



Etude des cortèges odonatologiques des lentilles calcaires angevines

Expertise approfondie sur les populations de Cordulies   corps fin (*Oxygastra curtisii* Dale, 1834)



Rapport de stage de Master 2

Expertise Faune Flore,

Inventaires et indicateurs de biodiversité

Année 2012-2013

Rémi Bouteloup

Soutenu en septembre 2013

Maître de stage : CHASSELOUP Pierre

Tuteurs : ROBERT Alexandre & JEANMOUGIN Martin



CPIE Loire et Mauges

Maison de Pays

BP 50048

49602 BEAUPREAU Cedex

Crédits photographiques :

Toutes les photographies : © Rémi Bouteloup

Page de couverture :

En haut à gauche : Cordulie à corps fin (*Oxygastra curtisii* Dale, 1834)

En bas à gauche : Cordulie bronzée (*Cordulia aenea*) fraîchement émergée

REMERCIEMENTS

Je tiens sincèrement à remercier mon maître de stage, M. Pierre Chasseloup, chargé d'action biodiversité qui m'a fait confiance durant ces six mois. Je le remercie d'avoir pris de mes nouvelles régulièrement et de faire en sorte d'être un maître de stage exemplaire. Enfin, merci de m'avoir emmené sur ton terrain, me permettant ainsi de découvrir la flore de la région.

Je remercie également Olivier Gabory, directeur du CPIE Loire et Mayenne, ainsi que l'ensemble de l'équipe pour leur accueil et leur bonne humeur au sein de la structure.

Un grand merci à Emilie Mancel qui m'a accompagné sur le terrain et sans qui les journées de kayak sous la pluie auraient été bien plus longues.

Merci à Olivier Durand et Jérôme Tourneur, chargés d'action biodiversité, pour l'enrichissement naturaliste qu'ils m'ont apporté lors de sorties terrain.

Merci à mes tuteurs scientifiques, Alexandre Robert et Martin Jeanmougin, dont les échanges par mail m'ont beaucoup aidé.

Merci à Anaïs Nguyen The pour m'avoir permis de m'initier à l'animation nature lors du grand défi biodiversité.

Enfin, merci aux propriétaires des plans d'eau pour m'y avoir autorisé l'accès et sans qui l'étude n'aurait pu avoir lieu.

PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL : LE CPIE LOIRE ET MAUGES

Le Carrefour des Mauges est une association qui relève de la loi 1901. Créée en 1980, elle se consacre actuellement entièrement à l'éveil des mentalités et à la prise en compte des problématiques environnementales dans le cadre du développement du Pays des Mauges. L'association obtient son label de « CPIE Loire et Mauges » en 1991 et rejoint ainsi le réseau national des Centres Permanents d'Initiatives pour l'Environnement. Ce label garantit l'engagement des associations dans leur territoire et les valeurs du réseau : humanisme, promotion de la citoyenneté et respect de la connaissance scientifique. Sa mission est désormais d'assurer le développement durable local en initiant des projets, en animant des actions de terrain et en favorisant la concertation entre acteurs.

Avec l'appui du Syndicat Mixte du Pays des Mauges, les dix-neuf personnes qui composent le CPIE Loire et Mauges mettent en œuvre leurs actions prioritairement dans le territoire des Mauges et de Loire mais aussi au-delà de cet espace. Il agit dans les domaines de la sensibilisation et de l'éducation de tous à l'environnement ainsi que dans l'accompagnement technique des collectivités et des privés sur les thématiques de l'énergie & du climat, de la biodiversité, de l'eau et du développement durable. Le CPIE s'appuie sur son expertise technique et scientifique, sa connaissance du territoire et sa proximité avec les acteurs locaux pour mettre en œuvre ses compétences en matière de :

- Recherche et observation (gestion de bases de données, prospections naturalistes...)
- Conseil et assistance technique (aide au montage de dossier, apport de conseils techniques, expertises...)
- Coordination, animation et concertation (animation de groupe de travail, sensibilisation, éducation...)

Le pôle « Biodiversité », dans lequel se déroule l'étude, a pour rôle d'effectuer un inventaire permanent des milieux naturels et des espèces faunistiques et floristiques du territoire. Ces connaissances permettent d'assurer le développement du Pays tout en préservant la biodiversité, de répondre aux demandes des acteurs du territoire sur les questions environnementales et enfin de développer des outils favorisant la transmission des connaissances au plus grand nombre.

SOMMAIRE

I.	Introduction	1
a.	La biodiversité	1
b.	Plan National d'Actions en faveur des Odonates (PNAO).....	1
c.	Contexte de l'étude	2
d.	Objectifs de l'étude	3
II.	Matériels et méthodes.....	5
A.	Matériel biologique : les odonates et <i>Oxygastra curtisii</i> (Dale 1834).....	5
a.	Généralités sur les odonates	5
b.	Description d' <i>Oxygastra curtisii</i>	5
c.	Répartition géographique	6
d.	Habitat.....	6
e.	Statuts de protection	7
B.	Méthodes	7
a.	Présentation des sites d'études	7
b.	Récolte des exuvies.....	8
c.	Suivi des imagos.....	10
d.	Protocole Capture-Marquage-Recapture (CMR).....	11
C.	Analyses de données.....	12
III.	Résultats et interprétations	13
A.	Résultats des inventaires.....	13
a.	Récolte des exuvies	13
b.	Inventaire des imagos	14
B.	Analyses et interprétations.....	15
a.	Paramètres de l'eau.....	15
b.	Indices de diversité et densité	15

c.	Facteurs et conditions d'émergence	17
d.	Identification du cortège odonatologique	19
e.	Comparaison du cortège odonatologique	21
C.	Résultat du protocole de Capture/Marquage/Recapture	22
IV.	Discussion	24
A.	Bilan des sites favorables à <i>Oxygastra curtisii</i>	24
B.	Microhabitat de ponte et d'émergence d' <i>Oxygastra curtisii</i>	25
a.	Microhabitat de ponte	25
b.	Microhabitat d'émergence	25
C.	Cortège odonatologique associé aux lentilles calcaires angevines.....	26
D.	Protocole de Capture-Marquage-Recapture	27
a.	Mouvement de dispersion.....	27
b.	Comportements	27
E.	Conclusions et perspectives.....	28
	Bibliographie.....	29

TABLE DES FIGURES

Figure 1. Carte de répartition d' <i>Oxygastra curtisii</i> (Dale,1834) en France.	6
Figure 2. Carte de répartition d' <i>Oxygastra curtisii</i> (Dale,1834) en Maine-et-Loire.....	6
Figure 3. Localisation des sites d'études (en rouge)	8
Figure 4. Localisation des sites concernés par le protocole de Capture Marquage Recapture.	11
Figure 5. Histogramme en barre des différents indices de diversité et richesse spécifique en fonction des sites d'études.....	15
Figure 6. Diagramme circulaire de la densité moyenne d'exuvie par mètre de berge.	15
Figure 7. Histogramme en barre du nombre d'exuvies récoltées par espèces en fonction de la présence ou l'absence de ripisylve	17
Figure 8 Histogramme en barre du nombre d'exuvies récoltées par espèces en fonction de la pente.	18
Figure 9. Boite à moustache des hauteurs d'émergences (en cm) en fonction des espèces.	18
Figure 10.Histogramme en barre du nombre d'exuvies récoltées par espèces en fonction du support d'émergence.	19
Figure 11. Carte factorielle des relations sites/espèces issue de l'Analyse Factorielle des Correspondance (AFC).	20
Figure 12. Carte factorielle des relations sites/espèces issue de l'Analyse Factorielle des Correspondance (AFC) avec les données de deux cours d'eau du Maine-et-Loire : Le Louet et le Layon.....	21
Figure 13. Carte des individus marqués sur les sites d'étude.....	22
Figure 14. Carte des déplacements des individus recapturés.	23

TABLES DES TABLEAUX

Tableau I. Quantité d'exuvies récoltées par sites en fonction des espèces.	13
Tableau II. Espèces observées cette année à l'état adulte et historiquement dans les différents sites.....	14
Tableau III. Nombre d'espèces ligneuses composant la ripisylve en fonction des sites.....	17

I. INTRODUCTION

a. La biodiversité

Le terme biodiversité fut inventé dans les années 1980 alors que naissait une prise de conscience sur l'extinction des espèces. La convention sur la diversité biologique lors du sommet de Rio de Janeiro en 1992 a introduit pour la première fois la protection de la biodiversité à l'échelle internationale en reconnaissant la conservation de la diversité biologique comme préoccupation commune pour l'ensemble de l'humanité. A partir de cette date, l'union européenne s'est engagée dans la réalisation d'un réseau de sites écologiques dénommé Natura 2000. Ce réseau est la mise en application de la directive « Oiseaux » de 1979 et de la directive « Habitats » de 1992 qui visent à la conservation de la faune et la flore et des habitats d'intérêts communautaires.

En ce qui concerne la faune sauvage en France, les politiques et réglementations visent à assurer le bon état de conservation des populations d'espèces présentes sur le territoire. De ce fait, il est nécessaire de connaître l'état de conservation et la répartition des espèces concernées. Pour les plus menacées, la mise en place de plans nationaux d'actions peut s'avérer nécessaire afin d'accompagner la restauration de ces espèces.

b. Plan National d'Actions en faveur des Odonates (PNAO)

Le plan national d'actions est un outil de protection de la biodiversité appliqué par la France depuis une quinzaine d'années et renforcé suite au Grenelle de l'environnement de 2009. Ces plans ont pour objectifs le maintien du bon état de conservation d'espèces menacées.

Concernant les insectes, deux plans nationaux d'actions sont en cours et concernent d'une part les lépidoptères du genre *Maculinea* et d'autre part les odonates. Au niveau des odonates, 14% des espèces européennes sont en danger critique d'extinction. C'est pourquoi la France a une responsabilité importante pour leur conservation au niveau européen. En effet, la France est le pays ayant la plus grande richesse spécifique d'Europe avec 94 espèces d'odonates (Kalkman *et al.*, 2010 ; Grand *et al.*, 2006) et également le plus fort taux d'endémisme (avec l'Espagne). Le Plan National

d'Actions en faveur des Odonates concerne dix-huit espèces de libellules. Il a été lancé en 2011 par le Ministère en charge de l'Écologie avec les objectifs d'acquisition de données quantitatives sur l'état de conservation des espèces et d'amélioration de celui-ci. Son évaluation est primordiale notamment dans le cadre de plans de gestion et vise à mettre en évidence les facteurs menaçant les populations afin de définir les stratégies et les priorités de gestion et de conservation (Dupont, 2010). Pour mettre en action le plus efficacement possible ce PNAO, il a été décliné à l'échelle régionale.

En Pays de la Loire, le GRoupe d'Étude des Invertébrés Armoricaains (GRETIA) a été chargé de la rédaction d'un plan régional d'actions odonates (PRAO) avec la possibilité d'ajouter des espèces menacées à l'échelle de la région. L'objectif étant de compléter l'état des connaissances sur ces espèces (Dupont, 2010 ; OPIE, 2013).

Sur les dix-huit espèces concernées par le PNAO, neuf sont présentes dans la région. Cependant, six autres espèces menacées localement ont été ajoutées. Le PRAO comporte alors quinze espèces d'odonates : quatre espèces de Zygoptères et onze d'Anisoptères.

c. Contexte de l'étude

L'étude se déroule sur des plans d'eaux calcaires du Maine-et-Loire issus d'anciennes carrières d'extraction. Selon un rapport de l'Union nationale des industries de carrières et matériaux de construction (2000), les zones humides formées par l'abandon de l'exploitation des carrières représentent des espaces colonisés par une faune et une flore souvent menacées par la disparition des zones humides « naturelles ». Dans ces milieux, il est observé une biodiversité très riche dont 45% des espèces d'odonates françaises.

L'étude porte sur l'identification des cortèges odonatologiques associés aux lentilles calcaires angevines. De plus, elle s'inscrit dans la continuité d'une série d'études lancées par le Centre Permanent d'Initiative pour l'Environnement (CPIE) Loire et Mauges ayant pour but d'améliorer les connaissances sur une espèce d'odonate : la Cordulie à corps fin (*Oxygastra curtisii*, Dale 1834). Cette espèce, inscrite sur les Annexe II et IV de la directive « habitats », fait partie des espèces concernées par le Plan Régional d'Actions en faveur des Odonates évoqué précédemment. Une première étude sur l'espèce s'était intéressée à des populations présentes sur l'un des cours d'eau principal des Mauges,

l'Evre (Samson, 2003). Cependant, des recherches élargies aux autres cours d'eau du sud-ouest de l'Anjou n'ont pas permis de retrouver des populations aussi importantes.

Connue pour apprécier presque exclusivement les rivières à courant lent, la Cordulie à corps fin a néanmoins été observée à de nombreuses reprises autour de lentilles calcaires du Maine-et-Loire. C'est pourquoi en 2012, le CPIE Loire et Mauges a engagé une étude sur une ancienne carrière de St-Aubin-de-Luigné, située à proximité quasi immédiate d'un cours d'eau lentique : le Layon. L'étude qui visait à découvrir l'habitat de reproduction de l'espèce, a permis de mettre en évidence sa reproduction au sein de la carrière mais pas le long du Layon (Leroy, 2012). Ce n'est pas la première fois que le cycle de développement de l'espèce est prouvé en milieux stagnants (Doucet, 2009 ; Herbrecht *et al.*, 2006 ; Meurgey, 2006b ; Grand, 2004 ; Guerbaa, 2002 ; Faton *et al.*, 2001 ; Bal, 1996, Klein & Exinger, 1995), cependant de nombreuses interrogations subsistent quant aux facteurs influençant la reproduction sur la carrière. La plupart des études menées sur l'espèce ont permis de démontrer l'importance de la ripisylve et en particulier des aulnes (Herbrecht *et al.*, 2006 ; Samson, 2003), or dans le cas de la carrière de St-Aubin-de-Luigné, les exuvies ont été trouvées à même la roche (Leroy, 2012). Le manque de connaissance sur l'état des populations d'*Oxygastra curtisii* dans la région ainsi que sur sa biologie et son écologie, notamment sur les pièces d'eau fermées, justifie la nécessité de réaliser de nouvelles études pour tenter de combler ces lacunes.

Enfin, dans le cadre d'un projet d'extension du périmètre Natura 2000 « *vallée de la Loire entre Nantes et les Pont-de-Cé* » à la haute vallée du Layon, les chargés d'action du CPIE Loire et Mauges réaliseront en collaboration avec le GRETIA des prospections sur le Layon à la recherche d'exuvies d'*Oxygastra curtisii*. Des échanges sur les résultats des différentes études seront effectués.

d. Objectifs de l'étude

Dans la continuité des précédentes, l'étude vise à comprendre quels facteurs influencent la reproduction de la Cordulie à corps fin en milieux stagnants. De ce fait, l'objectif sera tout d'abord d'identifier à l'échelle de l'ensemble des lentilles calcaires les sites favorables à l'espèce. Sur ce point, Herbrecht *et al.* (2006) ont émis l'hypothèse que l'espèce ne pourrait se reproduire qu'en eaux oligotrophes à mésotrophes (pauvres à moyennement pauvres en nutriments). De plus, ils pensent que

les milieux stagnants doivent comporter une frange boisée constituée d'essences telles que les saules ou les aulnes qui engendrent des méats racinaires immergés accessibles pour les larves et appréciés comme site de ponte. De plus, Chelmick (2009) souligne le fait que la qualité de l'eau n'a probablement pas d'influence sur la présence ou non d'*Oxygastra curtisii* dans les cours d'eau. On peut alors supposer qu'il en sera de même dans les plans d'eau. De ce point en découlent les problématiques suivantes :

- Quels sont les facteurs écologiques favorables à la reproduction d'*Oxygastra curtisii* en milieux stagnants ?
- Quels sont les microhabitats de ponte et d'émergence en cas d'absence de ripisylve ?

D'autre part, l'étude a pour but d'évaluer l'état des populations d'*O. curtisii* présentes sur les lentilles calcaires par la récolte d'exuvies. Ainsi, cela permettra d'avoir une information sur la viabilité de ces populations au sein des milieux stagnants. Par la même occasion, le cortège odonatologique associé aux plans d'eaux calcaires sera caractérisé par l'identification des exuvies récoltées.

Enfin, pour aller plus loin, un protocole de Capture-Marquage-Recapture sur *O. curtisii* aura pour objectif de mettre en évidence les échanges entre certains sites de reproduction, permettant ainsi d'avoir une information quant au fonctionnement de la dynamique des populations. De plus, le protocole permettrait de connaître le taux de survie de l'espèce. L'objectif étant de combler les lacunes soulignées dans le plan régional d'actions odonates (GRETIA, 2012) sur les connaissances des populations de Cordulie à corps fin en milieux stagnants en répondant aux questions suivantes :

- Quelle est la structure des déplacements des imagos entre les différents sites ?
- Les noyaux de populations des lentilles calcaires sont-ils durables et autosuffisants ou s'agit-il d'habitats secondaires colonisés par des géniteurs ayant émigré à cause de phénomènes de compétition ou de dégradation d'habitats types (berges des cours d'eau) ?
- Ces noyaux sont-ils des populations satellites de réservoirs plus conséquents de rivières voisines ?
- S'agit-il de plusieurs petites populations « autonomes » réparties dans chacun des plans d'eau ou bien d'une seule population répartie sous forme d'archipels ?

II. MATERIELS ET METHODES

A. Matériel biologique : les odonates et *Oxygastra curtisii* (Dale 1834)

a. Généralités sur les odonates

Les libellules ont toutes un cycle de vie comparable qui va de l'œuf à la ponte en passant par trois stades de développement : le stade œuf, le stade larvaire et le stade imago. A chacun des stades sont associés des événements fondamentaux dont l'ensemble constitue une génération. Les larves de libellules étant dans nos régions strictement inféodées aux milieux aquatiques et les adultes aux milieux terrestres-aériens, des transformations morphologiques, physiologiques et comportementales vont avoir lieu durant leur cycle de développement (Aguilar *et al.*, 1998 ; Grand *et al.*, 2006). Les différents stades du cycle de développement sont illustrés en annexe 1.

b. Description d'*Oxygastra curtisii*

La Cordulie à corps fin (*Oxygastra curtisii*) fait partie de la famille des Cordulidae. D'une longueur de corps comprise entre 4,7 cm et 5,4 cm, elle est la seule représentante du genre *Oxygastra*. Son identification est assez facile : elle a une coloration générale vert métallique à tendance bronzée sombre. Ces yeux sont eux-aussi verts et elle a un abdomen avec des tâches jaunes médiodorsales allongées bien visibles. (Grand *et al.*, 2006). *O. curtisii* ne peut être confondue, mis à part éventuellement dans le sud de l'Europe où vole *Macromia splendens* qui diffère à la fois en taille et en coloration (Chelmick, 2009).

Les larves et les exuvies d'*O. curtisii* sont difficilement discernables, sur le terrain, de celles des Libellulidae. C'est pourquoi, une collecte et une identification sûre se fait à la loupe binoculaire. L'exuvie se distingue des autres espèces de Cordulidae par la présence d'épines latérales seulement sur les segments 8 et 9. Les épines médiodorsales sont absentes et remplacées par des touffes de poils agglomérés qui peuvent parfois être confondues avec des épines (Heidemann *et al.*, 2002 ; Doucet, 2010).

c. Répartition géographique

Oxygastra curtisii est endémique d'Europe occidentale. Elle devient de plus en plus rare en Afrique du Nord. L'espèce est localement commune en Espagne et au Portugal ainsi qu'à l'ouest et au nord de l'Italie. Disparue des îles Britanniques et des Pays-Bas et pratiquement disparue de Suisse, elle est très rare en Belgique, au Luxembourg et en Allemagne où il ne resterait qu'une seule population à priori stable (Grand *et al.*, 2006 ; Dijkstra *et al.*, 2007 ; Ihobe, 2009 ; Chelmick, 2009).

En France, la Cordulie à corps fin est assez commune dans la région méditerranéenne ainsi que sur la façade atlantique. Elle se raréfie fortement dans la moitié nord-est du pays (Figure 1).

Dans le Maine-et-Loire, l'espèce a été observée sur 33 des 357 communes du département, représentant presque 10 % du territoire de l'Anjou (Figure 2). L'espèce est globalement plus répandue dans l'ouest, où une étude sur l'Evre (Samson, 2003) a permis de mettre en évidence sa présence sur ce cours d'eau.

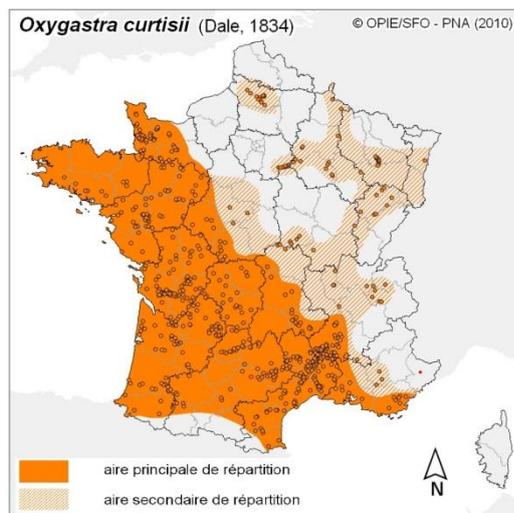


Figure 1. Carte de répartition d'*Oxygastra curtisii* (Dale, 1834) en France. Source ; OPIE/SFO, 2013

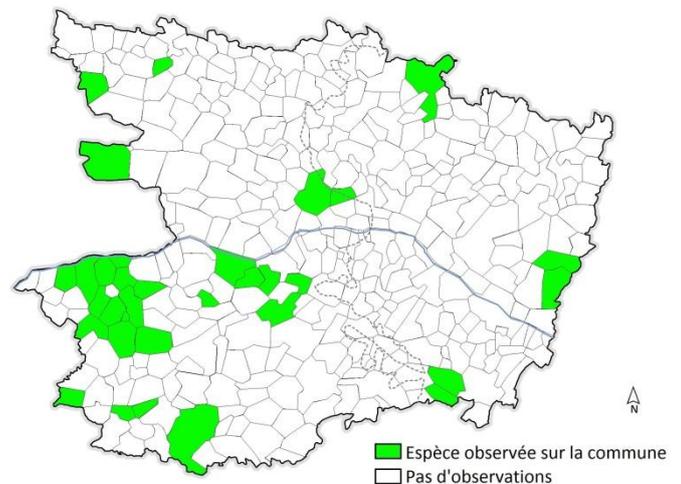


Figure 2. Carte de répartition d'*Oxygastra curtisii* (Dale, 1834) en Maine-et-Loire ; Source ; CPIE Loire et Mauges, 2013

d. Habitat

La Cordulie à corps fin est considérée comme une espèce qui fréquente les parties calmes et profondes des eaux courantes aux rives ombragées. Elle s'y reproduit généralement au niveau de zones bien arborées. Les pontes s'effectuent exclusivement au niveau des berges où les racines des arbres, particulièrement des Aulnes (*Alnus glutinosa*, *Alnus laevis*) (Herbrecht *et al.*, 2006 ; Chelmick,

2009), plongent dans l'eau (Votat, 1993 ; Goffart *et al.*, 2006 ; GRETIA, 2012). Cependant, la reproduction de l'espèce en milieu stagnant est de plus en plus souvent évoquée, au moins en tant qu'habitat secondaire (Herbrecht *et al.*, 2006). L'espèce a été observée à de nombreuses reprises et sa reproduction a été démontrée sur des lacs et plans d'eau d'anciennes carrières, ainsi que sur des gravières (Herbrecht *et al.*, 2006 ; Ternois *et al.*, 2007 ; Leroy, 2012). La plupart des études menées sur l'espèce ont permis de mettre en évidence l'importance de la ripisylve, notamment à l'égard de la ponte et du développement larvaire (Heymer, 1964 ; Leipelt *et al.*, 2001 ; Ternois *et al.*, 2005 ; Douillard *et al.*, 2004).

e. Statuts de protection

Oxygastra curtisii est inscrite sur la Liste Rouge de l'UICN en tant qu'espèce « quasi menacée » (NT) à l'échelle mondiale et européenne. En France, l'espèce est « vulnérable » (VU) (GRETIA, 2012). De plus, du fait de son endémisme, l'espèce bénéficie des statuts de protection suivants :

- Annexe II de la convention de Berne : espèce strictement protégée impliquant l'interdiction de capture, de perturbation et de détérioration des habitats de l'espèce.
- Annexe II et IV de la directive habitat faune flore (2003) : espèce d'intérêt communautaire dont la conservation implique la désignation de Zones Spéciales de Conservation (ZSC) et nécessitant une protection stricte.
- Article II de l'arrêté du 23 avril 2007 : confère à l'espèce une protection à l'échelle de l'ensemble du territoire national.

B. Méthodes

a. Présentation des sites d'études

Sur les terrains de l'ouest du Maine-et-Loire compris géologiquement à l'intérieur des limites du Massif armoricain, des enclaves calcaires se sont insérées dans les schistes sous formes de lentilles alignées depuis St-Lambert-du-Lattay jusqu'à Liré en longeant la rive sud du Layon puis de la Loire. Situées aux portes des terrains acides de Bretagne, c'est à partir du XVII^e siècle que ces lentilles ont

été intensivement exploitées pour fabriquer la chaux devant amender les sols. Les sites d'études correspondent à des plans d'eau formés suite à l'abandon de ces carrières d'extraction. Neuf sites sont situés sur un axe de Montjean-sur-Loire à St-Lambert-du-Lattay et deux autres sont situés plus à l'ouest vers la commune de Liré (figure 3). Le choix de ces sites est lié à diverses observations d'imagos autour de certains plans d'eau ainsi qu'à la découverte de nombreuses exuvies sur deux des sites (Leroy, 2012). Les sites d'études étant privés, l'autorisation d'accès par les propriétaires est nécessaire. Une photographie de chacun des sites d'étude est affichée en annexe 2.

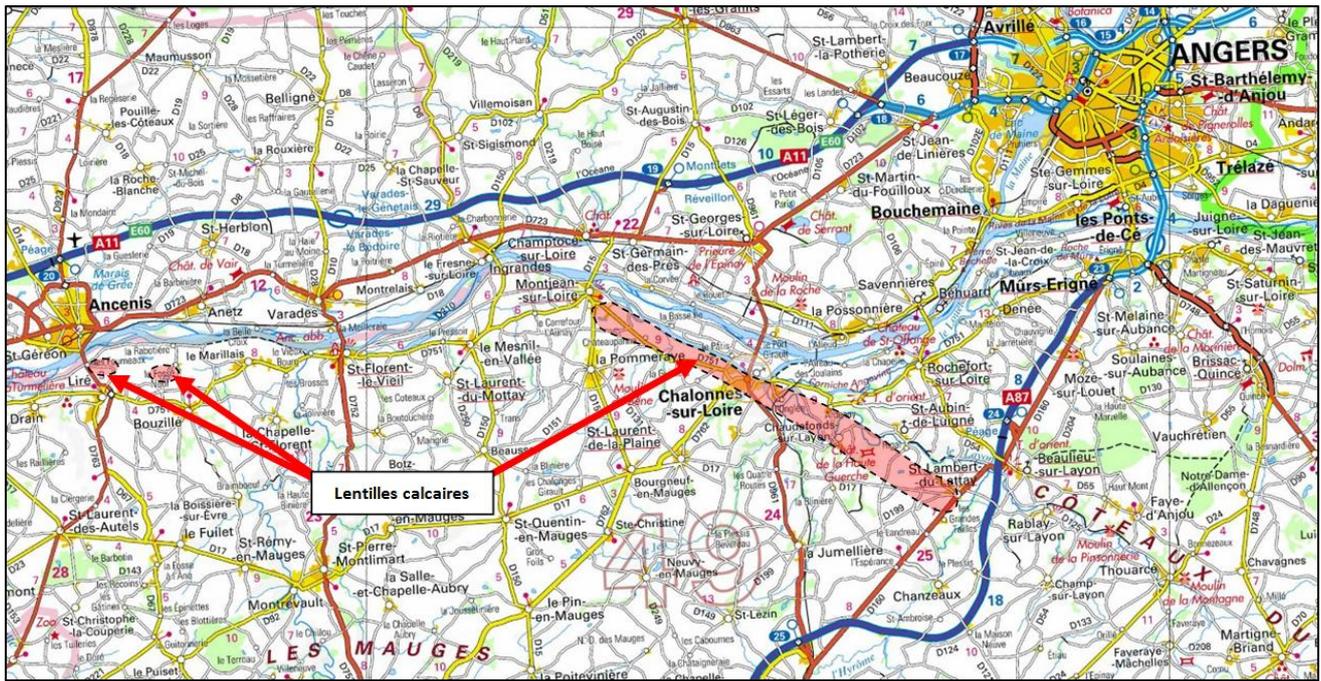


Figure 3. Localisation des sites d'études (en rouge). Source : Géoportail.

b. Récolte des exuvies

L'identification des cortèges odonotologiques associés aux lentilles calcaires est effectuée d'une part, avec la récolte des exuvies trouvées le long des berges et d'autre part, avec des prospections sur et à proximité des sites d'études. L'étude des exuvies comporte de nombreux avantages car elle n'affecte pas les populations d'odonates. De plus, la récolte donne un aperçu de la taille des populations plus fiable que la capture d'adultes et implique un développement complet de l'espèce dans le milieu. Enfin, elle permet de mettre en évidence la reproduction d'espèces discrètes ou difficilement détectables à l'état imaginal (les bons voiliers notamment).

- **Période et conditions de récolte**

Afin d'optimiser la diversité d'exuvies collectées et ainsi d'identifier de façon la plus précise possible les différents cortèges odonatologiques présents dans l'aire prospectée, les recherches d'exuvies doivent s'étaler sur une période la plus large possible. De ce fait, la campagne de relevé s'étale de début mai jusqu'à fin juillet, sachant que sur une saison de suivi, au moins deux à quatre campagnes de récoltes sont nécessaires (Pont *et al.*, 1999). Les campagnes de récoltes se font à intervalles réguliers, en fonction des conditions météorologiques qui influent sur l'émergence des odonates et donc sur le succès des récoltes d'exuvies (Doucet, 2007 ; Pont *et al.*, 1999).

Les jours préférentiellement choisis pour les campagnes de relevé doivent remplir les conditions météorologiques suivantes (Samson, 2003 ; Doucet, 2007 ; Courant, 2010 ; Leroy, 2011) :

- La présence de soleil,
- Des températures comprises entre 20°C et 30°C,
- L'absence de vent,
- Un minimum de deux jours de temps favorable

- **Méthode de récolte**

La récolte d'exuvies s'effectue le long des berges de chacun des sites d'études. Le site d'étude le plus grand étant d'une circonférence d'environ 950 mètres, l'intégralité des berges sont prospectées sur l'ensemble des sites d'études. Du fait des contraintes liées au manque d'accessibilité aux berges et afin d'éviter la dégradation de celles-ci par piétinement, les prospections se font en kayak. Les exuvies récoltées sont ensuite placées dans des piluliers (tubes en plastique) numérotés et complétés d'une fiche de terrain (Annexe 3) comprenant les paramètres suivants :

- Site, date, condition météorologique du jour même et des jours précédents,
- Numéro de pilulier,
- Granulométrie du substrat (bloc, graviers, sable, vase...),
- Type de support (roche, type de végétation...),

- Pente de la berge selon l'échelle suivante :
 1. Faible (entre 0° et 15°), 2. Moyenne (entre 15° et 45°), 3. Forte (entre 45° et 90°), 4. Inverse ($\geq 90^\circ$),
- Hauteur d'émergence (distance en cm entre l'eau et l'exuvie)
- Exposition (Nord, Nord-Est...),
- Nature de la ripisylve (qui permettra d'identifier le microhabitat d'émergence).

De plus, durant la phase de prospection, la qualité de l'eau (concentration en nitrates, dureté, pH, à l'aide de bandelettes EasyTest de marque JBL) et la turbidité (disque de Secchi) ont été relevés.

Une fois récoltées, les exuvies sont placées au congélateur afin d'éviter leur détérioration par d'éventuels insectes logés à l'intérieur. La détermination des exuvies s'effectue à la loupe binoculaire à l'aide des ouvrages suivants : « Clé de détermination des exuvies des odonates de France » de Doucet (2010) et « Larves et exuvies des libellules de France et d'Allemagne (sauf de Corse) » de Heidemann et Seidenbush (2002).

c. Suivi des imagos

Afin d'observer le maximum d'espèces présentes sur les lentilles calcaires, les imagos sont capturés et déterminés sur place tout au long de la période de recherche des exuvies, c'est-à-dire de début mai à fin juillet. De plus, des prospections sont effectuées à pied, sur et à proximité immédiate des sites. Les ouvrages utilisés pour la détermination des imagos sont les suivants : « Les Libellules de France, Belgique et Luxembourg » de Grand et Boudot (2006) et « Guide d'identification des libellules de France, d'Europe septentrionale et centrale » de Wendler et Nüß (1997).

En ce qui concerne *Oxygastra curtisii*, le suivi des imagos a pour objectif l'acquisition d'informations sur les habitats fréquentés par l'espèce ainsi que sur la structure des déplacements individuels. La mise en place d'un protocole de Capture-Marquage-Recapture (CMR) pourrait mettre en évidence les déplacements des individus dans leur environnement. De plus, il permettrait l'apport de nouvelles connaissances du cycle biologique de l'espèce (Samson, 2003), notamment sur la durée de vie de l'adulte. Enfin, une campagne de CMR sur *O. curtisii* permettrait d'étudier et de mettre en exergue les échanges entre les sites de reproduction.

d. Protocole Capture-Marquage-Recapture (CMR)

- **Sites concernés**

Le protocole de Capture-Marquage-Recapture (CMR) s'applique sur quatre sites proches, où des individus d'*Oxygastra curtisii* ont déjà été observés (figure 4). Les sites les plus éloignés sont distants de 1950 mètres et les plus proches de 205 mètres. De plus, les sites étant à proximité de la partie aval du Layon, ce-dernier pourrait être emprunté comme voie de dispersion par les imagos. Le faciès de la rivière sur la zone est peu propice à la reproduction de l'espèce mais cette dernière est suspectée plus en amont.

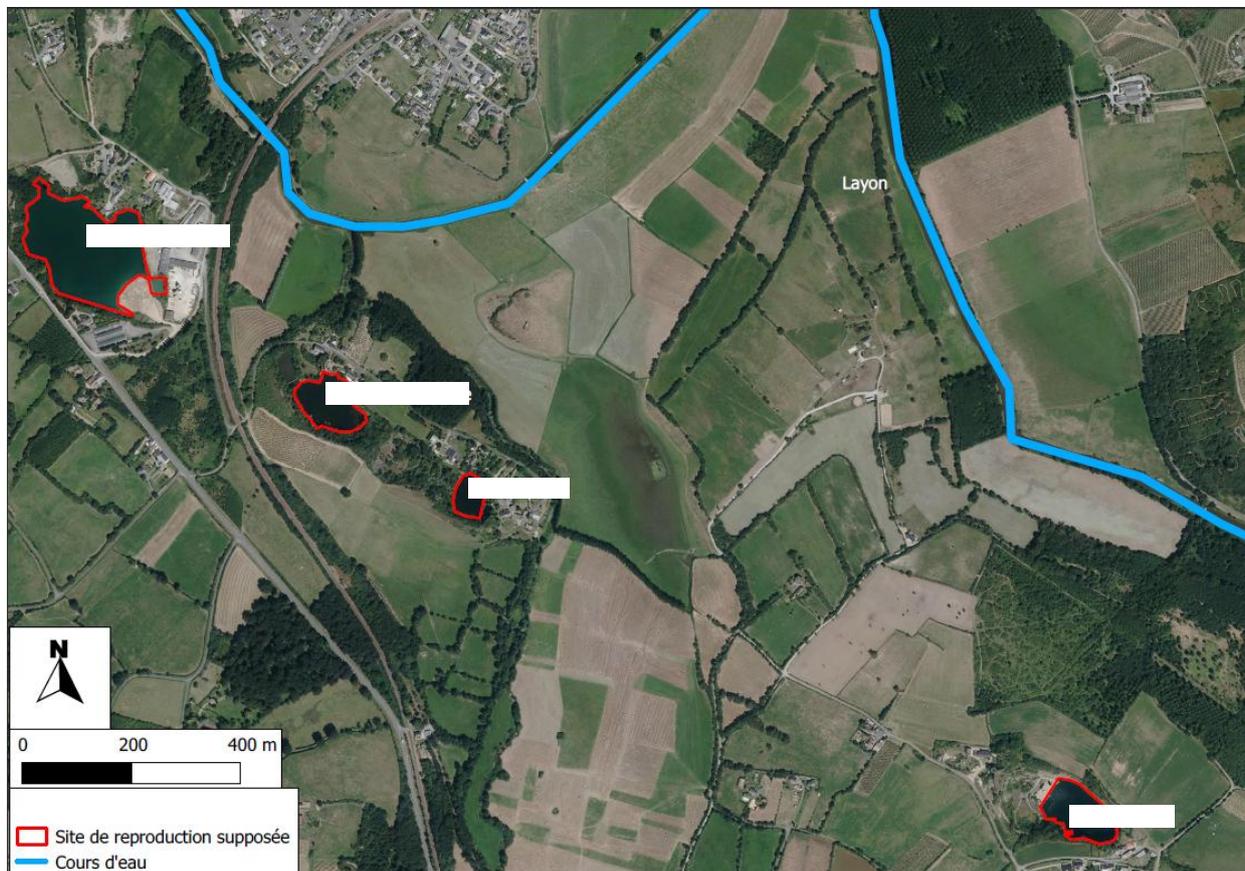


Figure 4. Localisation des sites concernés par le protocole de Capture Marquage Recapture. Source : IGN

- **Méthode**

Le marquage alaire des imagos ne concerne que la Cordulie à corps fin. Il s'effectue à l'aide d'un feutre sur des individus suffisamment mûres. En effet, les individus frais venant d'émerger ne seront pas marqués car, ceux-ci étant trop fragiles, le risque de mortalité dû à la manipulation est trop

élevé. Le choix a été fait de suivre la méthode effectuée par Ladet et Bauvet (2007) qui consiste à inscrire sur l'aile postérieure un nombre propre à chaque individu. Afin de permettre une vérification quant au sexe de l'individu, le choix a été fait de marquer les mâles à l'aile droite et les femelles à l'aile gauche. Des photographies d'individus marqués sont présentées annexe 4. A chaque fois qu'un individu est capturé ou recapturé, sont notés :

- la date, l'heure, le sexe,
- le lieu précis de capture,
- l'état de conservation (bon, moyen, mauvais),
- le comportement de l'individu avant la capture (afin d'apprécier les raisons des déplacements des individus dans leur environnement).

C. Analyses de données

Une fois récoltées sur papier, les données sont mises en forme à partir du tableur Excel puis analysées grâce au logiciel R.

Les indices de diversités sont calculés à l'aide du package « vegan ».

Pour comparer une variable qualitative et une variable quantitative, des tests de Kruskal Wallis sont effectués. Des modèles linéaires généralisés sont ensuite mis en place pour obtenir des détails quant aux différences entre variables. Pour comparer deux variables qualitatives, des tableaux de contingences sont réalisés pour y effectuer ensuite des tests de khi deux.

Les analyses multivariées de type ACP (Analyse en Composante Principale) ou AFC (Analyse Factorielle des Correspondances) sont effectuées dans R avec l'utilisation des packages « ade4 » et « ade4TkGUI ». Celles-ci auront pour objectif de caractériser le cortège odonotologique associés puis de le comparer avec d'autres cortèges odonotologiques.

Concernant l'analyse des données de la CMR, celles-ci sont mises en forme dans Excel à l'aide de tableaux croisés dynamiques puis analysées par le logiciel MARK en utilisant le type de données « Live Recaptures (CJS) ».

III. RESULTATS ET INTERPRETATIONS

A. Résultats des inventaires

a. Récolte des exuvies

L'autorisation d'embarquer sur les différents plans d'eau a été obtenue sur huit sites parmi les onze prévus. En effet, sur deux d'entre eux, les propriétaires n'ont jamais pu être contactés. Sur le troisième, celui-ci a refusé catégoriquement l'accès à son plan d'eau. Le tableau I est un récapitulatif des exuvies récoltées dans les huit sites durant la période du 16/05/2013 au 09/08/2013. A cause de conditions météorologiques défavorables, de l'indisponibilité du kayak et de certains propriétaires, tous les sites n'ont pu être prospectés le même nombre de fois. Cependant, le site n°8 reste le seul site n'ayant été prospecté qu'une seule fois, à la période semblant la plus favorable à la récolte d'exuvies d'*Oxygastra curtisii*. Sur les huit sites prospectés, 2352 exuvies ont été récoltées permettant ainsi d'identifier 13 espèces inégalement réparties sur les sites.

Tableau I. Quantité d'exuvies récoltées par sites en fonction des espèces.

Espèce par site	Nombre d'exuvies	Espèce par site	Nombre d'exuvies
Site 1	Total : 1723	Site 4	Total : 101
<i>Aeshna mixta</i>	28	<i>Gomphus pulchellus</i>	91
<i>Anax imperator</i>	28	<i>Orthetrum cancellatum</i>	10
<i>Anax imperator/parthenope</i>	40	Site 5	Total : 88
<i>Cordulia aenea</i>	26	<i>Anax imperator</i>	1
<i>Crocothemis erythraea</i>	14	<i>Gomphus pulchellus</i>	42
<i>Gomphus pulchellus</i>	717	<i>Libellula fulva</i>	1
<i>Gomphus vulgatissimus</i>	1	<i>Oxygastra curtisii</i>	44
<i>Libellula fulva</i>	2	Site 6	Total : 52
<i>Orthetrum cancellatum</i>	466	<i>Aeshna mixta</i>	51
<i>Oxygastra curtisii</i>	349	<i>Orthetrum cancellatum</i>	1
<i>Sympetrum meridionale</i>	1	Site 7	Total : 9
<i>S. sanguineum ou meridionale</i>	12	<i>Gomphus pulchellus</i>	1
<i>S. striolatum ou meridionale</i>	39	<i>Onychogomphus forcipatus forcipatus</i>	1
Site 2	Total : 234	<i>Orthetrum cancellatum</i>	5
<i>Cordulia aenea</i>	7	<i>Oxygastra curtisii</i>	1
<i>Gomphus pulchellus</i>	32	<i>Sympetrum striolatum ou meridionale</i>	1
<i>Orthetrum cancellatum</i>	1	Site 8	Total : 99
<i>Oxygastra curtisii</i>	194	<i>Cordulia aenea</i>	4
Site 3	Total : 46	<i>Gomphus pulchellus</i>	40
<i>Aeshna mixta</i>	1	<i>Orthetrum cancellatum</i>	5
<i>Anax imperator</i>	1	<i>Oxygastra curtisii</i>	43
<i>Gomphus pulchellus</i>	41	<i>Sympetrum sanguineum ou meridionale</i>	1
<i>Orthetrum cancellatum</i>	3	<i>Sympetrum striolatum ou meridionale</i>	6

b. Inventaire des imagos

L'inventaire des imagos a été effectué sur tous les sites prospectés en kayak et autour d'un autre site accessible sans autorisation. Les résultats de l'inventaire obtenu cette année sont couplés aux données historiques de chacun des sites et affichés tableau II. A noter la rare observation d'*Anax parthenope* sur le site 3.

Tableau II. Espèces observées cette année à l'état adulte et historiquement dans les différents sites.

Les nombres après le nom des sites représentent le total d'espèces observées sur le site.

En bleu clair, les espèces observées uniquement avant 2013. En rose, les espèces observées uniquement cette année.

En violet, les espèces observées cette année et avant.

Site 1	Site 9	Site 7	Site 2
<i>Aeshna mixta</i>	<i>Anax imperator</i>	<i>Anax imperator</i>	<i>Anax imperator</i>
<i>Anax imperator</i>	<i>Aeshna affinis</i>	<i>Calopteryx splendens</i>	<i>Boyeria irene</i>
<i>Calopteryx splendens</i>	<i>Aeshna mixta</i>	<i>Erythromma lindenii</i>	<i>Coenagrion puella</i>
<i>Calopteryx virgo</i>	<i>Calopteryx splendens</i>	<i>Ischnura elegans</i>	<i>Cordulia aenea</i>
<i>Chalcolestes viridis</i>	<i>Calopteryx virgo</i>	<i>Libellula depressa</i>	<i>Gomphus pulchellus</i>
<i>Cordulegaster boltonii</i>	<i>Chalcolestes viridis</i>	<i>Platycnemis acutipennis</i>	<i>Ischnura elegans</i>
<i>Cordulia aenea</i>	<i>Coenagrion puella</i>	<i>Platycnemis pennipes</i>	<i>Libellula quadrimaculata</i>
<i>Crocothemis erythraea</i>	<i>Cordulia aenea</i>	<i>Somatochlora metallica</i>	<i>Orthetrum cancellatum</i>
<i>Enallagma cyathigerum</i>	<i>Cordulegaster boltonii</i>	<i>Sympetrum meridionale</i>	<i>Oxygastra curtisii</i>
<i>Erythromma lindenii</i>	<i>Erythromma lindenii</i>	<i>Sympetrum sanguineum</i>	<i>Platycnemis acutipennis</i>
<i>Gomphus pulchellus</i>	<i>Gomphus pulchellus</i>	Site 3	<i>Sympetrum sanguineum</i>
<i>Gomphus simillimus</i>	<i>Ischnura elegans</i>	<i>Anax imperator</i>	<i>Sympetrum meridionale</i>
<i>Ischnura elegans</i>	<i>Libellula depressa</i>	<i>Anax parthenope</i>	Site 5
<i>Lestes barbarus</i>	<i>Libellula quadrimaculata</i>	<i>Chalcolestes viridis</i>	<i>Aeshna cyanea</i>
<i>Libellula depressa</i>	<i>Orthetrum cancellatum</i>	<i>Enallagma cyathigerum</i>	<i>Aeshna mixta</i>
<i>Libellula fulva</i>	<i>Oxygastra curtisii</i>	<i>Erythromma lindenii</i>	<i>Calopteryx splendens</i>
<i>Libellula quadrimaculata</i>	<i>Platycnemis acutipennis</i>	<i>Gomphus pulchellus</i>	<i>Calopteryx virgo</i>
<i>Orthetrum brunneum</i>	<i>Platycnemis pennipes</i>	<i>Ischnura elegans</i>	<i>Cordulegaster boltonii</i>
<i>Orthetrum cancellatum</i>	<i>Sympetrum fonscolombii</i>	<i>Orthetrum albistylum</i>	<i>Cordulia aenea</i>
<i>Oxygastra curtisii</i>	<i>Sympetrum meridionale</i>	<i>Orthetrum cancellatum</i>	<i>Erythromma lindenii</i>
<i>Platycnemis acutipennis</i>	<i>Sympetrum sanguineum</i>	<i>Oxygastra curtisii</i>	<i>Gomphus pulchellus</i>
<i>Platycnemis pennipes</i>	Site 8	<i>Platycnemis acutipennis</i>	<i>Ischnura elegans</i>
<i>Sympetrum fonscolombii</i>	<i>Anax imperator</i>	<i>Platycnemis pennipes</i>	<i>Lestes barbarus</i>
<i>Sympetrum meridionale</i>	<i>Calopteryx splendens</i>	<i>Sympetrum meridionale</i>	<i>Libellula fulva</i>
<i>Sympetrum sanguineum</i>	<i>Chalcolestes viridis</i>	<i>Sympetrum sanguineum</i>	<i>Orthetrum albistylum</i>
<i>Sympetrum striolatum</i>	<i>Erythromma lindenii</i>	Site 4	<i>Orthetrum cancellatum</i>
Site 6	<i>Ischnura elegans</i>	<i>Anax imperator</i>	<i>Oxygastra curtisii</i>
<i>Anax imperator</i>	<i>Orthetrum cancellatum</i>	<i>Coenagrion puella</i>	<i>Platycnemis acutipennis</i>
<i>Enallagma cyathigerum</i>	<i>Oxygastra curtisii</i>	<i>Gomphus pulchellus</i>	<i>Sympetrum meridionale</i>
<i>Erythromma lindenii</i>	<i>Platycnemis acutipennis</i>	<i>Ischnura elegans</i>	<i>Sympetrum sanguineum</i>
<i>Ischnura elegans</i>	<i>Platycnemis pennipes</i>	<i>Orthetrum cancellatum</i>	
<i>Onychogomphus forcipatus</i>	<i>Sympetrum meridionale</i>	<i>Platycnemis acutipennis</i>	
<i>Orthetrum cancellatum</i>	<i>Sympetrum sanguineum</i>	<i>Platycnemis pennipes</i>	

Espèce observée uniquement avant 2013

Imago observé uniquement en 2013

Imago observée cette année et avant

B. Analyses et interprétations

a. Paramètres de l'eau

Les paramètres de l'eau ont été évalués à l'aide de bandelettes de papier. Les mesures ont été effectuées dans des conditions les plus similaires possibles. Ces paramètres n'étant pas très précis n'ont pas été insérés dans ce rapport et sont affichés en annexe 5.

b. Indices de diversité et densité

Pour comparer les différences entre sites, les indices de diversité de Simpson et d'équitabilité de Shannon ont été calculés en utilisant les données issues de la récolte d'exuvies et sont illustrés figure 5. De plus, la richesse spécifique de chacun des sites a été divisée par dix afin d'être comparable aux indices de diversité (figure 5). L'indice de diversité de Simpson mesure la probabilité que deux individus tirés au hasard appartiennent à des espèces différentes. Il donne donc plus de poids aux espèces abondantes car les espèces rares ne modifient presque pas sa valeur. L'indice d'équitabilité de Shannon permet de mettre en évidence la domination d'une espèce au sein d'un peuplement. Enfin, la quantité moyenne d'exuvies ramassées à chaque passage a été divisée par le périmètre des plans d'eau afin d'obtenir une densité d'exuvie par mètre de berge (figure 6).

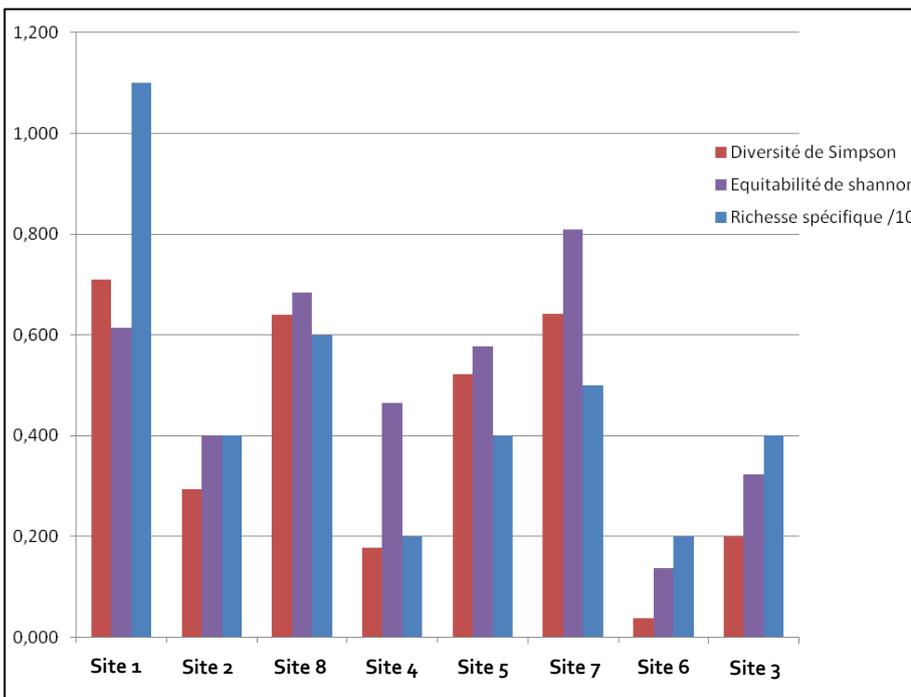


Figure 5. Histogramme en barre des différents indices de diversité et richesse spécifique en fonction des sites d'études.

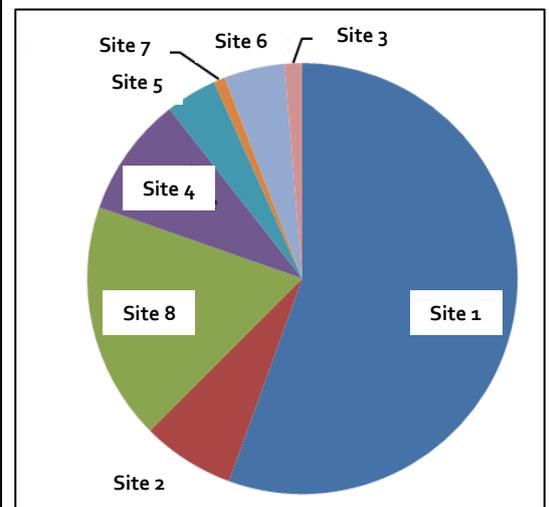


Figure 6. Diagramme circulaire de la densité moyenne d'exuvie par mètre de berge.

Le site 1 est celui dont la récolte d'exuvies a été la plus fructueuse avec 1723 exuvies récoltées (tableau I). C'est le site ayant la plus grande diversité spécifique (11 espèces, figure 5) et la plus forte densité d'exuvies par mètre de berge (0,59, figure 6). Les indices, quoique supérieur à 0,6, permettent seulement d'affirmer qu'il n'y a pas qu'une seule espèce dominante. Cependant, on constate que trois espèces dominent : *Gomphus pulchellus*, *Orthetrum cancellatum* et *Oxygastra curtisii* avec respectivement 717, 466 et 349 exuvies dénombrées (tableau I).

Comme évoqué précédemment, le site 8 n'a pu être prospecté qu'une seule fois. Malgré tout, la récolte a permis de mettre en évidence une forte densité d'exuvies (0,19, figure 6) et une bonne diversité spécifique avec 6 espèces d'Anisoptères (figure 5). A nouveau, les indices d'une valeur assez centrale ne permettent pas de conclure quant à la domination d'une espèce au sein du peuplement. Néanmoins, on constate que deux espèces sont en effectifs importants : *Oxygastra curtisii* et *Gomphus pulchellus* (respectivement 43 et 40 exuvies récoltées, tableau I).

Le site 7 est celui dont la quantité d'exuvies trouvées a été la plus faible avec seulement 9 exuvies. Malgré cela, la richesse spécifique du site est tout de même de 5 espèces. L'indice d'équitabilité de Shannon, supérieur à 0,8, signifie que les espèces ont des abondances très proches au sein du peuplement. Cependant, au vu des effectifs très faibles, cette tendance pourrait s'inverser si ceux-ci étaient plus importants. En effet, on note qu'*Orthetrum cancellatum* représente 55% des exuvies récoltées sur le site.

La diversité spécifique des sites 2, 5 et 3 est de 4 espèces (figure 5). La densité de 0,01 exuvie par mètre de berge à ce-dernier site est quatre fois plus faible qu'au site 5 et sept fois plus faible qu'au site 2 (figure 6). Les indices de diversité, inférieurs à 0,4 sur les sites 3 et 2, permettent d'affirmer qu'une espèce a tendance à dominer au sein du peuplement. En effet, sur le site 2, 194 exuvies d'*Oxygastra curtisii* ont été ramassées sur 234, ce qui représente presque 80% des exuvies du site. Quant au site 3, les exuvies de *Gomphus pulchellus* représentent 89% de la totalité de la récolte. Inversement, sur le site 5, les indices compris entre 0,5 et 0,6, traduisent le fait qu'il n'y a pas une seule espèce dominante. On constate à nouveau la domination de deux espèces : *Oxygastra curtisii* et *Gomphus pulchellus*.

Les prospections sur les plans d'eau des sites 4 et 6 ont permis de récolter des exuvies de 2 espèces différentes par site. Cependant, les indices de diversité de Simpson et d'équitabilité de Shannon sont plus faibles sur le site 6 et traduisent une plus forte domination d'une espèce vis-à-vis de l'autre. Sur le site 4, le *Gomphus pulchellus* est l'espèce dominante à 90% alors que sur le site 6 il s'agit d'*Aeshna mixta* à 98%.

c. Facteurs et conditions d'émergence

- **Conditions météorologiques**

Le mois de mai a été marqué par de fortes intempéries, c'est pourquoi les prospections n'ont pas toujours pu s'effectuer dans les conditions idéales (soleil, températures entre 20°C et 30°C, absence de vent et minimum de deux jours de temps favorable). Malgré tout, des prospections sous la pluie ont permis d'observer entre autre 26 émergences d'anisoptères en une seule journée.

- **Influence de la ripisylve**

Les sites prospectés ont pour la plupart une ripisylve souvent absente ou très peu développée et diversifiée (Tableau III). Cependant, la présence de celle-ci a tout de même été prise en compte dans les microhabitats d'émergence. Il est donc logique de constater que la quantité d'exuvies récoltées en absence de ripisylve est supérieure à celle en présence de ripisylve (figure 7). Il faut néanmoins noter que pour *Oxygastra curtisii* cette différence est bien moins marquée que pour les deux autres espèces récoltées en grand nombre : *Gomphus pulchellus* et *Orthetrum cancellatum*.

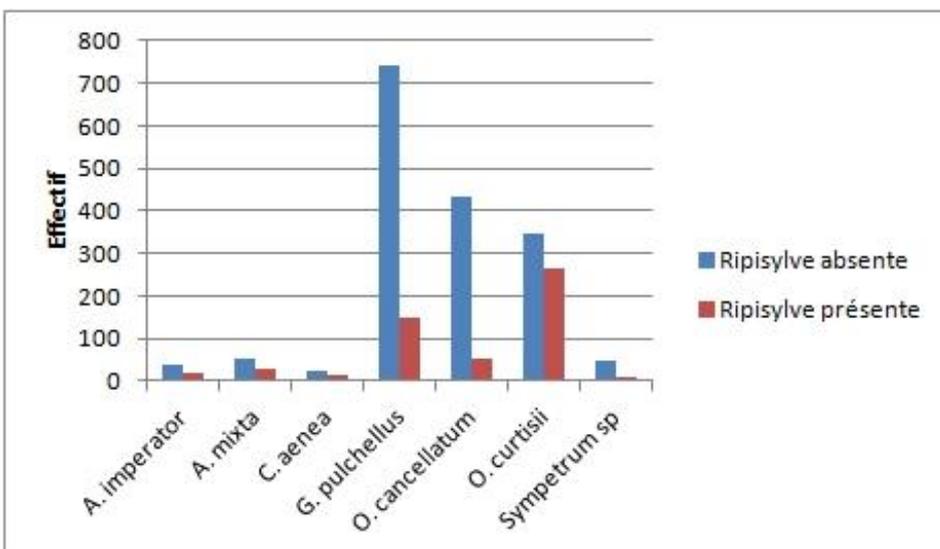


Tableau III. Nombre d'espèces ligneuses composant la ripisylve en fonction des sites.

Site	Nb d'espèces
Site 5	5
Site 2	9
Site 3	5
Site 4	2
Site 8	7
Site 7	1
Site 1	5
Site 6	2

Figure 7. Histogramme en barre du nombre d'exuvies récoltées par espèces en fonction de la présence ou l'absence de ripisylve.

• **Influence de la pente de la berge**

En ce qui concerne la pente de la berge lors de l'émergence, il s'avère que certaines espèces semblent avoir des préférences (p-value = 2,2e-16 ; figure 8). Le modèle linéaire généralisé met en évidence une différence de pente à l'émergence entre *Anax imperator* et *Oxygastra curtisii* (p-value = 0,047) et une tendance différente entre *Anax imperator* et *Orthetrum cancellatum* (p-value = 0,052). Malgré la domination des pentes abruptes sur les sites, on constate que la quantité d'exuvies

d'*Oxygastra curtisii* et d'*Orthetrum cancellatum* récoltées augmente avec l'accentuation de la pente (figure 8).

Ces deux espèces ont même tendance à émerger préférentiellement sur des pentes inverses ($\geq 90^\circ$).

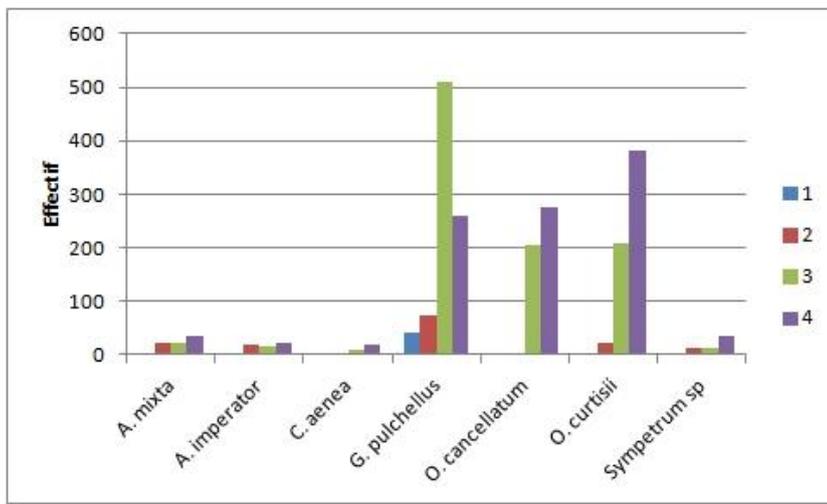


Figure 8 Histogramme en barre du nombre d'exuvies récoltées par espèces en fonction de la pente. 1. Pente faible (entre 0° et 15°), 2. Moyenne (entre 15° et 45°), 3. Forte (entre 45° et 90°), 4. Inverse ($\geq 90^\circ$).

• **Hauteur d'émergence**

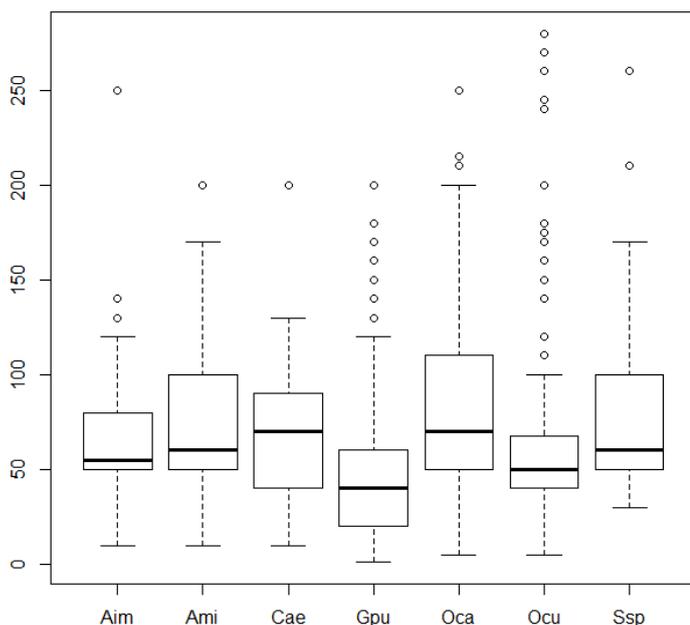


Figure 9. Boîte à moustache des hauteurs d'émergences (en cm) en fonction des espèces. Sont figurés les premiers et neuvièmes déciles, les premiers et troisièmes quartiles, la médiane (en gras) et les valeurs extrêmes.

De la même manière que précédemment, les hauteurs d'émergence sur le support diffèrent selon les espèces (p-value=2,2e-16). Les *Gomphus pulchellus* ont tendance à émerger à des hauteurs plus faibles que les autres espèces d'anisoptères (figure 9).

En ce qui concerne *Oxygastra curtisii*, la hauteur d'émergence moyenne est de 57cm avec des hauteurs maximales observées à 2m80.

- **Support d'émergence**

Les plans d'eau étant issus d'anciennes carrières d'extraction de calcaire, la majeure partie des berges est rocheuse. C'est pourquoi la plupart des exuvies récoltées avaient la roche comme support d'émergence (figure 10). On peut cependant constater une forte diversité des supports d'émergence pour *Gomphus pulchellus* et *Oxygastra curtisii*.

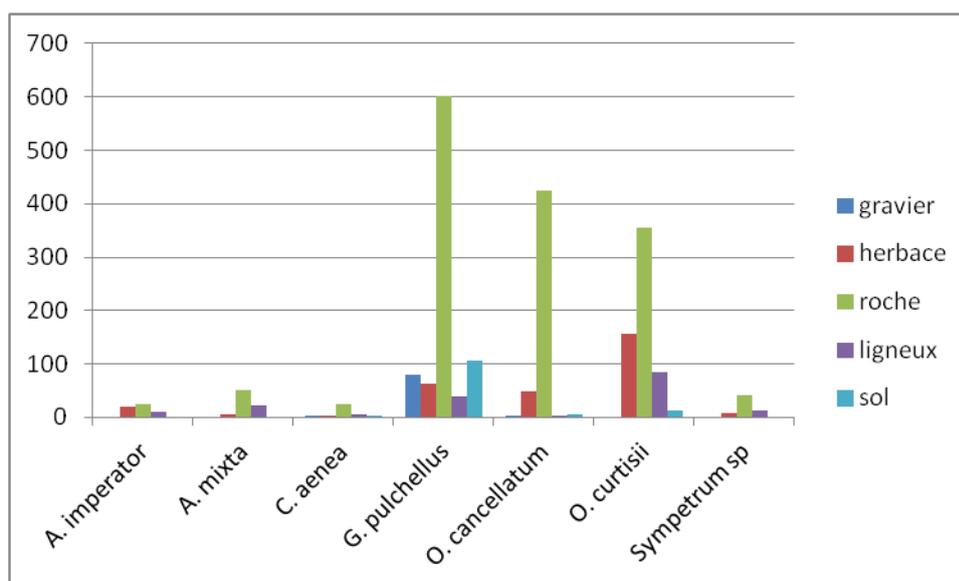


Figure 10. Histogramme en barre du nombre d'exuvies récoltées par espèces en fonction du support d'émergence.

d. Identification du cortège odonatologique

L'identification du cortège odonatologique associé aux lentilles calcaires angevines se fait par l'analyse de la structure de la relation site/espèce. Pour cela, plusieurs analyses factorielles des correspondances (AFC) ont été effectuées : d'une part une AFC avec les effectifs d'exuvies par espèces récoltées sur chacun des sites, d'autre part, une AFC avec la présence/absence d'exuvies d'une espèce au sein des sites. Enfin, une AFC où les données d'imagos observés ont été intégrées, à nouveau avec une présence/absence de l'espèce par site. La quantité d'exuvie récoltée étant très variable entre les sites, le résultat de la première AFC ne permet pas de mettre en évidence le cortège d'espèce, c'est pourquoi il n'a pas été intégré. Le résultat de l'AFC prenant en compte toutes les données (exuvies et imagos) n'a pas non plus été pris en compte, les sites d'études étant pour la plupart situés proche d'un cours d'eau, certaines espèces ont pu être observées sur les sites sans spécialement s'y reproduire. Le cortège odonatologique a pu être mis en évidence à l'aide de l'AFC

qui prenait en considération la présence/absence des espèces au sein des sites. La représentation graphique de celle-ci (figure 11) met en évidence les espèces qui n'ont été retrouvées que sur certains sites telles qu'*Onychogomphus forcipatus*, *Libellula fulva*, *Gomphus vulgatissimus*, *Crocothemis erythraea* (masquée par *G. vulgatissimus*) et enfin *Aeshna mixta*. En effet, graphiquement ces espèces sont situées les plus à l'écart du centre du graphique. Les espèces les plus au centre du graphique (figure 11) sont celles qui ont été rencontrées sur le plus de plans d'eaux calcaires. Ce sont donc ces espèces qui caractérisent le cortège odonatologique des plans d'eaux calcaires. Ces espèces sont les suivantes : *Gomphus pulchellus*, *Oxygastra curtisii*, *Cordulia aenea* (sous l'étiquette d'*Oxygastra curtisii* sur la figure 11), *Sympetrum striolatum* ou *meridionale* et *Sympetrum sanguineum* ou *meridionale*. A ces espèces, on peut éventuellement rajouter *Orthetrum cancellatum* et *Anax imperator*.

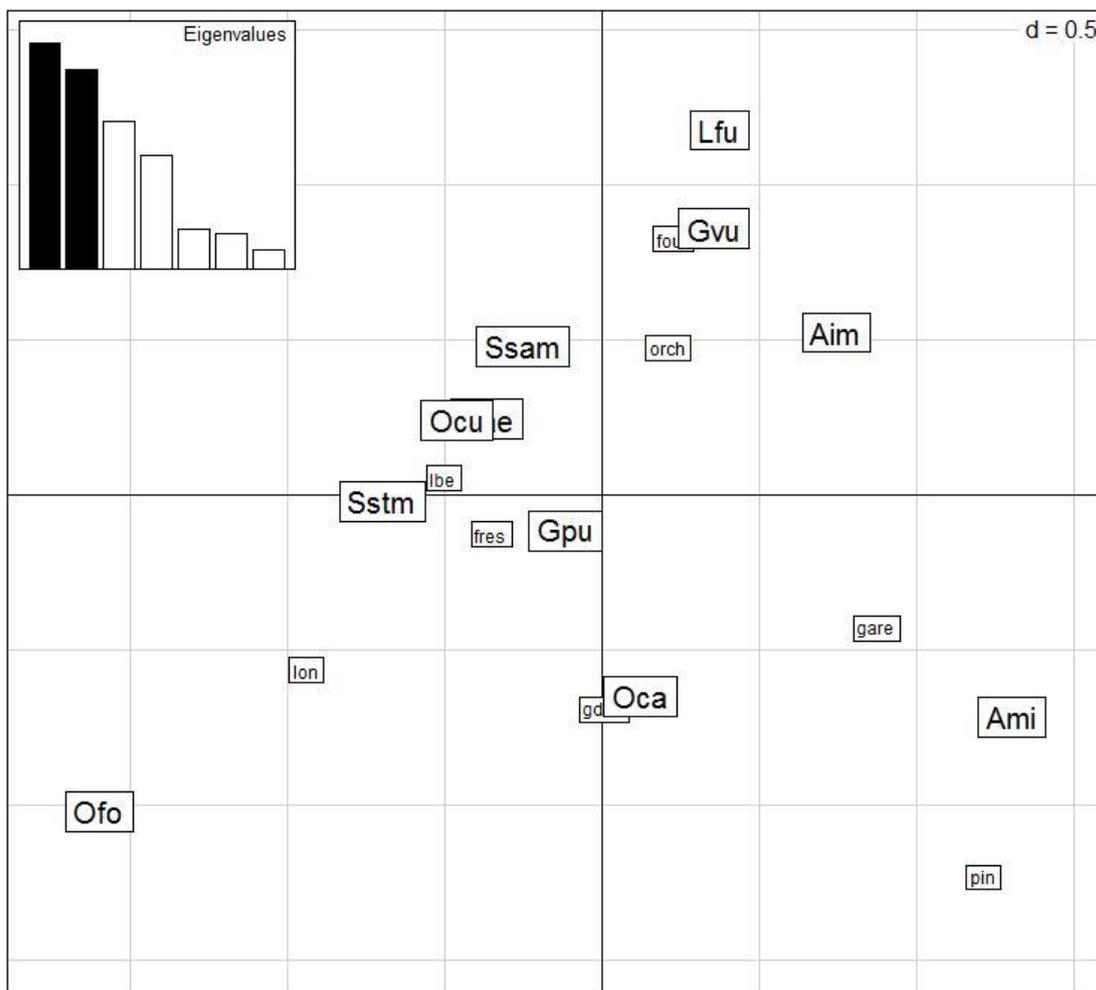


Figure 11. Carte factorielle des relations sites/espèces issue de l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC).

Inertie : axe 1 : 34%, axe 2 : 31%.

Ami : *Aeshna mixta* ; Aim : *Anax imperator* ; Cae : *Cordulia aenea* ; Gpu : *Gomphus pulchellus* ; Gvu : *Gomphus vulgatissimus* ; Lfu : *Libellula fulva* ; Oca : *Orthetrum cancellatum* ; Ocu : *Oxygastra curtisii* ; Ofo : *Onychogomphus forcipatus* ; Ssam : *Sympetrum sanguineum* ou *meridionale* ; Sstm : *Sympetrum striolatum* ou *meridionale*.

e. Comparaison du cortège odonatologique

Pour aller plus loin, les données d’une étude effectuée sur le Layon ont été obtenues et analysées (Leroy, 2012), auxquelles s’est ajoutée une partie des données d’une autre expertise réalisée cette année sur ce même cours d’eau. Enfin, les données d’une étude menée sur le Louet (cours d’eau inséré dans la vallée de la Loire dont l’embouchure dans le fleuve jouxte celle du Layon), qui s’est tenue en parallèle du présent travail, ont été elles aussi mobilisées.

Une AFC sur la présence/absence de chaque espèce sur les sites a été effectuée dans le but de comparer les différents cortèges odonatologiques. Sur sa représentation graphique (figure 12), les deux cours d’eau sont distinctement éloignés et séparés des plans d’eaux calcaires. Trois cortèges différents sont constatés dont certaines espèces appartiennent à plusieurs. En ce qui concerne le cortège

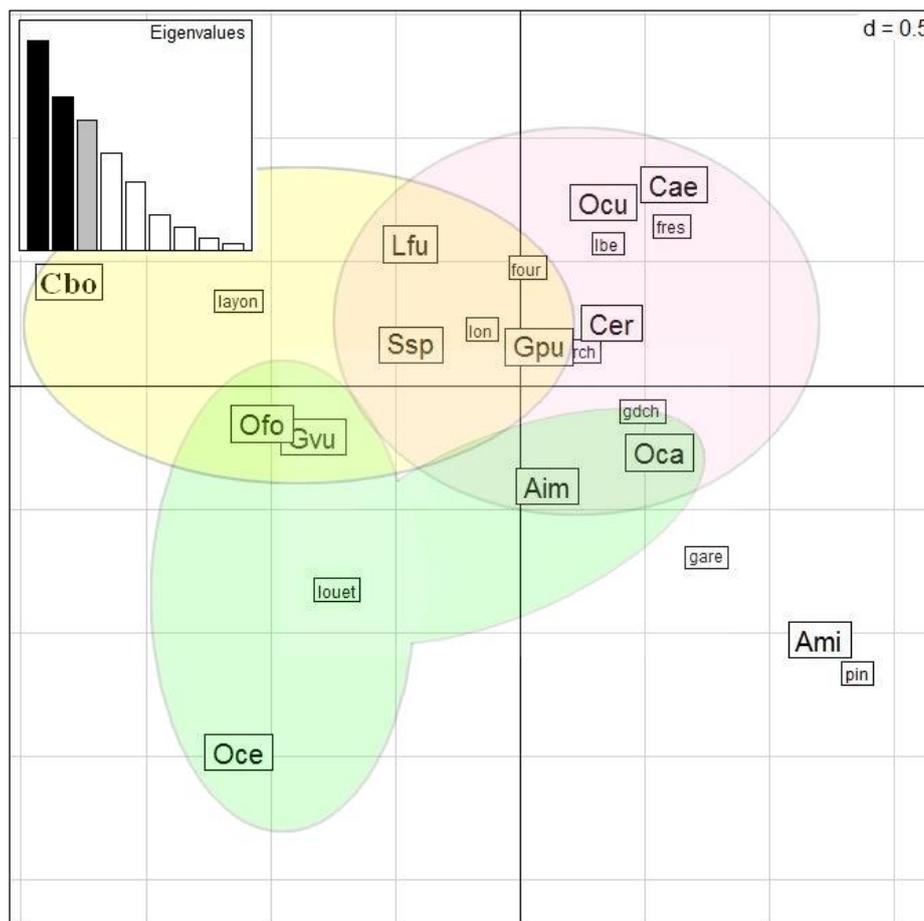


Figure 12. Carte factorielle des relations sites/espèces issue de l’Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) avec les données de deux cours d’eau du Maine-et-Loire : Le Louet et le Layon. Inertie : axe 1 : 42% ; axe 2 : 31%.

En vert : cortège associé au Louet ; En jaune : cortège associé au Layon ; En violet : cortège associé aux lentilles calcaires angevines.

Ami : *Aeshna mixta* ; Aim : *Anax imperator* ; Cae : *Cordulia aenea* ; Cbo : *Cordulegaster boltonii* ; Cer : *Crocothemis erythraea* ; Gpu : *Gomphus pulchellus* ; Gvu : *Gomphus vulgatissimus* ; Lfu : *Libellula fulva* ; Oca : *Orthetrum cancellatum* ; Oce : *Ophiogomphus cecilia* ; Ocu : *Oxygastra curtisii* ; Ofo : *Onychogomphus forcipatus* ; Ssp : *Sympetrum* sp.

odonatologique associé aux lentilles calcaires (en violet sur la figure 12), *Oxygastra curtisii* et *Cordulia aenea* se détachent nettement des autres espèces. Avec *Crocothemis erythraea*, ce sont les trois espèces propres aux lentilles d'eaux calcaires. Le genre *Sympetrum* et *Libellula fulva* sont des espèces associées aux cours d'eau type Layon qui se retrouvent également sur les plans d'eaux calcaires. De même pour *Anax imperator* et *Orthetrum cancellatum* qui appartiennent à la fois au cortège du Louet et des plans d'eaux calcaires. *Onychogomphus forcipatus* et *Gomphus vulgatissimus* sont des espèces exclusivement de cours d'eau car elles sont associées aux cortèges odonatologiques du Layon et du Louet. Enfin, *Cordulagaster boltonii* pour le Layon, *Ophiogomphus cecilia*, *Gomphus similimus* et *Gomphus flavipes* (graphiquement masquées par *O. cecilia*) pour le Louet, sont des espèces propres à ces cours d'eau.

C. Résultat du protocole de Capture/Marquage/Recapture

Le protocole de Capture-Marquage-Recapture s'est déroulé du 24/06/2013 au 02/08/2013 sur les sites 9 et 5. Il a permis de marquer 184 individus, dont 123 mâles et 61 femelles. 24 événements de recaptures ont été effectués à des dates différentes. Cependant, aucune dispersion n'a été mise en évidence, c'est-à-dire qu'aucun individu marqué sur l'un des sites n'a été revu sur un autre site. La figure 13 permet d'apprécier l'emplacement des individus marqués.



Figure 13. Carte des individus marqués sur les sites d'étude. Source : IGN.

Il a été constaté une très forte densité d'individus au nord du site des fours à chaux (figure 13). La distance maximum de déplacement observé n'est que de 214 mètres (figure 14).



Figure 14. Carte des déplacements des individus recapturés ; Chaque ligne modélise le déplacement d'un individu. Source : IGN.

En ce qui concerne les probabilités de survie et de recapture des individus, les simulations de modèles à l'aide de MARK, mettent en avant un modèle. Etant donné que la communication entre les sites d'études n'a pas été mise en évidence, l'analyse des données s'est effectuée en prenant en compte quatre groupes : les mâles et femelles du premier site forment les deux premiers groupes, et les mâles et femelles du second site les deux derniers. Le site 9 a été considéré comme un unique site bien que deux plans d'eau soient présents. La justesse des modèles étant basée sur la valeur d'AIC la plus faible, le modèle le plus proche de la réalité ($AICc = 218,66$; $AICc \text{ Weight} = 0,63$) considère les probabilités de survie et de recapture comme constantes au cours du temps. Ce modèle permet de donner une estimation de ces probabilités : probabilité de survie = 0,94 ; probabilité de recapture = 0,05.

IV. DISCUSSION

A. Bilan des sites favorables à *Oxygastra curtisii*

Oxygastra curtisii a été rencontrée sur sept des neuf sites que comportait l'étude, et ses exuvies ont été récoltées sur cinq sites parmi les huit prospectés (tableaux I et II). Mis à part à le site 7 où une seule exuvie a été trouvée, les effectifs d'exuvies de l'espèce se détachent des autres espèces et sont souvent majoritaires au sein du site (tableau I).

La découverte de l'espèce sur le site 7 constitue une réelle surprise car celui-ci dispose d'une ripisylve très peu développée et composée uniquement de quelques jeunes saules. Or, la présence d'une lisière arborée présentant des essences formant des méats racinaires semble nécessaire à l'espèce (Herbrecht *et al.*, 2006 ; Grand *et al.*, 2006). C'est ce qui pourrait expliquer son absence sur les plans d'eau des sites 4 et 6 où la ripisylve y est très peu développée (tableau III). En effet, le site 4 est situé dans une carrière encore en exploitation, la végétation n'a pas encore eu le temps de s'y développer. En ce qui concerne l'exuvie récoltée sur le site 7, ce dernier étant situé à proximité de sites de reproduction avérée, il pourrait s'agir d'une femelle errante y ayant pondu quelques œufs.

Sur le site 3, des exuvies avaient été récoltées par le CPIE Loire et Mayes en 2012. Cette année, seuls des imagos y ont été observés, les prospections n'ont pas permis de trouver d'autres exuvies de l'espèce. Ceci peut s'expliquer par des fortes pluies qui « lessivent » les berges et font disparaître les exuvies. Ce site semble favorable à l'espèce et il est fortement envisageable qu'au cours du temps, la population d'*O. curtisii* s'agrandisse au sein du site.

D'après Goffart *et al.* (2006), l'état de conservation de l'espèce est jugé favorable si la population locale atteint un effectif minimal de 25 exuvies en juillet. Or, en vue des effectifs d'exuvies récoltées sur les sites 1, 2, 8 et 5, ces derniers abritent des populations viables à long terme. A ces sites s'ajoute probablement le site 9 où des prospections en kayak n'ont pu être effectuées mais où la capture d'individus a été importante. A noter toutefois que cette année sur le site 1, plus du double d'exuvies ont été récoltées par rapport à l'année dernière (156 par Leroy, 2012). Il est le site de reproduction de loin le plus important de l'étude pour l'espèce.

Enfin, des sites peu évolués comme les sites 6, 4 et 7 pourraient à terme abriter des populations d'*O. curtisii* (Ternois *et al.*, 2007).

B. Microhabitat de ponte et d'émergence d'*Oxygastra curtisii*

a. Microhabitat de ponte

Le comportement de ponte d'*Oxygastra curtisii* n'a été observé qu'à une seule reprise. Conformément aux observations de Grand *et al.* (2006), la femelle dépose ses œufs en touchant l'eau de l'extrémité de l'abdomen. Celle-ci n'hésite pas à passer sous les systèmes racinaires afin d'y pondre ses œufs. La ponte s'est effectuée à proximité d'un méat racinaire de saule puis de peuplier. Ces observations sont en accord avec Herbrecht *et al.* (2006). Des photographies des microhabitats de pontes observées sont présentées annexe 6.

b. Microhabitat d'émergence

Les exuvies d'*Oxygastra curtisii* ont été récoltées pour 58% des cas sur la roche (figure 10). Cette observation est très intéressante car elle va à l'encontre des constatations de Samson (2003) et de Ternois *et al.* (2007) dont la majorité des exuvies étaient récoltées sur des supports végétaux. Cependant, lorsque la ripisylve est présente, les exuvies se trouvent majoritairement sur la végétation (figure 7). L'émergence d'*O. curtisii* sur la végétation semble correspondre à un *preferendum* de l'espèce (Samson, 2003 ; Herbrecht *et al.*, 2006 ; Ternois *et al.*, 2007 ; Doucet, 2009). Néanmoins, celle-ci peut se faire sur la roche en cas d'absence de ripisylve.

En ce qui concerne la pente de la berge sur le microhabitat d'émergence, Heidemann *et al.* (2002) signale que les exuvies peuvent se trouver en position verticale ou horizontale. Durant l'étude, il a été constaté une tendance à l'espèce à émerger sur des pentes abruptes voire inverses. Il est arrivé d'observer des exuvies complètement à l'horizontal sous la roche.

Les exuvies ont été récoltées entre 5 cm et 280 cm pour une hauteur moyenne de 57 cm (perpendiculairement à l'eau) et une hauteur médiane de 50 cm. Six exuvies ont été retrouvées à des hauteurs supérieures à 2 mètres, or Heidemann *et al.* (2002) note que la distance entre les exuvies et le rivage ne dépasse normalement pas le mètre. Cependant, Doucet (2009) a récolté des exuvies à

environ 3 mètres de hauteur. Des photographies d'exuvies et d'émergences de l'espèce sont présentées annexe 7.

C. Cortège odonatologique associé aux lentilles calcaires angevines

L'étude a permis de mettre en évidence un cortège d'espèces commun à la majorité des sites ainsi que d'autres espèces présentes ponctuellement sur quelques sites (figure 11). La comparaison de ce cortège d'espèces à d'autres cortèges de milieux complètement différents permet d'apprécier le degré de spécialisation des espèces (figure 12).

La Cordulie bronzée (*Cordulia aenea*) se détache particulièrement des autres espèces pour sa présence uniquement sur les lentilles d'eau. Ces observations sont en accord avec Grand *et al.* (2006) qui décrit l'espèce comme inféodée aux eaux stagnantes de toutes sortes, et exceptionnelle sur les canaux et les parties calmes des rivières. *Aeshna mixta*, quant à elle, se démarque des autres espèces (figure 11 et 12) car elle n'a été observée que sur certains sites. Cependant, son absence dans les autres plans d'eau n'est pas évidente car ses exuvies ont été récoltées tard en saison, à partir du 24 juillet. Sur les sites prospectés après cette date, des exuvies de l'espèce ont toujours été trouvées. L'espèce semble donc très liée aux eaux stagnantes, ce qui est confirmé par Grand *et al.* (2006).

Orthetrum cancellatum et *Anax imperator* sont des espèces qui semblent avoir une préférence pour les milieux stagnants mais pas exclusivement (figure 12). Ces observations sont en accord avec la littérature : Wendler *et al.* (1997) décrit *O. cancellatum* vivant sur les eaux stagnantes pauvres en végétation et parfois sur les parties calmes des cours d'eau. En ce qui concerne *A. imperator*, Grand *et al.* (2006) la dit inféodée aux eaux stagnantes et faiblement courantes.

Libellula fulva, *Gomphus pulchellus* et les espèces du genre *Sympetrum* semblent plutôt généralistes et peuvent être présentes aussi bien en milieux stagnants que sur les cours d'eau lents. Cependant, *Sympetrum meridionale* est une espèce exclusivement liée aux eaux stagnantes (Wendler *et al.*, 1997 ; Grand *et al.*, 2006).

Enfin, *Onychogomphus forcipatus* et *Gomphus vulgatissimus*, qui ont été trouvés respectivement sur le site 7 et 1, sont des espèces qui affectionnent plus particulièrement les eaux courantes. Wendler *et al.* (1997) et Grand *et al.* (2006) décrivent ces deux espèces comme

potentiellement présentes sur les plans d'eau, à condition que l'eau soit propre et bien oxygénée. La présence de ces espèces est donc un bon indicateur de qualité du milieu stagnant. Quelques photographies des espèces rencontrées en émergence sont affichées annexe 8.

D. Protocole de Capture-Marquage-Recapture

a. **Mouvement de dispersion**

Le protocole de Capture-Marquage-Recapture a permis de marquer 183 individus. Une telle quantité n'avait encore jamais été observée en Maine-et-Loire où Samson (2003) et Leroy (2012) avaient marqué respectivement 102 et 31 imagos. Dans tous les cas, le nombre de mâles capturés était supérieur au nombre de femelles.

Malgré tout, aucun évènement de dispersion n'a été mis en évidence. Ceci peut s'expliquer de différentes manières : soit la dispersion entre les sites est très faible ; soit la probabilité de recapture est très faible et ne permet pas de mettre en évidence le phénomène de dispersion ; soit les deux sont très faibles. La probabilité de recapture estimée étant de 0,05, on ne peut strictement rien dire quant à la dispersion entre les sites. A l'inverse, si la probabilité de recapture avait été raisonnablement élevée, il aurait été possible de démontrer une faible dispersion. La probabilité de survie estimée par le modèle de 0,95 signifie qu'entre deux sessions de capture, 95% des individus sont encore en vie.

Au vu de sa grande aptitude au déplacement (Herbrecht *et al.*, 2006) et de la proximité entre les sites d'étude, il est possible d'envisager un fonctionnement de l'espèce en métapopulation même si les échanges entre sites n'ont pu être mis en évidence.

b. **Comportements**

La forte densité d'individus attrapés au nord du site 5 peut s'expliquer par la présence de chardons et de cabarets situés à proximité des zones d'émergence et qui servaient de perchoirs aux individus. Il était très fréquent que lorsqu'un individu posé était capturé, le temps du marquage suffisait à un autre individu pour prendre sa place, et ainsi de suite. La notion de territoire est bien connue chez *O. curtisii* dont les mâles patrouillent le long des berges à la recherche d'une femelle ou pour défendre son territoire (Samson, 2003 ; Grand *et al.*, 2006 ; Leroy, 2012).

E. Conclusions et perspectives

L'étude a permis de mettre en avant la richesse odonatologique des lentilles calcaires angevines. Des populations viables d'*Oxygastra curtisii* ont été constatées sur quatre sites dont le plus riche d'entre eux, le site 1, est menacé par une reprise d'activité qui impliquerait l'assèchement du plan d'eau. Les observations de terrain ont permis de constater la nécessité d'une ripisylve constituée de saules suffisamment développés pour la reproduction et la ponte d'*Oxygastra curtisii*.

L'étude prouve que la présence d'une importante population au niveau d'un milieu lentique n'est pas nécessaire pour observer une reproduction d'*Oxygastra curtisii* en milieu stagnant car aucune autre population n'est connue malgré des prospections sur les cours d'eau proches. C'est pourquoi, pour sa conservation, sa présence en milieu stagnant se doit d'être considérée, notamment par les exploitants de carrières et de gravières (Herbrecht *et al.*, 2006).

L'étude atteint ses limites par le fait que les prospections sur les sites n'ont pu s'effectuer à intervalles réguliers et dans des conditions identiques à cause : du manque de temps (études combinées), de problèmes de kayak (multiples crevaisons) et des mauvaises conditions météorologiques du printemps. L'effort de prospection n'étant pas le même sur les sites, à cause de l'accès qui dépend des propriétaires, ajoute un biais à l'étude. C'est pourquoi, il est délicat de comparer statistiquement les différences entre sites.

Cette étude sur la connaissance d'*Oxygastra curtisii* en milieu lentique s'inscrit à part entière dans le cadre des actions préconisées par la déclinaison régionale du Plan National d'Action Odonates.

Dans la perspective de nouvelles études, et afin de caractériser au mieux les facteurs écologiques favorables à la reproduction d'*Oxygastra curtisii*, il serait intéressant de mesurer avec du matériel adéquat la qualité de l'eau ainsi que de réaliser des inventaires exhaustifs de la végétation aquatique de chacun des sites. La mise en place d'un suivi des populations d'*Oxygastra curtisii* sur les sites permettrait d'apprécier leur évolution comme c'était le cas cette année pour le site 1. Enfin, des recherches génétiques sur l'espèce pourraient permettre de préciser l'origine géographique et le degré de communication entre les populations des lentilles calcaires.

BIBLIOGRAPHIE

- AGUILAR (D') J., DOMMANGET J.-L.**, 1998. *Guide des libellules d'Europe et d'Afrique du Nord*. Delachaux et Niestlé, Paris, seconde édition, 463p.
- BAL B.**, 1996. *Oxygastra curtisii au Roc de Chère : fin provisoire de l'énigme*. *Sympetrum* n°9 : 27-29.
- CHELMICK D.**, 2009. *The Orange-spotted Emerald Dragonfly Oxygastra curtisii (Dale 1834)*. *Dragonfly Society*, Volume 25 No. 2, 10p.
- COURANT S.**, 2010. *Ecologie et gestion des populations de Leucorrhines d'un étang du Saumurois*. Rapport LPO Anjou, PNR Loire-Anjou-Touraine / Mémoire de Master II Eco-ingénierie des Zones Humides et Biodiversité - Université d'Angers (49) : 46p. + annexes.
- DIJKSTRA K-D, LEWINGTON R.**, 2007. *Guide des libellules de France et d'Europe*. Delachaux et Niestlé, Neuchâtel-Paris, 320 p.
- DOUCET G.**, 2007. *Les odonates des tourbières de Haute-Saône (70) : Recherche des différents cortèges et caractérisation des habitats larvaires. Exemple de la Leucorrhine à gros thorax, Leucorrhinia pectoralis (Charpentier, 1825). Quelle méthode pour un suivi en routine de ces milieux ? – Espace Naturel Comtois – O.P.I.E. Franche-Comté, 61 pp + annexes.*
- DOUCET G.**, 2009. *Suivi de l'émergence d'Oxygastra curtisii (Dale, 1834) et de Gomphus graslini Rambur, 1842 sur un étang du centre de la Dordogne*. *Martinia*, vol. 25(4) : 157-164.
- DOUCET G.**, 2010. *Clé de détermination des exuvies des odonates de France*. Société Française d'Odonatologie, Bois-d'Arcy : 64 p.
- DOUILLARD E., DURAND O., GABORY O., SAMSON N.**, 2004. *Du nouveau sur le cycle biologique et l'état des populations de la Cordulie à corps fin (Oxygastra curtisii Dale, 1834) dans les Mauges*. *Mauges-Nature*, Bulletin de synthèse n°6 : 63-67.
- DUPONT P.**, 2010. *Plan national d'actions en faveur des Odonates*. Office pour les insectes et leur environnement / Société Française d'Odonatologie – Ministère de Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de la Mer, 170 pp.
- FATON J.-M. & DELIRY C.**, 2001. *LES ODONATES DE LA CRAU, État des connaissances sur les espèces patrimoniales*. Dossier d'étude pour le CEEP, 34p.
- GOFFART P., DE KNIJF G., ANSELIN A. & TAILLY M.**, 2006. *Les Libellules (Odonata) de Belgique. Répartition, tendances et habitats*. Groupe de Travail Libellules Gomphus/Centre de Recherche de la Nature, des Forêts et du Bois. Série « Faune-Flore-Habitats » n°1, Gembloux : 398 p.
- GRAND D.**, 2004. *Les Libellules du Rhône*. Muséum de Lyon, 256 p.
- GRAND D., BOUDOT J.-P.**, 2006. *Les libellules de France, Belgique et Luxembourg*. Mèze, Biotope, 480p.
- GRETIA**, 2012. *Plan national d'actions en faveur des odonates : Déclinaison Pays de la Loire (2012-2015)*. Rapport pour la DREAL Pays de la Loire, 203 pp.
- GUERBAA K.**, 2002. *Les espèces d'Odonates "remarquables" en Limousin*. *Martinia*, vol. 18(1) : 3-12.
- HEIDEMANN H., SEIDENBUSCH R.**, 2002. *Larves et exuvies des libellules de France et d'Allemagne (sauf de Corse)*. Bois-d'Arcy, Société française d'Odonatologie, 416 p.

HERBRECHT F., DOMMANGET J.-L., 2006. *Sur le développement larvaire d'Oxygastra curtisii (Dale, 1834) dans les eaux stagnantes (Odonata, Anisoptera, Corduliidae)*. Martinia, vol. 22 (2) : 89-94.

HEYMER A., 1964. *Ein Beitrag zur Kenntnis der Libelle Oxygastra curtisii (Dale, 1834)*. Beiträge zur Entomologie, vol. 14(1-2) : 31-44.

IHOBE, 2009. *Sociedad Pública del Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca del Gobierno Vasco, Oxygastra curtisii (Dale, 1834) (Insecta: Odonata: Corduliidae) en la Reserva de la Biosfera de Urdaibai. Estudio de las poblaciones y medidas de conservación de una libélula de interés comunitario*. Bilbao, 70 p.

KALKMAN V.J., BOUDOT J.-P., BERNARD R., CONZE K.J., DE KNJF G., DYATLOVA E., FERREIRA S., JOVIC M., OTT J., RISERVATO E. & SAHLEN G., 2010. *European Red List of Dragonflies. Luxembourg* : Publication office of the European Union. IUCN-EU, : 40 p.

KLEIN J.-P. & EXINGER A., 1995. *Oxygastra curtisii (Dale, 1834), une espèce d'odonate nouvelle pour l'Alsace*. Bulletin de l'Association Philomatique d'Alsace et Lorraine 31 : 93-96.

LADET A., BAUDET C., 2007. *Inventaire des Odonates et suivi des échanges sur les tourbières du Plateau de Montselgues*. Conservatoire Rhône-Alpes des Espaces Naturels, FRAPNA Ardèche, PNR des Monts D'Ardèche, 50p.

LEROY M., 2012. *Étude des cortèges odonatologiques présents sur le Layon et la carrière de l'Orchère*. Rapport de stage, Université d'Angers, 43p.

LEIPELT K.G., SUHLING F., 2001. *Habitat selection of larval Gomphus graslinii and Oxygastra curtisii (Odonata: Gomphidae, Corduliidae)*. - International Journal of Odonatology, 4 (1) : 23-34.

MEURGAY F., 2006b. *Les odonates du département de la Loire-Atlantique. Nouvelles espèces et observations récentes*. Martinia, vol. 22 (2) : 65-70

OPIE, Plan National d'Actions en faveur des Odonates : <http://odonates.pnaopie.fr/> ; dernière consultation : août 2013

PONT B., FATON J.-M., Pissavins S., 1999. *Suivi des macrophytes aquatiques et des odonates, protocole de suivi à long terme*. Réserves Naturelles de France, Quétingny, 33p.

SAMSON N., 2003. *Etude du degré de dispersion des facteurs favorables à la reproduction de la Cordulie à corps fin Oxygastra curtisii (Dale, 1834) dans les Mauges (49)*. Mémoire de maîtrise de biologie des populations et des écosystèmes, Université d'Angers, 2002-2003 : 73 p.

TERNOIS V. & BARANDE S., 2005. *Oxygastra curtisii (Dale, 1834) en région Champagne-Ardenne (Odonata, Anisoptera, Corduliidae)*. Martinia, vol. 21(1) : 17-30.

TERNOIS V., LAMBERT J.-L., FRADIN E., 2007. *LA CORDULIE À CORPS FIN OXYGASTRÀ CURTISII (DALE, 1834) : ÉTAT DES CONNAISSANCES POUR LE PARC NATUREL RÉGIONAL DE LA FORÊT D'ORIENT (ODONATA, ANISOPTERA, CORDULIIDAE)*. Courrier scientifique, vol. 31 : 77-87.

UNICEM, 2000. *Le patrimoine écologique des zones humides issues de l'exploitation des carrières*. UNICEM et Ecosphère, Paris : 6p.

VOTAT P.-P., 1993. *Les Odonates du nord-est de la Mayenne, du sud-est de l'Orne et du nord-ouest de la Sarthe (suite)*. Note sur quelques espèces remarquables ou rares. Martinia, vol. 9(2) : 35-41.

WENDLER A. & NÜB J.H., 1997. *Libellules. Guide d'identification des libellules de France, d'Europe septentrionale et centrale*. Société Française d'Odonatologie, Bois d'Arcy : 130 p.

ANNEXES

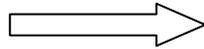


Cordulie à corps fin (*Oxygastra curtisii* Dale, 1834)

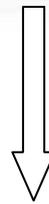
Annexe 1 : Cycle biologique des Odonates



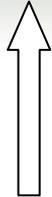
Maturation



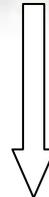
Accouplement



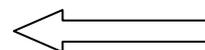
Emergence



Ponte



Larve



Œufs

Annexe 2 : Photographie des sites d'étude



1. a. site 5



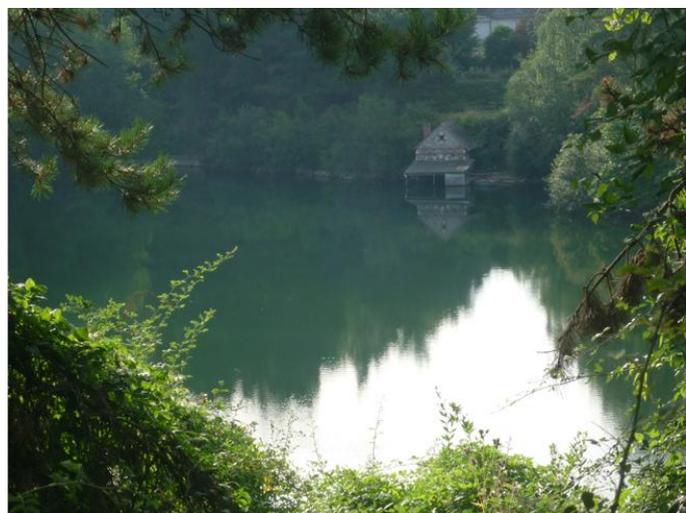
1. b. site 5



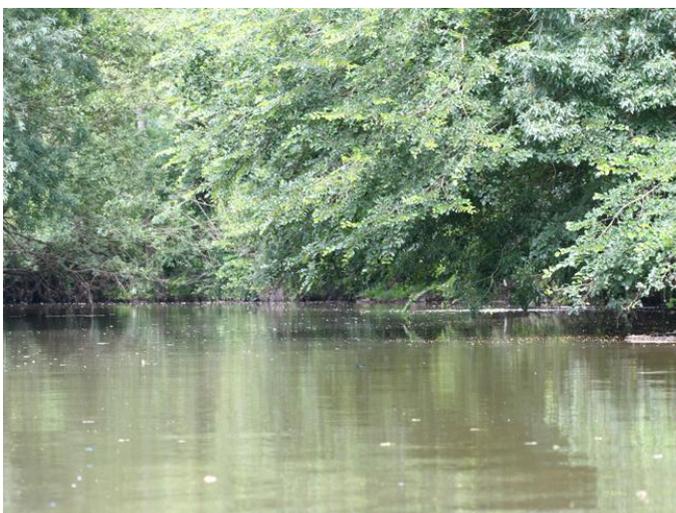
2. site 7



3. site 6



4.a. site 8



4.b. site 8



5.a. site 3



5.b. site 3



6. site 4



7. site 1



8. site 2

Annexe 4 : Photographies d'individus marqués durant le protocole de Capture-Marquage-Recapture



Mâle n°26



Femelle n°23

Annexe 5 : Paramètres de l'eau

Site	NO ₃	NO ₂	Cl ₂	pH	kH	gH	Turbidité (m)
Site 1	<10	<0,5	0,8	7,4	8	>14	8,3
Site 2	<10	<0,5	1,15	7	8	>14	1,85
Site 8	<10	<0,5	0,4	7,8	8	>21	4,26
Site 4	<10	<0,5	0,4	7,4	8	>4	1,4
Site 5	<10	<0,5	0,4	7,4	4,5	>7	4,35
Site 7	<10	<0,5	0,4	7	8	>14	6,6
Site 6	<10	<0,5	1,15	7,4	4,5	>7	3,6
Site 3	<10	<0,5	0,4	7	1,5	>7	2,25

Annexe 6 : Photographies des microhabitats de ponte observées sur le site 8



Annexe 7 : Photographies d'exuvies et d'émergences d'*Oxygastra curtisii*.



Site 8



Site 8



Site 8



Site 8



Site 2

Annexe 8 : Photographies d'émergences d'autres espèces



Libellula fulva,
Site 5



Gomphus pulchellus,
Site 1



Cordulia aenea,
Site 1



Orthetrum cancellatum,
Site 4



Emergence massive d'*Orthetrum cancellatum* sous la pluie,
Site 1

Etude des cortèges odonatologiques des lentilles calcaires angevines

RESUME

En 2012, la reproduction d'une espèce protégée, la Cordulie à corps fin (*Oxygastra curtisii* Dale, 1834), a été constatée sur une ancienne carrière de St-Aubin-de-Luigné, située à l'ouest du Maine-et-Loire. L'étude menée par le CPIE Loire et Mauges, s'intègre dans le Plan National d'Action en faveur des Odonates et a pour objectif de combler les lacunes sur la présence de l'espèce en milieu stagnant. Des inventaires odonatologiques sur d'autres lentilles calcaires ont été réalisés via la récolte d'exuvies et l'observation d'imagos. Ils permettront aussi d'identifier les cortèges odonatologiques présents. L'étude met en avant la richesse odonatologique des plans d'eaux calcaires par la présence d'espèces aux exigences écologiques différentes et parfois de belles populations d'*Oxygastra curtisii*. La dispersion des individus n'a pu être mise en évidence malgré le protocole de Capture-Marquage-Recapture mis en place à l'occasion. Enfin, l'étude met en avant les préférences d'émergence de l'espèce avec la nécessité d'une ripisylve suffisamment développée.

Mots-clés : Odonates, *Oxygastra curtisii*, Exuvie, Capture-Marquage-Recapture

ABSTRACT

In 2012, the reproduction of a protected species, the Orange-spotted Emerald (*Oxygastra curtisii* Dale, 1834), was found in the career, located west of Maine-et-Loire (St Aubin de Luigné). The study conducted by the CPIE Loire et Mauges, fit in the National Plan of Action for Odonata and aims to fill gaps in the presence of species in stagnant areas. Odonatological inventories of other limestone ponds were made via harvesting exuviae and observation of imagos. They also allow the identification of the odonatological processions present. The study highlights the wealth of odonatological limestone ponds by the presence of species with different ecological requirements and sometimes good *Oxygastra curtisii* populations. Dispersal of individuals could not be highlighted in spite of protocol Capture-Mark-Recapture implemented on occasion. Finally, the study emphasizes the preference for emergence of the species with the need for riparian sufficiently developed.

Keywords : Odonata, *Oxygastra curtisii*, Exuvia, Capture-Mark-Recapture