dragonfly Anax imperator (Odonata, Aeshnidae) during metamorphosis and its implications for the evolutionary morphology of the insect ovipositor. *Arthropod Structure et Development.* Volume 37, Issue 4, July 2008, Pages 321-332.
- **Medail F. et Quezel P. (1997).** Hot-spots analysis for conservation of plant biodiversity in the Mediterranean Basin. *Annals of the Missouri Botanical Garden*. 84 (1): 112–127.
- **Mellal M. K. (2013).** *Cartographie de la végétation de l'oued Seybouse*. Vol. Master. pp. Université de Guelma.
- **Meziane N. (2009).** *Contribution à l'étude des macroinvertébrés de Oued Seybouse: Ephemeroptera, trichoptera, plecoptera et bivalva*. In: Département de biologie. pp. Université 08 Mai 1945.
- **Miller J.C. (1990).** Field assessment of the effects of a microbial pest control agent on nontarget Lepidoptera. *Am. Entomol*. 36:135-39.
- **Miller P.L. (1992).** The effects of oxygen lack on egg hatching in an Indian dragonfly, Potamarcha congener. *Physiological Entomology*. 17: 68-72.
- **Miller P. L. (1995).** *Dragonflies*. The Richmond Publishing. Slough, England.
- **Mitra A. (2013a).** *Anax imperator*. The IUCN red list of threatened species; [accessed 2015 Jan 06]. www.iucnredlist.org.
- **Mitra A. (2013b).** *Anax parthenope*. The IUCN red list of threatened species; [accessed 2015 Jan 06]. www.iucnredlist.org.

- **Møller, T. R. et Rørdam, C. P. (1985).** Species numbers of vascular plants in relation to area, isolation and age of ponds in Denmark. *Oikos*: 8-16.
- **Moore N.W. (1964).** Intra-and interspecific competition among dragonflies (Odonata). Journal of Animal Ecology 33: 49-71 111.
- **Moore W.N. (1997).** *Status Survey and Conservation Action Plan for Dragonflies*, IUCN. Gland, Switzerland
- **Morton, K. (1905).** Odonata collected by Miss M. Fountaine in Algeria, with description of a new species of Ischnura. *Entomologist's Monthly Magazine* (*Series 2*) 16: 146-149.
- **Myers N., Mittermeier R.A., Mittermeier C.G., da Fonseca G.A.B. et Kent J. (2000).** Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*. 403(6772): 853–858.

(N)

- **Nielsen, C. (1956).** Odonati del Sahara Nord Occidentale. *Revue française d'entomologie.* 23: 191-195.
- **Nilsson-Ortman V, Stoks R, De Block M, Johansson F. (2013).** Latitudinal patterns of phenology and age-specific thermal performance across six Coenagrion damselfly species. *Ecological Monographs*. 2013; 83:491–510.

(O)

- **Oertli B., Auderset Joye D.A., Castella E., Juge R., Lehmann A. et Lachavanne J.B. (2005).** PLOCH: a Standardized Method for Sampling and Assessing the Biodiversity in Ponds. In: Conservation and monitoring of pond biodiversity. *Aquatic Conservation Marine and Freshwater Ecosystems* 15 (6): 665-680.

(P)

- **Partridge, L. (1988).** Life time reproductive success in Drosophila. *Reproductive Success : Studies of Individual Variation in Contrasting Breeding Systems.* pp. 11-23. The University of Chicago Press, Chicago, Illinois.
- **Peckarsky, B.L., Cowan, C.A., Penton, M.A. et Anderson, C. (1993).** Sublethal consequences of stream-dwelling predatory stoneflies of mayfly growth and fecundity. *Ecology*, 74: 1836-1846.

- **Proctor H. et Pritchard G. (1989).** Neglected predators: water mites (Acari: Parasitengona: Hydrachnella) in freshwater communities. *Journal of the North American Benthological Society* 8 : 100-111
- **Purse, B. V. et Thompson, D. J. (2003).** Emergence of the damselflies, *Coenagrion mercurial* and *Ceriagrion tenellum* (Odonata: Coenagrionidae), at their northern range margins, in Britain. *European Journal of Entomology*. 100: 93-100.

(R)

- **Ramade F. (2003).** *Eléments d'écologie: écologie fondamentale*. Dunod. Paris. 690 p.
- **Rehfeldt G.E. (1992).** Aggregation during oviposition and predation risk in *Sympetrum vulgatum* L. (Odonata: Libellulidae). *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 30: 317 322.
- **Reiss, M.J. (1989).** *The Allometry of Growth and Reproduction*. Cambridge University Press, London.
- **Resh V.H. et Cardé R.T. (2009).** *Encyclopedia of insects*. Academic Press, Burlington.
- **Reymond A. (1952).** Insectes de divers orders récoltés au Sahara central au cours d'une mission du Centre National de la Recherche Scientifique en 1947-1948. *Bulletin de la société des Sciences Naturelles du Maroc*. 32: 77-89.
- **Riservato E., Boudot J.P., Ferreira S., Jović M., Kalkman WSchneider V. J., Samraoui B. et Cuttelod. A. (2009).** *The status and distribution of dragonflies of the Mediterranean Basin*. Gland, Switzerland and Malaga, Spain.
- **Robinson M.H. et Robinson B. (1970).** Prey caught by a sample population of the spider *Argiope argentata* (Araneae: Araneidae) in Panama: a year's census data. *Zoological Journal of the Linnean Society of London*. 49: 345-357.
- **Rosenberg, D. M. and Resh, V. H., (1993).** *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*, Chapman and Hall, New York.
- **Rydin H. et Barber KE. (2001).** Long-term and fine-scale coexistence of closely related species. *Folia Geobotanica*. 36 (1):53–61.

(S)

- **Samraoui B. et Menaï R. (1999).** A contribution to the study of Algerian Odonata. *International Journal of Odonatolology*. 2: 145-165.
- **Samraoui B. et Corbet P.S. (2000b).** The Odonata of Numidia, Northeastern Algeria Part II Seasonal Ecology. *Int. J. Odonatol.*, 3: 27-39.

- **Samraoui B., Boudot J., Ferreira S., Riservato E., Jovi´c M., Kalkman V. et Schneider W. (2010).** The status and distribution of dragonflies. In, *the status and distribution of freshwater biodiversity in Northern Africa*. Malaga, Spain
- **Samways M. J. (1997).** Classical biological control and biodiversity: What risks are we prepared to accept? *Biodivers. Conserv.* 6:1309-16.
- **Satha Y.A. (2008).** *Caractérisation du peuplement odonatologique des bassins versants de Bouhamdane et Seybouse*. Thèse magister, Université de Guelma.
- **Schaller F. (1968).** Action de la température sur la diapause et le développement de l'embryon d'*Aeschna mixta* Latr. (Odonata). *Journal of Insect Physiology*. 14: 1477 1483.
- **Schmidt E. (1985).** Habitat inventarization, characterization and bioindication by a "representative spectrum of Odonata Species (RSO)". *Odonatologica*. 14: 127-133.
- **Schoener T.W. (1974).** Resource partitioning in ecological communities. Science 185: 2739
- **Selys-Longchamps E.de. (1849).** Les libelluliens. In: *Exploration Scientifique de l'Algérie. Animaux Articules.* 3: 115-135.
- **Selys-Longchamps E.de. (1865).** Odonates de l'Algérie. *Bulletin de l'Académie d'Hippone* 1: 31-34.
- **Selys-Longchamps E.de. (1866).** Additions aux odonates de l'Algérie. *Bulletin de l'Académie d'Hippone*. 2: 40-41.
- **Selys-Longchamps E.de. (1871).** Nouvelle révision des odonates de l'Algérie. *Annales de la Société Entomologique de Belgique*. 14: 9-20.
- **Selys-Longchamps E.de. (1902).** Odonates d'Algérie. Recueillis en 1898 par M. le Professeur Lameere. *Annales de la Société Entomologique de Belgique*. 46: 430-431.
- **Silsby J. (2001).** *Dragonflies of the World*. Washington, DC: Smithsonian Institution Press.
- **Sinclair B. J., Chown S. L. (2005)**. Deleterious effects of repeated cold exposure in a freeze tolerant sub-Antarctic caterpillar. *J. Exp. Biol*. 208, 869–879.
- **Siva-Jothy, M. T. (1987a).** The structure and function of the female sperm-storage organs in libellulid dragonflies. *J. Insect Physiol.* 33: 559–567.
- **Siva-Jothy, M. T. (1987b).** External and internal genital structures in a gynandromorphy *Onychogomphus uncatus* (Charp.) (Anisoptera: Gomphidae). *Odonatologica.* 16: 307–310.
- **Siva-Jothy, M. T. (1987c).** Variation in copulation duration and the resultant degree of sperm removal in *Orthetrum cancellatum* (L.) (Libellulidae: Odonata). *Behav. Ecol. Sociobiol.* 20: 147–151.

- **Siva-Jothy M.T. et Tsubaki Y. (1989a).** Variation in copulation duration in Mnais pruinosa pruinosa Selys (Odonata; Calopterygidae). 1. Alternative mate-securing tactics and sperm precedence. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 24: 39-45.
- **Siva-Jothy M.T. et Plaistow S.J. (1999).** A fitness cost of eugregarine parasitism in a damselfly. *Ecological Entomology.* 24: 465-470.
- **Severinghaus, L., Kurtak, B.H. et Eickwort, G.G. (1981).** The reproductive behaviour of Anthidium manicatum (Hymenoptera; Megachilidae) and the significance of size for territorial males. *Behavioural Ecology and Sociobiology*, 9:51-58.
- **Sjögren P. (1991).** Extinction and isolation gradients in metapopulations: the case of the pool frog (Rana lessonae). *Biological Journal of the Linnean society.* 42: 135-147.
- **Sladececk, W. S. P. (1973).** System of water quality from the biological point of view. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergbn. Limnol*. 7: 1-218.
- **Śniegula, S. et Johansson, F. (2010).** Photoperiod affects compensating developmental rate across latitudes in the damselfly *Lestes sponsa*. *Ecological Entomology.* 35: 149-157.
- **Śniegula, S., Drobniak, S. M., Golab, M. J. et Johansson, F. (2014).** Photoperiod and variation in life history traits in core and peripheral populations in the damselfly *Lestes sponsa. Ecological Entomology.* 39: 137-148.
- **Sternberg K. (1990).** *Autökologie von sechs Libellenarten der Moore und Hochmoore des Schwarzwaldes und Ursachen ihrer Moorbindung*. Dr T, Albert-Ludwigs University, Freiburg Germany.
- **Stoks R. et Cordoba-Aguilar A. (2012).** Evolutionary Ecology of Odonata: A Complex Life Cycle Perspective. *Annual Review of Entomology*. 57: 249-265.
- **Suhling F., Sahlén G., Gorb S., Kalkman, V.J., Dijkstra, K.D.B. et van Tol J. (2015).** Order Odonata. In: *Ecology and General Biology: Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates*, Academic Press.
- **Székely T., Lislevand T. et Figuerola J. (2007).** Sexual size dimorphism in birds. In ; *Sex, Size and Gender Roles*. Oxford University Press.

(T)

- **Tachet H., Rochoux P., Bournaud et M. Ussegloi P. (2000).** *Invertébrés d'eau douce : systématique, biologie, écologie*. CNRS, Paris.
- **Taketo A. (1995).** Emergence pattern and sex ratio of four aeschnid dragonflies in newly formed ponds. Japanese. *Tombo.* 38:48–50.

- **Thomas, C. D., Cameron, A., Green, R. E., Bakkenes, M., Beaumont, L. J., Collingham, Y. C., Erasmus, B. F. N., de Siqueira, M. F., Grainger, A., Hannah, L., Hughes, L., Huntley, B., van Jaarsveld, A. S., Midgley, G. F., Miles, L., Ortega-Huerta, M. A., Townsend Peterson, A., Phillips, O. L. et Williams, S. E. (2004).** Extinction risk from climate change. *Nature.* 427: 145-148.
- **Thornhill, R. et Alcock, J. (1983).** *The Evolution of Insect Mating Systems*. Harvard University Press, Cambridge.
- **Tillyard R. J., (1928).** A permian fossil damselfly wing from the Falkland islands. *Transaction of the Entomological society*, London, 76 (1) : 55-63.
- **Torres-Cambas Y. et Fonseca-Rodríguez R. (2011).** Sex ratio, survival, and recapture rate in a Cuban population of the damselfly *Hypolestes trinitatis* (Odonata: Megapodagrionidae). *Acta ethologica.* 14: 69-76.
- **Touati L. (2008).** *Distribution spatio-temporelle des Genre Daphnia et Simocephalus dans les mares temporaires de la Numidie*. Mémoire de Magister. Université 8 Mai 1945 de Guelma 88 p.

(**U**)

- **Uéda T. (1989).** Sexual maturation, body colour changes and increase of body weight in a summer diapauses population of the damselfly *Lestes sponsa* (Hansemann) (Zygoptera: Lestidae). *Odonatologica*. 18: 75–87.
- **URBACO. (2012). Plan d'aménagement du territoire de la wilaya de Guelma**, Direction de programmation et de suivi budjitaire de la wilaya de Guelma. 187p.

(**V**)

- **Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedell, J. R. et Cushing, C. E. (1980).** The river continuum concept. *Canadian journal of fisheries and aquatic sciences.* 37: 130-137.

(**W**)

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

- **Waage J.K. (1984).** Sperm competition and the evolution of Odonate mating systems. In *Sperm competition and the evolution of animal mating systems*: 1-60. Academic Press, New York.
- **Waage, J. K. (1986).** Sperm displacement by two libellulid dragonflies with disparate copulation durations (Anisoptera). *Odonatologica*. 15: 429-444.
- **Wallace, J. B., Webster, J. R. et Woodall, W. R. (1977).** The role of filter feeders in flowing waters. *Arch. Hydrobiol.* 79: 506-S32.
- **Wallace, J. B. et Merritt, R. W. (1980).** Filter-feeding ecology of aquatic insects. *Annual review of Entomology*. 25: 103-132.
- **Watts, P. C., Rousset, F., Saccheri, I. J., Leblois, R., Kemp, S. J. et Thompson, D. J. (2007a).** Compatible genetic and ecological estimates of dispersal rates in insect (*Coenagrion mercuriale*: Odonata: Zygoptera) populations: analysis of 'neighbourhood size'using a more precise estimator. *Molecular Ecology*. 16: 737-751.
- **Watts, P. C., Thompson, D. J. et Allen, K. A. (2007b).** How useful is DNA extracted from the legs of archived insects for microsatellite-based population genetic analyses? *Journal of Insect Conservation*. 11: 195-198.
- **Werner EE. et McPeek MA. (1994).** Direct and indirect effects of predators on two anuran species along an environmental gradient. *Ecology*. 75(5):1368–1382.
- **Werner EE. et Anholt BR. (1996).** Predator-induced behavioral indirect effects: consequences to competitive interactions in anuran larvae. *Ecology*. 77(1):157–169.
- **Wilcox R. et Schönbrodt F. (2014).** The WRS package for robust statistics in R (version 0.26). *https://githubcom/nicebread/WRS*.

(Z)

- **Zahner R. (1960).** Über die Bindung der Mitteleuropäischen *Calopteryx-Arten* (Odonata, Zygoptera) an den Lebensraum des Strömenden Wassers I. Der Anteil der Larven an der Biotopbindung. *International Review of Hydrology*. 45: 101-123.
- **Zebsa, R., Khelifa, R. et Kahalerras, A. (2014a).** 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.
- **Zebsa, R., Khelifa, R., Kahalerras, A., Hasni D. et Houhamdi, M. (2014b).** Emergence pattern, site selection, and seasonal regulation of *Onychogomphus costae* Selys, 1885 (Odonata: Gomphidae) in northeastern Algeria. *Aquatic Insects*. 36(3):257-265

- **Zebsa R., Khelifa R. et Kahalerras A. (2015).** Adult Movement Pattern and Habitat Preferences of the Maghribian Endemic *Gomphus lucasii* (Odonata: Gomphidae). *Journal of Insect Science* 15(1).
- **Zebsa R. (2016).** Ecologie et statut des Gomphidae (Odonata) à Oued Seybouse. These de Doctorat. Universite 8 mai 1945. Guelma. 139p.

Web Photos

[1] : http://www.geologyin.com/2018/01/the-largest-insect-ever-existed-was.html

[2] : http://tombon.com/ENGS002.htm

[3] : https://www.futura-sciences.com/planete/dossiers/zoologie-sont-odonates-531/page/6/

[4] : http://odonatas69a.blogspot.com/2014/10/attaque-dun-frelon-sur-une-libellule.html

[5] : http://entomofaune.qc.ca/entomofaune/odonates/Predateurs.html

[6] : http://entomofaune.qc.ca/entomofaune/odonates/Predateurs.html

[7] : https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/528712

[8] : https://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Ceriagrion_glabrum_male.jpg

[9] : http://lt.treknature.com/gallery/photo234028.htm

[10] : https://www.flickr.com/photos/imanheijboer/417763161

[11] : http://efg.cs.umb.edu/~whaber/Odonata_of_Ecuador/Coenag.html

[12] : https://www.insecte.org/forum/viewtopic.php?t=75163

[13] : http://insecta.pro/taxonomy/788231

[14] : https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Crocothemis_erythraea_1.JPG

[15]:http://www.libellules.org/fra/acc_photo.php?photo=http://www.libellules.org/adm/images/1365_pagesdynaparags46c5a49a3587d.jpg&fw=640&fh=577&titre=Morphologie+g%E9n%E9rale

[16] : http://www.entomologa.ru/boxes/30.htm

[17] : http://planete.gaia.free.fr/animal/entomologie/libellules.html

[18] : odonatas69a.blogspot.com/2015/09/idees-lestes.html

[19] : http://pantanodeelche.es/fauna/invertebrados/odonatos/721-anax-parthenope-la-libelula-de-alas-ocres

[20] : http://shropshiredragonflies.co.uk/egg/

[21] : http://www.odonata.jp/00english/02odonatology/emergence/index.html

[22] :https://www.shutterstock.com/search/anax+imperator?page=3&searchterm=anax%20imperator&language=en

[23] : http://odonatas69a.blogspot.com/2015/05/anax-parthenope.html

Résumés

Les Aeshnidés sont les plus grandes et puissantes libellules de l'ordre des odonates. En Algérie, 4 genres (*Anax*, *Hemianax*, *Aeshna*, *Boyeria*) et 8 espèces ont été identifiés possédant généralement des aires de répartition larges au niveau du paléarctique. Ce groupe joue un rôle important autant que prédateur dans la régulation de plusieurs groupes animaux (macroinvertébrés et parfois même vertébrés) aussi bien dans leur stade larvaire qu'adulte. Bien que les Aeshnidés soient bien étudiés en Europe, très peu d'études ont été consacrées à ces libellules en Afrique du Nord. En Algérie, le genre *Anax* est représenté par 2 espèces (*Anax imperator* et *A. parthenope*) qui ont récemment été enregistrés dans le bassin versant de la Seybouse (Nord-est de l'Algérie). L'objectif de cette étude est d'étudier la biologie et l'écologie de *Anax imperator* et *A. parthenope* dans le bassin versant de la Seybouse.

Dans les communautés naturelles, les espèces étroitement apparentées sont phénotypiquement similaires mais généralement isolées spatialement et/ou temporellement. Chez les Odonates, la compétition interspécifique se produit non seulement au stade larvaire ou adulte, mais aussi lors de l'émergence. Nous avons étudié l'émergence de deux espèces d'Anax sympatriques, en nous concentrant sur le modèle temporel, la stratification verticale et l'évolution de la taille du corps au fil du temps. *Anax imperator* a commencé à émerger deux semaines plus tôt qu'*A. parthenope*, mais la majeure partie de la saison d'émergence se chevauchait. Les deux espèces ont montré un décalage, la date d'émergence médiane se situant 10,3 jours plus tôt chez A. imperator que chez A. parthenope. Le sex-ratio à l'émergence n'était pas significativement différent de 1 : 1. La taille du corps des deux espèces augmente de façon significative avec le temps, ce qui semble contredire de nombreuses études antérieures. La hauteur de la fixation de l'exuvie n'est pas significativement différente entre les espèces, mais les individus de l'espèce la plus grande, A. parthenope, ont choisi des supports plus élevés.

Mots clés : Odonates, Aeshnidés, Compétition ; congénères ; exuvie ; site sélection ; Nord d'Afrique

عائلة Aeshnidés هي أكبر وأقوى اليعسوبيات في الجزائر، تم التعرف على 4 أجناس (*Anax, Hemianax Aeshna, Boyeria*) و 8 أنواع و التي تمتلك نطاقات واسعة في نصف الكرة الشمالي. هذه المجموعة تلعب دورا هاما مثل المفترسات في تنظيم العديد من المجموعات الحيوانية (اللافقاريات الكبرى وأحيانا الفقاريات حتى) وهذا في مرحلة اليرقات كما في مرحلة الحشرات اليافعة. على الرغم من أنه تم دراسة عائلة Aeshnidés جيدا في أوروبا، الا انه قد أجريت دراسات قليلة جدا على هذه اليعسوبيات في شمال أفريقيا.

يمثل جنس الـ *Anax* في الجزائر نوعان (*Anax imperator , Anax parthenope*) و اللذان تم تسجيلهما مؤخرا في حوض المياه لوادي سيبوس (شمال شرق الجزائر). والهدف من هذه الدراسة هو دراسة البيولوجيا والبيئية من *Anax imperator* و *Anax parthenope* في حوض المياه لوادي سيبوس.

في المجتمعات الطبيعية، تكون الأنواع ذات الصلة الوثيقة متشابهة ظاهريا ولكنها معزولة مكانيا و / أو زمنيا. عند اليعسوبيات، تحدث المنافسة بين الأنواع ليس فقط في مرحلة اليرقات أو في مرحلة الحشرات اليافعة، ولكن أيضا في مرحلة الانبثاق. في هذه الدراسة قمنا بدراسة ظاهرة انبثاق نوعين من اليعسوبيات هما *Anax imperator* و *Anax parthenope* مع التركيز على النموذج الزمني، الطبقية العمودية، وتطور حجم الجسم مع مرور الوقت حيث وجدنا ان *Anax imperator* يبدأ في الانبثاق و الظهور قبل أسبوعين من *Anax parthenope* ، لكن وجدنا أيضا ان معظم اطوار موسم الانبثاق للنوعين تكون متداخلة. كما ان كلا النوعين اظهرا فارق زمنيا، حيث كان متوسط ظهور *Anax imperator* هو 10,3 يوما أي في وقت اسبق مما كان عليه في *Anax parthenope*. وجدنا أيضا ان نسبة الجنس (sex-ratio) عند الانبثاق لم تكن مختلفة بشكل كبير عن **1 :1**. اما بخصوص تطور حجم الجسم لدى النوعين، فانه يزداد بشكل ملحوظ مع مرور الوقت، وهو ما يبدو متناقضا مع العديد من الدراسات السابقة. ان ارتفاع السلاخة (exuvie) لا يختلف اختلافا كبيرا بين النوعين، ولكن الأفراد ذات الحجم الأكبر من النوع *Anax parthenope* تختار الدعامة الأعلى طولا و ترتفع اكثر.

الكلمات المفتاحية: Aeshnidés Odonates, منافسة ; exuvie ;اختيار الموقع ; شمال افريقيا

The Aeshnids are the largest and most powerful dragonflies of the order Odonata. In Algeria, 4 genera (*Anax, Hemianax, Aeshna, Boyeria*) and 8 species have been identified with generally broad Palearctic ranges. This group plays an important role as much as predator in the regulation of several animal groups (macroinvertebrates and sometimes-even vertebrates) as well in their larval stage as adult. Although Aehnids are well studied in Europe, very few studies have been done on these dragonflies in North Africa. In Algeria, the genus *Anax* is represented by 2 species (*Anax imperator* and *A. parthenope*) that have recently been recorded in the Seybouse watershed (northeastern Algeria). The objective of this study is to study the biology and ecology of *Anax imperator* and *A. parthenope* in the Seybouse watershed.

In natural communities, closely related species are phenotypically similar but usually spatially and/or temporally isolated. In Odonates, interspecific competition occurs not only at the larval or adult stage but also during emergence. We investigated the emergence of two sympatric *Anax* species, focusing on the temporal pattern, vertical stratification, and body size trend over time. *Anax imperator* started to emerge two weeks earlier than *A. parthenope* but most of the emergence season overlapped. Both species showed an asynchronous emergence and the median emergence date was 10.3 days earlier in A. imperator. Sex ratio at emergence was not significantly different from 1:1. Body size of both species increased significantly over time, which contrasts many previous studies. The height of exuvia fixation was not significantly different between species but the larger species *A. parthenope* selected longer supports.

Keywords: Aeshnids, Competition; congenerics; exuvia; site selection; North Africa