UFR SCIENCES & TECHNIQUES DE LA COTE BASQUE
Université de Pau et des Pays de l'Adour

Licence professionnelle Espaces Naturels
Option Biologie appliquée aux écosystèmes exploités

Effet des facteurs biotiques et abiotiques sur la présence ou l'absence des larves de *Lestes macrostigma*



VILAIN Alexandre

Stage effectué du 17 mars 2014 au 1er août 2014 à
La Tour du Valat (Camargue)
sous la direction scientifique de M. LAMBRET Philippe

Le présent rapport constitue un exercice pédagogique qui ne peut en aucun cas engager la responsabilité de l'entreprise ou du laboratoire d'accueil. »

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Luc HOFFMAN, fondateur de la Tour du Valat, qui m'a permis de réaliser ce stage.

Merci également à Jean JALBERT directeur général de la Tour du Valat pour son accueil.

Mes remerciements se dirigent ensuite vers Philippe LAMBRET, chef de projet et qui fut mon maitre de stage pendant 5 mois. Merci pour toutes les connaissances apportées tant sur les odonates que sur la réalisation de protocoles scientifiques. Et merci également pour la relecture du rapport.

Je remercie Damien COHEZ, adjoint au directeur du domaine, qui m'a aidé pour la détermination des larves d'odonates

Merci à Samuel HILAIRE, technicien de recherche, pour sa grande aide lors de la détermination des macro-invertébrés et du zooplancton

Je tiens aussi à remercier Gaëtan LEFEBVRE, ingénieur de recherche et Julien VASSEUR, stagiaire, pour leur transmission de connaissances sur l'utilisation des arbres de décisions.

Merci également à Thomas GALEWSKI, chef de projet, pour ses informations sur les hydropériodes des marais en fonction des gestionnaires.

Merci à Silke BEFELD, Jean-Christophe BARTOLUCCI, Marine PASCAL, Christian RELJIC, Leïla DEBIESSE pour leur disponibilité et le droit d'accès aux sites étudiés pendant mon stage.

Pour terminer je remercie toute l'équipe de la Tour du Valat qui était présente dès que j'en ai eu besoin tout au long des 5 mois de stage.

Avant-propos

La Tour du Valat a été créée il y a plus de 50 ans par Luc Hoffmann. Depuis lors, elle s'est développée dans l'activité de recherche pour la conservation des zones humides méditerranéennes. Convaincue que ce n'est qu'en conciliant activités humaines et préservation de notre patrimoine naturel que les zones humides pourront être préservées, elle développe différents programmes de recherche et de gestion intégrée qui favorisent les échanges entre usagers des zones humides et scientifiques.

Elle s'est donc fixé pour mission principale d'arrêter la perte et la dégradation des zones humides méditerranéennes et de leurs ressources naturelles, les restaurer et promouvoir leur utilisation rationnelle.

Située au cœur de la Camargue, la Tour du Valat est un organisme privé qui est du point de vue de son statut juridique une fondation à but non lucratif (loi 1987). Elle possède son propre domaine qui s'étend sur 2 600 hectares dont 1 071 ont été classés en réserve naturelle volontaire de 1984 à 2008. Depuis 2008 ce sont 1 844 ha qui sont classés sous le statut de réserve naturelle régionale.

La Tour du Valat, est également un centre de ressources documentaires unique en Méditerranée, spécialisé en écologie des zones humides, ornithologie, zoologie, mammalogie, ichtyologie, herpétologie, botanique…

Elle emploie actuellement plus d'une soixantaine de personnes qui interviennent à l'échelle du bassin méditerranéen. L'équipe scientifique, qui représente une trentaine de spécialistes en écologie végétale, ornithologie, macrofaune aquatique, hydrologie, géomatique, socio-économie, géographie et gestion intégrée, développe différents programmes de recherche sur le fonctionnement des zones humides et teste des modes de gestion. Les résultats sont transférés par la formation, le partenariat et la mise en place de projets innovants menés en collaboration avec de nombreux partenaires.

Table des matières

Introduction 2
Matériel et méthodes 4
1. Zone d'étude 4
2. Période de suivi 6
3. Variables étudiées 6
a) Prélèvement et comptage du zooplancton 7
b) Suivi des hydrophytes 7
c) Suivi des proies, prédateurs et compétiteurs et des densités larvaires 8
d) Suivi des hélophytes 8
e) Suivi hydrologique 9
4. Traitement statistique des données 10
Résultats 11
Discussion 14
Conclusion 17
Références bibliographiques 18
Annexes 20

Introduction

Le Leste à grands stigmas, *Lestes macrostigma* (EVERSMANN, 1836), est une espèce de demoiselle (Odonata : Zygoptera) monovoltine dont la connaissance de sa biologie montre des lacunes.

AGUESSE (1960) a déjà travaillé sur la diapause, l'éclosion des œufs et le développement larvaire (8-10 semaines) de l'espèce en Camargue, mais il manque beaucoup d'informations sur la phénologie des œufs et des larves (JÖDICKE, 1997). On sait cependant que les œufs, pondus au mois de juin, subissent une diapause hivernale et n'éclosent qu'au mois de mars suivant (LAMBRET, com.pers.).
Les éclosions se passent majoritairement pendant les 15 derniers jours de mars, puis suit le développement larvaire pendant 8 semaines (SCHIEL 2013). Les émergences débutent aux alentours du 10 mai, les dernières pouvant s'étendre jusqu'à deux semaines supplémentaires (LAMBRET 2010; COHEZ & Olivier 2012).

Son cycle de vie se poursuit par la période de vol, c'est-à-dire la phase adulte. En Camargue celle-ci s'étale de fin mai à mi- voire fin juillet et commence dès l'émergence de l'individu. S'ensuivent la maturation des individus sur une durée de deux semaines, puis la reproduction fin mai (LAMBRET 2010). La ponte est réalisée dans des plantes hélophytes, principalement *Bolboschoenus maritimus* (Scirpe maritime) (PLATTNER 1967) mais des cas de pontes ont également été identifiés dans *Juncus acutus* (Jonc piquant), *J. maritimus* (Jonc maritime) et *Phramites australis* (Phragmite). La ponte et la reproduction ont été avérées dans des milieux dont la composition en plantes hélophytes est très variable (LAMBRET et al., 2014 b).

Comme le montre la seule référence à cette espèce dans l'édition révisée de l'ouvrage de CORBET (2004), il n'y a que peu de travaux qui portent sur son cycle biologique, la majorité concernant sa répartition (*e.g.* NIELSEN, 1954 ; AGUESSE, 1955,1960 ; PLATTNER, 1967 ; MONTES *et al.,*1982). C'est une espèce sténoèce (NIELSEN 1954) dont les larves fréquentent généralement les eaux saumâtres (*e.g.* ROBERT, 1958 ; PLATTNER, 1967 ; D'AGUILAR & DOMMANGET, 1998 ; JÖDICKE, 1997). Cependant dans certaines eaux saumâtres relativement douces ou très salées, la reproduction n'a jamais été avérée (LAMBRET, com.pers ; ONEM).

L'espèce est concernée par le Plan National d'Actions en faveur des Odonates (PNAO) car considérée « en danger » à l'échelle européenne, « quasi menacée » à l'échelle méditerranéenne et « en danger » en France. Elle est donc d'un fort enjeu patrimonial, d'autant que son aire de répartition est très localisée en France (Figure 1) et très morcelée dans le reste de l'Europe (Figure 2).

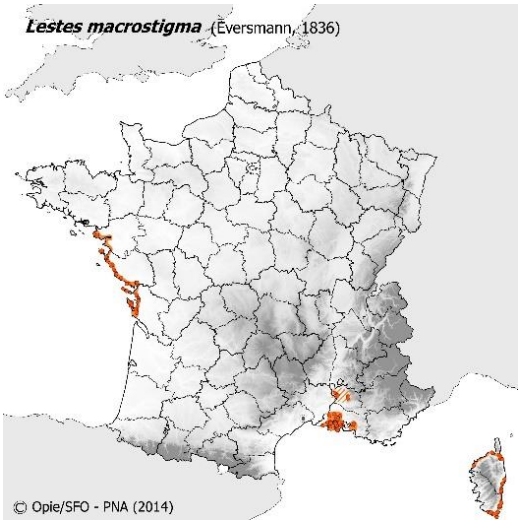


Figure 1 : Répartition de *L. macrostigma* en France (source : http://odonates.pnaopie.fr/especes/lestidae/lestes-macrostigma/)



Figure 2 : Répartition de *L. macrostigma* en Europe (d'après Dijkstra & Lewington 2007)

Les sites étudiés peuvent être très variables, notamment par rapport à leur niveau d'eau pouvant présenter une forte variation au cours des années et des précipitations. De plus certaines années, il y a une réelle explosion du nombre de sites sur lesquels sont observés des imagos, exuvies et ténéraux alors que d'autres années on ne voit quasiment pas d'individus (Figure 3). Les raisons de telles variations ne sont actuellement pas connues

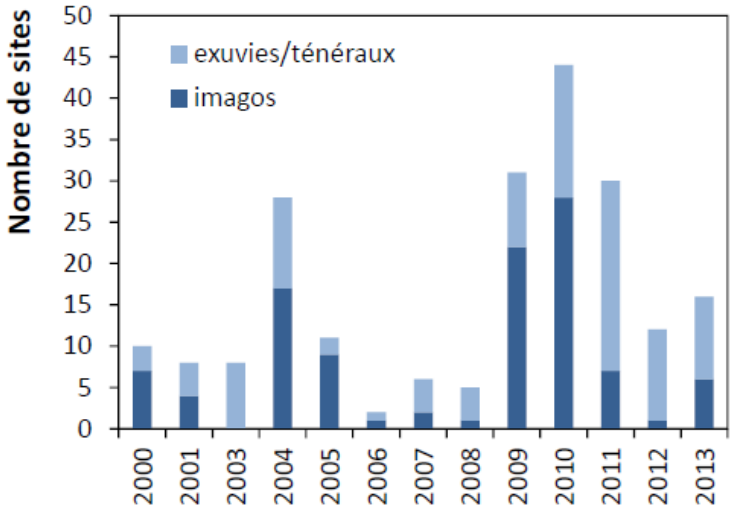


Figure 3: Suivi des sites d'observation de *L. macrostigma* à la Tour du Valat (données : D.COHEZ/Tour du Valat)

L'étude que j'ai réalisé au cours des cinq mois de stage a pour objectif de savoir quel est l'effet de différents facteurs sur la présence ou absence des larves de *L. macrostigma*. Pour y répondre, nous avons étudié le plus de facteurs et le plus de sites possibles dans le temps imparti. L'étude nous permet donc de mieux connaitre les besoins de l'espèce ce qui peut être particulièrement important pour sa préservation.

Matériel et méthodes

1. Zone d'étude

La zone d'étude se situe en Camargue, qui est en réalité divisée en trois entités : la Camargue gardoise, la grande Camargue et la Camargue orientale. C'est un lieu où les zones humides sont relativement abondantes. Il y en a de deux types : les temporaires et les permanentes, en fonction des usagers et de leur gestion de l'eau. Il existe cinq types de gestion différentes : la riziculture, la gestion cynégétique, les milieux naturels temporaires gérés et non gérés et les milieux naturels permanents gérés. Certaines sont plus propices que d'autres à *L. macrostigma* (Tableau 1).

Par exemple à l'aide du tableau 1, nous nous rendons compte que la période de mise en eau est très différente en fonction des usages et des usagers. Lorsqu'on parle de milieux non gérés, les périodes sont très variables chaque année car elles dépendent des précipitations. Etant donné que les larves de *L. macrostigma* éclosent en mars, il apparait que les rizicultures et la gestion cynégétique ne sont pas propices à l'espèce. Les milieux permanents gérés et les milieux temporaires possèdent généralement une logique de préservation de différentes espèces, les mises en eau vont donc se faire en fonction des précipitations de l'année. Les sites concernés par ces gestions peuvent donc être en concordance avec les besoins de l'espèce si un gestionnaire décide de préserver cette dernière. On retiendra néanmoins que les milieux permanents sont généralement des roselières, plantes peu propices à la ponte de *L. macrostigma*, ce type de milieu n'est donc pas forcément favorable à l'espèce.

	Riziculture	Gestion Cynégétique	Milieux nat perm gérés	Milieux nat temp gérés	Milieux nat temp non gérés
Janvier					
Février					
Mars					
Avril					
Mai					
Juin					
Juillet					
Août					
Septembre					
Octobre					
Novembre					
Décembre					

Tableau 1 : Périodes de mises en eau en fonctions des usagers (Source: LAMBRET, com. pers.; GALEWSKI, com.pers)

Légende : Orange clair : milieux sec, bleu : mare en eau, bleu clair : mare en eau si beaucoup de précipitation ou en fonction du choix de gestion.

Au total, 38 sites ont été choisis pour l'étude, répartis sur la grande Camargue et la Camargue orientale (Figure 4). Ils appartiennent à 3 propriétaires différents, la Tour du Valat (TDV), le Conservatoire du littoral, le Grand port maritime de Marseille (GPMM). En revanche ils possèdent tous des gestionnaires différents pour un total de six (Tableau 2). Ils ont été choisi pour avoir été des localisations d'observations de *L. macrostigma* (sauf pour le site Clos d'Armand) et pour leur variabilité, connue ou pressentie, quant à certains paramètres tels que la conductivité, les hydropériodes, l'abondance de *L. macrostigma* à l'émergence et la présence plus ou moins abondante des plantes hôtes de ponte (LAMBRET, com. pers. ; ONEM).

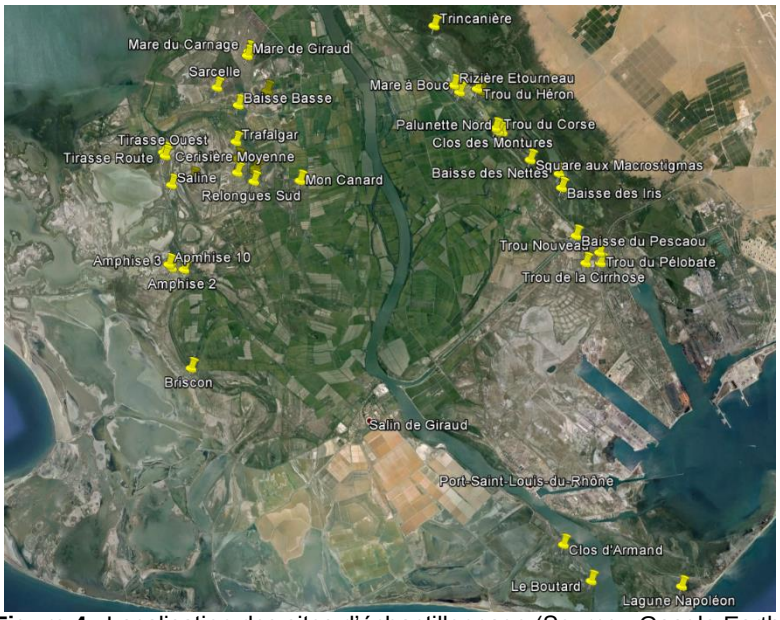


Figure 4 : Localisation des sites d'échantillonnage (Source : Google Earth)

Site	Propriétaire	Gestionnaire	Statut
AMPH02	CDL	SNPN	Réserve Naturelle Nationale
AMPH03	CDL	SNPN	Réserve Naturelle Nationale
AMPH10	CDL	SNPN	Réserve Naturelle Nationale
BAIBAS	TDV	TDV	Réserve Naturelle Régionale
BAIIRI	GPMM	GPMM	Aucun
BAINET	GPMM	GPMM	Aucun
BAIPES	GPMM	GPMM	Aucun
BRISCO	CDL	PNR Camargue	PNR Camargue
CDM	CDL	AMV	Réserve Naturelle Nationale
CERI M	TDV	TDV	Réserve Naturelle Régionale
CERI S	TDV	TDV	Réserve Naturelle Régionale
FANGOU	TDV	TDV	Réserve Naturelle Régionale
LAGNAP	CDL	ONCFS	Réserve de chasse et de faune sauvage
MAB	CDL	AMV	Réserve Naturelle Nationale
MARCAR	TDV	TDV	Réserve Naturelle Régionale
MARGIR	TDV	TDV	Réserve Naturelle Régionale
MATEMP	CDL	AMV	Réserve Naturelle Nationale
MONCAN	TDV	TDV	Réserve Naturelle Régionale

PALBOU	CDL	PNR Camargue	PNR Camargue
PALCDA	CDL	PNR Camargue	PNR Camargue
PALU N	CDL	AMV	Réserve Naturelle Nationale
RELO N	TDV	TDV	Réserve Naturelle Régionale
RELO S	TDV	TDV	Réserve Naturelle Régionale
RELONE	TDV	TDV	Réserve Naturelle Régionale
RIZET	CDL	AMV	Réserve Naturelle Nationale
SALINE	TDV	TDV	Réserve Naturelle Régionale
SAM	CDL	AMV	Réserve Naturelle Nationale
SARCEL	TDV	TDV	Réserve Naturelle Régionale
TAMARG	TDV	TDV	Réserve Naturelle Régionale
TDCIRR	GPMM	GPMM	Aucun
TDCORS	CDL	AMV	Réserve Naturelle Nationale
TDH	CDL	AMV	Réserve Naturelle Nationale
TDPELO	GPMM	GPMM	Aucun
TIRA R	TDV	TDV	Réserve Naturelle Régionale
TIRA W	TDV	TDV	Réserve Naturelle Régionale
TRAFAL	TDV	TDV	Réserve Naturelle Régionale
TRINCA	CDL	AMV	Réserve Naturelle Nationale
TRNOUV	GPMM	GPMM	Aucun

Tableau 2 : Propriétaires, gestionnaires et statut des sites étudiés (LAMBRET, comme.pers)

2. Période de suivi

Les manipulations de terrain se sont étalées sur une période de 4 mois, de mars à juin, c'est-à-dire durant le développement des larves et jusqu'à la fin de la période de reproduction de l'espèce. Cela a permis dans un premier temps de prélever les larves de l'espèce afin d'estimer la probabilité d'en observer sur chaque site. Nous avons également pu prélever d'autres espèces animales aquatiques qui peuvent être considérées comme compétitrices, proies ou prédatrices. Dans un deuxième temps, le fait de continuer le suivi jusqu'à la période de reproduction, va permettre d'étudier la végétation dans laquelle pond *L. macrostigma* et de poursuivre le suivi hydrologique jusqu'à la fin de mon stage afin d'observer l'évolution des mares jusqu'à leur assèchement.

3. Variables étudiées

Différents facteurs ont été mesurés afin de connaître leur variabilité suivant les sites étudiés. Les données récoltées permettront ainsi de mettre en évidence les variables ayantt un lien avec la présence de larves de *L. macrostigma*.

Tout d'abord, le zooplancton, une variable importante car c'est la première ressource trophique au cours du développement de la larve de *L. macrostigma*.

J'ai également réalisé différentes mesures sur les hydrophytes présentes dans chaque mare, plantes supposées servir d'abris aux larves et minimiser la prédation ou au contraire l'accentuer si la couverture n'est pas assez importante.

L'étude de la densité des proies, compétiteurs et prédateurs a été réalisée dans une même session avec des prélèvements sur chaque site. Cette session a également permis de prélever des larves de libellules qui ont été identifiées au laboratoire afin d'obtenir une estimation de la densité larvaire de *L. macrostigma*.

Le suivi des hélophytes, autrement dit des plantes hôtes pour la ponte des imagos peut aussi être une variable importante. Cette variable va nous permettre de différencier les sites en fonction de leur structure végétale. C'est ainsi que nous pourrons savoir si la présence ou non de certaines de ces espèces de plantes va influencer la présence/absence des larves.

Pour terminer, j'ai réalisé un suivi hydrologique de chaque site pour connaître l'évolution de différents critères : la conductivité, le niveau d'eau, le pH et la turbidité.

a) Prélèvement et comptage du zooplancton

Pour mesurer la densité du zooplancton, j'ai utilisé un cylindre en plastique de 20 cm de diamètre et 60 cm de haut équipé d'un système de fermeture au bas que j'ai introduit verticalement dans l'eau. Huit réplicats ont été réalisés aléatoirement. Pour ce faire, un bâton était lancé en l'air en le faisant tourner ; une fois tombé à terre, il indiquait la direction à prendre. Puis, afin de tirer aléatoirement une distance à parcourir, un chronomètre digital était démarré puis arrêté. Les chiffres indiqués étaient additionnés et donnaient le nombre de pas, (ex : s'il affiche 145, on additionne 1+4+5=10, soit 10 pas à faire).

Tous les échantillons prélevés ont été conservés dans de l'alcool à 70°. Au laboratoire, chaque échantillon est passé sous une binoculaire et les individus identifiés jusqu'au sous-ordre cladocères (Figure 5) ou copépodes (Figure 6) ou jusqu'à la classe ostracodes (Figure 7). Ils sont ensuite dénombrés pour connaitre leur densité.



Figure 5 : Cladocère (source: http://www.lenaturaliste.net/forum/galerie/image-8414.php)



Figure 6 : Copépode (source : http://www.obs-vlfr.fr/~gaspari/copepodes/)



Figure 7 : Ostracode (source: http://aquariumnaturel.blogspot.fr/2013/01/pas-daquarium-sans-ostracode.html)

b) Suivi des hydrophytes

Le suivi des hydrophytes a été réalisé pendant le développement larvaire. J'ai utilisé un quadrat de 50x50 cm pour mesurer le recouvrement de la végétation et sa hauteur avec un mètre ruban en réalisant huit réplicats. La hauteur a permis de donner une moyenne de la hauteur de la végétation sur le site. Pour catégoriser le recouvrement, j'ai utilisé des classes pour chaque quadrat : 0 pour un recouvrement de 0 %, 1=1-25%, 2=26-50%, 3=51-75% et 4=76-100%.

Pour que les huit réplicats soient positionnés de façon aléatoire, la même méthode citée précédemment a été utilisée.

c) Suivi des proies, prédateurs et compétiteurs et des densités larvaires

Pour réaliser ce suivi j'ai utilisé deux méthodes différentes. Tout d'abord j'ai donné 10 coups de filet troubleau de cinq secondes pour échantillonner les larves de *L. macrostigma* et les autres espèces telles que les poissons, les coléoptères aquatiques, les hétéroptères ou encore dans certains cas les crustacés. Un biais potentiel est que certaines espèces détectent plus facilement notre présence et prennent la fuite, sont trop rapides pour les capturer avec un filet troubleau ou encore présentent un rythme biologique nocturne plutôt que diurne. C'est pourquoi, la deuxième méthode consiste à placer des filets verveux de 0,3 cm de maille, 100 cm de long et 30 cm de diamètre sur chaque site pendant 24h pour pouvoir échantillonner ces espèces.

Tous les individus capturés et non identifiables directement sur le terrain ont été conservés en alcool à 70°. Ils ont été par la suite identifiés jusqu'à la famille ou l'espèce pour les poissons. Ils ont ensuite étés placés dans des classes de tailles différentes (en mm) :]0 ; 5],]6 ; 10],]11 ; 20],]21 ; 50],]51 ; + ∞]. Ils ont également été comptés dans chaque classe pour connaître leur densité. Trois catégories ont été créées pour y placer les individus : proies, prédateurs et compétiteurs. Ils y ont été placés en fonction de leur classe de taille et de leur régime alimentaire. La classe]0 ;5] rassemblait des proies et des compétiteurs qui étaient définis si l'individu était carnivore ou non. Par exemple, un Dytiscidae adulte de cette classe est considéré comme compétiteur car carnivore et trop petit pour ingérer les larves de *L. macrostigma*, à l'inverse un Chironomidae sera une proie. Les autres individus classés en proie vont jusqu'à la classe]11 ;20] dans les cas des Ameletidae (Ephéméroptères). Ceux classés en compétiteurs s'étalent jusqu'à la classe]21 ;50] dans le cas des gambusies (poissons). La dernière catégorie est celle des prédateurs, les individus qui y sont catégorisés sont carnivores et y sont représentés dès la classe]6 ; 10] pour les Naucoridae qui est la seule famille de prédateurs de cette classe, les autres prédateurs font partie des classes supérieures.

Les larves de *L. macrostigma* ont été identifiées et comptées pour avoir une estimation de leur densité sur chaque site.

Les prélèvements avec le filet troubleau ont été réalisés aléatoirement avec la même méthode que précédemment.

d) Suivi des hélophytes

J'ai également étudié les plantes hôtes pour la ponte de *L. macrostigma* de mi-juin à fin juin. J'ai classé les mares en deux catégories : 1 si la végétation hôte n'est présente que sur les bords de la mare, et 2 si elle est également présente dans l'eau. J'ai ensuite donné un pourcentage de couverture totale de la végétation sur chaque mare. Pour mesurer la densité de ces plantes, j'ai utilisé le même quadrat que précédemment et j'ai compté le nombre de tige de *Juncus maritimus* (Jonc maritime) et *Bolboschoenus maritimus* (Scirpe maritime). Dix réplicats ont été réalisés, avec tirage aléatoire (toujours selon la même méthode). Si le quadrat tombait dans un endroit sans tiges,

je poursuivais dans la même direction jusqu'à ce que je rencontre une zone avec des tiges.

e) Suivi hydrologique

Il a été réalisé pendant toute la durée du stage, de mi-mars à fin août. Toutes les deux semaines durant cette période, j'ai enregistré la conductivité et le pH de l'eau (limpide quand c'était possible) en plongeant, respectivement, les sondes d'un conductimètre Eutech® imperméable et d'un pH-mètre Eutech® Cyberscan PD 300 dans l'eau.

Le niveau d'eau a été mesuré avec l'une des deux méthodes suivantes : soit avec un piquet en bois planté dans la mare qui nous sert de jalon et est mesuré du haut du piquet jusqu'au niveau de l'eau avec un mètre ruban au centimètre près ; soit avec une règle (Figure 8) qui est une tige métallique sur laquelle sont soudées des tiges transversales tous les 10 cm, ce qui permet une lecture directe du niveau d'eau.



Figure 8 : Photo d'une règle pour me mesurer le niveau d'eau (source: personnelle)

La turbidité a été mesurée avec l'aide d'un disque de Secchi. Un tube en PVC de 70 cm de hauteur et 6,5 cm de diamètre était rempli d'eau du site puis était plongé dans la colonne d'eau une tige en métal de 73 cm de long et graduée tous les 1cm à laquelle est fixé un disque de 5,5cm. Ce disque est marqué d'une croix noire. La lecture se faisait en lisant la valeur sur la tige graduée dès lors qu'on ne voyait plus la croix du disque (Figure 9).



Figure 9 : Lecture de la turbidité sur disque de Secchi (source : Personnelle)

4. Traitement statistique des données

Toutes les données récoltées sont entrées dans un fichier Excel et retravaillées pour réaliser des arbres de décisions.

Les données choisies et conservées telles quelles sans aucune modification sont : la conductivité, le pH et la turbidité, la hauteur des hydrophytes, la quantité de zooplancton. Certaines données en revanche ont dû subir une modification pour faciliter l'analyse (réduction du nombre de variables explicatives). Les niveaux d'eau ont permis de définir des catégories pour chaque mare : 0 pour permanente, 1 pour un assec relativement court et 2 pour un assec long. Les individus du cortège faunistique identifiés dans chaque mare ont été réduits en nombre de proies, prédateurs ou compétiteurs. Le nombre de tiges de *B. maritimus* et de *J. maritimus* a été multiplié par la couverture totale. La dernière modification concerne les larves de *L. macrostigma*, en effet il était préférable de les traduire en présence (1) et absence (0) pour chaque mare plutôt que d'y placer leur densité.

Le suivi hydrologique étant réalisé jusqu'en août, j'ai retenu uniquement la période pendant laquelle les larves n'ont pas encore émergées, et sont donc potentiellement sensibles aux variables mesurées La période sélectionnée s'étale donc du 19/03/2014 au 13/05/2014, soit l'équivalent de quatre sessions d'hydrologie. La seule donnée du suivi hydrologique mesurée jusqu'en août et utilisée dans l'analyse est le niveau d'eau, ce qui permet de déterminer l'hydropériode de chaque mare et donc de les catégoriser.

La concentration en oxygène n'a pas été sélectionnée car beaucoup trop variable au cours du temps, en effet, les hydrophytes produisant de l'oxygène grâce à la lumière du soleil enrichit l'eau en O_2. Par conséquent, une mesure réalisée le matin et une mesure réalisée le soir sera sensiblement différente. Si un lien était donc fait entre la concentration d'O_2 et la densité larvaire, elle risquait de ne pas être fiable. On rentre dans le même cas de figure pour la température de l'eau qui est très variable au cours du temps et qui diffère trop en une journée.

La quantité de tiges présentes des espèces hors *J. maritimus* et *B. maritimus*, n'a pas été sélectionnée. En effet *L. macrostigma* présente une préférence pour ces deux espèces lors de la ponte (Lambret P., Besnard A., Gorb S. & Matushkina N. 2014), en revanche *J. acutus* et *P. australis* ne représentent qu'une petite partie des pontes de l'espèce.

Pour réaliser l'analyse, j'ai utilisé le logiciel Statistica v10. Le test comprendra 38 sites et 15 variables.

Résultats

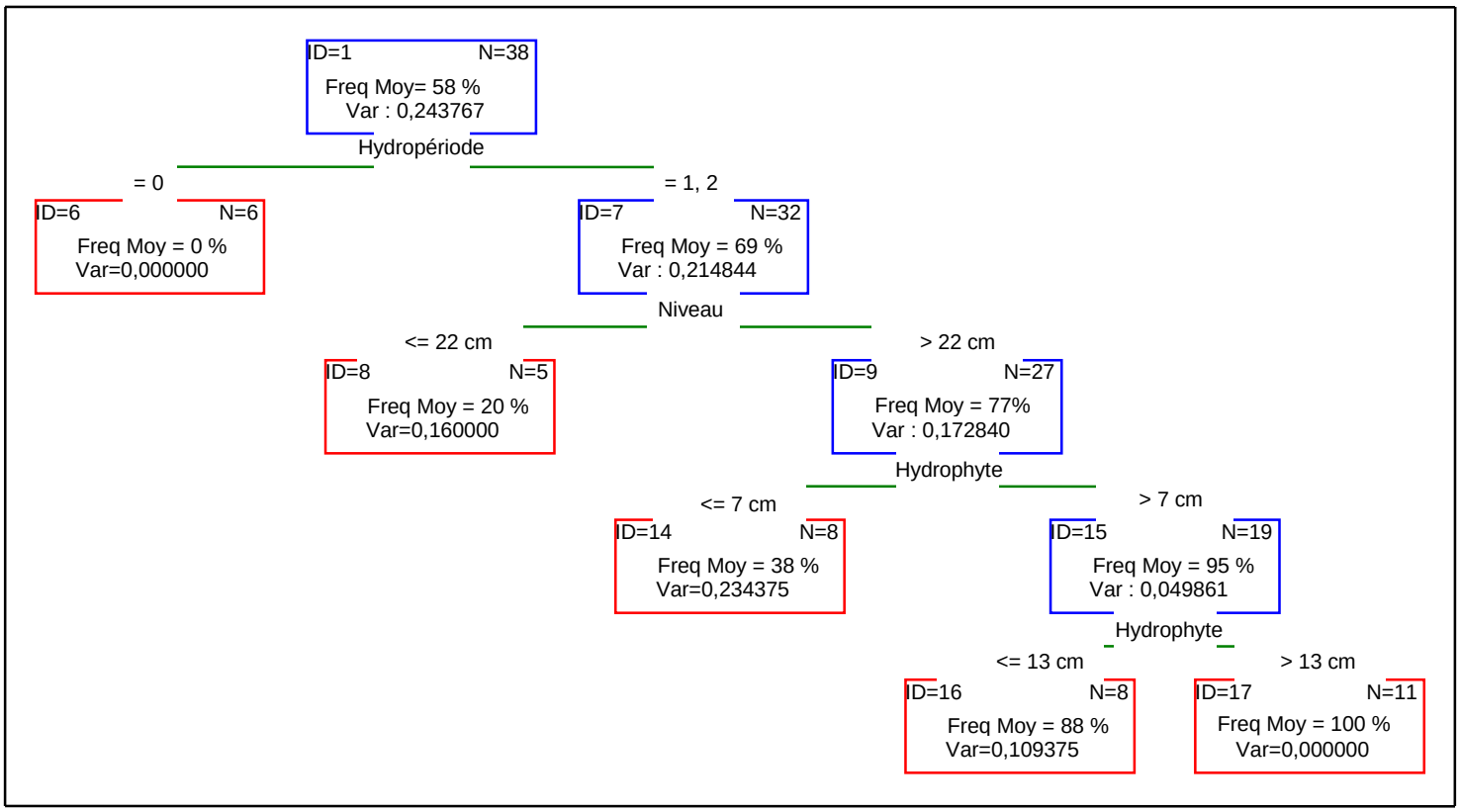


Figure 10 : Diagramme de l'arbre de décision (source : Statistica v10)

Ici Freq Moy correspond à la fréquence moyenne d'observation de larves de *L. macrostigma* sur les 38 mares et Var correspond à la variance prédite de chaque nœud, autrement dit c'est la variance de N qui lui correspond au nombre de sites. Chaque chiffre situé au-dessus des boites est un palier qui va séparer un nœud en deux autres nœuds.

Le but d'un arbre de décisions et de construire celui qui va expliquer le pourcentage le plus important de la variance observée. Dans celui-ci, la corrélation entre les valeurs observées et les valeurs prédites est significative avec une valeur exacte de p de 0,00000000526399223 (avec un alpha de 5%). Ceci revient à dire qu'il y a environ un risque sur 190 000 000 de se tromper en disant que cet arbre explique 62% de la variance observée.

La figure nous montre un arbre à différents niveaux formés de boites. Il y a un total de quatre nœuds non terminaux et cinq nœuds terminaux. Chacun concerne la variable qui va départager au mieux les sites et donner la fréquence moyenne d'observation de larves de *L. macrostigma* dans le type de milieu correspondant. En d'autres termes, cela va prédire une chance d'observer des larves de *L. macrostigma*. Le N de chaque boite indique le nombre de sites qui sont inclus dans celle-ci.

Le premier nœud représente l'hydropériode. Ce nœud est donné automatiquement par Statistica en calculant le pouvoir explicatif de chaque variable, c'est l'hydropériode qui va donc influencer la fréquence moyenne des larves. Si les sites ont un code de 0, donc si la mare est permanente, la fréquence prédite sera nulle, on remarque donc que six sites ne sont pas du tout propices à l'espèce. En revanche si le code est 1 ou 2, la probabilité moyenne d'observation de larves de *L. macrostigma* dans ces 32 mares sera d'environ 69 %.

Pour le deuxième nœud le logiciel nous propose dans un premier temps les prédateurs avec un pouvoir explicatif important. Parallèlement, le niveau d'eau possède un pouvoir explicatif qui est inférieur au pouvoir des prédateurs (Tableau 3). Un gestionnaire ne peut agir sur la présence de prédateurs ou sur la présence des proies, on force donc le logiciel à créer le nœud avec la variable niveau d'eau qu'on peut gérer aisément. Ici si le niveau est inférieur à 22 cm la probabilité, d'observer des larves sera de 20 %, s'il est supérieur à 22 cm, elle sera de 77 %.

Variables	Pouvoir explicatif
Prédateur total	1,564655
Proie	1,446429
Niveau	1,408333
Hydrophytes	1,202273
pH	1,125000
Zooplancton	0,875000
Conductivité	0,489815
Couverture Junmar	0,375000
Couverure hélophytes	0,375000
Turbidité	0,375000
Couverture Bolmar	0,338203
Hydropériode	0,043831
Prédateur poisson	0,017857

Tableau 3 : Pouvoir explicatif des différentes variables pour le nœud 2 (source : Statistica)

Le troisième nœud concerne la hauteur moyenne des hydrophytes qui a également un pouvoir explicatif important. Une hauteur moyenne inférieure à 7 cm va donner une fréquence de 38 %, à l'inverse elle sera de 95 %.

Le dernier nœud correspond à nouveau aux hydrophytes afin de réaliser un deuxième découpage et d'avoir plus de précision. Cette fois la limite est de 12cm. La probabilité d'observer des larves de l'espèce sera de 88 % si elle y est inférieure, et de 100 % si elle y est supérieure.

Il y a 11 sites qui présentent les caractéristiques optimales pour le développement larvaire de *L. macrostigma*.

Dans un deuxième temps j'ai réalisé un intervalle de confiance pour chaque boite afin de savoir s'il y peut y avoir une grande variation dans les résultats prédits.

Numéro de boite	Moyenne	Variance	Ecart-type	Nombre de sites	IC borne inf	IC Borne sup	**Intervalle de confiance α=5%**
ID1	58	0,243767	0,49372766	38	57,84301732	58,1569827	[57,84; 58,16]
ID6	0	0	0	6	0	0	[0 ; 0]
ID7	69	0,214844	0,46351268	32	68,83940105	69,1605989	[8,84 ; 69,16]
ID8	20	0,16	0,4	5	19,64938454	20,3506155	[19,65 ; 20,35]
ID9	77	0,17284	0,4157403	27	76,84318185	77,1568181	[76,84 ; 77,16]
ID14	38	0,234375	0,48412292	8	37,66451993	38,3354801	[37,66 ; 38,34]
ID15	95	0,049861	0,22329577	19	94,89959398	95,100406	[94,90 ; 95,10]
ID16	88	0,109375	0,33071891	8	87,77082349	88,2291765	[87,77 ; 88,23]
ID17	100	0	0	11	100	100	[100 ; 100]

Tableau 4 : Calcul de l'intervalle de confiance à 5%
(Source : Excel)

On peut remarquer que les intervalles de confiance sont vraiment très petits, il n'y aura pas de grandes variations avec les résultats prédits.

Discussion

Sites	Nœud terminal	Sites	Nœud terminal
BAIIRI	6	BRISCO	16
BAINET	6	MATEMP	16
LAGNAP	6	PALU N	16
MONCAN	6	RELO S	16
PALBOU	6	RELONE	16
TDCIRR	6	TDPELO	16
AMPH03	8	TIRA W	16
FANGOU	8	TRNOUV	16
MARGIR	8	BAIBAS	17
PALCDA	8	CDM	17
TRAFAL	8	CERI M	17
AMPH02	14	CERI S	17
AMPH10	14	MARCAR	17
BAIPES	14	RIZET	17
MAB	14	SAM	17
RELO N	14	SARCEL	17
SALINE	14	TAMARG	17
TDCORS	14	TDH	17
TIRA R	14	TRINCA	17

Tableau 5 : Répartition des sites en fonction des nœuds terminaux

Avec les résultats obtenus et le tableau 4, on montre qu'il y a des sites qui ne sont pas du tout propices au développement larvaire de *L. macrostigma*. Ils sont six au total et sont tous des milieux permanents. Les mares permanentes accueillent un nombre de prédateurs plus important, notamment des poissons. On pourrait donc penser que la densité de prédateurs peut être une des raisons de la présence ou non de l'espèce. Cette hydropériode peut être modifiée par un gestionnaire, sans pour autant respecter le deuxième critère important pour l'espèce : le niveau d'eau.

Ce dernier peut lui aussi être maîtrisé par un gestionnaire. Il faut savoir faire rentrer de l'eau au bon moment dans la mare, donc entre septembre et novembre et faire en sorte qu'elle soit sèche au moment des pontes. Le niveau d'eau est très important pour l'espèce, on se rend compte qu'il y a une grande différence de la probabilité d'observation si le niveau d'eau est supérieur à 22 cm ou y est inférieur. La présence d'eau n'est pas dissociable de celle des larves, s'il n'y a plus ou peu d'eau avant les émergences toutes les larves vont mourir.

Cette variable est liée à la suivante : un niveau d'eau important va permettre d'accueillir plus d'hydrophytes. La densité de celle-ci départage relativement bien les sites entre eux, on constate une différence importante de la probabilité d'observation. L'explication pourrait être que les hydrophytes servent d'abris aux larves. De plus pour un prédateur, une densité importante des hydrophytes pourrait être handicapante :

généralement plus grand que ses proies, il pourra avoir du mal à se déplacer ou à les capturer.

Nous avons pu remarquer au cours de l'étude que les larves se tiennent plutôt dans la végétation que sur sédiment nu (Tableau 6). Les captures ont été faites sur le site de TIRA R où il y a très peu d'hydrophytes présentes (recouvrement inférieur à 5%)

Nb larves végétation	Nb larves sédiments
44	0
24	0
9	4
27	0
9	1
2	0
20	0
21	0
13	0
12	1
7	0
10	0
6	0
2	0

Tableau 6 : Nombre de larves de *L. macrostigma* capturées en fonction du substrat sur le site de TIRA R (source : Excel et Statistica)

La hauteur des hydrophytes pouvant passer du simple au double, j'ai choisi à nouveau cette variable pour représenter le dernier nœud de l'arbre. Ce choix permet d'obtenir plus de précision sur les besoins des larves par rapport à la hauteur de la végétation et de confirmer les affirmations du nœud précédent : plus la hauteur des hydrophytes sera importante, plus la probabilité de contacter des larves de *L. macrostigma* sera élevée.

Au final, sur les 38 sites étudiés, on peut dire qu'il y en a 19 qui sont vraiment très favorable à l'espèce. Néanmoins on peut observer quelques défauts de l'analyse. En effet, le site MARTEMP se situe dans le nœud terminal 16, ce qui veut dire qu'il est censé posséder une forte probabilité d'observation de larves de *L. macrostigma*, or lors de l'échantillonnage nous en avons relevés seulement trois. Il en est de même pour RELO S, PALU N, TDPELO, BAIBAS, TINCA et CDM.

Cela s'explique dans un premier temps par le fait que les densités ont été traduites en présence/absence, le logiciel ne fera donc pas la différence entre une densité importante ou faible. Dans un deuxième temps, on peut l'expliquer par le fait qu'il y a certainement d'autres variables qui jouent sur la présence des larves, variables qui n'ont pas été mesurées ou qui ne sont pas mesurables.

Les résultats obtenus montrent que la conductivité ne semble pas avoir d'importance dans le développement larvaire de *L. macrostigma*, pourtant cette espèce est qualifiée de dépendante des eaux saumâtres (*e.g.* ROBERT, 1958 ; PLATTNER, 1967 ; D'AGUILAR & DOMMANGET, 1998 ; JÖDICKE, 1997). On pourrait l'expliquer par le fait que notre plan d'échantillonnage ne comprenait aucun milieu temporaire doux ou très salé.

Les facteurs qui vont être propices au développement, selon l'arbre de décisions, sont gérables pour un gestionnaire. S'il souhaite préserver cette espèce, il pourra aisément gérer différentes mares en faisant varier le niveau d'eau et les hydropériodes nécessaires aux dates clés du cycle de vie de *L. macrostigma*. Les hydrophytes ne peuvent pas être gérées directement mais le sont indirectement. Une mare où le niveau d'eau et la période de mise en eau sont suffisants va accueillir une plus grande quantité d'hydrophytes qu'une mare avec une hydropériode courte et un faible niveau. Cependant, le site TIRA R est dépourvu d'hydrophyte mais présente pourtant une densité larvaire importante, on pourrait donc supposer qu'il y ait ici un lien avec une autre variable telle que la conductivité.

Conclusion

L'étude menée avait pour objectif de déterminer l'effet des facteurs biotiques et abiotiques sur la présence ou absence des larves de *L. macrostigma*. A travers une session de terrain de quatre mois et divers échantillons analysés, j'ai pu obtenir des résultats probants. Les facteurs qui vont faire varier le plus la densité larvaire sont au nombre de trois. Le plus important est l'hydropériode de la mare. Si une mare s'assèche avant la date clé des émergences de *L. macrostigma*, c'est-à-dire avant fin mai, toutes les larves présentes ne survivront pas. C'est le critère le plus important à prendre en compte pour un gestionnaire. En revanche, il ne faut pas que la mare soit permanente car il y aurait une densité de prédateurs plus importante. De plus une mare permanente permettrait un développement plus important de *P.australis* qui pourrait au fil du temps former une roselière et nuire à la ponte de l'espèce.

Vient ensuite le niveau d'eau, deuxième critère important. Il faut un niveau d'eau suffisamment conséquent pour les larves, cela permettra non seulement d'obtenir une probabilité d'observation des larves plus importante, mais aussi d'avoir une meilleure ressource trophique. De plus un niveau d'eau satisfaisant favorisera le développement des hydrophytes qui pourront servir d'abris aux larves, ce qui minimisera la prédation dans les mares pour lesquelles la couverture végétale est suffisante.

Pour résumer, si un gestionnaire veut qu'une mare soit la plus propice à l'espèce, il faut une hydropériode de novembre à fin mai, un niveau d'eau supérieur à 22 cm au moment des éclosions jusqu'à la fin des émergences donc de mars à fin mai, et une hauteur d'hydrophyte supérieure à 7 cm.

Cette étude permet d'améliorer les connaissances sur l'espèce et d'avoir une idée de la gestion qu'il faut réaliser pour la préserver. En revanche, il est certain que tous les facteurs biotiques et abiotiques n'ont pas pu être étudiés pendant la durée du stage. Il est également fortement probable qu'il y ait des variables non mesurables et d'autres qui sont fortement corrélées. Cette étude serait donc à compléter par une autre, où d'autres facteurs seraient étudiés afin de pouvoir collecter plus d'informations.

L'étude prévue l'année prochaine va permettre par exemple d'étudier les taux de survie et de croissance des larves grâce à un élevage en conditions contrôlées avec deux niveaux de salinités différents et avec présence et absence de proies, compétiteurs et prédateurs. Cela va donc permettre de répondre à une première interrogation qui n'a pas pu trouver de réponse pendant cette étude : la densité et le développement larvaire de *L. macrostigma* sont-ils liés à la conductivité ?

Références bibliographiques

AGUESSE P., 1955. Note préliminaire sur les Odonates de Camargue. *Terre et vie*, 9 : 287-309.

AGUESSE P., 1960. *Contribution à l'étude écologique des Zygoptères de Camargue*. Thèse de
doctorat. Sciences naturelles, Faculté des Sciences de l'Université de Paris, Imp. CRDP Aix-en-
Provence. 156 pp.

d'AGUILAR J. & DOMMANGET J.-L., 1998. *Guide des Libellules d'Europe et d'Afrique du Nord*.
Delachaux et Niestlé, seconde édition, 463 pp.

DIJKSTRA K.-D. B., 2007. *Guide des libellules de France et d'Europe*. Delachaux et Niestlé, 320 pp
(traduit de l'anglais Dijkstra 2006)

(Eversmann, 1836) dans le Vaucluse (84) et observation de l'espèce en 1988 dans les Bouchesdu-
Rhône (13) (Odonata, Zygoptera : Lestidae). *Martinia*, 5 (3) : 64.

JÖDICKE R., 1997. *Die Binsenjungfern und Winterlibellen Europas*. Neue Brehm Bücherei,
Magdeburg, 277 pp.

LAMBRET P., 2010. Dynamique d'une population d'adultes de *Lestes macrostigma* (Eversmann,
1836) et implications pour son suivi : l'exemple de la Camargue (Odonata, Zygoptera :Lestidae). *Martinia*, 26 (1-2) : 19-28.

Lambret P., Besnard A., Gorb S. & Matushkina N. (2014) - Oviposition host plants of *Lestes macrostigma*: a preference for the sea-club rush *Bolboschoenus maritimus*? ECOO 2014 - 3rd European Congress on Odonatology, 7-10 July 2014, Montpellier, France. Oral communication

[MONTES C., RAMIREZ-DIAZ L. & SOLER A. G., 1982. Variación de las taxocenosis de Odonatos,
Coleópteros y Heterópteros acuáticos en algunos ecosistemas del bajo Guadalquivir (SW, España) durante un ciclo anual. *Anales de la Universidad de Murcia 38 (1-4) Fac. Ciencias –
Curso 1979-80* : 19-100.]

NIELSEN C., 1954. Notule odonatologiche II – Notizie sul Gen. *Lestes* Leach. *Bolletino dell' Istutio
di Entomologia della Universita di Bologna,* 20 : 65-79

PLATTNER H., 1967. Zum Vorkommen von *Lestes macrostigma* Eversmann, 1836 in Rumänien. *Dt. Ent. Z.,* 14 (3) : 349-356.

ROBERT P.-A., 1958. *Les libellules (Odonates).* Delachaux & Niestlé, Neuchâtel, Paris, 364 pp.

Schiel F.-J., 2013. Larval development of six European *Lestes* species. ICO 2013 - International Congress of Odonatology, 17-21 juin 2013, Freising, Allemagne.

Webographie

ONEM enquête *Lestes macrostigma*, site web : http://www.onem-france.org/leste/wakka.php?wiki=PagePrincipale

OPIE, 2010-2011. Plan National d'Actions en faveur des Odonates, *Lestes macrostigma*, site Web : http://odonates.pnaopie.fr/especes/lestidae/lestes-macrostigma/)

Annexes

Annexe 1 : Calendrier de stage

Annexe 2 : Tableau des tâches

Annexe 3 : Photo de filet troubleau

Annexe 4 : Photo de Filet verveux

Annexe 5 : Tableau de données

Annexe 1

Calendrier de stage

	Mars		Avril				Mai					Juin				Juillet				
Semaine	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Bibliographie																				
Hydrologie																				
Suivi du zooplancton																				
Suivi des hydrophytes																				
Suivi des proies, compétiteurs, prédateurs																				
Suivi des hélophytes																				
Analyse des données																				
Rédaction du rapport																				

Annexe 2

Tableau des tâches

Intervenant	Idée originale	Protocole	Bibliographie	Collecte des données	Analyse en laboratoire	Analyse Statistique	Rédaction
Principaux	PH	PH	PH, AV	PH, AV	AV	PH, AV	AV
Secondaire			TG		SH	GL, JV	

PH : Philipe LAMBRET, technicien de recherche, maître de stage
AV : Alexandre VILAIN, stagiaire
TG : Thomas GALEWSKI, chef de projet
SH : Samuel HILAIRE, technicien de recherche
GL : Gaëtan LEFEBVRE, ingénieur de recherche
JV : Julien VASSEUR, stagiaire

Annexe 3

Filet Troubleau



Source:
http://www.nhbs.com/telescopic_folding_sweep_net_tefno_187063.html

Annexe 4

Filet verveux



Source :
http://boatingonthehudson.wordpress.com/2012/04/05/american-eel-research-project/

Annexe 5

Tableau des données

pres/abs	SITE	Niveau	Hydrop	Cond	pH	turb	hydroph	zoopl	prey	compet	PREDAfish	PREDAtot	cover*HP	coverBOLMAR	coverJUNMAR
0	AMPH02	36	2	13,9	9,1	28	7	1011	9	6	0	5	1355	0	1355
0	AMPH03	14	2	12,7	8,7	18	7	1419	0	0	0	0	2148	0	2148
1	AMPH10	25	2	6,4	8,6	32	6	524	8	11	1	6	131200	1700	129500
1	BAIBAS	42	1	8,2	8,7	30	32	1623	9	7	1	3	0	0	0
0	BAIIRI	13	0	6,7	8,8	16	13	677	106	4	1	5	16100	3050	13050
0	BAINET	16	0	5,8	7,9	21	15	2384	125	12	0	4	24240	10720	13520
0	BAIPES	41	1	21,5	8,2	16	0	246	3	3	0	1	62400	0	62400
1	BRISCO	24	2	14,8	8,4	21	7	1192	7	18	1	6	12320	12320	0
1	CDM	30	1	5,2	8,9	20	15	1531	10	24	0	14	50000	3040	46960
1	CERI M	37	2	5,3	9,6	24	15	278	7	33	0	4	15600	10400	5200
1	CERI S	32	2	8,4	9,9	31	13	1073	10	6	0	3	6540	6540	0
0	FANGOU	21	2	8,2	8,4	30	15	372	8	6	1	38	16200	16200	0
0	LAGNAP	7	0	16,2	8,6	25	3	8	3	1	0	1	15260	15260	0
1	MAB	50	2	8,4	9,4	24	4	1174	7	19	0	2	0	0	0
1	MARCAR	56	2	8,4	8,0	31	20	1374	7	40	0	5	17990	9030	8960
0	MARGIR	13	2	4,0	8,0	29	8	817	0	0	0	0	3840	3840	0
1	MATEMP	30	2	18,1	8,9	11	7	397	9	4	0	3	47840	0	47840
0	MONCAN	62	0	1,8	7,8	41	10	1005	10	0	1	9	0	0	0
0	PALBOU	19	0	1,3	8,0	30	10	1347	12	6	1	7	63600	63600	0

pres/abs	SITE	Niveau	Hydrop	Cond	pH	turb	hydroph	zoopl	prey	compet	PREDAfish	PREDAtot	cover*HP	coverBOLMAR	coverJUNMAR
0	PALCDA	18	1	6,7	8,0	21	15	1098	10	9	1	8	26820	9360	17460
1	PALU N	29	1	6,7	8,3	19	9	1024	15	7	1	6	81840	1040	80800
0	RELO N	27	1	10,1	8,5	20	5	1294	9	10	1	9	8560	8560	0
1	RELO S	34	2	10,3	9,6	20	7	1640	8	4	1	3	6800	6800	0
1	RELONE	34	1	11,0	8,6	24	11	1294	16	21	1	11	1890	1890	0
1	RIZET	40	1	6,4	9,3	32	21	1135	7	91	1	11	2260	2260	0
0	SALINE	43	1	12,6	8,5	19	0	1120	5	5	1	3	16650	1125	15525
1	SAM	24	1	4,4	8,0	24	13	1384	7	6	0	3	51520	2080	49440
1	SARCEL	29	2	8,5	7,7	38	21	3100	8	119	1	7	25200	16700	8500
1	TAMARG	42	2	5,9	9,5	25	21	1109	10	38	0	13	8100	8100	0
0	TDCIRR	57	0	28,1	8,0	19	6	2886	10	4	0	5	131500	0	131500
0	TDCORS	25	2	4,6	8,1	28	6	1129	3	1	0	0	22700	300	22400
1	TDH	59	2	16,2	8,6	29	21	1462	32	6	0	1	0	0	0
0	TDPELO	56	2	4,2	8,1	36	12	388	8	70	0	4	15000	3200	11800
1	TIRA R	75	2	19,4	8,5	34	0	1127	3	4	0	2	70200	0	70200
1	TIRA W	36	2	9,1	8,5	25	10	675	8	49	1	7	45300	21900	23400
1	TRAFAL	16	2	12,3	9,9	21	3	603	9	5	0	3	2070	1800	270
1	TRINCA	28	1	2,9	8,4	13	22	1058	5	5	1	4	12240	12240	0
1	TRNOUV	51	2	12,2	8,1	29	11	1457	9	62	0	5	16320	16320	0

Résumé

Afin d'améliorer les connaissances sur la biologie de *Lestes macrostigma*, une espèce protégée par le Plan National d'Actions en faveur des Odonates, un protocole a été mis en place et appliqué pendant la saison odonatologique 2014. Différentes variables ont été étudiées, les hydrophytes, les hélophytes, les prédateurs, proies et compétiteurs. Tout un suivi hydrologique a également été réalisé sur la totalité des 38 sites étudiés. Les données récoltées ont été traitées avec des arbres de décisions afin de savoir quels allaient être les facteurs qui pouvaient influencer la présence ou l'absence des larves. Plusieurs hypothèses ont été formulées et l'analyse fait principalement ressortir trois variables ayant un lien prononcé avec la probabilité d'observation des larves de *L. macrostigma* : l'hydropériode, le niveau d'eau et la hauteur des hydrophytes. Cependant l'étude n'a pas permis de récolter des données concernant d'autres variables et leurs éventuelles covariabilités. Il serait donc intéressant de la compléter en s'orientant vers d'autres variables telles que la conductivité qui semble avoir un lien important avec le développement larvaire de l'espèce.

Mots clés

Odonates - *Lestes macrostigma* - Larves – Densité – Biotiques – Abiotiques – Camargue - Tour du Valat