

Sommaire

Introduction	01
--------------	----

Chapitre I : Généralités sur les odonates et espèce d'étude

1.1. Les odonates.....	06
1.2. Morphologie des odonates.....	08
1.2.1. L'adulte.....	08
1.2.2. La larve.....	10
1.3. Cycle de vie des odonates.....	11
1.4. <i>Coenagrionidae</i>	13
1.5. <i>Coenagrion mercuriale</i>	13
1.5.1. Morphologie.....	13
1.5.2. Histoire de vie.....	14
1.5.3. Répartition et distribution.....	15
1.5.4. Habitat.....	15

Chapitre 2 : Description de site

2.1. Bassin versant de la Seybouse.....	17
2.2. Barrages et retenues collinaires.....	17
2.3. Le réseau hydrographique.....	19
2.4. Climatologie.....	19
2.4.1. La température.....	20
2.4.2. Les précipitations.....	21
2.4.2.1. Variation des précipitations moyennes mensuelles et saisonnières.....	21
2.4.3. L'humidité.....	21
2.4.4. Le vent.....	22
2.5. Richesse biologique.....	22

Chapitre 03 : Méthodologie

3.1. La richesse spécifique et l'estimation de la population de *Coenagrion mercuriale* dans le bassin versant de la Seybouse

3.1.1. La richesse spécifique et la distribution des espèces d'odonates.....	26
3.1.2. Capture-marquage-recapture.....	29
3.1.3. L'estimation de la population.....	29

3.1.4. Les analyses statistiques.....	30
3.2. L'émergence de <i>Coenagrion mercuriale</i>	
3.2.1. La technique d'échantillonnage des exuvies.....	30
3.2.2. Sex-ratio à l'émergence.....	31
3.2.3. Le développement larvaire et la structure de la population.....	31
3.2.4. Les analyses statistiques.....	31
3.3. Les aspects de l'écologie et la biologie de la reproduction de <i>Coenagrion mercuriale</i> dans La limite sud de sa distribution	
3.3.1. Les paramètre de la reproduction.....	32
3.3.2. La préférence d'habitat.....	32
3.3.3. Les analyses statistiques.....	33
3.4. L'effet de la taille corporelle sur la survie et le fitness	
3.4.1. Le protocole de capture-marquage-recapture.....	33
3.4.2. Le modèle de capture-marquage-recapture.....	34
Chapitre 04 : Résultats	
4.1. Estimation de la population dans le bassin versant de la Seybouse	
4.1.1. La richesse spécifique.....	35
4.1.2. La distribution et l'abondance de <i>C. mercuriale</i>	37
4.1.3. L'estimation de la population de <i>Coenagrion mercuriale</i>	37
4.2. L'émergence de <i>Coenagrion mercuriale</i> dans sa limite sud	
4.2.1. Sex-ratio à l'émergence.....	38
4.2.2. Structure larvaire de la population.....	41
4.3. L'écologie et la biologie de la reproduction de <i>Coenagrion mercuriale</i> dans sa limite sud	
4.3.1. Le comportement pré- et post- maturation.....	43
4.3.2. La préférence de site de reproduction.....	45
4.4. L'effet de la taille corporelle sur la survie et le fitness entre les deux générations de <i>Coenagrion mercuriale</i>	
4.4.1. Le pattern saisonnier de la taille corporelle.....	47
4.4.2. L'estimation de la survie.....	48
4.4.3. Le succès de la reproduction.....	50

Chapitre 05 : Discussion

5.1. La richesse spécifique et l'estimation de la taille population de <i>Coenagrion mercuriale</i> dans le bassin versant de la Seybouse.....	52
5.2. L'émergence de <i>C. mercuriale</i>	52
5.3. L'écologie et la biologie de la reproduction de <i>C. mercuriale</i> dans sa limite sud.....	55
5.4. L'effet de la taille corporelle sur la survie et le fitness.....	57
<i>Conclusion</i>	60
<i>Résumé</i>	62
<i>Références</i>	65

Liste des figures

Fig.1.1. <i>Ischnura graeslii</i> en couple.....	06
Fig.1.2. <i>Urothemis edwardsii</i> (Anisoptère).....	07
Fig.1.3. <i>Calopteryx haemorrhoidali</i> (Zygoptère).....	07
Fig.1.4. Différence morphologique entre les anisoptères et les zygoptères.....	08
Fig.1.5. Morphologie de l'adulte d'odonate.....	09
Fig.1.6. Tête de l'adulte de l'odonate.....	09
Fig.1.7. La morphologie des ailes d'adulte d'odonate.....	10
Fig.1.8. Différences morphologiques entre les larves de deux sous-ordres d'odonates.....	11
Fig.1.9. Cycle de vie des odonates.....	12
Fig.1.10. Cœur copulateur de <i>Coenagrion mercuriale</i>	12
Fig.1.11. Nervation alaire de Platycnemididae (<i>Platycnemis pennipes</i>) compare à Coenagrionidae.....	13
Fig.1.12. Mâle de <i>Coenagrion mercuriale</i>	14
Fig.1.13. Mâle de <i>Coenagrion mercuriale</i>	14
Fig.1.14. Femelle de <i>Coenagrion mercuriale</i>	14
Fig.1.15. Distribution du <i>Coenagrion mercuriale</i> dans l'Europe et l'Afrique du Nord.....	15
Fig.1.16. Habitat de <i>Coenagrion mercuriale</i>	16
Fig.2.1. Carte du bassin versant de la Seybouse.....	17
Fig.2.2. Carte des sous bassins de la Seybouse.....	18
Fig.2.3. Profil en long des oueds : Cherf- Bouhamdane – Seybouse.....	19
Fig.2.4. Evolution des températures moyennes au cours des années (1994-2008) à la station de Guelma.....	20
Fig. 2.5. Evolution des précipitations moyennes mensuelles de la station de Seybouse.....	21
Fig.2.6. Carte du site d'étude.....	24
Fig.2.7. Site d'étude.....	24
Fig.2.8. Dégradation des habitats dans la rivière de la Seybouse par le pompage de l'eau.....	25
Fig. 3.1. Sites d'étude au bassin versant de la Seybouse.....	26
Fig.3.2. Marquage des individus de <i>C. mercuriale</i> dans le pont d'ancien pont.....	29

Fig.4.1. Pattern temporaire de l'estimation de l'abondance en utilisant le model POPAN.....	37
Fig.4.2. Le nombre des exuvies collectées pendant la première génération de <i>C. mercuriale</i>	38
Fig.4.3. Courbe de l'émergence de <i>C. mercuriale</i> pendant la première génération.....	39
Fig. 4.4. Pattern saisonnier de la taille corporelle de <i>C. mercuriale</i> de la première génération.....	40
Fig.4.5. Pattern saisonnier d'aile postérieure de <i>C. mercuriale</i> de la première Génération.....	40
Fig. 4.6. Pourcentage des larves de <i>C. mercuriale</i> dans les derniers stades larvaires.....	43
Fig.4.7. Pattern diurne des mâles et les couples de <i>C. mercuriale</i> dans le bassin versant.....	44
Fig.4.8. Biplot des principales composantes de l'analyse représentant la préférence d'habitat pour <i>C. mercuriale</i>	46
Fig.4.9. Le pattern saisonnier de la taille corporelle de <i>C. mercuriale</i> pour les deux générations.....	47
Fig.4.10. Relation entre la survie et la longueur de l'aile in <i>Coenagrion mercuriale</i> dans la première génération.....	49
Fig.4.11. Relation entre le succès de la reproduction et la longueur d'aile dans les deux générations de <i>C. mercuriale</i>	51

Liste des tableaux

Tableau.1.1. Les principales différences morphologiques entre les anisoptères et les zygoptères.....	08
Tableau.1.2. Différences morphologiques entre les deux sous-ordres d'odonates.....	11
Tableau.2.1. Les barrages du bassin de la Seybouse.....	18
Tableau.2.2. Répartition des sous-bassins de la Seybouse.....	18
Tableau.2.3. Coordonnées de la station météorologique de Guelma.....	20
Tableau.2.4. Température moyenne mensuelle de la station de Guelma (1994-2008).....	20
Tableau.2.5. Variation moyenne mensuelle de l'humidité relative à la station de Guelma (1994 - 2008).....	21
Tableau.2.6. Inventaire et nombre de site des odonates de la Seybouse.....	22
Tableau.3.1. Nom, coordonnées géographiques, altitude et nombre d'année d'échantillonnage des sites d'études.....	26
Tableau. 4.1. Nombre de localités des espèces enregistrées dans le bassin versant de la Seybouse	35
Tableau.4.2. Résumé de ANCOVA pour la taille corporelle des individus pendant la première génération.....	39
Tableau.4.3. Résumé de ANCOVA pour la longueur d'aile postérieure pour la première génération.....	40
Tableau.4.4. Taille corporelle, largeur de la tête, et la longueur de l'aile postérieure dans les deux générations de <i>C. mercuriale</i>	41
Tableau.4.5. La moyenne de la largeur de la tête et la taille corporelle avec et sans lamelles pour les stades larvaires de <i>C. mercuriale</i>	42
Tableau.4.6. Le test Chi-square pour comparer la distribution larvaire à travers les groupes (C-F).....	42
Tableau.4.7. La durée de différentes phases de la reproduction.....	45
Tableau.4.8. Valeur propres vecteurs propre et le pourcentage de la variance.....	45
Tableau.4.9. Résumé de la régression linéaire multiple pour le pattern saisonnier de <i>C. mercuriale</i>	48
Tableau.4.10. L'estimation de la survie apparente et la détectabilité estimé avec le modèle	

Cormack–Jolly–Seber (CJS) de capture-marquage-recapture pour la première génération de <i>Coenagrion mercuriale</i>	48
Tableau.4.11. Classement des modèles de Cormack–Jolly–Seber, l’estimation, de la probabilité de survie (ϕ) et la probabilité de recapture (p) pour la première génération <i>Coenagrion mercuriale</i>	49
Tableau.4.12. Classement des modèles de Cormack–Jolly–Seber, de la probabilité de recapture (p) pour la deuxième génération <i>Coenagrion mercuriale</i>	50
Tableau.4.13. Résumé du modèle linéaire effet mixte du succès de reproduction en utilisant régression poisson et l’identité des individus comme un intercepte aléatoire.....	51

Introduction

Dans une région donnée, le statut des populations animales et végétales peut changer à court et à long terme (Dijkstra & Lewington, 2007), parce qu'elles sont toujours exposées à de nombreux facteurs naturels et anthropiques qui les rendent vulnérables et menacées (Hughes, 2000, Parmesan & Yohe, 2003, Root et al., 2003). Le changement environnemental dont la destruction des habitats naturels et la surexploitation humaine, constituent deux facteurs majeurs qui affectent la biodiversité (Barbault, 2001), par ce que toutes les populations animales et végétales sont adaptées aux conditions locales de leurs habitats, et le petit changement peut conduire à la réduction des tailles des populations et parfois à l'extinction.

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). Par conséquent, il existe plusieurs organisations mondiales tel que : L'union internationale pour la conservation de la nature (UICN), programme des nations unies pour l'environnement (UNEP), et le fonds mondial pour la nature dont le but est la conservation de la diversité biologique (Robinson, 1993). Ces organisations jouent un rôle très important dans la gestion, la maintenance et la conservation de la faune, la flore, et de leurs habitats.

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 diversifiées. Le contrôle permanent 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, 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, Watts et al., 2007b, 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 & Likens, 1973, Fisher, 1977, Liaw & Maccrimmon, 1977, Wallace et al., 1977, Vannote et al., 1980, Wallace & Merritt, 1980, Euliss Jr et al., 1991, de Szalay & Resh, 1997, Anderson & Vondracek, 1999, Batzer et al., 1999), et l'indication de la

qualité des écosystèmes (Anderson & 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 & Rørdam, 1985, Dodd, 1990, Sjögren, 1991, Hadfield, 1993, Thomas et al., 2004, Watts et al., 2007a, Clausnitzer et al., 2009), notamment pour la classe des insectes (Dunn, 2005).

L'Algérie est le plus vaste pays en Afrique. Il contient un nombre très important des zones humides (Khelifa et al., 2011, Samraoui & Samraoui, 2013, Khelifa et al., 2016c). La richesse de notre patrimoine naturel odonatologique a été mise en avant par plusieurs chercheurs (Selys-Longchamps, 1849, Selys-Longchamps, 1865, Selys-Longchamps, 1866, Selys-Longchamps, 1871, Kolbe, 1885, McLachlan, 1897, Martin, 1901, Selys-Longchamps, 1902, Morton, 1905, Martin, 1910, Roi, 1915, Kimmins, 1934, Reymond, 1952, Nielsen, 1956, Dumont, 1978, Samraoui & Menai, 1999, Dumont, 2007, Khelifa et al., 2011, Khelifa, 2012, Khelifa et al., 2012b, Khelifa, 2013, Khelifa et al., 2013b, Khelifa et al., 2013a, Khelifa et al., 2014, Khelifa, 2015, Khelifa et al., 2015, Khelifa, 2016, Khelifa et al., 2016a, Khelifa et al., 2016b, Khelifa et al., 2016c). Selon Samraoui & Menai (1999), l'Algérie contient une richesse odonatologique de 63 espèces. L'une des régions qui a récemment vu un nombre important d'étude odonatologique durant la dernière décennie est le bassin versant de la Seybouse. D'après l'étude odonatologique pionnière de Khelifa et al. (2011) qui est effectuée dans le bassin versant de la Seybouse, 35 espèces d'odonates ont été enregistrées (16 Zygoptères et 19 Anisoptères), avec 5 espèces endémiques du Maghreb (*Gomphus lucasii*, *Calopteryx exul*, *Lestes numidicus*, *Enallagma deserti* et *Platycnemis subdilatata*). Plus récemment, la dernière mise à jour des espèces d'odonates dans ce bassin versant a indiqué la présence de huit nouvelles espèces pour la région (*Coenagrion scitulum*, *Enallagma deserti*, *Aeshna affinis*, *Aeshna isosceles*, *Boyeria irene*, *Onychogomphus uncatus*, *Brachythemis impartita* et *Orthetrum trinacria*). De plus, une estimation de la taille de la population de trois espèces mondialement menacées. Les résultats montrent un nombre très élevé des individus de chacune des trois espèces. Ce qui contrarie le nombre des populations estimé et publié par UICN (Khelifa et al., 2016c).

Coenagrion mercuriale est une espèce atlanto-méditerranéenne qui a une distribution limitée dans le monde. Les populations de cette espèce se trouvent généralement dans le sud-ouest et le centre sud de l'Europe avec une limite Nord en Angleterre et une limite sud en

Afrique du nord (Grand, 1996, Purse & Thompson, 2003, Khelifa et al., 2011, Mahdjoub et al., 2014, Ferreira et al., 2015, Mahdjoub et al., 2015, Khelifa et al., 2016c). C'est l'une des espèces les plus rares et les plus menacées en Europe (Shirt & Council, 1987, Purse & Thompson, 2003, Watts et al., 2007b, Göcking et al., 2010) et en Afrique du nord selon Ferreira et al. (2015). Les populations de *Coenagrion mercuriales* sont entrain de diminuer (Allen & Thompson, 2014). Seulement en Angleterre, 38% des populations se sont éteintes durant les deux derniers décennies (Purse, 2002, Purse & Thompson, 2002, Watts et al., 2004). Cela est due essentiellement à la dégradation, la fragmentation et la destruction des habitats privilégiés de l'espèce (Purse & Thompson, 2003, Watts et al., 2007a, Allen & Thompson, 2014).

Le changement latitudinale de facteurs tels que la températures et de la photopériode influence la taille et l'âge des adultes à l'émergence (Johansson, 2003, Chown & Gaston, 2010, Dmitriew, 2011, Śniegula et al., 2012) et par conséquent, le nombre de générations par an (le voltinisme des espèces) (Corbet et al., 2006). A travers le gradient latitudinal, les espèces d'odonates sont adaptées différemment. Dans les hautes latitudes où les températures sont basses, les odonates ont développé de nombreux mécanismes pour résister les sévères conditions climatiques et assurer leurs survie comme la diapause hivernale (Norling, 1984, Corbet et al., 2006). *C. mercuriale* est semi-voltine en Angleterre et en Europe (Purse & Thompson, 2002, Purse & Thompson, 2003, Corbet et al., 2006), ce que veut dire que l'espèce passe deux ans pour terminer son cycle de vie. Mais ceci peut significativement changer selon latitude et la productivité des habitats (Thompson, 1978a, Purse & Thompson, 2002). Selon Khelifa et al. (2011), *C. mercuriales* est une espèce rare en Algérie, son statut n'est pas encore déterminé. D'après les études odonatologiques dans le bassin versant de la Seybouse, elle possède une distribution qui s'étale de 287 – 798 m (Khelifa et al., 2011).

Pour la mise en œuvre des plans de conservation pour cette espèce vulnérable en Algérie, Il nous faut tout d'abord des informations sur l'écologie, la biologie et les traits de l'histoire de vie de l'espèce. Cette étude vise à déterminer le statut, l'histoire de vie et les paramètres démographique de l'espèce dans les basses latitudes afin de mettre des plans de conservation.

Ce travail est basé sur l'étude de quatre aspects qui sont décrits ci-dessous:

1. L'étude de la distribution et l'abondance

Le bassin versant de la Seybouse qui se situe dans le nord-est de l'Algérie présente une richesse odonatologique très remarquable, avec un nombre estimé de 42 espèces d'odonates et avec deux espèces qui ont un statut en danger (*Calopteryx exul* et *Coenagrion mercuriale*) (Khelifa et al., 2011). Globalement, *C. mercuriale* est une espèce menacée, et classé en danger selon l'IUCN. Malheureusement, ces estimations ont été basées sur des méthodologies non rigoureuses et non régulières ce qui probablement nous a fourni des estimations non fiable sur la taille des populations dans le nord d'Afrique.

Pour les odonates, il existe deux méthodes pour estimer la taille des populations. La première est basée sur la collection régulière des exuvies (Raebel et al., 2010, Samways et al., 2010) et la deuxième est basée sur le capture-marquage-recapture des adultes (Cordero-Rivera & Stoks, 2008).

Dans cette étude nous nous sommes focalisés sur la mise à jour de la richesse odonatologique dans le bassin versant de la Seybouse, la distribution et l'abondance de l'espèce dans le Nord-Est de l'Algérie en se basant sur la collecte des données sur des larves, exuvies et adultes et l'estimation de taille d'une population en utilisant la méthode de capture-marquage-recapture.

2. L'étude de l'émergence et le voltinisme de *Coenagrion mercuriale* dans le Nord-Est de l'Algérie

Le voltinisme (le nombre de génération par an) est un trait très important dans l'histoire de vie des insectes et spécialement pour ceux qui dépend des conditions environnementales (Corbet et al., 2006). Les études sur le voltinisme ont été bien documentées chez les odonates (Corbet et al., 2006), avec une corrélation positive entre latitude et le nombre de générations par an. La température et la photopériode sont les deux facteurs climatiques qui changent avec le gradient latitudinal et qui ont une grande influence sur le nombre de générations produite par une espèce. Dans les zones tempérées, les espèces d'odonates qui vivent au Nord ou les températures sont plus basses prennent plus de temps pour atteindre l'âge adulte que celles qui vivent dans le Sud ou les températures sont élevées.

Dans cette partie de notre étude, nous avons étudié le pattern d'émergence de l'espèce dans le but de déterminer son histoire de vie dans le Nord de l'Afrique la limite sud de la

distribution de *C. mercuriale* ou les températures sont beaucoup plus hautes que le reste de l'aire de distribution de l'espèce.

3. Biologie et l'écologie de la reproduction

Toutes les espèces qui vivent dans ses limites géographiques de leur distribution montrent une variation dans la structure spatiale, la taille des populations, et l'histoire de vie (Stearns, 1992). Dans les zones tempérées, il est supposé qu'il existe des différences entre les populations qui vivent dans les deux extrêmes de la distribution géographique à cause de la différence des conditions climatiques et environnementales et principalement la température. Comprendre la variation du pattern de l'histoire de vie le long de la distribution de l'espèce et spécialement dans les deux extrémités est important pour comprendre l'adaptation des populations à leur environnement. La plupart des espèces. Par conséquent, elles constituent un modèle biologique très important pour comprendre l'adaptation latitudinale à leur environnement local.

Le but de cette étude est de décrire sur le comportement reproductif de cette espèce et la préférence d'habitat des adultes. Comparer les populations d'étude (Nord Africaine) avec celles étudiées par Purse & Thompson (2003) dans la limite nord de l'espèce (Angleterre).

4. Paramètres démographiques

Les études récentes montrent un compromis entre le taux de développement et la taille corporelle à l'âge de maturité, ce qui est définie par *Bergmann's rule* (Partridge & Coyne, 1997, Blackburn et al., 1999, Blanckenhorn, 2000, Ashton, 2004). Cette règle montre que les organismes et spécialement les ectothermes qui vivent dans des environnements froids ont une taille corporelle grande et un taux de développement beaucoup plus lent que ceux qui vivent dans les milieux chauds (Blackburn et al., 1999, Ashton, 2004). Par conséquent, il y'a une plasticité dans le taux de développement et la taille corporelle le long de l'aire de distribution des espèces (Ashton, 2004). Cela est due essentiellement à la variation de température (Atkinson, 1994, Atkinson, 1995, Atkinson et al., 2003).

Le but de cette étude est de déterminer la variation inter et intra spécifique de la taille corporelle entre les deux générations et comprendre la relation entre la taille corporelle, la survie des individus et le succès de reproduction en utilisant une espèce qui a une distribution fragmentée en Europe et en Afrique du Nord.

Chapitre I

Généralités sur les odonates et espèce d'étude

1.1. Les odonates

Les odonates constituent un groupe très diversifié dans la classe des insectes avec un nombre de 5500 espèces (**Fig.1.1**). C'est un groupe qui se trouvent dans tous les continents à l'exception de l'antarctique, avec une richesse spécifique dans les forêts tropicales (Kalkman et al., 2008). Le groupe d'odonate est l'un des groupes faunistiques les plus étudiés, car il constitue un modèle biologique très intéressant pour faire des études écologiques (Anholt, 1990, Watts et al., 2007b, Córdoba-Aguilar, 2008, Khelifa et al., 2011, Stoks & Córdoba-Aguilar, 2012). Les espèces d'odonates sont caractérisées par un cycle complexe (Corbet, 1999, Stoks & Córdoba-Aguilar, 2012), avec un développement larvaire dans les milieux aquatiques et une vie aérienne dans les milieux terrestre (Corbet, 1999, Clausnitzer et al., 2009, Stoks & Córdoba-Aguilar, 2012). Leur développement contient trois phases principales : l'œuf, la larve et l'adulte. Pour bien comprendre ce cycle, il faut d'abord bien suivre et examiner chaque phase du développement, car la survie est intimement lié à la capacité des individus à passer par ces trois phases et terminer le cycle de vie (Samways, 1994, Purse & Thompson, 2002). Malheureusement, les odonates sont le groupe d'invertébrés le plus touché par la fragmentation des habitats et la perte de la biodiversité. La plupart des espèces de ce groupe faunistique sont menacées. Selon l'étude de Clausnitzer et al. (2009), plus de la moitié des espèces d'odonates sont un statut préoccupants.



Fig.1.1. *Ischnura graeslii* en couple (Photo prise par R. Khelifa à El Kala)

Principalement l'ordre d'odonate est divisé en trois sous-ordres les anisoptères (**Fig.1.2**), les zygoptères (**Fig.1.3**) et les anisozygoptères. Ce dernier comprend une seule famille avec la présence de seulement deux espèces, une qui vit dans les montagnes d'Himalaya et l'autre au Japon. Les principales différences entre les anisoptères et les zygoptères sont décrites dans le **Tableau.1.1** et **Figure.1.4**.



Fig.1.2. *Urothemis idwardsii* (Anisoptère) (Photo prise par R. Khelifa à El Kala)



Fig.1.3. *Calopteryx haemorrhoidalis* (Zygoptère) (Photo prise par R. Khelifa dans la Syebouse)

Tableau.1.1. Les principales différences morphologiques entre les anisoptères et les zygoptères

	La taille	Les yeux	La base des ailes postérieures	Les ailes au repos
Zygoptère	Petite taille	Se rejoint à un point	Semblable aux ailes antérieures	Généralement fermée
Anisoptère	Grande taille	Complètement éparés	Plus large que les ailes antérieures	Complètement étalée

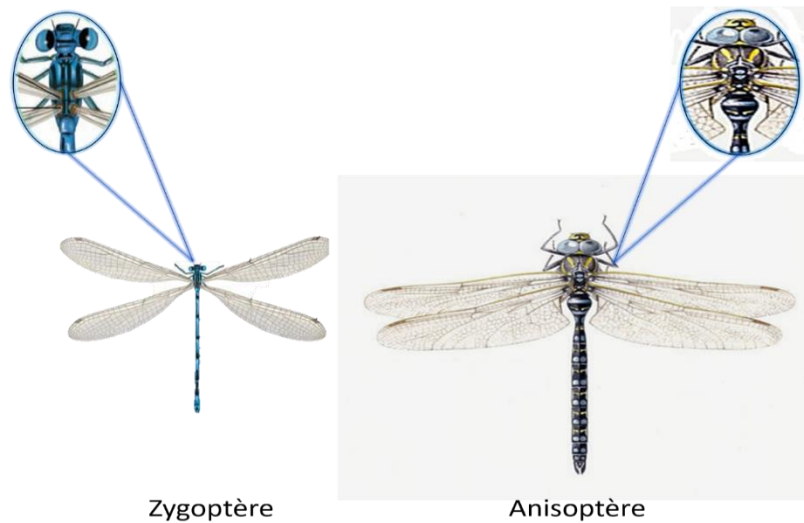


Fig.1.4. Différence morphologique entre les anisoptères et les zygoptères

1.2. Morphologie des odonates

1.2.1. L'adulte

Les espèces d'odonates ont un corps allongé de taille intermédiaire qui est divisé en trois parties ; la tête, le thorax et l'abdomen (**Fig.1.5**). La tête porte les yeux composés qui constituent un trait très important pour l'identification des deux sous ordres d'odonates (**Fig.1.6**), trois ocelles, une paire d'antenne et les pièces buccales.

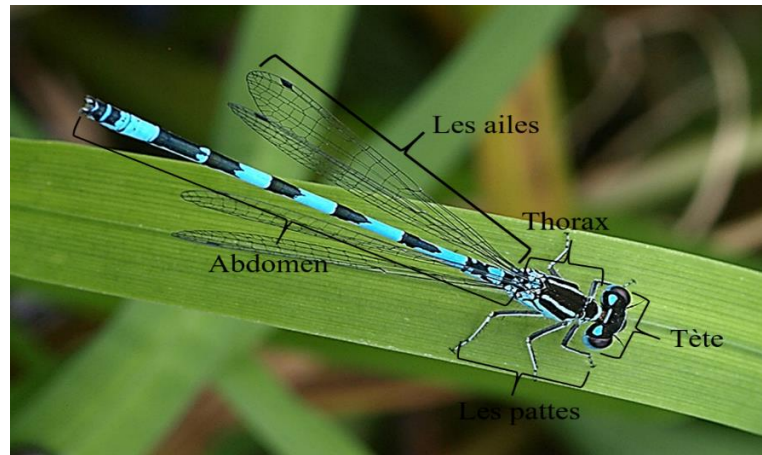


Fig.1.5. Morphologie de l'adulte d'odonate (*Coenagrion mercuriale*, Zygoptère)

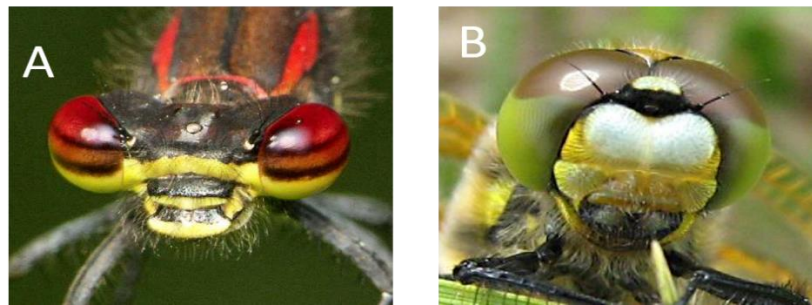


Fig.1.6. Tête de l'adulte de l'odonate (A- Zygoptère, B- Anisoptère)

Le thorax est composé de deux parties, prothorax et de synthorax (la fusion du mésothorax et métathorax). La première partie porte la tête et la première paire de pattes et la deuxième porte les ailes et les deux paires de pattes.

Les ailes sont considérées comme un critère d'identification pour les familles, genres et même pour les espèces parce qu'elles se caractérisent par une nervation très complexe (**Fig.1.7**). La forme des ailes est différente entre les deux sous ordres d'odonate. Chez les zygoptères, les ailes antérieures et postérieures sont identiques. Alors que chez les anisoptères, la base d'aile postérieure est plus large que l'aile antérieure. En plus de la forme, il y'a plusieurs critères importants dans les ailes qui facilite l'identification comme la densité des cellules, l'occurrence de nervures longitudinales ou transversales et forme et couleur du ptérostigma.

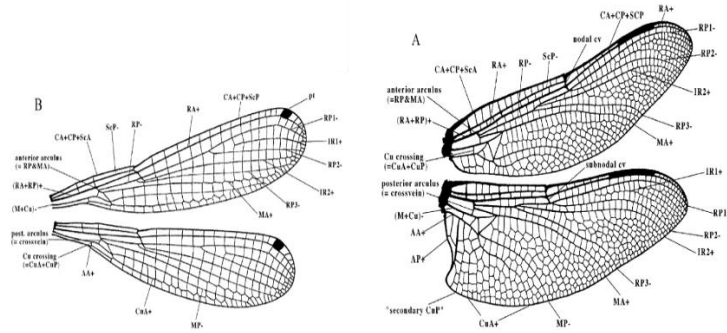


Fig1.7. La morphologie des ailes d'adulte d'odonate (Rehn, 2003). A – Anisoptera, B – Zygoptera. Il y a cinq nervures principales sur les anisoptères et zygoptères (R+M sont compté comme 1). **Costa (C)** : à la pointe de l'aile, forte et marginale, s'étend à l'apex de l'aile. **Subcosta (Sc)** : deuxième nervure longitudinale, elle est non ramifiée, rejoint C au nodus. Radiale et médiane (**R + M**) : troisième et quatrième nervure longitudinale, c'est la nervure la plus forte de l'aile, avec des branches, **R1-R4**, atteignant le bord de l'aile, la médiane antérieur (**MA**) atteint également le bord de l'aile. **IR2** et **IR3** sont des nervures intercalaires derrière **R2** et **R3**, respectivement. **Cubitus (Cu)** : cinquième nervure longitudinale, cubitus postérieure (**CuP**) est non ramifié et atteint le bord de l'aile. **Nervures anales (1A)** : veines non ramifiées derrière le cubitus. Le **nodus** est formé où la seconde nervure principale rencontre le bord de l'aile. Le **ptérostigma** noir est situé près de la pointe de l'aile.

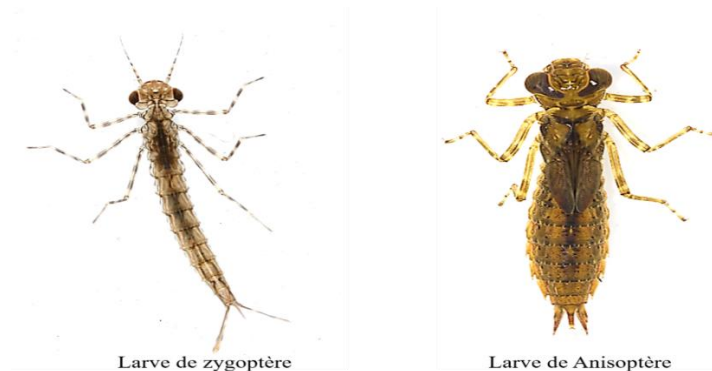
L'abdomen est de forme généralement cylindrique, constituer de dix segments et qui se termine par les appendices anaux. Deux anaux supérieurs només cercoïdes (chez les deux sous-ordres) et des anneaux inférieurs soit en paire nommé cerques (chez les zygoptères), soit en une pièce nommée lame supra-anale (chez les Anisoptères). Pour les femelles, seulement les cercoïdes sont présents (Dijkstra & Lewington, 2007).

1.2.2. La larve

Les larves d'odonates sont aquatiques et muent selon les espèces en moyenne une douzaine de fois avant d'émerger. Il existe de nombreuses différences morphologiques entre les anisoptères et les zygoptères ce qui permet de les identifier facilement (**Tableau.1.2**) (**Fig.1.8**). Par contre, il est un peu difficile d'identifié les espèces qui appartiennent où même genre et parfois à la même famille.

Tableau.1.2. différences morphologiques entre les deux sous-ordres d'odonates

	Antennes	L'extrémité de l'abdomen	Epines latérales et dorsales
Zygoptère	Assez longues	Se termine par des lamelles caudales	Absence
Anisoptère	Peu visible	Se termine par une pyramide caudale	Présence

**Fig.1.8.** Déférénces morphologiques entre les larves de deux sous-ordres d'odonates

1.3. Cycle de vie des odonates

Les odonates sont caractérisés par un cycle de vie compliqué (Corbet, 1999, Stoks & Córdoba-Aguilar, 2012) (**Fig.1.9**). Ils appartiennent aux insectes hétérométaboles (avec métamorphose continu) et hémiométaboles (milieu de vie de la larve est différent de milieu de vie de l'adulte). Leur développement contient cinq phases principales et la majeure transition se produit à la phase de l'émergence lorsque la larve aquatique quitte l'eau pour prendre la forme d'adulte et commence la vie aérienne. Ensuite, les adultes quittent le milieu aquatique pour quelques jours pour la maturation sexuelle qui dure entre 2-15 jours selon les espèces. Par exemple, elle dure entre 3-4 jours chez *Coengarion mercuriale* et *Ischnura graellsii* et deux semaines pour *Sympetrum rubicundulum*. Après, les mâles sexuellement matures retournent aux milieux aquatiques pour faire la reproduction. La copulation des odonates est caractérisée particulièrement par la formation du cœur copulatoire (**Fig.1.10**). Les mâles des espèces territoriales occupent un territoire qu'ils défendent contre les autres mâles de la même espèce ou d'une espèce différente. Les femelles fréquentent les milieux aquatiques uniquement lors de l'oviposition. Elles pondent leurs œufs dans des tissus végétales mortes ou vivantes, en groupe ou isolés selon l'espèce. Après l'éclosion des œufs, les larves se développent progressivement en muant entre 9 et 16 mues suivant l'espèce. Selon les conditions environnementales et

particulièrement la température, les larves entrent dans une diapause hivernale quand la température de l'eau est plus basse. Cela résulte des différences dans le nombre de générations par an et de la durée de développement. Par exemple, les espèces qui vivent dans les régions froides font une diapause hivernale, prennent plus de temps pour atteindre l'âge adulte et produisent une génération chaque année, deux ou plusieurs années par rapport aux espèces qui vivent les régions chaudes et produisent deux ou plus de générations par an. Les larves d'odonates sont prédatrices et elles s'alimentent uniquement des proies vivantes comme les larves d'autres insectes comme les diptères.

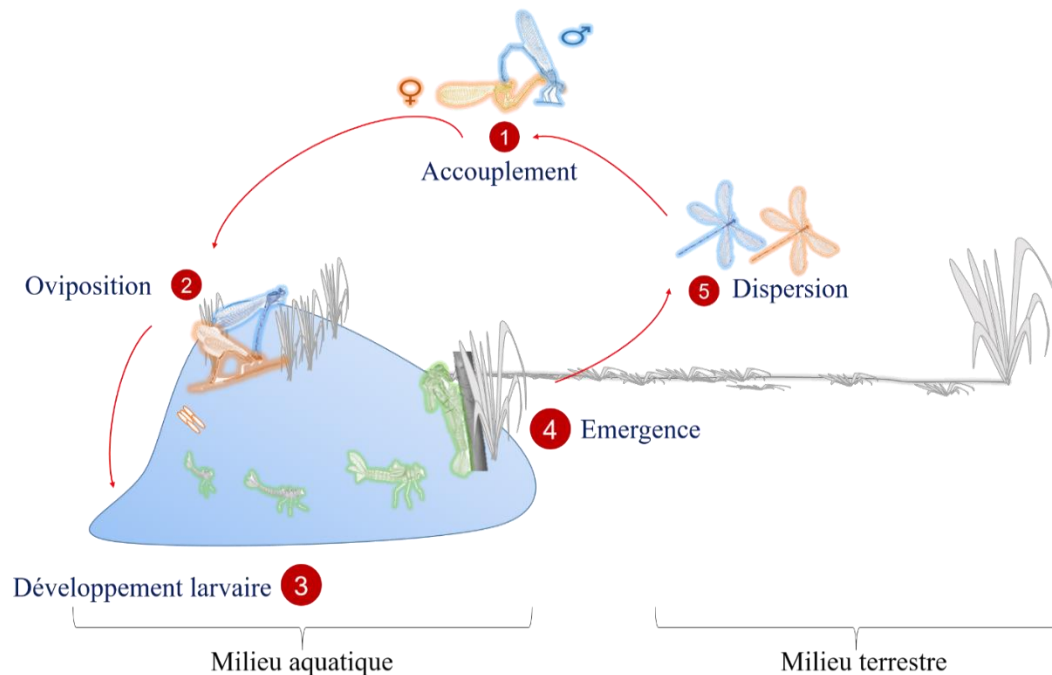


Fig.1.9. Cycle de vie des odonates



Fig.1.10. Cœur copulateur de *Coenagrion mercuriale* (Photo prise par R. Khelifa, Chiniour, 2013)

1.4. Coenagrionidae

C'est la famille la plus importante de sous-ordre de zygoptère. Seulement en Europe et en Afrique du Nord elle contient huit genres et 31 espèces (Dijkstra & Lewington, 2007). Les espèces de cette famille présentent une taille corporelle petite par rapport à d'autres espèces de zygoptère et une coloration très variée (Blue, rouge orange, violet) avec un motif de couleur noire. Morphologiquement sont similaire des Platycnemididae avec des différences au niveau de la forme discoïdale des cellules alaires, taille et la nervation alaire qui permettent de différencier ces deux familles tête deux fois plus large que longue (**Fig.1.11**).

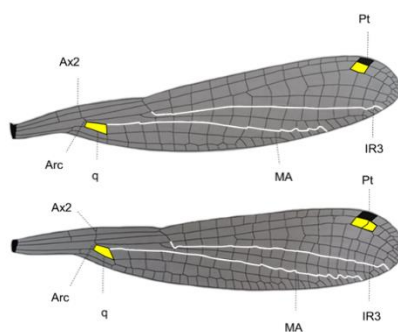


Fig.1.11. Nervation alaire de Platycnemididae (*Platycnemis pennipes*) compare à Coenagrionidae (*Coenagrion puella*)

1.5. Coenagrion mercuriale

1.5.1. Morphologie

L'adulte de cette espèce a une couleur bleu profond avec un abdomen cylindrique et allongé et des ailes identiques (**Fig.1.12**, **Fig.1.13**). Le mâle est caractérisé par la présence de symbole de mercure sur le deuxième segment abdominal (Thompson et al., 2003, Dijkstra & Lewington, 2007) (**Fig.1.12**). Les épines noir sur le troisième et le cinquième segment abdominal constituent un critère très important dans l'identification du mâle de cette espèce. La femelle est facile à identifier des autres espèces. Elle est sombre et dépourvue des marques (**Fig.1.14**). Selon Thompson et al. (2003), il existe deux morphes pour les femelles de *C. mercuriale* en Angleterre. L'hétérochrome (multi-couleurs) avec une couleur verte olive et l'homochrome avec une couleur semblable au mâle (Thompson et al., 2003).

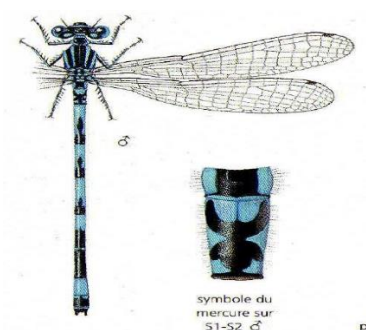


Fig.1.12. Mâle de *Coenagrion mercuriale*
(Dijkstra & Lewington, 2007)



Fig.1.13. Mâle de *Coenagrion mercuriale*
(Photo prise par R. Khelifa, Chiniour, 2013)



Fig.1.14. Femelle de *Coenagrion mercuriale* (Photo prise par R. Khelifa, 2013)

1.5.2. Histoire de vie

En se basant sur les études qui ont été faites sur l'espèce, *C. mercuriale* est semi-voltine en Angleterre c'est-à-dire que l'espèce produit une génération chaque deux années. Les larves commencent à émerger mi-Mai et la période du vol de l'espèce dure jusqu'à la fin du mois de Juillet (Purse & Thompson, 2002, Thompson et al., 2003). Par contre en Europe, l'espèce est uni-voltine (c'est-à-dire elle produit une génération par an) et la période de vol dure d'Avril jusqu'à Novembre. Le développement larvaire comprend 12 à 13 mues.

1.5.3. Répartition et distribution

Coenagrion mercuriale est l'une des espèces d'odonates les plus menacées dans le monde, c'est pour cette raison elle est protégée dans la plus part des pays européens et l'Angleterre (Van Tol & Verdonk, 1988, Grand, 1996, Thompson et al., 2003). Cette espèce a une distribution mondiale très limitée et fragmentée. Elle se présente en Angleterre et dans le sud et l'ouest de l'Europe. L'espèce a disparu dans plusieurs pays européen (Austria, Belgium, Luxembourg, Netherlands, Poland, Romania and Slovenia) (**Fig.1.15**), le nombre d'espèce a diminué dans trois autres pays : la Suisse, Bretagne et l'Allemagne (Grand 1996), et les populations dans le nord d'Afrique sont mal connues.

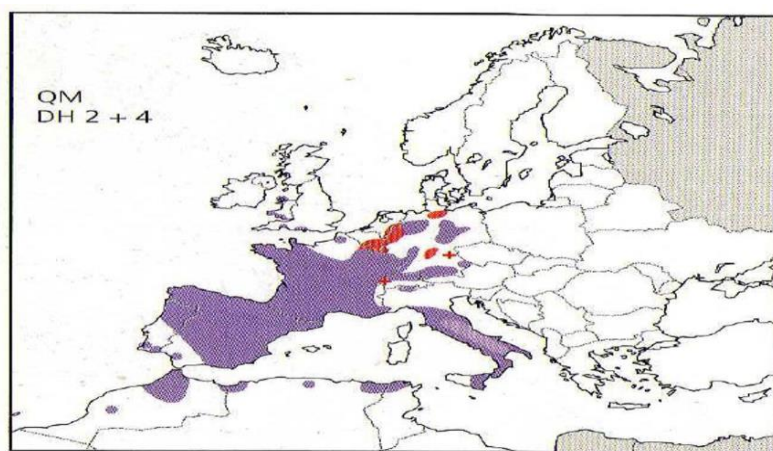


Fig.1.15. Distribution du *Coenagrion mercuriale* en Europe et en Afrique du Nord, la couleur violet représente la présence de l'espèce et la couleur rouge l'extinction (Dijkstra & Lewington, 2007)

1.5.4. Habitat

On peut trouver l'espèce dans des ruisseaux peu profonds et les ruisselets qui sont caractérisés par une végétation aquatique dense et bien oxygénée (Dijkstra & Lewington, 2007) (**Fig.1.16**). La larve est très sensible à la pollution organique des cours d'eau, c'est pour ça l'espèce est considérée comme un bon indicateur de la qualité du milieu.



Fig.1.16. Habitat de *Coenagrion mercuriale* (la photo à gauche représente l'habitat typique de l'espèce et la photo à droite représente l'habitat atypique)

Description du site

2.1. Bassin versant de la Seybouse

La Seybouse est une grande rivière qui se trouve dans le Nord-est de l'Algérie, avec une superficie de 6570 km (Debeiche, 2002, Satha, 2008, Meziane, 2009). Le bassin de la Seybouse est formé par la rencontre de oued Cherf et oued Bouhamdane dans la région de Mejaz Amar ($36^{\circ}26'35.82''N$, $7^{\circ}18'39.36''E$) (Khelifa et al., 2011) (**Fig.2.1**). Il est l'un des trois grands bassins en Algérie (après oued El Kebir du Rhumel et Medjerdah-Mellegue). Il est limité au Nord par la mer méditerranéenne, le massif de Belelieta (287 m) et de Bouhamra (152 m) à l'Ouest, la chaîne numidique orientale (1411 m) au sud et enfin par le prolongement oriental du système aquifère Annaba – Bouteldj à l'Est (Debeiche, 2002). Cette région est connue par sa grande activité agricole et industrielle. La population qui se trouve sur la zone d'étude atteint 150 000 habitants, elle est concentrée généralement au niveau des communes et des hameaux (Debeiche, 2002).

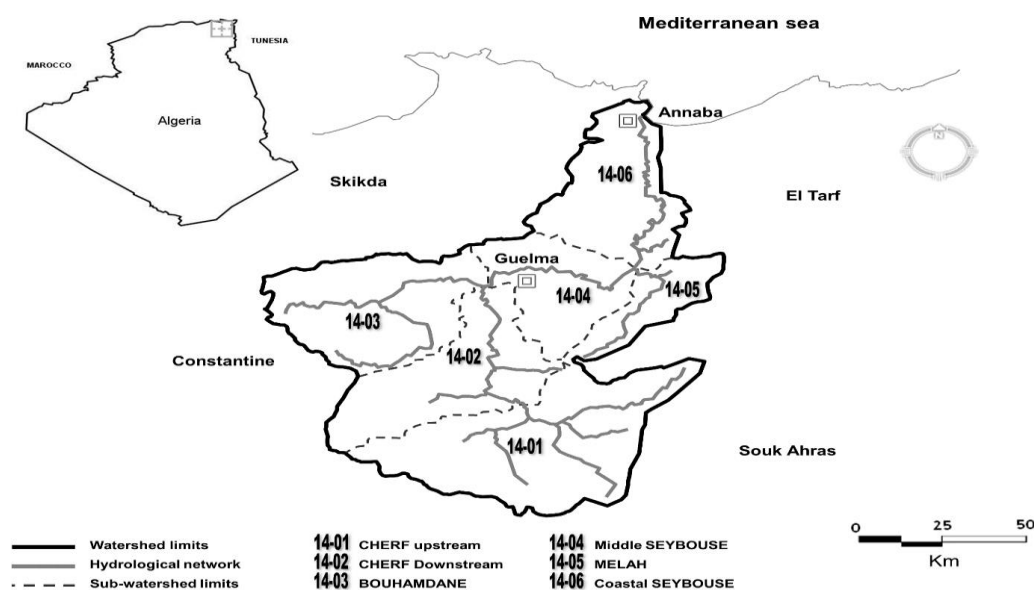


Fig.2.1 Carte du bassin versant de la Seybouse

2.2. Barrages et retenues collinaires

Le bassin de la Seybouse contient cinq barrages. Deux d'entre eux sont des grands barrages avec une capacité total de 377 hm³, et les trois abarrages qui restent, sont de taille moyenne (Agence des Bassins hydrographiques, 2002, Meziane, 2009) (**Tableau.2.1**). Le bassin de la Seybouse contient aussi 64 retenues collinaires qui sont particulièrement utilisés pour

satisfaire le besoin en eau d'irrigation. Ils ont une capacité totale de 7.5 hm³ (Agence des Bassins hydrographiques, 2002). On peut distinguer six principaux sous bassins (**Tableau.2.2**) (**Fig.2.2**).

Tableau.2.1. Les barrages du bassin de la Seybouse (Agence des Bassins hydrographiques, 2002).

Sous-bassin (Code)	Wilaya	Commune	Dénomination	Capacité (hm3)
14, 01	41	Zouabi	Foum El Khanga	157
14, 01	41	Tiffech	Tiffech	5. 8
14, 03	25	Ben Badis	El Haria	1. 8
14, 03	24	Bouhamdane	Hammam Debagh	220

Tableau.2.2. Répartition des sous-bassins de la Seybouse (Agence des Bassins hydrographiques, 2002)

Sous-bassin (Code)	Superficie (km ²)	Nom	Longueur (Km)
14, 01	1739	Oued Cherf amont	25
14, 02	1193	Oued Cherf aval	32
14, 03	1108	Oued Bouhamdane	32
14, 04	817	Oued Seybouse (moyenne Seybouse)	50
14, 05	552	Oued Mellah	36
14, 06	1066	Oued Seybouse (Seybouse Maritime)	65
Total	6475	/	240

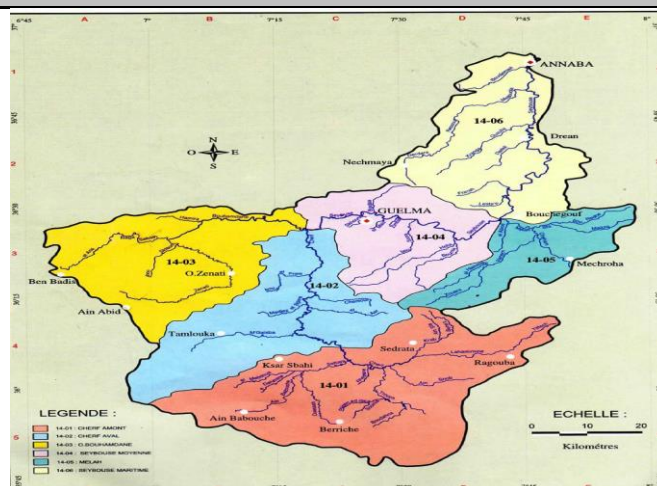


Fig.2.2. Carte des sous bassins de la Seybouse

2.3. Le réseau hydrographique

La Seybouse draine un ensemble de régions très hétérogènes. Aux hautes plaines, aux reliefs assez simples et aux écoulements lents et succède l'atlas Tellien fortement accidenté de structure très complexe. Les oueds sont à débit irrégulier. Le profil en long, irrégulier et tendu (**Fig.2.3**) qui assure l'évacuation rapide des eaux. Cependant l'existence de dépressions et bassins renfermant des nappes alluviales traversées et reliées par la Seybouse et permet de régulariser l'écoulement saisonnier de cet oued. A la sortie de cette dernière, la Seybouse pénètre dans la plaine d'Annaba en perdant sa torrencialité et en abandonnant une grande partie de sa charge solide. Les faibles pentes, le cordon dunaire et les champs d'inondations très vastes favorisent largement la stagnation des eaux et rendent l'écoulement fluvial difficile (Djabri, 1996).

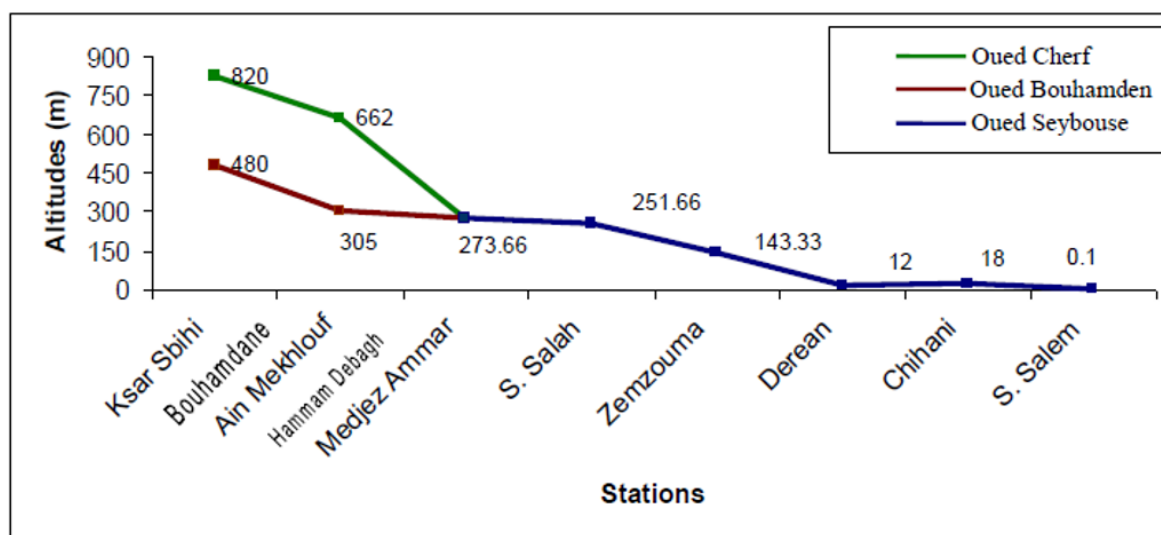


Fig.2.3. Profil en long des oueds : Cherf- Bouhamdane - Seybouse.

2.4. Climatologie

Les paramètres climatiques sont des facteurs importants qui ont un effet direct sur la faune et la flore. La région est caractérisée par un climat méditerranéen qui est caractérisé par un été aride et chaud et un hiver humide et frais. Les variations de températures sont parfois brutales et les précipitations sont irrégulières et violentes de courtes périodes. Les cours d'eau méditerranéens ont un mode caractérisé par l'irrégularité des écoulements et des démonstrations hydriques brutales. Le mode annuel est marqué par le maximum en hiver et à l'automne, et un niveau d'eau très bas en été (Arab, 2004).

2.4.1. La température

La température est un facteur climatique très important. Elle est aussi considérée comme un facteur limitant parce que tous les phénomènes métaboliques des organismes dépendent de la température.

Les données de températures moyennes mensuelles sont obtenues de la station météorologique de Guelma (**Tableau 2.3**) pour une période de 15 ans. Les résultats sont représentés dans le **Tableau 2.4**

Tableau 2.3. Coordonnées de la station météorologique de Guelma.

Latitude	Altitude (m)	Longitude	Période d'observation
36° 28` N	227	07° 28` E	1994-2008

Tableau 2.4. Température moyenne mensuelle de la station de Guelma (1994-2008).

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Août
T(°C)	23.56	19.83	14.33	10.87	9.76	10.19	12,46	14,84	19,65	24.25	27.16	27.51

Les moyennes mensuelles les plus élevées sont observées pendant la période d'été entre Juin et Octobre. Par contre les températures les plus basses sont observées pendant la période hivernale entre Décembre et Mars. Le suivi de l'évolution de la température nous donne une courbe en cloche ou les maximums sont observés en été et les minimums en hiver (**Fig. 2.4**).

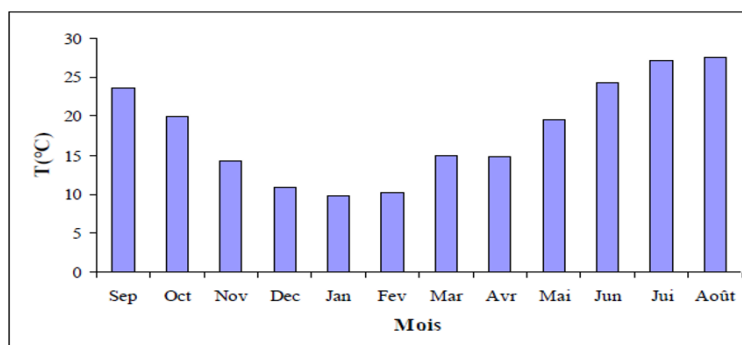


Fig. 2.4. Evolution des températures moyennes au cours des années (1994-2008) à la station de Guelma.

2.4.2. Les précipitations

Les précipitations dépendent des températures qui règlent l'intensité de l'évaporation au niveau des surfaces marines (Ozenda, 1982). Elles sont régulées par trois autres facteurs : latitude, l'altitude et la longitude (elles augmentent de l'ouest vers l'est).

2.4.2.1. Variation des précipitations moyennes mensuelles et saisonnières

La pluie est un facteur climatique très important, qui conditionne l'écoulement saisonnier et influence directement sur le régime des cours d'eau. D'après la **Figure 2.5**, la plus grande valeur de précipitation moyenne mensuelle correspond au mois de Janvier avec 102.3 mm, par contre la plus faible valeur correspond au mois de juillet avec 2.96 mm.

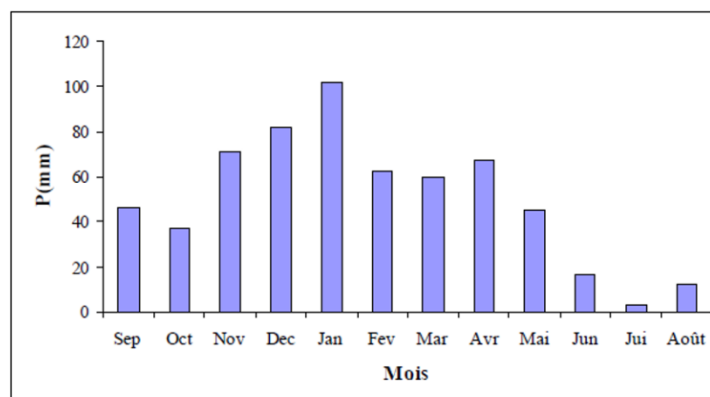


Fig. 2.5. Evolution des précipitations moyennes mensuelles de la station de Guelma (1985 – 2006)

2.4.3. L'humidité

La forte humidité de la région est causée par la forte évaporation de nombreuses zones humides et la proximité de la mer. Les données de l'humidité récoltées sur 15 ans (1994-2008) sont représentées dans le **Tableau 2.5**.

Tableau 2.5. Variation moyenne mensuelle de l'humidité relative à la station de Guelma (1994 - 2008)

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Août	Sep	Oct	Nov	Dec
Humidité relative (%)	76.52	75.71	73.62	72.08	68.2	60.67	55.17	56.43	66.1	69.75	72.7	76.02

Tableau 2.5. montre que l'humidité est invariable au cours de l'année. Les valeurs minimales sont observées pendant le mois de juillet et août. Les valeurs maximales sont observées pendant le mois de Janvier et le mois de Décembre.

2.4.4. Le vent

Le vent agit indirectement en modifiant l'humidité et la température (Ozenda, 1982), il a un pouvoir desséchant car il augmente l'évaporation et un pouvoir de refroidissement considérable mais ces pouvoirs peuvent être réduits par des rideaux d'arbres. Les données récoltées sur 15 ans (1994-2008) montrent que la vitesse des vents est invariable au cours de l'année, avec quelques épisodes de Sirocco en été augmentant la température.

2.5.1. Richesse biologique

Concernant la biodiversité, le bassin versant de la Seybouse abrite une diversité floristique et faunistique très intéressante (Meziane, 2009, Mellal, 2013). L'étude de la flore dans le bassin de la Seybouse a montré 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* *michaletti*, *Apium nodiflorum*, *Phragmites australis australis*, *Veronica anagallis-aquatica* et *Alisma plantago-aquatica* *michalett*. 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). Par exemple, la dernière étude odonatologique dans le bassin a montré 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) (**Tableau.2.6**)

Tableau.2.6. Inventaire et nombre de site des odonates de la Seybouse. Cette étude s'est basée sur l'échantillonnage de 61 sites. L'espèce étudiée dans cette thèse est en gras

Sous ordre	Famille	Species	Nombre de site
Zygoptère	Calopterygidae	<i>Calopteryx exul</i>	14
		<i>Calopteryx haemorrhoidalis</i>	21
	Coenagrionidae	<i>Ceragrion tenellum</i>	12
		<i>Coenagrion caerulescens</i>	13
		<i>Coenagrion mercuriale</i>	12
		<i>Coenagrion puella kocheri</i>	10
		<i>Coenagrion scitulum</i>	2
		<i>Enallagma deserti</i>	7
		<i>Erythromma lindenii</i>	14

	<i>Erythromma viridulum</i>	4	
	<i>Ischnura graellsii</i>	39	
	<i>Ischnura pumilio</i>	6	
Lestidae	<i>Lestes barbarus</i>	10	
	<i>Lestes numidicus</i>	10	
	<i>Lestes v. virens</i>	12	
	<i>Chalcolestes viridis</i>	13	
	<i>Sympecma fusca</i>	10	
Platycnemididae	<i>Platycnemis subdilatata</i>	31	
Anisoptère	Aeshnidae	<i>Aeshna mixta</i>	12
	<i>Aeshna affinis</i>	1	
	<i>Aeshna isosceles</i>	1	
	<i>Anax imperator</i>	20	
	<i>Anax parthenope</i>	11	
	<i>Boyeria irene</i>	3	
Gomphidae	<i>Onychogomphus costae</i>	11	
	<i>Onychogomphus forcipatus unquiculatus</i>	4	
	<i>Onychogomphus uncatus</i>	1	
	<i>Gomphus lucasii</i>	14	
Libellulidae	<i>Crocothemis erythraea</i>	19	
	<i>Diplacodes lefebvrii</i>	9	
	<i>Brachythemis impartita</i>	3	
	<i>Orthetrum coerulescens anceps</i>	16	
	<i>Orthetrum cancellatum</i>	16	
	<i>Orthetrum chrysostigma</i>	17	
	<i>Orthetrum nitidinerve</i>	15	
	<i>Orthetrum trinacria</i>	4	
	<i>Sympetrum fonscolombii</i>	12	
	<i>Sympetrum meridionale</i>	3	
	<i>Sympetrum striolatum</i>	8	
	<i>Trithemis annulata</i>	8	
	<i>Trithemis arteriosa</i>	5	
	<i>Trithemis kirby</i>	4	

Le travail qui a été fait sur l'espèce d'étude a été mené dans un ruisseau artificiel peu profond d'une longueur de 450 m qui s'écoule dans la rivière de la Seybouse (36°28'N 7°22'E) (**Fig.2.6 ; Fig.2.7**). La température annuelle de l'eau était 13.9°, l'oxygène dissous était 11.37 mg/l et le PH était 8. La végétation était particulièrement dominée par *Typha angustifolia*, *Cynodon dactylon*, *Solanum nigrum*, *Veronica anagallis-aquatica*, et *Scirpus holoschoenu*. Pour les espèces d'odonates qui se trouvaient aussi dans le canal on a *Calopteryx haemorrhoidalis*, *Orthetrum nitidinerve*, *O. chrysostigma* et *O. coerulescens*.

Malheureusement, les espèces animales et végétales qui vivent dans la rivière sont vulnérables par les activités anthropiques et particulièrement la pollution et la fragmentation des

habitats par la dégradation des végétations à bord et le pompage de l'eau (**Fig.2.8**). La pollution par les décharges (liquides et solides) affecte la qualité des eaux en diminuant l'oxygène dissous de 1.47 mg/l en amont jusqu'à 1.16 mg/l en aval ce qui nécessite une intervention rapide pour la protection des habitats et la conservation des espèces.

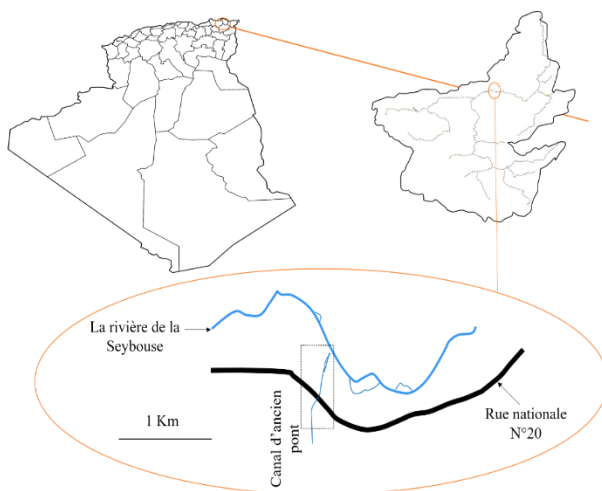


Fig.2.6. Carte de site d'étude



Fig.2.7. Site d'étude



Fig.2.8. Dégradation des habitats dans la rivière de la Seybouse par le pompage de l'eau
(Photos prises par R. Khelifa, 2013)

Méthodologie

3.1. La richesse spécifique et l'estimation de la population de *Coenagrion mercuriale* dans le bassin versant de la Seybouse.

3.1.1. La richesse spécifique et la distribution des espèces d'odonates

L'étude de la richesse spécifique des espèces d'odonates dans le bassin versant de la Seybouse a été basée sur la présence des larves, exuvies et les adultes. Pour déterminer cette richesse, 61 localités ont été inventoriées entre 2010 et 2015 (**Fig.3.1; Tableau3.1**). Parmi ces localités, 44 localités ont été visitées entre Mai 2011 jusqu'à 2015. Les adultes ont été échantillonnés par un filet à travers un transect de 100 m régulièrement dans plus de 47 localités ($N > 20$ visites) et occasionnellement dans les 14 localités ($N < 10$ visites). Les exuvies ont été collectées dans la végétation du bord. Les larves ont été échantillonnées par un filet rectangulaire de 40×25 cm de 2010 jusqu'à 2015 dans 15 localités (localités 1, 2, 3, 4, 6, 8, 11, 14, 18, 22, 25, 32, 33, 45, 46) et de Septembre 2013 jusqu'à Septembre 2014 dans les localités 5, 34, 41, 60, 61.

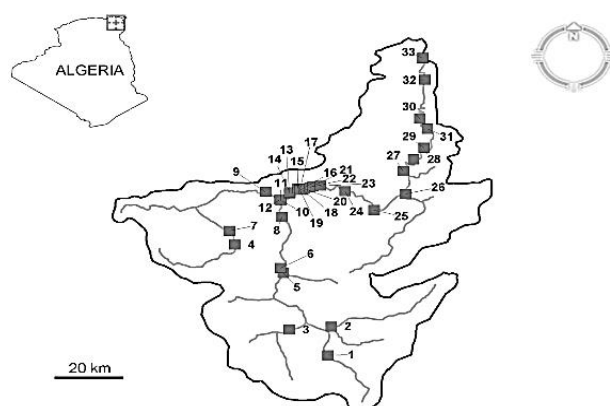


Figure 3.1. Sites d'étude au bassin versant de la Seybouse. Les quarées gris sont les sites d'échantillonnage.

Tableau 3.1. Nom, coordonnées géographiques, altitude et nombre d'année d'échantillonnage des sites d'études.

Code	Locality	Latitude	Longitude	Elevation (m a.s.l.)
1	Sidi Salem	36°51'46.81"N	7°46'4.20"E	3
2	Ziani Ahmed	36°47'55.01"N	7°46'28.09"E	9

3	Chebaita	36°44'28.42"N	7°46'12.77"E	14
4	Dréan	36°40'59.97"N	7°45'30.81"E	19
5	Dréan Pond	36°22'0.61"N	7°24'48.07"E	26
6	Chihani	36°39'12.65"N	7°46'57.10"E	42
7	Boukamouza	36°35'48.55"N	7°46'16.47"E	55
8	Fragha	36°31'40.19"N	7°42'15.11"E	77
9	Boucheougouf 1	36°27'38.05"N	7°42'47.56"E	103
10	Boucheougouf 2	36°28'33.04"N	7°42'33.16"E	115
11	Halia	36°24'47.97"N	7°36'40.37"E	132
12	Djebala	36°27'25.12"N	7°34'23.27"E	146
13	Boumahra 2	36°28'6.02"N	7°31'5.71"E	160
14	Heliopolis pont	36°29'4.18"N	7°26'22.21"E	189
15	Zimba 1	36°27'49.11"N	7°29'14.77"E	197
16	Boumahra 1	36°27'24.19"N	7°30'29.17"E	197
17	El Fedjoudj S	36°28'46.27"N	7°24'20.44"E	199
18	El Fedjoudj Pont	36°28'55.12"N	7°24'52.75"E	199
19	El Fedjoudj E	36°28'31.70"N	7°23'19.09"E	206
20	El Fedjoudj H	36°28'29.32"N	7°22'27.24"E	210
21	El Fedjoudj G	36°28'36.49"N	7°22'2.76"E	211
22	El Fedjoudj P	36°28'21.88"N	7°22'34.22"E	211
23	L'ancien pont	36°28'21.37"N	7°22'22.65"E	214
24	Salah Salah 2	36°27'55.56"N	7°20'27.47"E	226
25	Salah Salah 1	36°27'43.52"N	7°20'22.48"E	231
26	Medjez Cherf	36°26'31.28"N	7°18'40.66"E	248
27	Medjez Bouhamdane	36°26'34.59"N	7°18'32.87"E	257
28	Ain Hessainia 1	36°25'40.70"N	7°18'30.86"E	262
29	Zimba 2	36°26'1.11"N	7°28'27.42"E	265
30	Heliopolis Bradaa	36°30'36.80"N	7°26'59.88"E	266
31	Hammam D2	36°27'43.87"N	7°14'57.38"E	285
32	Ain Hessainia 2	36°24'41.12"N	7°18'18.48"E	286
33	Hammam D1	36°27'55.16"N	7°15'43.61"E	288

34	Beddoud	36°31'56.16"N	7°22'48.32"E	304
35	Houari	36°23'13.18"N	7°19'22.99"E	312
36	Guellat Bou Sbaa	36°31'32.25"N	7°27'41.57"E	332
37	Barrage Bouhamdane	36°27'37.51"N	7°13'56.47"E	354
38	Université Guelma	36°27'5.66"N	7°25'7.10"E	366
39	Sellaoua stream	36°24'0.18"N	7°16'39.15"E	418
40	Bouhamdane	36°28'15.48"N	7°8'36.34"E	447
41	Salah Salah pond 1	36°28'41.41"N	7°19'13.22"E	492
42	Sabath	36°26'8.69"N	7°5'11.69"E	503
43	Salah Salah pond 2	36°28'34.52"N	7°19'2.96"E	525
44	Bouhamdane Cascade	36°28'31.89"N	7°6'34.08"E	541
45	Ain Makhlouf	36°14'27.04"N	7°18'38.94"E	600
46	Cheniour	36°13'34.86"N	7°19'9.74"E	600
47	Bendjerah	36°25'18.31"N	7°22'41.54"E	612
48	Oued Zenati 1	36°18'36.95"N	7°9'48.97"E	624
49	Oued Zenati 2	36°17'7.81"N	7°8'52.35"E	649
50	Sellaoua 1	36°23'23.56"N	7°14'29.43"E	654
51	Sellaoua 2	36°19'18.40"N	7°15'34.61"E	655
52	Barrage Ain Makhlouf	36°13'6.45"N	7°17'17.21"E	707
53	Ras El Agba	36°22'33.50"N	7°12'32.28"E	714
54	Ain Makhlouf Pond	36°14'14.55"N	7°21'6.59"E	717
55	Tamlouka	36°9'48.90"N	7°10'20.17"E	734
56	Ain Larbi stream	36°15'50.65"N	7°23'29.36"E	830
57	Slibe	36°30'28.89"N	7°7'48.92"E	887
58	Messmasa stream	36°21'56.49"N	7°25'13.72"E	936
59	Ain Sandal stream	36°14'38.46"N	7°34'18.46"E	989
60	Messmasa 1	36°22'0.61"N	7°24'48.07"E	1012
61	Messmasa 2	36°21'46.87"N	7°24'41.99"E	1033

3.1.2. Méthode capture-marquage-recapture

L'estimation de la population de *C. mercuriale* dans sa limite sud a été réalisée dans le canal d'ancien pont du bassin versant de la Seybouse durant l'année 2013. Une méthode de capture-marquage-recapture est effectuée quotidiennement dès que la période de vol de l'espèce a commencé (09:30 jusqu'à 16:00). Les adultes sont capturés et marqués sur l'aile postérieure par un code alphanumérique en utilisant un marqueur permanent (Edding paint marker 780) (**Fig.3.2.**). Lors de la recapture des individus marqués, le code et le sexe ont été enregistrés.



Fig.3.2.. Marquage des individus de *C. mercuriale* dans le canal d'ancien pont (Photo prise par R. Khelifa Avril 2013).

3.1.3. L'estimation de la population

Pour estimer l'abondance et la taille de la population de *C. mercuriale*, nous avons utilisé le model de Jolly-Seber en utilisant la formulation de POPAN (Schwarz & Arnason, 1996). Le model POPAN inclus quatre paramètres : *Phi* (la survie apparente), *p* (la probabilité de capture en donnant que l'individu est en vie et présent dans la zone d'étude), *pent* (la probabilité d'entrer dans la population pour cette occasion), et *N* (la taille super de la population). Le modèle utilisé pour estimer l'abondance était *Phi* (le temps+ le sexe), *p* (le

temps+ le sexe), *pent* (le temps+ le sexe), et *N* (le sexe). Le sex-ratio a été estimé par le pourcentage des mâles présents. EM50, le temps durant lequel 50% des individus estimés par le model de POPAN a été entré dans la population est calculé pour notre espèce pour déterminer le pattern temporaire de la période du vol

3.1.4. Les analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été menées avec le logiciel R 3.1.2 (R Development Core Team, 2014). Le Chi-square test est utilisé pour vérifier si le sex-ratio était biaisé pendant la période de vol de l'espèce. Skeweness and D'Agostino skewness test est calculé par R package *moments* (Komsta & Novomestky, 2014) pour déterminer si le pattern de l'abondance de l'espèce était biaisé ou pas.

3.2. L'émergence de *Coenagrion mercuriale*.

3.2.1. La technique d'échantillonnage des exuvies.

Coenagrion mercuriale est une espèce rare et menacée en Angleterre et en Europe (Purse & Thompson, 2003, Göcking et al., 2010). Son statut dans le Nord d'Afrique et spécialement en Algérie est mal connu. C'est pour cette raison, nous nous sommes basés dans notre étude sur les travaux odonatologiques qui ont été effectués dans le bassin versant de la Seybouse (Khelifa, et al. 2011 ; Khelifa personal communication) pour bien suivre la saison de l'émergence.

Pour déterminer la date exacte de l'émergence, le site d'étude a été bien inventorié dès la fin du mois de Mars et avant le commencement de la période du vol de l'espèce. Les exuvies ont été collectées quotidiennement à travers un transect de 100 m à la fin de l'après-midi (16 :00 h) durant toute la période de l'émergence. A la fin de la journée, aucune exuvie n'a été laissée après l'échantillonnage. Pour maximiser le nombre des exuvies collectées, toute la végétation qui se trouve dans le site de prélèvement ont été bien examinées. L'échantillonnage des exuvies a été effectué régulièrement et fréquemment pendant toute la période de l'émergence de l'espèce. L'achèvement de la saison de l'émergence est considéré quand aucune exuvie n'a été trouvée dans le site du prélèvement après une visite quotidienne pendant une semaine. Les exuvies collectées ont été placées ensuite au laboratoire pour les mesures et la détermination du sexe.

Comme on a douté la présence d'une deuxième génération de *C. mercuriale*, une visite chaque semaine a été effectuée après la fin de la première saison de l'émergence. Les sorties sont devenues quotidiennes après le commencement de l'émergence de la deuxième génération.

L'étude de la saison de l'émergence de la deuxième génération est effectuée dans le même site de la première génération, et on a suivi les mêmes méthodes d'échantillonnages.

3.2.2. Sex-ratio à l'émergence.

Comme toutes les exuvies des odonates, les mâles de *C. mercuriale* peut facilement distinguer des femelles par la présence de deux protubérances sur la face dorsale de la fin de l'abdomen. Ces caractères nous ont permis une identification facile et rapide du sexe des exuvies. Cette examination a été faite en utilisant un microscope et elle est généralement faite à la fin de la saison de l'émergence où la majorité des individus ont été émergés.

3.2.3. Le développement larvaire et la structure de la population.

Pour suivre le développement larvaire de *C. mercuriale* dans le Nord -est de l'Algérie, une collecte des larves de l'espèce a été effectuée à l'aide d'un filet rectangulaire d'une maille de 0.5 mm dans trois points d'échantillonnages (la distance entre ces point était 20 m) la dernière semaine de chaque mois de Décembre 2012 jusqu'au mois de Aout 2013 à l'exception du mois de Juillet.

Au laboratoire, la tête et la longueur de la larve (avec et sans lamelles) ont été mesurés à l'aide d'un pied à coulisse digitale. Quand les larves étaient trop petites, on a utilisé un microscope pour les mesurer. Après les mesures, les larves ont été mises dans des aquariums (5 larves par aquarium pour éviter le cannibalisme), et elles sont ensuite retournées à leur habitat dans les 24 h qui suivent.

Les larves ont été groupées dans quatre différents stades (C- F) on se basant sur l'étude de Purse & Thompson (2003), et celle de Corbet (1955). Les groupes F, E, D représentent les stades finals penultimate et antepenultimate respectivement. Alors que le groupe C correspond au stade 9 à 10.

3.2.4. Les analyses statistiques.

Toutes les analyses statistiques ont été effectuées en utilisant le logiciel R 3.2.1 (R Development Core Team, 2014) . On a testé les résidus de la réponse de la variable pour la variance normale et homogène. Un test de Chi- deux a été réalisé pour voir si le sex-ratio à l'émergence est différent de 1:1. Ensuite, un test de Kolmogorov-Smirnov 2 est effectué pour

voir la différence potentielle de la courbe de l'émergence entre les deux sexes. Un test two-sample chi-square a été réalisé pour vérifier s'il y'a avait une différence significative dans le pourcentage des larves de différentes stades entre les mois. On a utilisé aussi ANCOVA pour tester la diminution de la taille au cours de la saison et tester le potentiel de la différence entre les deux sexes pour les mesures de la tête et les ailes postérieures.

3.3. Les aspects de l'écologie et la biologie de la reproduction de *Coenagrion mercuriales* dans sa limite sud de distribution

3.3.1- Les paramètres de la reproduction.

Un comptage des mâles, des femelles, et des couples est effectué quotidiennement à travers un transect de 120 m entre 09:00h et 16:00h dans le bassin versant de la Seybouse pendant la période de la reproduction de l'espèce en 2013. Les adultes matures ont été marqués chaque jour avec un code alphanumérique en utilisant un marqueur permanent (Edding paint marker 780). Certain tenerales ont été marqués aussi pour déterminer la période de la maturation. Pour diminuer d'endommager les ailes fragiles des tenerales, nous les avons met dans des cages pendant 6h avant de les marquer. Ensuite, on les a libéré dans leurs location originale. Pour estimer la distance du vol médian, nous avons compté les tenerales à travers trois différents transects de 100 m qui ont étaient perpendiculaires au flux. L'ensemble de la phase de la reproduction (copulation, repos et oviposition) est bien suivie et chronométrie selon Purse & Tompson (2003).

3.3.2 La préférence d'habitat

Pour déterminer l'habitat privilégié de l'espèce, le site d'étude a été divisé en 12 différents sections de 10 m qui sont repérés par des étiquettes qui ont été attachées sur la végétation. Huit paramètres environnementaux ont été estimés dans toutes les sections qu'ils sont : la hauteur et la densité de la végétation dans le canal et dans le bord, la vitesse de l'eau, la largeur et la profondeur, la densité des pierres émergés, le type de substrat et la hauteur de la végétation (de la surface de l'eau jusqu'à la pointe finale). Pour chaque variable, 5 différents points d'échantillonnages ont été utilisés et après la moyenne est calculée. La largeur et la profondeur de l'eau ont été mesurées au cm. La densité des pierres et des végétations ont été

estimées par des quadras de 1x1 m. Le composant principal du substrat de l'eau est classifié en trois catégories : gravier-sable, sable- limoneux et argilo-limoneux.

3.3.3. Les analyses statistiques.

Toutes les analyses statistiques ont été effectuées par le logiciel R 3.2.1 (R Development Core Team, 2014). Le test de Wilcoxon a été réalisé pour tester la différence du premier vol entre les deux sexes. Le test de la corrélation de Spearman a été effectué pour voir le potentiel de la relation entre la durée de la copulation, la taille corporelle et longueur des ailes des mâles, et entre la durée du repos et la durée de la copulation et les traits morphologiques précédents. One-sample t-tests est utilisé pour comparer les durées des différentes phases de la reproduction avec celle présentées par (Purse & Thompson, 2003). Pour déterminer la préférence d'habitat pour les adultes (mâles et les couples), un ACP a été effectué avec le paquet de vegan (Oksanen et al., 2013) en utilisant les 8 facteurs environnementaux, le nombre des mâles et des couples qui ont été quotidiennement enregistré dans les 10 sections.

3.4. L'effet de la taille corporelle sur la survie et le fitness entre les deux générations de *Coenagrion mercuriale*

3.4.1. le protocole de capture-marquage-recapture

Le site d'étude a été divisé en 10 sections de 10 m qui sont repérés par des étiquettes qui ont été attachées sur la végétation. On a utilisé la méthode de capture-marquage-recapture chaque jour entre le 18 Avril et le 25 Mai 2013 à 12:00, la période où le nombre des individus est maximum (le peak) (Corbet, 1999). Trois observateurs ont capturé les adultes (uniquement les imagos) et les marqués par un code alphanumérique en utilisant un marqueur permanent (Edding paint marker 780). La taille corporelle a été mesurée en utilisant un pied à coulisse électronique (la longueur du corps et les ailes postérieures). La durée de vie des individus matures est estimée en considérant que chaque individu capturé pour la première fois était aussi son premier jour de maturation (Fincke, 1982). Lors de la recapture, le code, le sexe, la position et le statut (seul, en couple) de l'individu est enregistré. Comme *C. mercuriale* utilise une compétition scramble comme un système de reproduction, nous avons supposé que la femelle après la reproduction ponte tous leurs œufs (Bennett & Mill, 1995). La densité et le sexe-ratio ont été estimés pour chaque capture et recapture dans les 5 m de diamètres.

3.4.2. le modèle de capture-marquage-recapture

La probabilité de survie et de recapture a été estimée en utilisant le modèle Cormack-Jolly-Seber (CJS). La survie (Φ) est la probabilité de survie d'une occasion i à $i+1$. La détectabilité (p) est la probabilité de rencontrer un individu en vie dans l'échantillon. Une histoire de rencontre des individus a été établie pour chaque individu qui est classée en deux catégories 0 et 1 qui représente l'absence (non observé) et la présence (observé) respectivement. Par exemple, une histoire de rencontre 1011 signifie que l'individu est marqué et libéré dans le jour 1, n'est pas recapturé dans le jour 2, et recapturé dans le jour 3 et 4. L'ajustement de modèle de Cormack-Jolly-Seber (CJS) a été vérifié par le single-state chi-square tests qui a testé l sparseness, trap-dependence, et transience (Test3.SR, Test3.SM, Test2CT, Test2CL) en utilisant U-CARE (Choquet et al., 2009). L'estimation des paramètres Φ et p a été calculé en utilisant R package RMark (Laake, 2013). Les modèles qui ont été choisis pour Φ et P sont : l'effet de temps (jour) et le sexe. On a commencé par un modèle simple où les paramètres étaient constants ($\Phi(\sim 1)p(\sim 1)$) jusqu'au modèle le plus complexe qui inclus deux interactions ($\Phi(\text{sex}*\text{time})p(\text{sex}*\text{time})$). Comme l'âge de la première recapture est considéré comme le premier jour de maturation, donc l'effet de l'âge et le temps est le même.

Résultats

4.1. Estimation de la population de *Coenagrion mercuriale* dans le Bassin versant de la Seybouse

4.1.1 La richesse spécifique.

Un total de 42 espèces a été enregistrées entre 2010 et 2015 avec 18 (42.86%) zygoptères et 24 (57.14%) anisoptères (**Table 4.1**). Sept nouvelles espèces ont été enregistrées dans le bassin notamment : *Aeshna affinis*, *A. isosceles*, *Boyeria irene*, *Brachythemis impartita*, *Orthetrum trinacria*, *Coenagrion scitulum* et *Enallagma deserti*. La reproduction n'a pas été enregistrée pour *Aeshna affinis*, *A. isosceles*, *Brachythemis impartita*, et *Orthetrum trinacria*, mais pour les trois autres espèces, elle a été enregistrée. Par exemple, la présence des larves a été notée pour *Boyeria irene* et des exuvies de *Coenagrion scitulum* et *Enallagma deserti* ont été collectées.

Table 4.1. Nombre de localités des espèces enregistrées dans le bassin versant de la Seybouse (L'espèce d'étude est en gras)

Espèce	Nombre de localités	Nombre de nouvelles localités	Nombre de localités avec reproduction	Pourcentage de localités avec reproduction
<i>Calopteryx exul</i>	12	6	10	83.33
<i>Calopteryx haemorrhoidalis</i>	21	12	13	61.90
<i>Ceriagrion tenellum</i>	12	5	2	16.67
<i>Coenagrion caerulescens</i>	13	3	8	61.54
<i>Coenagrion mercuriale</i>	12	10	9	75.00
<i>Coenagrion puella kocheri</i>	10	8	4	40.00
<i>Coenagrion scitulum</i>	2	2	2	100
<i>Enallagma deserti</i>	7	7	6	85.71
<i>Erythromma lindenii</i>	14	8	13	92.86
<i>Erythromma viridulum</i>	4	3	4	100
<i>Ischnura graellsii</i>	40	22	40	100
<i>Ischnura pumilio</i>	6	4	3	50.00
<i>Lestes barbarus</i>	10	7	6	60.00
<i>Lestes numidicus</i>	9	8	4	44.44
<i>Lestes virens virens</i>	12	8	5	41.67

<i>Chalcolestes viridis</i>	13	5	6	46.15
<i>Platycnemis subdilatata</i>	31	18	31	100
<i>Sympecma fusca</i>	9	7	7	77.78
<i>Aeshna mixta</i>	12	9	5	41.67
<i>Aeshna affinis</i>	1	1	1	100
<i>Aeshna isosceles</i>	1	1	1	100
<i>Anax imperator</i>	25	15	18	72.00
<i>Anax parthenope</i>	11	9	8	72.73
<i>Boyeria irene</i>	3	3	3	100
<i>Crocothemis erythraea</i>	24	8	22	91.67
<i>Diplacodes lefebvrii</i>	9	5	6	66.67
<i>Onychogomphus costae</i>	11	8	8	72.73
<i>Onychogomphus forcipatus</i>	4	4	1	25.00
<i>unguiculatus</i>				
<i>Onychogomphus uncatus</i>	1	0	0	0.00
<i>Gomphus lucasii</i>	14	8	12	85.71
<i>Brachythemis impartita</i>	2	2	0	0.00
<i>Orthetrum coerulescens</i>	16	7	13	81.25
<i>anceps</i>				
<i>Orthetrum cancellatum</i>	16	12	9	56.25
<i>Orthetrum chrysostigma</i>	15	5	10	66.67
<i>Orthetrum nitidinerve</i>	15	7	6	40.00
<i>Orthetrum trinacria</i>	4	4	0	0.00
<i>Sympetrum fonscolombii</i>	12	6	6	50.00
<i>Sympetrum meridionale</i>	3	2	2	66.67
<i>Sympetrum striolatum</i>	8	4	8	100
<i>Trithemis annulata</i>	8	2	6	75.00
<i>Trithemis arteriosa</i>	5	2	2	40.00
<i>Trithemis kirby</i>	4	1	0	0.00

4.1.2. La distribution et l'abondance de *C. mercuriale*

Par rapport à l'étude de Khelifa et al. (2011), dix nouveaux sites ont été trouvés pour *C. mercuriale*. L'espèce a été trouvée dans 12 stations dans le bassin versant de la Seybouse, dont 8 sont totalement nouvelles pour l'espèce. Parmi ces nouvelles stations, on a noté la reproduction des individus dans neuf stations (**Tableau 4.1**).

4.1.3. L'estimation de la population de *Coenagrion mercuriale*.

Le nombre total des adultes marqués et suivis de *C. mercuriale* était de 1008 individus dont 772 mâles et 236 femelles. L'estimation de l'abondance totale de l'espèce était de 412.92 (95%CI: 372.62 -453.22) pour les femelles et 1351.98 (95%CI: 1254.60-1449.36) pour les mâles. Le sex-ratio était extrêmement biaisé vers les mâles (76.60%; $\chi^2 = 499.65$, $P < 0.0001$) et le pattern temporel de l'abondance n'a pas montré une distribution normale mais plutôt une distribution biaisée (skewness = -0.604; D'Agostino skewness test: $z = -11.646$, $P < 0.0001$). La population a atteint 50% de sa taille dans 16 jours et le pic était à 20 jours du début de la saison de vol (**Fig.4.1**).

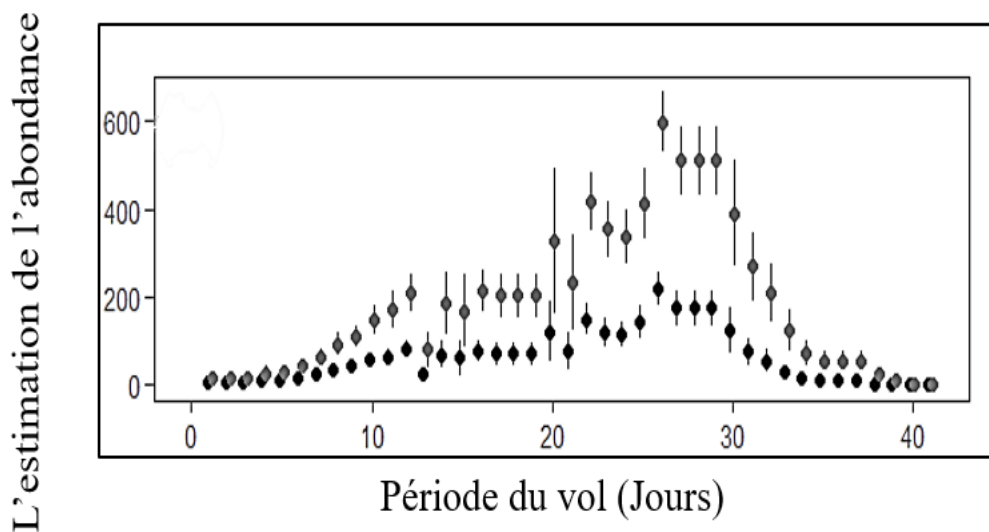


Fig.4.1. Pattern temporel de l'estimation de l'abondance en utilisant le model POPAN. La couleur noire et grise réfère aux mâles et femelles respectivement. Les barres d'erreur représentent les intervalles de confiance à 95 %.

4.2. L'émergence de *Coenagrion mercuriale* dans sa limite sud de distribution

4.2.1. Sex-ratio à l'émergence

Le suivi de la saison de l'émergence de *Coenagrion mercuriale* dans le bassin versant de la Seybouse dans le nord de l'Algérie durant l'année 2013 montre que l'espèce est bivoltine, c'est-à-dire, l'espèce produit deux générations par an.

Durant la première saison de l'émergence de l'espèce, 319 exuvies ont été collectées entre le 09 Avril et le 27 Mai 2013, avec 169 mâles et 148 femelles. La période de l'émergence de la première génération a duré 48 jours avec un pic à la fin du mois d'Avril (**Fig.4.2**).

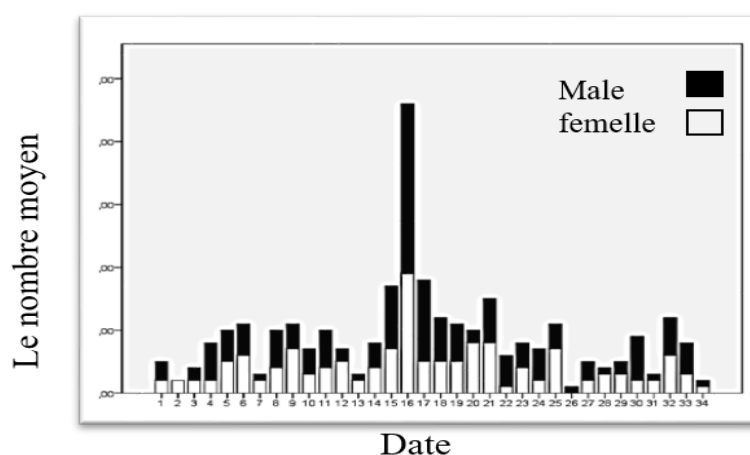


Fig.4.2. Le nombre des exuvies collectées pendant la première génération de *C. mercuriale*.

Le sex-ratio était faiblement biaisé vers les mâles (53.7%) et il y'avait pas une différence significative ($\chi^2 = 1.39$, d.l=1, $P = 0.23$). EM50 était 23 jours pour les deux sexes et le pattern temporel de l'émergence était similaire (Kolmogorov-Smirnov 2-sample test, $P = 0.97$) (**Fig.4.3**). Il y'avait une diminution significative de la taille corporelle pendant la période de l'émergence de la première génération (**Fig. 4.4, tableau 4.2**), et la longueur des ailes postérieure (**Fig.4.5. Tableau 4.3**) pour les deux sexes. Le taux de diminution n'était pas significativement différent entre les deux sexes, par contre les femelles avaient significativement une taille corporelle plus grande que les mâles pendant toute la saison de l'émergence de l'espèce.

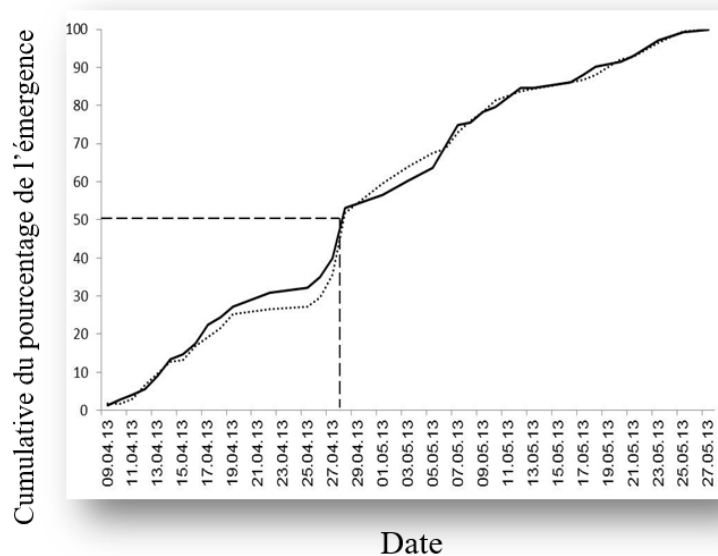


Fig.4.3. Courbe de l'émergence de *C. mercuriale* pendant la première génération (la ligne continue réfère aux femelles et la ligne discontinue aux mâles).

Tableau.4.2. Résumé de ANCOVA pour la taille corporelle des individus pendant la première génération.

	L'estimation	L'erreur standard	Valeur t	Significance
L'intercepte	17.344	0.181	95.416	<0.0001
Le sex[M]	-0.790	0.247	-3.197	0.001
La saison	-0.025	0.007	-3.460	0.0006
Sex[M]:Saison	-0.001	0.009	-0.181	0.856

Multiple R-squared: 0.25, df = 234, F-statistic = 26.14, P-value < 0.0001



Fig. 4.4. Pattern saisonnière de la taille corporelle de *C. mercuriale* de la première génération (la couleur noire et gris réfère aux femelles et mâles respectivement).

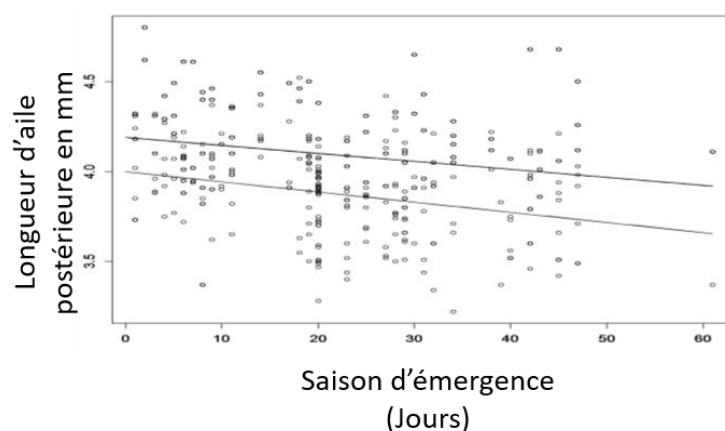


Fig.4.5. Pattern saisonnier de la longueur d'aile postérieure en mm de *C. mercuriale* de la première génération (la couleur noire et grise réfère aux femelles et mâles respectivement).

Tableau.4.3. Résumé de ANCOVA pour la longueur de l'aile postérieure pour la première génération.

	L'estimation	L'erreur standard	Valeur t	p-value
L'intercepte	4.190	0.044	94.037	<0.0001
Le sexe [M]	-0.191	0.063	-2.996	0.002
La saison	-0.004	0.001	-2.528	0.012
sexe[T.M]:Saison	-0.001	0.002	-0.473	0.63

Multiple R-squared: 0.26, dl = 266, F-statistic = 22.2, P-value < 0.0001

Durant la période de l'émergence de la deuxième génération de *C. mercuriale*, 63 exuvies ont été collectées pendant 8 jours entre le 19 Aout et le 27 Aout. Le 28 Aout, le bassin a été extrêmement dégradé par les inondations suite à une forte pluie et aucune exuvie n'a été trouvée après. Par contre, les tenerals ont été présents jusqu'au 06 Septembre. La présence des tenerales nous a indiqué que la période de l'émergence de la seconde génération a duré 18 jours.

Une comparaison morphologique des trois traits a été faite entre les deux générations et les deux sexes (**Tableau.4.4**). En revanche, le dimorphisme sexuel a été noté uniquement dans la première génération (t-test: $P < 0.0001$, dans les trois traits) mais pas dans la deuxième génération ($P > 0.05$, dans les trois traits).

Tableau 4.4. Taille corporelle, largeur de la tête, et la longueur d'ailes postérieure dans les deux générations de *C. mercuriale*

Sexe	Les traits morphologiques	Génération 1	Génération 2	t-test p-value
Femelle	Longueur de corps (mm)	16.81 ± 1	14.37 ± 0.89	<0.0001
	Largeur de la tête (mm)	3.26 ± 0.29	2.84 ± 0.45	0.0002
	L'aile postérieure (mm)	4.09 ± 0.27	3.77 ± 0.28	<0.0001
Mâle	Longueur de corps (mm)	15.95 ± 1.00	14.38 ± 1.06	<0.0001
	Largeur de la tête (mm))	3.10 ± 0.31	2.76 ± 0.35	<0.0001
	L'aile postérieure (mm)	3.87 ± 0.27	3.73 ± 0.24	0.01

4.2.2. Structure larvaire de la population

Un total de 103 larves ont été collectées pendant la période d'étude. Aucune larve n'a été trouvée au mois de Mai et Juin. **Tableau.4.5** présente les mesures des traits morphologiques des quatre derniers stades larvaires de l'espèce. Les résultats montrent qu'il n'y avait pas une différence significative dans la distribution des stades larvaires de mois en mois entre le mois de Décembre et Avril (**Tableau.4.6**).

Tableau. 4.5. La moyenne de la largeur de la tête et la taille corporelle avec et sans lamelles pour les stades larvaires de *C. mercuriale*

Groupe	Largeur de la tête (mm)	Longueur du corps avec les lamelles (mm)	Longueur du corps sans les lamelles (mm)
C	1.80 ± 0.15	12.37 ± 2.92	8.49 ± 1.20
D	2.43 ± 0.14	11.39 ± 1.82	9.70 ± 1.44
E	2.95 ± 0.16	15.06 ± 1.93	11.52 ± 1.86
F	3.54 ± 0.22	17.42 ± 2.01	13.58 ± 2.01

C-F sont les groupes des stades larvaires

Tableau.4.6. Le test Chi-square pour comparer la distribution larvaire à travers les groupes (C-F).

	χ^2	P-value
Dec vs Jan	4.24	0.23
Jan vs Feb	8	0.23
Feb vs Mar	8	0.09
Mar vs Apr	8	0.09
Apr vs Aug	14.84	0.001
Aug vs Dec	8.51	0.03

Dec, Jan, Feb, Mar, Apr, Aug, Dec sont des abréviations des mois.

Entre Décembre et Mars, Il n'avait pas une évidence de la diapause des larves qui n'ont pas atteint le dernier stade larvaire (**Fig. 4.6**). Dans le début d'hiver, presque 80% des larves sont distribuées dans le stade de pénultième et le dernier stade larvaire (F, E). Alors que les 20% restantes des larves échantillonnées sont également distribué parmi les groupes C et D. Le groupe D n'était pas enregistré après Décembre et le groupe D n'était pas observé après Janvier. (Fig. 4.5). Dans le début de Mars, à priori le début de la saison de l'émergence, 94.1% des larves étaient dans le stade larvaire final et 5.9% étaient dans le stade de pénultième. Dans le mois d'Aout, a priori la deuxième période de l'émergence de l'espèce, les larves du stade final

représentaient 25%, antépénultième 6.3%, et la proportion restante était également distribuée entre les stades C et D (37.5% et 31.2% respectivement).

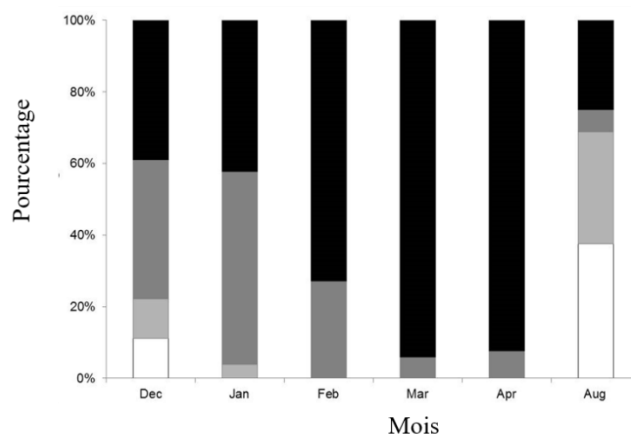


Fig. 4.6. Pourcentage des larves de *C. mercuriale* dans les 4 dernier stades (le blanc, le gris claire, le gris foncé et le noir représentent les groupes C. D. E .F. respectivement).

4.3. L'écologie et la biologie de la reproduction de *Coenagrion mercuriale* dans sa limite sud de distribution

4.3.1. Le comportement pré et post- maturation

Les ténéales ont été enregistrés dans une distance moyenne de 24.58 ± 17.77 m de l'eau sans une différence significative entre les deux sexes ($W = 79$, $P = 0.70$). La distance moyenne des mâles était 22.91 ± 16.81 m ($N = 12$) avec un maximum de 60 m, alors que celle des femelles était de 26.25 ± 19.27 m ($N = 12$) avec un maximum de 70 m. Les ténéales ont été trouvés dans des distances plus de 10 m ($N = 21$) généralement perchés sur les fèves (*Vicia faba*). La mortalité a été observée dans les ténéales est principalement causée par les toiles d'araignées ($n = 4$), asilidae ($n = 3$), et la femelle d'*Ischnura graellsii* ($n = 2$). Parmi les 43 ténéales qui ont été marqués, juste 12 individus ont été recapturés et parmi ces ténéales recapturés, 6 (4 femelles et 2 mâles) ont été trouvés en reproduction (copulation pour les mâles et oviposition pour les femelles). La période de la maturation était au minimum 3-4 jours pour les mâles et les femelles respectivement. La moyenne de la distance de la dispersion natale était 12.5 ± 3.53 m ($n = 2$) et 35 ± 18.25 m ($n = 4$) pour les mâles et les femelles respectivement.

Les mâles matures étaient les premiers dans l'eau et n'ont jamais été observés avant 10 00h. Le nombre maximal des mâles était enregistré à midi et après il a diminué jusqu'à 16:00h, le temps où tous les individus quittaient l'eau (**Fig.4.7**).

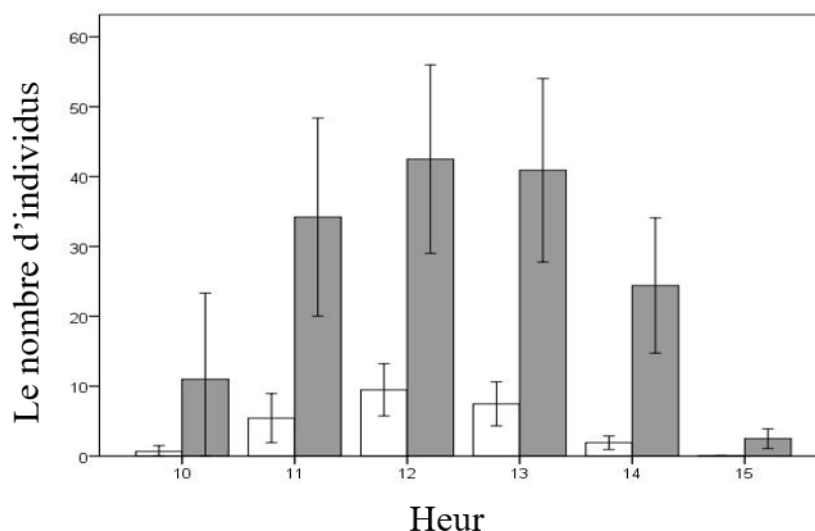


Fig.4.7. Pattern diurne des mâles et des couples de *C. mercuriale* dans la station étudiée.

Les femelles matures seules n'ont jamais été observées avant les mâles. Elles ont été trouvées en copulation vers 11:00h alors que le pic était à midi. Les couples sont rarement observés après 15:00h. Le sex-ratio quotidien était hautement biaisé vers les mâles ($85.75 \pm 8.71\%$, $N = 30$).

Le **Tableau 4.7** représente la durée de différentes phases de l'épisode de la reproduction (copulation, repos et oviposition). La phase de reproduction totale a duré 78.20 ± 12.37 min. la moyenne de la durée de la copulation était 20.08 ± 8.79 min. Cette dernière était positivement corrélée avec la taille corporelle des mâles mais pas avec la longueur des ailes ($r = 0.32$, $P = 0.18$). Après chaque copulation, les couples reposaient pour une période de 4.60 ± 2.02 min ($1.3 - 8.7$ min, $N = 14$). La durée de la période de repos était significativement et positivement corrélée avec la durée de la copulation ($r = 0.59$, $P = 0.02$), mais pas avec la taille corporelle ($r = -0.01$, $P = 0.96$) ou bien avec la longueur des ailes ($r = 0.43$, $P = 0.12$). La durée de l'oviposition (le temps de la recherche est inclus) avait une moyenne de 52.66 ± 12.17 min, mais seulement $51.22 \pm 18.30 \%$ de leur temps a été consacré réellement à la ponte des œufs. Les couples ont utilisé uniquement des supports souples et verticaux de trois types de végétation pour la ponte

des œufs *Nasturtium officinale*, *Lythrum junceum* et *Typha angustifolia*. Les femelles ont utilisé la partie de la feuille qui se trouve juste sur la surface de l'eau et parfois elles allaient sous l'eau pour pendre leurs œufs. Un total de 14 cas d'oviposition sous l'eau a été trouvé. On a trouvé aussi deux cas où les deux sexes ont été totalement sous l'eau. La moyenne de la période de l'oviposition sous l'eau était de 7.7 ± 3.34 min (4-11.5 min, N = 4).

Tableau 4.7. La durée de différentes phases de la reproduction.

	Algérie (la présente étude)			Angleterre (Purse & Thompson 2003)			t-test
La durée	Moyenne	±	étendue	N	Moyenne ±	tendue	N P-value
	Ecar-type				Ecar-type		
Copulation (min)	20.08 ± 8.79		6 - 41.5	18	24.1 ± 2.4	15.0 - 40.0	9 0.06
Repos (min)	4.60 ± 2.02		1.3 - 8.7	14	13.3 ± 3.5	3.0 - 39.0	9 <0.0001
Ovi./recherche (min)	52.66 ± 12.17		34.5 - 73	9	30.5 ± 5.5	8.3 - 58.0	9 0.0006
Pour. ovi. (%)	51.22 ± 18.30		27-85	9	50.1 ± 8.5	23.5-100	9 0.85
La durée totale (min)	78.20 ± 12.37		64.55-103	7	69.9 ± 16.0	43 - 130.4	5 0.07

‘Ovi./recherche’ signifie le temps consacré à la recherche de site d'oviposition et l'oviposition.
 ‘Pour. ovi.’ Signifie le pourcentage consacré à l'oviposition

4.3.2. La préférence de site de reproduction

Valeur propres vecteurs propres et le pourcentage de la variance sont présentés dans le **Tableau 4.8.** Les deux premières principales composantes expliquent 74.87% de la variance totale avec PC1 expliquait 59.04% et PC2 expliquait 15.83 % respectivement.

Tableau 4.8. Valeur propres vecteurs propre et le pourcentage de la variance

	PC1	PC2
Valeur propre	6.49	1.74
Pourcentage Variance (%)	59.04	15.83
Mâles	0.28	0.11
B.Pairs	0.22	0.14
B.V.Density (%)	0.33	-0.31
B.V.Height (cm)	0.31	-39
I.V.Density (%)	0.36	0.13

I.V.Height (cm)	0.35	0.18
W.Depth (cm)	-0.19	-0.49
W.Width (cm)	0.33	-0.01
W.Velocity (m.s)	0.34	0.3
E.Stone (%)	0.19	0.57
Substrate	0.33	0.1

PC1 était positivement corrélée avec la hauteur et la densité de la végétation dans l'eau, alors que PC2 était négativement liée à la largeur du cours d'eau et positivement liée à la densité des pierres d'émergence. **Figure.4.8** présente un biplot of ACP basé sur les 9 facteurs environnementaux, le nombre des mâles, la densité des couples et les 12 sections d'échantillonnages. Les résultats montrent que les mâles et les couples avaient les mêmes préférences d'habitat qui sont caractérisés par une haute et dense végétation dans le canal, avec relativement un lit un peu large. Les régions où la densité des pierres émergées de l'eau était élevée, était les régions les moins fréquentées par les adultes à cause de la faible densité de la végétation et le type de substrat qui était graveleux.

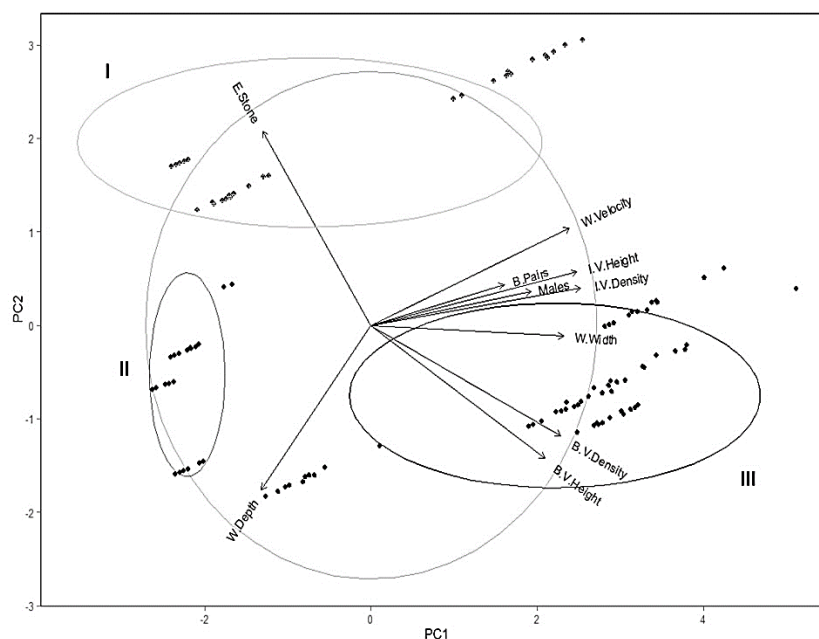


Fig.4.8. Biplot de l'ACP de préférence d'habitat de *C. mercuriale*. I, II, III représente les types des substrats gravier-sable, sable- limon et argile-limon

4.4. L'effet de la taille corporelle sur la survie et le fitness entre les deux générations de *Coenagrion mercuriale*.

La moyenne quotidienne de la température de l'aire pendant la deuxième génération était significativement plus élevée (23.95 ± 1.38 °C) que la température d'aire pendant la première génération (16.89 ± 2.65 °C; $t = -13.73$, $df = 83$, $P < 0.0001$).

4.4.1. Le pattern saisonnier de la taille corporelle

L'espèce a présenté une différence dans le pattern saisonnier de la taille corporelle entre les deux générations (**Fig.4.9**), qui était révélé par l'interaction significative entre génération et saison (**Tableau 4.9**). Dans la première génération, une diminution progressive de la taille corporelle et la longueur des ailes des individus pendant la période de vol de l'espèce pour les deux sexes a été observée (**Fig. 4.9**). L'inverse s'est produit dans la deuxième génération, c'est-à-dire que les individus avec une petite taille ont émergé les premiers alors que les individus avec grande taille ont émergé à la fin de la saison. Les femelles avaient une taille plus grande que celle des mâles dans les deux générations (**Fig. 4.9**).

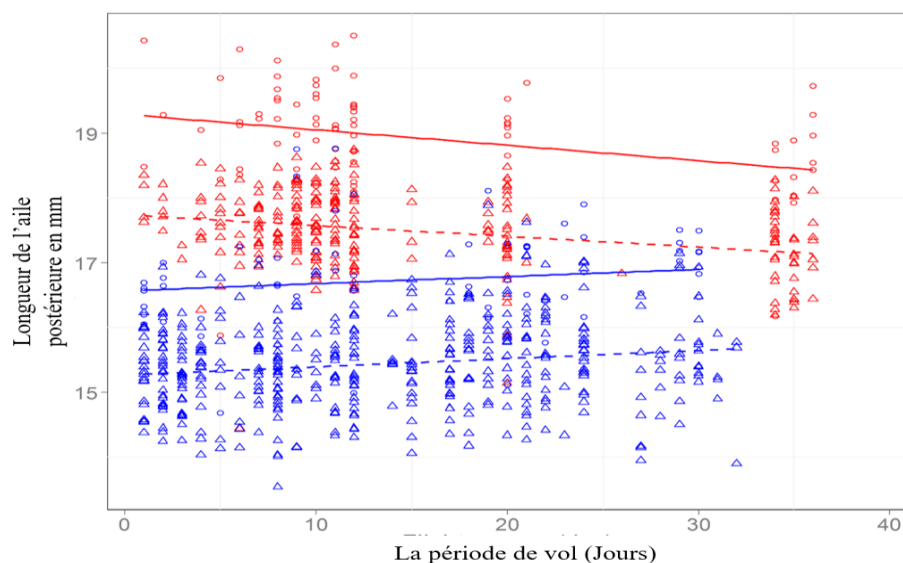


Fig.4.9. Le pattern saisonnier de la taille corporelle de *C. mercuriale* pour les deux générations. (La couleur rouge et bleu représente la première et la deuxième génération. Les triangles et les cercles représentent mâle et femelle respectivement).

Tableau 4.9. Résumé de la régression linéaire multiple pour la taille corporelle de *C. mercuriale*

	Estimation	L'erreur standard	Valeur t	p-value
L'intercept	19.145	0.0776	246.679	< 2e-16
SexeM	-1.36122	0.0590	-23.063	< 2e-16
Génération2	-2.52447	0.0824	-30.618	< 2e-16
Saison	-0.01836	0.0035	-5.216	2.28E-07
Génération2:Saison	0.03042	0.0048	6.324	4.07E-10

4.4.2. L'estimation de la survie

Tableau 4.10. présent le classement des modèles Cormack–Jolly–Seber pour la survie et la détectabilité pour la première génération. Si on ne prend pas en considération les covariables, le meilleur modèle de la survie est celui expliqué par une survie constante de 0.850 (SE=0.006; 95% CI: 0.837-0.862). Si on prend en considération les covariables, les données ont soutenu le modèle de survie qui incluait l'effet du temps et celui de la longueur des ailes, en présentant une tendance négative entre la longueur des ailes et la survie (**Tableau 4.11**), et entre le temps et la survie (**Tableau 4.1**).

Tableau 4.10. L'estimation de la probabilité (phi) de la survie apparente et la probabilité de détectabilité (p) calculées en se basant sur Cormack–Jolly–Seber (CJS) du modèle de capture-marquage-recapture pour la première génération de *Coenagrion mercuriale*.

	estimation	se	lcl	ucl
Phi:(Intercepte)	7.986585	2.453598	3.177533	12.79564
Phi: ail	-2.10724	0.845549	-3.76451	-0.44996
Phi:Temps	-0.01225	0.006742	-0.02547	0.000962
p:(Intercepte)	-2.94225	0.353267	-3.63466	-2.24985
p:temps	0.179049	0.015786	0.148109	0.209989
p:Temps	-0.09556	0.012268	-0.11961	-0.07152
p:SexeM	0.170585	0.273834	-0.36613	0.7073
p:Tiemps:SexeM	0.026123	0.012891	0.000856	0.05139

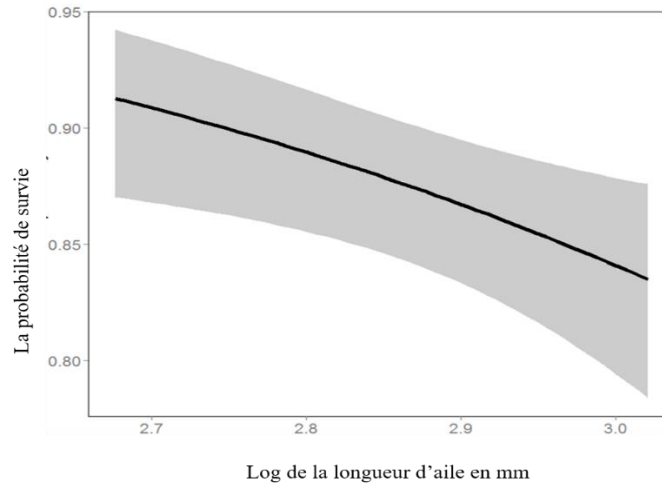


Fig.4.10. Relation entre la survie et la longueur de l'aile in *Coenagrion mercuriale* dans la première génération

Tableau 4.11. Classement des modèles de Cormack–Jolly–Seber mark–recapture, l'estimation de la survie (ϕ) et la probabilité de recapture (p) pour la première génération *Coenagrion mercuriale*

N	model	npar	AICc	DeltaAICc	weight	Deviance
1	Phi(~Wing + Time)p(~temp + Time * Sex)	8	6428.869	0	0.3273	6412.8
2	Phi(~Wing)p(~temp + Time * Sex)	7	6430.302	1.432097	0.15997	6416.248
3	Phi(~Wing + Time)p(~temp + Time + Sex)	7	6431.192	2.322997	0.10247	6417.139
4	Phi(~Wing + Sex)p(~temp + Time * Sex)	8	6432.309	3.4394	0.0586	6416.24
5	Phi(~1)p(~temp + Time * Sex)	6	6432.747	3.877329	0.0471	2774.043
6	Phi(~Wing)p(~temp + Time + Sex)	6	6432.946	4.076629	0.04263	6420.906
7	Phi(~Wing * Sex)p(~temp + Time * Sex)	9	6433.168	4.298541	0.03816	6415.082
8	Phi(~Time)p(~temp + Time * Sex)	7	6433.442	4.572697	0.03327	2772.725
9	Phi(~age)p(~temp + Time * Sex)	7	6433.544	4.674697	0.0316	2772.827
10	Phi(~Wing + Sex)p(~temp + Time + Sex)	7	6434.321	5.451897	0.0214	6420.268
11	Phi(~Sex)p(~temp + Time * Sex)	7	6434.581	5.711697	0.01882	2773.864
12	Phi(~1)p(~temp + Time + Sex)	5	6435.062	6.192693	0.01480	2778.37
13	Phi(~Time + Sex)p(~temp + Time * Sex)	8	6435.155	6.2859	0.01412	2772.423
14	Phi(~age + Sex)p(~temp + Time * Sex)	8	6435.421	6.5512	0.0123	2772.688

15	Phi(~Time)p(~temp + Time + Sex)	6	6435.507	6.637929	0.0118	2776.803
16	Phi(~Sex)p(~temp + Time + Sex)	6	6435.624	6.754129	0.0111	2776.92
17	Phi(~Time + Sex)p(~temp + Time + Sex)	7	6435.824	6.954997	0.0101	2775.107
18	Phi(~age)p(~temp + Time + Sex)	6	6435.926	7.056429	0.00961	2777.222
19	Phi(~Wing * Sex)p(~temp + Time + Sex)	8	6436.205	7.3356	0.00835	6420.136
20	Phi(~age + Sex)p(~temp + Time + Sex)	7	6436.6	7.730897	0.00685	2775.883

Tableau 4.12. présent le modèle Cormack–Jolly–Seber pour la probabilité de survie et la probabilité de détectabilité de la deuxième génération. Le meilleur modèle pour la survie sans les covariables est considéré comme une survie constante avec 0.724 (SE=0.016; 95% CI: 0.691-0.754).

Tableau 4.12. Classement des modèles de Cormack–Jolly–Seber, l'estimation de la survie (ϕ) et la probabilité de recapture (p) pour la deuxième génération *Coenagrion mercuriale*

N	model	npar	AICc	DeltaAICc	weight	Deviance
1	Phi(~1)p(~Time + Sex)	4	1731.344	0	1.26E-01	644.0154
2	Phi(~1)p(~temp + Time + Sex)	5	1732.585	1.240643	6.77E-02	643.2305
3	Phi(~Time)p(~Time + Sex)	5	1732.626	1.281143	6.64E-02	643.271
4	Phi(~1)p(~Time * Sex)	5	1733.064	1.719343	5.33E-02	643.7092
5	Phi(~age)p(~Time + Sex)	5	1733.221	1.876643	4.93E-02	643.8665
6	Phi(~Wing)p(~Time + Sex)	5	1733.243	1.898943	4.87E-02	1723.167
7	Phi(~Sex)p(~Time + Sex)	5	1733.362	2.017343	4.59E-02	644.0072
8	Phi(~Time)p(~temp + Time + Sex)	6	1733.938	2.593552	3.44E-02	642.5527
9	Phi(~1)p(~temp + Time * Sex)	6	1734.29	2.945452	2.89E-02	642.9046
10	Phi(~Time)p(~Time * Sex)	6	1734.311	2.966652	2.86E-02	642.9259
11	Phi(~Wing + Time)p(~Time + Sex)	6	1734.4	3.055152	2.73E-02	1722.293
12	Phi(~Wing)p(~temp + Time + Sex)	6	1734.479	3.134252	2.63E-02	1722.372
13	Phi(~age)p(~temp + Time + Sex)	6	1734.508	3.163352	2.59E-02	643.1225
14	Phi(~Sex)p(~temp + Time + Sex)	6	1734.605	3.260552	2.47E-02	643.2197
15	Phi(~Time + Sex)p(~Time + Sex)	6	1734.636	3.291052	2.43E-02	643.2502

16	Phi(~age)p(~Time * Sex)	6	1734.953	3.608652	2.07E-02	643.5678
17	Phi(~Wing)p(~Time * Sex)	6	1734.989	3.644552	2.04E-02	1722.882
18	Phi(~Sex)p(~Time * Sex)	6	1735.095	3.750052	1.93E-02	643.7092
19	Phi(~age + Sex)p(~Time + Sex)	6	1735.248	3.903852	1.79E-02	643.8631
20	Phi(~Wing + Sex)p(~Time + Sex)	6	1735.273	3.928752	1.77E-02	1723.166

4.4.3- Le succès de la reproduction

Le succès de la reproduction de *C. mercuriale* dépendait significativement de la longueur d'ailes, l'âge, le sexe, et l'interaction entre l'âge et la longueur des ailes (**Fig. 4.10. Tableau 4.13**). Le succès de la reproduction était positivement lié avec la longueur des ailes et l'âge. Il était plus élevé dans la première génération que la deuxième et plus élevé chez les femelles que les mâles. La moyenne du succès de la reproduction de la première génération était 1.334 ± 0.886 et 0.840 ± 0.912 chez les femelles et les mâles respectivement, alors que la moyenne du succès de reproduction pour la deuxième génération était 0.890 ± 0.678 et 0.763 ± 1.108 chez les femelles et les mâles respectivement.

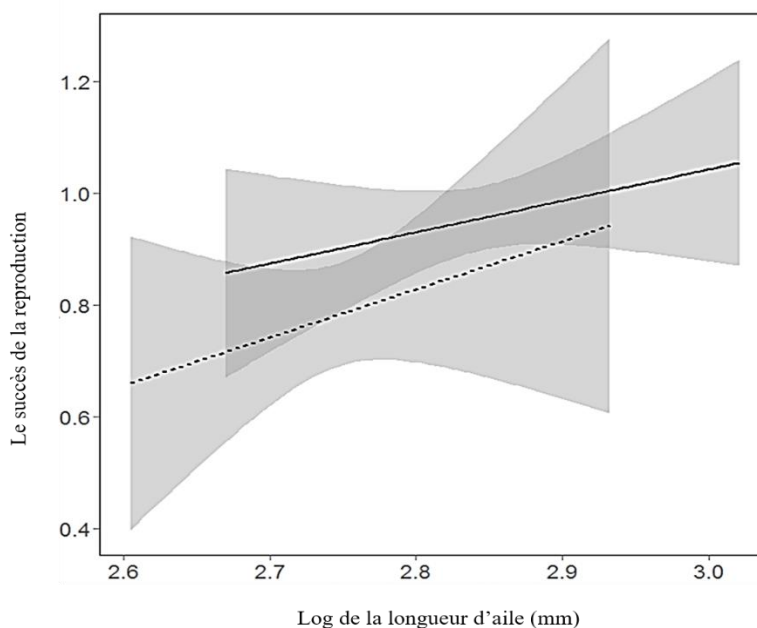


Fig.4.10. Relation entre le succès de la reproduction et la longueur d'aile dans les deux générations de *C. mercuriale*. La ligne continue et discontinue correspond respectivement à la première et deuxième génération.

Tableau 4.13. Résumé du modèle de poisson à effet mixte du succès de reproduction en utilisant l'identité des individus comme un intercepte aléatoire.

	Estimation	Erreur-type	valuer z	p-value
Intercept	-6.01814	1.92138	-3.132	0.00173
log.aile	2.00968	0.65456	3.070	0.00214
Génération	0.17987	0.07909	2.274	0.02296
Age	1.22925	0.23683	5.190	2.10e-07
Sexe M	-0.51475	0.06518	-7.898	2.84e-15
log.aile:Age	-0.40354	0.08387	-4.811	1.50e-06

Discussion

5.1. La richesse spécifique et l'estimation de la taille population de *Coenagrion mercuriale* dans le bassin versant de la Seybouse

Le nombre des espèces enregistré dans le bassin versant de la Seybouse représente 93.3% de la diversité odonatologique de Numédie (Samraoui & Corbet, 2000) et 25.45% des espèces méditerranéennes (Riservato et al., 2009). Le bassin a présenté un nombre important d'espèces endémiques avec 16.67% d'espèces endémique de la Méditerranée et 11.9% du Maghreb.

Concernant la distribution de *C. mercuriale* dans le bassin versant de la Seybouse, l'espèce est très menacée en Algérie avec sept localités connues selon Boudot et al. (2009). Avant notre étude, deux localités ont été enregistrées par Khelifa et al. (2011). Cependant, nos résultats présentent huit nouvelles localités de l'espèce avec l'évidence de reproduction dans cinq des nouvelles localités.

L'estimation de la taille de la population de *C. mercuriale* basée sur le capture-marquage-recapture a montré un nombre élevé d'individus avec une estimation de 1765 individus. Malheureusement, il n'y a pas une estimation de la population du Nord d'Afrique par L'IUCN. L'espèce a montré un pattern très différent entre les adultes ce qui est bien expliqué par la différence saisonnière. L'EM50 était de 20 jours. Les femelles passent la plupart de leurs temps dans les milieux terrestres et elles viennent à l'eau juste pour la reproduction, ce qui explique le sex-ratio qui était biaisé vers les mâles (Stoks, 2001).

Bien que cette étude montre une bonne nouvelle sur le statut de l'espèce dans le Nord-Est de l'Algérie, cela ne veut pas dire que l'espèce n'est pas actuellement menacée. L'habitat ou l'espèce a été étudiée a récemment été dégradée par les activités anthropiques dans la région ce qui nécessite une mise en place d'un plan de conservation urgent pour conserver l'espèce et son habitat dans le bassin versant de la Seybouse.

5.2. L'émergence de *C. mercuriale*

L'étude de l'émergence de *C. mercuriale* dans le Nord-est de l'Algérie (la limite sud de la distribution de l'espèce) nous a fourni plusieurs nouvelles informations sur, l'écologie et de la population dans le bassin versant de la Seybouse. Basé sur les études sur le pattern temporel de

l'émergence et la structure de population des larves, nous avons fourni la première évidence du bivoltinisme de *C. mercuriale* dans sa limite sud de sa distribution.

Bien que l'espèce soit connue pour avoir une longue période de vol jusqu'à l'automne dans les populations du sud (Dijkstra & Lewington, 2007), la question qui se pose est-ce cela est dû à la saison prolongée de l'émergence ou bien à un bivoltinisme ? Dans la Grande Bretagne, la population de *C. mercuriale* est semi-voltine (ce qui veut dire que l'espèce complète son cycle de vie dans 2 ans) (Sternberg et al., 1999, Purse & Thompson, 2002). En Allemagne, Thelen (1992) a trouvé que l'espèce est univoltine et cela est dû à l'augmentation de température de l'eau par les activités industrielles. Ces résultats ne sont pas surprenant parce que la température est un facteur fondamental qui affecte le taux de développement qui à son tour affecte le voltinisme des espèces (Corbet, 1999). Dans le nord de l'Afrique, la température est beaucoup plus élevée par rapport au centre et même dans le sud de l'Europe. Ce climat chaud associé généralement à la disponibilité des ressources alimentaires fournissent des conditions optimales pour les larves œufs qui ont été pondus le début du printemps pour se développer rapidement et émerger la fin de l'été.

La saison d'émergence de la première génération a commencé à la fin d'Avril, ce qui est précoce par rapport aux populations de *C. mercuriale* dans le nord où elle commence l'émergence en Mai (Corbet, 1962) (Purse & Thompson, 2003). L'étude de la population a montré un pattern des espèces d'été, en raison de l'émergence asynchrone de l'espèce (EM50 = 23 jours) comparé aux populations britanniques (EM50 = 25 jours) (Corbet, 1962, Purse & Thompson, 2003). Par contre, la saison d'émergence enregistrée dans notre étude était considérablement courte avec 48 jours par rapport aux 66 jours (Purse & Thompson, 2003). En plus, par contre à notre étude, le sex-ratio à l'émergence était près de l'équilibre (Purse & Thompson, 2003). L'équilibre de sex-ratio à l'émergence suggère que le taux de mortalité était le même pour les deux sexes au niveau des œufs et des larves. Aussi, le pattern de l'émergence de l'espèce entre les deux sexes dans notre étude n'est pas différent de celui de la Grande Bretagne, ce qui est typique pour les zygoptères (Corbet & Hoess, 1998). La taille corporelle a montré une diminution pour les deux sexes avec le même taux. Purse & Thompson (2003) ont trouvé la même diminution, avec une diminution rapide de la taille des femelles.

La deuxième génération a commencé l'émergence à la fin du mois d'Aout ou la température est trop élevée par rapport au printemps. Malheureusement, la saison n'était pas suivie à cause des inondations. Basé sur l'observation des tenebrales dans le site d'études, nous avons estimé la période d'émergence de la deuxième génération à 18 jours, ce qui est cohérent avec la structure de la population larvaire enregistré dans la fin de l'été ou une petite portion des larves étaient dans leurs stade final.

Une découverte intéressante à propos de la petite taille des exuvies de la deuxième génération par rapport aux exuvies de printemps. Cela peut être expliqué par Bergmann's rule et the temperature-size rule (James, 1970). Selon Shelomi (2012), les animaux qui vivent dans des environnements chauds grandissent rapidement mais ont une tendance à avoir une petite taille des adultes. Nous propose que les larves ont grandissent rapidement pendant l'été en raison de la température élevée mais cela produit des adultes de petite taille, ce qui affecte probablement sur le succès de la reproduction des individus (Corbet, 1999, Thompson & Fincke, 2002, Khelifa et al., 2012a).

Selon nos observations, l'espèce a un développement embryonnaire continu parce que les larves ne montrent aucune diapause pendant l'hiver ce qui n'a jamais été observé avant dans les populations européennes. L'explication de cela est que la température minimum pour le développement qui cause la diapause larvaire dans les odonates d'Europe (Thompson, 1978b, Duffy, 1994, Corbet, 1999) n'est pas atteint pendant l'hiver de notre étude. On peut dire que les populations du nord d'Afrique qui vivent dans des altitudes élevés ou les températures sont très basses entrent en diapause et ont une histoire de vie différente. La structure larvaire des populations est caractérisée par un développement synchronisé pendant l'hiver. Par rapport à notre étude, Purse & Thompson (2002) ont trouvé une structure de population de la deuxième année pendant l'hiver similaire à la nôtre, c'est-à-dire, la plupart des larves ont atteint les trois derniers stades larvaires (D, E, et F). Par contre, l'émergence des larves dans notre étude était plus synchronisée par rapport aux populations britanniques dans lequel la proportion des larves en stade de pénultième était plus que ces qui sont trouvées dans le dernier stade (Purse & Thompson, 2002). Le fait qu'aucune larve n'a été trouvée dans la fin de mai et fin de juin indique que toute la population a émergé dans la fin de printemps. Etant donné que la saison de la reproduction a duré presque 2 mois, on suppose que les premiers œufs pondus durant le

printemps ont développé rapidement pour atteindre le dernier stade larvaire en fin d'été. La structure larvaire de la population de la fin d'été a indiqué qu'une petite proportion de la population émerge et forme la deuxième génération de l'année, tandis que la petite portion restante continue son développement et émerge en printemps de l'année prochaine.

Il y'a une énorme inquiétude concernant les populations du Nord d'Afrique. Le problème principal de l'espèce est que son habitat est facilement accessible par les gens et les bétails. Le pompage de l'eau résulte une sécheresse rapide des milieux spécialement le milieu de vie de l'espèce qui est caractérisé par un niveau d'eau bas. Contrairement aux grands cours d'eau, la pollution par des pesticides et d'autres composants organiques a la tendance de persister et elle s'élimine difficilement à cause de faible courant d'eau. En plus, les bétails détruisent la végétation surtout la végétation utilisée pour l'émergence. Pour cette raison, une mise en place d'une mesure de conservation est très importante surtout où la densité des larves est élevée et où les individus se reproduisent.

5.3. L'écologie et la biologie de la reproduction de *Coenagrion mercuriale* dans sa limite sud

Cette étude montre des nouvelles informations sur le comportement de reproduction et la préférence d'habitat de *C. mercuriale* dans sa limite sud de sa distribution. Une analyse comparative a été faite avec la population britannique, située à l'extrême nord de la distribution de l'espèce.

L'espèce a montré un surprenant long premier vol (maximum of 70 m) par rapport à d'autres espèces de zygoptères comme *Enallagma boreale* et *E. carunculatum* (42 et 53 cm) (Logan, 1971) et *Pyrrhosoma nymphula* (6 m) (Gribbin & Thompson, 1991). Nous ne sommes pas sûrs s'il s'agit d'un seul vol interrompu mais certains ténéales ont été observés volant jusqu'à 5 m de haut de leurs sites d'émergence puis volés progressivement loin des eaux vers leurs sites de maturation.

La mortalité par la prédation sur les ténéales est connue pour être plus élevée, généralement causée par les araignées, les oiseaux et Asilidae (Gribbin & Thompson, 1990; Corbet, 1999). Dans notre étude nous avons observé la prédation par des adultes d'*Ischnura*

graellsii, une autre conquérante de la même taille, ce qui n'a été jamais observée pour *C. mercuriale*.

La période de la maturation était plus courte avec une différence d'un jour entre les mâles et les femelles (3 jours et 4 jours respectivement). D'autres espèces de coenagrionidae ont montré une durée de maturation similaire à notre espèce comme *Ischnura graellsii* où les mâles prennent 3-4 jours alors que les femelles prennent 4-6 jours (Cordero, 1987). En *I. veticalis*, les mâles prennent 2 jours et les femelles 5 jours pour atteindre l'âge adulte (Fincke, 1987).

Les données sur la dispersion natale sont très rares chez les odonates (Buchwald, 1994, Dolný et al., 2013) parce qu'il est difficile de recapter des individus matures marqués dès leur émergence (Cordero & Andrés, 2002). Dans notre étude nous avons diminué le risque d'endommagement des tenerales en les mettant dans des cages pour au moins 6h jusqu'à ce que le corps de l'individu devient plus solide pour supporter le marquage. Nous avons trouvé une petite dispersion natale des mâles par rapport aux femelles, mais malheureusement le nombre d'échantillon n'a pas permis de fournir une évidence de la philopatrie aux sites d'émergence. Similaire à notre étude, Buchwald (1994) a noté que les individus de *Ceragrion tenellum* avaient la tendance de rester près des sites d'émergence après la maturation.

Dans cette étude la durée de toute l'épisode de reproduction n'était pas significativement différente des populations britanniques, mais des différences ont été trouvées au niveau de repos post-copulatoire qui était court dans la population Algérienne. L'une des hypothèses est expliquée par l'importance du repos post-copulatoire. Les femelles ont besoin de temps pour gérer le sperme et féconder ses œufs (Miller & Miller, 1981). Donc nous pouvons supposer que la courte durée du repos post-copulatoire dans la limite sud de la distribution de l'espèce est probablement due à la température ambiante qui accélérât la gestion du sperme. En vrai, il est connu que la température affecte le transfert des œufs des mâles de certains groupes d'insectes (Katsuki & Miyatake, 2009). Deuxièmes, la période d'oviposition était significativement plus longue dans la population algérienne.

En plus, nous avons trouvé une corrélation positive entre la durée de copulation et la taille des mâles. Cette relation est déjà notée dans le zygoptère territoriale *Paraphlebia zoe*

(Wong-Muñoz et al., 2011). La corrélation positive entre la période de repos et la durée de la copulation est due probablement au couts énergétiques lié à l'accouplement qui fait que les couples passent plus de temps à copuler ont la tendance de faire un repos plus long avant l'oviposition, comme chez d'autres insectes (Woods Jr & Stevenson, 1996). Selon notre connaissance, l'oviposition sous l'eau n'a jamais été reportée chez *C. mercuriale* mais ce phénomène est observé dans certaines espèces de Coenagrionidae (Fincke, 1986, Miller, 1994, Gillott, 1995). La ponte des œufs sous l'eau diminue le risque d'exposition au soleil et cela augmente le succès d'éclosion (Fincke, 1986).

Il y'avait une cohérence entre la préférence d'habitat des adultes observée dans notre étude et celle enregistrée dans l'étude de Rouquette & Thompson (2004). Les mâles seuls et en couples ont présenté une préférence similaire d'habitat. Les mâles se perchaient sur la végétation près des sites d'ovipositions et attendaient l'arrivée des femelles.

Alors que la population Algérienne se situe dans une latitude extrêmement opposée par rapport à la localisation de la population britannique, mais il avait uniquement quelques différences dans le comportement et la préférence d'habitat dans le stade d'adulte. C'est possible que cette variation s'est produite principalement dans le stade larvaire spécialement dans les traits de l'histoire de vie liés à la régulation saisonnière de l'espèce. Finalement, cette étude fournit des données importantes à la conservation de cette espèce en Algérie et en l'Afrique de nord.

5.4. L'effet de la taille corporelle sur la survie et le fitness dans les deux générations de *Coenagrion mercuriale*

Dans cette étude, nous avons montré que la taille des individus de *C. mercuriale* était plus large dans la première génération ou le développement était long par rapport à la deuxième génération avec une diminution progressive de la taille dans la première génération et l'inverse dans la deuxième génération. La survie et le succès de reproduction était élevé dans la première génération. La taille corporelle était négativement liée à la taille corporelle dans la première génération et positivement liée dans la deuxième.

La relation entre l'âge de maturation (le temps de développement) et la taille corporelle a été bien étudiée, révélant une tendance positive (Stearns, 1992, Kingsolver et al., 2004). Ceci est

cohérent avec notre étude sur la taille des individus qui était grande dans la première génération à cause de la longue période de développement larvaire (7 et 11 mois) mais petite dans la deuxième génération car le développement larvaire était plus court (3 et 4 mois) e. Pour cette raison, on peut dire que le taux développement était plastique et dépendait positivement de la température de l'eau qui était plus élevée pendant l'été.

Le pattern saisonnier de la taille corporelle a présenté des tendances opposées entre les deux générations. Pendant la période du vol, la taille des individus a diminué dans la première génération, alors que la taille a augmenté dans la deuxième génération. Le déclin saisonnier de la taille corporelle a été montré chez les insectes (Comiskey et al., 1999, Peckarsky et al., 2002) et compris les odonates (Corbet, 1999, Purse & Thompson, 2003) mais le contraire est rarement trouvé (Zebsa et al., 2014). L'explication possible de cette diminution de taille dans la première génération est le bivoltinisme partiel. En fait, la première génération émergente a une année donnée comprend les individus du printemps de l'année précédente de la première génération et ceux qui résultent des œufs pondus à la fin de l'été, formant la deuxième génération. En effet, les grands individus de la première génération sont probablement les individus qui éclosent la fin du printemps et qui ont passé une très longue période à développer jusqu'à la prochaine année. Par contre, les individus de petite taille sont des individus de l'automne qui avaient un développement rapide jusqu'au prochain printemps.

En plus de la petite taille et le développement rapide des individus, les individus de la deuxième génération avaient aussi une période de vie plus courte (Ricklefs, 2006, Inness & Metcalfe, 2008). Dans cette étude la différence de la moyenne de survie des individus entre les générations était probablement due à la variation de développement larvaire. On propose que les individus de grande taille viennent de la génération qui avait une longue période de développement. Par contre, la variation de la taille entre les générations a montré un effet contraste sur la survie entre le printemps et l'automne, ce qui est expliqué par la variation du risque de prédation. Selon notre observation, les asilidae sont les principaux prédateurs pendant la première génération mais leur phénologie ne chevauchait pas avec la deuxième génération. Donc, les individus de grande taille ont souffert une grande mortalité pendant la première génération; cela a été observé dans plusieurs groupes d'insectes (Setsuda et al., 1999, Rimmel & Tammaru, 2009). Par ailleurs, le succès de reproduction le plus élevé est observé dans la

génération avec une croissance lente et la taille était positivement liée avec le succès de reproduction chez les deux sexes dans les deux générations.

Comme il était montré dans les travaux précédents (Blanckenhorn, 2000). On pense qu'il y'a une balance entre les couts et les bénéfices d'avoir une grande taille. La grande taille augmente la moyenne de survie et le succès de reproduction de l'individu adulte. Par contre, les individus de grande taille augmentent leur taille au dépend de risque de prédation. En plus, nous avons l'évidence que la génération avec une croissance rapide est bénéficié d'un faible risque de prédation durant de stage larvaire.

Conclusion

Suite à la découverte d'une population dans le bassin versant de la Seybouse (Khelifa et al. 2011), des prospections spécifiques ont été mise en place pour avoir le plus d'informations sur cette espèce qui est mal connue dans le Nord d'Afrique et spécialement en Algérie.

Notre étude sur le *Coenagrion mercuriale* qui a été effectuée dans le bassin versant de la Seybouse a été focalisée sur l'estimation et la distribution de la taille de la population, la détermination du cycle de vie, le comportement de la reproduction des individus et l'effet de la taille corporelle sur la survie et le succès de reproduction de l'espèce dans la limite sud de sa distribution.

Le premier aspect traité dans ce travail était la mise à jour des espèces d'odonates présentent dans le bassin versant de la Seybouse suivis par l'estimation de la taille de la population de l'espèce en Algérie en utilisant la méthode de capture-marquage-recapture. Les résultats montrent que l'estimation du nombre de *C. mercuriale* est élevée dans le nord d'Afrique avec un nombre de 1765 individus. Les résultats montrent aussi que le bassin versant de la Seybouse est l'une des régions les plus importantes dans l'Afrique du Nord et la méditerranée pour la richesse odonatologique qui le contient ce qui nécessite une attention particulière et la mise en place des plans de conservation.

Le deuxième aspect de ce travail montre des informations surprenantes sur l'espèce en Algérie. Dans cette étude nous avons travaillé sur l'émergence et le développement larvaire dans la limite sud de la distribution de l'espèce dont l'objet est de déterminer les stratégies de l'histoire de vie dans un climat chaud et les comparer avec la population du nord. Les résultats montrent qu'il n'y avait pas une diapause hivernale et l'espèce produisait deux générations par ans. La première génération a émergé en mi printemps et la deuxième en fin d'été. Le modèle d'émergence de la première génération a été typiquement des espèces d'été et a duré 48 jours. Pour la deuxième génération, l'émergence était courte. Nous avons supposé que les premiers œufs qui ont été pontus au printemps ont éclos et les larves ont rapidement grandi et atteint le dernier stade larvaire à la fin de l'été et cela est dû essentiellement à la température élevée et la disponibilité de nourriture. Une diminution de la taille des individus a été trouvée. La deuxième génération est significativement composée d'individus de plus petite taille par rapport à la première génération et cela est dû à la plus courte saison de développement et le taux élevé de croissance.

Le troisième aspect de notre travail a été mené sur la biologie de la reproduction et la préférence d'habitat. Les résultats montrent qu'après l'émergence, les adultes passent une période de maturation qui dure de 3 à 4 jours. Après, ils retournent dans les milieux aquatiques pour se reproduire. La moyenne de la période de la reproduction et de la ponte était de 20.08 ± 8.79 min ($\pm$ ET) et 52.66 ± 12.17 min ($\pm$ ET) respectivement, qu'est séparé par une période de repos post-copulatoire qui a duré 4.60 ± 2.02 min ($\pm$ ET). La période d'accouplement a été positivement corrélée avec la taille des mâles. La période de repos a été positivement corrélée avec la période de copulation. Les mâles et les couples ont préféré généralement le même type d'habitat qui est caractérisé par une végétation dense et relativement un large cours d'eau avec un substrat qui est constitué d'argile et de limon. Finalement, une comparaison du comportement de reproduction de l'espèce avec d'autres travaux qui ont été faites dans sa limite Nord a été établie.

Le dernier aspect traité était sur l'effet de la taille corporelle sur la survie et le succès de reproduction entre les deux générations. Les données ont montré que les individus de la première génération avaient une taille corporelle grande que les individus de la deuxième génération, ce qui est conforme à la règle de Bergmann. La différence saisonnière dans le pattern de la taille corporelle entre les deux générations est remarquable avec une diminution de la taille des individus de la première génération au printemps et une augmentation dans la deuxième génération en automne.

Les quatre aspects traités dans ce projet apportent des informations importantes sur la population de *Coenagrion mercuriale* du bassin versant de la Seybouse et offrent ainsi un outil important pour explorer d'autres questions liées à l'effet de la taille corporelle sur l'histoire de vie de l'espèce, le compromis entre la survie et la reproduction et la conservation de l'espèce

Résumé

Résumé

Coenagrion mercuriale est une espèce d'odonate qui est menacée dans la plupart de sa distribution géographique. Elle est classée en danger dans le Nord d'Afrique, où les données sur la biologie et l'écologie sont indisponibles. L'objet de cette étude est de déterminer l'histoire de vie et les paramètres démographiques de cette espèce dans sa limite sud de sa distribution, faire une comparaison aux résultats faits dans Angleterre (la limite nord de sa distribution) et voir l'adaptation latitudinale de l'espèce. Les résultats de l'estimation de la population de *C. mercuriale* ont montré un nombre élevé par rapport aux estimations de l'UICN dans le nord d'Afrique avec un nombre de 1765 individus. L'espèce n'a pas présenté une diapause hivernale et elle a produit deux générations par ans. La première génération a émergé en mi printemps et la deuxième à la fin de l'été. Après l'émergence, les adultes ont passé une période de maturation qui a duré de 3 à 4 jours. Après, ils retournaient dans les milieux aquatiques pour se reproduire. La période de reproduction a été positivement corrélée avec la taille des mâles. Cependant, la période de repos a été positivement corrélée avec la période de copulation. Enfin, une différence saisonnière dans le pattern de la taille corporelle entre génération a été trouvée avec une diminution dans la taille des individus dans la première génération qui émerge en printemps et une augmentation de la taille des individus qui émerge en automne.

Mots clés : Odonate, Zygoptère, abondance, exuvie, histoire de vie, comportement, capture-marquage-recapture, Nord d'Afrique.

Abstract

Coenagrion mercuriale is a threatened damselfly in most parts of its geographic distribution. It is listed as endangered in North Africa, where no data on its biology or ecology are available. The purpose of this study was to determine the life history traits and demographic parameters of this species in the southern limit of its distribution, to compare of our results with those presented in the literature for the UK (the northern limit of the species distribution) and to determine the latitudinal adaptation of the species. The estimation of the population size showed a very high number with a total of 1765 individuals. The species did not show a winter diapause and produced two generations per year. The first generation was emerged mid spring and the second the late summer. After emergence, adults spent a period of maturation that lasted 3 to 4 days. Afterwards, they returned to aquatic environments to breed. The reproduction period was positively correlated with mâle size. However, the rest period was positively correlated with the copulation period. Finally, a seasonal difference in the body size between generations was found with a decrease in the body size in the first generation and an increase the opposite was found in the second generation.

Keywords: Dragonfly, Damselfly, abundance, exuvia, life history, behavior, mark-capture-recapture, North Africa.

ملخص

Coenagrion mercuriale هي إحدى ايعسوبات المهددة في معظم أنحاء توزيعها الجغرافي. يتم سرد أنها معرضة للخطر في شمال أفريقيا، حيث لا توجد أي بيانات على علم الأحياء، أو البيئة المتاحة. الغرض من هذه الدراسة هو تحديد سمات تاريخ حياة والمعلومات الديموغرافية لهذا النوع في الحد الجنوبي من توزيعه الجغرافي، مقارنة نتائجننا مع نتائج أجريت في المملكة المتحدة (الحد الشمالي من توزيع الأنواع) وتحديد التكيف هذا النوع. وظهر تقدير حجم السكان عددا كبيرا جدا مقارنة مع تقدير ذلك من قبل الاتحاد في شمال أفريقيا بعدد مجموعه 1765 أشخاص. هذا النوع لم يظهر فترة البيات الشتوي وأنتجت جيلين سنويا. و ظهر الجيل الأول منتصف ربيع والثاني في أواخر الصيف. بعد ظهور البالغين قضوا فترة من النضج التي استمرت من 3 إلى 4 أيام. بعد ذلك، وادوا إلى البيئات المائية للتكاثر. ارتبط فترة التكاثر بشكل إيجابي مع حجم الذكور. في حين، ارتبط فترة الراحة بإيجابية مع فترة الجماع. وأخيرا، تم العثور على فروق موسمية في حجم الجسم مع انخفاض في حجم الجسم من الجيل الأول تم العثور على العكس في الجيل الثاني.

الكلمات المفتاحية: تاريخ الحياة، السلوك، التقاط إعادة فحص وشمال أفريقيا، **exuvia**، التوزيع، الوفرة.

Références

- Agence des Bassins hydrographiques 2002. Cahiers de l'agence. *Ministère de l'équipement et de l'aménagement du territoire*.
- Allen, K. A. & Thompson, D. J. 2014. Population size and survival estimates for the rare damselflies, *Coenagrion mercuriale* and *Ischnura pumilio*. *Insect Conservation and Diversity* **7**: 241-251.
- Anderson, D. J. & Vondracek, B. 1999. Insects as indicators of land use in three ecoregions in the prairie pothole region. *Wetlands* **19**: 648-664.
- Anholt, B. R. 1990. An experimental separation of interference and exploitative competition in larval damselfly. *Ecology*: 1483-1493.
- Arab, A. (2004) Recherche faunistique et écologique sur les réseaux hydrographiques du Chelif et du Bassin du Mazafran. Vol. Thèse de Doctorat. pp. Université Houari Boumediène.
- Ashton, K. G. 2004. Sensitivity of Intraspecific Latitudinal Clines of Body Size for Tetrapods to Sampling, Latitude and Body Size. *Integrative and Comparative Biology* **44**: 403-412.
- Atkinson, D. 1994. Temperature and organism size: a biological law for ectotherms? *Advances in ecological research* **25**: 1-1.
- Atkinson, D. 1995. Effects of temperature on the size of aquatic ectotherms: Exceptions to the general rule. *Journal of Thermal Biology* **20**: 61-74.
- Atkinson, D., Ciotti, B. J. & Montagnes, D. J. S. 2003. Protists decrease in size linearly with temperature. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* **270**: 2605-2611.
- Baillie, J. E., Collen, B., Amin, R., Akcakaya, H. R., Butchart, S. H., Brummitt, N., Meagher, T. R., Ram, M., Hilton-Taylor, C. & Mace, G. M. 2008. Toward monitoring global biodiversity. *Conservation Letters* **1**: 18-26.
- Barbault, R. 2001. Protection des espèces. *Dictionnaire de l'Ecologie*: 1116-1129.
- Batzer, D. P., Rader, R. B. & Wissinger, S. A. 1999. *Invertebrates in freshwater wetlands of North America: ecology and management*. John Wiley & Sons.
- Bennett, S. & Mill, P. 1995. Lifetime egg production and egg mortality in the damselfly *Pyrrhosoma nymphula* (Sulzer) (Zygoptera: Coenagrionidae). *Hydrobiologia* **310**: 71-78.
- Blackburn, T. M., Gaston, K. J. & Loder, N. 1999. Geographic gradients in body size: a clarification of Bergmann's rule. *Diversity and Distributions* **5**: 165-174.
- Blanckenhorn, W. U. 2000. The Evolution of Body Size: What Keeps Organisms Small? *The Quarterly Review of Biology* **75**: 385-407.
- Boudot, J.-P., Kalkman, V. J., Amorin, A., Bogdanović, T., Rivera, A. C., Degabriele, G., Dommanget, J.-L., Ferreira, S., Garrigós, B. & Jović, M. 2009. Atlas of the Odonata of the Mediterranean and North Africa. *Libellula* **9**: 1-256.

- Buchwald, R. 1994. Die Bedeutung der Vegetation für die Habitatwahl von *Ceriagrion tenellum* (Villers) in Südwest-Deutschland (Zygoptera: Coenagrionidae). *Advances in odonatology* **6**: 121-147.
- Choquet, R., Lebreton, J. D., Gimenez, O., Reboulet, A. M. & Pradel, R. 2009. U-CARE: Utilities for performing goodness of fit tests and manipulating capture–recapture data. *Ecography* **32**: 1071-1074.
- Chown, S. L. & Gaston, K. J. 2010. Body size variation in insects: a macroecological perspective. *Biological Reviews* **85**: 139-169.
- Clausnitzer, V., Kalkman, V. J., Ram, M., Collen, B., Baillie, J. E., Bedjanič, M., Darwall, W. R., Dijkstra, K.-D. B., Dow, R. & Hawking, J. 2009. Odonata enter the biodiversity crisis debate: the first global assessment of an insect group. *Biological Conservation* **142**: 1864-1869.
- Comiskey, N. M., Lowrie, R. C. & Wesson, D. M. 1999. Role of habitat components on the dynamics of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) from New Orleans. *Journal of medical entomology* **36**: 313-320.
- Corbet, P. 1999. *Dragonflies: behaviour and ecology of Odonata*. Harley Books, Colchester, Uk.
- Corbet, P. S. (1955) The larval stages of *Coenagrion mercuriale* (Odonata; Coenagriidae). In: *Proceedings of the Royal Entomological Society of London. Series A, General Entomology*, Vol. 30. pp. 115-126. Wiley Online Library.
- Corbet, P. S. 1962. *A biology of dragonflies*. Witherby: London.
- Corbet, P. S. & Hoess, R. 1998. Sex ratio of Odonata at emergence. *International Journal of Odonatology* **1**: 99-118.
- Corbet, P. S., Suhling, F. & Soendgerath, D. 2006. Voltinism of Odonata: a review. *International Journal of Odonatology* **9**: 1-44.
- Cordero-Rivera, A. & Stoks, R. (2008) Mark-recapture studies and demography. In: *Dragonflies and damselflies: model organisms for ecological and evolutionary research*, (Córdoba-Aguilar, A., ed.). pp. 7-20. Oxford University Press, Oxford.
- Cordero, A. 1987. Estructura de población en *Ischnura graellsii* Rambur, 1842 (Zygop. Coenagrionidae). *Boletín Asociación española de Entomología* **11**: 269-286.
- Cordero, A. & Andrés, J. 2002. Male coercion and convenience polyandry in a calopterygid damselfly. *Journal of Insect Science* **2**: 14.
- Córdoba-Aguilar, A. 2008. *Dragonflies and Damselflies: Model Organisms for Ecological and Evolutionary Research: Model Organisms for Ecological and Evolutionary Research*. Oxford University Press.
- Cummins, K. W. 1973. Trophic relations of aquatic insects. *Annual review of entomology* **18**: 183-206.

- de Szalay, F. A. & 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.
- Debeiche, T. H. (2002) Évolution de la qualité des eaux (salinité, azote et métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle. Application à la basse plaine de la Seybouse - Nord-Est Algérien. Vol. Mémoire de doctorat. pp. Université de constantine.
- Dijkstra, K.-D. B. & Lewington, R. 2007. *Guide des Libellules de France et d'Europe*. Delachaux & Niestle. 1-320.
- Djabri, L. (1996) Mécanisme de la pollution et vulnérabilité des eaux de la Seybouse. Origines géologiques, industrielles, agricoles et urbaines. Vol. Thèse de Doctorat. pp., Université de Annaba.
- Dmitriew, C. M. 2011. The evolution of growth trajectories: what limits growth rate? *Biological Reviews* **86**: 97-116.
- Dodd, C. K. 1990. Effects of habitat fragmentation on a stream-dwelling species, the flattened musk turtle *Sternotherus depressus*. *Biological Conservation* **54**: 33-45.
- Dolný, A., Mižičová, H. & Harabiš, F. 2013. Natal philopatry in four European species of dragonflies (Odonata: Symptetrinae) and possible implications for conservation management. *Journal of insect conservation* **17**: 821-829.
- Duffy, W. G. 1994. Demographics of *Lestes disjunctus disjunctus* (Odonata: Zygoptera) in a riverine wetland. *Canadian Journal of Zoology* **72**: 910-917.
- Dumont, H. (1978) Odonates d'Algérie, principalement du Hoggar et d'oasis du Sud. In: *Bulletin et Annales de la Société Entomologique de Belgique*, Vol. 114. pp. 99-106.
- Dumont, H. (2007) Odonata from the Mouydir plateau (north Central sahara, algeria). In: *Bulletin et Annales de la société Royale Entomologique de Belgique*, Vol. 143. pp. 164-168.
- Dunn, R. R. 2005. Modern insect extinctions, the neglected majority. *Conservation Biology* **19**: 1030-1036.
- Euliss Jr, N. H., Jarvis, R. L. & Gilmer, D. S. 1991. Feeding ecology of waterfowl wintering on evaporation ponds in California. *Condor*: 582-590.
- Ferreira, S., Martínez-Freiría, F., Boudot, J.-P., El Haissoufi, M., Bennas, N., Alves, P. C., Watts, P. C., Thompson, D. J. & Brito, J. C. 2015. Local extinctions and range contraction of the endangered *Coenagrion mercuriale* in North Africa. *International Journal of Odonatology* **18**: 137-152.
- Fincke, O. M. 1982. Lifetime mating success in a natural population of the damselfly, *Enallagma hageni* (Walsh)(Odonata: Coenagrionidae). *Behavioral Ecology and Sociobiology* **10**: 293-302.
- Fincke, O. M. 1986. Lifetime reproductive success and the opportunity for selection in a nonterritorial damselfly (Odonata: Coenagrionidae). *Evolution* **40**: 791-803.

- 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.
- Fisher, S. G. & Likens, G. E. 1973. Energy flow in Bear Brook, New Hampshire: an integrative approach to stream ecosystem metabolism. *Ecological monographs* **43**: 421-439.
- Gibbs, J. P. 2000. Wetland loss and biodiversity conservation. *Conservation biology* **14**: 314-317.
- Gillott, C. (1995) Paleoptera. In: *Entomology*. pp. 127-145. Springer.
- Göcking, C., Hübner, T. & RÖHR, K. 2010. Status and conservation of *Coenagrion mercuriale* in North Rhine-Westphalia. *Brachytron* **12**: 11-17.
- Grand, D. (1996) Reevaluation du statut de l'espece: *Coenagrion mercuriale* (Charpentier, 1840). In: *Background Information on invertebrates of the Habitats Directive and the Bern Convention II: Nature and environment*, Vol. 80. pp.
- Gribbin, S. & Thompson, D. J. 1991. Emergence of the damselfly *Pyrrhosoma nymphula* (Sultzner) (Zygoptera: Coenagrionidae) from two adjacent ponds in northern England. *Hydrobiologia* **209**.
- Hadfield, M. G. 1993. Introduction to the symposium: the crisis in invertebrate conservation. *American Zoologist* **33**: 497-498.
- Hughes, L. 2000. Biological consequences of global warming: is the signal already apparent? *Trends in Ecology & Evolution* **15**: 56-61.
- Inness, C. L. W. & Metcalfe, N. B. 2008. The impact of dietary restriction, intermittent feeding and compensatory growth on reproductive investment and lifespan in a short-lived fish. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* **275**: 1703-1708.
- James, F. C. 1970. Geographic size variation in birds and its relationship to climate. *Ecology* **51**: 365-390.
- Johansson, F. 2003. Latitudinal shifts in body size of *Enallagma cyathigerum* (Odonata). *Journal of Biogeography* **30**: 29-34.
- Kalkman, V. J., Clausnitzer, V., Dijkstra, K.-D. B., Orr, A. G., Paulson, D. R. & van Tol, J. 2008. Global diversity of dragonflies (Odonata) in freshwater. *Hydrobiologia* **595**: 351-363.
- Katsuki, M. & Miyatake, T. 2009. Effects of temperature on mating duration, sperm transfer and remating frequency in *Callosobruchus chinensis*. *Journal of insect physiology* **55**: 113-116.
- Keiper, J. B., Walton, W. E. & Foote, B. A. 2002. Biology and ecology of higher Diptera from freshwater wetlands. *Annual Review of Entomology* **47**: 207-232.
- Khelifa, R. 2012. Description of the final instar larva of *Calopteryx exul* Sélys, 1853 (Zygoptera: Calopterygidae). *International Journal Odonatololgy* **15**: 107-114.
- Khelifa, R. 2013. Flight period, apparent sex ratio and habitat preferences of the Maghribian endemic *Calopteryx exul* Selys, 1853 (Odonata: Zygoptera). *Revue d'écologie* **68**: 37-45.

- Khelifa, R. 2015. Does water intake after oviposition indicate the end of oviposition and egg depletion in Odonata females? *International Journal of Odonatology*: 1-7.
- Khelifa, R. 2016. Partial bivoltinism and emergence patterns in the North African endemic damselfly *Calopteryx exul*: conservation implications. *African Journal of Ecology*: n/a-n/a.
- Khelifa, R., Guebailia, A., Mahdjoub, H., Aouaouche, M. S. & Houhamdi, M. 2015. Aspects of life history of *Platycnemis subdilatata* (Zygoptera: Platycnemididae) in Northeast Algeria. *International Journal of Odonatology* **18**: 317-327.
- Khelifa, R., Mahdjoub, H., Aouaouche, M. S. & Houhamdi, M. 2016a. Reproductive behaviour of a North African endemic damselfly, *Platycnemis subdilatata* (Odonata: Platycnemididae) and probable senescence effects. *International Journal of Odonatology*: 1-11.
- Khelifa, R., Mahdjoub, H., Zebsa, R., Kahalerras, A., Guebailia, A., Amari, H. & Houhamdi, M. 2013a. Aspects of reproductive biology and behaviour of the regional critically endangered *Urothemis edwardsii* (Odonata: Libellulidae) on Lake Bleu (Algeria). *Zoological Ecology* **23**: 282-285.
- Khelifa, R., Mahdjoub, H., Zebsa, R., Kahalerras, A., Guebailia, A., Amari, H. & Houhamdi, M. 2013b. Aspects of reproductive biology and behaviour of the regional critically endangered *Urothemis edwardsii* (Odonata: Libellulidae) on Lake Bleu (Algeria). *Zoology and Ecology* **23**: 282-285.
- Khelifa, R., Mellal, M. K., Zouaimia, A., Amari, H., Zebsa, R., Bensouilah, S., Laouar, A. & Houhamdi, M. 2016b. On the restoration of the last relict population of a dragonfly *Urothemis edwardsii* Selys (Libellulidae: Odonata) in the Mediterranean. *Journal of Insect Conservation*: 1-9.
- Khelifa, R., Youcefi, A., Kahlerrras, A., Al Farhan, A., Al-Rasheid, K. A. & Samraoui, B. 2011. L'odonatofaune (Insecta: Odonata) du bassin de la Seybouse en Algérie: intérêt pour la biodiversité du Maghreb. *Revue d'écologie* **66**: 55-66.
- Khelifa, R., Zebsa, R., Amari, H., Mellal, M. K., Mahdjoub, H. & Kahalerras, A. 2016c. 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., Zebsa, R., Kahalerras, A. & 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., Zebsa, R., Kahalerras, A. & Mahdjoub, H. 2012b. Clutch size and egg production in *Orthetrum nitidinerve* Selys, 1841 (Anisoptera: Libellulidae): effect of body size and age. *Int J Odonatol* **15**: 51-58.
- Khelifa, R., Zebsa, R., Sakrane, N. E., Youcefi, A., Bensouilah, S. & Amari, H. 2014. Long- range movements of an endangered endemic damselfly *Calopteryx exul* Selys, 1853 (Calopterygidae: Odonata). *African Journal of Ecology* **52**: 375-377.

- Kimmins, D. 1934. Odonata collected by Colonel R. Meinertzhagen in the Ahaggar Mountains. *Annals and magazine of natural.*
- Kingsolver, J. G., Izem, R. & Ragland, G. J. 2004. Plasticity of Size and Growth in Fluctuating Thermal Environments: Comparing Reaction Norms and Performance Curves. *Integrative and Comparative Biology* **44**: 450-460.
- Kolbe, H. J. 1885. Beitrag zur Kenntniss der Pseudoneuroptera Algeriens und der Ostpyrenäen. *Berliner entomologische Zeitschrift* **29**: 151-157.
- Komsta, L. & Novomestky, F. 2014. moments: moments, cumulants, skewness, kurtosis and related tests. 2012. *R package version 0.13*.
- Laake, J. 2013. RMark: An R Interface for Analysis of Capture–Recapture Data with MARK, AFSC Processed Rep 2013-01, 25 p. *Alaska Fish. Sci. Cent., NOAA, Natl. Mar. Fish. Serv* **7600**.
- Liaw, W. K. & Maccrimmon, H. R. 1977. Assessment of particulate organic matter in river water. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie* **62**: 445-463.
- Logan, E. R. 1971. comparative ecological and behavioral study of two species of damselflies, *Enallagma boreale* (Selys) and *Enallagma carunculatum* Morse (Odonata: Coenagriidae).
- Mahdjoub, H., Khelifa, R., Zebsa, R., Bouslama, Z. & Houhamdi, M. 2015. Bivoltinism in *Coenagrion mercuriale* (Zygoptera: Odonata) in the southern margin of its distribution range: emergence pattern and larval growth. *African Entomology* **23**: 59-67.
- Mahdjoub, H., Khelifa, R., Zebsa, R., Mellal, M. K., Bouslama, Z. & Houhamdi, M. 2014. Aspects of reproductive biology and ecology of *Coenagrion mercuriale* at its southern range margin. *International Journal of Odonatology* **17**: 173-180.
- 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.
- McLachlan, R. 1897. Odonata collected by the Rev. EA Eaton in Algeria, with annotations. *Entomologist's Monthly Magazine (Series 2)* **8**: 152-157.
- 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, P. 1994. The responses of rectal pumping in some zygopteran larvae (Odonata) to oxygen and ion availability. *Journal of insect physiology* **40**: 333-339.

- Miller, P. & Miller, C. 1981. Field observations on copulatory behaviour in Zygoptera, with an examination of the structure and activity of male genitalia. *Odonatologica* **10**: 201-218.
- Møller, T. R. & Rørdam, C. P. 1985. Species numbers of vascular plants in relation to area, isolation and age of ponds in Denmark. *Oikos*: 8-16.
- 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.
- Naeem, S., Thompson, L. J., Lawler, S. P., Lawton, J. H. & Woodfin, R. M. 1994. Declining biodiversity can alter the performance of ecosystems. *Nature* **368**: 734-737.
- Nielsen, C. 1956. Odonati del Sahara Nord Occidentale. *Revue française d'entomologie* **23**: 191-195.
- Norling, U. 1984. Life-history patterns in the northern expansion of dragonflies. *Advances in Odonatology* **2**: 127-156.
- Ozenda, P. 1982. *Végétaux dans la biosphère*. Doin Editeurs.
- Parmesan, C. & Yohe, G. 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* **421**: 37-42.
- Partridge, L. & Coyne, J. A. 1997. Bergmann's rule in ectotherms: is it adaptive? *Evolution* **51**: 632-635.
- Peckarsky, B. L., McIntosh, A. R., Taylor, B. W. & Dahl, J. 2002. Predator chemicals induce changes in mayfly life history traits: a whole- stream manipulation. *Ecology* **83**: 612-618.
- Purse, B. 2002. *The Ecology and Conservation of the Southern Damselfly (Coenagrion Mercuriale-Charpentier) in Britain*. Environment Agency.
- Purse, B. V. & Thompson, D. J. 2002. Voltinism and larval growth pattern in *Coenagrion mercuriale* (Odonata: Coenagrionidae) at its northern range margin. *European Journal of Entomology* **99**: 11-18.
- Purse, B. V. & Thompson, D. J. 2003. Emergence of the damselflies, *Coenagrion mercuriale* and *Ceriagrion tenellum* (Odonata: Coenagrionidae), at their northern range margins, in Britain. *European Journal of Entomology* **100**: 93-100.
- R Development Core Team 2014. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Raebel, E., Merckx, T., Riordan, P., Macdonald, D. & Thompson, D. 2010. The dragonfly delusion: why it is essential to sample exuviae to avoid biased surveys. *Journal of Insect Conservation* **14**: 523-533.
- Rommel, T. & Tammaru, T. 2009. Size-dependent predation risk in tree-feeding insects with different colouration strategies: a field experiment. *Journal of Animal Ecology* **78**: 973-980.

- 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.
- Ricklefs, R. E. 2006. Embryo development and ageing in birds and mammals. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* **273**: 2077-2082.
- Riservato, E., Boudot, J. P., Ferreira, S., Joviæ, M., Kalkman, V. J., Schneider, W., Samraoui, B. & Cuttelod, A. 2009. *The status and distribution of dragonflies of the Mediterranean Basin*. IUCN, Gland, Switzerland and Malaga, Spain IUCN. vii + 33 pp.
- Robinson, J. G. 1993. The Limits to Caring: Sustainable Living and the Loss of Biodiversity. *Conservation Biology* **7**: 20-28.
- Roi, L. 1915. Odonaten aus der algerischen Sahara von der Reise des Freiherrn H. Geyr von Schweppenburg. Mit einer Übersicht der nordafrikanischen Odonaten- Fauna. *Berliner entomologische Zeitschrift* **1915**: 609-634.
- Root, T. L., Price, J. T., Hall, K. R., Schneider, S. H., Rosenzweig, C. & Pounds, J. A. 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature* **421**: 57-60.
- Samraoui, B. & Corbet, P. S. 2000. The odonata of Numidia, Northeastern Algeria part I: Status and distribution. *International Journal of Odonatology* **3**: 11-25.
- Samraoui, B. & Menaï, R. 1999. A contribution to the study of Algerian Odonata. *International Journal of Odonatology* **2**: 145-165.
- Samraoui, B. & Samraoui, F. 2013. An ornithological survey of Algerian wetlands: Important Bird Areas, Ramsar sites and threatened species. *Wildfowl* **58**: 71-96.
- Samways, M. J. 1994. *Insect Conservation Biology (Conservation Biology, No 2)*. Springer Science & Business Media.
- Samways, M. J., McGeoch, M. & New, T. 2010. *Insect conservation*. Oxford University Press., Oxford.
- Satha, A. (2008) Caractérisation du peuplement odonatologique des Bassins versants de Bouhamdane et Seybouse. Vol. Mémoire de Magister. pp. Université 08 Mai Guelma.
- Schwarz, C. J. & Arnason, A. N. 1996. A general methodology for the analysis of capture-recapture experiments in open populations. *Biometrics*: 860-873.
- Selys-Longchamps, E. D. (1849) Libellulinae. In: *Exploration scientifique de l'Algérie*, (Lucas, P. H., ed.). pp. Histoire naturelle des animaux articulés, Paris.
- Selys-Longchamps, E. D. 1865. Odonates de l'Algérie (Libellula de Linné). *Bulletin Académie d' Hippone* **1**: 31-34.
- Selys-Longchamps, E. D. 1866. Additions aux odonates de l'Algérie. *Bulletin Académie d' Hippone* **2**: 40-41.

- Selys-Longchamps, E. D. 1871. Nouvelle révision des odonates de l'Algérie. *Annales de la Société entomologique de Belgique* **14**: 9-12.
- Selys-Longchamps, E. D. 1902. OAnnales de la Société entomologique de Belgique. *Annales de la Société entomologique de Belgique* **46**: 430-431.
- Setsuda, K.-i., Tsuchida, K., Watanabe, H., Kakei, Y. & Yamada, Y. 1999. Size dependent predatory pressure in the Japanese horned beetle, *Allomyrina dichotoma* L.(Coleoptera; Scarabaeidae). *Journal of Ethology* **17**: 73-77.
- Shelomi, M. 2012. Where are we now? Bergmann's rule sensu lato in insects. *The American Naturalist* **180**: 511-519.
- Shirt, D. & Council, N. C. 1987. *Insects*. Nature Conservancy Council.
- 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.
- Śniegula, S., Nilsson-Örtman, V. & Johansson, F. 2012. Growth pattern responses to photoperiod across latitudes in a northern damselfly. *PloS one* **7**: e46024.
- Stearns, S. C. 1992. *The evolution of life histories*. Oxford University Press Oxford.
- Sternberg, K., Buchwald, R., Röske, W., Sternberg, K. & Buchwald, R. 1999. Coenagrion mercuriale (Charpentier, 1840)-Helm Azurjungfer. *Die Libellen Baden-Württembergs* **1**: 255-270.
- Stoks, R. 2001. Male- biased sex ratios in mature damselfly populations: real or artefact? *Ecological entomology* **26**: 181-187.
- Stoks, R. & Córdoba-Aguilar, A. 2012. Evolutionary ecology of Odonata: a complex life cycle perspective. *Annual review of entomology* **57**: 249-265.
- Thelen, C. 1992. Untersuchung zum Larvenhabitat und zum Entwicklungszyklus der Helmazurjungfer (Coenagrion mercuriale, Zygoptera: Odonata) an zwei verchiedenen Gewässern der Freiburger Bucht. *Limnologisches Institut Konstanz: Universitat Freiburg*.
- 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. & Williams, S. E. 2004. Extinction risk from climate change. *Nature* **427**: 145-148.
- Thompson, D., Rouquette, J. & Purse, B. 2003. *Ecology of the Southern Damselfly*. Conserving Natura 2000 Rivers Ecology Series No. 8. English Nature, Peterborough.
- Thompson, D. J. 1978a. The natural prey of larvae of the damselfly, *Ischnura elegans* (Odonata: Zygoptera). *Freshwater Biology* **8**: 377-384.

- Thompson, D. J. 1978b. Towards a realistic predator-prey model: the effect of temperature on the functional response and life history of larvae of the damselfly, *Ischnura elegans*. *The Journal of Animal Ecology*: 757-767.
- Thompson, D. J. & Fincke, O. M. 2002. Body size and fitness in Odonata, stabilising selection and a meta- analysis too far? *Ecological Entomology* **27**: 378-384.
- Tilman, D. 2000. Causes, consequences and ethics of biodiversity. *Nature* **405**: 208-211.
- Van Tol, J. & Verdonk, M. G. 1988. *Protection des Libellules (Odonates) et de leurs biotopes*. Comité européen pour la sauvegarde de la nature et des ressources naturelles, Conseil de l'Europe, Strasbourg
- Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedell, J. R. & Cushing, C. E. 1980. The river continuum concept. *Canadian journal of fisheries and aquatic sciences* **37**: 130-137.
- Wallace, J. B. & Merritt, R. W. 1980. Filter-feeding ecology of aquatic insects. *Annual review of Entomology* **25**: 103-132.
- Wallace, J. B., Webster, J. R. & Woodall, W. R. 1977. The role of filter feeders in flowing waters. *Arch. Hydrobiol* **79**: 506-532.
- Watts, P., Wu, J., Westgarth, C., Thompson, D. & Kemp, S. 2004. A panel of microsatellite loci for the Southern Damselfly, *Coenagrion mercuriale* (Odonata: Coenagrionidae). *Conservation Genetics* **5**: 117-119.
- Watts, P. C., Rousset, F., Saccheri, I. J., Leblois, R., Kemp, S. J. & 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. & 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.
- Wong-Muñoz, J., Córdoba-Aguilar, A., Cueva del Castillo, R., Serrano-Meneses, M. A. & Payne, J. 2011. Seasonal changes in body size, sexual size dimorphism and sex ratio in relation to mating system in an adult odonate community. *Evolutionary Ecology* **25**: 59-75.
- Woods Jr, W. A. & Stevenson, R. 1996. Time and energy costs of copulation for the sphinx moth, *Manduca sexta*. *Physiological zoology*: 682-700.
- Worm, B., Barbier, E. B., Beaumont, N., Duffy, J. E., Folke, C., Halpern, B. S., Jackson, J. B., Lotze, H. K., Micheli, F. & Palumbi, S. R. 2006. Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science* **314**: 787-790.

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