

Organisme d'accueil : CETU Elmis ingénierie

Stage DAE4 - IMA

Tutrice universitaire : Catherine BOISNEAU

2016-2017

Tutrice professionnelle : Nina RICHARD

SILLIAU Kevin

Caractérisation des habitats d'Odonates Gomphidae en Basse-Loire (de Montsoreau à Nantes)



Gomphidae, *Gomphus flavipes*, *Ophiogomphus cecilia*, Loire, habitat, larve, sédiments, épis

Chinon, Indre-et-Loire, Centre Val de Loire, 37

“Cette opération est cofinancée par l’Union européenne. L’Europe s’engage sur le bassin de la Loire avec le Fonds Européen de Développement Régional.”

Remerciements

Je tiens tout particulièrement à remercier :

- Nina RICHARD, maître de stage au CETU Elmis Ingénieries de l'Université de Tours, pour son aide précieuse et sa disponibilité durant le stage.
- Catherine BOISNEAU, tutrice de stage universitaire, pour son implication dans la réalisation du présent rapport.
- Yann GUEREZ, technicien au CETU Elmis, pour ses conseils durant le stage et notamment la campagne de terrain.
- Guillaume BOUCHER, stagiaire, pour son entraide durant les séances d'identification.

Ainsi que l'ensemble de l'équipe du CETU Elmis Ingénieries pour son accueil chaleureux.

Référence : SILLIAU, K., 2016. Caractérisation des habitats d'Odonates Gomphidae en Basse-Loire (de Montsoreau à Nantes). Mémoire de stage. Filière Ingénierie des Milieux Aquatiques, département Aménagement et Environnement, Ecole polytechnique de l'Université François Rabelais de Tours, 37 pp.

Photo de couverture : jeune imago de *Gomphus flavipes* (Charpentier 1825) et son exuvie à Oudon (Loire-Atlantique), campagne de terrain de juin 2017, photo personnelle.

Résumé

Dans le cadre du programme de recherche Restauration du lit et Trajectoires Ecologiques, Morphologiques et d'Usages en Basse-Loire (R-TEMUS) et du Contrat pour la Loire et ses Annexes, qui prévoit notamment des travaux de restauration dans le lit de la Loire, la présente étude a eu pour objectif d'identifier les habitats fréquentés par les larves d'Odonates Anisoptères Gomphidae. 2 espèces patrimoniales, *Gomphus flavipes* (Charpentier, 1825) et *Ophiogomphus cecilia* (Geoffroy in Fourcroy, 1785) étaient plus particulièrement ciblées. Les prospections menées sur 5 sites d'étude (4 sont traitées ici) durant la campagne de septembre 2016 ont permis, malgré le faible nombre d'individus obtenus, de montrer plus particulièrement l'importance des revers d'épis, zones de dépôt sédimentaire à faible courant, comme habitats pour la famille et les 2 espèces ciblées. Ces épis sont néanmoins potentiellement concernés par les travaux de restauration menés à travers le Contrat pour la Loire et ses Annexes. Quelques Gomphidae, dont plusieurs larves d'*Ophiogomphus cecilia* ont été retrouvées dans un chenal secondaire peu profond à substrat grossier et vitesse de courant faible à moyenne du site témoin de Saint-Mathurin. Cela permet d'avoir une première approche sur les habitats larvaires en dehors des ouvrages anthropiques dans le fleuve et devrait servir à la réflexion sur les actions de restauration. Si les résultats seront à mettre en perspective avec les campagnes des années suivantes, l'impact potentiel des travaux de restauration de la Loire sur les habitats larvaires seront à étudier avec attention.

Mots clés : Gomphidae, *Gomphus flavipes*, *Ophiogomphus cecilia*, Loire, larve, habitat, sédiment, épis.

Abstract

As part of the research program "Restauration du lit et Trajectoires Ecologiques, Morphologiques et d'Usages en Basse-Loire" (R-TEMUS) and the "Contrat pour la Loire et ses Annexes", which foresees restoration work in the Loire River bed, the following study purpose was to identify the habitats occupied by the Odonata Anisoptera Gomphidae larvae. Two patrimonial species, *Gomphus flavipes* (Charpentier, 1825) and *Ophiogomphus cecilia* (Geoffroy in Fourcroy, 1785) were especially concerned. The prospections conducted on 5 sampling areas (4 are analyzed in this report) during the field sampling of September 2016 yet revealed the key importance of the side of the river groynes, slow current sedimentary depositing areas as habitats for the family and the two-targeted species, despite the few specimens obtained. Considering the restoration work lead by the "Contrat pour la Loire et ses Annexes", these areas could be potentially affected by the project. The finding of a few Gomphidae larvae, including some of *Ophiogomphus cecilia* in a slow to mid water speed coarse substratum shallow secondary channel in the witness station Saint-Mathurin allows a first approach on the larvae habitats excepting manmade structures in the river. It should help to establish the thinking among the restoration actions. Though the results will have to be put in perspective with the following year's field sampling's results, the potential impact of the restoration program of the Loire over the larvae habitats will have to be studied precisely.

Keywords : Gomphidae, *Gomphus flavipes*, *Ophiogomphus cecilia*, Loire river, larvae, habitat, sediments, river groyne.

Préambule

Le présent stage s'inscrit dans le cadre du programme de recherche de la Basse-Loire R-TEMUS, dont l'un des volets concerne l'étude de la mise en place d'indicateurs macro-invertébrés et plus particulièrement d'un indicateur Gomphidae, dans l'optique de l'étude des impacts des opérations de restauration sur la structure des habitats du fleuve et la faune. Les Gomphidae, dont les études demeurent rares en France, sont une famille d'Odonates Anisoptères (Libellules) qui évolue principalement dans les eaux courantes. Le bassin versant de la Loire constitue la plus grande population française pour plusieurs espèces présentes en métropole et notamment pour 2 espèces ciblées comme patrimoniales, et prioritaires sur le Plan National d'Action en faveur des Odonates : le Gomphe à pattes jaunes, *Gomphus flavipes* et le Gomphe serpent, *Ophiogomphus cecilia*. Ces 2 espèces, qui ont recolonisé de nombreuses localités en Europe après avoir souffert des effets de la pollution et du recalibrage des cours d'eau, bénéficient d'un statut de protection en France.

L'écologie des 2 espèces est assez différente, *Gomphus flavipes* préférant les sections avals des cours d'eau alors que *Ophiogomphus cecilia* est plutôt retrouvé dans les sections médianes. Au stade larvaire, la différence morphologique des 2 espèces permet d'expliquer leur préférence d'habitats. *Gomphus flavipes*, qui possède des éperons atrophiés (absents des pattes médianes PII) et un corps allongé est retrouvé dans des eaux lentes à stagnantes où le substrat est dominé par la vase, le limon ou le sable. *Ophiogomphus cecilia*, plus trapues et pourvue d'éperons bien développés sur les tibias, évolue dans des substrats plus grossiers (sable grossier à gravier) avec des plages de vitesse de courant plus élevées.

Les campagnes d'échantillonnage menées en septembre 2016 par l'Université de Tours, mises en place à partir d'un premier travail bibliographique, ont été conduites sur 5 sites, d'amont en aval : Saint-Mathurin (site témoin, non concerné par les travaux du Contrat de la Loire et ses Annexes), la Fresne-sur-Loire (non traité ici), Varades, Ancenis et Oudon. Les 3 sites étudiés en aval concernent des zones de revers d'épis avec d'importants dépôts sédimentaires et un ralentissement du courant. Parmi les divers paramètres relevés sur le terrain, les deux hypothèses retenues ont, pour la première, testé l'existence d'une préférence de couple substrat/vitesse, supposée équivalente aux études et observations européennes. La seconde hypothèse s'est intéressée à la relation entre la distance à la berge et la taille des individus, hors période d'émergence, en supposant que les individus les plus grands sont plus éloignés des berges.

Si le nombre d'individus recensés est faible (13), la présence de larves dans les zones d'épis apporte un axe de réflexion nécessaire autour des possibles arasements ou abaissements d'ouvrages prévus par le Contrat pour la Loire et ses Annexes. L'hypothèse 1 n'a pas pu être validée pour *Ophiogomphus cecilia* et les résultats concernant *Gomphus flavipes* restent insuffisants, bien que la majorité des individus ait été retrouvé dans des zones correspondant au couple substrat/vitesse évoqué. L'hypothèse 2 n'a pas révélé de corrélation entre la taille des larves et la distance à la berge sur l'ensemble des individus mais l'hypothèse est validée au seuil de 5% pour les 7 individus ($r_s=0.85>0.71$) de *Gomphus flavipes* : les individus âgés ont tendance à s'éloigner du rivage, hors période d'émergence. Outre les épis, plusieurs larves, dont 2 individus d'*Ophiogomphus cecilia* ont été retrouvés dans la zone témoin de Saint-Mathurin, dans des zones de chenal secondaire, à substrat sableux grossier et courant variable.

La comparaison de ces résultats avec ceux des campagnes des années suivantes permettront d'obtenir des bases de données fiables sur l'écologie des espèces sur la Basse-Loire et permettre une réflexion sur les travaux de restauration prévus à la fois au niveau du chenal et des annexes hydrauliques.

Ce stage m'a permis d'acquérir de solides connaissances concernant l'identification des macro-invertébrés d'eau douce ainsi que de la patience. L'identification de l'ensemble des individus, très chronophage concernant les Chironomides (Diptères) et le non recours aux sous-comptages au début du stage ont sans doute été impactants sur la possibilité d'utiliser les résultats de la station de la Fresne-sur-Loire pour ce rapport. Les quelques jours de terrains réalisés dans le cadre de la campagne de relevés de juin 2017 (données qui seront traitées l'année prochaine) m'ont permis d'appréhender la difficulté du terrain réalisé en bateau face aux conditions hydrologiques ou aux contraintes matérielles (appareils ayant parfois du mal à se stabiliser pour donner une valeur finale). L'observation d'émergences a été une chance d'observer de jeunes imagos souvent difficiles à apercevoir en raison des mœurs plutôt discrètes des gomphes, en particulier pour les femelles. Les conditions hydrologiques exceptionnelles de la campagne, marquées par un étiage sévère pour une fin de printemps m'ont également fait comprendre le caractère très variable de certains paramètres relevés comme la hauteur ou la température d'eau qui peuvent changer sensiblement d'un jour à l'autre et pour lesquels les gomphes ne s'adaptent pas nécessairement rapidement. L'absence de résultats quantitatifs, qui ne permet pas de faire des conclusions poussées est quelque peu frustrante, étant donné les résultats escomptés sur la campagne de l'année suivante grâce notamment à la récolte d'exuvies. Ils représentent toutefois une 1^{ère} confirmation sur la présence de larves dans les revers d'épis, suite aux récoltes d'exuvies effectuées sur des zones à proximité et dont les données ont été compilées par le Conservatoire d'Espaces Naturels ainsi que dans les chenaux secondaires peu profonds.

Sommaire

Remerciements	2
Résumé.....	3
Abstract	3
Préambule	4
Sommaire	6
Sigles & Abréviations	7
Lexique	7
Introduction.....	8
Présentation de l'organisme d'accueil	9
1. Recherche bibliographique	10
2. Matériel et méthodes.....	18
3. Résultats et discussion	24
4. Conclusion	27
Bibliographie.....	28
Table des figures et des tableaux.....	31
Annexes	32
Table des matières.....	36

Sigles & Abréviations

CEN : Conservatoire d'Espaces Naturels

CITERES : Cités, TERRitoires, Environnement et Société

CLA : Contrat pour la Loire et ses Annexes

Cnam : Conservatoire national des arts et métiers

Copil : Comité de pilotage

EM50 : Temps nécessaire pour l'émergence de 50% de la population

GRETIA : GRoupe d'ÉTude des Invertébrés Armoricaïns

MO : Matière Organique

OPIE : Office pour les Insectes et leur Environnement

PII : 2^{ème} paire de pattes

PNA : Plan National d'Actions

PRAO : Plan Régional d'Actions en faveur des Odonates

R-TEMUS : Restauration du lit et Trajectoires Ecologiques, Morphologiques et d'Usages en Basse-Loire

SFO : Société française d'Odonatologie

UICN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature

UMR: Unité Mixte de Recherche

Lexique

Biocénose : ensemble des êtres vivants qui interagissent au sein d'un espace écologique donné.

Bio-indicateur : se dit d'une espèce animale, végétale ou fongique permettant de caractériser les conditions écologiques locales

Espèce patrimoniale : espèce rare, menacée et/ou protégée présentant un intérêt scientifique ou symbolique.

Pélophile (du grec pelos, « argile ») : se dit d'une espèce qui effectue au moins une partie de son cycle de vie dans des substrats dominés par la vase ou l'argile.

Psammophile (du grec psammos, « sable ») : se dit d'une espèce qui effectue au moins une partie de son cycle de vie dans des substrats dominés par le sable.

Ripisylve : ensemble des formations végétales (herbacées, arbustives et arborées) présentes sur les rives d'un cours d'eau.

Introduction

Les Gomphidae sont des Odonates Anisoptères (Libellules) principalement inféodées aux eaux courantes. Comptant les plus importantes populations françaises dans le bassin ligérien, plusieurs espèces, et en particulier *Ophiogomphus cecilia* et *Gomphus flavipes* sont inscrites au cœur du Plan National d'Actions en faveur des Odonates (PNA) qui allie évaluation des populations et conservation des espèces menacées. En effet, ces espèces, sensibles aux changements hydro-morphologiques des systèmes fluviaux, et dont les populations européennes ont souffert des rectifications et de la pollution des cours d'eau, demeurent peu étudiées en France. Mis en place dans le cadre du Contrat pour la Loire et ses Annexes, de Montsoreau à Nantes (2015-2020), intégré au sein du Programme d'Actions pour le rééquilibrage du lit de la Loire entre Nantes et les Ponts-de-Cé, le programme de recherche R-TEMUS (Restauration du lit et Trajectoires Ecologiques, Morphologiques et d'Usages en Basse-Loire) englobe 3 domaines d'étude : un premier volet concerne l'étude du débit solide sédimentaire en vue du rééquilibrage longitudinal morpho-sédimentaire du lit du fleuve, entre les Ponts-de-Cé et Nantes. Le second volet repose sur une étude biologique au sein des annexes hydrauliques, découpée en deux axes : l'un concerne les successions et la vitesse d'évolution des cortèges végétaux (espèces autochtones et invasives) dans le lit mineur de la Loire et le second repose sur la mise en place d'indicateurs « macro-invertébrés », en particulier un indicateur Gomphidae, coordonné par Nina Richard et Catherine Boisneau. Enfin, le projet propose également un axe de réflexion autour de l'étude et l'analyse des enjeux liés aux usages et du foncier riverain de la Loire ainsi que la perception sociale des aménagements sur les usages actuels et futurs. Le projet R-TEMUS est portée par l'UMR 7324 CITERES, le CETU Elmis Ingénieries de l'Université de Tours, le Cnam et est financé dans le cadre du Plan Loire Grandeur Nature. "Cette opération est cofinancée par l'Union européenne. L'Europe s'engage sur le bassin de la Loire avec le Fonds Européen de Développement Régional."

Le présent stage s'inscrit dans le 2^{ème} volet du projet R-TEMUS, dont les objectifs principaux sont : d'améliorer les connaissances écologiques des stades larvaires des Gomphidae et d'étudier la possibilité de mise en place d'un indicateur Gomphidae pour les travaux de restauration. Il existe en effet un important manque de connaissances concernant les stades larvaires des Gomphidae dans la Loire. La présente étude aura pour but de caractériser les habitats fréquentés par les larves de Gomphidae au sein du système ligérien aval. Il sera d'abord examiné la relation entre la présence de larves et celles d'un couple de classes de substrat/vitesse spécifique : *Gomphus flavipes* est supposée présente dans des substrats fin en courant faible et *Ophiogomphus cecilia* dans des substrats plus grossiers avec des plages de courant plus élevées. La relation entre la taille des individus et l'éloignement à la berge sera également testée, en supposant que les individus les plus âgés sont plus éloignés de la berge, ici hors période d'émergence. L'étude s'appuiera sur un premier travail bibliographique étayant les hypothèses retenues. Une seconde partie présentera les sites d'études ainsi que le protocole de prélèvements effectués et les méthodes d'analyse retenues. Les résultats, comportant une biométrie sur les individus identifiés, seront enfin synthétisés et analysés.

Présentation de l'organisme d'accueil

Le CETU Elmis Ingénieries (Centre d'Expertise et de Transfert Universitaire) est un service d'études et d'ingénierie de l'Université François Rabelais de Tours, basé à Chinon. Ses principales missions concernent 2 domaines disciplinaires en lien avec le milieu d'eau douce : fonctionnalité biodiversité/écologie et fonctionnalité hydrologie/géomorphologie.

Le volet écologique aquatique est divisé en 4 domaines d'études, sous la direction de Nina Richard :

- Les macro-invertébrés benthiques (espèces, structures de peuplement, évolution...), utilisés pour caractériser l'état biologique des cours d'eau, domaine du présent stage.
- Les herbiers de plantes aquatiques sur le cours principal de cours d'eau (espèces, abondance/dominance, évolution, cartographie...).
- Les cortèges floristiques en bordure de cours d'eau, par le biais d'inventaires.
- Les espèces exotiques envahissantes (EEE) terrestres/aquatiques (inventaire, surveillance, suivi de colonisation).

Le volet hydrologie/géomorphologie est également divisé en 4 axes de recherche, sous la direction de Philippe Jugé :

- Les mesures de transport sédimentaire (essentiellement Loire et Vienne) pour l'étude des sédiments en mouvement dans les 2 cours d'eau.
- Les mesures bathymétriques et topographiques en suivi de la géométrie du fond des cours d'eau.
- La dynamique sédimentaire (relevé par carottage notamment) par des analyses granulométriques.
- Les mesures de courant et débits (jaugeage, Doppler...)

1. Recherche bibliographique

1.1. Supports et démarche de recherche bibliographique

L'objectif principal de cette recherche était de disposer d'éléments de comparaison à l'échelle européenne en vue de la caractérisation des habitats des Gomphes dans le bassin ligérien, en particulier *Gomphus flavipes*, le Gomphe à pattes jaunes, et *Ophiogomphus cecilia*, le Gomphe serpentín.

1.1.1.Support littéraire

Plusieurs ouvrages de référence, constituant une part importante du travail bibliographique ont été consultés pour les besoins de l'étude :

- GRAND D., BOUDOT J.-P., 2006 – Les libellules de France, Belgique et Luxembourg. Biotope, Mèze, (Collection Parthénopé), 480 pages.*
- HEIDEMANN H., SEIDENBUSCH R., 2002.- Larves et exuvies des libellules de France et d'Allemagne (sauf de Corse).- Société française d'odonatologie, 416 pages.*

1.1.2.Support numérique

Le principal support utilisé a été une synthèse bibliographique sur l'écologie larvaire de *Gomphus flavipes* et *Ophiogomphus cecilia* en Loire moyenne menée par un étudiant, Clément Gouraud, pour laquelle plusieurs sources ont été reprises, en particulier les sources non consultables et/ou en allemand, ces dernières représentant un poids important sur l'écologie de la famille. Le site web de l'Office pour les Insectes et leur Environnement (OPIE) consacré aux Odonates offre également des ressources bibliographiques facilement accessibles (en français) et notamment les plans d'Actions déclinés à l'échelle régionale.

Les synthèses précédentes et les études et ouvrages associés ont été complétés à partir d'études et d'articles recherchés principalement à partir des sites ResearchGate et Science Direct ou directement sur Google. Les mots clés ont été associés en recherche (ex « *Ophiogomphus cecilia* » + « larvae ») ; seules les publications jugées pertinentes au regard de l'étude ont été sélectionnées à partir de la lecture du résumé fourni.

Tableau 1 : mots clés associés à la recherche de supports d'études

Synthèse des mots clés recherchés	Dragonfly, emergence, Gomphidae, Gomphus flavipes, habitat, larvae/larve, Ophiogomphus cecilia, morphology/morphologie, sediment
--	---

Les rapports d'études, la synthèse bibliographique et les chapitres concernant les Gomphidae dans les ouvrages mentionnés ont été lus intégralement ; seules l'introduction et la partie associée aux Gomphidae ont été lues pour le Plan d'Actions (Pays de Loire).

1.2. Présentation générale sur les Gomphidae

Répartis sur près de 93 genres dont 5 en Europe et 4 en France (Grand & Boudot, 2006), les Gomphidae représentent une famille ancienne au sein des Odonates. Parmi les 10 espèces présentes en France métropolitaine (la présence d'une population très localisée de *Lydenia tetraphylla* en Corse manque d'études), 8 présentent des populations identifiées sur la Loire ; le manque de données récentes sur la présence d'*Onychogomphus uncatatus* (Charpentier, 1840) sur le fleuve ne permet pas de s'assurer de sa présence. Le schéma ci-dessous propose une répartition théorique des 5 espèces les plus courantes sur la base de données éditées par le Comité de pilotage des Plans Régionaux d'Actions en faveur des Odonates Auvergne, Centre et Pays de Loire, en attendant des prospections de terrain poussées, en particulier sur les exuvies (Gouraud, 2015). *Gomphus flavipes* semble être une espèce davantage inféodée à la Basse-Loire et *Ophiogomphus cecilia*, une espèce associée à la Loire moyenne ; la figure 1 propose une évolution théorique des cortèges de 5 espèces.

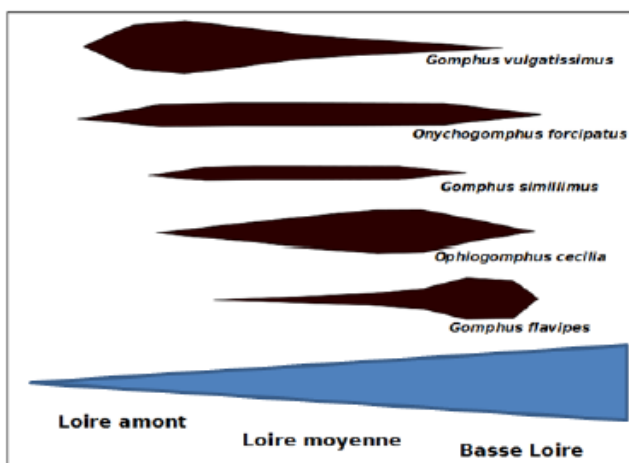


Figure 1: Evolution du cortège de Gomphes sur la Loire selon un gradient amont-aval ; source : Renaud Baeta pour Copil PRAO, 16 décembre 2014 - Orléans, inspirée d'Altmüller *et al.*, 1989.

Les imagos présentent un fort espacement entre les yeux et un élargissement marqué sur les derniers segments abdominaux (figure 2). Ils exposent des couleurs vives allant du jaune au vert. Les larves sont identifiables aisément grâce au masque plat (avec les Aeschnidae) puis aux antennes trapues (caractéristiques des Gomphidae uniquement) ornant la tête (figure 3), visibles même pour les jeunes stades.



Figure 2 : adulte d'*Ophiogomphus cecilia*.

Source : J.P. Boudot in

<http://odonates.pnaopie.fr/especes/gomphidae/ophiogomphus-cecilia/>.

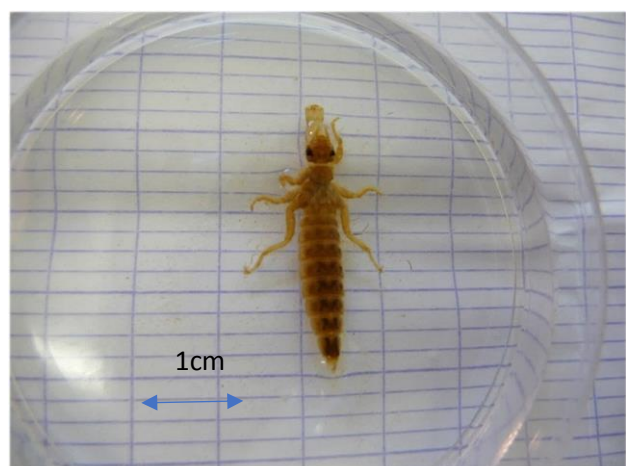


Figure 3 : larve de *Gomphus flavipes* avec le masque plat déplié (photo personnelle).

Si certaines espèces comme *Gomphus vulgatissimus* (Linné, 1758) préfèrent les eaux stagnantes, l'ensemble des espèces métropolitaines se développent aisément dans les systèmes d'eau courante. Bien qu'elles puissent se déplacer activement dans les sédiments (Suhling *et al.*, 2003 in Gouraud, 2015), des déplacements passifs lors des crues peuvent entraîner les larves dans les zones d'annexes hydrauliques où elles finissent leur croissance. Müller (2002, in Gouraud, 2015) et Linke & Fartmann (2009, in Gouraud, 2015) font en outre état de l'importance des épis comme habitats pour les Gomphes, il conviendra donc dans le cadre du projet R-TEMUS de comparer ces résultats avec les prospections en Loire. Les Gomphes se retrouvent principalement dans les plaines et jusqu'à 1500m d'altitude. (Grand & Boudot, 2006). Les larves possèdent un corps aplati qui leur permet de rester enfouies dans le sédiment en ne laissant dépasser que la tête et le dernier segment abdominal de manière à se cacher à la fois des prédateurs et des proies (chasse à l'affut). Elles s'enfoncent dans les sédiments, en général fins, la tête la première en utilisant leurs pattes antérieures et postérieures. Leur régime alimentaire comprend une large gamme d'invertébrés : Gammarès, Diptères, Oligochètes... mais également des œufs d'insectes ou de poissons. Les gomphes paraissent en outre être surtout actives la nuit et effectuent 75% de leurs déplacements à ce moment-là (Heidemann & Seidenbusch, 2002). Le cycle larvaire des Gomphidae, qui se fait en 11 à 15 stades, s'échelonne de 2 à 4 ans, voire 5 ans si la température de l'eau est faible, mais la difficulté d'études en conditions naturelles rend l'estimation difficile (Heidemann & Seidenbusch, 2002). Farkas *et al.* (2012) on fait état de l'influence des températures journalières cumulées de l'eau sur la vitesse de croissance et a priori la durée d'émergence l'année suivante. La taille des larves à maturité varie de 22 à plus de 30mm selon les espèces (Heidemann & Seidenbusch, 2002) ; les adultes sont de taille moyenne (autour de 50mm).

Les adultes vivent quelques semaines. Les émergences ont lieu de mi-mai à mi-juillet ; la plupart des espèces émergent en 30 à 40 jours. L'EM50 (temps nécessaire pour l'émergence de 50% des populations), dans des secteurs en écoulement libre, dépasse rarement 1 semaine à l'exception de *Gomphus flavipes* qui peut atteindre 22 jours (Farkas *et al.*, 2012). Les émergences, qui se déroulent aussi bien à l'horizontale que sur un support vertical, ont lieu sur de nombreux supports : plages de sable, feuilles, rochers ou encore branches (Heidemann & Seidenbusch, 2002, observations personnelles). Selon la nature du support, il peut arriver que les larves s'éloignent de 20m de la rive. Les adultes évoluent dans un rayon moyen de 500m du site de reproduction ; les femelles restent particulièrement discrètes au sein de la végétation alors que les mâles évoluent à proximité de l'eau, pour la chasse à l'affut ou la recherche d'une partenaire (Grand & Boudot, 2006). Les imagos sont plutôt fidèles aux sites de reproduction (Grand & Boudot, 2006) bien que des individus errants aient déjà été retrouvés à plusieurs dizaines de km de tout habitat de reproduction (Lohr, 2003).

En Europe, les effectifs de Gomphidae ont souffert de la pollution et de l'aménagement des cours d'eau (Grand & Boudot, 2006) bien que depuis les années 1990, les effectifs semblent en augmentation (Dijkstra & Lewington, 2007 in Gouraud, 2015) malgré la variabilité interannuelle de ceux-ci (Lohr, 2003). En France, des espèces comme *Gomphus flavipes* et *Ophiogomphus cecilia* ont été reconnues comme de bons « bio-indicateurs » et pour lesquelles la plus importante population est située sur le bassin ligérien (Dijkstra & Lewington, 2007 in Gouraud, 2015).

Indexés comme « préoccupation mineure » dans les listes rouges de l'UICN européennes et françaises de 2016, *Gomphus flavipes* et *Ophiogomphus cecilia* sont toutefois citées en terme réglementaire :

- à l'échelle internationale : annexe II de la Convention de Berne (1979)
- à l'échelle européenne : annexe IV de la Directive Habitat (1992)
- à l'échelle française : article 2 de l'arrêté du 23 avril 2007 fixant la liste des insectes protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection (voir annexe 3)

Ces espèces bénéficient ainsi d'un statut de protection sur l'ensemble du territoire. Le prélèvement de larves pour l'étude fait ainsi appel à autorisation préfectorale.

1.3. Les Gomphidae dans le cadre du programme d'Actions de la Loire et du programme R-TEMUS

Le Contrat pour la Loire et ses Annexes (CLA) prévoit en particulier la remobilisation de sédiments piégés au niveau des grèves et dans les bras secondaires afin de limiter l'incision du fleuve (figure 4) due en particulier au dérochement du seuil de Bellevue en 1976 mais également l'arasement du duis de Château-Guy (commune du Cellier) la même année.

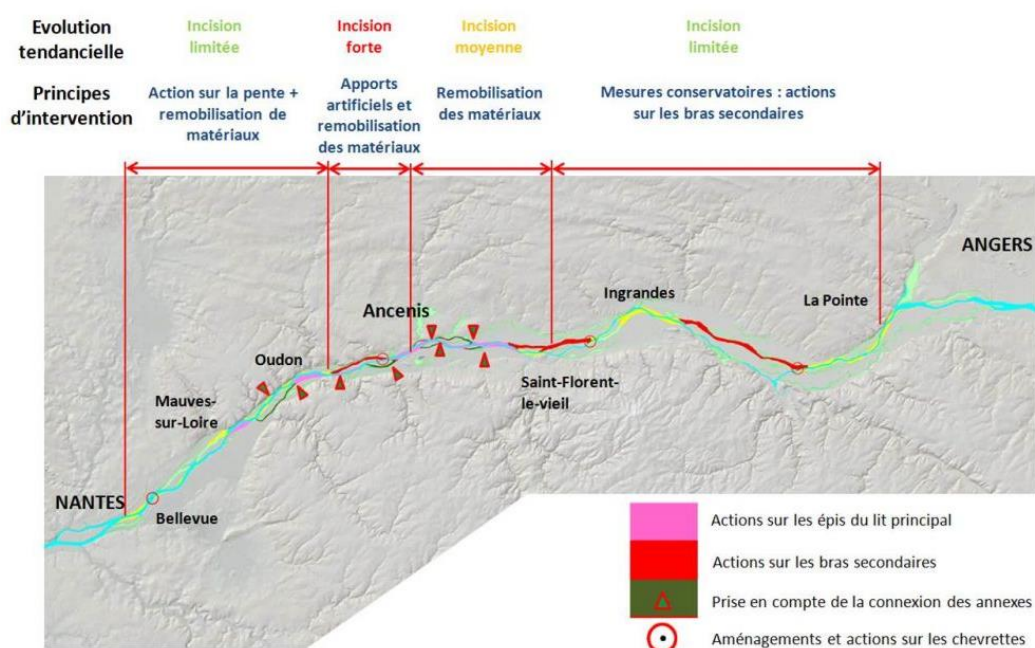


Figure 4 : aperçu des actions prévues dans le cadre du programme d'actions pour le rééquilibrage du lit de la Loire entre Nantes et les Ponts de Cé. Source : Groupement d'intérêt public Loire Estuaire, n.d.

Si le CLA prévoit la restauration des annexes hydrauliques, dans lesquelles les larves peuvent terminer leur croissance après une crue et les adultes chasser, la modification de la structure des bras secondaires et l'arasement d'épis pourraient mener à une perte d'habitat pour les Gomphidae et en particulier pour les 2 espèces jugées prioritaires par le Plan National d'Actions en faveur des Odonates, *Gomphus flavipes* et *Ophiogomphus cecilia*. Le secteur situé entre Ancenis et Oudon, qui a subi une très forte incision du lit de la Loire, est le secteur prioritaire pour la remobilisation de sédiments des grèves. Au sein du volet Gomphidae du programme R-TEMUS, le principal objectif de la campagne de septembre 2016 a été d'identifier les habitats types des Gomphidae, en particulier les 2 espèces citées.

1.4. Ecologie de *Gomphus flavipes*

1.4.1. Répartition de l'espèce

Présent dans les grands systèmes fluviaux européens comme le Danube, le Pô ou le Rhin (figure 5), *Gomphus flavipes* a été redécouvert dans les années 2000 dans de nombreuses localités. En France, outre la Loire et plusieurs de ses affluents, l'espèce a pu ainsi être identifiée sur l'Adour (Leconte *et al.*, 2002) ou le bassin du Rhône (Grand *et al.*, 2011 ; Blanchon *et al.*, 2011). Grand & Boudot (2006) et Dijkstra & Lewington (2007) font état d'une expansion des effectifs de l'espèce en Europe après une forte régression au siècle dernier due à la pollution et aux travaux de recalibrage des fleuves sur l'ensemble du continent. L'espèce a disparu des îles Britanniques.

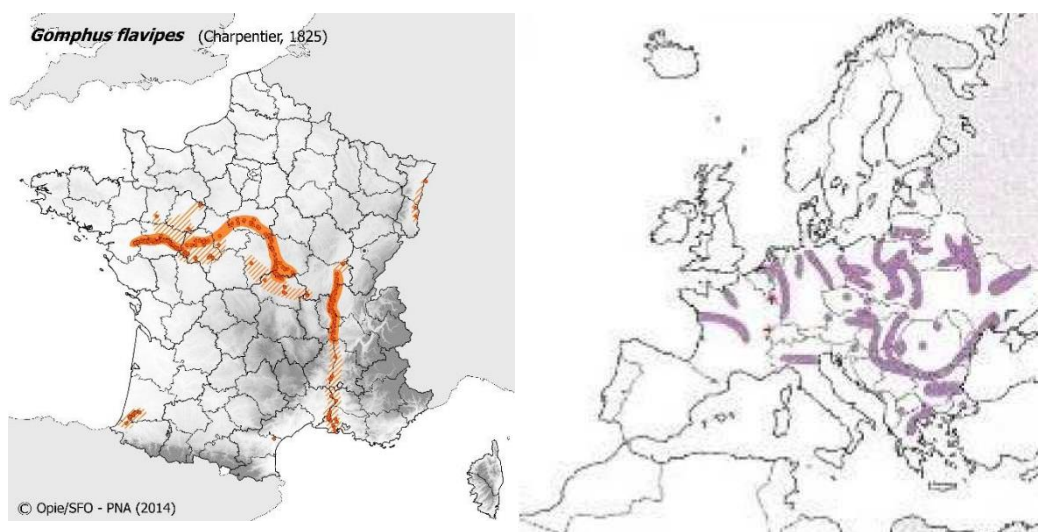


Figure 5 : carte de répartition de *G. flavipes* en France métropolitaine et en Europe. Source : resp OPIE/SFO pour PNA, 2014 ; Dijkstra & Lewington, 2007.

1.4.2. Habitat larvaire

L'espèce affectionne les cours moyens et inférieurs des grandes rivières et des fleuves, où la granulométrie est fine. La larve évolue dans les zones de faible courant et peut ainsi être retrouvée dans le chenal des cours d'eaux tant que ceux-ci sont pourvus d'encombres comme par exemple des arbres tombés dans l'eau (Heidemann & Seidenbusch, 2002 ; Lohr, 2003). Les œufs sont pondus dans des zones à écoulement très faible voire nul (Popova, 1923, in Gouraud 2015 ; Münchberg, 1932, in Gouraud, 2015) à faible profondeur. L'éclosion nécessite des eaux à plus de 17°C sinon les œufs entrent en diapause et n'éclosent alors qu'au printemps suivant (Sternberg *et al.*, 2000 in Gouraud, 2015 ; Grand & Boudot, 2006).

L'atrophie des éperons des tibias des larves (qui sont absents des PII) et leur aspect élancé est adaptée au choix d'un substrat vaseux, argileux ou sableux dans lesquels la larve peut s'enfouir facilement (Popova, 1923, Schorr, 1990, Suhling & Müller, 1996). L'espèce est dite pélophile. Les larves se développent dans des zones de faible profondeur où le courant n'excède pas 30cm/s bien que l'espèce ait été retrouvée à 7m de profondeur (Russev, 1972 in Gouraud, 2015, Sternberg *et al.*, 2000 in Gouraud, 2015).

1.4.3.Comportement

L'espèce semble se nourrir principalement de Chironomides, Oligochètes et Amphipodes (Popova, 1927) ; les larves peuvent se déplacer quotidiennement de 53cm pour chasser (Suhling & Müller, 1996 in Heidemann & Seidenbusch, 2002). Les déplacements effectués par dérive larvaire, en particulier lors d'importants épisodes de crues (Staufer, 2010, in Gouraud, 2015), et qui peuvent atteindre 150m, sont en mesure d'amener parfois les larves vers des zones d'annexes ou de chenaux secondaires (Westermann, 2008, in Gouraud, 2015). Fait remarquable, si la larve se retrouve dans un point d'eau à sec, elle est capable d'importants déplacements actifs pour retrouver un milieu plus favorable (Heidemann & Seidenbusch, 2002). L'espèce semble relativement fidèle à ses sites de reproduction (Gretia, 2012). La vie larvaire, qui comprend 14 à 15 stades, dure 2 à 4 ans. (Grand & Boudot, 2006).

1.4.4.Emergence et vie de l'imago

L'émergence a généralement lieu de mi-juin à fin-juillet mais peut démarrer début mai et se prolonger à la mi-août (Heidemann & Seidenbusch, 2002). Elle est plus étalée que chez les autres Gomphes : Farkas *et al.* (2012), en écoulement naturel (sans seuils ou barrages), ont observé un EM50 variant de 7 à 22 jours pour *Gomphus flavipes*, contre 6 à 10 jours pour les autres espèces obtenues ce qui laisse supposer une émergence non synchronisée. Les exuvies sont généralement trouvées en position horizontale bien que l'espèce semble faire preuve d'adaptation selon la morphologie du support d'émergence : dans le canal Albert, où une population a été récemment découverte (de Knijf *et al.*, 2014), les exuvies étaient ainsi en position verticale. Le support d'émergence est varié : berges sableuses, racines, troncs, feuilles (Heidemann & Seidenbusch, 2002 ; observations personnelles). D'autres paramètres comme l'ensoleillement ou la pente semblent intervenir (Staufer, 2010 in Gouraud, 2015). Les imagos ont un comportement d'ensemble proche des autres espèces du genre (Grand & Boudot, 2006) et chassent dans les espaces ouverts des plaines alluviales (friches, lisières...).

1.5. Ecologie d'*Ophiogomphus cecilia*

1.5.1.Répartition de l'espèce

A l'instar du gomphe à pattes jaunes, le gomphe serpent in est présent dans les grands systèmes fluviaux européens et plus largement sur toute l'Europe de l'Est, de la Sibérie au bassin de la Loire (figure 6), dans les zones de plaine et collinéennes, où il est également présent dans de petites rivières (Dijkstra & Lewington, 2007 in Gouraud, 2015). La population française, jugée stable sur la dernière liste rouge de l'UICN (2016) est surtout représentée par la population ligérienne mais l'espèce présente également des populations dans les Vosges du Nord (Dijkstra & Lewington, 2007 in Gouraud, 2015).

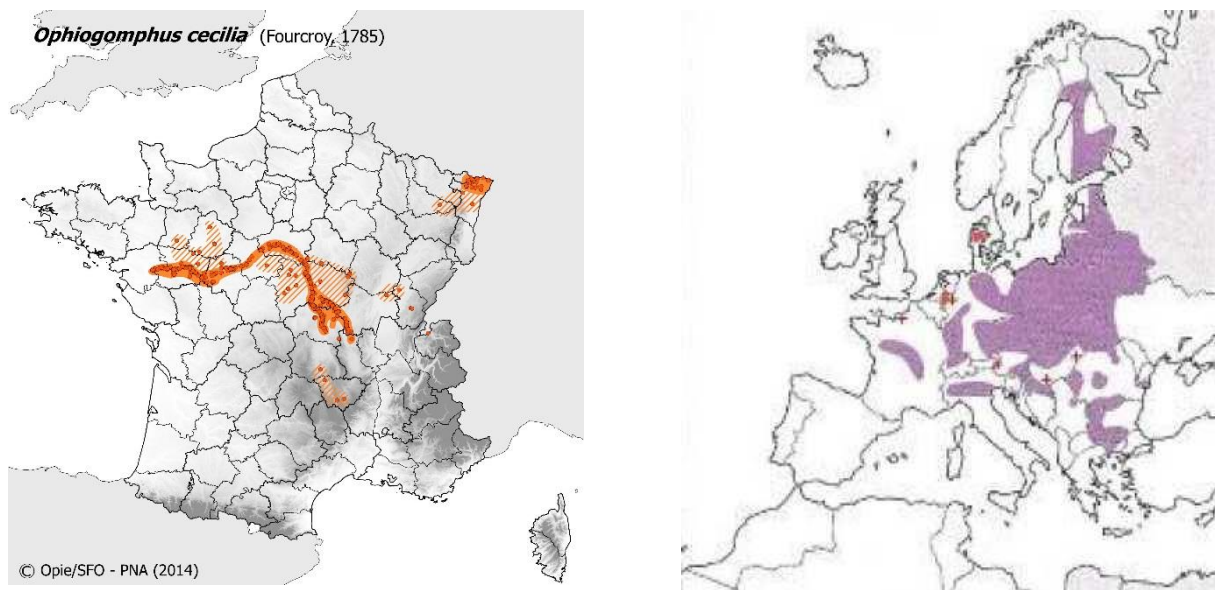


Figure 6 : Carte de répartition d'*Ophiogomphus cecilia* en France métropolitaine et en Europe (resp OPIE/SFO pour PNA; Dijkstra & Lewington, 2007.)

1.5.2. Habitat larvaire

Werzinger & Werzinger (1994, in Gouraud, 2015) ont mis en avant la préférence des femelles à pondre dans des zones de faible profondeur (0.3 à 0.4m) avec des vitesses de courant assez importante (0.4 à 0.8m/s) bien qu'on retrouve l'espèce dans des zones plus lenticules. Heidemann & Seidenbusch (2002) mettent également en avant la préférence des femelles pour les bancs de sable à proximité du lieu de ponte. Les œufs sont pondus dans un substrat sableux à graveleux (Werzinger & Werzinger, 1994, in Gouraud, 2015 ; Vonwill, 2013) entre juillet et septembre (Dommanget, 2004 in Gouraud, 2015) ; l'espèce est dite psammophile. Des eaux chaudes (>20°C) permettent une éclosion rapide (Grand & Boudot, 2006). Si l'espèce présente une certaine fidélité pour la Loire et reste rare sur ses affluents à l'exception notable de l'Allier (Lohr, 2003), elle se retrouve aussi bien dans des sections de plusieurs centaines de mètres de large, comme la Basse-Loire, que dans des cours d'eau de 2m de large. L'espèce semble toutefois préférer les cours moyens des fleuves et grandes rivières (Heidemann & Seidenbusch, 2002) avec un bon ensoleillement.

1.5.3. Comportement

L'espèce est sensible à la qualité physico-chimique de l'eau (Heidemann & Seidenbusch, 2002 ; Grand & Boudot, 2006) même si l'effet de la pollution peut être atténué par une bonne oxygénation. Bien que la larve s'enfouisse habituellement dans le substrat (sable ou gravier), elle peut aussi demeurer à la surface des sédiments (Suhling & Müller, 1996 in Gouraud, 2015 ; Heidemann & Seidenbusch, 2002).

1.5.4. Emergence et vie de l'imago

L'émergence a lieu de mi-mai à mi-juillet (Heidemann & Seidenbusch, 2002) sur 3 à 7 semaines (Grand & Boudot, 2006). Les larves affectionnent les plages sableuses à sablo-graveleuses (les substrats envasés ou trop grossiers sont évités) (Müller, 2002 in Gouraud, 2015 ; Dijkstra & Lewington, 2007 in Gouraud, 2015) et sont indifférentes aux conditions de végétation rivulaire. La métamorphose semble très rapide : la campagne de juin 2017 a permis l'observation d'une métamorphose complète en une quinzaine de minutes. Les larves paraissent en outre observer un comportement de dérive et de flottaison à l'approche de la berge (observation personnelle). L'EM50 des larves d'*Ophiogomphus cecilia* varie assez fortement d'une littérature à l'autre : Grand & Boudot (2006) établissent cette durée entre 2 et 3 semaines alors qu'un EM50 d'une semaine a été observé sur plusieurs sites en Hongrie (Farkas *et al.*, 2012). L'adulte nécessite la présence de zones ouvertes telles que les clairières, ou les lisières de forêt pour chasser (Münchberg, 1932, in Gouraud, 2015 ; Grand & Boudot, 2006 ; Vonwill, 2013). Les mâles sont observés fréquemment en patrouille au-dessus de l'eau alors que les femelles restent discrètes dans la végétation jusqu'à la ponte après reproduction.

1.6. Bilan des 2 espèces ciblées

Le tableau ci-dessous (tableau 2) dresse un bilan des principales caractéristiques et préférences écologiques des larves des 2 espèces présentées ci-dessus.

Tableau 2 : bilan des caractéristiques et préférences écologiques de *Gomphus flavipes* et *Ophiogomphus cecilia*.

Espèces	Substrat	Plage de vitesse de courant	Conditions d'oxygénation	Durée de vie larvair e	Stades larvaires	Emergence	Alimentation
<i>Gomphus flavipes</i>	Vaseux à sableux fin	0 à 0.3m/s	Tolère des variations importantes (si absence de pollution)	2 à 4 ans	14 à 15	Mi juin- fin juillet	Invertébrés divers, œufs d'insectes et de poissons
<i>Ophiogomphus cecilia</i>	Sables grossiers à graviers	0.4 à 0.8m/s	Eaux bien oxygénées	2 à 4 ans		Mi-mai à mi-juillet	Invertébrés divers, œufs d'insectes et de poissons

Au vu de cette étude bibliographique et en regard des objectifs de l'étude, 2 hypothèses ont été retenues sur la caractérisation des habitats larvaires : la première, en lien avec les besoins écologiques des espèces est que les larves de *Gomphus flavipes* et *Ophiogomphus cecilia* affectionnent plus particulièrement un couple substrat/vitesse de courant spécifique (classes précisées dans la partie matériel et méthodes) pour se développer. Pour la seconde, en l'absence d'études portant sur le sujet, la relation entre la taille de la larve et la distance au niveau d'eau sera étudiée en supposant que les larves les plus âgées ont tendance à être plus éloignées de la berge, hors période d'émergence.

2. Matériel et méthodes

2.1. Présentation des sites d'étude

L'étude a été conduite sur 4 sites, d'amont en aval : Saint-Mathurin (13/09/16), dans le Maine-et-Loire, Varades (12/09/16), Ancenis (08/09/16), Oudon (06/09/16), en Loire-Atlantique. Le choix des sites d'études fait notamment suite aux données de récolte d'exuvies recensées par le Conservatoire d'Espaces Naturels. Par manque de temps, les échantillons d'un 5^{ème} site, la Fresne-sur-Loire, n'ont pas pu être triés, identifiés et utilisés pour la présente étude. Depuis 2004, les trois sites aval font partie du site d'intérêt communautaire (SIC) Natura 2000 « Vallée de la Loire de Nantes aux Ponts-de-Cé et ses annexes », caractérisée par la diversité des habitats et la richesse biocénotique, avec présence de nombreuses espèces à valeur patrimoniale, comme le castor. A l'échelon national, l'ensemble du linéaire est décliné comme zone de protection spéciale (ZPS).

2.1.1. Présentation du site de Saint-Mathurin

Seul site situé à l'Amont d'Angers et en dehors de la zone de travaux prévus dans le cadre du CLA, Saint-Mathurin est la zone témoin. Elle est caractérisée par une forte dynamique hydro-sédimentaire avec la formation et l'évolution de larges bancs de sable qui peuvent laisser place à de multiples chenaux de diverses profondeurs (figure 7) ; le substrat est dominé par les sables grossiers (voir catégories de substrat en partie 2.2.2). Les transects de septembre 2016, représentés en bleu sont identifiés par le premier ou le dernier point du transect. Ils sont localisés dans un petit chenal en rive gauche bordée par un banc de sable. La berge abrupte (angle de 45°) de la rive gauche est caractérisée par la présence de nombreux ligneux et d'herbacées à mi-hauteur ainsi que des débris ligneux (troncs, branches) immergés en bordure immédiate (figure 8). Le transect SM3 représenté ci-dessous est localisé en bordure d'un banc de sable non présent sur la photographie de 2009 du SIEL.

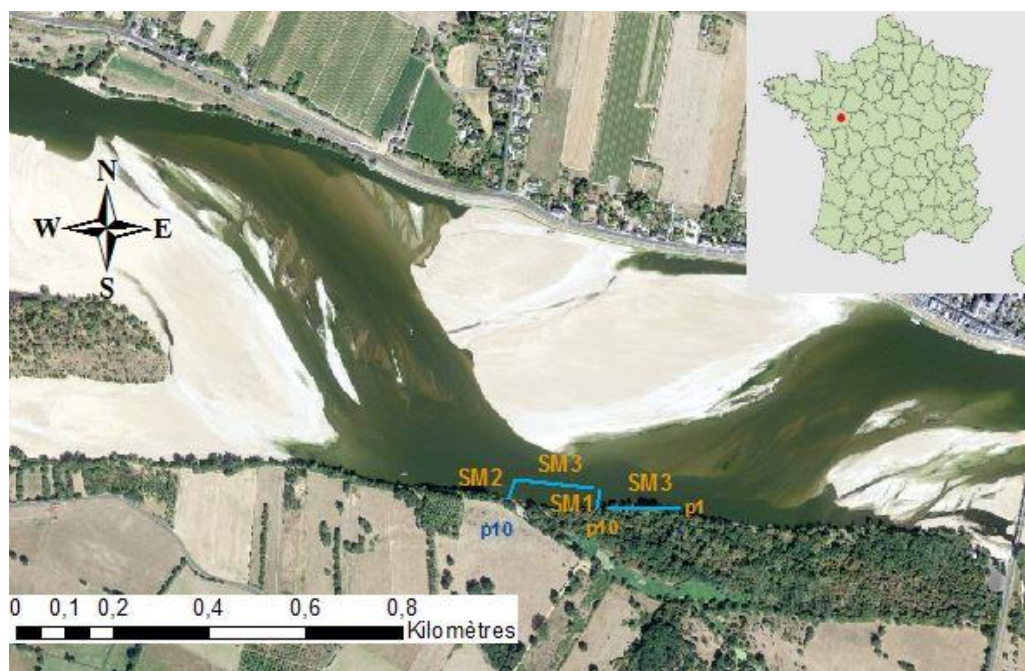


Figure 7 : Vue satellite de la station de Saint-Mathurin. Source fond de carte : SIEL 2009, DREAL Centre-Val-de-Loire ; données transects : Nina Richard et réalisation personnelle.



Figure 8 : Berges situées sur la zone de prospection de Saint-Mathurin, campagne de juin 2017, photo personnelle.

2.1.2. Présentation des sites de Varades, Ancenis et Oudon

Les prospections sur les stations de Varades (figure 9), Ancenis (figure 12) et Oudon (figure 13) ont eu lieu dans des revers d'épis caractérisés par des zones de dépôt sédimentaire à vitesse faible et substrat assez fin, en bordure du chenal préférentiel dessiné par les épis. Ces zones d'épis sont bien représentées depuis Montjean-sur-Loire, située à une quinzaine de kilomètres en amont de Varades, jusqu'à l'agglomération Nantaise.

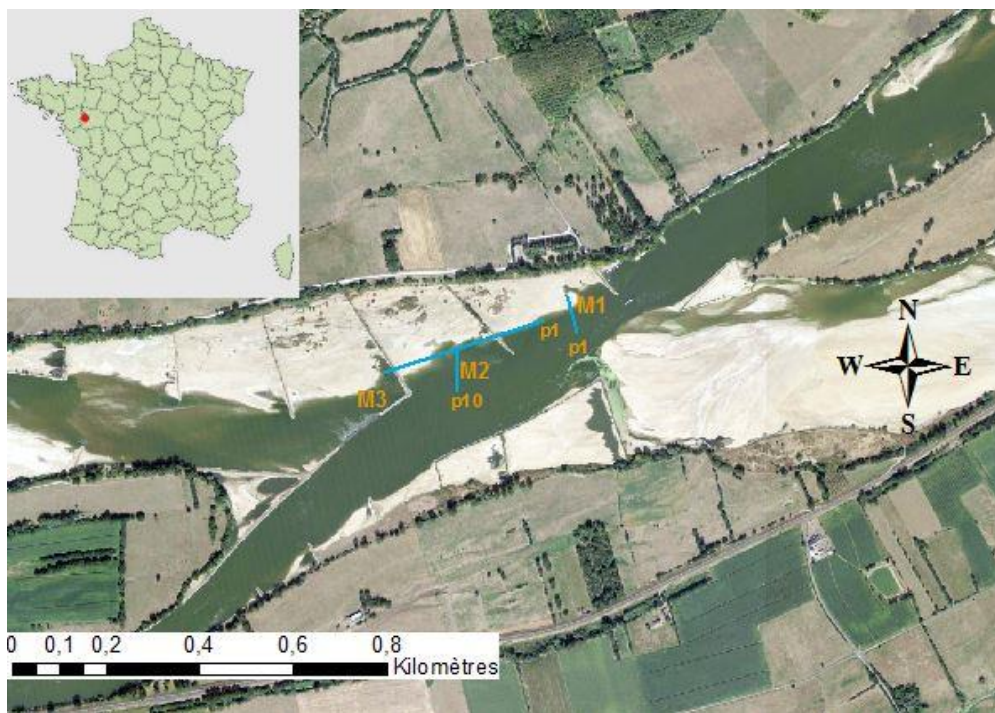


Figure 9 : Vue satellite de la station de Varades. Source fond de carte : SIEL 2009, DREAL Centre-Val-de-Loire ; données transects : Nina Richard et réalisation personnelle.

L'évolution de la structure d'habitats est particulièrement marquante pour les transects transversaux des 3 sites qui démarrent à proximité immédiate des berges jusqu'à des zones de chenal de profondeur supérieure à 2m avec des vitesses de courant élevées bien qu'il existe des creux aux abords d'épis. Les bancs de sable en arrière des épis étaient largement nus avec des très peu de végétation sur les stations d'Ancenis (figure 10) et de Varades en septembre 2016 alors que le site d'Oudon comporte des cortèges herbacés, arbustifs et ligneux sur les berges à proximité des transects (figure 11). La Loire à Oudon est également marquée par l'influence de la marée qui provoque une fluctuation du niveau d'eau dans la journée.



Figure 11 : photographie de la station d'Ancenis face au transect A1, campagne de terrain de juin 2017, photo personnelle.



Figure 10 : photographie de la station d'Oudon face au transect O2, campagne de terrain de juin 2017, photo personnelle.

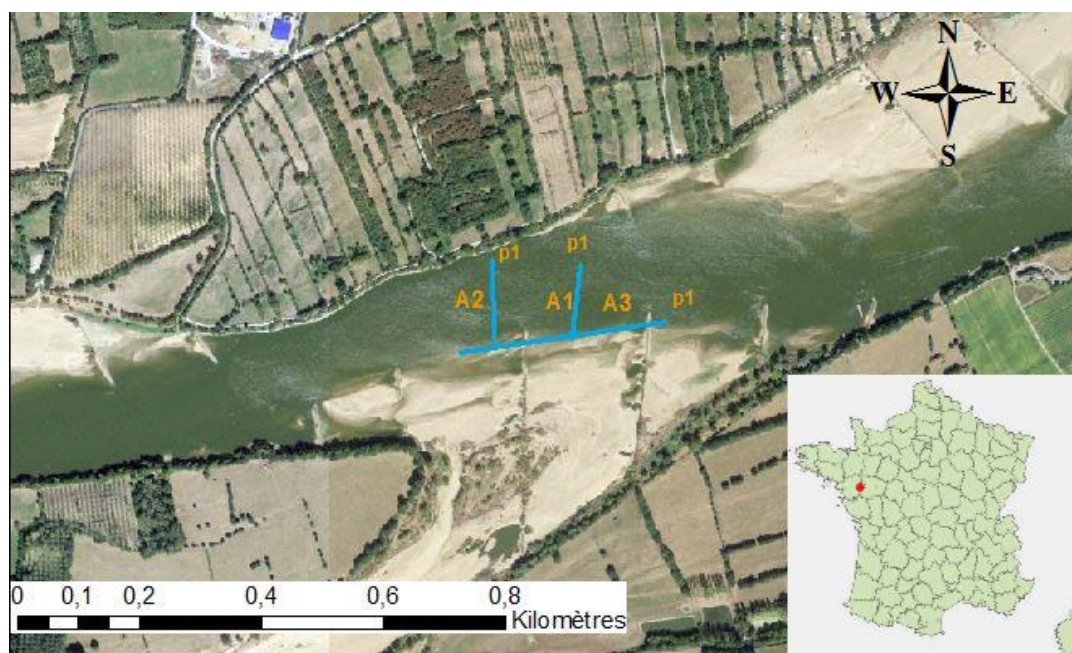


Figure 12 : Vue satellite de la station d'Ancenis. Source fond de carte : SIEL 2009, DREAL Centre-Val-de-Loire ; données transects : Nina Richard et réalisation personnelle.

La figure précédente, qui laisse deviner la présence d'un bras secondaire en rive gauche du fleuve à l'arrière de la zone de prospection, est un exemple de la dynamique du fleuve et de l'évolution des zones d'annexes hydrauliques qui servent potentiellement d'habitat aux larves après les dérives dues aux crues.

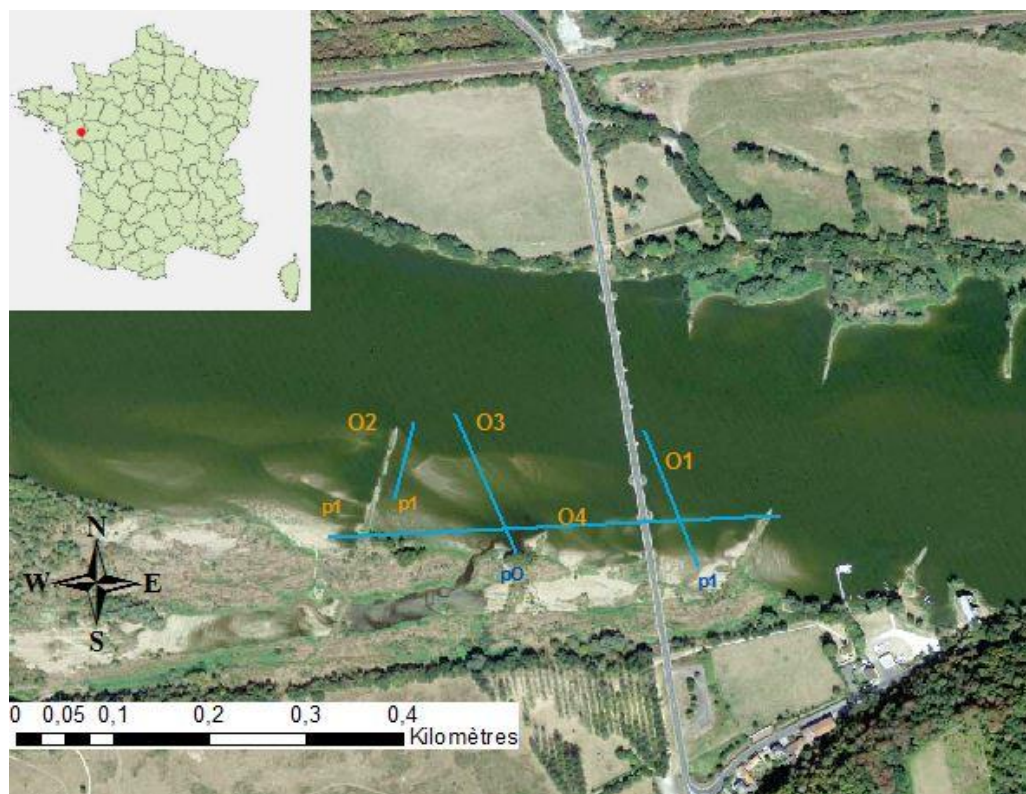


Figure 13 : Vue satellite de la station d'Oudon. Source fond de carte : SIEL 2009, DREAL Centre-Val-de-Loire ; données transects : Nina Richard et réalisation personnelle.

2.2. Relevés de terrain et laboratoire

2.2.1. Protocole de relevés

Le protocole de prélèvements des macro-invertébrés axé sur les Gomphidae a été élaboré par Nina Richard et Catherine Boisneau après un travail bibliographique et suivant le Plan National d'Actions en faveur des Odonates, ici décliné pour les Pays de Loire (Gretia, 2012). Le choix des sites d'échantillonnage présenté ci-dessus a été fait selon la localisation de données de récolte d'exuvies et suivant les potentielles perturbations apportées par les travaux de restauration. Les échantillonnages en aval constituaient des zones entre épis ou en bordure de banc de sable, plutôt de faible profondeur et avec des vitesses de courant faibles sur la plus grande partie des transects transversaux.

Dans le cas présent 2 transects transversaux et 1 transect longitudinal ont été effectués (figures 7, 9, 12, 13). 3 transects transversaux ont été réalisés pour Oudon, le protocole a ensuite été modifié afin de réduire le temps de prélèvements. Les transects transversaux comportent 10 points pour lesquels la distance entre points vaut 15m.

2.2.2. Prélèvement de substrat

Les échantillons ont été relevés à l'aide d'un haveneau de maille 500µm pour les zones peu profondes et avec un cône berthois pour les zones profondes. Une fois, l'échantillon transvasé dans un bac de tri, un volume de sédiments d'environ 830 mL est prélevé à l'aide d'un entonnoir marqué. L'échantillon est ensuite fixé dans un sac plastique doublé et référencé (site, transect et point du transect) avec du formol avant d'être soigneusement refermé avec un élastique. En parallèle du prélèvement, la nature du substrat est identifiée selon le classement présenté en tableau 3. La présence de colmatage et de matière organique sont également référencées.

Tableau 3 : classes de substrat retenues pour les sédiments

Sédiments <2mm	Vase
	Limons < 2mm
	Sables < 2mm
Sédiments >2mm	Sables grossiers 2mm <x < 2cm
	Pierres et galets > 2cm
	Blocs ou Roche mère

Outre la profondeur et la distance à la berge (inférieure à 1m pour les transects longitudinaux), plusieurs paramètres physico-chimiques ont été relevés en parallèle de la hauteur d'eau. La concentration (mg/L) et la saturation (%) en oxygène ainsi que la température (°C) ont été relevés à l'aide d'un oxymètre (modèle Hach HQ 30d flex) au plus près du fond et à 80% de la profondeur (0.8h), cette dernière mesure ayant été faite sur certains transects uniquement, lorsque la profondeur est suffisante. La vitesse de courant (m/s) a été mesurée aux mêmes emplacements avec un courantomètre ; les coordonnées GPS du point de transect ont également été notées.

2.2.3. Tri et identification

Les échantillons ont été triés sous une hotte aspirante (vapeurs de formol) avec un tamis de maille 500µm. Le formol ainsi que le résidu du 1^{er} lavage (jusqu'à 3 pour les échantillons présentant un fort taux de matière organique) sont récupérés dans des bidons identifiés afin d'être ultérieurement traités. L'échantillon est ensuite lavé dans un bac de tri en plastique jusqu'à ce que l'eau devienne transparente. La majorité des échantillons de Oudon ayant été triés avant le début du stage (46/50), 37 échantillons de Saint-Mathurin (3 ayant été fait) ont été triés, les 4 échantillons restants d'Oudon ainsi que 6 échantillons d'Ancenis. La plupart des échantillons d'Ancenis ainsi que ceux de Varades ont été triés par un second stagiaire. Les invertébrés récupérés ont été stockés dans des piluliers référencés avec une solution d'alcool à 95% en attendant l'identification.

Les invertébrés ont ensuite été identifiés sous un microscope binoculaire. Les ouvrages utilisés pour l'identification ont été :

- TACHET, H., RICHOUX, P., BOURNAUD, M., USSEGLIO-POLATERA, P., 2010. Invertébrés d'eau douce : systématique, biologie, écologie. CNRS éditions, 607 pages.

- DOUCET, G., 2011.- Clé de détermination des exuvies des Odonates de France. 2^e édition – Société Française d’Odonatologie, 68 pages.*

Si les gomphes obtenus ont été identifiés jusqu’à l’espèce, la plupart des invertébrés ont été identifiés jusqu’au genre. Pour les Diptères, l’identification a été faite jusqu’à la famille, à l’exception des Ceratopogonidae (sous-famille Ceratopogoninae) et des Chironomidae (sous famille Orthoclaadiinae et tribu pour la sous famille Chironominae) ; les Oligochètes ont été identifiés comme tel. Les individus non identifiés ont été utilisés comme tel en précisant dans la mesure du possible l’ordre ou la famille de l’individu. La taille des larves des gomphes identifiées a été mesurée sous loupe binoculaire à la règle de l’extrémité de la tête à celle de l’abdomen.

2.2.4. Traitement des données

L’hypothèse 1 a été testée à partir de 2 variables qualitatives sous forme de classes. Les résultats ont été synthétisés sous la forme d’un tableau en retenant 2 classes de vitesse : ($<0.3\text{m/s}$) et ($>0.3\text{m/s}$) et 2 classes de substrat : ($<2\text{mm}$) qui regroupe vase, limons et sables fin et ($>2\text{mm}$) qui regroupe sables grossiers, pierres et galets $>2\text{cm}$ et bloc/roche mère. (tableau 3). Seul *Gomphus flavipes* a été représentée, le nombre d’individus des autres espèces identifiées étant inférieur ou égal à 3.

L’hypothèse 2 a été testée sur l’ensemble de l’échantillon et sur *Gomphus flavipes* qui représentait l’espèce la plus abondante sur l’ensemble des sites d’études. Les coefficients de corrélation de rang de Spearman au seuil de 0.05 ont été calculés pour ce test.

3. Résultats et discussion

3.1. Présentation et interprétation des échantillonnages des 4 stations

L'absence d'individus sur le site d'Ancenis, qui présente pourtant des caractéristiques proches de celle de Varades (zones d'épis avec peu de végétation) et pour lequel le CEN avait identifié la présence d'exuvies, pourrait être en partie liée à la crue survenue en juin 2016, entraînant une dérive des larves vers des zones en aval. En effet, la campagne de terrain de 2017, établie en juin, a permis d'observer quelques exuvies (dont plusieurs de *Gomphus flavipes*) qui ne proviennent pas de laisses ainsi qu'une émergence sur le site. Il est toutefois possible que la densité d'individus soit faible. Plus de la moitié des 13 individus retrouvés (annexe 1) concerne *Gomphus flavipes*, qui n'a pas été observé sur le site témoin de Saint-Mathurin. L'identification des individus d'*Ophiogomphus cecilia* ne peut être certifiée car la taille des larves, qui ne développent pas encore toutes leurs caractéristiques morphologiques, rend les confusions possibles avec *Onychogomphus forcipatus*. Pour *Onychogomphus forcipatus*, *Gomphus vulgatissimus* et *Gomphus pulchellus* seul un individu a été identifié.

Le tableau 4 présente les résultats concernant l'hypothèse 1. Bien que celle-ci soit difficilement appréciable pour *Ophiogomphus cecilia* à cause du nombre d'individus obtenus (3, valeur inférieure au seuil pour la corrélation de Spearman), les 3 individus ont été retrouvés dans un substrat de sable grossier. Il semble que pour *Gomphus flavipes*, l'espèce affectionne majoritairement les sédiments fins (<2mm) avec des courants faibles voire nuls (vitesse nulle pour 5 des 7 larves obtenues). Ces observations rejoignent des études menées en Allemagne (Müller, 2002 ; Linke & Fartmann, 2009) qui font état de l'importance des revers d'épis, caractérisés par un dépôt de sédiments plutôt fins et une faible vitesse de courant, comme habitats larvaires, en particulier pour *Gomphus flavipes*. 1 seule larve (*Ophiogomphus cecilia*) a été retrouvée dans un milieu avec une vitesse de courant dépassant 0.3m/s, sur le site témoin de Saint-Mathurin. Le nombre d'individus obtenus pour l'espèce ne permet toutefois pas de conclure sur ses préférences écologiques pour la Loire ; il est toutefois probable que la population d'*Ophiogomphus cecilia* en Basse-Loire soit faible, car l'espèce est considérée comme une espèce plutôt inféodée à la Loire moyenne. Concernant le site de Saint-Mathurin, qui semble propice au vu des observations de 2017, la crue de juin 2016 a pu entraîner également une dérive larvaire sur d'autres sites à proximité aval.

Tableau 4 : synthèse des couples substrats/vitesse de courant pour *Gomphus flavipes* et *Ophiogomphus cecilia* (en % du nombre de larves sur 7 individus)

<i>Gomphus flavipes</i>	Sédiments <2mm	Sédiments >2mm
V<0,3m/s	85.7	14.3
V>0,3m/s	0	0

L'hypothèse 2 n'est pas vérifiée au seuil de 0.05 pour l'ensemble de l'échantillon (annexe 3) : il n'y a pas de corrélation entre la taille des individus et la distance à la berge (figure 14, $r_s=0.04<0.56$). Pour les besoins du calcul et en l'absence de relevés, la distance à la berge des points correspondant aux larves de taille respective 5.5 et 26mm, obtenus sur le transect longitudinal SM3 ont été estimées en sachant que la distance à la berge était connue comme étant inférieure à 1m. L'hypothèse 2 testée au seuil de 0.05 sur les 7 individus de *Gomphus flavipes* (figure 15) offre un coefficient de corrélation de Spearman $r_s=0.85>0.71$, l'hypothèse est validée pour l'espèce : plus les individus sont grands (âgés) plus ils ont tendance à s'éloigner de la berge.

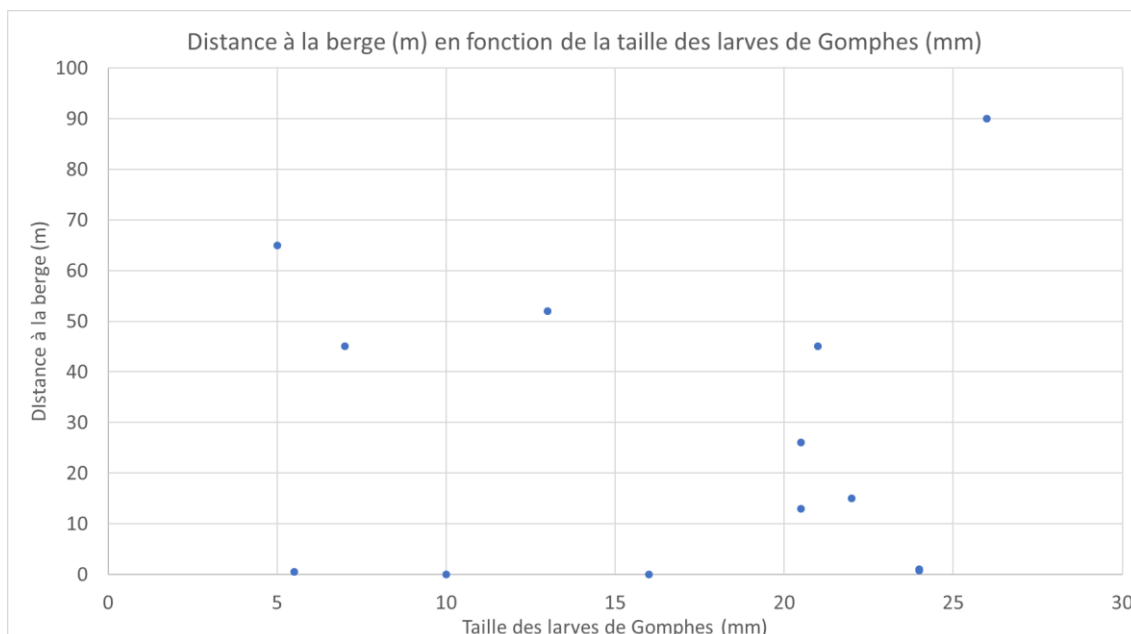


Figure 14 : Représentation de la distance à la berge (m) en fonction de la taille des larves de Gomphes (mm)

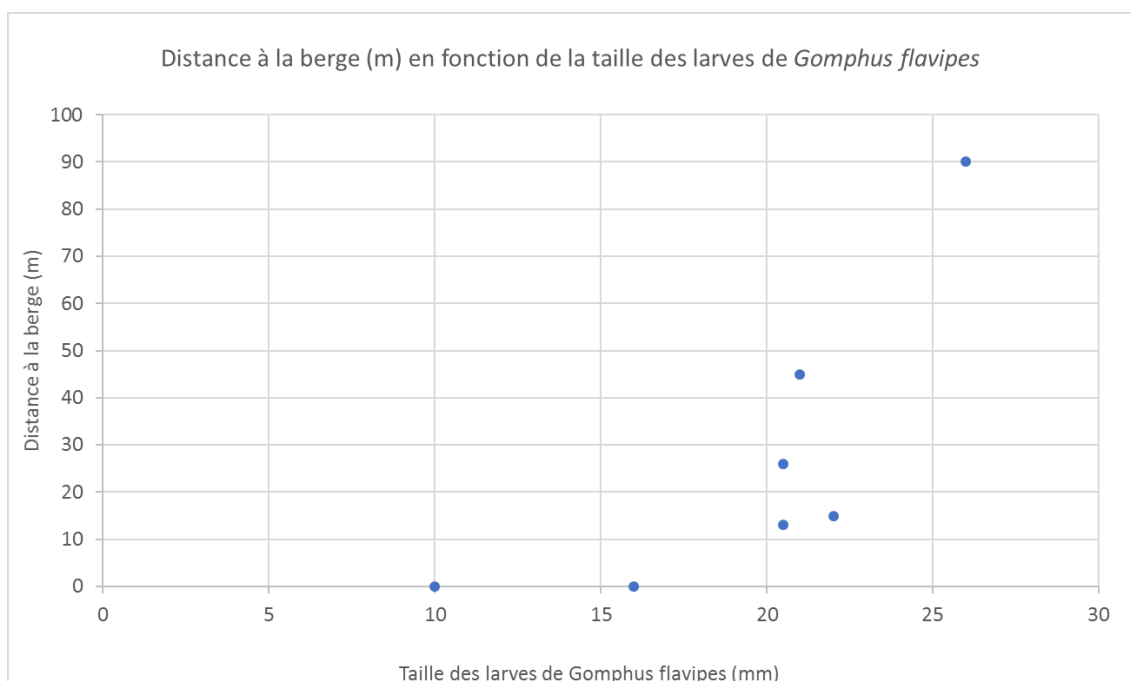


Figure 15 : graphique de la distance à la berge (m) en fonction de la taille des larves de Gomphus flavipes (mm)

D'autres résultats, non retenus dans les hypothèses, sont toutefois pertinents au regard de l'étude. Pour la majorité des individus retrouvés, les substrats comportaient de la matière organique, plutôt sous forme de biofilm, qui est vraisemblablement propice au développement des proies des Gomphidae (décomposeurs, comme les Chironomides, Oligochètes ou Gammarus). Il semble en outre que *Gomphus flavipes* fasse preuve d'une bonne adaptation à des variations de concentration en oxygène (individus retrouvés avec une concentration de 7.91mg/L (91.1% de saturation) en oxygène dissous jusqu'à 14.8mg/L (186% de saturation) d'oxygène dissous).

La variation de la durée de vie larvaire, estimée entre 2 et 4 ans pour les espèces obtenues (2 à 3 ans pour *Gomphus pulchellus*, Grand & Boudot, 2006) rend l'estimation de l'âge des gomphes complexe à cause de l'importance de la température de l'eau (cumulée) sur la vitesse du développement larvaire. *Gomphus flavipes* semble indifférente à la hauteur d'eau (individus retrouvés aussi bien à 15cm qu'à 3,65m de fond). Le développement de zones à forte saturation d'oxygène dans des zones stagnantes peut être mise en lien avec le développement de phytoplancton en période estivale.

Ces premiers résultats permettent de montrer que les Gomphidae et plus particulièrement *Gomphus flavipes* et *Ophiogomphus cecilia* présentent des populations dans divers habitats de la Basse-Loire. Les larves de *Gomphus flavipes*, retrouvées ici uniquement dans les espaces entre épis des sites aval, semblent davantage préférer les sédiments fins à très fins associés à des courants très faibles voire nuls ce qui rejoint diverses observations menées en Europe. Pour la seconde espèce, les larves semblent préférer un substrat plus grossier ainsi que des plages de courant plus élevées, des conditions notamment retrouvées à Saint-Mathurin. L'impact de l'arasement partiel ou total d'épis situés sur la basse-Loire sur l'intégrité des habitats larvaires, dans le cadre du CLA devra être étudiée attentivement. Le cas échéant, comme le contrat de restauration le prévoit, la restauration de zones d'annexes hydrauliques et de chenaux devrait permettre de proposer comme habitat une alternative durable aux épis pour les espèces considérées. Il est possible que la crue survenue au printemps 2016 sur la Loire ait entraîné une modification des habitats larvaires des gomphes ainsi qu'une dérive des larves vers des zones aval telles que des boires ou des bras secondaires. Il conviendrait en outre de porter une attention particulière aux zones fréquentées par les adultes, en particulier pour leur alimentation et leur maturation avant reproduction.

3.2. Propositions d'évolution sur le protocole et les campagnes futures et perspectives

Il sera intéressant de comparer ces données avec celles issus des échantillons de juin 2017 qui est au cœur de la période d'émergence de *Gomphus flavipes* et *Ophiogomphus cecilia* et pour laquelle les larves matures auront tendance à se rapprocher des berges. Il semblerait cependant que la période d'émergence puisse varier d'une année à l'autre à une dizaine de jour (Farkas *et al.*, 2012), repérer la date exacte des premières émergences permettrait ainsi de mettre en place une campagne de terrain située précisément au cœur de la pleine période d'émergence afin de mieux visualiser les possibles fluctuations de populations d'une année à l'autre. Cette proposition est toutefois fortement sujette aux conditions météorologiques et surtout hydrologiques pour la Loire (les campagnes durant les périodes de crues s'avèrent fortement délicates). L'ajout de la récolte d'exuvies à partir de la campagne de juin 2017 et qui sera poursuivie sur les années suivantes devrait permettre d'apporter un complément précieux sur l'état des populations des espèces ciblées.

La Basse-Loire est une section navigable qui peut voir un passage important d'embarcations, notamment de plaisance durant la période estivale. La navigation effectuée à proximité des supports d'émergence, qui génère parfois de fortes vagues, peut être préjudiciable à la fois pour la survie des adultes en émergence et pour les besoins de l'étude. Un arrêté permettant de limiter la vitesse des embarcations durant l'émergence des larves diminuerait d'autant l'impact potentiel de l'activité nautique sur les larves bien que sa mise en place paraisse complexe.

Si des études menées sur les imagos paraissent difficiles à mettre en place, il semble pourtant indispensable d'évaluer l'impact de la dynamique des zones ripariennes, et notamment le développement de zones fermées (croissance des ligneux) dans la plaine alluviale de la Loire sur la disponibilité de zones de chasses pour les Gomphes, afin de conserver un panel d'habitats propices à tous les stades de développement des espèces. Les travaux de recherche prévus sur l'autre axe biotique (végétation) du programme R-TEMUS, qui concernent l'étude la dynamique végétale des annexes, des impacts potentiels des travaux de restauration et des propositions de restauration, devraient fournir un complément précieux à l'étude des habitats larvaires des Gomphidae.

4. Conclusion

Les prospections réalisées sur les sites de Saint Mathurin, Varades, Ancenis et Oudon en Septembre 2016, dans le cadre du programme d'études R-TEMUS pour l'axe consacré aux macro-invertébrés, ont permis de montrer, malgré le faible nombre d'individus, que les larves de Gomphidae, et plus spécifiquement *Ophiogomphus cecilia* et *Gomphus flavipes* présentent des populations au sein de plusieurs habitats du système ligérien aval. Sur le site témoin de Saint-Mathurin, qui semble plus particulièrement propice à *Ophiogomphus cecilia*, ces habitats concernaient des zones de chenal secondaire peu profondes à granulométrie assez grossière. Dans les sites situés sur le tronçon qui doit faire l'objet de restauration en aval, les revers d'épis prospectés ont permis d'identifier des individus des 2 espèces ciblées, principalement *Gomphus flavipes* ce qui met en avant l'importance de mettre en place des alternatives d'habitat fonctionnel dans l'optique d'arasement des ouvrages. Ces résultats, qui ne concernent toutefois qu'un faible nombre d'individus laissant supposer une faible densité, devront être confortés avec les campagnes des années suivantes, qui intégreront notamment un complément précieux avec les données sur les exuvies pour le terrain effectué en juin 2017. A terme, ces campagnes permettront d'établir une solide base de données sur l'écologie des Gomphidae en Basse-Loire. La présence des 2 espèces bio-indicatrices au sein des épis participera à la réflexion de l'impact présumé sur la biocénose ligérienne aval des travaux d'arasement d'épis et de remobilisation sédimentaire prévus dans le cadre du Contrat pour la Loire et ses Annexes.

Bibliographie

Les références marquées d'une * font l'objet d'une demande de référence spécifique indiquée dans le document d'origine et sont donc conservées en l'état.

BAETA, R, 2014. Le point sur... l'élaboration d'un suivi diachronique des Gomphidae de la Loire. Présentation pdf. ANEPE Caudalis, COPIL PRAO, Orléans. [en ligne] Disponible sur : http://odonates.pnaopie.fr/wp-content/uploads/2010/12/SuiviGomphidesLoire_CopilPRAO2014_RB.pdf [consulté le 7 juillet 2017]

BLANCHON, Y., DURAND, E., LAMBRET, P., 2011. Redécouverte de *Gomphus flavipes* (Charpentier, 1825) en Provence-Alpes-Côte d'Azur (Odonata, Anisoptera : Gomphidae). Martinia 27 (2) 121-122 pp. Disponible sur : https://www.researchgate.net/publication/284829376_Redecouverte_de_Gomphus_flavipes_Charpentier_1825_en_Provence-Alpes-Cote_d%27Azur_Odonata_Anisoptera_Gomphidae [consulté le 23 juillet 2017]

DE KNIJF, G., ADRIAENS, T., VERMYLEN, R., VAN DER SCHOOT, P., 2014. Discovery of a population of *Gomphus flavipes* on the Albert Canal (Belgium), one of the busiest channels in Europe, with an overview of its status in Western and Central-Europe. Brachytron 16 (1/2), 3-17 pp. Disponible sur : https://www.researchgate.net/publication/260432740_Discovery_of_a_population_of_Gomphus_flavipes_on_the_Albert_Canal_Belgium_one_of_the_busiest_channels_in_Europe_with_an_overview_of_its_status_in_Western_and_Central-Europe [consulté le 4 juillet 2017].

DIJKSTRA, K.-D.B., LEWINGTON R., 2007. Guide des Libellules de France et d'Europe, Delachaux & Niestlé, Paris. 320 pages.

DOMMANGET J.-L., 2004. *Ophiogomphus cecilia* (Geoffroy in Fourcroy, 1785). In : BENSETTITI F. & GAUDILLAT V., 2004. Cahiers d'habitats Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 7 : Espèces animales. La Documentation française, 353 pp.

DREAL Centre Val-de-Loire, 2015. La Loire aval de 2000 à 2009. Système d'information des évolutions du lit de la Loire (SIEL). Ministère de la Transition Ecologique et solidaire. [en ligne] Disponible sur : http://www.centre.developpement-durable.gouv.fr/la-loire-aval-r568.html?page=rubrique&id_rubrique=568&id_article=1690&masquable=OK [consulté le 28 juillet 2017]

FARKAS, A., JAKAB, T., TÓTH, A., KALMAR, A.F., DÉVAI, G., 2012. Emergence patterns of riverine dragonflies (Odonata: Gomphidae) in Hungary: variations between habitats and years. Aquatic Insects : International Journal of Freshwater Entomology, 34 (suppl1), 77-89 pp. [en ligne] Disponible sur : https://www.researchgate.net/publication/239787302_Emergence_patterns_of_riverine_dragonflies_Odonata_Gomphidae_in_Hungary_Variations_between_habitats_and_years [consulté le 13 juin 2017]

GOURAUD, C. (2015). Ecologie larvaire de deux Gomphidae de Loire moyenne : *Gomphus flavipes* et *Ophiogomphus cecilia*. – Département d'Ingénierie des Milieux Aquatiques et des Corridors Fluviaux - Université François Rabelais & Ecole Polytechnique de Tours, 55 pp.*

GRAND D., BOUDOT J.-P., 2006 – Les libellules de France, Belgique et Luxembourg. Biotope, Mèze, (Collection Parthénopé), 480 pages.*

GRAND, D., PONT, B., KRIEG-JACQUIER, R., BARLOT, R., FEUVRIER, B., BAZIN, N., BIOT, C., DELIRY, C., GAGET, V., MICHELOT, J.L., MICHELOT, L., 2011. *Gomphus flavipes* (Charpentier, 1825) redécouvert dans le bassin hydrographique du Rhône (Odonata, Anisoptera : Gomphidae). *Martinia* 27 (1), 9-26 pp. [en ligne] Disponible sur : <http://odonates.pnaopie.fr/wp-content/uploads/2010/11/GRAND-et-al-2011-Gomphus-flavipes-red%C3%A9couvert-dans-le-bassin-hydrographique-du-Rh%C3%B4ne.pdf> [consulté le 18 juillet 2017]

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.* [en ligne] Disponible sur : <http://odonates.pnaopie.fr/wp-content/uploads/2010/12/rapport-PRAO-PdL-valid%C3%A9.pdf> [consulté le 25 juin 2017]

Groupe d'intérêt public Loire estuaire. Programme d'actions. Disponible sur : <http://loire-estuaire.alkante.com/accueil/les-actions/reequilibrage-du-lit-de-la-loire/reequilibrage-du-lit-de-la-loire-entre-nantes-et-les-ponts-de-ce/programme-dactions> [consulté le 2 août 2017]

GUILLAUME, M., Secrétariat général du Gouvernement. Légifrance. Disponible sur : <https://www.legifrance.gouv.fr/> [consulté le 2 août 2017]

HEIDEMANN H., SEIDENBUSCH R., 2002.- Larves et exuvies des libellules de France et d'Allemagne (sauf de Corse).- Société française d'odonatologie, 416 pages.*

LECONTE, M., ILBERT, N., LAPALISSE, J., LAPORTE, T., 2002. Le point sur les connaissances relatives aux Odonates rares des Pays de l'Adour (Gers, Landes, Pyrénées-Atlantiques, Hautes-Pyrénées). *Martinia* 18 (2), 39-65 pp. [en ligne] Disponible sur : <http://odonates.pnaopie.fr/wp-content/uploads/2013/01/LECONTE-et-al-2002-Le-point-sur-les-connaissances-relatives-aux-Odonates-rares-des-pays-de-lAdour.pdf> [consulté le 10 juillet 2017]

LOHR, M., 2003. Étude faunistique des Odonates des plaines alluviales de l'Allier et de quelques affluents au Nord-ouest de Moulins (Départements de l'Allier, du Cher et de la Nièvre). *Martinia* 19 (4), 123-148 pp. [en ligne] Disponible sur : https://www.researchgate.net/publication/235731982_Etude_faunistique_des_Odonates_des_plaines_alluviales_de_l%27Allier_et_de_quelques_affluents_au_nord-ouest_de_Moulins_Departements_de_l%27Allier_du_Cher_et_de_la_Nievre [consulté le 27 juillet 2017]

LINKE, T.J., FARTMANN, T., 2009. Flussjungfern am Niederrhein: Verbreitung und Habitatbindung (Odonata : Gomphidae). Universität Münster, Institut für Landschaftsökologie, 15 pp.

MÜLLER, O., 2002. Die Habitate von Libellenlarven in der Oder (Insecta: Odonata). *Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg*, 11 (3), 205-212 pp.

MÜNCHBERG, P., 1932. Beiträge zur Kenntnis der Biologie der Odonatenfamilie der Gomphidae. *Zeitschrift für Morphologie und Ökologie der Tiere*. 24, 704-735 pp.

Office Pour les Insectes et leur Environnement. Plan National d'Actions en faveur des Odonates. [en ligne] Disponible sur : <https://odonates.pnaopie.fr/> [consulté régulièrement]

PNA, 2014. *Gomphus flavipes*. [en ligne] Disponible sur : <https://odonates.pnaopie.fr/especes/gomphidae/gomphus-flavipes/> [consulté le 15 juin 2017]

PNA, 2014. *Ophiogomphus cecilia*. [en ligne] Disponible sur : <https://odonates.pnaopie.fr/especes/gomphidae/ophiogomphus-cecilia/> [consulté le 15 juin 2017]

POPOVA A. N., 1923. Zur Biologie von Gomphus flavipes (CHARPENTIER, 1825). Arbeiten aus der biologischen Wolgastation 6 (5), 269-280 pp.

RUSSEV, B., 1972. Influence of some ecological factors on changes of the standing crop of zoobenthos of the Danube in the Bulgarian stretch. Proc. IBP-UNESCO Symposium on productivity problems of freshwaters. Kazimierz Dolny, Poland, May 6-12, 1970, 813-826 pp.

SCHORR, M., 1990. Grundlagen zu einem Artenhilfsprogramm Libellen der Bundesrepublik Deutschland. Societas Internationalis Odonatologica. Bithoven, 512 pp.

STERNBERG, K., HOPPER, B., SCHIEL F-JRADEMACHER, M., 2000. Gomphus flavipes (Charpentier, 1825). Asiatische Keiljungfer. In: STERNBERG K., BUCHWALD, R., 2000. Die Libellen Baden-Württembergs, Band 2, Stuttgart (Ulmer), 285-292 pp.

STAUFER, M., 2010. Endbericht: Die Verbreitung der Asiatischen Keiljungfer (*Gomphus flavipes*) an Thaya und March. Lebensministerium, 21 pp. Disponible sur : https://www.bmlfuw.gv.at/dam/jcr.../Keiljungfer_Endbericht.pdf [consulté le 2 août 2017]

SUHLING, F., MÜLLER, O., 1996. Die Flußjungfern Europas (Gomphidae). Die Neue Brehm-Bücherei, Vol. 628, Westarp-Wissenschaften, 237 p.

SUHLING, F., WERZINGER, J., MÜLLER, O., 2003. Ophiogomphus cecilia (Fourcroy, 1785). Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz. 69, 593-601 pp.

UICN France, MNHN, OPIE & SFO (2016). La Liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre Libellules de France métropolitaine. Paris, France.* [en ligne] Disponible sur : http://uicn.fr/wp-content/uploads/2016/06/Liste_rouge_France_Libellules_de_metropole.pdf [consulté le 10 juin 2017]

Vonwil G. 2013. Fiches de protection espèces – Libellules – *Ophiogomphus cecilia*. Groupe de travail pour la conservation des Libellules de Suisse, CSCF info fauna, Neuchâtel et Office fédéral de l'environnement, Berne. 5 p.* [en ligne] Disponible sur : [https://www.unine.ch/files/.../Ophiogomphus%20cecilia\(fr\).pdf](https://www.unine.ch/files/.../Ophiogomphus%20cecilia(fr).pdf) [consulté le 12 juillet 2017]

WERZINGER, S., WERZINGER, J., 1994, In : VAN HELSDINGEN, P.J., WILLEMSE, L., SPEIGHT, M.C.D., 1996. Background information on invertebrates of the Habitats Directive and the Bern Convention. Part II (Mantodea, Odonata, Orthoptera and Arachnida). Nature and Environment n°80, Council of Europe, Strasbourg, 341 pp.

WESTERMANN, K., 2008. Auswirkungen von Hochwassern auf die Emergenzraten von Libellen an Fließgewässern des Oberrheinischen Tieflandes (Odonata). Libellula 27, 63-88 pp.

Table des figures et des tableaux

FIGURE 1: EVOLUTION DU CORTEGE DE GOMPES SUR LA LOIRE SELON UN GRADIENT AMONT-AVAL ; SOURCE : RENAUD BAETA POUR COPIL PRAO, 16 DECEMBRE 2014 - ORLEANS, INSPIREE D'ALTMÜLLER <i>ET AL.</i> , 1989.....	11
FIGURE 2 : ADULTE D'OPHIOGOMPHUS CECILIA. SOURCE : J.P. BOUDOT IN HTTP://ODONATES.PNAOPIE.FR/ESPECES/GOMPHIDAE/OPHIOGOMPHUS-CECILIA/.....	11
FIGURE 3 : LARVE DE GOMPHUS FLAVIPES AVEC LE MASQUE PLAT DEPLIE (PHOTO PERSONNELLE).	11
FIGURE 4 : APERÇU DES ACTIONS PREVUES DANS LE CADRE DU PROGRAMME D'ACTIONS POUR LE REEQUILIBRAGE DU LIT DE LA LOIRE ENTRE NANTES ET LES PONTS DE CE. SOURCE : GROUPEMENT D'INTERET PUBLIC LOIRE ESTUAIRE, N.D.	13
FIGURE 5 : CARTE DE REPARTITION DE G. FLAVIPES EN FRANCE METROPOLITAINE ET EN EUROPE. SOURCE : RESP OPIE/SFO POUR PNA, 2014 ; DIJKSTRA & LEWINGTON, 2007.	14
FIGURE 6 : CARTE DE REPARTITION D'OPHIOGOMPHUS CECILIA EN FRANCE METROPOLITAINE ET EN EUROPE (RESP OPIE/SFO POUR PNA; DIJKSTRA & LEWINGTON, 2007.).....	16
FIGURE 7 : VUE SATELLITE DE LA STATION DE SAINT-MATHURIN. SOURCE FOND DE CARTE : SIEL 2009, DREAL CENTRE-VAL-DE-LOIRE ; DONNEES TRANSECTS : NINA RICHARD ET REALISATION PERSONNELLE.	18
FIGURE 8 : BERGES SITUEES SUR LA ZONE DE PROSPECTION DE SAINT-MATHURIN, CAMPAGNE DE JUIN 2017, PHOTO PERSONNELLE.	19
FIGURE 9 : VUE SATELLITE DE LA STATION DE VARADES. SOURCE FOND DE CARTE : SIEL 2009, DREAL CENTRE-VAL-DE-LOIRE ; DONNEES TRANSECTS : NINA RICHARD ET REALISATION PERSONNELLE.	19
FIGURE 10 : PHOTOGRAPHIE DE LA STATION D'OUDON FACE AU TRANSECT O2, CAMPAGNE DE TERRAIN DE JUIN 2017, PHOTO PERSONNELLE.....	20
FIGURE 11 : PHOTOGRAPHIE DE LA STATION D'ANCENIS FACE AU TRANSECT A1, CAMPAGNE DE TERRAIN DE JUIN 2017, PHOTO PERSONNELLE.....	20
FIGURE 12 : VUE SATELLITE DE LA STATION D'ANCENIS. SOURCE FOND DE CARTE : SIEL 2009, DREAL CENTRE-VAL-DE-LOIRE ; DONNEES TRANSECTS : NINA RICHARD ET REALISATION PERSONNELLE.	20
FIGURE 13 : VUE SATELLITE DE LA STATION D'OUDON. SOURCE FOND DE CARTE : SIEL 2009, DREAL CENTRE-VAL-DE-LOIRE ; DONNEES TRANSECTS : NINA RICHARD ET REALISATION PERSONNELLE.	21
FIGURE 14 : REPRESENTATION DE LA DISTANCE A LA BERGE (M) EN FONCTION DE LA TAILLE DES LARVES DE GOMPHUS (MM).....	25
FIGURE 15 : GRAPHIQUE DE LA DISTANCE A LA BERGE (M) EN FONCTION DE LA TAILLE DES LARVES DE GOMPHUS FLAVIPES (MM).....	25
 TABLEAU 1 : MOTS CLES ASSOCIES A LA RECHERCHE DE SUPPORTS D'ETUDES	10
TABLEAU 2 : BILAN DES CARACTERISTIQUES ET PREFERENCES ECOLOGIQUES DE GOMPHUS FLAVIPES ET OPHIOGOMPHUS CECILIA.	17
TABLEAU 3 : CLASSES DE SUBSTRAT RETENUES POUR LES SEDIMENTS.....	22
TABLEAU 4 : SYNTHESE DES COUPLES SUBSTRATS/VITESSE DE COURANT POUR GOMPHUS FLAVIPES ET OPHIOGOMPHUS CECILIA (EN % DU NOMBRE DE LARVES SUR 7 INDIVIDUS)	24

Annexes

Annexe 1 : synthèse des données recueillies sur les Gomphidae des 4 sites et codification des substrats

Espèce	Identification échantillon	Taille de la larve (mm)	Âge larvaire supposé	Substrat	Vitesse de courant (m/s)	Distance à la berge (m)	O2 concentration (mg/L)	O2 saturation (%)	Hauteur d'eau (cm)	Présence de MO grossière
<i>Ophiogomphus cecilia</i>	SM1P3	7	<1an	4	0,4	45	9,15	109	65	Algues/MO
	M1P5	5	<1an	4	0,15	65	8,38	98	185	Biofilm
	SM3P12	5,5	<1an	4	0,1	0.5	8,87	106	60	Biofilm
<i>Gomphus flavipes</i>	O1P4	21	2ans	3	0	45	8,06	Non renseigné	100	Non
	O1P7	26	2 à 3ans	3	0,05	90	8,02	Non renseigné	250	Non
	O3P2	22	2ans	2	0	15	7,91	91,1	365	Non
	M1P8	20,5	2ans	3	0	26	11,18	133	60	Biofilm
	M1P9	20,5	2ans	4	0	13	11,76	143	50	Biofilm
	M1P10	16	1 à 2 ans	3	0	0	14,8	186	15	Biofilm
	M1P10	10	1an	3	0	0	14,8	186	15	Biofilm
<i>Gomphus pulchellus</i>	O3P0	24	2 à 3ans	2	0	1	8,07	93,3	250	Débris de feuilles
<i>Onychogomphus forcipatus</i>	SM3P14	24	2 à 3ans	4	0	0.75	11,42	139	50	Biofilm
<i>Gomphus vulgatissimus</i>	M2P4	13	<2ans	3	0	52	8,36	96,4	95	Non renseigné

Vase	1
Limons < 2mm	2
Sables < 2mm	3
Sables grossiers 2mm <x < 2cm	4
Pierres et galets > 2cm	5
Blocs ou Roche mère	6

Les 2 valeurs en rouge correspondent aux estimations faites sur le graphique de l'hypothèse 2 en page 25.

Arrêté du 23 avril 2007 fixant les listes des insectes protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection.

NOR: DEVN0752762A

Version consolidée au 03 août 2017

Le ministre de l'agriculture et de la pêche et la ministre de l'écologie et du développement durable,

Vu le décret n° 78-959 du 30 août 1978 modifié portant publication de la convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction ;

Vu la directive n° 92/43/CEE du Conseil du 21 mai 1992 concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages ;

Vu le règlement (CE) n° 338/97 du Conseil du 9 décembre 1996 relatif à la protection des espèces de faune et de flore sauvages par le contrôle de leur commerce ;

Vu le code de l'environnement, et notamment ses articles L. 411-1 à L. 412-1 et R. 411-1 à R. 412-7 ;

Vu l'avis du Conseil national de la protection de la nature,

Article 2

Pour les espèces d'insectes dont la liste est fixée ci-après :

I. - Sont interdits, sur tout le territoire métropolitain et en tout temps, la destruction ou l'enlèvement des oeufs, des larves et des nymphes, la destruction, la mutilation, la capture ou l'enlèvement, la perturbation intentionnelle des animaux dans le milieu naturel.

II. - Sont interdites, sur les parties du territoire métropolitain où l'espèce est présente ainsi que dans l'aire de déplacement naturel des noyaux de populations existants la destruction, l'altération ou la dégradation des sites de reproduction et des aires de repos des animaux. Ces interdictions s'appliquent aux éléments physiques ou biologiques réputés nécessaires à la reproduction ou au repos de l'espèce considérée, aussi longtemps qu'ils sont effectivement utilisés ou utilisables au cours des cycles successifs de reproduction ou de repos de cette espèce et pour autant que la destruction, l'altération ou la dégradation remette en cause le bon accomplissement de ces cycles biologiques.

III. - Sont interdits, sur tout le territoire national et en tout temps, la détention, le transport, la naturalisation, le colportage, la mise en vente, la vente ou l'achat, l'utilisation commerciale ou non, des spécimens prélevés :

- dans le milieu naturel du territoire métropolitain de la France, après le 24 septembre 1993 ;

- dans le milieu naturel du territoire européen des autres Etats membres de l'Union européenne, après la date d'entrée en vigueur de la directive du 21 mai 1992 susvisée.

ODONATES

Le gomphe à cercoïdes fourchus (*Gomphus graslinii*) (Rambur, 1842) ;

La leucorrhine à front blanc (*Leucorrhinia albifrons*) (Burmeister, 1839) ;

La leucorrhine à large queue (*Leucorrhinia caudalis*) (Charpentier, 1850) ;

La leucorrhine à gros thorax (*Leucorrhinia pectoralis*) (Charpentier, 1825) ;

La cordulie splendide (*Macromia splendens*) (Pictet, 1843) ;

Le gomphe serpent in (*Ophiogomphus cecilia*) (Fourcroy, 1725) ;

La cordulie à corps fin (*Oxygastra curtisii*) (Dale, 1834) ;

Le gomphe à pattes jaunes (*Stylurus* [*Gomphus*] *flavipes*) (Charpentier, 1821) ;

Le leste enfant (*Sympecma* [*braueri*] *paedisca*) (Brauer, 1882).

Annexe 3 : calcul des coefficients de corrélation de Spearman pour l'ensemble de l'échantillon et *Gomphus flavipes* selon la méthode des rangs pour l'hypothèse 2

Espèce	Taille de la larve (mm)	Distance à la berge (m)	Rang (Taille)	Rang (Distance à la berge)	Rang (taille) - rang (Distance à la berge)	(Rang (taille) - rang (Distance à la berge)) ²
<i>Ophiogomphus cecilia</i>	7	45	3	9	-6	36
	5	65	1	12	-11	121
	5,5	1	2	4	-2	4
<i>Gomphus flavipes</i>	21	45	9	9	0	0
	26	90	13	13	0	0
	22	15	10	7	3	9
	20,5	26	7,5	8	-0,5	0,25
	20,5	13	7,5	6	1,5	2,25
	16	0	6	1,5	4,5	20,25
	10	0	4	1,5	2,5	6,25
<i>Gomphus pulchellus</i>	24	1	11,5	4	7,5	56,25
<i>Onychogomphus forcipatus</i>	24	1	11,5	4	7,5	56,25
<i>Gomphus vulgatissimus</i>	13	52	5	11	-6	36
Coefficient de corrélation de Spearman	0,04				Somme	347,5

Espèce	Taille de la larve (mm)	Distance à la berge (m)	Rang (Taille)	Rang (Distance)	Rang (taille) - rang (Distance)	(Rang (taille) - rang (Distance)) ²
<i>Gomphus flavipes</i>	21	45	5	6	-1	1
	26	90	7	7	0	0
	22	15	6	4	2	4
	20,5	26	3,5	5	-1,5	2,25
	20,5	13	3,5	3	0,5	0,25
	16	0	2	1,5	0,5	0,25
	10	0	1	1,5	-0,5	0,25
Coefficient de corrélation de Spearman	0,85				Somme	8

Table des matières

Remerciements	2
Résumé	3
Abstract	3
Préambule	4
Sommaire	6
Sigles & Abréviations	7
Lexique	7
Introduction.....	8
Présentation de l'organisme d'accueil	9
1. Recherche bibliographique	10
1.1. Supports et démarche de recherche bibliographique	10
1.1.1. Support littéraire	10
1.1.2. Support numérique	10
1.2. Présentation générale sur les Gomphidae	11
1.3. Les Gomphidae dans le cadre du programme d'Actions de la Loire et du programme R- TEMUS.....	13
1.4. Ecologie de Gomphus flavipes.....	14
1.4.1. Répartition de l'espèce.....	14
1.4.2. Habitat larvaire	14
1.4.3. Comportement	15
1.4.4. Emergence et vie de l'imago	15
1.5. Ecologie d'Ophiogomphus cecilia.....	15
1.5.1. Répartition de l'espèce.....	15
1.5.2. Habitat larvaire	16
1.5.3. Comportement	16
1.5.4. Emergence et vie de l'imago	17
1.6. Bilan des 2 espèces ciblées.....	17
2. Matériel et méthodes.....	18
2.1. Présentation des sites d'étude	18
2.1.1. Présentation du site de Saint-Mathurin	18
2.1.2. Présentation des sites de Varades, Ancenis et Oudon.....	19
2.2. Relevés de terrain et laboratoire	21
2.2.1. Protocole de relevés.....	21
2.2.2. Prélèvement de substrat	22

2.2.3.	Tri et identification	22
2.2.4.	Traitement des données.....	23
3.	Résultats et discussion	24
3.1.	Présentation et interprétation des échantillonnages des 4 stations	24
3.2.	Propositions d'évolution sur le protocole et les campagnes futures et perspectives	26
4.	Conclusion	27
	Bibliographie.....	28
	Table des figures et des tableaux.....	31
	Annexes	32