

Amélioration de l'état des connaissances sur *Ophiogomphus cecilia* et *Stylurus flavipes* sur les sites Natura 2000 Val d'Allier 03 et Val de Loire bocager

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Master Écologie Opérationnelle

ARONDEL Claire

Septembre 2021

Promotion 6

Rapport final

Amélioration de l'état des connaissances sur *Ophiogomphus cecilia* et *Stylurus flavipes* sur les sites Natura 2000 Val d'Allier 03 et Val de Loire bocager

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Master Écologie Opérationnelle

ARONDEL Claire

Septembre 2021

Promotion 6

Rapport final

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je tiens à remercier le CEN Allier pour m'avoir permis de réaliser cette étude. Un grand merci tout particulier à mes maîtres de stage : Magalie RAMBOURDIN pour sa disponibilité et ses conseils durant le début du stage, Bruno SCHIRMER pour son écoute et Gaëlle THEVENARD pour m'avoir donné de précieux conseils sur l'organisation du terrain, la rédaction du mémoire, la présentation de la soutenance tout en m'encourageant et me faisant découvrir d'autres domaines à travers des sorties annexes.

Merci à Romain DESCHAMPS et sa bonne humeur accompagnée d'une immense patience pour avoir affronté une inondation de questions de terrain, s'être rendu disponible pour me montrer l'application du protocole et avoir identifié à la vitesse de l'éclair des plumes.

Merci également à Romain MONTILLET pour avoir été patient face à une grande sollicitation de son savoir d'informaticien et de géomaticien tout en me transmettant le virus R, le tout sous une ambiance joviale.

Je remercie Bérénice FIERIMONTE pour son temps consacré à me donner de précieux conseils pour l'étude tout en répondant à mes nombreuses questions et en se montrant très disponible.

Merci à Renaud BAETA pour sa disponibilité et ses conseils sur l'analyse statistique, l'organisation du terrain et le partage de graphiques tout en répondant à mes questions.

Je remercie également Guillaume LEROUX, Quentin BARBOTTE et l'ensemble des acteurs ligériens pour m'avoir partagé leurs données ainsi qu'Hélène CHEVALIER pour avoir pris le temps d'échanger sur cette étude et s'être montrée disponible.

Merci à Guillaume DOUCET pour m'avoir partagé quelques unes des illustrations de sa clé de détermination d'exuvies, à Cyrille DELIRY pour m'avoir partagé une piste de réflexion et à Régis KRIEG-JACQUIER pour avoir transmis ses connaissances sur les deux espèces.

Je remercie tout particulièrement Audrey, devenue très rapidement une amie-coloc, pour son immense soutien et pour avoir encore plus égayé ce stage à travers de nombreuses soirées et sorties.

Un immense merci à toute l'équipe du CEN pour leur bonne humeur, leurs étranges cris de ralliement, la lecture habituelle de l'horoscope autour d'un café/thé, le bricolage d'un outil important pour le terrain (merci Julien), ne pas s'être moqué de moi pour les résultats de terrain, les conseils pour améliorer ma culture cinématographique, les nombreux rires, ...

Je remercie bien évidemment les vaches, très curieuses, pour avoir rendu le terrain folklorique.

Enfin, un immense merci à ma famille pour leur éternel soutien.

RÉSUMÉ

Décrits comme deux cours d'eau sauvages en raison de leur dynamique fluviale préservée, la Loire et l'Allier génèrent une mosaïque de milieux naturels. Cette diversité d'habitats naturels offre des conditions optimales de vie pour de nombreuses espèces d'intérêt national et européen tels que le Gomphe serpentín (*Ophiogomphus cecilia* Geoffroy in Fourcroy, 1785) et le Gomphe à pattes jaunes (*Stylurus flavipes* Charpentier, 1825). Libellules en partie liées aux grands cours d'eau, ces deux espèces à enjeux sont décrites en tant que prioritaires dans le Plan National d'Actions en faveur des Odonates (PNAO) de 2020-2030.

Dans le but d'améliorer les connaissances de ces deux espèces de Libellules, un protocole de suivi diachronique des populations ligériennes de *Gomphus flavipes* et *Ophiogomphus cecilia* (Baeta *et al.*, 2015) a été créé à l'échelle du bassin versant de la Loire. Face à un manque apparent d'observations et de connaissances de ces deux espèces sur le département de l'Allier (03), localisé sur la zone amont du bassin versant de la Loire, il est apparu évident d'appliquer ce protocole sur les sites Natura 2000 « Val d'Allier 03 » et « Val de Loire bocager ». L'objectif de cette étude est de connaître la répartition et l'abondance des populations de ces deux espèces sur les deux sites d'étude et émettre, en conséquence, des hypothèses à ce sujet.

En réponse à ces objectifs, il est essentiel de comprendre et de s'attarder sur le contexte très vaste et complexe dans lequel évolue ces deux espèces. Il est également important d'établir un état des lieux des données antérieures à l'étude et de réaliser une synthèse bibliographique comprenant leur écologie connue à ce jour et une décomposition de la problématique par diverses questions.

Suite à l'application du protocole de Baeta *et al.* (2015), sur les 17 mailles prospectées dès le 1^{er} passage, seules 4 mailles (1 pour la partie Allier de l'étude et 3 pour la Loire) ont pu faire l'objet de 4 passages de mi-mai à mi-août. Toutes mailles (hors protocole ou non) et passages confondus, il y a 41 données d'absence pour *S. flavipes*, 40 données d'absence pour *O. cecilia* et 1 donnée de présence pour cette dernière. Outre un état initial des lieux peu conséquent sur la présence de ces espèces sur le département de l'Allier, les conditions météorologiques et hydrologiques n'ont pas été favorables à l'émergence et la récolte des exuvies.

Espèces réparties sur le bassin versant ligérien, l'application du protocole et le seul résultat de ce dernier ne peuvent, à eux seuls, participer à l'amélioration des connaissances des Odonates sur les deux sites d'étude. En prenant en compte les variables de la dynamique complexe du milieu et la synthèse bibliographique, de nombreuses pistes de réflexions, comme la création d'une application, sont énumérées pour répondre à long terme au sujet de l'étude.

Mots-clés : Allier, Loire, Gomphe, *Ophiogomphus cecilia*, *Stylurus flavipes*, Natura 2000.

ABSTRACT

Described as two wild rivers due to their preserved river dynamics, the Loire and the Allier generate a mosaic of natural environments. This diversity of natural habitats provides optimal living conditions for many species of national and European interest, such as the Green Gomphid (*Ophiogomphus cecilia* Geoffroy in Fourcroy, 1785) and the River Clubtail (*Stylurus flavipes* Charpentier, 1825). These two dragonflies are partly linked to large rivers and are described as priority species in the National Action Plan (NAPs) for Odonata 2020-2030.

In order to improve our knowledge of these two dragonfly species, a "protocol for the diachronic monitoring of the Loire populations of Gomphus flavipes and *Ophiogomphus cecilia*" (Baeta *et al.*, 2015) was created for the Loire catchment. Due to an evident lack of observations and knowledge of these two species in the department of Allier (03), located in the upstream zone of the Loire catchment, it seemed obvious to apply this protocol to the Natura 2000 sites "Val d'Allier 03" and "Val de Loire bocager". The aim of this study is to find out the distribution and abundance of the populations of these two species on the two study sites and, as a result, to put forward hypotheses on this subject.

In response to these objectives, it is essential to understand and address the very large and complex context in which these two species evolve. It is also important to establish an inventory of the data prior to the study and to carry out a bibliographical synthesis including their known ecology to date and a breakdown of the problem by various questions.

Following the application of the [Baeta *et al.* protocol \(2015\)](#), of the 17 grid cells surveyed during the first pass, only 4 grid cells (one for the Allier part of the study and three for the Loire) were surveyed 4 times between mid-May and mid-August. Taking all grid cells (whether or not outside the protocol) and passages together, there were 41 absence data for *S. flavipes*, 40 absence data for *O. cecilia* and 1 presence data for *O. cecilia*. In addition to a poor initial state of affairs regarding the presence of these species in the Allier department, the meteorological and hydrological conditions were not favourable to the emergence and collection of exuviae.

As the species are distributed over the Loire catchment area, the application of the protocol and its results alone cannot contribute to improving our knowledge of Odonata on the two study sites. By taking into account the variables of the complex dynamics of the environment and the bibliographic synthesis, many ideas, such as the creation of an application, are listed to respond to the subject of the study in the long term.

Key words : Allier, Loire, Gomphus, *Ophiogomphus cecilia*, *Stylurus flavipes*, Natura 2000.

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	
RÉSUMÉ	
ABSTRACT	
LISTE DES FIGURES	1
LISTE DES TABLEAUX	5
ABREVIATIONS	6
GLOSSAIRE	9
INTRODUCTION	11
1. UN CONTEXTE D'ETUDE VASTE ET COMPLEXE	13
1.1 Le Conservatoire d'Espaces Naturels de l'Allier, un gestionnaire d'espaces naturels et une structure animatrice de sites Natura 2000 en Allier	13
1.1.1 La création et le fonctionnement du CEN Allier	13
1.1.2 Objectifs et missions	14
1.2 Les dispositifs institutionnels de protection du patrimoine naturel concernés par l'étude ¹⁶	
1.2.1 Natura 2000 : un outil européen de conservation des espaces naturels et des espèces 16	
1.2.2 Réserve Naturelle Régionale (RNR) : un outil réglementaire fort.....	18
1.2.3 Arrêté Préfectoral de Protection de Biotope (APPB) : un outil avec un poids juridique lourd.....	18
1.2.4 Espaces Naturels Sensibles (ENS)	18
1.2.5 Les sites acquis par le CEN	19
1.2.6 Zone Naturelle d'Intérêt Faunistique et Floristique (ZNIEFF) : un outil de connaissance sans poids juridique	19
1.3 L'Allier et la Loire, deux cours d'eau propices à la présence de deux Odonates protégés : Ophiogomphus cecilia et Stylurus flavipes	19
1.3.1 Une description globale à l'échelle de bassins versants	20
1.3.2 Une description rapprochée à l'échelle départementale	27
1.3.3 Une description précise à l'échelle des deux sites ciblés par l'étude	40
1.4 Conclusion des informations des deux sites d'étude	45
1.5 Les motivations de cette étude	46
1.6 Création du protocole de suivi diachronique d'O. cecilia et S. flavipes sur le bassin ligérien : une amélioration des connaissances sur ces espèces	46

1.6.1	Un protocole homogène adapté aux spécificités des populations ligériennes avec ...	46
1.6.2	... l'appui de nombreux acteurs	47
1.7	Etat des lieux des connaissances : bilan et analyses des données du protocole de suivi diachronique d'O. cecilia et S. flavipes de 2015 à 2020	49
1.7.1	Données générales suite aux 5 années d'application du protocole sur le bassin ligérien	49
1.7.2	Analyse précise des données.....	54
1.8	Etat des lieux des connaissances : données antérieures sur les sites d'étude hors protocole de Baeta et al. (2015).....	55
1.8.1	Conclusion de l'état des lieux des données.....	61
2.	PROBLEMATIQUE ET SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE	62
2.1	Les résultats attendus de l'étude.....	62
2.2	Que savoir sur les Libellules ?.....	63
2.2.1	La taxonomie des Odonates.....	63
2.2.2	Des caractéristiques morphologiques propres aux Odonates.....	64
2.2.3	Des prédateurs aériens redoutés	66
2.2.4	La répartition de la richesse spécifique des Odonates à plusieurs échelles....	66
2.3	Quelques informations générales sur Ophiogomphus cecilia et Stylurus flavipes..	68
2.3.1	Aperçu de ces espèces	68
2.3.2	Taxonomie des espèces ciblées.....	70
2.3.3	Aspect institutionnel	71
2.3.4	Description morphologique des adultes.....	72
2.3.5	Description morphologique des larves.....	73
2.3.6	L'écologie d'O. cecilia et S. flavipes	73
2.3.7	Quelles conditions pour observer les Odonates et plus particulièrement les Gomphes ?.....	81
2.4	Quelles sont les caractéristiques de la dynamique de populations d'O. cecilia et S. flavipes ?	82
2.5	Comment expliquer la répartition hétérogène et la fluctuation des effectifs des deux espèces sur le bassin ligérien ?	82
2.6	Véritable atout pour la compréhension des deux espèces, l'acquisition des connaissances précises sur leur écologie et comportement larvaire	83

2.7	Quelles sont les pistes/retours d'expériences pour pallier aux difficultés d'étude d'O. cecilia et S. flavipes ?	85
2.8	L'évolution du climat : quel(s) impact(s) sur le bassin ligérien et les populations ligériennes d'O. cecilia et S. flavipes ?	86
2.9	La zoocénologie, une piste de réflexion phytosociologique pour l'amélioration des connaissances sur les deux espèces ?	87
2.10	Quelles sont les pistes d'analyse des résultats pour répondre à la problématique ? 89	
3.	UNE METHODOLOGIE A L'ECHELLE LIGERIENNE	90
3.1	Connaissance des sites et des espèces ciblés par l'étude	90
3.2	Des échanges riches pour une meilleure compréhension du protocole et de meilleures réponses à la problématique.....	90
3.3	Etat des lieux des données antérieures à l'étude	91
3.4	Préparation du terrain avant la mise en application du protocole.....	91
3.5	Mise en application du protocole sur le terrain et au bureau.....	92
3.5.1	Avant le terrain.....	92
3.5.2	Sur le terrain	93
3.5.3	Après le terrain : identification des exuvies.....	93
3.5.4	L'adaptation du retroplanning au terrain	93
3.6	Entrée des données de terrain	93
3.7	L'amélioration des connaissances sur O. cecilia et S. flavipes, élargissement du champ de recherche	94
4.	DES RESULTATS PEU CONSEQUENTS ET UNE INTERPRETATION LIMITEE	95
4.1	Un nombre conséquent de mailles prospectées dès le passage 1	95
4.2	... pour un bilan des récoltes d'exuvies peu satisfaisant.....	96
4.3	Les variables environnementales relevées.....	97
5.	... POUR UNE DISCUSSION GLOBALE	99
5.1	Pouquoi un faible nombre de données de présence ?.....	99
5.1.1	Des conditions non favorables à la récolte d'exuvies et aux émergences.....	99
5.1.2	Des variables environnementales peu favorables à la présence importante d'exuvies	103
5.2	Retour d'expériences face aux difficultés rencontrées.....	105
5.2.1	Adaptation difficile du terrain face aux conditions météorologiques et hydrologiques.....	105

5.2.2	Prise en compte du temps de prospection et de la logistique	105
5.2.3	Mise en application parfois floue du protocole sur le terrain	106
5.2.4	Tracé GPS irrégulier.....	107
5.3	Quelle vision critique pour l'étude menée cette année ?.....	108
5.3.1	Une vision critique de l'application du protocole sur le terrain.....	108
5.3.2	L'utilisation de ce protocole : une réponse adaptée à la problématique de l'étude ?	108
6.	CONCLUSION	109
7.	LISTE DES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	112
7.1	Bibliographie	112
7.1	Webographie / Iconographie	124
ANNEXES.....		127

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : organigramme du CEN Allier (CEN Allier, 2021).....	13
Figure 2 : sites préservés par le CEN Allier (CEN Allier, 2021).....	14
Figure 3 : sites du CEN Allier (CEN Allier, 2021)	15
Figure 4 : bassin versant de la Loire et ses affluents et bassin versant de l'Allier (document personnel)	20
Figure 5 : sous-bassin Allier-Loire amont (Agence de l'eau Loire-Bretagne).....	21
Figure 6 : l'Allier et ses affluents (document personnel).....	22
Figure 7 : secteurs naturels de la Loire et de l'Allier (adapté d'après FCEN, 2003).....	23
Figure 8 : carte géologique du bassin versant de la Loire (CEMAGREF / IRSTEA (2019)) et localisation (en blanc) des secteurs naturels (adapté d'après FCEN, 2003)	23
Figure 9 : gorges de la Loire à Chambon (43) (CEPA, 2003).....	24
Figure 10 : forêt de gorges dans le Haut-Allier à Alleyras (43) (CEPA, s.d.)	24
Figure 11 : méandres du Val d'Allier (Cournez, 2015)	25
Figure 12 : méandre de Bassinet (03) et bras mort - Val d'Allier (J.Saillard/CEPA, s.d.).....	25
Figure 13 : falaise d'érosion à Mocquets (03) - la falaise des Moquets/Val d'Allier (J.Saillard/CEPA, s.d.).....	25
Figure 14 : Bec d'Allier (Le Bec d'Allier , mariage entre un fleuve et une rivière, s.d.).....	25
Figure 15 : La confluence Loire-Maine (2018)	26
Figure 16 : localisation générale des deux sites étudiés répartis sur les départements de l'Allier (03), Saône-et-Loire (71) et Nièvre (58) (document personnel)	27
Figure 17 : carte lithologique des trois départements concernés l'étude (document personnel)	28
Figure 18 : géologie de l'Allier (CBNMC, 2020)	29
Figure 19 : carte topographique des départements concernés par l'étude	30
Figure 20 : crue de l'Allier en 2003 à Longues (Beignier, 2003).....	32
Figure 21 : affluents de la partie Allier et Loire de l'étude (document personnel)	32
Figure 22 : localisation des barrages hydrauliques en amont des sites d'étude (document personnel)	33
Figure 23 : pont barrage de Vichy (M.Cramois/CEPA, s.d.).....	33
Figure 24 : milieux naturels rencontrés sur le site Natura 2000 Val d'Allier 03 (Pourquoi des sites Natura 2000 dans la Val d'Allier 03 ?, s.d.).....	34
Figure 25 : Principes de la balance de Lane, 1955. Tiré de Dany (2016) à partir d'une figure de Souchon et Chandesris (2008). (Biron, 2017).....	35
Figure 26 : abaissement du lit (Recueil expérience Life Loire nature 93-98).....	35
Figure 27 : des paysages variés autour des sites d'étude.....	37
Figure 28 : (1) bocage bourbonnais (La douceur du Bocage bourbonnais, s.d.), (2) limagne bourbonnaise (Chasta, 2020), (3) montagne bourbonnaise (Plateau de la Verrerie, s.d.), (4) sologne bourbonnaise (Terre de Sologne en Bourbonnais, s.d.)	38

Figure 29 : présence de champs agricoles et puits de captage (en rouge) en bord d'Allier à Mezel Dallet (63) (J.Saillard/CEPA, s.d.)	39
Figure 30 : répartition des habitats Natura 2000 sur le site Natura 2000 Val d'Allier 03 (Rambourdin et Laucoin, 2017)	44
Figure 31 : proportions des grandes catégories d'habitats naturels présents sur la ZSC du Val de Loire d'Iguerande à Decize (CEN Allier, 2019).....	45
Figure 32 : selection des zones de prospections (Baeta et Fierimonte, 2019b)	47
Figure 33 : exuvie d' <i>O. cecilia</i> (CEN Allier - Deschamps, 2017).....	47
Figure 34 : bilan de la mobilisation de 2015 à 2020 (Baeta, 2021).....	49
Figure 35 : nombre d'exuvies récoltées et identifiées pour les 3 espèces de Gomphidae les plus trouvées de 2015 à 2020 – base de données FCEN (2021) / (Baeta, 2021)	49
Figure 36 : localisation des mailles prospectées par année de 2015 à 2020 - base de données FCEN (2021)	50
Figure 37 : exemple du nombre de relevés par départements selon les types de pente de berge (base de données FCEN, 2021)	51
Figure 38 : nombre d'exuvies identifiées par espèces de Gomphidae de 2015 à 2020 selon le protocole de Baeta <i>et al.</i> (2015) - base de données FCEN (2021) / (Baeta, 2021)	51
Figure 39 : répartition du nombre d'exuvies récoltées et identifiées de <i>Stylurus flavipes</i> selon le protocole de Baeta <i>et al.</i> (2015) appliqué sur le bassin ligérien - données de 2015 à 2020 (FCEN, 2021)	52
Figure 40 : répartition du nombre d'exuvies récoltées et identifiées d' <i>Ophiogomphus cecilia</i> selon le protocole de Baeta <i>et al.</i> (2015) appliqué sur le bassin ligérien - données de 2015 à 2020 (FCEN, 2021)	52
Figure 41 : localisation des départements ligériens concernés par le bilan des récoltes d'exuvies dans le cadre du protocole du Baeta <i>et al.</i> (2015) de 2015 à 2020	53
Figure 42 : trois espèces aux phénologies d'émergence bien distinctes (Baeta, 2020).....	54
Figure 43 : Evolution de l'abondance des populations de Gomphidae ligériens sur la période 2015-2019 (Baeta, 2020).....	54
Figure 44 : localisation des données concernant <i>O. cecilia</i> et <i>S. flavipes</i> en Auvergne (Soissons <i>et al.</i> , 2012).....	55
Figure 45 : état des lieux des connaissances sur <i>Stylurus flavipes</i> : données historiques (avant 2015).....	56
Figure 46 : état des lieux des connaissances sur <i>Stylurus flavipes</i> : données récentes (après 2015).....	56
Figure 47 : état des lieux des connaissances sur <i>Ophiogomphus cecilia</i> : données historiques (avant 2015).....	57
Figure 48 : état des lieux des connaissances sur <i>Ophiogomphus cecilia</i> : données récentes (après 2015).....	57
Figure 49 : Observations d' <i>O. cecilia</i> dans les communes selon les DOCOB du Val d'Allier Nord et Sud (Agence Mosaïque Environnement 2001 ; Agence Mosaïque Environnement 2002).....	59

Figure 50 : Zygoptera - <i>Ischnura elegans</i> (document personnel).....	64
Figure 51 : Anisoptera – <i>Orthetrum cancellatum</i> (document personnel)	64
Figure 52 : pièces buccales d'une larve d'Odonate (Daugy, s.d.)	65
Figure 53 : coeur copulateur de <i>S. flavipes</i> (Dijkstra et Lewington, 2015).....	65
Figure 54 : Morphologie générale d'un mâle Anisoptère (Grand et Boudot, 2006).....	65
Figure 55 : ailes antérieure (Aa) et postérieure (Ap) de <i>S.flavipes</i> et <i>O. cecilia</i> (Grand et Boudot, 2006).....	66
Figure 56 : <i>Ophiogomphus cecilia</i> (G. Leroux - INPN).....	68
Figure 57 : <i>Stylurus flavipes</i> (B. Piney - INPN)	68
Figure 58 : Carte de répartition en France d' <i>Ophiogomphus cecilia</i> (OPIE, 2011b).....	69
Figure 59 : Carte de répartition en France de <i>Stylurus flavipes</i> (OPIE, 2011a).....	69
Figure 60 : morphologie d'une exuvie d'un Anisoptère (<i>Anax imperator</i> mâle) (Doucet, 2012)	73
Figure 61 : Habitats et cycle biologique des Odonates (OPIE et SFO, 2012)	74
Figure 62 : émergence sur les berges de la Loire de <i>S. flavipes</i> (Grand et Boudot, 2006)...	77
Figure 63 : phase d'émergence terminée pour une femelle <i>O. forcipatus</i> - observation de son exuvie en bas à droite (document personnel)	78
Figure 64 : prélude à la ponte d'une femelle <i>Gomphus simillimus</i> (Grand et Boudot, 2006)	81
Figure 65 : localisation des mailles selon les passages réalisés en 2021	96
Figure 66 : section prospectée sur la maille 14154 lors du 2ème passage (document personnel).....	97
Figure 67 : caractéristiques écologiques des berges parcourues des 4 mailles respectant le protocole de Baeta <i>et al.</i> (2015)	98
Figure 68 : caractéristiques écologiques des berges parcourues des 17 mailles dont la distance de prospection fut supérieure à 100m	98
Figure 69 : température lors des jours de terrain sur les deux sites d'étude	99
Figure 70 : périodes de terrain prévues par passage sur les deux sites et jours de terrain effectués sur le Val de Loire selon la variation du niveau d'eau de la station Gilly-sur-Loire (du 17/05/21 au 17/08/21) (Banque Hydro – Eaufrance)	100
Figure 71 : périodes de terrain prévues par passage sur les deux sites et jours de terrain effectués sur le Val d'Allier selon la variation du niveau d'eau de la station Moulins (du 17/05/21 au 17/08/21) (Banque Hydro – Eaufrance)	101
Figure 72 : tracés de prospection selon les passages sur la maille 14154 (Google Satellite)	102
Figure 73 : passages effectués sur la maille 14154 selon la variation du niveau d'eau de l'Allier (station Moulins) du 17/05/21 au 17/08/21 (Banque Hydro – Eaufrance).....	102
Figure 74 : morphologie des 4 mailles prospectées avec les photographies aériennes des mailles : (1) 14154 (Val d'Allier) ; (2) 13725 (en haut) et 13768 (en bas) (Val de Loire) ; (3) 14266 (Val de Loire) (Google Satellite) ; (4) une section de la maille 13725 lors du 2ème passage (16/06/21) (documents personnels).....	104
Figure 75 : absence de berges (maille 14719 - 02/06/21).....	106

Figure 76 : à gauche : exemple de jeunes pousses de saules classés en tant que ripisylves (maille 14154 - 10/08/21). A droite : capture d'écran de la photo décrivant une ripisylve dans le protocole de Baeta *et al.* (2015)..... 106

Figure 77 : tracés de prospection selon les passages sur la maille 16418 (document personnel) 107

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Dispositifs institutionnels des sites d'étude (géoportail, 2021)	40
Tableau 2 : suite du Tableau 1	41
Tableau 3 : suite du Tableau 2	42
Tableau 4 : Structures impliquées dans le protocole de suivi de Gomphes de Loire entre 2015 et 2020 (adapté d'après Résultat du suivi entre 2015 et 2020, 2021)	48
Tableau 5 : nombre d'exuvies récoltées et identifiées selon les départements (ici, classés de l'amont à l'aval) de 2015 à 2020 - base de données FCEN (2021)	53
Tableau 6 : résultats de l'étude de Lohr (2003).....	59
Tableau 7 : récapitulatif du nombre de données (CEN Allier/SICEN ; SHNA -OFAB / Bourgogne Base Fauna ; Leroux/RNN du Val d'Allier ; Hub'EAU)	61
Tableau 8 : Différencier les sous-ordres des Zygoptères et des Anisoptères (Dijkstra et Lewington, 2015).....	64
Tableau 9 : Nombre d'espèces en France métropolitaine, dans les régions d'Auvergne et de Bourgogne et dans les départements Allier, Nièvre et Saône-et Loire	67
Tableau 10 : Taxonomie des espèces ciblées	70
Tableau 11 : Statuts réglementaires d' <i>O. cecilia</i> et <i>S. flavipes</i> (INPN, 2021a ; INPN, 2021b)	71
Tableau 12 : informations générales sur les adultes <i>O. cecilia</i> et <i>S. flavipes</i>	72
Tableau 13 : morphologie des exuvies d' <i>O. cecilia</i> et <i>S. flavipes</i> (Doucet, 2012).....	73
Tableau 14 : synthèse bibliographique sur la phase aquatique.....	76
Tableau 15 : suite du Tableau 14	77
Tableau 16 : synthèse bibliographique sur la phase terrestre d' <i>O. cecilia</i> et <i>S. flavipes</i>	79
Tableau 17 : suite du Tableau 16	80
Tableau 18 : caractéristiques écologiques des trois entités phytosociologiques du cortège d'Odonates d'eaux courantes lentes (Julve, 2009 ; eVeg, s.d.).....	88
Tableau 19 : mailles prospectées sur les sites d'étude	95
Tableau 20 : totalité du nombre d'exuvies d' <i>O. forcipatus</i> récoltées et identifiées selon les distances de prospection par site d'étude.....	97
Tableau 21 : comparaison des variables environnementales relevées sur le terrain et celles délaissées par les émergences avec l'étude de Baeta (2021)	103

ABREVIATIONS

Aa : ailes antérieures

ANEPE : Association Naturaliste d'Etude et de Protection des Ecosystèmes

Ap : ailes postérieures

APPB : Arrêté Préfectoral de Protection de Biotope

CBNBP : Conservatoire Botanique National du Bassin Parisien

CDPNE : Comité Départemental de la Protection de la Nature et de l'Environnement

CEN : Conservatoire d'Espaces Naturels

CERCOPE : Coordination Entomologique de la Région Centre pour l'Organisation de Projets d'Etude

CMR : Capture-Marquage-Recapture

CPIE : Centre Permanent d'Initiatives pour l'Environnement

CRDP : Centre Régional de Documentation Pédagogique

DDT : Direction Départementale des Territoires

DHFF : Directive Habitats-Faune-Flore

DOCOB : DOcuments d'Objectifs

DPF : Domaine Public Fluvial

DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

ENS : Espaces Naturels Sensibles

FCEN : Fédération des Conservatoires d'Espaces Naturels

GNLA : Groupe Naturaliste de Loire-Atlantique

GRETIA : Groupe d'ETude des Invertébrés Armoricaïns

LPO : Ligue de Protection pour les Oiseaux

MAEC : Mesure Agro-Environnementale et Climatique

MNHN : Muséum National d'Histoire Naturelle

OFAB : Observatoire de la FAune de Bourgogne

OFB : Office National de la Biodiversité

PNA : Plan National d'Actions

PNAO : Plan National d'Actions Odonates

PNR : Parc Naturel Régional

PRAO : Plan Régional d'Actions Odonates

pSIC : propositions de Sites d'Intérêt Communautaire

RNN : Réserve Naturelle Nationale

RNR : Réserve Naturelle Régionale

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

S2 : 2^{ème} segment abdominal

S9 : 9^{ème} segment abdominal

SAGE : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux

SCAP : Stratégie Nationale de d'Aires Protégées

SDAGE : Schéma Directeur et d'Aménagement et de Gestion des Eaux

SHNA : Société d'Histoire Naturelle d'Autun

SIC : Site d'Intérêt Communautaire

SICEN : Système d'Informations des CEN

SRADDET : Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Egalité des Territoires

SRCE : Schéma Régional de Cohérence Ecologique

TVB : Trame Verte et Bleue

UICN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature

ZNIEFF : Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique

ZPS : Zone de Protection Spéciale

ZSC : Zone Spéciale de Conservation

GLOSSAIRE

Affluent : cours d'eau qui se jette dans un autre cours d'eau, généralement plus important.

Autécologie : étude des individus pris séparément dans leur biotope.

Bassin versant : unité géographique naturelle correspondant à l'ensemble de la surface recevant les eaux qui circulent vers un exutoire commun ou vers une nappe d'eau souterraine.

Bras morts : partie relictuelle d'un ancien méandre ou d'une tresse, sous l'appellation locale de « boire ».

Cercoïdes : appendices supérieurs.

Confluence (point de) : lieu où deux cours d'eau se rejoignent sous l'appellation locale de « Bec ».

Développement hémimétabole : les larves évoluent dans un milieu différent des adultes.

Écrêteurs de crues : se dit des barrages hydrauliques contenant de l'eau en cas de fortes pluies.

Ectothermes : se dit d'espèces dont leur température corporelle dépend de celle du milieu extérieur.

Espèce d'intérêt communautaire : sont considérées comme telles des espèces qui sont en danger ; vulnérables, c'est-à-dire dont le passage dans la catégorie des espèces en danger est jugé probable dans un avenir proche en cas de persistance des facteurs qui sont cause de la menace ; rares, c'est-à-dire dont les populations sont de petite taille et qui, bien qu'elles ne soient pas actuellement en danger ou vulnérables, risquent de le devenir ; endémiques, c'est-à-dire qui requièrent une attention particulière en raison de la spécificité de leur habitat et/ou des incidences potentielles de leur exploitation sur leur état de conservation. Sont considérées comme espèces prioritaires des espèces présentant une attention particulière compte tenu de l'importance de la part de leur aire de répartition naturelle. La directive « Habitats » comporte trois annexes relatives aux espèces d'intérêt communautaire ; l'annexe II, IV et V (Bensettiti et Gaudillat, 2002).

Espèce remarquable (ou patrimoniale) : espèce protégée (niveau mondial, national, régional, départemental) et/ou espèce menacée (liste rouge) et/ou espèce rare.

Etiage : débit minimal d'un cours d'eau.

Exophytique : se dit d'une ponte effectuée hors de la structure d'une plante.

Exuvie : simple enveloppe du dernier stade larvaire.

Forêt alluviale : écosystème forestier, situé au bord d'un cours d'eau, inondé de manière régulière ou exceptionnelle.

Habitat d'intérêt communautaire : sont considérés comme tels les habitats « en danger de disparition (...), qui ont une aire de répartition naturelle réduite (...), qui constituent des exemples remarquables de caractéristiques propres à l'une ou plusieurs des cinq régions biogéographiques (ex : atlantique), qui sont en danger de disparition (...) » (*Habitats et Espèces d'intérêt communautaire ?*, s.d.).

Hétérométaboles : se dit des insectes dont le cycle de développement est dépourvu de stade nymphal immobile (pas de stade intermédiaire entre la larve et l'adulte).

Laminaire : se dit d'un écoulement d'un liquide allant plus ou moins dans la même direction.

Limagne : vaste plaine alluviale décrite par la présence de grandes cultures.

Lit majeur : partie du cours d'eau inondée uniquement en cas de crues.

Lit mineur : zone où l'eau s'écoule en temps normal.

Nappe alluviale : nappe d'eau contenue entre les sables des plaines alluviales (Cournez, 2015).

Pluvio-nival : type de régime hydrologique dominé par la pluie.

Ripisylve : zone arborée plus ou moins large le long d'un cours d'eau.

Soutien d'étiage : se dit des barrages hydrauliques maintenant en été d'un débit minimal en relâchant de l'eau.

Val : section de vallée, généralement assez large (selon le Larousse).

INTRODUCTION

Insectes les plus anciennement apparus sur Terre, les Libellules, de leur nom scientifique « Odonates », ont la particularité de se développer sur deux habitats naturels distincts (terrestre et aquatique). Véritables emblèmes des zones humides et bio-indicateurs de ces milieux, les Odonates sont menacés par l'accroissement incessant de dégradation voir de destruction de cet habitat de reproduction. Face à cette pression constante, de nombreux dispositifs institutionnels de protection du patrimoine naturel, à différentes échelles, permettent alors de préserver ces espèces et leurs habitats.

Riche de la plus grande diversité odonatologique européenne, la France a notamment une certaine responsabilité quant à la préservation de ces Libellules. En outre, elle abriterait plus de 60% d'espèces « d'intérêt communautaire », espèces inscrites dans la Directive européenne Habitats-Faune-Flore (DHFF). Le bassin versant de la Loire accueille une grande partie de ce pourcentage telles que les Odonates ciblées par l'étude, à savoir le Gomphe serpentin (*Ophiogomphus cecilia* Geoffroy in Fourcroy, 1785) et le Gomphe à pattes jaunes (*Stylurus flavipes* Charpentier, 1825).

Espèces d'intérêt national et européen, elles font alors l'objet de mesures spécifiques dans un but d'évaluation de leur état de conservation de leurs métapopulations comme la création d'un protocole de suivi diachronique à l'échelle du bassin ligérien adapté à leur écologie connue et la dynamique de leur milieu, à savoir une dynamique fluviale préservée. Considérés comme les dernières rivières sauvages en raison de ce caractère hydromorphologique naturel, la Loire et l'Allier génèrent une mosaïque de milieux offrant alors des conditions optimales de vie pour de nombreuses espèces patrimoniales telles que les deux espèces concernées par l'étude.

Face à un manque apparent de connaissances sur les populations ligériennes de ces espèces, de leur état de conservation et leur répartition, notamment sur le département de l'Allier, il est apparu évident d'appliquer le protocole créé à l'échelle des sites Natura 2000 « Val d'Allier 03 » et « Val de Loire bocager », situés en amont du bassin versant de la Loire. L'objectif de cette étude est notamment d'évaluer la répartition et l'abondance de leurs populations sur les deux sites, à savoir si l'un des sites d'étude reste plus propice à la présence des deux espèces et émettre des hypothèses à ce sujet.

Dans ce sens, la problématique de l'étude se pose : dans quelle mesure améliorer l'état des connaissances sur *Ophiogomphus cecilia* et *Stylurus flavipes* à l'échelle des sites Natura 2000 Val d'Allier 03 et Val de Loire ?

La première partie portera sur le contexte vaste dans lequel s'inscrit l'étude et évolue les espèces ciblées par l'étude. Au vu de la complexité du territoire et de l'évolution parfois rapide des paysages et habitats naturels notamment ceux liés aux espèces, il est donc important et nécessaire de s'attarder sur le contexte d'étude. Dans un second temps, l'analyse et la description de la mission seront abordées. La démarche adoptée pour répondre à la

commande sera décrite en troisième partie. Enfin, les résultats obtenus seront dressés tout en argumentant les améliorations possibles et apportant une vision critique de l'étude.

1. UN CONTEXTE D'ETUDE VASTE ET COMPLEXE

1.1 Le Conservatoire d'Espaces Naturels de l'Allier, un gestionnaire d'espaces naturels et une structure animatrice de sites Natura 2000 en Allier

1.1.1 La création et le fonctionnement du CEN Allier

Créée en 1992, l'association, Conservatoire d'Espaces Naturels (CEN) Allier, membre du réseau national des CEN, agréée par l'Etat et la Région Auvergne-Rhône-Alpes au titre du code de l'environnement, naît dans un but de protection du patrimoine naturel bourbonnais (CEN Allier, 2021).

Dirigée par un conseil administratif de 17 membres, l'équipe est composée de 17 salariés (Figure 1). En 2021, l'association bénéficie du soutien de 185 adhérents.

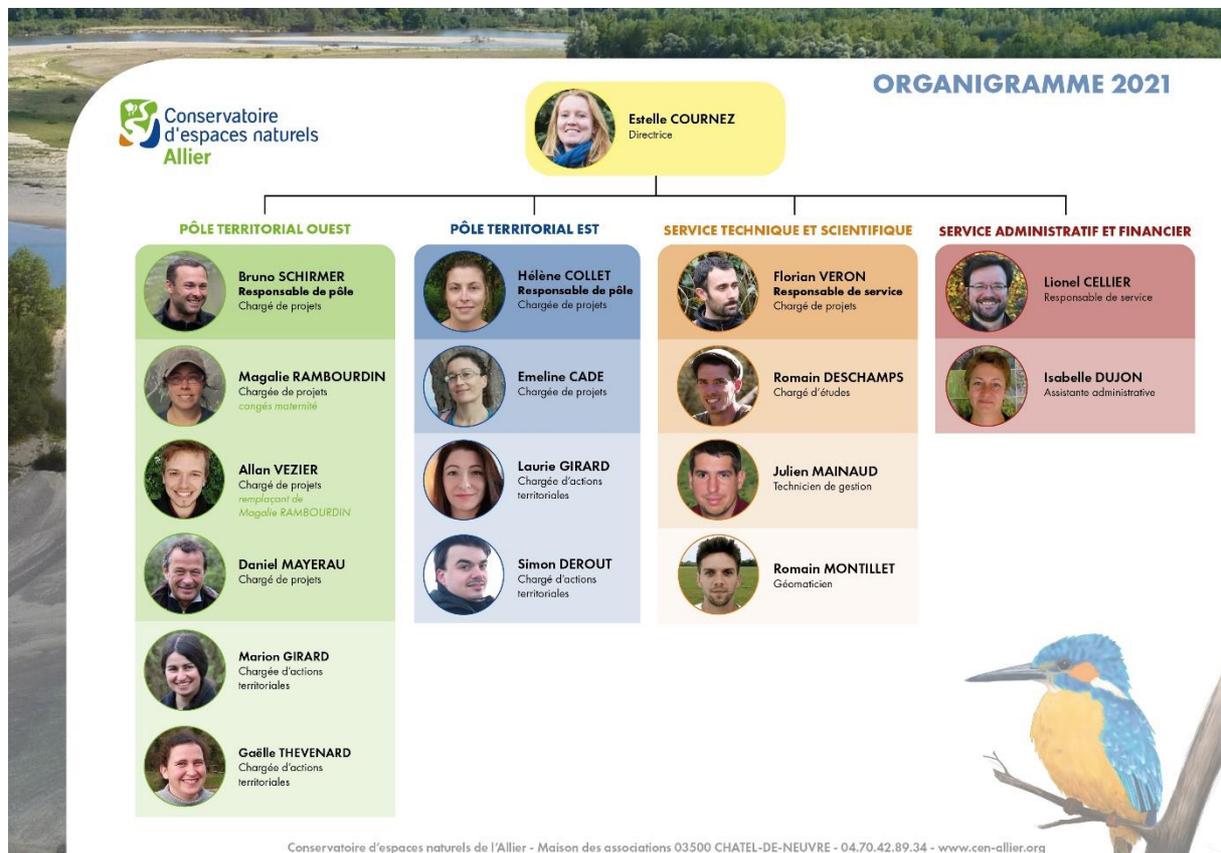


Figure 1 : organigramme du CEN Allier (CEN Allier, 2021)

L'équipe salariée propose, construit et met en œuvre des actions sous l'approbation du conseil d'administration et selon l'avis du conseil scientifique, commun au CEN Auvergne. Ce dernier, composé de naturalistes et scientifiques, va éclairer les prises de décisions du conseil d'administration sur les priorisations et modalités d'intervention des sites et examiner, une fois par trimestre, la pertinence des propositions d'interventions foncières et d'orientations de gestion (CEN Allier, s.d.-b).

Les bureaux du CEN Allier se situent à la Maison des Associations à Châtel-de-Neuvre (03).

Depuis sa création, le CEN Allier se concentre dans un premier temps sur la préservation concrète de sites naturels majeurs abritant des espèces animales ou végétales, des milieux naturels, jugés rares ou menacés. Plus particulièrement, cela concerne les actions suivantes évoquées dans la [lettre d'information annuelle de l'association \(2021\)](#) (Figure 3) :

- l'animation de 10 sites Natura 2000 (couvrant plus de 47 000 ha), confiée par l'Etat ou les collectivités ;
- la gestion de la Réserve Naturelle Régionale (RNR) du Val de Loire Bourbonnais, confiée par la Région ;
- l'animation de 6 sites classés Espaces Naturels Sensibles (ENS), confiée par le Département ou les collectivités ;
- la mise œuvre d'actions en faveur d'Odonates jugées rares ; ...

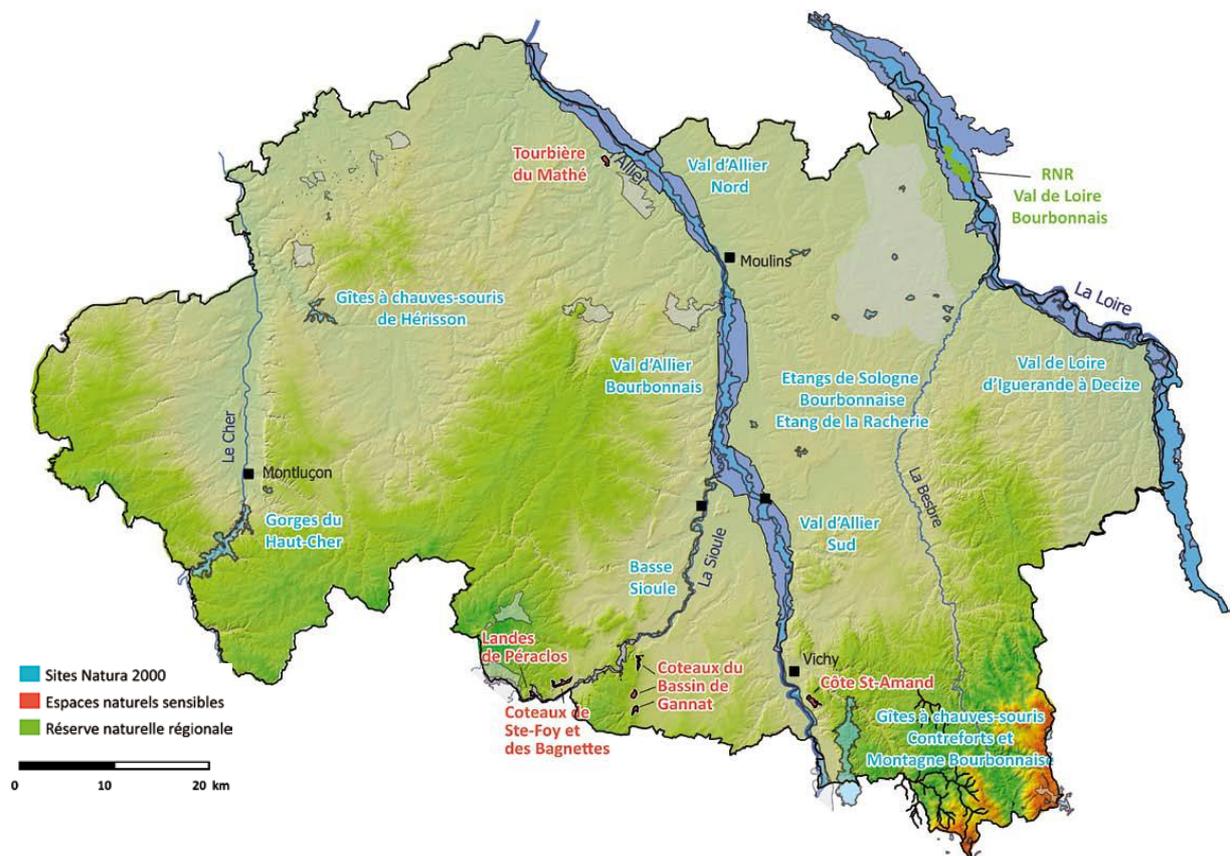


Figure 3 : sites du CEN Allier (CEN Allier, 2021)

1.2 Les dispositifs institutionnels de protection du patrimoine naturel concernés par l'étude

Les sites Natura 2000 occupant en majorité le périmètre d'étude, ce dernier sera plus souligné que les autres.

1.2.1 Natura 2000 : un outil européen de conservation des espaces naturels et des espèces

La démarche Natura 2000

Dans les années 1990, après un constat alarmant sur la dégradation de sa biodiversité et suite au sommet de Rio de 1992, l'Europe s'engage à protéger ses sites écologiques d'intérêt communautaire à travers la création de zones Natura 2000. Cet outil de protection s'établit à travers la mise en application des deux directives européennes suivantes :

- la directive Oiseaux 2009/147/CE du 30 novembre 2009 (modifie la directive initiale du 2 avril 1979) décrite par la création de Zones de Protection Spéciale (ZPS) ;
- la directive Habitats-Faune-Flore (DHFF) 92/43/CEE du 21 mai 1992 illustrée par la création de Zones Spéciales de Conservation (ZSC).

A partir de juin 1995, chaque État membre a pu transmettre une liste nationale de sites d'intérêt communautaire sous la forme de propositions de sites d'intérêt communautaire (pSIC) à la Commission Européenne. Les sites français ont été déterminés par le Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN) qui s'est basé sur la photo-interprétation, les Zone Naturelle d'Intérêt Faunistique et Floristique (ZNIEFF) et des publications (Daire, 2017). Trois ans après, la Commission a alors renvoyé une liste européenne des Sites d'Intérêt Communautaire (SIC). Certains sont alors devenus une ZSC intégrant le réseau Natura 2000 par un arrêté ministériel publié au Journal Officiel (Daire, 2017).

Les habitats naturels et les espèces, listées dans l'annexe I et II de la DHFF dont la conservation nécessite la création d'une zone Natura 2000, sont dits d'intérêt communautaire ou d'intérêt communautaire prioritaire. En les intégrant dans le réseau Natura 2000, ces sites doivent être gérés de manière à ce qu'ils préservent à long terme les espèces et/ou les habitats désignés. Ces espèces, dites d'intérêt communautaire, ont été sélectionnées selon leur état de conservation (en danger, vulnérables, rares ou endémiques). Les habitats d'intérêt communautaire sont désignés de la sorte, s'ils sont « en danger de disparition (...), ont une aire de répartition naturelle réduite (...), constituent des exemples remarquables de caractéristiques propres à l'une ou plusieurs des cinq régions biogéographiques (ex : atlantique), sont en danger de disparition (...) » (Ministère de la Transition écologique, 2019).

L'objectif prioritaire de Natura 2000 est d'atteindre un « état de conservation favorable » des habitats et espèces d'intérêt communautaire. Selon le Ministère de la Transition écologique,

tous les six ans, les États membres réalisent des bilans nationaux de la mise en œuvre de la DHFF sur leur territoire.

En 2018, les zones Natura 2000 couvrent environ 13% de la surface terrestre de la France métropolitaine soit 7 millions d'hectares. Plus précisément, les landes et milieux ouverts, les zones agricoles, les territoires artificialisés, les forêts et les zones humides forment les zones Natura 2000 de la France. Selon le Ministère de la Transition écologique et le MNHN, 131 types d'habitats naturels d'intérêt communautaire sont recensés en France. Par ailleurs, il existe 1 374 zones spéciales de conservation sur le territoire national selon les [chiffres clés de Natura 2000 \(2018\)](#).

Plan de gestion de référence pour les sites Natura 2000 : le DOCOB

Chaque État-membre est libre quant au choix de la méthode à utiliser pour la gestion de ses sites. Ainsi, la France a choisi d'utiliser une approche concertée et contractuelle par l'élaboration d'un plan de gestion, appelé DOCuments d'OBjectifs (DOCOB). Établi pour une période officielle de 5 ans, il est transmis à la Commission Européenne. En concertation avec les acteurs locaux, il contient un état des lieux écologique et socio-économique du site. Ce plan de gestion permet de hiérarchiser des enjeux et des objectifs de gestion, à long et moyen terme, ceci afin de proposer des actions prioritaires, opérationnelles et chiffrées (Midouze-Nature, 2006). Cela permet donc aux acteurs du territoire de s'approprier les enjeux de l'outil de protection Natura 2000 tout en harmonisant le développement d'activités humaines à la présence d'habitats et d'espèces d'intérêt communautaire ([Ministère de la Transition écologique, 2019](#)).

Au cours de la rédaction de ce dossier, le périmètre anciennement déterminé par le MNHN est affiné par l'opérateur Natura 2000 avant d'être validé à nouveau par la Commission Européenne. Par la suite, les acteurs locaux sont consultés sur le nouveau périmètre. Le SIC peut alors bénéficier d'un arrêté ministériel et devenir une ZSC ([Daire, 2017](#)).

La France a également fait le choix d'une gestion volontaire et contractuelle des sites. Chaque propriétaire a le choix de s'investir ou non dans la gestion durable des parcelles incluses dans un site en s'engageant dans :

- les contrats Natura 2000 qui consistent en la restauration du patrimoine naturel sur une durée de 5 ans sous réserve d'une contrepartie financière ;
- la charte Natura 2000, document, basé sur le volontariat, décrivant les bonnes pratiques adaptées à chaque milieu pouvant donner lieu à des exonérations fiscales ;
- les Mesures Agro-Environnementales et Climatiques (MAEC) qui sont l'équivalent des contrats Natura 2000, à destination des agriculteurs.

Concernant cet outil de protection, il n'y a qu'une seule contrainte réglementaire, à savoir, l'évaluation d'incidences d'un projet d'aménagement ou événements sportifs en zone Natura

2000 ou à proximité. Il s'agit alors d'évaluer les impacts potentiels du projet sur la zone concernée (destruction ou perturbation des habitats ou des espèces d'intérêt communautaire) et de les réduire au mieux. En cas d'impacts trop importants, la Direction Départementale des Territoires (DDT), avec l'avis de la structure animatrice du site, peut alors refuser le projet.

1.2.2 Réserve Naturelle Régionale (RNR) : un outil réglementaire fort

Compétence juridique acquise depuis 2002, les régions ont la possibilité de créer les RNR sur leur territoire à la demande du ou des propriétaires concernés. En tant qu'autorité administrative, elles fixent alors le périmètre, la réglementation et la durée du classement. Les espaces naturels concernés par cet outil sont protégés par une réglementation forte appliquée par l'organisme gestionnaire, lui-même désigné par la région ([DREAL Auvergne-Rhône-Alpes, 2021](#)).

Outre la mission liée à l'élaboration, mise en œuvre et évaluation du plan de gestion valide pour une durée de 5 ans, l'organisme gestionnaire se voit confier d'autres missions d'ordre scientifique, technique, administratif, d'animation, d'information et de communication. Le fonctionnement d'une RNR est régi par un comité consultatif institué par le président du Conseil Régional qui en fixe la composition, les missions et les modalités de fonctionnement. Un conseil scientifique permet un accompagnement, un suivi et une évaluation extérieure des actions menées. Il peut être assuré par le Conseil Scientifique Régional du Patrimoine Naturel (CSRPN) ou le conseil scientifique de l'organisme gestionnaire ([Cadé et al., 2020](#)).

1.2.3 Arrêté Préfectoral de Protection de Biotope (APPB) : un outil avec un poids juridique lourd

Cet outil vise la protection des habitats nécessaires à la survie ou aux besoins biologiques d'espèces protégées (alimentation, reproduction et repos). Pris par le préfet, ces arrêtés ont pour effet d'interdire des actions portant préjudice aux espèces protégées sur les sites concernés par cet outil ([Olei, 2020a](#)).

1.2.4 Espaces Naturels Sensibles (ENS)

Créés à l'initiative des départements, les ENS sont des espaces qui ont pour caractéristiques, selon [l'Assemblée des départements de France \(2015\)](#), « de présenter un fort intérêt ou une fonction biologique et/ou paysagère, d'être fragiles et/ou menacés et devant de ce fait être préservés, de faire l'objet de mesures de protection et de gestion, d'être des lieux de découverte des richesses naturelles ». Ils ont pour objectif la préservation de la qualité des sites, des paysages, des milieux naturels et des champs d'expansion des crues tout en assurant la sauvegarde des habitats naturels. Enfin, excepté pour les milieux naturels fragiles, ils ont également pour objectif d'être aménagés pour l'accueil au public ([Olei, 2020b](#) ; [Assemblée des départements de France, 2015](#)).

1.2.5 Les sites acquis par le CEN

Par une maîtrise foncière ou d'usage adaptée à la taille des sites naturels, les CEN ont la possibilité d'intervenir directement sur l'aménagement et la gestion des sites. Ceci nécessite l'accord du propriétaire (particuliers, collectivités locales ou l'État) par le biais de la signature d'une convention, d'un bail ou d'une acquisition amiable. Suite à cet accord, un plan de gestion est défini en concertation avec les usagers du site dans un objectif de conservation ou de restauration de la surface naturelle maîtrisée. Un partenariat est fixé avec les agriculteurs locaux pour l'entretien des sites (CEN Allier, 2020 ; CEN Allier, s.d.-b).

1.2.6 Zone Naturelle d'Intérêt Faunistique et Floristique (ZNIEFF) : un outil de connaissance sans poids juridique

Basées sur la description d'un intérêt patrimonial (notamment la présence d'« espèces déterminantes »), fonctionnel et complémentaire (Horellou, 2004), les ZNIEFF sont des outils de connaissance du patrimoine naturel national. Ils permettent de localiser et décrire des secteurs intéressants d'un point de vue écologique, faunistique et/ou floristique sur le territoire national (Olei, 2020c).

Deux types de ZNIEFF se distinguent. Les ZNIEFF de type I, de taille réduite, concernent les secteurs à grands intérêts biologiques ou écologiques abritant des espèces faunistiques ou floristiques patrimoniales (Olei, 2020c). Quant au ZNIEFF de type II, de taille plus importante, elles se caractérisent comme un ensemble naturel étendu avec une cohérence écologique offrant des potentialités biologiques riches (ZNIEFF, 2021 ; Olei, 2020c).

Cet outil n'a donc aucune portée réglementaire. Toutefois, il est pris en compte dans les documents d'aménagements du territoire tels que le Schéma Régional de Cohérence Ecologique (SRCE) et la Trame Verte et Bleue (TVB) ou encore le Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires (SRADDET) et documents d'urbanisme (Thevenard, 2021).

1.3 L'Allier et la Loire, deux cours d'eau propices à la présence de deux Odonates protégés : *Ophiogomphus cecilia* et *Stylurus flavipes*

Considérés comme deux cours d'eau sauvages en raison de leur dynamique fluviale naturelle, la Loire et l'Allier génèrent une variété de milieux naturels. Ces derniers offrent des conditions optimales de vie pour de nombreuses espèces reconnues d'intérêt national et européen dont le Gomphe serpent (*Ophiogomphus cecilia*) et le Gomphe à pattes jaunes (*Stylurus flavipes*), espèces d'Odonates ciblées par l'étude (CEN Allier, 2020).

En décrivant les deux sites à plusieurs échelles, spatiales et temporelles, il devient plus facile de comprendre la dynamique des populations des espèces liée inéluctablement à la dynamique du milieu. Pour cela, une description des milieux a été réalisée à plusieurs

échelles : bassin versant, les cours d'eau l'Allier et la Loire avant de finir par la description de leur partie respective. Ces échelles détaillent la dynamique des sites d'étude selon différents contextes (géologie, pédologie, climatologie, réseau hydrographique, ...) permettant de les assimiler aux connaissances écologiques de *S. flavipes* et *O. cecilia*.

1.3.1 Une description globale à l'échelle de bassins versants

Informations générales sur les bassins versants des sites étudiés

La rivière l'Allier et le fleuve la Loire font partie du bassin hydrographique Loire-Bretagne occupant 28% du territoire métropolitain dont les actions de préservation et de restauration gérées par l'Agence Loire-Bretagne sont planifiées par le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) Loire-Bretagne. Ce bassin hydrographique s'étale sur une superficie de 155 000 km² comprenant de nombreux bassins versants dont celui de la Loire et de ses affluents. Celui-ci, aussi appelé bassin ligérien, a une superficie de plus de 117 000 km² avec plus de 40 000 km de cours d'eau (Agence de l'eau Loire-Bretagne, 2021b) dont les principaux affluents de la Loire (l'Allier, l'Indre, le Cher, la Vienne et la Maine rejoint par le Loir, la Sarthe et la Mayenne) (Figure 4).

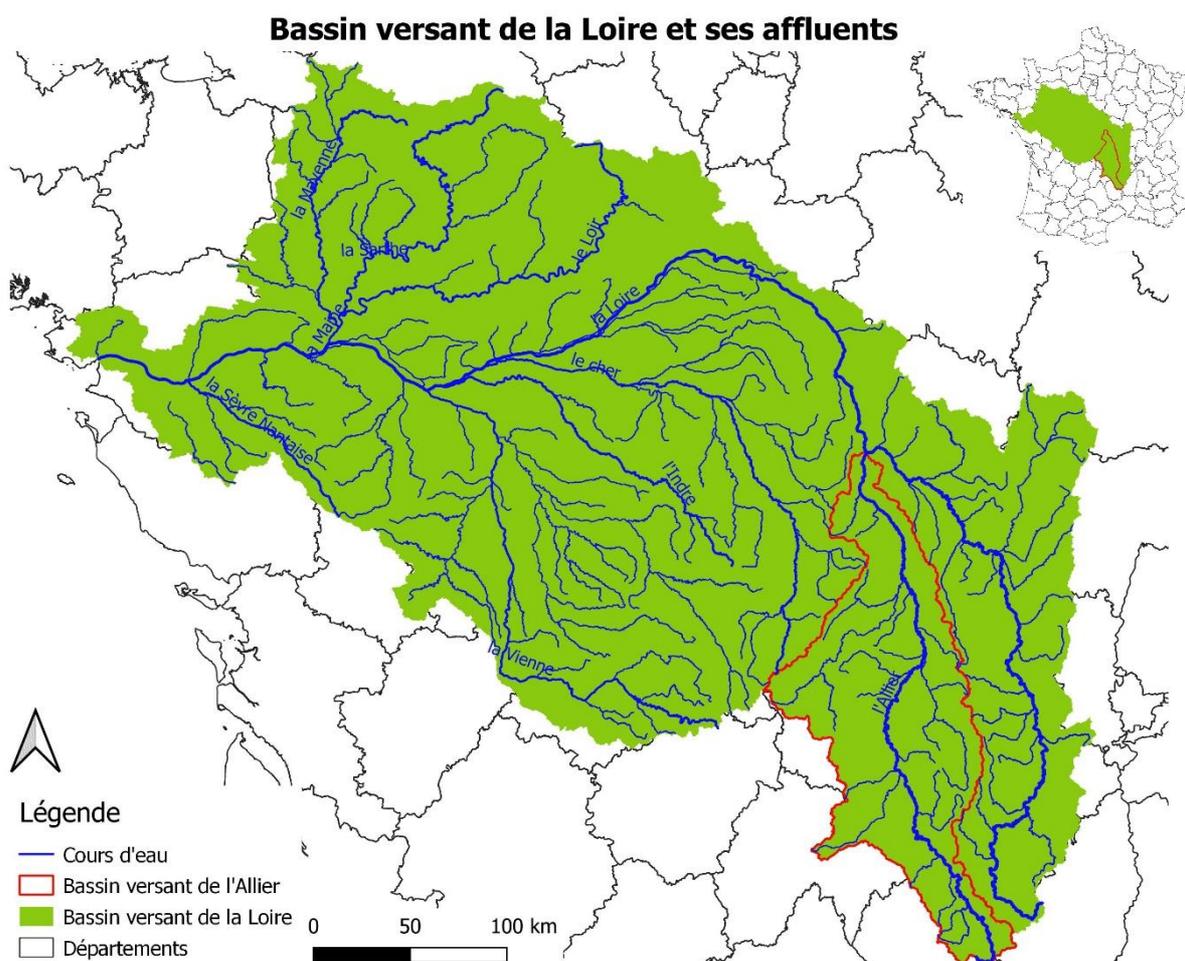


Figure 4 : bassin versant de la Loire et ses affluents et bassin versant de l'Allier (document personnel)

Diverses pressions humaines impactent le bassin Loire-Bretagne (exploitation de la ressource en eau sur l'hydrologie, rejets ponctuels de macropolluants, micropolluants, rejets diffus et pression sur l'hydromorphologie) selon l'Agence de l'eau Loire-Bretagne (2021a).

Les parties, des cours d'eau étudiés, sont gérées par la délégation Allier-Loire amont qui intervient sur les bassins hydrographiques de l'Allier et de la Loire jusqu'à leur confluence couvrant 32 628 km² de superficie (Figure 5) (Agence de l'eau Loire-Bretagne, 2018). Le bassin versant de l'Allier occupe une surface de 14 310 km² contre 18 250 km² pour le bassin versant de la Loire supérieure (de leur source respective à leur point de confluence) (Cournez, 2015).

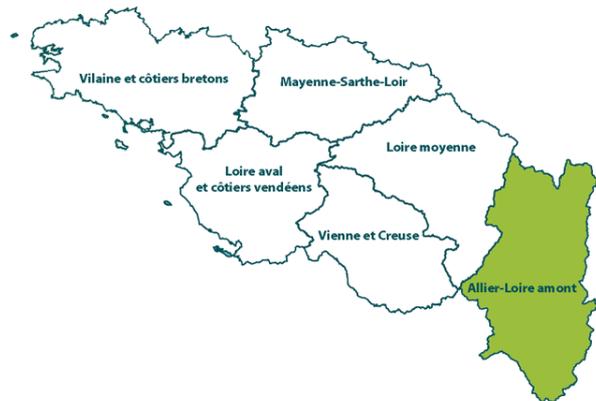
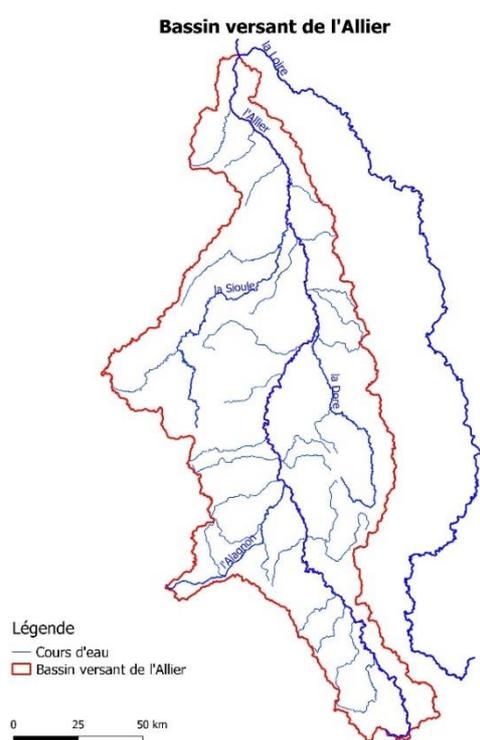


Figure 5 : sous-bassin Allier-Loire amont (Agence de l'eau Loire-Bretagne)

Dans le périmètre d'étude, seule la partie Allier est concernée par le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) Allier aval, déclinaison locale du SDAGE du bassin hydrographique Loire-Bretagne. Il a été mis en œuvre depuis 2015 sur son périmètre.

Selon l'Agence de l'eau Loire-Bretagne (2020), un tiers des cours d'eau de ce sous-bassin est qualifié d'état écologique moyen. Quant à l'état physico-chimique, il a été observé une amélioration plus rapide de celui-ci que l'état biologique par une nette diminution de nombreux rejets voire la disparition de certaines molécules (dont une partie depuis les années 70-80) impactant la qualité des eaux (Agence de l'eau Loire-Bretagne, 2020).



Plus long fleuve de France, la Loire prend sa source, en Ardèche, sur les hauteurs du Massif central à 1 500 m d'altitude (Mont Gerbier-de-Jonc) pour se jeter dans l'Atlantique. Il aura parcouru plus de 1 000 km en direction du sud au nord jusqu'à Orléans puis de l'est à l'ouest jusqu'à son estuaire (Vanden-Eede, 2006).

Un des principaux affluents de la Loire, la rivière Allier prend sa source en Lozère à 1 485 m d'altitude (Moure de la Gardille) sur les hauteurs du Massif central jusqu'à son point de confluence dans la Loire à 167 m d'altitude, nommé le Bec d'Allier, à proximité de Nevers après avoir parcouru 425 km en direction du sud au nord (Cournez, 2015). Ses principaux affluents sont la Sioule, la Dore et l'Alagnon (Figure 6).

Figure 6 : l'Allier et ses affluents (document personnel)

La mosaïque de roches et de paysages caractérisant le bassin versant de la Loire n'est que le résultat de longs processus géologiques toujours actifs dont l'origine remonte il y a plus de 500 Ma (Nehlig, 2010). Sur ce vaste territoire, l'histoire géologique très hétérogène et les différentes influences climatiques (atlantique, continentale et méditerranéenne) contribuent à une identité paysagère et écologique singulière édifée par la préservation de la dynamique fluviale naturelle (Vanden-Eede, 2006).

Il est à noter que de nombreuses autres variables influencent également les paysages actuels telles que la qualité des eaux, l'état écologique des masses d'eaux impactés en partie par l'empreinte humaine plus ou moins importante selon les secteurs (présence/absence de centrale(s) nucléaire(s), de barrage(s), de navigation et de l'urbanisation). Toutefois, le but de cette partie reste de comprendre le contexte général dans lequel s'inscrit les sites d'étude.

La description suivante se fait selon les 5 secteurs naturels de la Figure 7 en partant de l'amont pour finir par l'aval.

Secteurs naturels du bassin versant de la Loire et de l'Allier (adapté d'après FCEN, 2003)

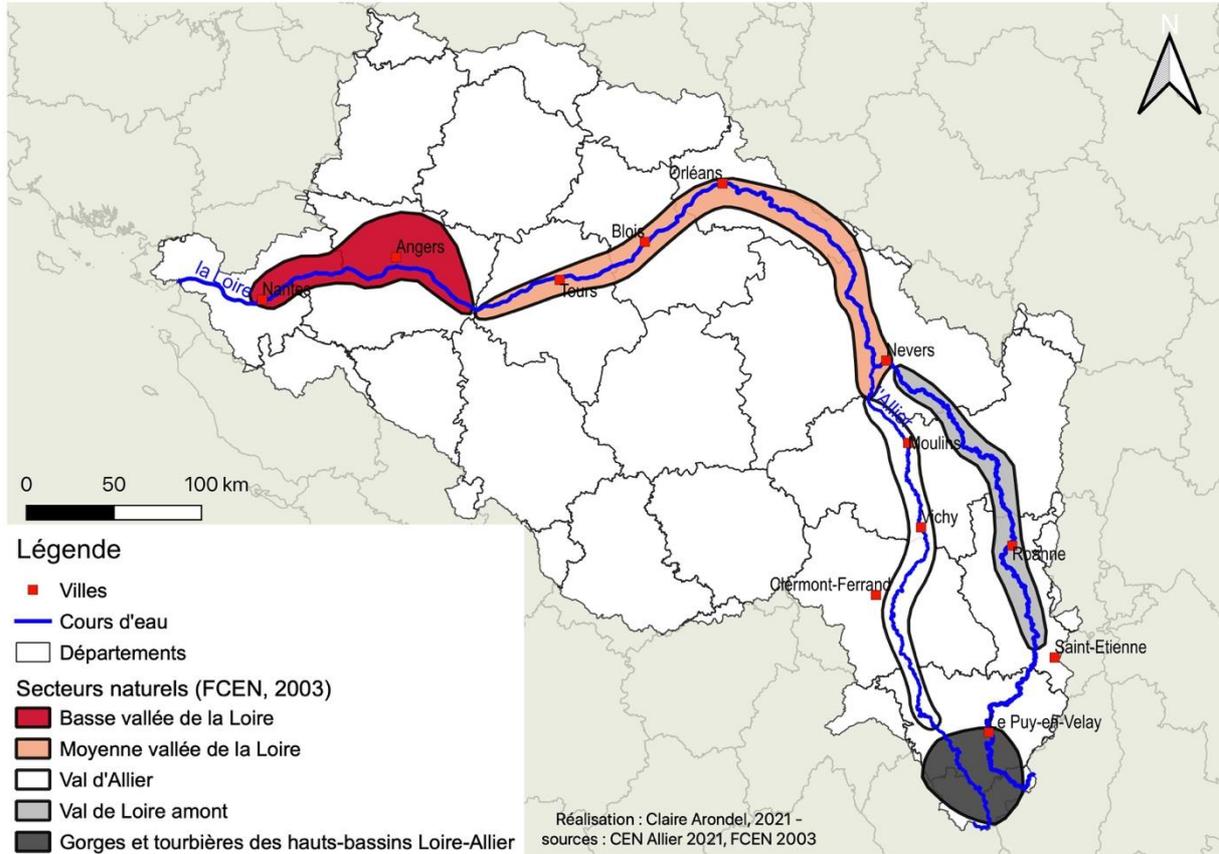


Figure 7 :
secteurs
naturels de la
Loire et de
l'Allier (adapté
d'après FCEN,
2003)

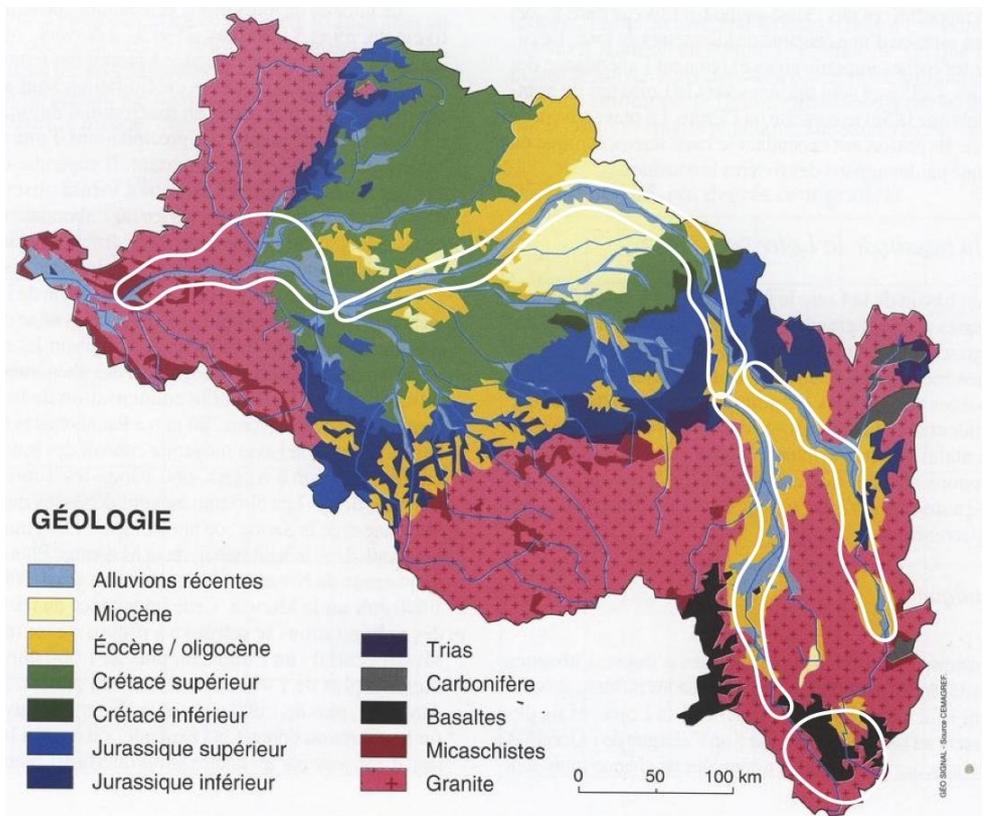


Figure 8 : carte géologique du bassin versant de la Loire (CEMAGREF / IRSTEA (2019)) et localisation (en blanc) des secteurs naturels (adapté d'après FCEN, 2003)



- Têtes de bassin : gorges et tourbières des hauts-bassins Loire-Allier

Depuis les hautes terres (sources, tourbières et landes d'altitude) du Massif Central composées de basaltes et granites datant du Paléozoïque (545 Ma à 245 Ma), l'eau rejoint les torrents des gorges de la Loire et de l'Allier (Vanden-Eede, 2006) (Figure 9). Les têtes du bassin de la Loire restent des milieux naturels préservés et un refuge pour une biodiversité précieuse et fragile (Vanden-Eede, 2006). Durant leur dévalement de pente (1 500 m d'altitude à 260 m à Roanne pour la Loire et 1 485 m d'altitude à 430 m sur 150 km vers Brioude pour l'Allier), les deux cours d'eau évoluent alors dans leur lit unique respectif chacun au sein d'une vallée

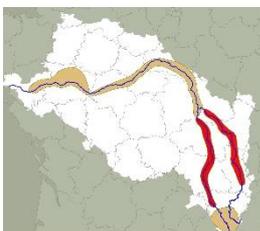


Figure 9 : gorges de la Loire à Chambon (43) (CEPA, 2003)



Figure 10 : forêt de gorges dans le Haut-Allier à Alleyras (43) (CEPA, s.d.)

étroite et encaissée avec une mosaïque d'habitats naturels préservés (affleurements rocheux, forêts de pentes, zones de pelouses et de landes, eau fraîche et rapide) (Figure 10) (Cournez, 2015 ; Vanden-Eede, 2006). Une fois le fond de vallée élargit, il est observé une divagation des lits de la Loire et de l'Allier alternant alors entre méandres et tresses avec l'apparition de grèves (Vanden-Eede, 2006).|



- Val d'Allier et Val de Loire amont

Les premiers bassins alluviaux, composés essentiellement de sédiments sableux datant de l'Eocène et Oligocène (56 Ma au 23 Ma), prennent forme en Val d'Allier et Val de Loire amont, entre le Massif central et le Bec d'Allier (Figure 8). La dynamique fluviale, très active sur le Val de Loire amont et Val d'Allier (Figure 11), donne naissance à des îlots, îles boisées et grèves sableuses. Le cordon boisé créé par la forêt alluviale, également présente, abrite une

biodiversité remarquable. En marge du lit principal, les bras morts ou boires (selon l'appellation locale) (Figure 12) offrent une condition hydrologique plus calme propice à une biodiversité différente des cours d'eau. En Val d'Allier, des zones sauvages persistent où des falaises d'érosion (Figure 13) sont laissées à la merci du caprice du cours d'eau contrairement à d'autres zones où enrochements et aménagements sur les berges sont construits en faveur d'une urbanisation toujours plus grandissante. A contrario, le Val de Loire bourbonnais est moins aménagé. Il recrée à sa guise les milieux naturels bordant son lit où plages de galets et sables du lit mineur sont succédés par prairies, pelouses et forêts alluviales (Vanden-Eede, 2006).



Figure 11 : méandres du Val d'Allier (Cournez, 2015)



Figure 12 : méandre de Bassinet (03) et bras mort - Val d'Allier (J.Saillard/CEPA, s.d.)



Figure 13 : falaise d'érosion à Mocquets (03) - la falaise des Moquets/Val d'Allier (J.Saillard/CEPA, s.d.)



- Moyenne vallée de la Loire

Une fois le Val d'Allier et le Val de Loire amont passés, l'Allier et la Loire se rejoignent. Le Bec d'Allier, représentatif de la diversité écologique ligérienne, se décrit par des pelouses, prairies, formations de landes et arbustes, forêts alluviales, grèves et bras morts (Figure 14). Une fois le point de confluence passé, commence alors la Moyenne vallée de la Loire rejoint par ses principaux affluents : l'Indre, le Cher et la Vienne (Vanden-Eede, 2006). Ce secteur naturel fait partie du Bassin parisien, bassin sédimentaire, composé d'une succession

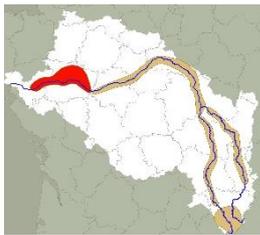


Figure 14 : Bec d'Allier (Le Bec d'Allier, mariage entre un fleuve et une rivière, s.d)

de couches de sédiments de différentes ères

géologiques depuis l'ère Secondaire (250 Ma) (Nehlig, 2010 ; Brulhet et Goyallon, 1994) (Figure 8). Aujourd'hui, bien que le lit de la Loire garde ses sédiments sableux depuis le Val d'Allier et le Val de Loire amont, il poursuit son tracé entre argiles, craies, calcaires, marnes et gypses laissés par le Bassin parisien.

Le paysage se décrit également par la présence de centrales nucléaires le long du fleuve dont les rejets impactent la qualité de l'eau et des sédiments comme l'étude confirmée d'une pollution au tritium (IRSN, 2019) et une ancienne pollution au plutonium présente dans les sédiments (IRSN, 2016).



• Basse vallée de la Loire

Les principaux affluents des Pays-de-Loire (Mayenne, Sarthe et Loir), en formant la Maine (Figure 15), se déversent dans la Loire constituant eux-mêmes les basses vallées angevines, décrites comme une des dernières grandes zones alluviales naturelles de France et une zone majeure d'expansion naturelle de crues. Plus loin, d'Angers à Nantes, la Loire a perdu de sa naturalité dû à un aménagement important bien que de vastes zones d'inondations à grand intérêt biologique persistent. Enfin, l'estuaire bouleversé par de nombreux aménagements portuaires laisse entrevoir quelques vasières et roselières, milieux naturels attirant une avifaune diversifiée (Vandeneede, 2006).



Figure 15 : La confluence Loire-Maine (2018)

En outre, les paysages diffèrent selon les secteurs naturels du bassin versant de la Loire rattachés à des dynamiques géologiques variées. Selon Nehlig (2010), il devient difficile d'omettre le passé géologique et social pour expliquer le présent environnemental. Pour répondre à la pression démographique des siècles derniers, un défrichage et une importante mise en culture des terrains du bassin de la Loire a eu lieu. Quelques temps après, l'exode rural a eu pour conséquence une reforestation. En changeant de pratique d'exploitation des sols, les stocks sédimentaires se sont retrouvés libres ou bloqués (Nehlig, 2010). Intégrer cette vision globale et historique du bassin ligérien à l'étude peut permettre une meilleure compréhension de la répartition des espèces recherchées.

Une fois le contexte général abordé, les caractéristiques départementales des sites d'étude peuvent être décrites.

1.3.2 Une description rapprochée à l'échelle départementale

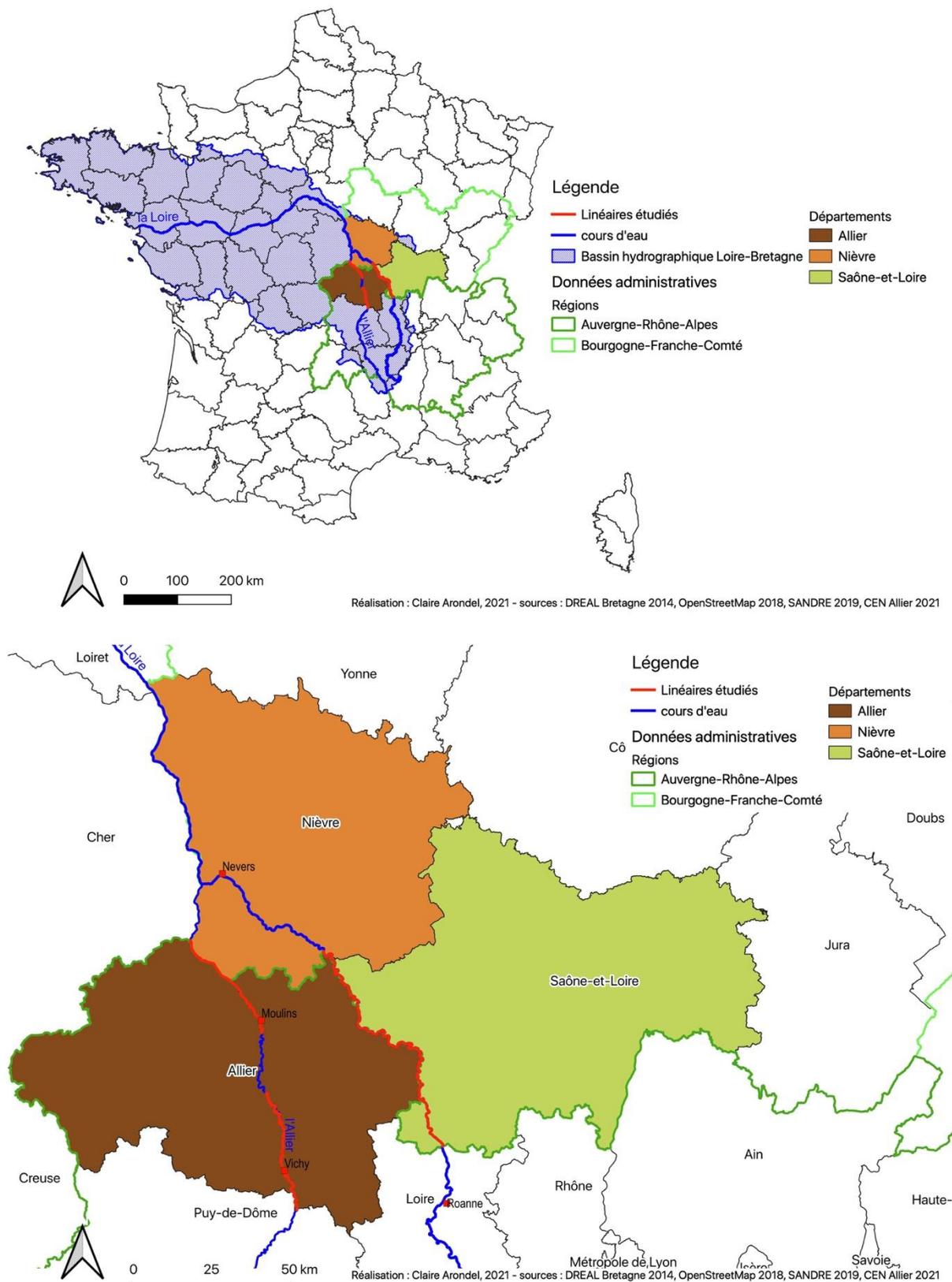


Figure 16 : localisation générale des deux sites étudiés répartis sur les départements de l'Allier (03), Saône-et-Loire (71) et Nièvre (58) (document personnel)

Situés dans la région Auvergne-Rhône-Alpes et à la limite de la région Bourgogne Franche-Comté, les tronçons de l'Allier et la Loire concernés par l'étude se trouvent majoritairement dans le département de l'Allier (03) et à la limite du département Saône-et-Loire (71) et Nièvre (58) (Figure 16). Frontière naturelle entre le département de l'Allier et de la Saône-et-Loire, la description de la partie Loire de l'étude est contextualisée à partir des informations des deux départements. Les deux tronçons concernés par l'étude représentent, additionnés, un linéaire de 202 km, avec plus précisément 107 km pour la partie Loire de l'étude et 95 km pour la partie Allier (Figure 16).

Ces deux tronçons se retrouvent dans une vallée et se nomment donc respectivement le Val d'Allier et le Val de Loire amont (Vanden-Eede, 2006). L'altitude pour la partie Allier de l'étude débute à 263 m au sud et finit à 179 m au nord tandis que celle pour la partie Loire varie de 249 m au sud à 193 m au nord.

Une histoire géologique avec une description pédologique et lithologique

En occupant la partie nord du Massif central, l'histoire géomorphologique du département de l'Allier est fortement liée à celle de ce massif. A l'ère Primaire, une immense chaîne de montagne, formée par un soulèvement de la surface terrestre, a subi de nombreuses déformations qui ont donné lieu à des roches granitiques et métamorphiques présentes sur plus de la moitié du département. De nombreux types de roches sédimentaires, provenant de l'érosion de cette chaîne de montagne, se sont accumulées dans des bassins en extension ou lacustres. Le bassin de l'Allier (prolongement de la Limagne, vaste plaine alluviale, de Clermont) et celui de la Loire (prolongement de la Limagne de Roanne) sont occupés par des roches sédimentaires datant de l'ère Tertiaire, composées de roches carbonatées issues de formations lacustres ou roches détritiques appelées sables et argiles bourbonnais (Figure 17).

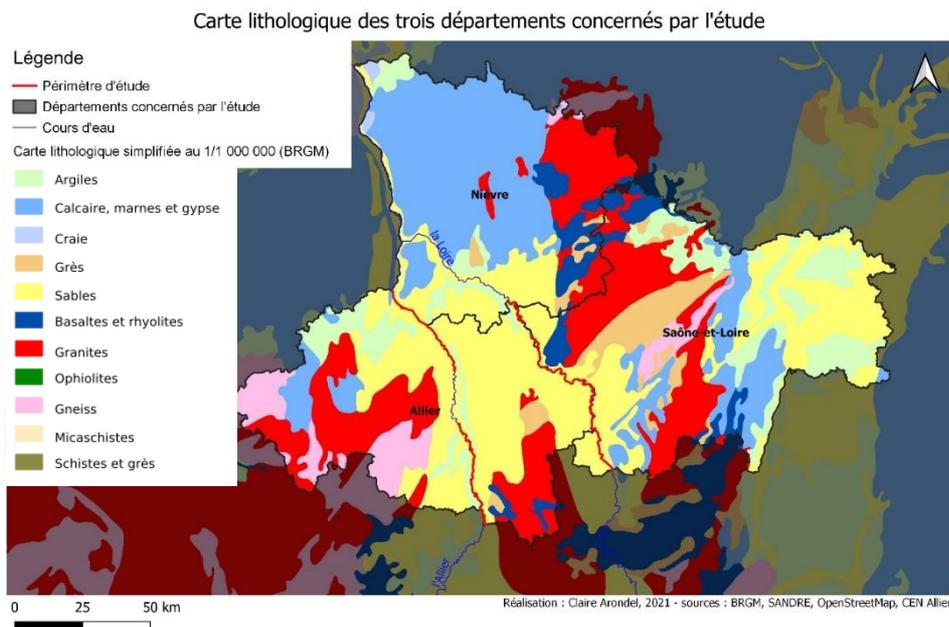


Figure 17 : carte lithologique des trois départements concernés l'étude (document personnel)

Ces deux roches se juxtaposent avec les colluvions sableuses et argileuses. Des dépôts d'alluvions anciennes et récentes, charriés par les rivières, sont notamment présents dans les grandes vallées alluviales de l'Allier et la Loire (Figure 18) (CBNMC, 2020).

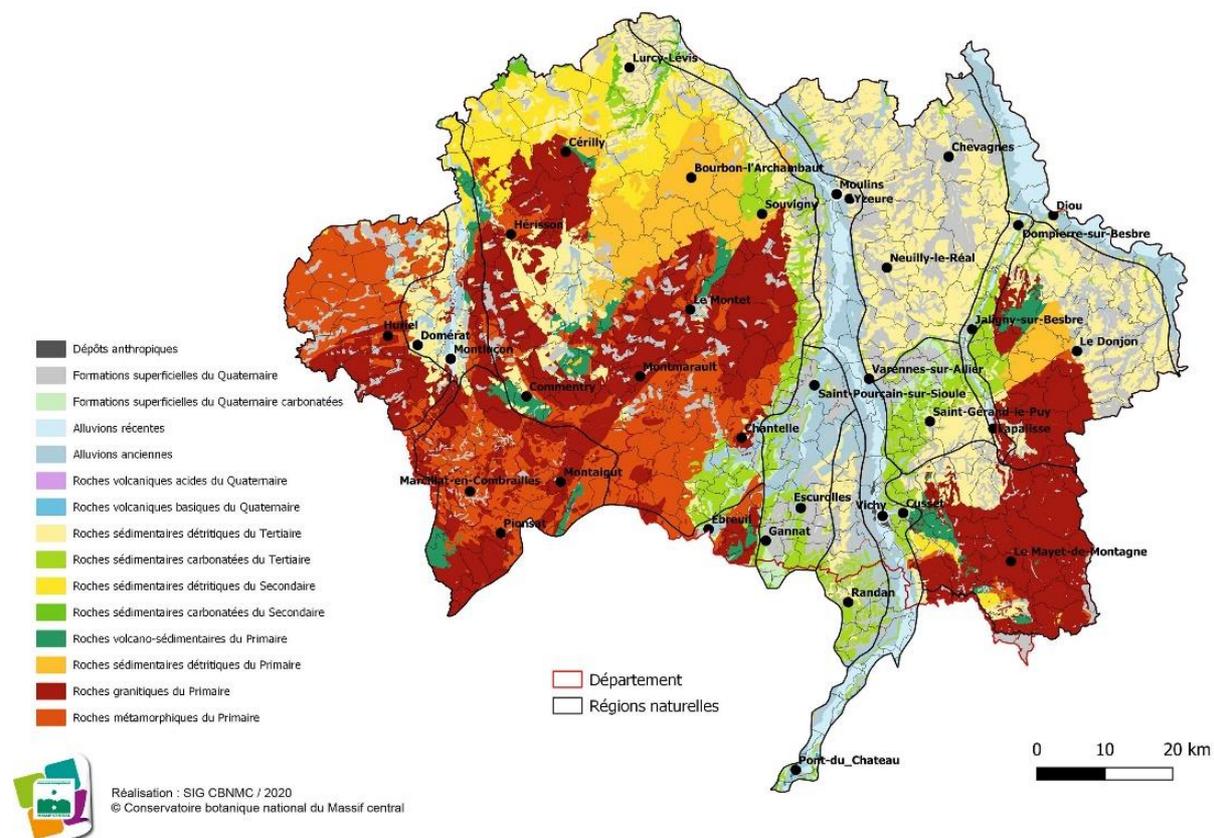


Figure 18 : géologie de l'Allier (CBNMC, 2020)

Concernant la pédologie des sites d'étude, tous deux sont concernés par des fluvisols. Ces sols de vallées, issus d'alluvions, sont constitués de matériaux fins tels que les argiles, limons, sables accompagnés de galets, cailloux ou blocs (Messant *et al.*, 2019). Plus précisément, l'unité de la partie Loire se nomme « Vallée de la Loire, plaine alluviale (...) sur alluvions récentes, sous prairies et cultures » tandis que la partie Allier se décrit comme « Vallée de l'Allier, plaine alluviale (...) sous végétation naturelle, prairies et cultures » (Pelletier *et al.*, 2012a ; Pelletier *et al.*, 2012b).

Des différences climatiques visibles entre sites liées à un relief varié

Dans son ensemble, le département de l'Allier est sous un climat d'influence atlantique, plus exactement doux, humide et dominé par les vents d'ouest (CBNMC, 2020). Toutefois, territoire au milieu des terres, celui-ci a la particularité de se situer entre deux types de zones climatiques : une zone de climat océanique plus ou moins altérée au nord et à l'ouest, une zone de climat de montagne au sud et un climat plus continental pour l'est (CBNMC, 2020 ; DDT de l'Allier, 2015).

Le climat dépend fortement du relief dont le point culminant départemental se situe au sud à 1 287 m d'altitude dans la Montagne bourbonnaise là où les précipitations sont les plus importantes (1 000 à 1 200 mm/an) avec des températures moyennes basses (9,5°C). A contrario, les régions de plaines à faible altitude et les vallées fluviales dont l'Allier et la Sioule (affluent de l'Allier) présentent une température moyenne annuelle de 11°C et des précipitations de 700 à 750 mm/an. Le reste du territoire se trouve soumis à l'effet de foehn provoqué par le relief (Figure 19). Ce dernier bloquant les précipitations, cela engendre des pluviométries faibles tels que des noyaux de pluviométrie inférieurs à 680 mm/an vers Moulins (ville traversée par l'Allier) et la région naturelle de la Limagne (CBNMC, 2020 ; DDT de l'Allier, 2015).

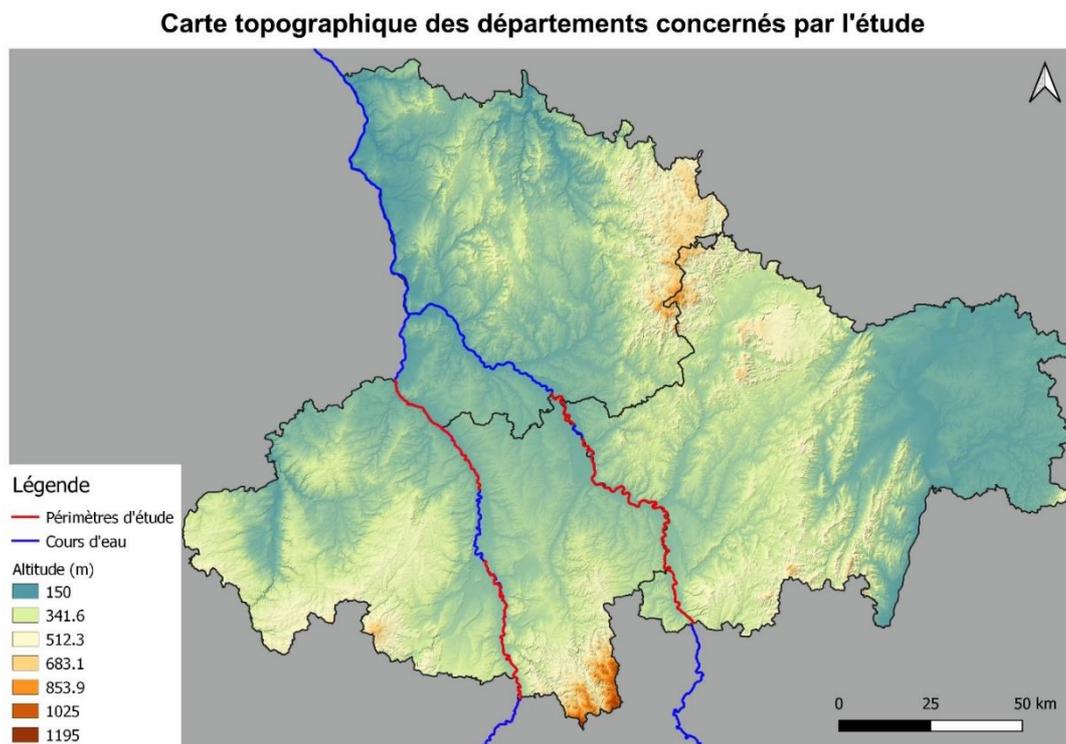


Figure 19 : carte topographique des départements concernés par l'étude

Au vu de la disparité du climat du département, une analyse climatique a été faite à partir des données d'une station climatique située à proximité de la rivière Allier. Pour les données de la station climatique de Vichy-Charmeil (249 m d'altitude) sur 29 ans (1981 à 2010), située à proximité de la rivière Allier, la température annuelle moyenne s'élève à 11,3°C et le cumul annuel moyen des précipitations est de 779,8 mm avec les données du site infoclimat.fr (2021a). A partir des données de cette station, il est possible d'en déduire trois types de diagrammes ombrothermiques décrivant trois types de sécheresses suivantes :

- la sécheresse climatique (manque de précipitations) ;
- la sécheresse hydrologique (altération du débit du cours d'eau et des nappes phréatiques) ;
- la sécheresse édaphique (quantité d'eau présente dans le sol rendu disponible pour les plantes) (Brach, 2018).

Selon les diagrammes ombrothermiques de Vichy (Annexe 1), il est indiqué une absence de sécheresse climatique, une absence de sécheresse hydrologique et une sécheresse édaphique de juillet à août. Ce dernier type de sécheresse peut entraîner un stress hydrique altérant le bon développement des populations floristiques, plus précisément quand l'évapotranspiration est supérieure à la quantité d'eau absorbée par les plantes. En effet, avec une évapotranspiration de 67,8 mm et une pluviométrie annuelle moyenne de 64,98 mm, les pluies efficaces sont négatives.

Il est bon de rappeler que ces résultats restent généraux et peuvent ne pas correspondre au climat récent et actuel. Aussi, depuis 2017, des phénomènes intenses de sécheresse impactent les nappes alluviales et les cultures (Radisson, 2021).

La différenciation du relief et la particularité climatique sont à l'origine de la présence de deux étagements de la végétation : un étage collinéen occupant la très grande majorité des régions naturelles de 160 m à 850 m d'altitude et l'étage montagnard couvrant uniquement la Montagne bourbonnaise (CBNMC, 2020).

Plus spécifiquement à la Loire supérieure, le climat y est doux due à son orientation favorisant une pénétration des masses d'air océaniques dans le couloir ligérien (Cadé *et al.*, in prep.). Les conditions abiotiques météorologiques restent similaires à celles de la station de Vichy en se basant sur les données climatiques de la station Paray-Le-Monial – St-Yan (71) (242 m d'altitude) avec une température moyenne annuelle de 11°C, un cumul annuel moyen de pluviométrie de 717,9 mm avec les données du site infoclimat.fr (2021b). Il est précisé que sur l'ensemble du tronçon du Val de Loire amont, le bilan hydrique est négatif entre avril et août (Cadé *et al.*, in prep.).

Il est important de préciser que la météo entre les deux sites d'étude peut être différente sur un jour.

De plus en plus d'études prennent en compte l'impact du changement climatique sur la biodiversité au sens général (espaces, espèces, régime hydrologique des cours d'eau, ...) (Houard *et al.*, 2020 ; Ducharne *et al.*, 2010). L'impact du climat sera plus détaillé dans la partie 2.8 *L'évolution du climat : quel(s) impact(s) sur le bassin ligérien et les populations ligériennes d'O. cecilia et S. flavipes ?*.

Une hydrologie complexe : entre crues, débits et régime hydrologique

Sur le périmètre d'étude, quelques principaux affluents alimentent les deux cours d'eau. La partie Allier est alimentée en rive gauche par la Sioule et l'Andelot tandis que la Loire est rejoint par la Bresbre en rive gauche et par l'Arroux et l'Arconce en rive droite (Figure 21).

Complexe et irrégulier, le régime hydrologique de l'Allier peut être caractérisé comme pluvio-nival (dominé par la pluie) (Lohr, 2003) et montre alors les influences climatiques suivantes :

- océaniques avec de fortes précipitations venant de l'ouest provoquant des crues dites océaniques à la fin de l'hiver, début printemps ;
- montagnardes avec une rétention des précipitations dans le Massif Central où les restes de neiges de l'hiver fondent et viennent renforcer le débit de la rivière ;
- méditerranéennes provoquant des crues cévenoles plutôt en automne (Cournez, 2015 ; Lohr, 2003).

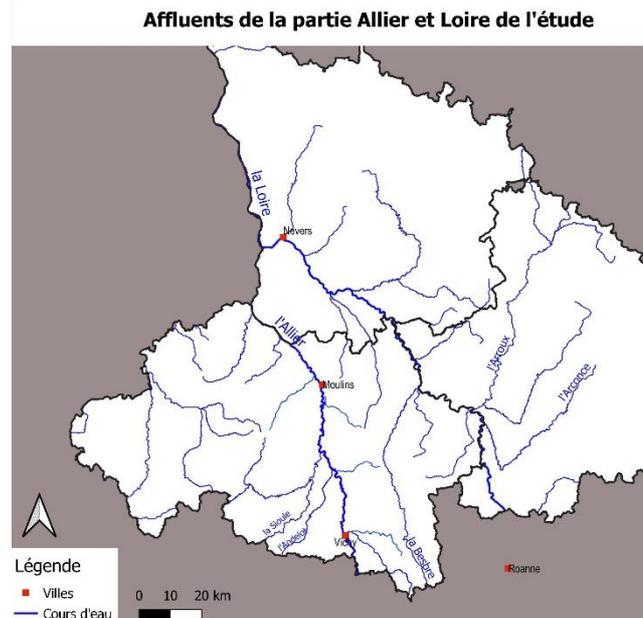


Figure 21 : affluents de la partie Allier et Loire de l'étude (document personnel)

Régulières, les crues dites mixtes (conjonction entre les crues cévenoles et océaniques) peuvent également survenir (Cournez, 2015) (Figure 20). Les crues peuvent occasionner des inondations lorsque le cours d'eau déborde et sort de son lit mineur, délimité par les berges, pour aller dans son lit majeur. Outre les crues, les débits d'étiage extrême (débit minimal d'un cours d'eau) apparaissent majoritairement en plaine durant les périodes de forte chaleur estivale provoquant une évaporation considérable de l'eau (Lohr, 2003). Cette dernière est de plus en plus importante au fil des années (Thevenard, 2021).



Figure 20 : crue de l'Allier en 2003 à Longues (Beignier, 2003)

Le débit moyen du bassin versant de l'Allier s'élève à 150 m³/s contre 182 m³/s pour celui de la Loire supérieure (Cournez, 2015). Pour l'Allier, l'amplitude des variations saisonnières de débit est large (Lohr, 2003) avec des débits extrêmes pouvant aller de 5 000 m³/s (estimation de la plus grande crue en 1790) à 20 m³/s à l'étiage (Rambourdin et Laucoin, 2017 ; Cournez,

2015). Le débit des deux cours d'eau varie selon leurs affluents respectifs et l'influence des régimes climatiques méditerranéens, océaniques et mixtes (Cadé *et al.*, in prep. ; Cournez, 2015). Pour l'ensemble de la Loire, son régime hydrologique, très contrasté sur l'ensemble de son bassin, est caractérisé par des étiages prononcés et durables et des crues subites en amont (Vanden-Eede, 2006). Concernant la partie Loire de l'étude, son régime hydrologique est décrit comme pluvial océanique pour l'étude (Cadé *et al.*, in prep.).

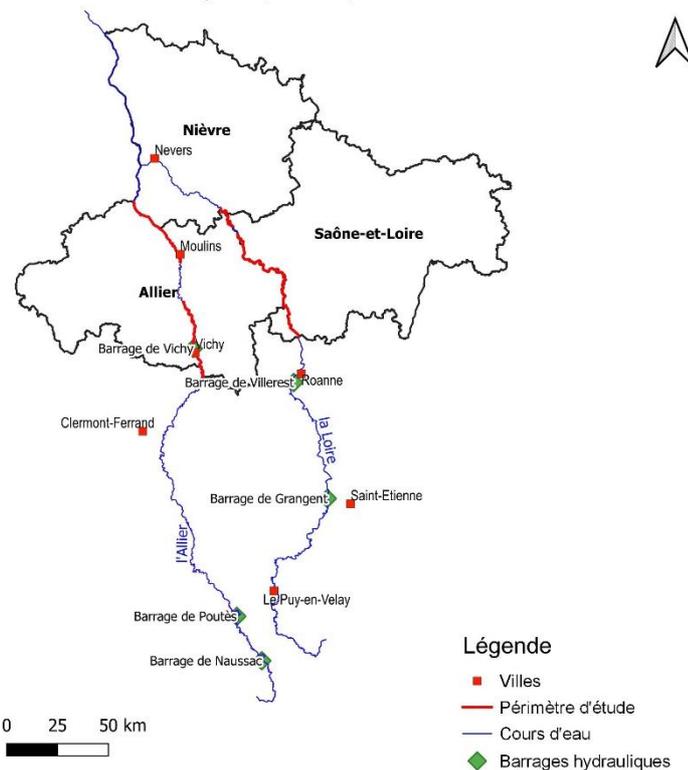
Des barrages appelés « écrêteurs de crues » (contiennent l'eau en cas de fortes pluies) ou « soutien d'étiage » (maintien en été d'un débit minimal en relâchant de l'eau) sont répartis autant sur l'Allier que la Loire, en amont des sites d'étude (Figure 22). Excepté le barrage de Vichy à but uniquement touristique (Figure 23), les autres barrages sont hydroélectriques.

Ces barrages ont pour conséquence un impact direct sur le débit naturel et indirect sur la mobilisation sédimentaire naturelle (hydromorphologie,

enfouissement du lit et nappe alluviale) et un fort rôle de rétention de polluants dans les vases et sables comme c'est le cas sur le barrage de Villerest dues aux industries passées et actuelles (Grosbois, 2014 ; Fédération départementale pêche 42, 2013 ; Grosbois *et al.*, s.d.). Enfin, ils ont un impact sur la continuité écologique du cours d'eau.

Des aménagements anthropiques sont à noter sur cette région naturelle telles que la modification du lit initial du fleuve Loire par la création d'un canal latéral de Roanne à Digoin ou encore la présence à

Localisation des barrages hydrauliques en amont des sites d'étude



Réalisation : Claire Arondelet, 2021 - sources : CEN Allier, OpenStreetMap

Figure 22 : localisation des barrages hydrauliques en amont des sites d'étude (document personnel)



Figure 23 : pont barrage de Vichy (M.Cramois/CEPA, s.d.)

Roanne d'un port de plaisance et d'anciennes usines de tissage, de teinturerie, de métallurgie et d'armement.

Selon l'application mobile « Qualité Rivière » créé par les agences de l'eau et l'Office Français de la Biodiversité (OFB), l'état écologique de la partie de l'Allier, concernée par l'étude, est qualifié de médiocre. Concernant la partie de la Loire, elle est qualifiée d'état écologique médiocre de l'amont du périmètre d'étude jusqu'à la confluence avec la Besbre et de moyen de cette confluence jusqu'à la fin du périmètre d'étude. Il est à noter une dégradation de la masse d'eau avec notamment une augmentation de la température de l'eau en été hors épisodes pluvieux (Bach *et al.*, 2015). Cela a pour conséquence un impact sur différents paramètres liés à l'oxygène, dont son taux dans l'eau, rendant le milieu naturel moins propice à une diversité écologique. Ajouté à cela, les étiages sont de plus en plus sévères avec la sécheresse de plus en plus fréquente et l'augmentation des prélèvements amènent à un accroissement des polluants en raison d'une dilution moins possible des rejets et polluants durant l'été (Thevenard, 2021).

Lien entre dynamique fluviale et richesse écologique sur les sites d'étude

Le Val d'Allier et le Val de Loire amont font partie des principaux tronçons de cours d'eau européens ayant conservé une dynamique fluviale active et préservée les classant dans les « dernières rivières sauvages d'Europe » (Cournez, 2015 ; CEN Allier, s.d.-a). Ces secteurs présentent une importante richesse écologique qui abritent un patrimoine naturel remarquable et des milieux naturels rares et menacés à l'échelle européenne (CEN Allier, s.d.-a).

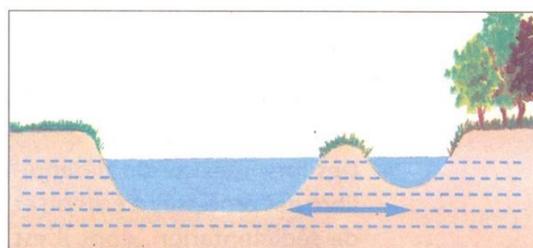


Figure 24 : milieux naturels rencontrés sur le site Natura 2000 Val d'Allier 03 (Pourquoi des sites Natura 2000 dans la Val d'Allier 03 ?, s.d.)

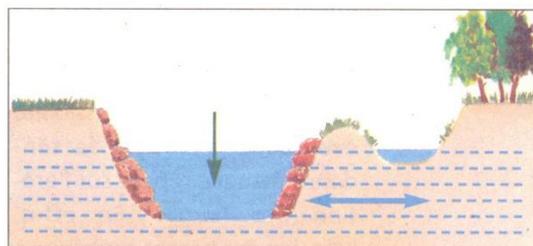
La mobilité latérale de l'Allier est décrite comme le moteur même de la création et régénération de la mosaïque de milieux naturels, et en conséquence, le développement d'une richesse écologique, bordant la rivière dont une partie est maintenue par les activités humaines. Abritant une biodiversité exceptionnelle, le Val d'Allier comprend la rivière en elle-même, les talus d'érosion, les plages de sable et de galets, les pelouses

sèches, les prairies inondables entretenues par le pâturage, les forêts alluviales et les bras morts et boires (Figure 24) (Cournez, 2015).

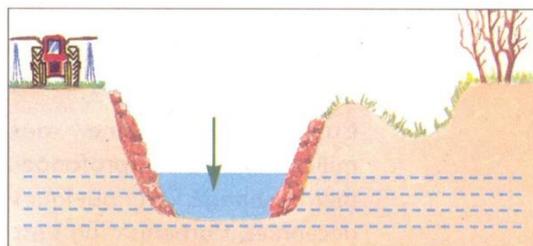
Comme son nom l'indique, la dynamique fluviale rappelle que la forme naturelle d'un cours d'eau évolue constamment (Saillard, 2006). Ainsi, ces deux cours d'eau possèdent une importante mobilité du déplacement de leur lit sur un fuseau pouvant aller jusqu'à 1km de large (CEN Allier, s.d.-a).



- Milieux naturels diversifiés
- Echanges des eaux souterraines
- Erosion naturelle : le lit de la rivière peut se recharger en matériaux



- Enrochement des berges
- Enfoncement du lit
- Accélération du courant



- Abaissement de la nappe
- Assèchement des frayères
- Mort de la forêt alluviale
- Développement d'une végétation banale
- Activités polluantes ou vulnérables aux crues

Figure 26 : abaissement du lit (Recueil expérience Life Loire nature 93-98)

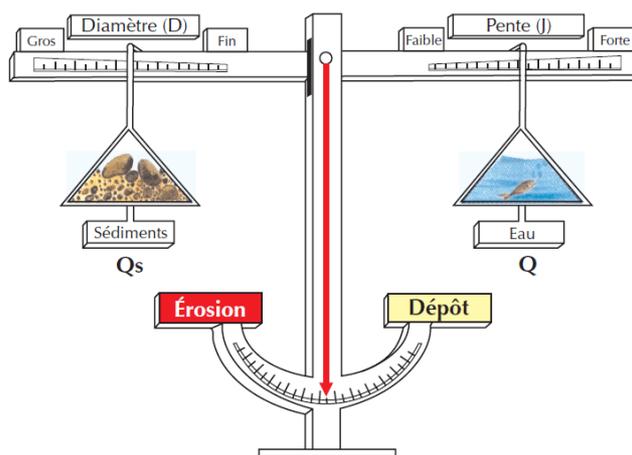


Figure 25 : Principes de la balance de Lane, 1955. Tiré de Dany (2016) à partir d'une figure de Souchon et Chandesris (2008). (Biron, 2017)

La dynamique fluviale se décrit par un équilibre hydrosédimentaire constamment recherché par tous les cours d'eau entre les flux d'eau et le volume de matières solides (CEN Allier, s.d.-a). Cet équilibre cité est influencé par les paramètres suivants :

- « le sédiment dont l'érosion et le dépôt assurent l'évolution de la morphologie du cours d'eau ;
- l'eau qui génère l'érosion et le transport ;
- la pente qui fournit l'énergie nécessaire » (Saillard, 2006).

Excepté les paramètres secondaires (végétation et taille des sédiments), l'érosion, le dépôt et le transport des sédiments contribuent à donner forme aux cours d'eau. Ainsi, selon le principe de l'équilibre dynamique de Lane en 1995 (Figure 25), l'augmentation du débit amène à l'érosion et inversement si le débit diminue. Si des sédiments plus gros sont apportés au cours d'eau, l'aiguille indique alors un dépôt de sédiments (Saillard, 2006).

Dans le cas où le contexte hydro-morphologique est naturel, cela se traduit par la création puis l'abandon de méandres, l'érosion de talus avec

parfois un enchevêtrement de racines d'arbres et d'arbrisseaux, la formation de nouveaux dépôts de sable ou de galets. Jouant un rôle primordial dans la préservation et le maintien de la nappe alluviale, cette mobilité fluviale garantit une certaine filtration et épuration de l'eau par les alluvions régulièrement renouvelés. De ce fait, la rivière a besoin de matériaux à transporter pour établir constamment l'équilibre cité précédemment. Toutefois, si la rivière ne peut plus éroder ses berges (enrochement et endiguement de ses berges) ou que des activités humaines ont besoin de prélever des éléments (extraction de granulats dans le lit de la rivière), elle compense ce manque en érodant le fond de son lit. Cela va avoir pour conséquence, l'enfoncement du lit et l'abaissement du volume de la nappe alluviale (Figure 26) (CEN Allier, s.d.-a).

Sous l'eau, le fonctionnement hydrologique de cette dynamique fluviale engendre une mosaïque de milieux caractérisés par des variations de la profondeur des eaux et de la vitesse du courant, elle-même alternant entre courant lent et rapide, souvent sur de courtes distances. Cela engendre une diversité de sédiments de diverses natures au sein même d'espaces très réduits. Les sédiments grossiers (graviers fins et sables grossiers) s'observent sur des zones à courant rapide tandis que les sédiments plutôt fins, souvent argileux accompagnés de détritiques, se rencontrent dans le cas d'un courant faible, tels que des arbres tombés à l'eau ou le long des zones situées dans les angles convexes du cours d'eau (ex : bancs de sables ou de galets) (Lohr, 2003).

Il est également nécessaire d'avoir à l'esprit que la répartition de cette dynamique fluviale préservée n'est pas obligatoirement homogène sur la longueur totale des cours d'eau notamment pour les sites d'étude. Elle peut être intense, modérée ou faible voire inexistante comme indiqué dans les DOCOB des sites d'étude (Cadé *et al.*, in prep. ; Rambourdin et Laucoin, 2017).

Des paysages variés expliqués par la géologie

Dans ces périmètres d'étude, l'Allier et la Loire traversent essentiellement les paysages départementaux de l'Allier et de la Saône-et-Loire.

Les régions naturelles du département de l'Allier façonnent la carte d'identité paysagère du département avec la présence de bocages, de limagnes, grandes cultures, gorges, coteaux, montagnes boisées, vals et grandes rivières de plaines (DDT de l'Allier, 2016). A contrario, les régions naturelles saône-et-loiriennes, à proximité du Val de Loire, en rive droite, se caractérisent essentiellement par des collines bocagères (Bonneaud, 2019).

Des paysages variés autour des sites d'étude

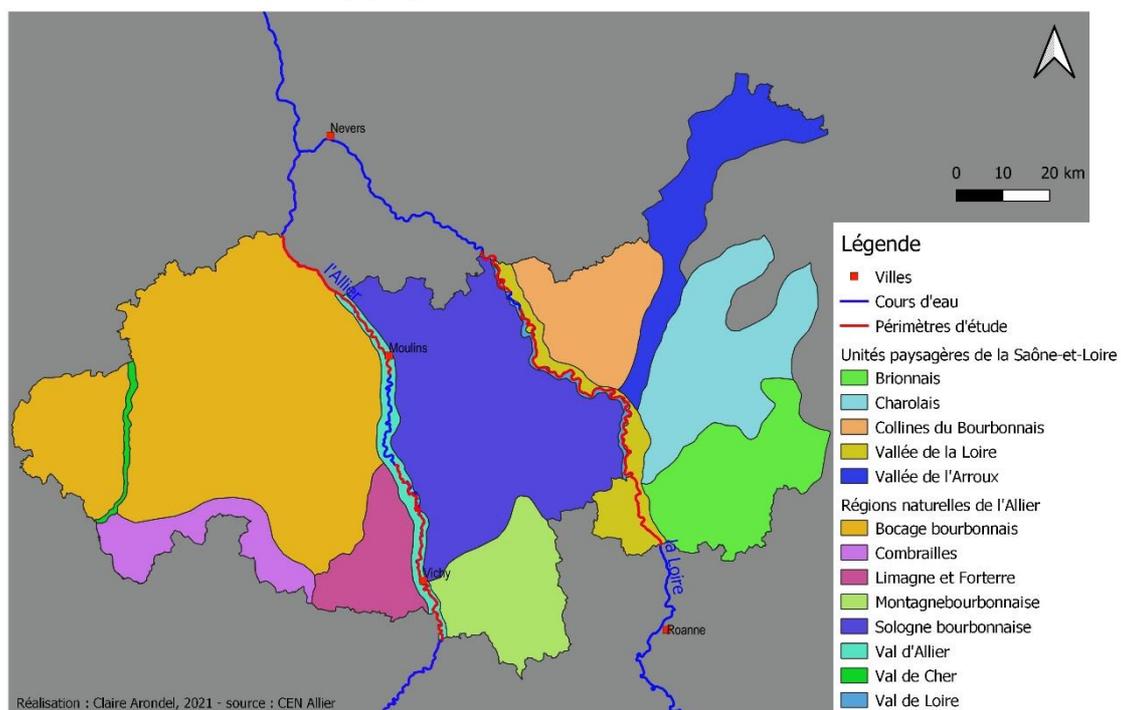


Figure 27 : des paysages variés autour des sites d'étude

Les deux sites d'étude sont concernés par les régions naturelles « Val d'Allier » et « Vallée de la Loire ». La partie de l'Allier est concernée par les régions naturelles suivantes (Figure 27 et Figure 28) :

- Bocage bourbonnais : ensemble paysager le plus vaste d'Auvergne caractérisé par un maillage préservé de haies et d'arbres avec un substrat composé de schiste ;
- Sologne bourbonnaise : ensemble de paysages décrits par une alternance d'étangs, bois, cultures et prairies sur un substrat de sables et d'argiles ;
- Montagne bourbonnaise : montagne boisée et granitique offrant un paysage typique de basse montagne avec ses forêts de sapins et ses tourbières caractéristiques ;
- Limagne : vaste plaine alluviale décrite par la présence de grandes cultures (CBNMC, 2020 ; Julve, 2017 ; DDT de l'Allier, 2016).



Figure 28 : (1) bocage bourbonnais (*La douceur du Bocage bourbonnais, s.d.*), (2) limagne bourbonnaise (*Chasta, 2020*), (3) montagne bourbonnaise (*Plateau de la Verrerie, s.d.*), (4) sologne bourbonnaise (*Terre de Sologne en Bourbonnais, s.d.*)

En pénétrant sur le territoire départemental de l'Allier, le cours de la rivière l'Allier sillonne la vaste plaine sableuse du Val d'Allier bourbonnais. Plaine également inondable, des anciens lits ressurgissent parfois attestant d'une forte mobilité depuis longtemps. Le paysage change donc au grès de la mobilité des méandres de la rivière et des développements des activités humaines (Cournez, 2015).

Décrite en tant qu'unité paysagère « Vallée de la Loire », la partie Loire de l'étude sinue

dans un paysage bocager semi-ouvert. Plus particulièrement, le fleuve trace une large vallée à fond plat entre la vallée de l'Arroux et les collines bocagères du Bourbonnais (dont une partie de la Sologne bourbonnaise), du Brionnais et du Charolais sur sa rive droite. La Vallée de la Loire présente un coteau formant une limite plus ou moins nette avec ces collines bocagères citées. En tant que frontière naturelle avec le département de l'Allier, le paysage de l'ouest de la vallée de la Loire est celui de la Sologne bourbonnaise avec des coteaux plus marqués que ceux de l'est (Bonneaud, 2019).

Les enjeux de ces paysages inscrivent certaines zones préservées en tant que sites Natura 2000, RNR, APPB ou autres dispositifs institutionnels de protection de la nature. Les usages des sites sont nombreux et différents selon la localisation délimitée par les entités paysagères : élevages de bovins, grandes cultures, loisirs, puits de captage ...

L'empreinte humaine sur les sites

Le Domaine Public Fluvial (DPF), propriété de l'Etat, représente une portion de terres bordant les deux cours d'eau permettant ainsi de préserver de la dynamique de la mobilité. Des captages d'eau potable y sont répartis (Figure 29). En alimentant près de 2/3 des habitants du département de l'Allier, la nappe alluviale de la rivière l'Allier est très sollicitée pour cet usage domestique.



Figure 29 : présence de champs agricoles et puits de captage (en rouge) en bord d'Allier à Mezel Dallet (63) (J.Saillard/CEPA, s.d.)

Sur le Val d'Allier bourbonnais, le lit moyen, occupé par les crues fréquentes, est classé en DPF constituant ainsi un bien commun (Cournez, 2015). Autrefois prépondérant, l'élevage de bovins régresse le plus souvent au profit du développement de grandes cultures irriguées, faisant diminuer le nombre de surface de zones ouvertes (prairies et pelouses). A l'inverse des zones appartenant au DPF qui connaissent une fermeture végétale liée notamment à l'abandon de la pratique du pastoralisme. Maintenant interdite, l'exploitation intense des granulats du XX^{ème} siècle a eu un impact considérable notamment sur l'enfoncement du lit de la rivière. Les activités de tourisme et de loisirs (chasse, pêche, promenade et canoë) peu fréquentes ont un impact moindre (Rambourdin et Laucoin, 2017 ; Cournez, 2015). Celui-ci reste à modérer à l'heure actuelle en raison d'un développement de plus en plus croissant sans étude préalable liées à la fréquentation (Thevenard, 2021). Exceptées deux villes (Moulins et Vichy), l'urbanisation reste peu importante. Toutefois, des aménagements sont observables (enrochement, endiguement, construction de nouvelles infrastructures, ...) affectant le paysage et la dynamique du milieu (Rambourdin et Laucoin, 2017 ; Cournez, 2015).

Quant au Val de Loire, l'agriculture reste l'activité principale du site avec une dominance pour le pâturage extensif. Toutefois, les grandes cultures intensives céréalières commencent à se développer notamment en aval du site. L'urbanisation reste relativement faible. A l'inverse de l'Allier, deux canaux longent la Loire permettant l'accueil de bateaux de petits gabarits. Deux gravières sont encore exploitées. Quelques activités touristiques et de loisirs sont présentes (chasse, pêche, canoë, randonnée pédestre et équestre, cyclo-tourisme) (Cadé et al., in prep.).

Après avoir pris en compte la vision globale du bassin versant et celle plus accentuée sur la dynamique du territoire environnant des sites, il devient plus aisé de comprendre les caractéristiques écologiques des sites ciblés par l'étude.

1.3.3 Une description précise à l'échelle des deux sites ciblés par l'étude

Présence de dispositifs institutionnels de protection du patrimoine naturel

De manière globale, les deux cours d'eau prospectés sont concernés par les dispositifs institutionnels de protection du patrimoine naturel illustrés dans le Tableau 1, Tableau 2 et Tableau 3.

Tableau 1 : Dispositifs institutionnels des sites d'étude (géoportail, 2021)

Dispositif institutionnel de protection du patrimoine naturel	Secteur	Identifiant MNHN et nom du site	Structure gestionnaire	Zone(s) concernée(s) par l'étude
Natura 2000	Allier	- FR8301016 Vallée de l'Allier Sud (ZSC) - FR8301015 Vallée de l'Allier Nord (ZSC) - FR8310079 Val d'Allier Bourbonnais (ZPS)	CEN Allier (sur le département Allier)	Oui
		- Une partie du site FR8312013 Val d'Allier – Saint-Yorre – Joze (ZPS)	CEN Auvergne	A la limite du département de l'Allier
	Loire	- FR2612002 Val de Loire d'Iguerande à Decize (ZPS) - FR2601017 Bords de Loire entre Iguerande et Decize (ZSC)	CEN Allier	Oui
RNR	Loire	FR9300170 Val de Loire Bourbonnais	CEN Allier	Non (étude suivie cette année par le chargé d'études du CEN Allier)
RNN	Allier	FR8310079 Val d'Allier Bourbonnais	LPO Auvergne	Non
APPB	Allier	FR3800783 rivière Allier	CEN Allier	Oui
		FR3800797 Grèves et îles temporaires de la rivière Allier	CEN Allier	Oui
ENS	Allier	La Boire des Carrés	LPO Auvergne	Oui
		Les Coqueteaux	Conseil Général de l'Allier	Oui

Tableau 2 : suite du Tableau 1

Dispositif institutionnel de protection du patrimoine naturel	Secteur	Identifiant MNHN et nom du site	Structure gestionnaire	Zone(s) concernée(s) par l'étude
Sites acquis par le CEN	Allier	- FR1502423 Ile des Queriaux - FR1502422 Ile de Ray - FR1500831 Les Noix, Les Graves, Les Muriers	CEN Allier	Oui
	Allier	- FR1502860 Boudemange - FR1500818 Falaise des Moquets - FR1502861 La Chaise - FR1502858 La Jolivette - FR1502859 Le Meplan - FR1500823 Le Pacage des Bœufs - FR 1500819 Le Pacage des Vaches - FR14500822 Les Forêts - FR1502855 Les Graves - FR1502856 Les Guilleminauds - FR1500828 Les Iles - FR1500826 Les Jelines - FR1502857 Les Sabots de Bois - FR1500821 Les Taillables - FR1502862 Pre Redan	CEN Auvergne	Oui
	Loire	- FR1502426 Ile des Goupys - FR1502411 Les Sables - FR1502407 Port Saint Aubin - FR1502406 Méandre des Germaines	CEN Allier	Oui
ZNIEFF de type II	Allier	- 260009924 Val d'Allier de Tresnay à Fourchambault - 830007463 Lit majeur de l'Allier moyen	Pas de structure gestionnaire	Oui
	Loire	- 260014817 Val de Loire de Digoin à Saint-Hilaire-Fontaine - 260014861 La Loire d'Iguerande à Digoin - 830007451 Val de Loire		Oui

Tableau 3 : suite du Tableau 2

Dispositif institutionnel de protection du patrimoine naturel	Secteur	Identifiant MNHN et nom du site	Structure gestionnaire	Zone(s) concernée(s) par l'étude
ZNIEFF de type I	Allier	<ul style="list-style-type: none"> - 260015461 Val d'Allier du pont des Lorrains au pont du Veudre - 830020038 Confluent Allier-Sioule et aval - 830005435 Val d'Allier Nord - 260015462 Val d'Allier de Tresnay au pont du Veudre - 830005433 Val d'Allier Vichy - pont de Chazeuil - 830020416 Val d'Allier entre Vichy et Mariol - 830020034 Zone alluviale de Saint-Priest-Bramefant 	Pas de structure gestionnaire	Oui
	Loire	<ul style="list-style-type: none"> - 260014373 La Loire de Lesme à Saint-Hilaire-Fontaine - 830005439 Rive de Loire garnat sur Engievre-ganay sur Loire-lit moyen - 260005565 la loire a l'hopital-le-mercier - 830005438 Rive de Loire Molinet - Beaulon - lit moyen - 830005436 Rive de Loire Avrilly Digoïn - lit moyen - 260005564 La Loire à Saint-Yan - 260005570 La Loire à Saint-Martin-du-Lac - 260005567 La Loire à Arcy - 260005569 La Loire à Marcigny - 260120002 La Loire de Saint-Agnan à Gilly-sur-Loire - 260005563 La Loire au sud de Digoïn - 260014831 La Loire à Bourbon-Lancy - 260005568 La Loire de Baugy à Bourgle-Comte - 260014832 La Loire à Saint-Aubin-sur-Loire - 260014862 La Loire à Iguerande - 260014833 La Loire de Digoïn à Saint-Agnan - 260014368 La Loire à Vindecy 		Oui

Ainsi, sur la partie Allier de l'étude, se trouvent 3 sites Natura 2000, 2 APPB, 18 sites acquis par le CEN (dont 3 gérés par le CEN Allier et 15 par le CEN Auvergne), 7 ZNIEFF de type I et 2 ZNIEFF de type II (Annexe 2). Concernant la partie Loire de l'étude, elle est concernée par

2 sites Natura 2000, 1 RNR, 4 sites acquis par le CEN, 17 ZNIEFF de type I et 3 ZNIEFF de type II (Annexe 3).

Le périmètre d'étude de la partie Allier correspond en majorité aux sites Natura 2000 FR8301016 Vallée de l'Allier Sud (ZSC), FR8301015 Vallée de l'Allier Nord (ZSC), FR8310079 Val d'Allier Bourbonnais (ZPS) regroupés en tant que sites Natura 2000 « Val d'Allier 03 ». Pour la partie Loire, le linéaire du site d'étude comprend les sites Natura 2000 FR2612002 Val de Loire d'Iguerande à Decize (ZPS) et FR2601017 Bords de Loire entre Iguerande et Decize (ZSC) regroupés sous le terme de « Val de Loire bocager ».

Le site Natura 2000 Val d'Allier 03 est concerné par 41 communes (dont 36 dans l'Allier, 2 dans le Puy-de-Dôme et 3 dans la Nièvre) (Annexe 4) et les deux sites Natura 2000 Val de Loire par 49 communes (dont 22 communes en Saône-et-Loire et 12 communes dans l'Allier) (Annexe 5).

Analyse paysagère des sites d'étude

En lien avec la Directive Habitats, l'analyse paysagère se fait en toute évidence sur les ZSC et non les ZPS. Ainsi, les ZSC de la partie Allier de l'étude comporte une surface de 6 426, 6 ha ([Rambourdin et Laucoin, 2017](#)) et la ZSC de la partie Loire une surface de 10 267 ha ([Cadé et al., in prep.](#)).

• Partie Allier de l'étude

Sur le fuseau central du site (autour de la rivière large de 100 m à plus de 1000 m), une diversité d'habitats naturels est présente, soumise régulièrement aux crues, à l'érosion liée à la mobilité de la rivière et à la pratique d'usages extensifs. Hors périmètre du DPF, la plaine, située dans du domaine privé, est majoritairement décrite par la présence de prairies, parfois bocagères, de cultures agricoles (essentiellement céréalières) et de quelques boires, vestiges d'anciens lits de l'Allier. De manière générale, la carte d'identité paysagère des sites du Val d'Allier 03 se compose de quinze catégories de milieux naturels (Annexe 6) réparties de la façon suivante :

- forêts (saulaies arbustives, forêts à bois dur et à bois tendre) occupant plus de 30% du territoire ;
- la rivière Allier et ses bancs de sables et de graviers avec plus de 20% ;
- les ourlets et fourrés représentant plus de 19% des deux ZSC ;
- pelouses et prairies avec plus de 19% d'occupation sur le site ([Rambourdin et Laucoin, 2017](#)).

Le Val d'Allier, dont l'aval est préservé, se décrit par la présence de 11 habitats naturels d'intérêt communautaire dont 2 prioritaires occupant une surface de plus de 26% du site Natura 2000 Val d'Allier 03. Les secteurs de Mariol/Billy et Moulins/Château-sur-Allier se décrivent par une proportion importante de forêts alluviales (plus de 64%). A l'inverse, le secteur entre Billy/Moulins possède une dominance de milieux ouverts avec 15% de prairies, 22% de pelouses et 25% pour la forêt à bois tendre (Figure 30) (Rambourdin et Laucoin, 2017).

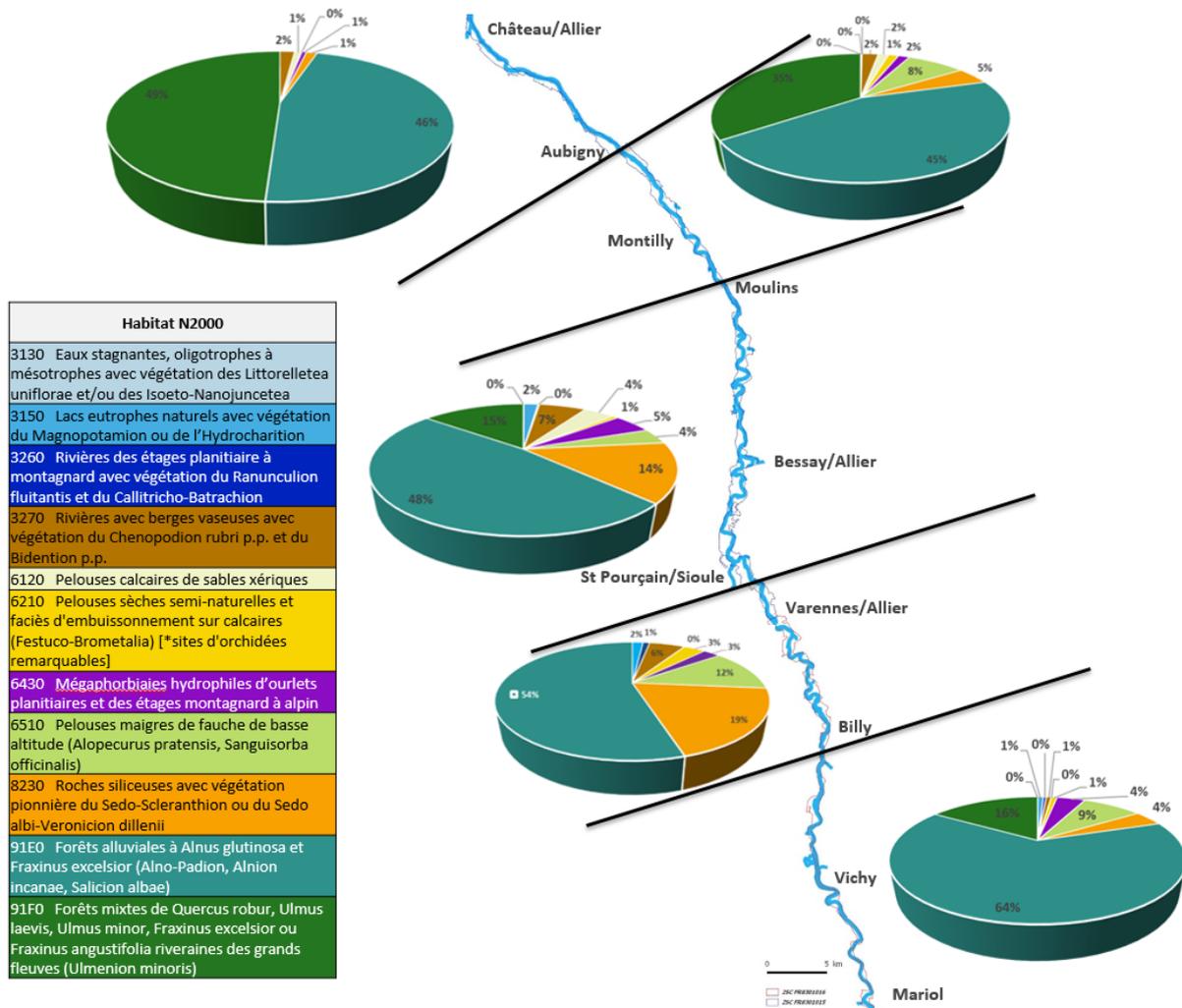


Figure 30 : répartition des habitats Natura 2000 sur le site Natura 2000 Val d'Allier 03 (Rambourdin et Laucoin, 2017)

Le Val d'Allier accueille de nombreuses espèces faunistiques et floristiques avec 600 espèces de plantes, 200 espèces de champignons et 1 452 espèces animales (dont 50 espèces de libellules notamment *O. cecilia*) (Rambourdin et Laucoin, 2017).

- Partie Loire de l'étude

A l'inverse de la carte d'identité paysagère du Val d'Allier, celle de la partie Loire de l'étude se décrit par une proportion importante de milieux agricoles (62% du site) avec plus précisément une dominance pour les prairies, essentiellement pâturées (48% du site) et les cultures (14% du site). Viennent ensuite, la Loire et ses annexes (10% du site) puis les forêts alluviales. Les autres types de végétations restent plus fragmentés et moins présents. On peut remarquer

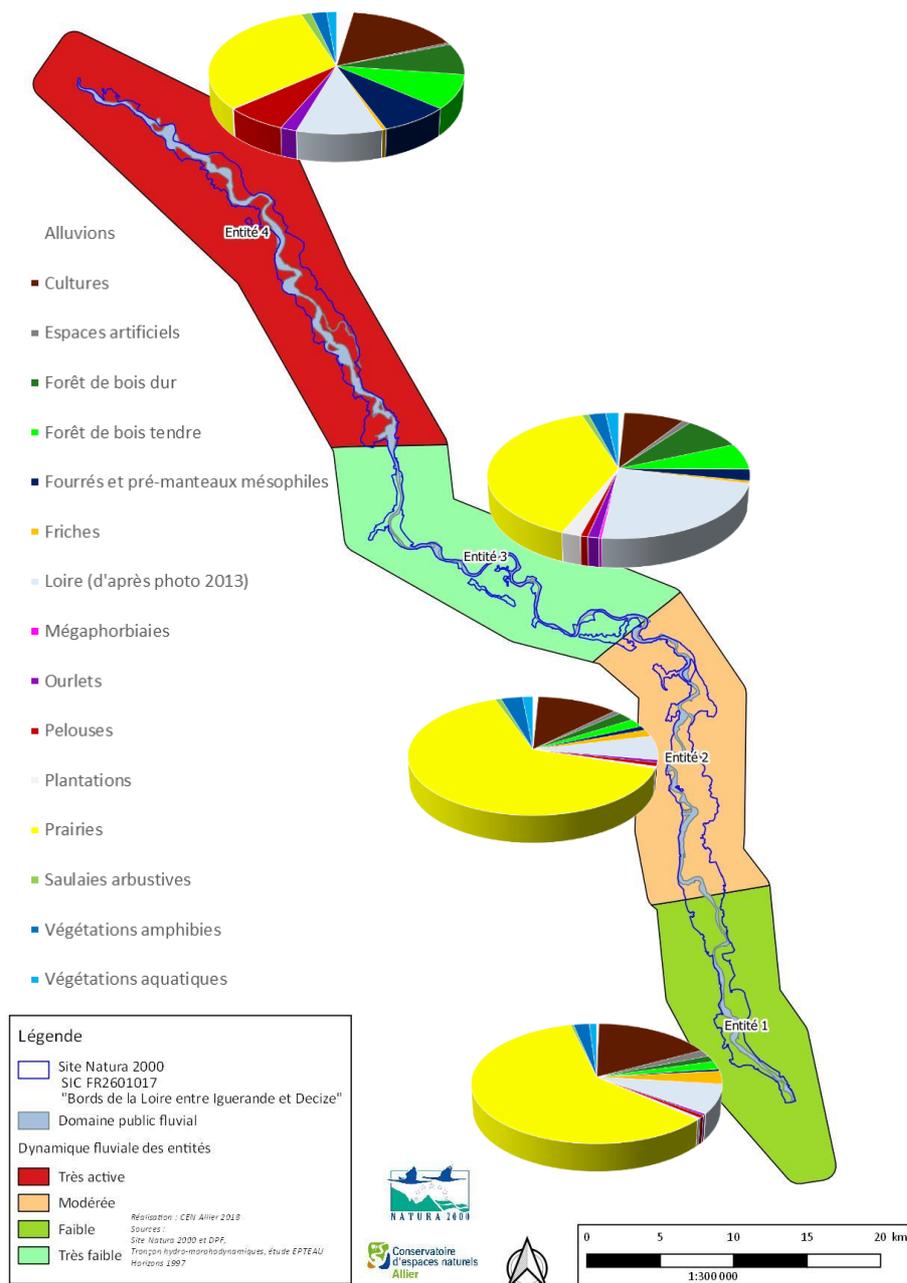


Figure 31 : proportions des grandes catégories d'habitats naturels présents sur la ZSC du Val de Loire d'Iguerande à Decize (CEN Allier, 2019)

d'habitats sur les ZSC de l'Allier et de la Loire.

1.4 Conclusion des informations des deux sites d'étude

Pour conclure sur les informations retranscrites, ces deux sites restent majoritairement différents malgré des ressemblances. De ce fait, ils peuvent difficilement être comparables. Un tableau comparatif ne permettrait pas d'avoir une vision globale et précise qui se rapproche de la réalité tant les variables sont nombreuses et corrélées entre elles.

une plus grande diversité d'habitats en aval du site où se trouve la dynamique fluviale la plus active (Figure 31). Concernant les habitats d'intérêt communautaire, 11 sont recensés sur la ZSC dont un prioritaire (Cadé et al., in prep.).

Quant à la diversité faunistique et floristique, le Val de Loire abrite plus de 1 000 espèces de flore et 642 espèces animales (dont 93 espèces de libellules (notamment *O. cecilia*) (Cadé et al., in prep.).

L'Annexe 6 retranscrit plus en détails le recouvrement en pourcentage des grandes catégories

1.5 Les motivations de cette étude

Dans le cadre du Plan National d'Actions Odonates (PNAO) de 2011-2015 et de la DHFF, la mise en place de protocoles de suivi pour l'évaluation de l'état de conservation des métapopulations d'Odonates prioritaires, est une action demandée dans le but de le maintenir ou de l'améliorer par des modes de gestion adaptés (Baeta et al., 2015).

De par la densité la plus élevée de populations pérennes reproductrices de ces deux espèces dans le bassin de la Loire (limite de leur aire de répartition), la France a une responsabilité élevée concernant leur état de conservation. Une hypothèse sur des caractéristiques génétiques propres de ces populations est émise (CEN Allier, 2020).

Afin d'évaluer leur état de conservation, un protocole de suivi diachronique des populations ligériennes de *Stylurus flavipes* et *Ophiogomphus cecilia* a été créé en 2015, selon Baeta et al. (2015), permettant d'obtenir des indicateurs fiables des dynamiques des populations à la fois spatiales et temporelles de ces espèces et de leurs habitats tout en tenant compte de la dynamique fluviale du bassin ligérien. Le protocole a pour objectifs « de mieux connaître l'écologie des espèces suivies, de disposer de tendances d'évolution des populations (en répartition et abondance) et de disposer d'informations sur les habitats préférentiels des espèces et leur évolution quantitative et qualitative » (Baeta et al., 2015).

Ce protocole a été pris en compte dans les déclinaisons régionales du PNAO concernés par le bassin de la Loire à savoir le Pays de la Loire, Centre, Bourgogne, Auvergne et Rhône-Alpes fédérant un nombre important d'acteurs du bassin ligérien (Baeta et al., 2015).

Sur les deux parties ciblées des cours d'eau, cette étude de 6 mois s'inscrit dans le cadre du PNAO, de la DHFF et de la déclinaison régionale du PNAO en Auvergne. Elle est également financée par la DDT de l'Allier et l'Europe dans le cadre de Natura 2000 concernant la partie Allier de l'étude et par la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) Auvergne-Rhône-Alpes pour la partie Loire.

1.6 Création du protocole de suivi diachronique d'*O. cecilia* et *S. flavipes* sur le bassin ligérien : une amélioration des connaissances sur ces espèces

1.6.1 Un protocole homogène adapté aux spécificités des populations ligériennes avec ...

Version bêta en 2013 et 2014, le protocole a été rédigé de manière concertée en 2014-2015 à partir de bibliographie, compétences locales et retours d'expériences. Le protocole est devenu effectif en 2015 et a été mis à jour en 2018.

Outre la récolte des exuvies (Figure 33), simple enveloppe du dernier stade larvaire, le protocole se base également sur le relevé de variables environnementales (texture sédimentaire, vitesse de courant et pente des berges) dans des mailles longues de 250x250m tirées de manière aléatoire annuellement par l'animateur actuel du PNAO, à savoir la Fédération des CEN (FCEN). Une fois tirées, ces mailles doivent contenir au moins 100 m de berges. Elles sont alors prospectées 4 fois de mi-mai à mi-août avec un intervalle minimum de 10 jours et selon certaines conditions météorologiques et de niveaux d'eau. Les exuvies se récoltent sur une bande d'1 m de large par sections dites « homogènes », c'est-à-dire ayant les mêmes variables environnementales (Figure 32). Il est nécessaire de cartographier et redéfinir le tracé de chaque passage en raison de la variation très forte au cours de la saison des niveaux d'eau comme indiqué sur la deuxième photo de la Figure 32. Les relevés de terrain se font sans augmentation des niveaux de 20 cm en 48h. Enfin, des données abiotiques telles que le vent, la pluie et la température sont également relevées (Baeta *et al.*, 2015).



Figure 33 : exuvie d'*O. cecilia* (CEN Allier - Deschamps, 2017)

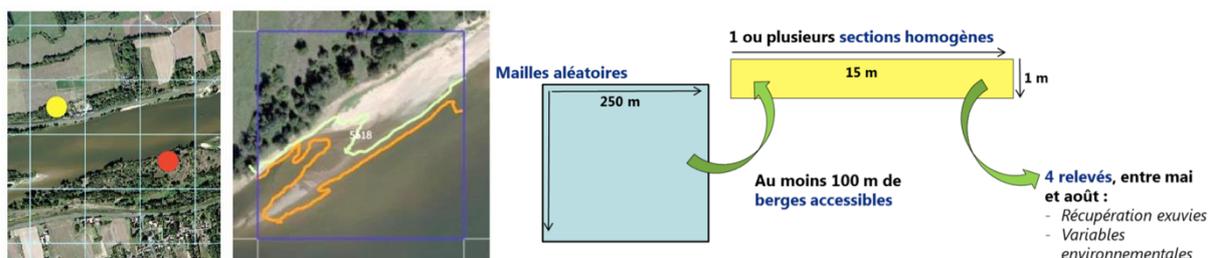


Figure 32 : sélection des zones de prospections (Baeta et Fierimonte, 2019b)

La méthodologie complète est précisée dans le protocole de suivi diachronique des populations ligériennes de *Gomphus flavipes* et d'*Ophiogomphus cecilia* de Baeta *et al.* (2015).

Il est demandé de récolter toutes les exuvies de Gomphidae lors de la phase terrain pour une identification à la loupe binoculaire. Bien que le protocole vise deux espèces de Gomphidae, il est également possible de récolter les exuvies des 4 espèces suivantes de Gomphidae (Annexe 7) :

- *Onychogomphus forcipatus* (Linnaeus, 1758) – Gomphe à pinces ;
- *Gomphus vulgatissimus* (Linnaeus, 1758) – Gomphe vulgaire ;
- *Gomphus similimus* Selys, 1840 – Gomphe semblable ;
- *Gomphus pulchelus* Selys, 1840 – Gomphe joli.

1.6.2 ... l'appui de nombreux acteurs

Coordonnées par la FCEN, 24 structures se sont activées à inventorier les populations de ces deux espèces réparties sur l'ensemble du bassin versant de la Loire sous le protocole

homogène adapté aux spécificités de ces populations ligériennes de 2015 à 2020 (Tableau 4).

Tableau 4 : Structures impliquées dans le protocole de suivi de Gomphes de Loire entre 2015 et 2020 (adapté d'après *Résultat du suivi entre 2015 et 2020, 2021*)

Type de structure	Structures	Typologie du terrain prospecté	Départements du terrain prospecté
Associations naturalistes	Association Naturaliste d'Etude et de Protection des Ecosystèmes (ANEPE) Caudalis	Autres	37
	Comité Départemental de la Protection de la Nature et de l'Environnement (CDPNE)	Autres	41
	Coordination Entomologique de la Région Centre pour l'Organisation de Projets d'Etude (CERCOPE)	Autres	18,41,45
	Centre Permanent d'Initiatives pour l'Environnement (CPIE) Loire Anjou	Autres	44,49
	Groupe Naturaliste de Loire-Atlantique (GNLA)	Autres	44
	Groupe d'Etude des Invertébrés Armoricaïns (GRETIA)	Autres	44,49
	Ligue de Protection pour les Oiseaux (LPO) Auvergne-Rhône-Alpes	Réserve Naturelle Nationale (RNN) Val d'Allier	63
	LPO Anjou	Autres	49
	Nature 18	Autres	18
	Société d'Histoire Naturelle d'Autun (SHNA)	Autres	58
	Loiret nature environnement	RNN Saint-Mesmin	45
Associations de type Conservatoire	CEN Allier	RNN Val de Loire Bourbonnais	03
	CEN Bourgogne	RNN Val de Loire RNR de la Loire Bourguignonne Autres	18,58
	CEN Loir-et-Cher	Autres	41
	CEN Pays de la Loire	Autres	49
Fédération des maisons de Loire	Maison de Loire 18	Autres	18
	Maison de Loire 37	Autres	37
	Maison de Loire 41	Autres	41
	Maison de Loire 45	Autres	45
	Observatoire Loire	Autres	41
Bureau d'étude	THEMA	Autres	44, 49
Etablissements publics	OFB Centre-Val de Loire	Autres	45
	Parc Naturel Régional (PNR) Loire Anjou Tourraine	Autres	49
	Commune de Chalonnes-sur-Loire	Autres	49

Les terrains prospectés caractérisés en tant qu' « Autres » ne sont pas concernés par des outils règlementaires. Cependant, toute la Loire est classée en tant que sites Natura 2000 (Directive Habitats).

1.7 Etat des lieux des connaissances : bilan et analyses des données du protocole de suivi diachronique d'*O. cecilia* et *S. flavipes* de 2015 à 2020

1.7.1 Données générales suite aux 5 années d'application du protocole sur le bassin ligérien

Depuis sa création en 2015, 24 structures se sont mobilisées et 384 mailles ont été suivies réparties sur 8 départements et 4 régions (Baeta, 2021). Les données suivantes ont subi une pression hétérogène d'inventaire sur l'ensemble du bassin au cours des années de prospection, notamment en 2017, ce qui pourrait tendre vers une non représentativité de la répartition des deux espèces sur le bassin ligérien selon ce même protocole (Figure 34 et Figure 35). Toutefois, les chiffres clés suivants permettent d'affirmer un résultat fiable et robuste :

- « 46 830 exuvies récoltées et identifiées à l'espèce ;
- 340 dates distinctes de relevés ;
- 6 années de suivi » (Baeta, 2021).

La pression très forte d'inventaire en 2017 a induit une augmentation du nombre de données selon les espèces (Figure 35 et Figure 36) (Baeta, 2021).

Bilan de la mobilisation de 2015 à 2020 (Baeta, 2021)

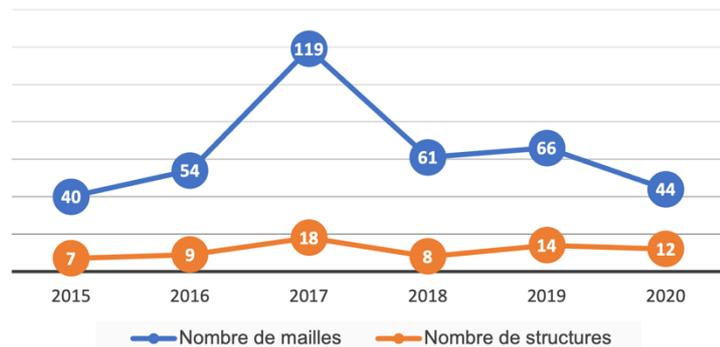


Figure 34 : bilan de la mobilisation de 2015 à 2020 (Baeta, 2021)

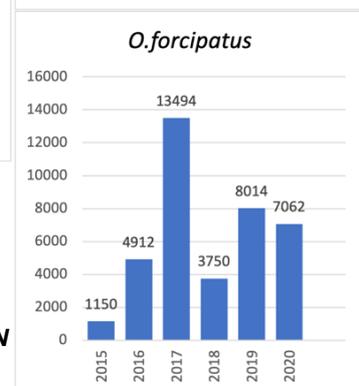
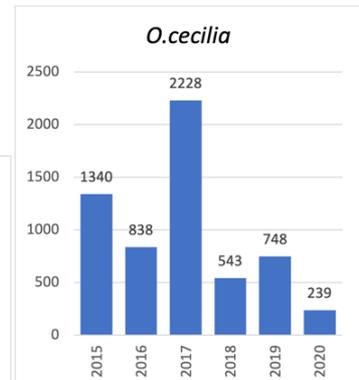
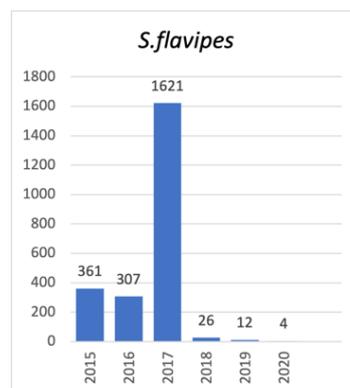


Figure 35 : nombre d'exuvies récoltées et identifiées pour les 3 espèces de Gomphidae les plus trouvées de 2015 à 2020 – base de données FCEN (2021) / (Baeta, 2021)

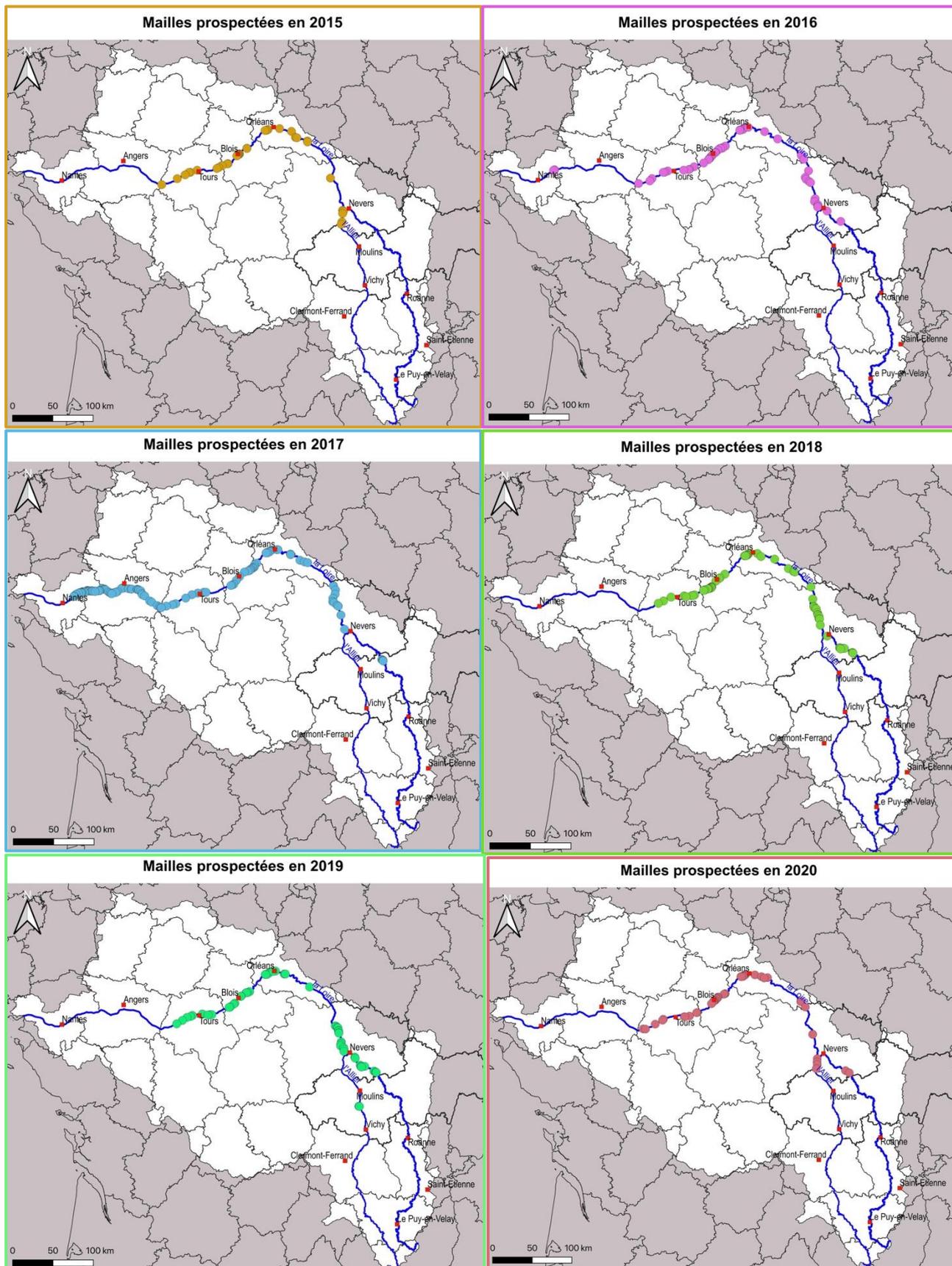


Figure 36 : localisation des mailles prospectées par année de 2015 à 2020 - base de données FCEN (2021)

A titre d'exemple, la Figure 37 permet de visualiser la pression d'inventaire hétérogène selon les départements. Il est tout à fait normal de ne pas avoir les mêmes caractéristiques, entre mailles et entre départements, en raison de la dynamique fluviale préservée. Toutefois, il est bon de rappeler que le but du protocole est de comprendre l'écologie des deux espèces dans sa globalité et non par départements. Les conclusions sur les zones préférentielles d'émergence des espèces ne seront pas citées ici (cf. Tableau 16 de la partie 2.3.6 *L'écologie d'O. cecilia et S. flavipes*).

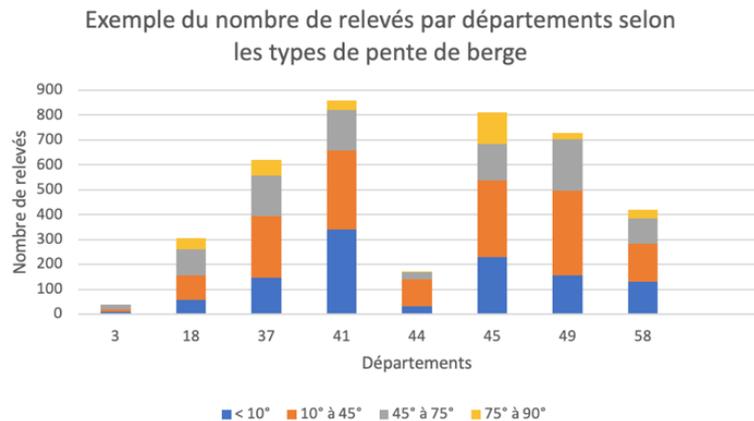


Figure 37 : exemple du nombre de relevés par départements selon les types de pente de berge (base de données FCEN, 2021)

Sur les 46 830 exuvies récoltées et identifiées à l'espèce, 95,5% des exuvies appartiennent majoritairement à 3 espèces à savoir *O. forcipatus*, *O. cecilia* et *S. flavipes* (Baeta, 2021) (Figure 38).

Ainsi, selon la répartition du nombre de ses exuvies, *O. cecilia* serait plus localisée après le Bec d'Allier comme représenté avec le rouge sur la Figure 40 contrairement à *S. flavipes* qui se situerait plutôt en aval de la Loire (Figure 39).

Nombre d'exuvies identifiées par espèces de Gomphidae de 2015 à 2020 selon le protocole de Baeta et al. (2015) - données de 2015 à 2020

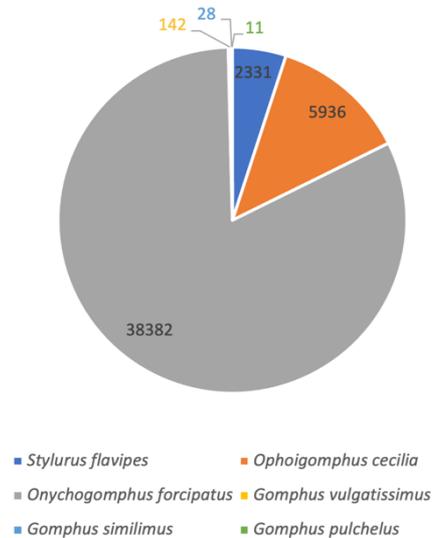


Figure 38 : nombre d'exuvies identifiées par espèces de Gomphidae de 2015 à 2020 selon le protocole de Baeta et al. (2015) - base de données FCEN (2021) / (Baeta, 2021)

Répartition du nombre d'exuvies récoltées et identifiées d'*Ophiogomphus cecilia* selon le protocole de Baeta et al. (2015) appliqué sur le bassin ligérien - données de 2015 à 2020

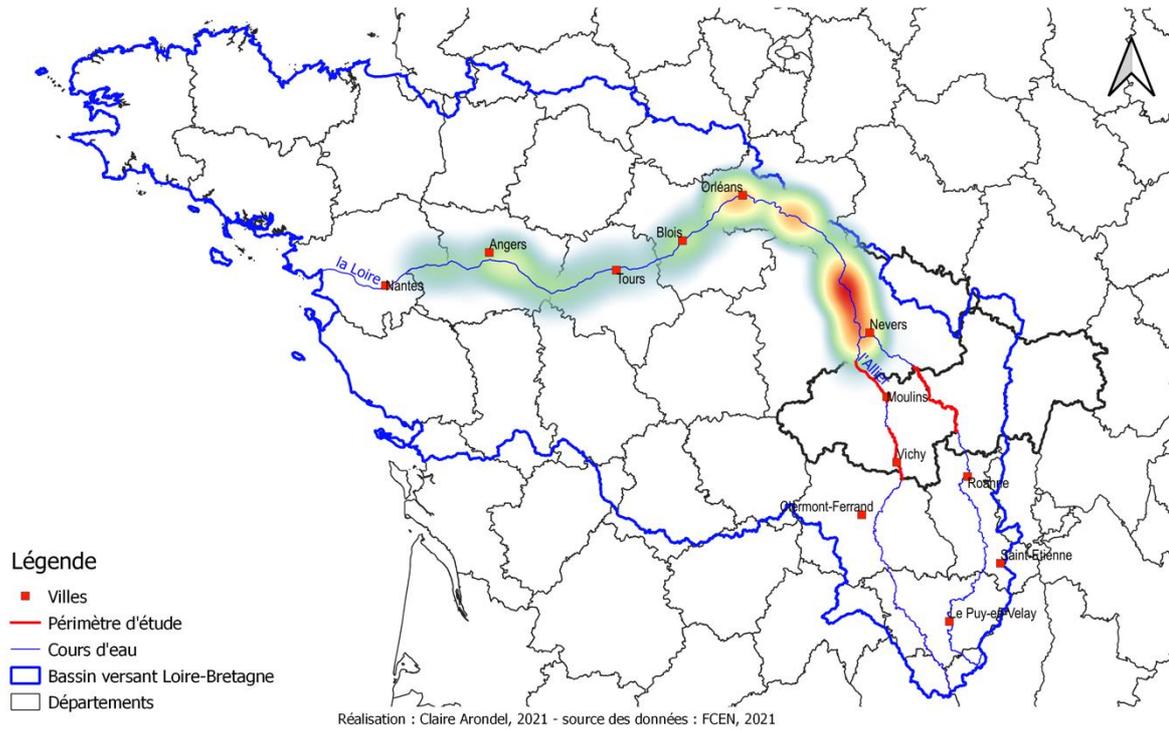


Figure 40 : répartition du nombre d'exuvies récoltées et identifiées d'*Ophiogomphus cecilia* selon le protocole de Baeta et al. (2015) appliqué sur le bassin ligérien - données de 2015 à 2020 (FCEN, 2021)

Répartition du nombre d'exuvies récoltées et identifiées de *Stylurus flavipes* selon le protocole de Baeta et al. (2015) appliqué sur le bassin ligérien - données de 2015 à 2020

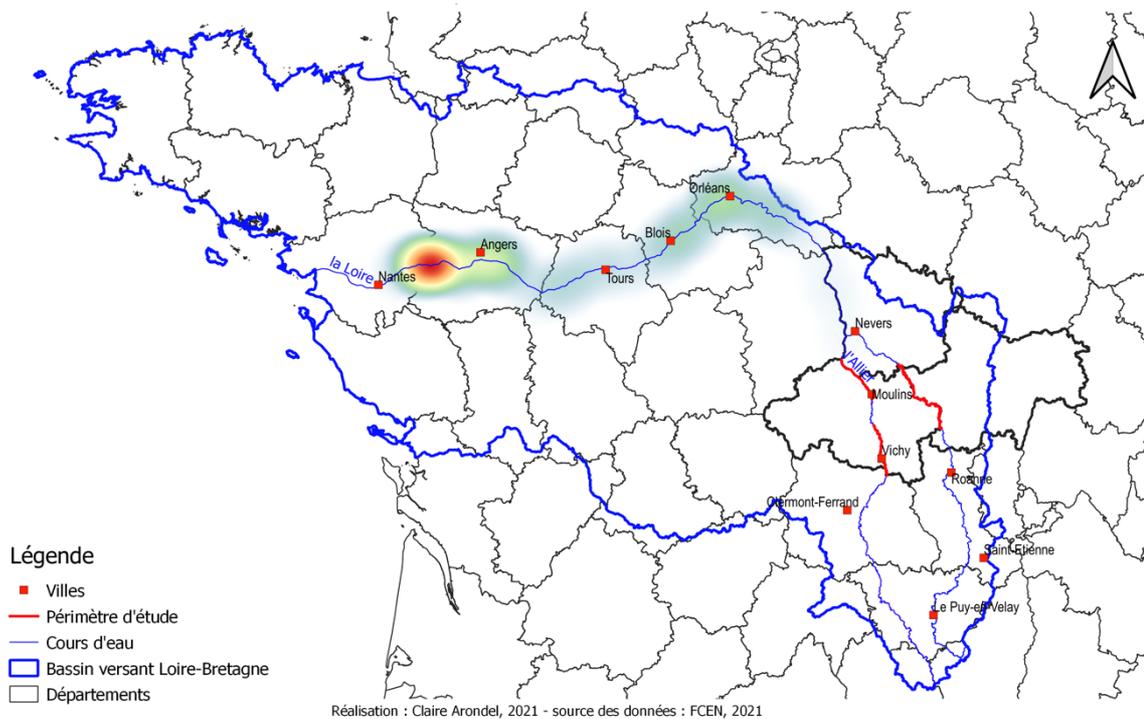


Figure 39 : répartition du nombre d'exuvies récoltées et identifiées de *Stylurus flavipes* selon le protocole de Baeta et al. (2015) appliqué sur le bassin ligérien - données de 2015 à 2020 (FCEN, 2021)

Plus précisément, le Tableau 5 précise le nombre d'exuvies récoltées et identifiées par département dont leur localisation est visualisée par la Figure 41.

Tableau 5 : nombre d'exuvies récoltées et identifiées selon les départements (ici, classés de l'amont à l'aval) de 2015 à 2020 - base de données FCEN (2021)

Départements		S. <i>flavipes</i>	O. <i>cecilia</i>	O. <i>forcipatus</i>	G. <i>vulgatissimus</i>	G. <i>similimus</i>	G. <i>pulchellus</i>	Totaux
03	Allier	1	2	564	12	0	0	579
58	Nièvre	5	560	2395	18	2	0	2980
18	Cher	30	1632	2693	42	4	2	4403
45	Loiret	420	1797	8802	31	9	0	11059
41	Loir et Cher	219	453	10298	8	0	1	10979
37	Indre et Loire	204	505	7926	9	5	2	8651
49	Maine et Loire	1212	871	4948	22	7	6	7066
44	Loire Atlantique	240	116	756	0	1	0	1113
Total général		2331	5936	38382	142	28	11	46830

Départements ligériens concernés par le bilan des récoltes d'exuvies dans le cadre du protocole de Baeta al. (2015) de 2015 à 2020

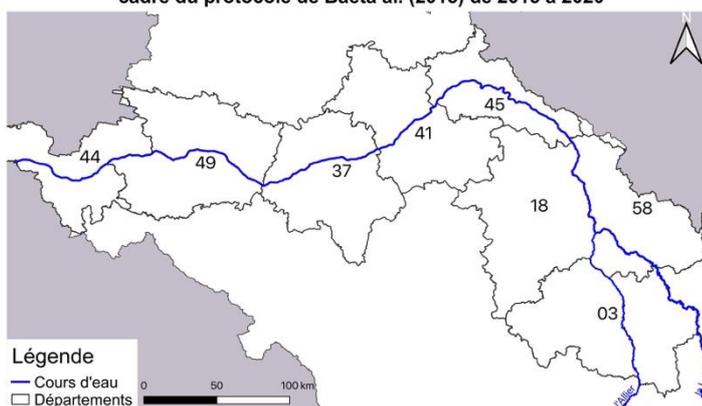


Figure 41 : localisation des départements ligériens concernés par le bilan des récoltes d'exuvies dans le cadre du protocole du Baeta et al. (2015) de 2015 à 2020

Sur le département de l'Allier, les données figurant dans la base de données de la FCEN sont celles sur la RNN du Val d'Allier (gérée par la LPO Auvergne) et la RNR Val de Loire Bourbonnais (gérée par le CEN Allier). Sur le département de l'Allier, le protocole a été appliqué en 2019 et en 2020 sur la RNN du Val d'Allier et en 2017 sur la RNR Val de Loire Bourbonnais. En raison des mesures suite à la situation sanitaire, les données de 2020 de la LPO Auvergne n'ont pu être rentrées. De ce fait, elles ne pourront être traitées dans ce document.

Bien que le protocole ait été réalisé en 2016 sur la RNR Val de Loire, en raison d'un manque d'un passage, elles n'ont pu être rentrées dans la base de données de la FCEN mais l'ont été dans la base de données du CEN (SICEN).

1.7.2 Analyse précise des données

Avec les données récoltées, une phénologie différente selon les espèces est observée. Débutant initialement mi-mai, le protocole ne prendrait donc pas en compte le début de la période d'émergence d'*O. cecilia* à l'inverse de *S. flavipes* (Figure 42) (Baeta, 2021).

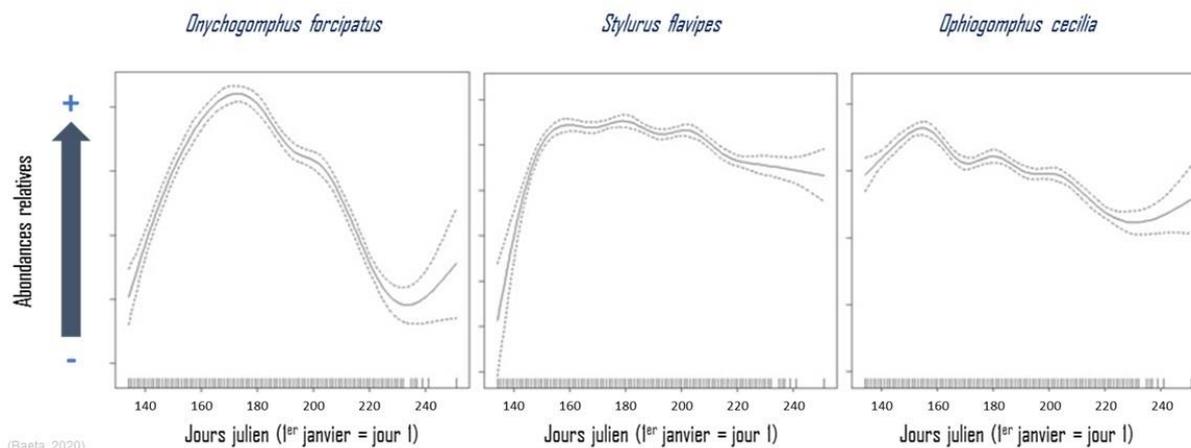


Figure 42 : trois espèces aux phénologies d'émergence bien distinctes (Baeta, 2020)

D'après Baeta *et al.* (2020), bien qu'il soit délicat de statuer sur les dynamiques observées en raison d'une importante fluctuation des populations, ces estimations de tendances sont potentiellement alarmantes excepté pour *O. forcipatus*, espèce la plus commune, où il est observé une tendance forte et significative à la hausse avec +580%. A contrario, l'estimation des tendances des populations des espèces ciblées par ce protocole montrent des tendances très faibles et à la baisse avec -66% pour *S. flavipes* et -125% pour *O. cecilia* (Figure 43) (Baeta, 2021 ; Baeta *et al.*, 2020).

Evolution de l'abondance des populations de Gomphidae ligériens

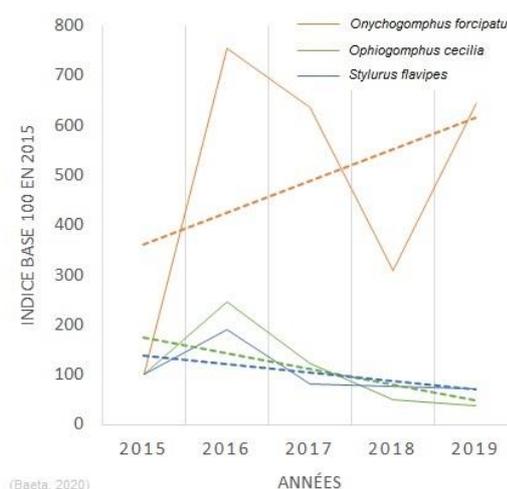


Figure 43 : Evolution de l'abondance des populations de Gomphidae ligériens sur la période 2015-2019 (Baeta, 2020)

Suite à ces résultats, les perspectives évoquées par Baeta (2021) comprennent les mesures suivantes :

- « une poursuite du suivi » pour comprendre si les tendances des populations sont une simple fluctuation normale des populations comme indiqué dans la bibliographie ou une représentation réelle alarmante de l'état des populations (Baeta, 2021 ; Baeta *et al.*, 2020) ;
- « structurer les méthodes d'analyses ;
- mieux comprendre les dynamiques ».

Bien que la pression de l'utilisation du protocole sur le département de l'Allier ait été relativement faible en rapport à d'autres départements, des données hors protocole confirme la présence de ces deux espèces sur le territoire départemental ciblé par l'étude.

1.8 Etat des lieux des connaissances : données antérieures sur les sites d'étude hors protocole de Baeta et al. (2015)

Cette bibliographie de données existantes est à prendre avec du recul. D'une part, la pression d'inventaire n'a pas été effectuée de façon homogène sur les deux cours d'eau d'un point de vue spatio-temporel. D'autre part, plusieurs structures ont potentiellement effectué ces inventaires différemment. Les parties suivantes ne sont donc, en aucun cas, le reflet de l'état des populations d'*O. cecilia* et *S. flavipes* sur et aux alentours du département de l'Allier. Cependant, ces données permettent d'avoir une idée globale de la répartition et de l'état de conservation de ces deux espèces sur les sites d'étude.

Au vu de leur aire de répartition, il est important de réaliser un état des lieux des données aux alentours des sites d'étude. En Auvergne, des données ont été regroupées et précisées dans la [déclinaison régionale du PNAO – Auvergne \(2012\)](#) montrant une répartition plutôt en amont de la région, toutes espèces confondues. Toutefois, la répartition de *S. flavipes* est plus restreinte à l'instar d'*O. cecilia* (Figure 44).

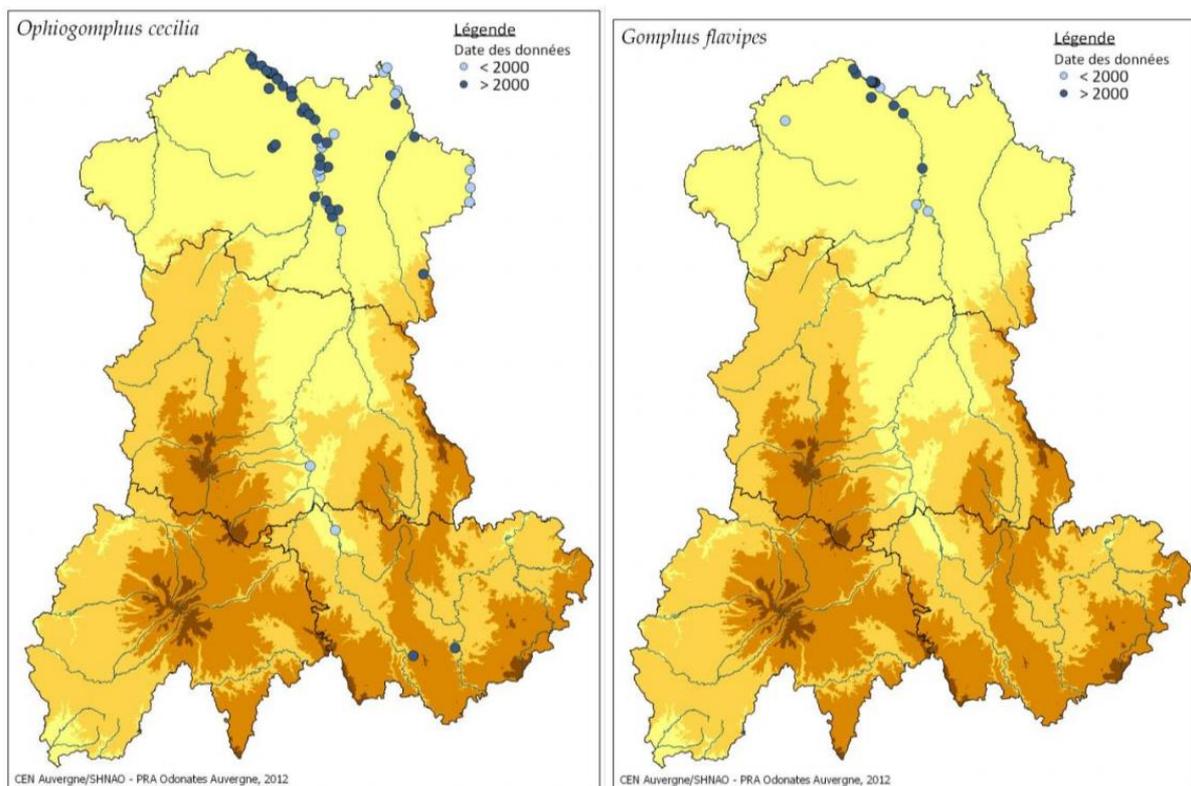


Figure 8 : Localisation des données concernant *Ophiogomphus cecilia* en Auvergne.

Figure 7 : Localisation des données concernant *Gomphus flavipes* en Auvergne.

Figure 44 : localisation des données concernant *O. cecilia* et *S. flavipes* en Auvergne (Soissons et al., 2012)

En accord avec la date de début (2015) du protocole de suivi diachronique des deux espèces (Baeta *et al.*, 2015) permettant une homogénéisation des données ligériennes, il a été choisi de considérer les données des sites d'étude avant 2015 en tant qu'historiques et au-delà en tant que récentes (Figure 45, Figure 46, Figure 47 et Figure 48).

Etat des lieux des connaissances sur *Stylurus flavipes* : données historiques (avant 2015)

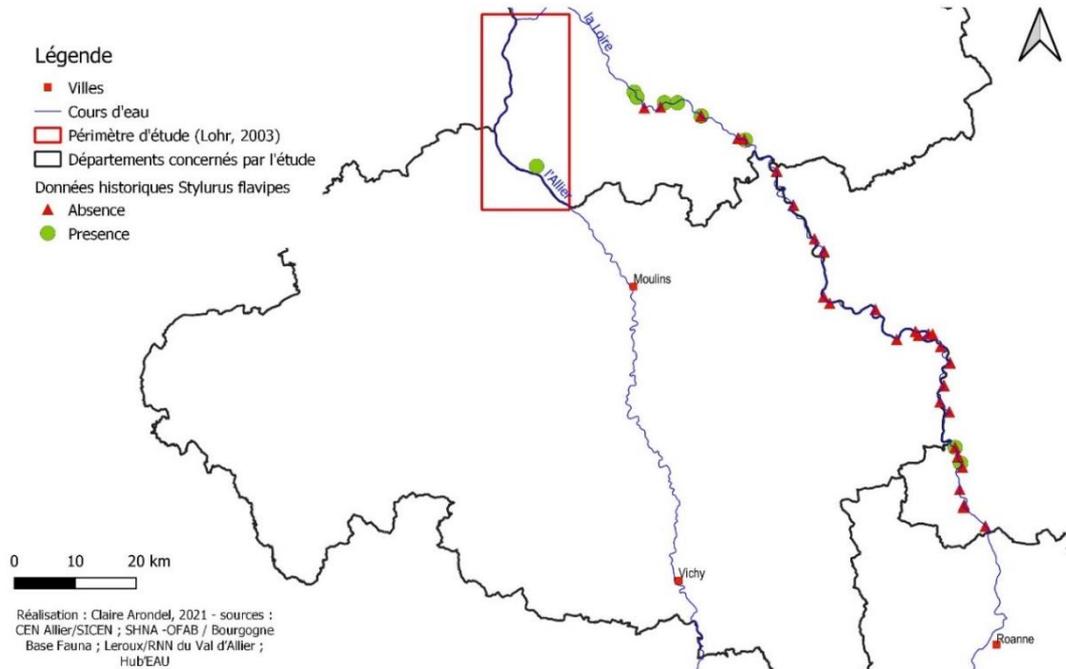


Figure 45 : état des lieux des connaissances sur *Stylurus flavipes* : données historiques (avant 2015)

Etat des lieux des connaissances sur *Stylurus flavipes* : données récentes (après 2015)

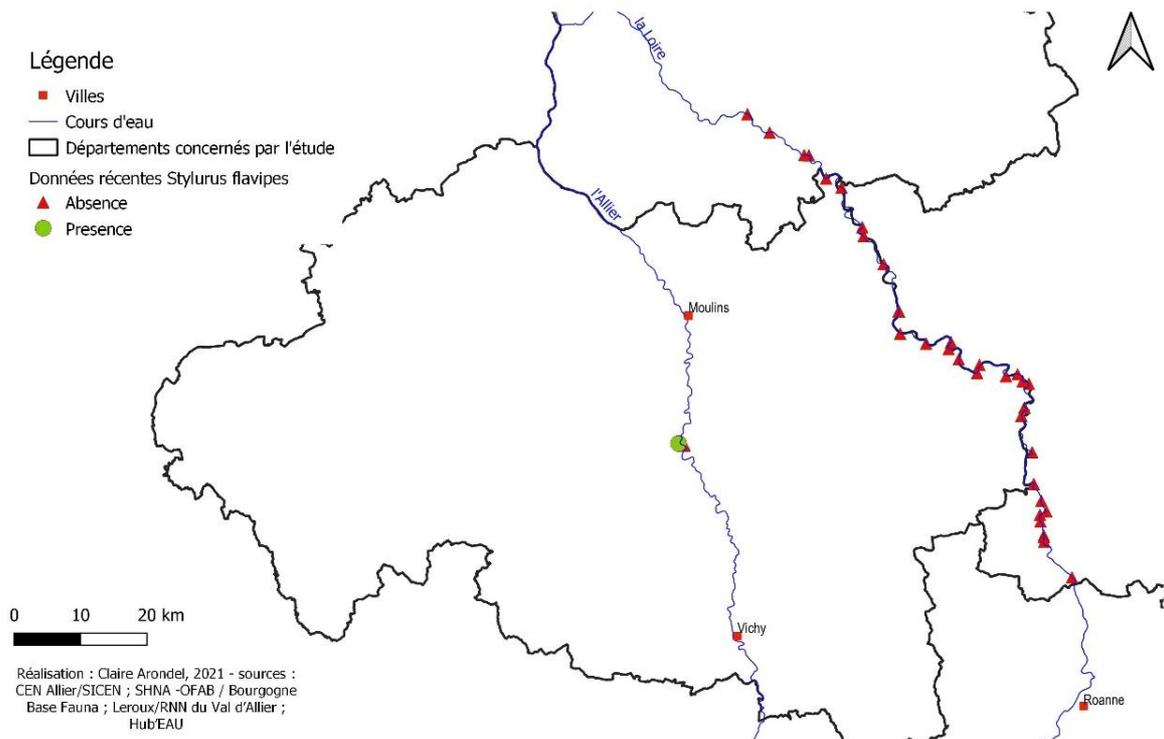


Figure 46 : état des lieux des connaissances sur *Stylurus flavipes* : données récentes (après 2015)

Etat des lieux des connaissances sur *Ophiogomphus cecilia* : données historiques (avant 2015)

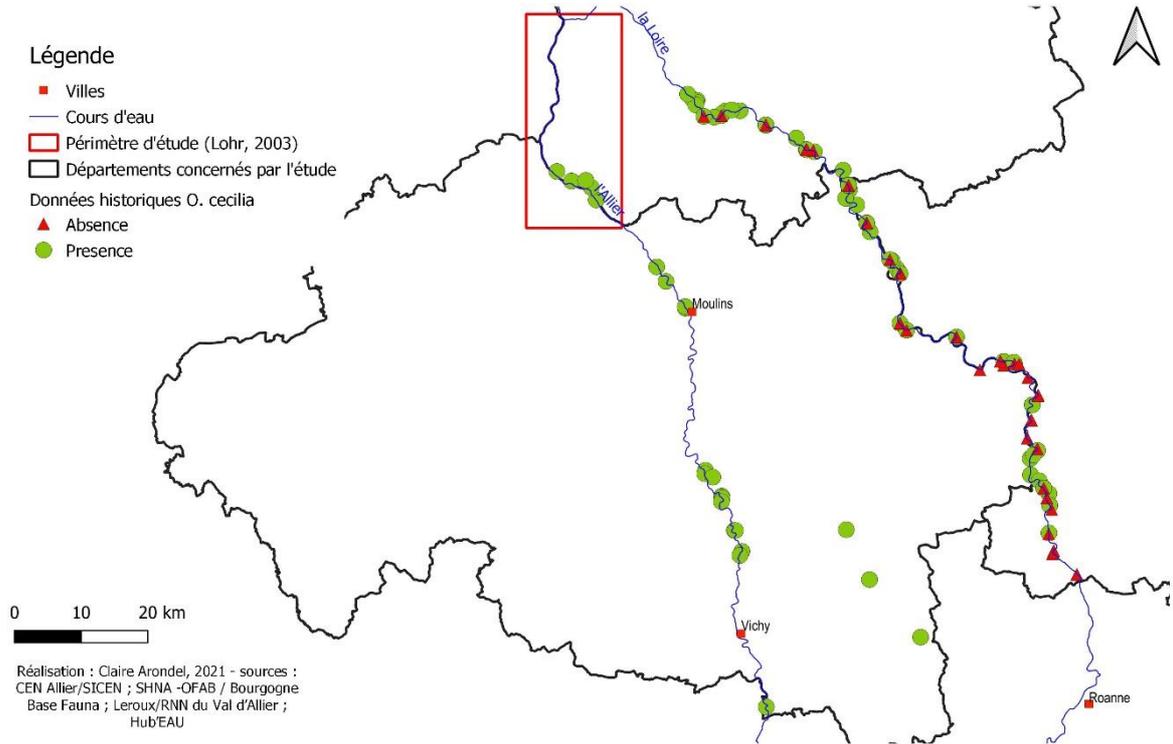


Figure 47 : état des lieux des connaissances sur *Ophiogomphus cecilia* : données historiques (avant 2015)

Etat des lieux des connaissances sur *Ophiogomphus cecilia* : données récentes (après 2015)

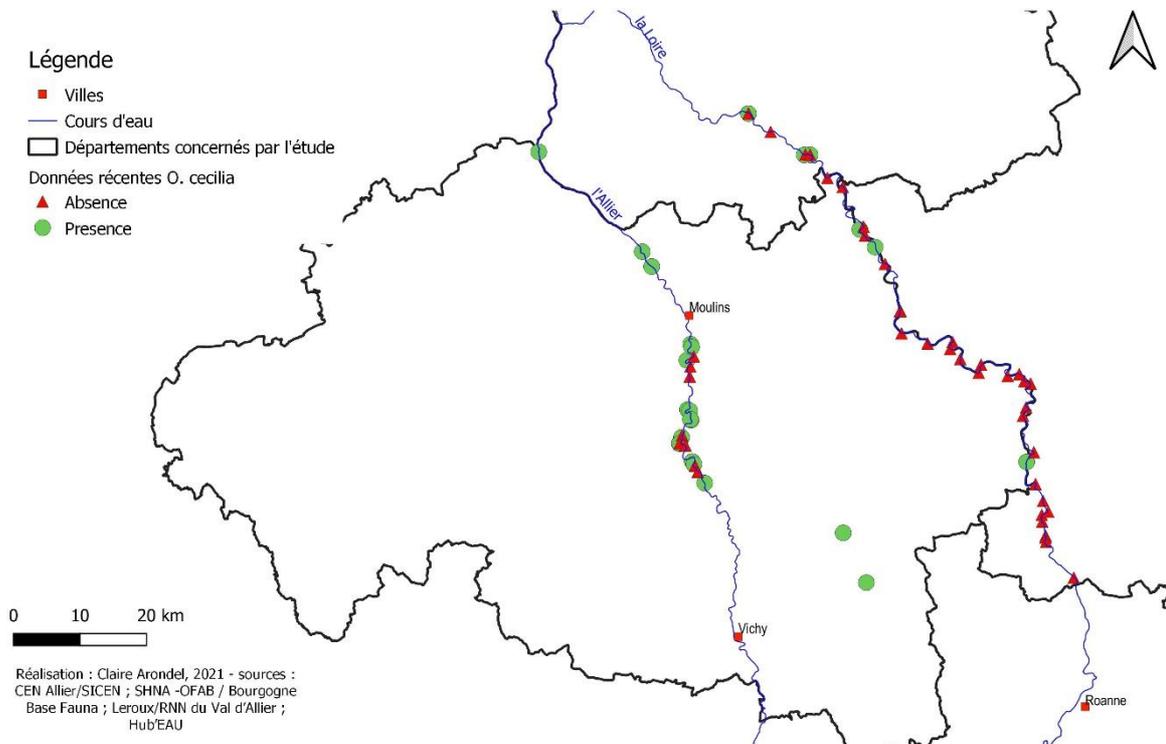


Figure 48 : état des lieux des connaissances sur *Ophiogomphus cecilia* : données récentes (après 2015)

En mutualisant toutes les données du département de différentes structures, celles sur *O. cecilia* restent plus importantes que celles de *S. flavipes* avec un effort de prospection hétérogène entre l'Allier et la Loire. Une diminution des données est observée pour *O. cecilia* après 2015. Quelques données de cette espèce se retrouvent sur d'autres cours d'eau (Figure 47 et Figure 48).

En raison d'un manque complet de données sur les effectifs, seule l'information présence/absence a pu être valorisée. Cependant, pour certaines, il est possible de connaître les effectifs qui sont détaillés ci-dessous. Avec de nombreuses différences entre les données, aucune carte n'a pu être réalisée sur les effectifs. En effet, cet item ne figurait dans chaque étude.

L'Allier et la Loire dans le département de la Nièvre ont été concernés par l'étude d'[Orioux et Laleure \(1990\)](#). Sur 11 sites de prospection, des exuvies de Gomphidae ont été retrouvés notamment 26 exuvies de *S. flavipes* et 60 d'*O. cecilia*.

- Partie Allier de l'étude

Les premières données obtenues proviennent d'une étude odonatologique sur différents milieux réalisée entre 1995 et 2002 sur le Bec de l'Allier (18) et Villeneuve (58). Sur cette période, 6 espèces de Gomphidae ont été recensés ([Lohr, 2003](#)). Il est également précisé que la première donnée sur la présence d'*O. cecilia* n'est pas signalée avant 1986 et *S. flavipes* seulement à partir de 1991 dans le département de l'Allier sur une station caractérisée par un enrochement près de Vichy ([Lohr, 2003](#) ; [Brugière, 1992](#)). En août 1981, une femelle *O. cecilia* a été observée au Sud de Moulins ([Lett, 1988](#)). Ces informations ne justifient pas une absence de ces deux espèces avant ces dates.

Dans l'étude de [Lohr \(2003\)](#), sur les 10 excursions et campagnes d'étude réparties de mai à août entre 1995 et 2002, *O. cecilia* a été retrouvée sur les 3 départements (Allier, Cher et Nièvre) avec 1 475 exuvies et un maximum de 100 exuvies sur 10 m de rive. Quant à *S. flavipes*, 130 exuvies ont été recensées (Tableau 6). La méthode de récolte des données est décrite dans le rapport d'étude de [Lohr \(2003\)](#).

Tableau 6 : résultats de l'étude de Lohr (2003)

	<i>Ophiogomphus cecilia</i>		<i>Stylurus flavipes</i>	
Sites d'échantillonnage (nombre)	Chenal principal de l'Allier (26)	Bras secondaires de l'Allier (2)	Chenal principal de l'Allier (26)	Bras secondaires de l'Allier (2)
Présence dans les départements	Allier, Cher et Nièvre			
Nombre d'exuvies	1365	110	122	8
Statut des espèces dans les différents types de milieux	Espèce autochtone – abondance et fréquence importante à très importante		Espèce autochtone – abondance et fréquence importante	

Le périmètre de l'étude actuelle est concerné seulement par la partie sud du périmètre d'étude de Lohr (2003).

Considérée comme commune sur l'ensemble du Val d'Allier dans les années 1980, *O. cecilia* aurait été décrite comme rare dans les années 2000 pouvant s'expliquer par une météo défavorable ou un déclin passager (Agence Mosaïque Environnement, 2001 ; Agence Mosaïque Environnement, 2002). Cet état de conservation en 2000 a donc été statué comme « à confirmer » avec des prospections complémentaires pour le Val d'Allier Sud (Agence Mosaïque Environnement, 2001). Pour le Val d'Allier Nord DHFF, *O. cecilia* était fréquente au nord de Moulins et plus rare dans la partie sud avec une limite inconnue entre les deux parties (Agence Mosaïque Environnement, 2002). Dans les deux DOCOB, cette espèce a été observée sur plusieurs communes des deux sites Natura 2000 (Val d'Allier Nord et Sud) comme indiqué sur la Figure 49 (Agence Mosaïque

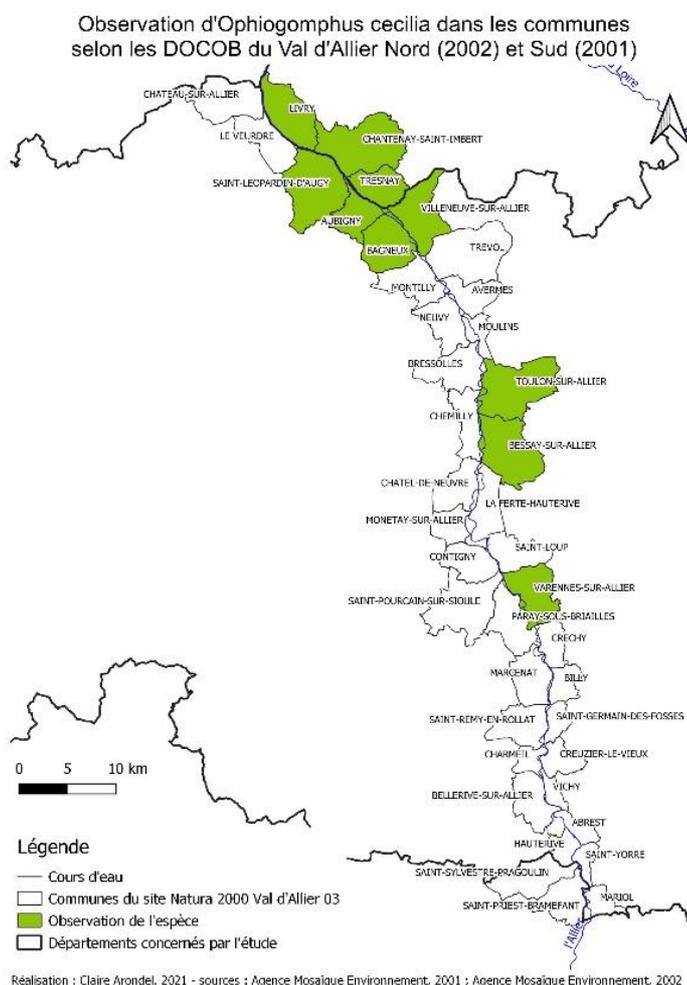


Figure 49 : Observations d'*O. cecilia* dans les communes selon les DOCOB du Val d'Allier Nord et Sud (Agence Mosaïque Environnement 2001 ; Agence Mosaïque Environnement 2002)

Natura 2000 (Val d'Allier Nord et Sud) comme indiqué sur la Figure 49 (Agence Mosaïque

[Environnement, 2001](#) ; [Agence Mosaïque Environnement, 2002](#)). Aucune donnée ne figure sur *S. flavipes* dans ces deux documents.

En 2012, lors d'une étude d'impact, un bureau d'étude a récolté 4 exuvies en aval et 11 en amont du nouveau pont en cours de construction à Moulins.

En 2014, le CEN Allier a réalisé un suivi sur ces deux espèces sur le Val d'Allier Nord et Sud en se basant sur 2 sessions (juin et juillet) et récoltant toutes les exuvies trouvées sur 11 tronçons échantillons. La méthode de récolte des données de cette étude figure dans le rapport d'étude de [Rambourdin et Laurent \(2014\)](#). Ce suivi a permis de récolter 67 exuvies d'*O. cecilia* et aucune de *S. flavipes* ([Rambourdin et Laurent, 2014](#)).

Concernant *S. flavipes*, seules trois données comportent des effectifs. Il y a une donnée de 2019 située sur la RNN du Val d'Allier entrée par la LPO Auvergne (G. Leroux) et une autre par le CEN Allier. Il est possible que ce soit la même donnée. Quant à la troisième, 4 exuvies ont été prélevées sur la partie Bourgogne du Val d'Allier par le CEN Allier en 2001.

En tant que donnée opportuniste non datée, *O. cecilia* a été observée « sur la RNN du Val d'Allier (au niveau du Château de Lys juste en aval de Chemilly) et dans la ville de Moulins en aval du Pont Regemortes en face de l'île où nichent les Sternes ». *S. flavipes* n'a pas fait l'objet d'observation sur la rivière Allier. « Le fleuve Loire reste le bastion pour les deux espèces. » ([Krieg-Jacquier, 2021](#)).

- Partie Loire de l'étude

Dans l'étude de [Lett \(1988\)](#), il est décrit que « l'abondance d'*O. cecilia* (...) dans les deux localités du bord de Loire semble assez variable selon les années ; il ne nous est cependant pas possible d'expliquer ce phénomène. »

La majorité des données sur la Loire proviennent de la base de données Observatoire de la FAune de Bourgogne (OFAB) gérée par la Société d'Histoire Naturelle d'Autun (SHNA) centralisant les données. De ce fait, toutes les données ne proviennent pas uniquement de la SHNA. Il devient donc difficile de savoir comment toutes les données provenant de l'OFAB ont été récoltées. Pour *O. cecilia*, la plus ancienne des données date de 1975, la plus récente de 2017 tandis que *S. flavipes* a été observé en 1989 et dernièrement en 2014.

Enfin, 3 autres données sur *Ophiogomphus* proviennent des données hydrologiques (version bêta c'est-à-dire encore en cours de développement) de l'outil de diffusion « [Hub'Eau](#) ». Il y est indiqué la première et la dernière date de prélèvement. Il n'est pas précisé les possibles autres années d'inventaire entretemps et le stade des individus prélevés. Ces données sont donc partagées uniquement à titre informatif.

Seules deux données précisant les effectifs d'*O. cecilia* sont présentes dans la base de données Système d'Informations des CEN (SICEN) du CEN Allier avec 1 exuvie en 2017 et 3 en 2016. L'état des lieux des données ne comporte aucun élément sur les effectifs de *S. flavipes*, excepté des données sur sa présence/absence.

1.8.1 Conclusion de l'état des lieux des données

Le Tableau 7 permet de récapituler le nombre de données.

Tableau 7 : récapitulatif du nombre de données (CEN Allier/SICEN ; SHNA -OFAB / Bourgogne Base Fauna ; Leroux/RNN du Val d'Allier ; Hub'EAU)

Nombre de données	<i>Ophiogomphus cecilia</i>			<i>Stylurus flavipes</i>		
	Présence	Absence	Total	Présence	Absence	Total
Partie Allier	36 (+1 475*)	13	49	3 (+130*)	4	7
Partie Loire	61	94	155	7	94	102
Hors cours d'eau prospecté	5	0	5	0	0	0
Total	102	107	209	10	98	109

*Les données de Lohr (2003) sont mises entre parenthèses en raison d'une absence de localisation précise, ne pouvant de ce fait, non apparaître sur les Figure 45, Figure 46, Figure 47 et Figure 48.

En outre, bien que les données restent de moins en moins fréquentes sur les deux espèces, il est observé une hétérogénéité des types de données (protocoles différents et données opportunistes) et de leur entrée (dates non précises et présence ou absence des effectifs). Ajouté à cela, ces observations proviennent de plusieurs structures et de suivis irréguliers rendant les données peu représentatives de l'état réel de conservation de la population d'*O. cecilia* et de *S. flavipes*. Pour ces raisons, il devient difficile de les exploiter. Toutefois, avec une certaine prise de recul, ces données restent importantes à prendre en compte et sont donc affichées à titre informatif.

2. PROBLEMATIQUE ET SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

En tant qu'insectes les plus anciennement apparus sur Terre, les Odonates actuels ont une écologie à la fois liée aux milieux aquatiques et terrestres. Face à la responsabilité de la France pour sa diversité odonatologique, à la régression alarmante de plusieurs espèces ou dans un but d'amélioration des connaissances, certaines espèces, telles qu'*O. cecilia* et *S. flavipes*, font l'objet de mesures spécifiques comme la création d'un protocole adapté à leur écologie connue et la dynamique du milieu, à savoir la dynamique fluviale en partie préservée de la Loire et l'Allier.

2.1 Les résultats attendus de l'étude

Au vu du manque de connaissances sur la répartition, sur l'état de conservation et l'écologie des populations ligériennes d'*O. cecilia* et *S. flavipes*, espèces d'Odonates de grands cours d'eau, un protocole de suivi diachronique a été créé afin d'y pallier (Baeta *et al.*, 2015). A l'échelle départementale, sur les quelques études menées sur ces populations, il a été noté une présence annuelle, de plus en plus faible de ces espèces. Les résultats de ces inventaires restent à prendre avec du recul en raison d'une absence de suivi régulier annuel sur les mêmes sites d'étude et la nature hétérogène de l'ensemble des données (opportunistes, données avec un manque de connaissances sur les protocoles d'étude, protocole de suivi diachronique à l'échelle du bassin ligérien depuis 2015).

Suite à ces premières constatations, il est apparu évident d'appliquer le protocole de suivi diachronique à l'échelle du Val d'Allier et de la Loire sur le département de l'Allier, en amont du bassin versant de la Loire, afin d'établir un premier constat sur leur répartition et état de conservation.

La problématique de l'étude est donc posée : dans quelle mesure améliorer l'état des connaissances sur *Ophiogomphus cecilia* et *Stylurus flavipes* à l'échelle des sites Natura 2000 Val d'Allier 03 et Val de Loire ?

Les actions de cette étude sont triples :

- suivre le protocole de suivi diachronique adapté aux populations ligériennes de *S. flavipes* et *O. cecilia* sur les deux sites d'études ;
- détermination des exuvies et d'éventuels imagos (adultes volants) ;
- analyse des données pour répondre aux objectifs de l'étude.

Dans le cadre du suivi, l'objectif de cette étude est de connaître l'évolution de la dynamique des populations (répartition et abondance). Concernant la partie évaluation de l'étude, celle-ci va permettre d'apporter des connaissances sur l'écologie des deux espèces et la dynamique des populations des 2 sites, à savoir si l'un des deux reste plus propice à la présence des deux espèces et émettre des hypothèses à ce sujet. De ce fait, il est nécessaire de faire une

synthèse bibliographique sur l'écologie déjà connue de ces deux espèces et un état des lieux de la connaissance de leurs populations ligériennes. Un protocole a été créé pour ces populations en se basant sur la détermination des exuvies.

De cette étude de 2021, il est donc attendu les résultats suivants :

- prise en compte des résultats antérieurs de répartition et de caractéristiques écologiques des études de suivi à l'échelle départementale et à l'échelle du bassin ;
- amélioration de la connaissance de l'écologie d'*O. cecilia* et *S. flavipes* sur les deux sites d'étude et comparaison à celle du bassin ;
- connaissance de la répartition et abondance des populations sur les deux sites d'étude de 2021 ;
- émettre des hypothèses sur les résultats selon la synthèse bibliographique et les données antérieures du bassin ;
- réaliser deux rapports d'étude sur les données récoltées de cette année (un pour les sites Natura 2000 Val d'Allier 03 et un autre pour le Plan Régional d'Actions Odonates (PRAO) sur les sites Natura 2000 Val de Loire).

2.2 Que savoir sur les Libellules ?

Historiquement, les Odonates sont considérées par les paléontologues comme les insectes les plus anciennement apparus sur Terre attestés par la présence de fossiles datant de plus de 320 Ma au Carbonifère ([Grand et Boudot, 2006](#)). A la fin du XIX^{ème} siècle, une espèce de libellule de 75cm (famille disparue aujourd'hui) a été découverte, dans l'Allier, dans un morceau de schiste datant du Carbonifère (300 Ma). Elle vivait dans les forêts tropicales, proches de cours d'eau selon le [Centre Régional de Documentation Pédagogique \(CRDP\) de l'Académie de Versailles \(2010\)](#).

2.2.1 La taxonomie des Odonates

Actuellement, les Odonates se classent en trois sous-ordres suivants :

- les Zygoptères (Zygoptera), plus communément appelés les Demoiselles, avec 2 700 espèces dans le monde ;
- les Anisoptères (Anisoptera) avec 2 900 espèces dans le monde ;
- les Anisozygoptères avec 2 espèces (himalayenne et japonaise) ([Dijkstra et Lewington, 2015](#)).

Dans la bibliographie française, le terme commun « libellules » concerne souvent à la fois le terme Odonates et Anisoptères. Pour une meilleure compréhension, le terme libellules qualifiera l'ordre Odonata au sens général et non le sous-ordre Anisoptera.

Des différences morphologiques permettent d'identifier assez facilement les deux sous-ordres illustrés par le Tableau 8 et les Figure 50 et Figure 51.

Tableau 8 : Différencier les sous-ordres des Zygoptères et des Anisoptères (Dijkstra et Lewington, 2015)

Sous-ordres des Odonates	Base de l'aile postérieure	Yeux	Ailes au repos
Zygoptera	Semblable à l'antérieur	Largement séparés par la tête	Habituellement fermées
Anisoptera	Plus large que l'antérieur	Enveloppent la tête et se touchent généralement	Étalées



Figure 50 : Zygoptera - *Ischnura elegans*
(document personnel)



Figure 51 : Anisoptera – *Orthetrum cancellatum*
(document personnel)

2.2.2 Des caractéristiques morphologiques propres aux Odonates

Classés dans la super-classe des Hexapodes dont la classe des Insectes fait partie, les Odonates appartiennent au clade des Paleoptera avec le seul autre ordre, celui des Ephemères. Ce clade a les caractéristiques suivantes :

- un développement de type hémimétabole, c'est-à-dire que les larves évoluent dans un milieu différent des adultes, aériens ;
- l'impossibilité de plier leurs ailes en arrière au repos ;
- des pièces buccales broyeuses (Grand et Boudot, 2006 ; *Paleoptera*, 2019).

Du grec « odonto » (dent) et « gnathos » (mâchoire), les Odonates, prédateurs incontestés, sont appelés de la sorte en raison de la forme des mandibules très tranchantes des adultes. A la différence des autres insectes ailés, les Odonates ont divers caractères morphologiques considérés comme primitifs qui ont conduit les systématiciens à en faire un seul et même ordre (Grand et Boudot, 2006). Cela comporte le labium des larves, la localisation particulière de l'organe copulatoire du mâle et une partie de leur cycle de développement.

Tout d'abord, le labium (ou masque) des larves, décrit comme un « bras mentonnier » est un organe propre aux Odonates. Cette lèvre inférieure est spécialisée dans la capture des proies (Grand et Boudot, 2006). La Figure 52 permet de mieux comprendre son fonctionnement.



Figure 52 : pièces buccales d'une larve d'Odonate (Daugy, s.d.)

pièces buccales de la larve d'Odonates

doris.ressm.fr © Dagnar DAUGY

En deuxième lieu, les mâles possèdent un organe copulateur situé sous le second segment abdominal (S2) et non sur le 9^{ème} segment (S9) (Figure 54) comme la totalité des autres insectes, ce qui entraîne un mode d'accouplement original sous forme de cœur, appelé « cœur copulateur » (Figure 53). Cet organe copulateur est donc séparé du pore génital et excréteur situé sous le S9. Chacun des deux sexes possèdent des cercoïdes (appendices supérieurs). Toutefois, ceux des mâles sont complétés par un appendice inférieur (lame supra-anale chez les Anisoptères), que les femelles n'ont pas, ce qui leur permet de saisir la femelle par son prothorax lors de l'accouplement (Grand et Boudot, 2006) (Figure 54).



Figure 53 : cœur copulateur de S. flavipes (Dijkstra et Lewington, 2015)

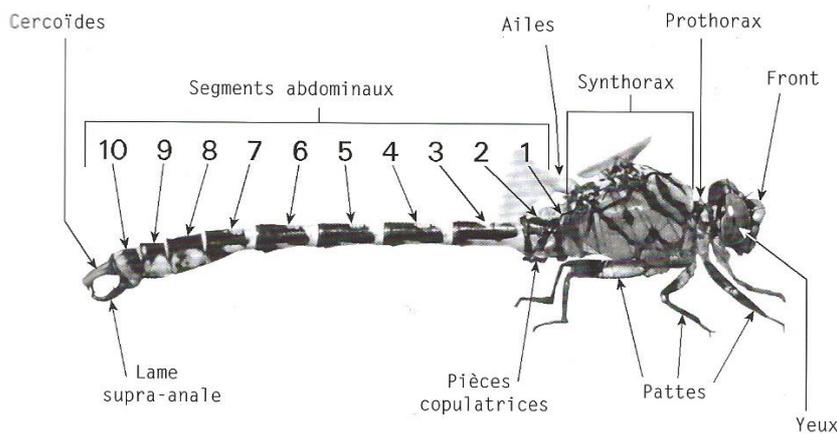


Fig. 6. Morphologie générale d'une libellule (d'Anisoptère).

Figure 54 : Morphologie générale d'un mâle Anisoptère (Grand et Boudot, 2006)

Dans un dernier temps, les Odonates se différencient également d'autres insectes en étant des insectes de type hétérométaboles. Leur cycle de développement est alors

dépourvu de stade nymphal immobile (Grand et Boudot, 2006). Cela signifie qu'il n'y a pas de stade intermédiaire entre la larve et l'adulte.

2.2.3 Des prédateurs aériens redoutés

Outre leurs caractéristiques morphologiques typiques, d'autres caractères morphologiques leur permettent d'être des prédateurs aériens redoutés. Leurs ailes leur permettent une grande aisance au vol, notamment chez les Anisoptères où leurs ailes antérieures (Aa) et postérieures (Ap), en plus d'être différentes en terme de largeur, sont indépendantes (Figure 55). De ce fait, les mouvements des ailes des Anisoptères leur permettent de planer, virer sur l'aile, rester au point fixe puis accélérer brutalement, ... (Grand et Boudot, 2006). Les nervations sur les ailes, critère d'identification, diffèrent selon les espèces et donnent une certaine résistance et souplesse à l'aile tout comme les ptérostigmas (Figure 55).

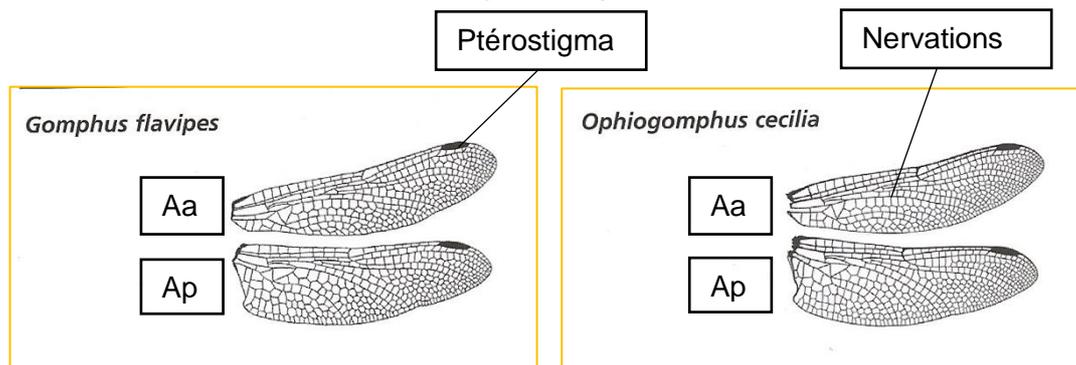


Figure 55 : ailes antérieure (Aa) et postérieure (Ap) de *G. flavipes* et *O. cecilia* (Grand et Boudot, 2006)

2.2.4 La répartition de la richesse spécifique des Odonates à plusieurs échelles

Aujourd'hui, près de 5 700 espèces sont décrites dans le monde dont 120 espèces vivent en Europe (Dijkstra et Lewington, 2015). Toutefois, de nouvelles espèces sont encore à découvrir (Grand et Boudot, 2006 ; Grand et al., 2019). Ce taxon a colonisé tous les continents excepté l'Antarctique. En Europe, leur répartition géographique actuelle s'explique par les périodes de glaciations et leurs capacités d'adaptation. Il est probable qu'un nombre important d'espèces ait disparu lors des épisodes glaciaires d'Eurasie occidentale, ce qui peut expliquer une odonatofaune plus pauvre en comparaison à d'autres régions tempérées comme le Japon ou l'Amérique du Nord. Les dernières glaciations de l'Eurasie occidentale n'ayant pris fin qu'il y a 10 000 ans, cela peut également expliquer un peuplement relativement jeune (Dijkstra et Lewington, 2015). Toutefois, il est à noter que la France possède la plus grande richesse et le plus fort taux d'endémisme d'Europe d'un point de vue patrimoine odonatologique (Houard, 2020).

Sur les 120 espèces européennes, la France métropolitaine, territoire soumis à des influences climatiques atlantiques et méditerranéennes, abrite 90 espèces de diverses origines réparties du niveau de la mer jusqu'à 4 808 m d'altitude (Dijkstra et Lewington, 2015). Cela revient à une répartition de 9 types de cortèges d'Odonates rattachés aux milieux naturels suivants dont les cortèges des grands cours d'eau et ceux des ruisseaux et des petites rivières auxquelles sont rattachées les espèces concernées par l'étude (Grand et al., 2019). A titre d'exemple, la limite altitudinale de son aire de répartition d'*O. cecilia* ne dépasse pas 1 000 m d'altitude

(Bensettiti et Gaudillat, 2002). En France, *S. flavipes* s'observe essentiellement à basse altitude dans le bassin de la Loire (Soissons et al., 2012).

Sur le territoire métropolitain, sur les 89 espèces présentes non occasionnelles ou marginales, 83% espèces se situent dans l'ancienne région Auvergne contre 75% dans l'ancienne région Bourgogne (Tableau 9). Le département de l'Allier abrite la richesse spécifique la plus élevée de l'ancienne région Auvergne avec 70 espèces d'Odonates dont *O. cecilia* et *S. flavipes* appartenant à la famille des Gomphidae du sous-ordre Anisoptera (MNHN et al., 2017 ; Soissons et al., 2012). Les deux autres départements concernés par l'étude, ceux de l'ancienne région Bourgogne, abritent également *O. cecilia* et *S. flavipes* (Doucet et al., 2013).

Tableau 9 : Nombre d'espèces en France métropolitaine, dans les régions d'Auvergne et de Bourgogne et dans les départements Allier, Nièvre et Saône-et Loire

France métropolitaine	Sous-ordres	Anisoptera	-	Zygoptera	Total
	Familles	6	Dont Gomphidae	4	10
	Genres	24	5	11	36
	Nombre d'espèces (MNHN et al., 2017)	54	8	35	89
Auvergne	Nombre d'espèces (Soissons et al., 2012)	46	8	28	74
	% par rapport au nombre d'espèces en France métropolitaine de la colonne concernée*	82%	100%	80%	83%
Allier (03)	Nombre d'espèces (Soissons et al., 2012)	44	7	26	70
	% par rapport au nombre d'espèces en France métropolitaine de la colonne concernée*	81%	88%	74%	79%
Bourgogne	Nombre d'espèces (Doucet et al., 2013)	43	7	24	67
	% par rapport au nombre d'espèces en France métropolitaine de la colonne concernée*	80%	88%	69%	75%
Saône-et-Loire (71)	Nombre d'espèces (Doucet et al., 2013)	40	6	22	62
	% par rapport au nombre d'espèces en France métropolitaine de la colonne concernée*	74%	75%	63%	70%
Nièvre (58)	Nombre d'espèces (Doucet et al., 2013)	42	7	23	65
	% par rapport au nombre d'espèces en France métropolitaine de la colonne concernée*	78%	88%	66%	73%

Exemple d'interprétation de la ligne « % par rapport au nombre d'espèces en France métropolitaine de la colonne concernée* » pour les chiffres en gras et en rouge : l'Auvergne abrite 82% des espèces d'Anisoptera de France métropolitaine, 100% d'espèces de la famille des Gomphidae, 80% des espèces de Zygoptera de France métropolitaine et 83% des espèces d'Odonates de France métropolitaine.

Dans la bibliographie, le nombre d'espèces en France métropolitaine varie de 89 à 90. Une espèce de Gomphidae, *Paragomphus genei* (Gomphe de Gené), a été signalée dès 1968 en

Corse mais aucune preuve de reproduction n'avait été rapporté avant l'année 2019 (Groupe Sympetrum, 2020). Pour le PNAO 2020-2030, cette espèce est comptée dans la richesse spécifique odonatologique de France métropolitaine pour un total de 90 espèces en France métropolitaine (Houard, 2020 ; Groupe Sympetrum, 2020).

2.3 Quelques informations générales sur *Ophiogomphus cecilia* et *Stylurus flavipes*

Comme cité précédemment, l'objectif de cette étude est de suivre et évaluer les populations de deux espèces de libellules, à savoir *O. cecilia* et *S. flavipes*. Avant de les étudier, il reste nécessaire de les connaître.

2.3.1 Aperçu de ces espèces



Figure 56 : *Ophiogomphus cecilia* (G. Leroux - INPN)

uniquement du cortège des grands cours d'eau (Grand et al., 2019) (Figure 57). Ces espèces sont ainsi associées à la dynamique fluviale, excepté les individus d'*O. cecilia* observés également dans des cours lents et certains aménagements comme des retenues, milieux qui génèrent des micro-habitats larvaires favorables (Dupont, 2010).

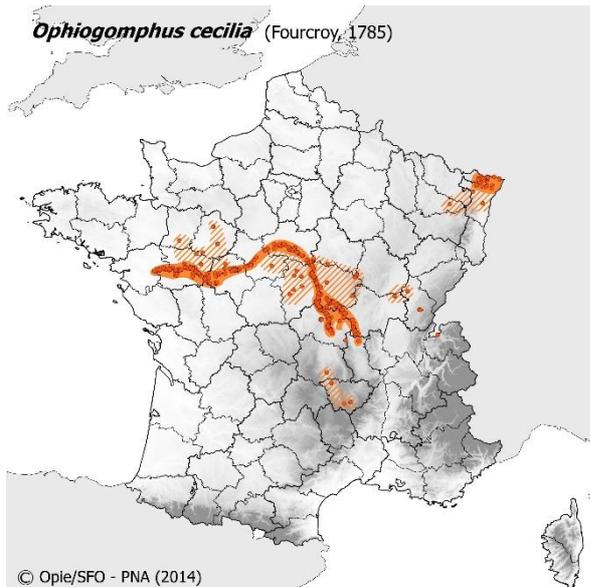
Espèce eurosibérienne, *Ophiogomphus cecilia*, seule représentante du genre en Europe, est répandue de la Sibérie occidentale et de l'Est de l'Europe jusqu'en Allemagne. En France, à la limite de son aire de répartition, elle n'existe que sous forme de populations isolées présentes essentiellement dans les bassins de la Loire et de l'Allier et dans les Vosges du Nord (Grand et Boudot, 2006 ; Merlet et Houard, 2012 ; Dijkstra et Lewington, 2015 ; Rambourdin et Laurent, 2014) (Figure 58).

Ophiogomphus cecilia (Geoffroy in Fourcroy, 1785) est une libellule faisant partie du cortège des grands cours d'eau et celui des ruisseaux et des petites rivières (Figure 56). Quant à la seconde espèce ciblée par l'étude, *Stylurus flavipes* (Charpentier, 1825), elle fait partie

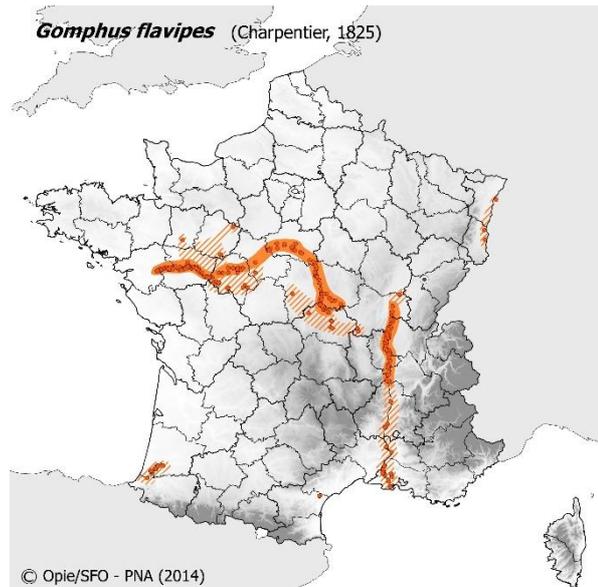


Figure 57 : *Stylurus flavipes* (B. Piney - INPN)

A contrario, *Stylurus flavipes* est une espèce nord-asiatique occupant une aire de répartition allant de l'Europe occidentale à l'est de Sibérie (Grand et Boudot, 2006 ; Dijkstra et Lewington, 2015). Espèce assez commune dans les grands fleuves de l'Europe de l'est, elle s'observe également dans les grands fleuves occidentaux tel que le bassin ligérien principalement à basse altitude. De nouvelles populations sont découvertes dans de nouveaux bassins et de nombreux petits affluents (Dijkstra et Lewington, 2015). En France, excepté le bassin de la Loire, des populations isolées sont présentes sur le Rhône, le Rhin et l'Adour (Dijkstra et Lewington, 2015 ; Rambourdin et Laurent, 2014 ; Dupont, 2010) (Figure 59).



© Opie/SFO - PNA (2014)
Figure 58 : Carte de répartition en France d'*Ophiogomphus cecilia* (OPIE, 2011b)



© Opie/SFO - PNA (2014)
Figure 59 : Carte de répartition en France de *Stylurus flavipes* (OPIE, 2011a)



Depuis les années 1990, sur le territoire national, l'amélioration de la qualité des eaux et la protection des milieux aquatiques a permis d'enrayer le déclin de *S. flavipes* et d'*O. cecilia* (Houard, 2020 ; Dijkstra et Lewington, 2015). Ce déclin a principalement été causé par les facteurs suivants :

- destruction de zones humides ;
- détérioration de la qualité de l'eau ;
- mauvaise gestion de milieux aquatiques, notamment des milieux courants (artificialisation, rectification, chenalisation, consolidation des berges, extraction de matériaux...) ;
- eutrophisation (envasement du lit des rivières) et l'acidification des masses d'eaux dues aux polluants d'origine domestique (lessives) et agricole (engrais et pesticides) ;
- baignade aux endroits servant d'habitat aux larves ;
- navigation ;
- assombrissement du cours d'eau par les boisements riverains (Houard, 2020 ; Vonwil, 2013).

Concernant les deux espèces, les prélèvements excessifs en eau et l'assèchement local sont deux impacts du changement climatique (Houard, 2020).

2.3.2 Taxonomie des espèces ciblées

Le Tableau 10 illustre la taxonomie des deux espèces ciblées par l'étude.

Tableau 10 : Taxonomie des espèces ciblées

Sous-ordre	Famille	Genre	Nom scientifique	Nom commun
Anisoptera	Gomphidae	Gomphus Leach, 1815	<i>Gomphus</i> [Stylurus] <i>flavipes</i> Charpentier, 1825	Gomphe à pattes jaunes
		Ophiogomphus Selys, 1854	<i>Ophiogomphus cecilia</i> Geoffroy in Fourcroy, 1785	Ophiogomphe serpentini/Gomphe serpentini

Un manque de consensus est présent sur le genre de *Gomphus* [Stylurus] *flavipes*. Dans la bibliographie, il est à la fois nommé *Gomphus flavipes* et *Stylurus flavipes*. Bien que Dijkstra et Lewington (2015) qualifie l'analyse taxinomique de cette espèce comme insuffisante du fait de la méthode, du choix des critères et/ou des espèces, cette espèce est décrite avec le genre *Stylurus* dans le PNAO 2020-2030 (Houard, 2020). Selon Ware et al. (2016), le genre *Gomphus*, dans son sens restreint, ne se rencontre pas dans l'hémisphère occidental. Il a été mis en évidence que *Gomphus flavipes* se rapprochait génétiquement plus du genre *Stylurus* des espèces asiatiques que du genre *Gomphus* européen. En conséquence, *Gomphus flavipes* devient *Stylurus flavipes*. Pour ces raisons, cette espèce se nommera *Stylurus flavipes* tout au long de cette étude.

2.3.3 Aspect institutionnel

Déjà classées en tant qu'espèces « prioritaires » dans le PNAO de 2011-2015, ces espèces sont encore une fois classées de la sorte dans le PNAO de 2020-2030 (Soissons *et al.*, 2012 ; Houard, 2020). Ces espèces sont protégées par la Convention de Berne à l'échelle mondiale, par la DHFF à l'échelle européenne dont le statut est favorable (Houard, 2020) et par l'arrêté de 2007 à l'échelle nationale. Bien que classées en tant que « préoccupation mineure » par l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) au niveau mondial et européen, elles sont classées comme « quasi-menacé », « en danger » ou encore « vulnérable » selon les deux régions (Tableau 11).

Tableau 11 : Statuts réglementaires d'*O. cecilia* et *S. flavipes* (INPN, 2021a ; INPN, 2021b)

Statuts (INPN, 2021) / Espèces inventoriées	<i>Ophiogomphus cecilia</i> (Geoffroy in Fourcroy, 1785)	<i>Stylurus flavipes</i> (Charpentier, 1825)
Convention de Berne	Annexe II	Annexe II
Directive 92/43/CEE Habitats-Faune-Flore (DHFF)	Annexe IV et Annexe II (Code Natura 2000 : 1037)	Annexe IV
Protection nationale (arrêté du 23 avril 2007 fixant les listes des insectes protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de protection)	Article 2	Article 2
Liste rouge mondiale de l'UICN (évaluation 2020 pour <i>O. cecilia</i> et 2014 pour <i>S. flavipes</i>)	LC	LC
Liste rouge européenne de l'UICN 2010	LC	LC
Liste rouge des Odonates de France métropolitaine (2016)	LC	LC
Liste rouge des Odonates d'Auvergne (2017)	NT	EN
Liste rouge des Odonates de Bourgogne (2015)	VU	NT
Espèces déterminantes de l'inventaire ZNIEFF (région Auvergne et Bourgogne)	Oui	Oui
Espèces déterminantes au titre de la Stratégie Nationale de d'Aires Protégées (SCAP) (Coste <i>et al.</i> , 2010)	Non	Priorité 1+
Espèces TVB	Oui	Non

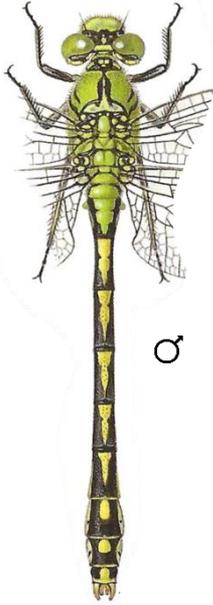
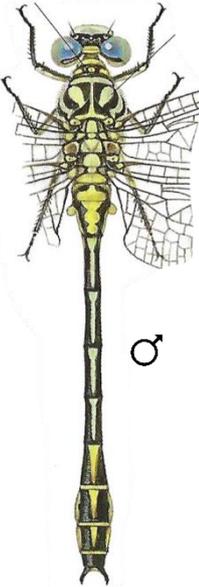
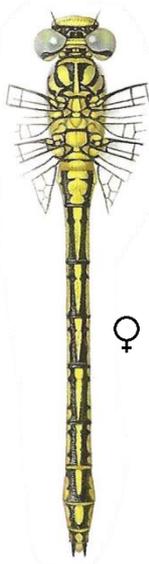
Légende :

- **Convention de Berne** : Annexe II = « espèces de la faune sauvage qui doivent faire l'objet de dispositions législatives ou réglementaires fortes (captures, déplacements, destructions, commerces prohibés) » ;
- **DHFF** : Annexe II = « espèces animales et végétales d'intérêt communautaire dont la conservation nécessite la désignation de ZSC » et Annexe IV = énumère les « espèces animales et végétales d'intérêt communautaire qui nécessitent une protection stricte » ;
- **Protection nationale** : article 2 = porte sur les individus (« œufs, larves, nymphes » et adultes) et sur les « sites de reproduction » et « aires de repos », comprenant les « éléments physiques ou biologiques » qui leurs sont associées (Puissauve *et al.*, 2013). Ce sont donc des espèces strictement protégées (OPIE, 2011a ; OPIE, 2011b) ;
- **Listes rouges** : LC : préoccupation mineure, NT : quasi-menacé, VU : vulnérable, EN : en danger ;
- **Espèces SCAP** : priorité +1 = bon état de connaissances et pas ou peu d'aires protégées comprenant ces espèces (Coste *et al.*, 2010).

2.3.4 Description morphologique des adultes

Appartenant aux Gomphidae, ces deux espèces, au stade adulte, possèdent les caractères morphologiques propres à cette famille tels que les yeux séparés. L'objectif de cette étude n'étant pas de déterminer les adultes, leur description morphologique n'est indiquée qu'à titre informatif afin de mieux connaître les espèces ciblées (Tableau 12).

Tableau 12 : informations générales sur les adultes *O. cecilia* et *S. flavipes*

		<i>Ophiogomphus cecilia</i>		<i>Stylurus flavipes</i>	
Imagos (Dijkstra et Lewington, 2015)					
		♂	♀	♂	♀
Couleurs chez les imagos		Tête et thorax vert pomme et abdomen noir et jaune (caractéristique des deux sexes) (Dijkstra et Lewington, 2015)		Corps jaune verdâtre et noir (Grand et Boudot, 2006)	
Dimensions (Grand et Boudot, 2006)	Abdomen (mm)	37-40	37-42	32-40	35-42
	Ailes postérieures (mm)	30-32	33-36	28-33	30-35

2.3.5 Description morphologique des larves

Avant de devenir adulte, la larve laisse derrière elle une mue, appelée exuvie. Le protocole d'étude se basant sur la détermination d'exuvies, cette dernière s'effectue selon la clé de détermination des exuvies des Odonates de France rédigée par Doucet (2012).

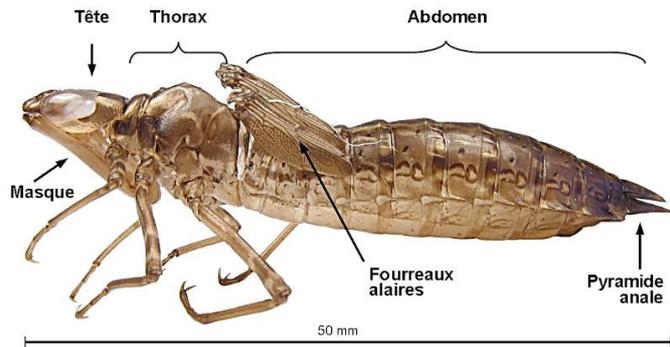


Figure 60 : morphologie d'une exuvie d'un Anisoptère (*Anax imperator* mâle) (Doucet, 2012)

La Figure 60 et le Tableau 13 permettent de visualiser les aspects morphologiques généraux des exuvies des espèces ciblées.

Tableau 13 : morphologie des exuvies d'*O. cecilia* et *S. flavipes* (Doucet, 2012)

	<i>Ophiogomphus cecilia</i>	<i>Stylurus flavipes</i>
Exuvies		
Longueur de l'exuvie	27-32mm	32-35mm

2.3.6 L'écologie d'*O. cecilia* et *S. flavipes*

Avant de commencer à détailler l'écologie de ces espèces, il est important d'avoir en tête qu'il peut arriver que les auteurs d'informations trouvées pour la synthèse bibliographique ne soient pas tous unanimes. Des phrases peuvent varier. A titre d'exemple, les populations ligériennes peuvent avoir leur propre écologie en comparaison à des populations suisses ou encore allemandes. Cette partie vise à synthétiser et se rapprocher le plus possible de la réalité écologique des populations ligériennes. Toutefois, en l'absence d'informations sur ces populations, des informations générales seront prises en compte. Il est d'ailleurs préconisé dans le PNAO 2020-2030, une amélioration de la connaissance sur l'écologie de la larve et des adultes.

Appartenant à la famille des Gomphidae, les deux espèces ont des comportements similaires à d'autres espèces de la même famille. Dans la bibliographie, il est fréquent de lire les comportements des Gomphidae et non de chaque espèce, excepté certaines particularités. De ce fait, en cas d'absences d'informations précises sur les deux espèces, les informations sur le comportement des Gomphidae seront utilisées.

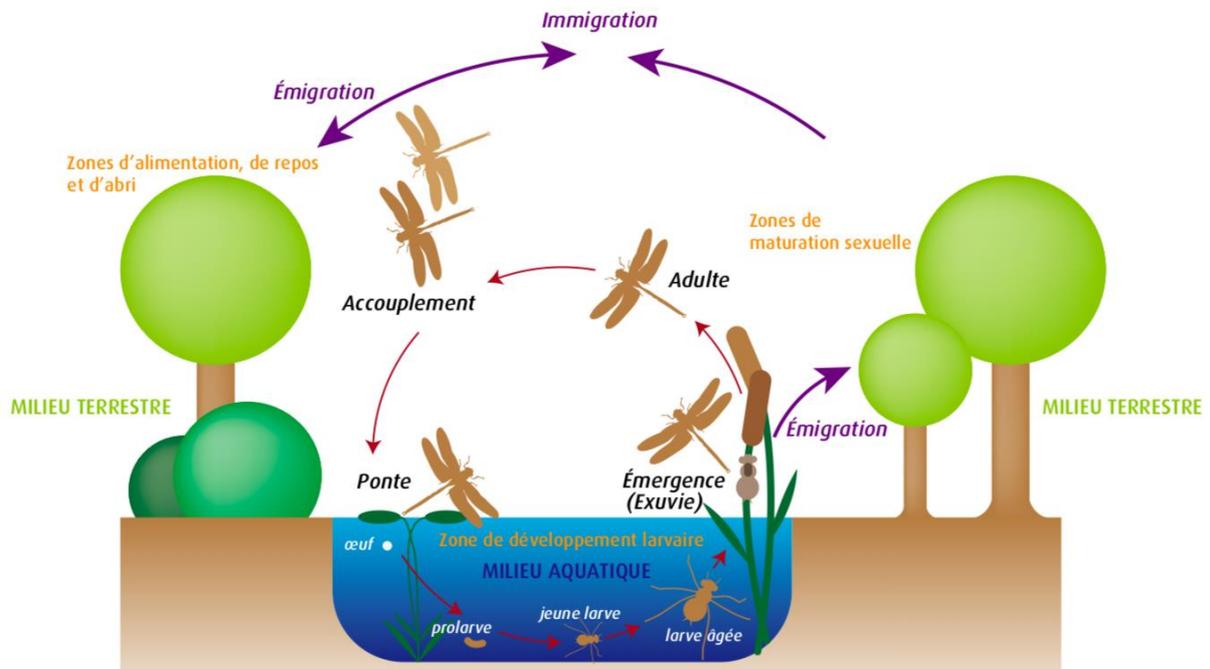


Figure 61 : Habitats et cycle biologique des Odonates (OPIE et SFO, 2012)

Afin de comprendre le comportement des deux espèces, il est nécessaire d'étudier leur cycle de vie. Celui-ci se scinde en trois phases dont l'ensemble constitue une génération (incubation majoritairement aquatique, phase larvaire aquatique et phase adulte aérienne) (Grand et Boudot, 2006) (Figure 61).

Le milieu aquatique : œufs et développement larvaire

Les œufs, de forme ovoïde ou sphérique chez les Gomphidae, sont entourés d'un mucus protecteur qui, au contact de l'eau, se gonfle et permet de s'adhérer à la végétation immergée évitant ainsi qu'ils soient entraînés par le courant (Grand et Boudot, 2006 ; Grand et al., 2019 ; Bensettiti et Gaudillat, 2002). De mauvaises conditions environnementales peuvent avoir pour conséquence la mise en pause du développement de l'œuf. Il rentre alors en diapause ce qui permet à l'œuf de passer l'hiver dans un état de dormance (Jourde, 2010). La bibliographie ne décrit pas d'entrée en diapause pour les œufs d'*O. cecilia* contrairement à *S. flavipes* quand les températures sont inférieures à 17°C (Dupont, 2010).

Dans un premier temps, l'éclosion de l'œuf va produire une prolarve qui évoluera en une larve âgée après une succession de mues nommées exuviations (ou ecdysis) (Grand et Boudot, 2006). Pendant toute cette période dans le milieu aquatique, la larve, va respirer par des branchies rectales et se nourrir de divers organismes aquatiques (larves de moustiques, larves

de libellules plus petites, têtards d'amphibiens, ...) en chassant à l'affût ou à l'approche selon les stades larvaires, espèces et l'abondance des proies (Grand et Boudot, 2006). Les larves des deux espèces peuvent quitter le substrat où elles sont enfouies, si elles sont affamées, pour monter en surface (Faucheux et Meurgey, 2009). En chassant à l'affût, les larves d'*O. cecilia* se déplacent peu (Vonwil, s.d.). En raison des crues, il n'est pas impossible de remarquer la formation de concentrations de larves en amont des barrages hydroélectriques (Vonwil, 2013) ou encore dans des milieux inhabituels comme des milieux stagnants associés à la dynamique fluviale (boires » sur la Loire par exemple) (Dupont, 2010). Hors contexte de crues, les larves de *S. flavipes* ont un pouvoir de dispersion également faible (Puissauve et al., 2013). Concernant le comportement entre larves, il est cité, dans la bibliographie, un comportement grégaire pour les larves de *S. flavipes* (Puissauve et al., 2013) et un regroupement fréquent de larves d'*O. cecilia* quand elles sont enfouies (Faucheux et Meurgey, 2009).

Arrivée au dernier stade larvaire avant la sortie de l'eau, la larve âgée va effectuer plusieurs métamorphoses internes afin d'adapter sa physiologie respiratoire à la future vie aérienne (Grand et Boudot, 2006).

Le Tableau 14 et Tableau 15 synthétisent les informations bibliographiques sur la phase aquatique.

Tableau 14 : synthèse bibliographique sur la phase aquatique

	<i>Ophiogomphus cecilia</i>	<i>Stylurus flavipes</i>
Conditions de l'éclosion de l'œuf	Éclosion immédiate après la ponte au-dessus de 20°C (Grand et Boudot, 2006). En dessous de 15 à 17°C, éclosion de manière progressive au cours de l'hiver (Dupont, 2010 ; Grand et Boudot, 2006) selon la température de l'eau (Merlet et Houard, 2012)	Éclosion immédiate après la ponte excepté en-dessous de 15 à 17°C (Grand et Boudot, 2006) et si ponte tardive (Puissauve et al., 2013)
Conditions de l'entrée de l'œuf en diapause	Ponte tardive en fin d'été (Merlet et Houard, 2012)	Ponte tardive et température inférieure à 17°C (Dupont, 2010 ; Grand et Boudot, 2006)
Durée de la phase larvaire	Varie selon le contexte, 1 à 4 ans (Houard, 2020)	2 ans (14 ou 15 exuviations) pouvant aller jusqu'à 4 ans (Houard, 2020 ; Baeta et Fierimonte, 2019a ; Dupont, 2010)
Comportement larvaire	Enfouissement dans un substrat composé de sables grossiers, chasse à l'affût et déplacement larvaire peu fréquent (Vonwil, s.d.), comportement grégaire (Faucheux et Meurgey, 2009)	Enfouissement dans les sédiments fins, chasse à l'affût (Houard, 2020), déplacement larvaire faible et comportement grégaire (Puissauve et al., 2013)
Micro-habitat larvaire optimal	<ul style="list-style-type: none"> - zone d'eau courante (25 à 50cm/s) voir soutenu pour le cas de la Loire (50cm/s) ; - zone peu profonde (entre 10 cm et 1m) ; - zone à fond sableux ou présentant des plages de sable fins et de graviers fins (Dupont, 2010 ; Baeta et Fierimonte, 2019a ; Vonwil, 2013 ; Lohr, 2003) ; - eau de bonne qualité, riche en oxygène (Merlet et Houard, 2012). <p>Les larves semblent délaisser les fonds vaseux (Dijkstra et Lewington, 2015). Dans les Vosges, les effectifs sont plus importants lorsque l'eau est non polluée et la température supérieure à 15°C (Dupont, 2010).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - zone de courant ralenti (inférieur à 30cm/s) parfois par des obstacles ; - zone peu profonde (quelques centimètres à décimètres) proche du rivage (profondeur maximale observée à 7m) ; - zone à fond sableux avec des grains moyens à grossiers, riches en matière organique (accumulation de fonds vaseux ou argilo-sableux) (Houard, 2020 ; Baeta et Fierimonte, 2019a ; Dijkstra et Lewington, 2015 ; Dupont, 2010 ; OPIE et SfO, 2012) ou encore limoneux (Krieg-Jacquier, 2021) (Annexe 8).
	« Un arbre tombé à l'eau provoque une grande diversité de courants et des sédiments déposés, ce qui sert d'habitat larvaire à diverses espèces de Gomphidae » (Lohr, 2003)	

Tableau 15 : suite du Tableau 14

	<i>Ophiogomphus cecilia</i>	<i>Stylurus flavipes</i>
Menaces	<ul style="list-style-type: none"> - artificialisation du lit et des berges du cours d'eau ou tout autre aménagement de la dynamique fluviale naturelle néfaste à la création de micro-habitats favorables au développement larvaire (ex : surface du micro-habitat se réduit à cause de l'enfoncement du lit) ; - extraction de matériaux ; - détérioration de la qualité de l'eau ; - pollution chimique (Houard, 2020 ; Dupont, 2010 ; Martin et Neyer, 2011 ; Neyer, s.d.). <p>Concernant <i>S. flavipes</i>, des populations au niveau local peuvent disparaître en raison de phénomènes de variations de température ou de modification de la composition chimique de l'eau locale (Puissauve <i>et al.</i>, 2013).</p>	

Le milieu terrestre : émergence, imago, prélude à la ponte et ponte

La fin du développement larvaire se décrit par l'individu, encore au stade larvaire, sortant définitivement de l'eau pour trouver un substrat dans le but de se libérer de sa dernière mue (stade d'émergence) et arriver au stade d'imago (stade adulte) (Figure 62).

Lors du stade d'émergence, le corps devient allongé et solide grâce à la circulation d'un liquide interne dans tout le corps de l'individu (Grand et Boudot, 2006 ; Boudot *et al.*, 2019). A proximité d'habitats propice à la présence de larves d'Odonates, il n'est donc pas rare d'observer ces exuvies accrochées à divers supports ou au sol même. Selon la météo, la durée des émergences varient notamment si elle est froide et pluvieuse. Il arrive alors que l'individu meure sur place de faim et de froid ou soit prédaté (Grand et Boudot, 2006).



Émergence sur les berges de la Loire.
Loire-Atlantique, juin 2005.

Figure 62 : émergence sur les berges de la Loire de *S. flavipes* (Grand et Boudot, 2006)

Pour les périodes d'émergence et de vol, elles peuvent se décaler de plusieurs semaines selon la température (Vonwil, s.d.).

Une fois la phase émergence terminée, l'insecte immature, avec des ailes encore brillantes (Figure 63), va alors s'éloigner du milieu aquatique pour aller dans une zone de maturation sexuelle où il va acquérir ses couleurs définitives, sa constitution sera renforcée et son appareil reproducteur sera développé. Ces individus vont alors rechercher des lieux abrités du vent avec une part importante de soleil (ex : clairières, lisières forestières, ...). Pour *O. cecilia*, selon [Merlet et Houard \(2012\)](#), il est précisé que les milieux



Figure 63 : phase d'émergence terminée pour une femelle *O. forcipatus* - observation de son exuvie en bas à droite (document personnel)

environnants à proximité de l'eau tels que les fiches, boisements ou haies en mosaïque avec les prairies sont favorables à la présence de l'espèce. Ces milieux doivent donc être diversifiés et peu perturbés ([Merlet et Houard, 2012](#)).

Certaines espèces, notamment chez les Anisoptères, ont une capacité importante de dispersion. De manière générale, *O. cecilia* et *S. flavipes* n'ont pas de comportement migratoire ou de dispersion très important. Le rayon d'action des Gomphidae autour de leur habitat avoisine les 500 mètres, excepté des individus erratiques frôlant les 10 km ([Grand et Boudot, 2006](#)) parfois plus (Tableau 16). Un individu erratique *O. cecilia*, mâle non mature, a été observé à 17km à vol d'oiseau de l'Allier en juin 2019 à Noyant d'Allier. Toutefois, des rivières suffisamment conséquentes se trouvent à proximité de la donnée. L'individu pourrait donc ne pas venir de la rivière l'Allier ([Deschamps, 2021](#)). Durant cette période de maturation, les mâles et femelles s'alimentent, s'abritent et se reposent côte à côté. Arrivés à maturité, les individus vont pouvoir se reproduire. Les mâles vont, dans la majorité des cas, vers les milieux aquatiques pour attendre ou partir à la recherche de femelles. En parallèle, leur alimentation se résume à des insectes majoritairement de petites tailles, des araignées ou encore d'autres libellules dans certains cas ([Grand et Boudot, 2006](#)).

Tableau 16 : synthèse bibliographique sur la phase terrestre d'*O. cecilia* et *S. flavipes*

	<i>Ophiogomphus cecilia</i>	<i>Stylurus flavipes</i>
Période d'émergence	Désynchronisées et s'étalent sur 3 à 7 semaines selon les sites (Dupont, 2010 ; Grand et Boudot, 2006) Début mai dans les grandes rivières chaudes à octobre (Dijkstra et Lewington, 2015)	Désynchronisées et s'étalent sur des périodes variables (en moyenne entre 1 à 3 mois) (Dupont, 2010 ; Grand et Boudot, 2006) Juin à octobre (pic d'émergence en juin et juillet) (Dijkstra et Lewington, 2015)
Zones d'émergence...	De la bibliographie existe sur les zones d'émergence mais ne concernent pas le bassin ligérien comme c'est le cas pour les études bien que précises de Vonwil (2013), Vonwil (s.d.) ou encore dans le PNAO 2010-2013 de Dupont (2010) décrivant les zones d'émergence pour les cours d'eau de taille moyenne.	Au niveau des berges (principalement zones planes situées au contact de l'eau proches des habitats larvaires), bancs de sables, piquets ou embâcles dans le lit du cours d'eau (Dupont, 2010). Pour la Loire, bien que les zones d'émergence soient variées, l'émergence se fait exclusivement dans des zones à courant ralenti voir nul (Dupont, 2010). Selon Krieg-Jacquier (2021), cette espèce émerge « sur tout type de support, naturel ou artificiel, à plat à 45° ou à la verticale, jamais au-delà sauf exception. » (Annexe 8)
	Il est possible de trouver des exuvies sur les grèves mais « il est plus rentable de les rechercher sur les berges un peu abruptes, notamment sur les réseaux racinaires des peupliers et des saules » (Orieux et Laleure, 1990).	
... selon les données du protocole (Baeta et al., 2015)	Sédiments de type « limons grossiers – sables fins », berges végétalisées par des héliophytes ou ripisylves et la vitesse du courant ne semble pas influencer le choix de la zone d'émergence (Baeta et al, 2020). Il est tout de même indiqué un manque de données pour <i>S. flavipes</i> pour la vitesse de courant (Baeta, 2021).	
Période de vol	Début juin à mi-septembre (Dupont, 2010) voir jusqu'à mi-octobre (Vonwil, s.d.) ou encore début novembre (Dupont, 2010) avec un pic d'abondance en juillet et août (Dijkstra et Lewington, 2015) Sur des populations suisses, la période de vol peut se voir décaler de plusieurs semaines selon la température de l'eau. La période principale de vol est en août (Vonwil, 2013 ; Vonwil, s.d.)	Début juin à mi-septembre (Dupont, 2010) voir début octobre (Dijkstra et Lewington, 2015)
Phase de maturation (Dupont, 2010)	Une à deux semaines après l'émergence	Deux semaines après l'émergence

Tableau 17 : suite du Tableau 16

	<i>Ophiogomphus cecilia</i>	<i>Stylurus flavipes</i>
Comportement des imagos	Dans les rivières plus larges, les mâles volent souvent au milieu du lit ou se perchent sur des branches, des tas de pierres ou se mettent à même le sol pour attendre les femelles (Dijkstra et Lewington, 2015 ; Grand et Boudot, 2006). Comportement discret de la part des femelles (Dijkstra et Lewington, 2015 ; Vonwil, 2013 ; Grand et Boudot, 2006)	Les mâles matures volent généralement au milieu des lits de rivières, patrouillant au ras de l'eau (Dijkstra et Lewington, 2015) ou sont posés sur les berges des secteurs où ils se reproduisent (Grand et Boudot, 2006). Les femelles sont également discrètes (Grand et Boudot, 2006).
Ecocomplexe	Petits cours d'eau collinéens ou montagnards aux vallées alluviales des grands fleuves de plaine. Une fréquence maximale est observée dans la partie aval des grandes rivières au lit sableux (Dijkstra et Lewington, 2015 ; Dupont, 2010)	Vallées alluviales de plaine (Dupont, 2010)
Macro-habitat optimal (Dupont, 2010)	Portion de rivière ou de fleuve avec une eau courante, bien exposée et comportant en zone riveraine des strates de végétation hétérogène (Dupont, 2010)	Portion de fleuve ou de grande rivière soumis à une dynamique fluviale naturelle préservée (Dupont, 2010)
Cortège odonatologique associé au macro-habitat (Dupont, 2010)	Le cortège renferme <i>Calopteryx splendens</i> (Harris, 1776), <i>Gomphus vulgatissimus</i> (Linnaeus, 1758), <i>Gomphus pulchellus</i> Selys, 1840, <i>Onychogomphus forcipatus</i> (Linnaeus, 158) et <i>Stylurus flavipes</i> (Charpentier, 1826).	Le cortège se décrit par la présence de <i>Gomphus vulgatissimus</i> (Linnaeus, 1758), <i>Gomphus pulchellus</i> Selys, 1840 et <i>Ophiogomphus cecilia</i> (Fourcroy, 1785).
Milieus de maturation	Forêt et friches avoisinantes (Bensettiti et Gaudillard, 2002)	Présence de haies et de prairies en bordure du cours d'eau (Puissauve et al., 2013)
Déplacements (hors reproduction)	Rayon général d'action de 400m voire 3km pour les comportements non reproducteurs (Bensettiti et Gaudillat, 2002 ; Grand et Boudot, 2006).	Lors de la phase de maturation, les distances de déplacements peuvent être longues, à savoir une dizaine de km pour les mâles (distance maximale de 25km en Allemagne) (Dupont, 2010 ; Puissauve et al., 2013)
Distance entre habitat larvaire et adulte	100 à 200m (Bensettiti et Gaudillat, 2002)	Pas de bibliographie à ce sujet
Menace	Banalisation des milieux environnants (Houard, 2020)	

La manière de pondre diffère selon les espèces. Chez les Gomphidae, les œufs sont ovoïdes ou sphériques ce qui permet une ponte exophytique (ponte hors de la structure d'une plante), c'est-à-dire que les femelles, avec leur organe copulateur adapté pour ce type de ponte (lame vulvaire), laissent tomber leurs œufs au contact de l'eau (Grand et Boudot, 2006 ; Bensettiti et Gaudillat, 2002). Avant la ponte, la femelle se met à l'écart de l'eau, comme sur la Figure 64, dans les friches ou les bois proches chez *O. cecilia* (Bensettiti et Gaudillat, 2002). Il est difficile de voir des femelles pondre dû au fait qu'elles déposent de nombreux œufs, en seulement quelques contacts avec l'eau (parfois un seulement) (Dijkstra et Lewington, 2015).



Figure 64 : prélude à la ponte d'une femelle *Gomphus simillimus* (Grand et Boudot, 2006)

Chez les Gomphidae, les femelles pondent seules. A l'inverse d'autres espèces, le mâle ne surveille pas la femelle et ne l'accompagne pas dans la ponte.

Selon Dupont (2010), le comportement de ponte d'*O. cecilia* a été peu observé. Les quelques observations concernent des femelles pondant dans des zones sablo-graveleuses avec un courant laminaire (écoulement du liquide plus ou moins dans la même direction).

2.3.7 Quelles conditions pour observer les Odonates et plus particulièrement les Gomphes ?

De manière générale, selon Merlet et Itrac-Bruneau (2014), les Odonates sont des espèces ectothermes (leur température corporelle dépend de celle du milieu extérieur). Pour être en activité, elles ont besoin de la chaleur offerte par le soleil qui va favoriser le réchauffement de leurs milieux de prédilection (masse d'eau et milieu terrestre). Le soleil va à la fois avantager le développement de la végétation, essentielle aux larves et aux adultes, et conditionner le comportement des adultes. De manière générale, la diversité odonatologique d'un milieu dépend alors de l'ensoleillement, plus le milieu sera ouvert ensoleillé plus la diversité d'espèces sera importante.

Le protocole de Baeta *et al.* (2015) préconise d'aller sur le terrain par « beau temps, si possible à la suite d'au moins 2 jours présentant des conditions météorologiques favorables aux émergences (vent faible à modéré, températures minimales de 18°C, pas de fortes pluies). (...) En cas de montée des eaux supérieure à 20 cm en 48h, il est nécessaire d'attendre au moins deux jours que le niveau d'eau se stabilise ou baisse avant d'aller sur le terrain. » Ces conditions sont favorables aux émergences.

2.4 Quelles sont les caractéristiques de la dynamique de populations d'*O. cecilia* et *S. flavipes* ?

En résumé, selon [Dupont \(2010\)](#), les deux espèces ont les mêmes caractéristiques suivantes de dynamique de populations :

- caractéristique macro-habitat qui génère des micro-habitats larvaires : présence d'une dynamique fluviale naturelle ;
- caractéristique du macro-habitat : présence de zones riveraines relativement planes favorisant les émergences ;
- caractéristique du micro-habitat larvaire optimal : présence d'une zone à courant lent provoquée par un élément structurel de la dynamique fluviale ;
- caractéristique du micro-habitat larvaire optimal : présence d'un substrat sableux à grains moyens et grossiers.

2.5 Comment expliquer la répartition hétérogène et la fluctuation des effectifs des deux espèces sur le bassin ligérien ?

Avant toute analyse sur les tendances des populations, il est nécessaire de garder à l'esprit la fluctuation des effectifs. Selon [Merlet et Houard \(2012\)](#), en fonction des années, il semble y avoir de grandes variations d'effectifs. Aussi, il est précisé que les sites favorables accueillent en moyenne 1 à 2 individus émergents pour 100 m² d'eau libre pour *O. cecilia*.

Excepté le facteur du changement climatique (cf. 2.8 *L'évolution du climat : quel(s) impact(s) sur le bassin ligérien et les populations ligériennes d'*O. cecilia* et *S. flavipes* ?*), après l'état des connaissances à l'échelle du bassin versant ligérien, il a été remarqué une localisation plus prononcée dans la région naturelle Moyenne vallée de la Loire, plus précisément après le Bec d'Allier pour *O. cecilia* et dans le secteur naturel Basse vallée de la Loire, plus particulièrement, proche de l'estuaire de la Loire, pour *S. flavipes* ([Baeta et al., 2020](#)). Selon [Deliry \(2021\)](#), excepté les micro-habitats assez similaires pour les deux espèces où elles peuvent donc cohabiter, leur macro-habitat respectif diffère. A titre d'exemple, certaines caractéristiques du macro-habitat de la Basse vallée de la Loire ressemblent à celles du cours du Rhône et au Val de Saône où *S. flavipes* est bien représentée. Aussi, ce macro-habitat sembleraient être déterminant en terme d'abondance ([Deliry, 2021](#)). Une autre hypothèse est émise par [Chevalier \(2020\)](#) sur des possibles critères abiotiques (substrat, pente, habitat, courant, ...) pouvant expliquer pourquoi le secteur naturel de la Loire moyenne serait plus propice à la présence d'*O. cecilia*, critères abiotiques que la Loire amont et l'Allier n'auraient pas.

Pour [Krieg-Jacquier \(2021\)](#), « l'absence de *S. flavipes* peut être liée au substrat, l'espèce favorisant les zones limoneuses. Pour *O. cecilia*, c'est plus difficile à cerner, l'espèce acceptant une plus grande diversité de granulométrie. La présence de cette espèce sur une petite rivière comme le Hérisson, dans le Jura ou sur les ruisseaux forestiers du versant nord des Vosges

est assez surprenante lorsque l'on compare à des rivières comme la Saône ou un fleuve comme le Rhône où les données sont encore très rares. Les paramètres physiques des cours d'eau ont peut-être une importance mais les capacités et le mode de dispersion des imagos peut aussi entrer en ligne de compte. » Il finit ses propos en affirmant la présence confirmée d'*O. cecilia* sur l'Allier. Néanmoins, le milieu correspond rarement à celui que l'on connaît de *S. flavipes*.

Comme indiqué dans le contexte d'étude, le bassin ligérien n'est pas uniforme en terme de géologie, topographie, pédologie, orientation, paysages, etc. A titre d'exemple, la formation de l'orientation sud-nord puis est-ouest du bassin ligérien a une possible explication géologique. Au Pléistocène (5 Ma), suite à des mouvements tectoniques qui affectent le tracé de rivières, la paléo-Loire coule vers le Nord pour rejoindre la Seine et se jeter dans la Manche et un autre fleuve, nommé la Loire Atlantique, s'écoule vers l'ouest. Deux millions d'années plus tard, la paléo-Loire est capturée par le fleuve Loire-Atlantique qui se jette dans l'Atlantique et devient le secteur naturel de la Moyenne vallée de la Loire (aussi connu sous le nom de Val de Loire) telle qu'on le connaît aujourd'hui (Nehlig, 2010 ; Brulhet et Goyallon, 1994). Une étude menée par Larue et Etienne (2002) remet en question cette jonction pléistocène entre les deux fleuves (Nehlig, 2010). Cette dynamique géologique atteste d'un changement, bien que très lente à l'échelle humaine, sur les paysages, milieux naturels et potentiellement sur les espèces.

Des hypothèses et pistes de réflexion seront formulées pour comprendre le(s) possible(s) lien(s) entre les caractéristiques écologiques des sites d'études et la localisation des zones à densité importante à l'échelle du bassin ligérien. En prenant en compte cette échelle, avec un accès à un jeu de données fiable de 6 ans du protocole de Baeta *et al.* (2015), il devient plus facile de comprendre des échelles plus restreintes. Cela pourra donc permettre de répondre à la problématique.

En prenant en compte les informations sur l'écologie larvaire des espèces, il est à noter des différences d'exigences écologiques entre les espèces pouvant expliquer la répartition inégale sur le bassin ligérien comme indiqué ci-dessous.

2.6 Véritable atout pour la compréhension des deux espèces, l'acquisition des connaissances précises sur leur écologie et comportement larvaire

Les connaissances sur l'écologie larvaire d'*O. cecilia* et *S. flavipes* restent limitées. Pour autant, elles permettraient une véritable amélioration des connaissances de ces deux espèces. Le programme de recherche R-TEMUS (Restauration du lit et Trajectoires Ecologiques, Morphologiques et d'Usages en Basse-Loire), porté par l'Université de Tours, de 2016-2020, présentait une étude pour évoquer la question de l'influence des travaux de restauration sur les habitats et populations de Gomphidae et si ces derniers pouvaient être utilisés en tant que bio-indicateurs des modifications de milieux (Richard, 2017).

En faisant suite au constat du manque de connaissances sur les stades larvaires des Gomphidae évoqué par [Dupont \(2010\)](#), les résultats attendus de l'étude sont les suivants :

- « mieux connaître l'écologie des populations ligériennes ;
- disposer d'informations sur les habitats préférentiels des espèces et leur évolution qualitative et quantitative ;
- quantifier les Gomphidae et les invertébrés associés suivant des dimensions spatio-temporelles ;
- disposer de tendances d'évolution des populations. » ([Richard, 2017](#)).

Pour certaines raisons, l'étude n'a pas pu encore être finalisée. Il ne sera donc pas possible de tenir compte cette année de cette étude. Toutefois, un outil d'analyse a été développé pour expliquer la répartition des Gomphidae sur la Loire dans le cadre du projet R-TEMUS ([Loiseau, 2018](#)).

Les larves, toutes espèces confondues, restent dépendantes de conditions biologiques et physiques particulières du milieu aquatique dans lequel elles vivent ([Merlet et Itrac-Bruneau, 2014](#)). Selon [Loiseau \(2018\)](#) et la synthèse bibliographique effectuée sur l'écologie des espèces, la vitesse de courant et la nature du substrat sont deux variables environnementales pouvant expliquer la différence de répartition des larves des deux espèces. *S. flavipes* aurait donc une préférence pour les sédiments fins à l'inverse d'*O. cecilia* privilégiant plutôt les sédiments sableux. Selon [Lohr \(2010\)](#), la grande variation des sédiments, même sur une courte distance, est caractéristique de la morpho-dynamique préservée des cours d'eau. Celle-ci favorise notamment la présence des spécialistes des sédiments variés, qui ne sont autres que les Gomphidae. D'après [Loiseau \(2018\)](#), la seconde raison pouvant expliquer la répartition inégale des deux espèces concernant la vitesse de courant. *O. cecilia* aurait une préférence pour les courants forts, limitant le colmatage interstitiel, à l'inverse de *S. flavipes* préférant un courant plus ralenti. En raison de nombreux biais (échantillon non aléatoire, accessibilité inégale des informations environnementales de la zone étudiée et zone d'étude trop restreinte), le résultat de cette étude n'a pas permis d'évaluer les variables environnementales pouvant expliquer la présence des larves de Gomphidae à travers le logiciel MaxEnt. Il a été préconisé de travailler à l'échelle du bassin ligérien et non de quelques stations locales tant les variables environnementales du fleuve sont liées entre elles. L'utilisation d'outils statistiques telle que l'analyse de Hill-Smith et tests associés pourrait être envisagée avec plus de données pour améliorer les connaissances sur les exigences écologiques des Gomphidae. Cette utilisation devra être accompagnée d'une recherche plus approfondie sur d'autres outils d'analyses pour augmenter le panel de solutions possibles ([Loiseau, 2018](#)).

Outre cette étude, la connaissance de l'écologie et du comportement par la morphologie des larves est une piste à développer comme c'est le cas dans l'étude de [Fauchoux et Meurgey \(2009\)](#) sur les sensilles antennaires de la larve d'*O. cecilia* (dernier stade larvaire étudié).

Stimulées par les courants d'eau, leurs sensilles antennaires les renseigneraient possiblement sur la présence de leurs congénères dans un but de maintien d'une certaine distance et territoire. Toutefois, il est précisé un besoin de recherches complémentaires notamment au travers d'études électrophysiologiques pour démontrer le rôle exact des divers types de sensilles filiformes chez la larve d'Odonates. Dans cette continuité, [Faucheux et Meurgey \(2009\)](#) conseillent également une recherche approfondie de l'existence de sensilles en massue sur d'autres espèces de Gomphidae ou d'autres larves ayant un comportement similaire de prédation à celui d'*O. cecilia*. Excepté ces antennes, la larve d'*O. cecilia*, se déplacent dans le substrat, où elles sont enfouies la majorité du temps, pour chasser leurs proies. Le masque court d'*O. cecilia* fonctionne alors comme de simples mandibules. Les sensilles en massue présentent sur le côté dorsal de l'antenne et à la face dorsale de la tête seraient ainsi en contact direct du substrat. Les larves ressentiraient alors la pression qu'exercerait le substrat sur ces dernières. [Faucheux et Meurgey \(2009\)](#) concluent sur l'aspect à la fois tactiles et proprioceptrices de ces sensilles en massue.

En outre, l'amélioration de la connaissance de l'écologie larvaire permettrait une amélioration de la connaissance globale de l'écologie des deux larves. Cependant, [Krieg-Jacquier \(2021\)](#) précise que la recherche de larves, bien qu'intéressante, est difficile notamment pour *O. cecilia*. Les larves de cette espèce sont très difficiles à distinguer de celles d'*Onychogomphus*, surtout lorsqu'elles sont jeunes.

A cela, s'ajoute d'autres difficultés d'étude dont les actions pour l'amélioration des connaissances de ces deux espèces tiennent compte.

2.7 Quelles sont les pistes/retours d'expériences pour pallier aux difficultés d'étude d'*O. cecilia* et *S. flavipes* ?

Plusieurs difficultés sont décrites quant à l'étude de ces deux espèces. [Dupont \(2010\)](#) précise qu'il devient illusoire de cartographier les micro-habitats larvaires dans un contexte fluvial tel que celui de la Loire tant leur localisation varie d'une année à l'autre. Toutefois, afin d'améliorer la connaissance sur ces micro-habitats larvaires, il est nécessaire d'établir un état des lieux de la connaissance et dynamique de l'hydrosystème et la structure de l'aquifère ([Dupont, 2010](#)). Ces éléments, générants les micro et macro-habitats, s'ils sont modifiés ou altérés, ceci à plusieurs échelles (bassin versant, secteur et unité fonctionnelle et caractéristiques locales), cela va avoir des repercussions sur la qualité des habitats pour les espèces. La fiche d'actions (n°2) préconise un cadre méthodologique pour l'amélioration de la connaissance de l'hydrosystème selon l'approche fonctionnelle développée par Amoros et Petts (1993) sur les hydrosystèmes fluviaux.

Pour répondre au manque de connaissances sur les deux espèces, [Dupont \(2010\)](#) préconise pour *S. flavipes* d'acquérir des données comportementales pendant la phase de maturation et d'étudier la structure des déplacements par des expériences de Capture-Marquage-Recapture

(CMR). Quant à *O. cecilia*, en plus du CMR, l'action d'amélioration de la connaissance des sites d'émergence sur la Loire est l'une des priorités d'acquisition de données sur son autécologie (étude des individus pris séparément dans leur biotope). L'une des difficultés d'étude réside également dans l'observation assez rare des imagos, et ce, même avec une pression d'inventaire forte. Pour cela, la recherche d'exuvies permet d'effectuer un inventaire plus proche de la réalité (Dupont, 2010).

Krieg-Jacquier (2021) affirme que la prospection devient plus facile, comme beaucoup d'espèces, lorsque les relevés sont effectués sur des sites référents où il est certain de récolter de la donnée. Par la connaissance de ces derniers, cela permet de connaître la période d'émergence. Enfin, il précise qu'il est toujours difficile d'expliquer l'absence d'observation qui ne signifie pas obligatoirement l'absence pour l'espèce. Il est tout à fait possible que de petites populations passent inaperçues (en dessous du seuil de détectabilité).

Pour pallier à certaines difficultés d'étude et améliorer les connaissances des populations ligériennes, le protocole de Baeta *et al.* (2015) a été créé. Une analyse statistique est alors effectuée avec le jeu de données acquis depuis la mise en application du protocole.

2.8 L'évolution du climat : quel(s) impact(s) sur le bassin ligérien et les populations ligériennes d'*O. cecilia* et *S. flavipes* ?

Outre la présence d'eau douce plus ou moins salée, la composition des cortèges de libellules est nettement influencée par la température qui dépend elle-même de l'altitude et de la latitude (Grand et Boudot, 2006). Au vu de l'accroissement des températures dû au réchauffement climatique, les aires de répartition des espèces se modifient inéluctablement. Ainsi, les espèces caractéristiques des milieux « chauds » se verront avantager à l'inverse des espèces de milieux « froids » (espèces de milieux montagnards) qui présenteront de faibles capacités de dispersion (Houard, 2020). D'après Merlet et Houard (2012), une modélisation prospective a été réalisée à l'échelle de l'Europe en 2012 sur les tendances des effectifs d'*O. cecilia* prédisant une très forte régression voire une disparition en France par le facteur du changement climatique. Toutefois, les auteurs de cette étude précisent les limites de cette analyse par les différences entre les modèles.

L'impact du changement climatique sur le bassin a fait l'objet d'un projet par Ducharne *et al.* (2010). Avec de nombreux types de projections, il en découle des tendances sur une diminution de la ressource en eau, des étiages plus sévères et une augmentation de la durée des faibles débits. Cette dernière tendance sera encore plus accentuée si une évolution vers des modes de gestion plus durables ne se réalise pas. Affectant l'ensemble du bassin de manière homogène, ces changements s'expliqueraient pas l'augmentation des pertes par évapotranspiration et des précipitations totales principalement à la baisse. Enfin, il n'y pas de consensus quant à l'évolution naturelles des crues excepté dans les secteurs Loire et Allier amont où des pluies extrêmes seraient possibles (Ducharne *et al.*, 2010). Les auteurs de ce

projet concluent sur le fait que cet exercice théorique a pris en compte uniquement la réponse hydrologique et n'a pas pris en compte l'occupation des sols, des usages, ... Les actions humaines sur l'hydrologie pourraient atténuer ou non l'effet du changement climatique sur le milieu (Ducharne *et al.*, 2010).

Comme cité ci-dessus, les pratiques humaines prévoient de s'adapter face à ce changement comme c'est le cas des barrages de Naussac et Villerest qui ont fait l'objet d'une étude sur l'adaptation de leur gestion face aux impacts du changement climatique (Design Hydraulique & Énergie, 2017). Cette étude menée pour l'Etablissement Public Loire vise à répondre au mieux au futur besoin socio-économique.

2.9 La zoocénologie, une piste de réflexion phytosociologique pour l'amélioration des connaissances sur les deux espèces ?

De plus en plus utilisée pour caractériser les habitats naturels, la phytosociologie étudie des communautés végétales. Basée sur des inventaires floristiques, cette étude met en évidence des ensembles d'espèces en relation avec les conditions du milieu (sol, climat, etc) (Julve, s.d.). Le type de phytosociologie concernée ici est la phytosociologie synusiale développée par Julve.

La zoocénologie, étude en cours de développement, vise à faire de même pour les communautés animales. Selon Julve (2009), ces deux espèces appartiennent avec les 7 espèces suivantes d'Odonates au cortège d'Odonates des eaux courantes lentes (alliance phytosociologique *Ranunculion fluitantis* Neuhäusl 1959) et se situent à proximité d'anciennes classes phytosociologiques *Phragmiti – Caricetea* et *Filipendulo – Calystegietea* :

- *Macromia splendens* (Pictet, 1843) ;
- *Platycnemis acutipennis* Selys, 1841 ;
- *Platycnemis latipes* (Rambur, 1842) ;
- *Coenagrion ornatum* (Selys, 1850) ;
- *Gomphus graslinii* Rambur, 1842 ;
- *Gomphus simillimus* Selys, 1840 ;
- *Paragomphus genei* (Selys, 1841).

Au moment de la création de ce cortège d'Odonates selon Julve (2009), ces deux anciennes classes ont été décrites de la manière suivante :

- *Filipendulo ulmariae - Calystegietea sepium subsp. sepium* (*Filipendulo – Calystegietea*) : végétation de plantes vivaces herbacées des mégaphorbiaies planitaires à collinéennes. Elles se rencontrent au bord des rivières (souvent en situation plus ou moins forestière) et colonisent les prairies humides abandonnées, sur des sols plus ou moins riches en azote et phosphore, inondés généralement seulement l'hiver. Ayant été restructurée, elle se rapproche de la classe actuelle *Filipendulo*

ulmariae - Convolvuletea sepium (Preising apud Hülbusch 1973) Géhu & Géhu-Franck 1987 ;

- *Phragmiti australis - Caricetea elatae* (Phragmiti – Caricetea) : végétation herbacée vivace de grandes plantes des bords d'étangs et de lacs, plus rarement de rivières, se développant sur des sols engorgés longuement, moyennement riches à riches en azote, parfois tourbeux mais toujours de pH neutre (Wikibooks, 2015). L'ancienne classe *Phragmiti australis - Caricetea elatae* est nommée actuellement comme *Phragmito australis - Caricetea elatae* Klika in Klika & Novák 1941 ([Base de données des végétations d'Europe \(s.d.\)](#)) ; [Phytosociologie/Classes CATMINAT de végétation en France/Clé de détermination 05, 2015](#)).

Le Tableau 18 permet de visualiser les conditions abiotiques des milieux ciblés par ce cortège.

Tableau 18 : caractéristiques écologiques des trois entités phytosociologiques du cortèges d'Odonates d'eaux courantes lentes (Julve, 2009 ; eVeg, s.d.)

	<i>Ranunculion fluitantis</i> Neuhäusl 1959	<i>Phragmito australis - Caricetea elatae</i> Klika in Klika & Novák 1941	<i>Filipendulo ulmariae - Convolvuletea sepium</i> (Preising apud Hülbusch 1973) Géhu & Géhu-Franck 1987
Classification phytosociologique	alliance	classe	classe
Description	herbiers aquatiques, vivaces, enracinés, des eaux douces, courantes et peu profondes.	roselières et grandes cariçaies eurasiatiques à holarctiques, amphibies à hydrophiles.	mégaphorbiaies hygrophiles, planitiaires-collinéennes à montagnardes
Chorologie mondiale	européen	circumboréal	européen
Répartition connue en France	Toute la France		
Physionomie	hémicryptophytaie/ herbiers	magnogéophytaie et magnohémicryptophytaie	magnohémicryptophytaie/ mégaphorbiaies
Etages altitudinaux (altitude)	planitiaire	planitiaire à montagnard	
Latitude	tempéré modal		
Océanité	océanique à continental		
Température	mésotherme	mésotherme à thermophile	mésotherme
Lumière	héliophile		héliophile à hémisciaphile
Exposition, pente	plat		héliophile
Optimum de développement	vernal	estival	
Humidité atmosphérique	humide	aérohygrophile	
Types de sol et d'humus	réductisol	gyttja à tourbe	anmoor
Humidité édaphique	aquatique	amphibie à hydrophile	hygrophile
Texture du sol	sable, caillou	argile	
Niveau trophique	mésotrophile à eutrophile	eutrophile	mésotrophile à eutrophile
pH du sol	acidophile à basophile	basophile	acidophile à basophile
Salinité	dulçaquicole	glycophile	
Dynamique	climacique	primaire	primaire à secondaire
Influences anthropozoogènes	aucune		fauche épisodique à aucune

2.10 Quelles sont les pistes d'analyse des résultats pour répondre à la problématique ?

Sur les [conseils de Baeta \(2021\)](#), en charge de l'analyse statistique des données du protocole de [Baeta et al. \(2015\)](#), il peut être intéressant de réfléchir à l'échelle des sites d'étude en comparant les caractéristiques écologiques de leurs mailles respectives. Cela permet de savoir si la proportion de certaines variables environnementales des berges prospectées peut potentiellement expliquer la présence/absence des espèces recherchées et si les mailles prospectées des deux sites d'étude sont similaires ou s'il y a des différences notables pouvant élucider les possibles différences d'effectifs d'exuvies récoltées entre les sites.

En réalisant également un modèle pour chaque site d'étude avec la densité moyenne d'exuvies par site et les variables environnementales relevées, l'objectif serait de comprendre ce qui influence les données.

Enfin, il est précisé l'impossibilité évidente d'utiliser les données ligériennes du protocole de 2015 à 2020 pour la comparer aux données de cette étude à travers une analyse statistique tant les caractéristiques écologiques, météorologiques et hydrologiques se modifient annuellement. Il serait donc plus pertinent de comparer les données de l'étude à celles du bassin de cette année. Selon [Chevalier \(2020\)](#), la prise de recul nécessaire à une analyse ne peut se faire qu'à partir de 3 années de suivi.

3. UNE METHODOLOGIE A L'ECHELLE LIGERIENNE

3.1 Connaissance des sites et des espèces ciblées par l'étude

Pour mener à bien les missions du poste, un travail bibliographique à plusieurs échelles (bassin versant, cours d'eau et parties des cours d'eau concernées par l'étude) a été mené afin de comprendre dans quel contexte évolue les espèces ciblées par l'étude. A cela s'ajoute, une synthèse bibliographique débutant par une vision globale sur les Odonates terminant sur divers questionnements en lien avec la problématique en passant par les spécificités connues des populations ligériennes d'*O. cecilia* et *S. flavipes* a permis de comprendre la dynamique des espèces avec les connaissances actuelles.

3.2 Des échanges riches pour une meilleure compréhension du protocole et de meilleures réponses à la problématique

Dans le but d'appliquer le protocole de [Baeta et al. \(2015\)](#), la compréhension de celui-ci et du contexte dans lequel il s'inscrit fut primordial. Pour cela, les connaissances et expériences des professionnels ont complété cette compréhension notamment Romain Deschamps, chargé d'études du CEN Allier ayant déjà appliqué ce protocole sur la RNR Val de Loire bourbonnais et Bérénice Fierimonte, chargée de mission Loire à la FCEN. En charge de fournir les mailles tirées aléatoirement à la demande des structures ligériennes et de mutualiser les résultats suite à l'application de ce protocole, Bérénice Fierimonte a pu également aider à la compréhension du jeu d'acteurs autour de ce protocole tout en partageant de nombreux documents présents sur le Centre de Ressources Loire Nature en rapport à ce protocole ligérien.

Dans le cadre de la future analyse statistique des données, l'échange avec Renaud Baeta, chargé de mission Biodiversité et animateur du Plan Régional d'Actions Odonates (PRAO) Centre Val de Loire, a permis de traiter certains points sur la manière d'analyser les futures données tout en conseillant sur la manière de répartir le temps de terrain et d'analyse.

Une rencontre inattendue sur le terrain avec Hélène Chevalier, chargée d'études et garde technicienne de la RNR Loire Bourguignonne (CEN Bourgogne), a permis un échange sur le début des données de cette année, de ses expériences des années précédentes et de ses hypothèses sur le faible nombre de données en amont de la Loire.

La réunion Gomphes organisée par la FCEN a permis un retour sur les observations de cette année avec une partie des acteurs ligériens appliquant le protocole. Des échanges avec les professionnels du groupe Gomphes Loire ou extérieurs au bassin ligérien permettent un partage d'expériences/avis utiles pour répondre à la problématique.

3.3 Etat des lieux des données antérieures à l'étude

Pour réaliser l'état des lieux des données antérieures à l'étude, une prise de contact auprès des acteurs locaux ont été nécessaires. Pour la partie Allier, Guillaume Leroux (conservateur de la RNN Val d'Allier – LPO Auvergne) et Quentin Barbotte (entomologue – SHNA) ont partagé leurs données. Quelques données proviennent du site Hub'Eau.

Cet état des lieux a été complété par quelques données opportunistes et la base de données de la FCEN, partagée par Bérénice Fierimonte sous accord de toutes les structures ayant participées à ce protocole, dont les analyses statistiques participant à l'amélioration des connaissances sur leur écologie sont utilisées dans le contexte d'étude et la synthèse bibliographique.

Les données de cet état des lieux sont regroupées sur un projet QGIS. Certaines données comportaient seulement l'information présence/absence, des années de début et de fin d'inventaire sans préciser l'année de l'observation ou encore seulement le genre. Aussi, étant remplies de manière très différente, les données ont été fusionnées en prenant en compte la structure, la présence/absence des espèces et la date de l'observation afin de réaliser des cartes homogènes. Toutefois, un dossier « Etat des lieux » comprend toutes les données partagées.

3.4 Préparation du terrain avant la mise en application du protocole

La totalité du nombre de mailles données par la FCEN et sélectionnées suite à la phase de terrain se trouve sur le même projet QGIS cité précédemment. Une phase de terrain avant la mise en application du protocole a été réalisée afin de vérifier si certaines mailles répondaient à la condition d'une longueur prospectable de plus de 100 m du protocole et si elles étaient accessibles notamment sur la partie nord de l'Allier, zone principalement préservée et donc avec un possible accès difficile.

Un rétroplanning a été réalisé afin de déterminer le nombre de jours destinés par passage. A raison de 35h par semaine et de 4 passages de mi-mai à mi-août, 15 jours ouvrés ont été calculés afin de répondre à la future application du protocole sur le terrain. Sur les conseils de Romain Deschamps, 5 jours ouvrés sont à garder en réserve en cas de météo non favorable et/ou les variations capricieuses des niveaux d'eau ce qui laisse alors 10 jours ouvrés pour le terrain par passage. Avec son expérience de 5 mailles par jour relativement proches les unes des autres sur la RNR Val de Loire en une journée et sur les [conseils de Baeta \(2021\)](#) de garder 1 jour à partir du 2^{ème} passage pour l'entrée et l'analyse progressive des données, il a alors été choisi de faire 4 mailles par jour avec 5 jours de mauvais temps, 1 jour d'entrée des données et 9 jours de terrain par passage. Le premier passage a servi à donner un aperçu de la faisabilité de ce rétroplanning.

En parallèle, la préparation pré-terrain a compris plusieurs mesures. Trois carnets de terrain, un pour l'Allier, un pour la Loire et un dernier pour les documents généraux ont été créés. Le carnet des documents généraux comprend le protocole, les fiches de terrain et les dérogations préfectorales autorisant « la capture d'individus, avec relâché immédiat sur le lieu de capture, et la collecte d'exuvies, pour identification lors d'inventaires et suivis de la faune sauvage sur le(s) taxon(s) suivant(s) : Odonates » pour les 3 départements concernés par l'étude. Les carnets des sites d'étude comprennent chacun un tableau avec le numéro unique des mailles, deux cartes IGN avec la localisation et numéro des mailles à prospecter sur l'ensemble du site (l'une pour l'aval et l'autre l'amont), une carte par maille avec la carte topographique pour les chemins en opacité et photographie aérienne.

Le projet QGIS avec toutes les mailles a été chargé sous format kml sur l'application Oruxmaps du Trekker-X3, portable professionnel mis à disposition par le CEN Allier.

Afin d'y accéder, la localisation des mailles a été entrée dans l'application Google maps sur le portable personnel (les Trekkers n'ayant pas de carte SIM). Enfin, le matériel de terrain a été regroupé. Il comprend :

- des récipients pour la récolte d'exuvies ;
- un bouchon en liège avec une ficelle d'1 m pour la vitesse du courant comme indiqué sur le protocole de Baeta *et al.* (2015) ;
- une loupe de terrain et un mètre de poche ;
- des cartes IGN des sites en cas de zones hors réseau internet (nombreuses sur les sites) ;
- un cahier d'identification des Libellules de Grand *et al.* (2019) ;
- un Trekker.

Une notice d'utilisation de l'application Oruxmaps est facilement consultable au CEN Allier. Dans le cas d'un emprunt impossible de longue durée d'un Trekker, quelques documents ont été partagés sur l'utilisation Oruxmaps sur le portable professionnel par Vincent Légé, chargé de projets au CEN Auvergne.

3.5 Mise en application du protocole sur le terrain et au bureau

3.5.1 Avant le terrain

Avant d'effectuer tous relevés sur le terrain, il convient d'être attentif aux conditions favorables aux émergences (cf. 2.3.7 *Quelles conditions pour observer les Odonates et plus particulièrement les Gomphes ?*) et dans le protocole de Baeta *et al.* (2015).

Aussi, la veille des niveaux d'eau s'est effectuée sur vigicrues.gouv.fr au travers des stations suivantes :

- la station Gilly-sur-Loire pour la partie Loire ;
- les stations Moulins et Châtel-de-Neuvre pour la partie Allier.

Enfin, le site meteociel.fr a été utilisé pour les conditions climatiques (Moulins pour la partie Allier et Diou pour la partie Loire).

3.5.2 Sur le terrain

Outre la méthodologie de la mise en application du protocole sur le terrain citée dans la partie *1.6.1 Un protocole homogène adapté aux spécificités des populations ligériennes avec ...*, la longueur de chaque section doit être relevée. Pour cela, un point GPS est créé à chaque changement de section sur le tracé de prospection, effectué en bottes, de la maille.

La réutilisation de récipients de cuisine compartimentés ont permis de différencier les exuvies recoltées par section, ceci afin d'éviter de prendre un nombre trop important de récipients non compartimentés et encombrants.

Afin d'illustrer l'évolution du tracé de prospection de la maille, des photos ont été systématiquement prises par passage par le Trekker.

3.5.3 Après le terrain : identification des exuvies

Quant à la mise en application du protocole au bureau, une fois les exuvies prélevées, elles sont identifiées à l'aide d'une loupe binoculaire, d'une règle et de la clé de détermination de [Doucet \(2012\)](#).

Les exuvies sont stockées dans les récipients avec le numéro de la maille, la date de la récolte, le site d'étude, le nom de l'observateur, le nom en latin de l'espèce et le protocole adopté pour une potentielle future analyse écotoxicologique.

3.5.4 L'adaptation du retroplanning au terrain

Pour les premiers jours de terrain, au vu des niveaux d'eau trop élevés, il a été choisi de privilégier les mailles accessibles tels que les bancs de galets afin d'attendre la diminution des niveaux d'eau. Au vu du nombre trop important de mailles prévues, le reste de mailles a été sélectionné de manière aléatoire sur QGIS.

3.6 Entrée des données de terrain

Les photos sont rangées et triées dans une photothèque sur le serveur du CEN. Une fois le tracé et points GPS exportés en kml sur QGIS, il convient de mesurer la distance entre les

deux points de début et de fin de la section en suivant approximativement le tracé irrégulier du GPS.

Après l'identification des exuvies, les données sont rentrées sur le fichier excel facilement téléchargeable sur le Centre de Ressources Loire Nature. Le tracé GPS de chaque passage est enregistré dans un fichier sur le serveur du CEN Allier.

Les données sont uniquement localisées, sans la délimitation de la maille, sur la base de données SICEN du CEN Allier et non sur le projet QGIS créé pour l'étude de cette année. A titre d'exemple, si 20 exuvies d'une même espèce, ont été récoltées et identifiées sur une maille, elles seront localisées en un seul point sur SICEN. Les exuvies récoltées dans une même maille ne font pas l'objet d'une localisation GPS précise. Les informations complétées sur SICEN sont les suivantes :

- code analytique propre à chaque site d'étude ;
- type de protocole utilisé ;
- date d'observation ;
- espèce (latin) ;
- effectif ;
- âge (exuvie, immature, adulte) ;
- sexe ;
- remarques d'observation (préciser le numéro de la maille prospectée) ;
- statut de validation (automatiquement « validée ») ;
- détermination (Vu, Prélèvement, Absence, ...).

Les données des mailles non prospectées 4 fois sont rentrées dans la base de données SICEN sans figurer dans le fichier excel pour la FCEN. Elles sont alors décrites pour le CEN Allier dans un autre fichier excel. Il est donc normal de ne pas avoir le même effectif total d'exuvies entre le fichier excel et SICEN.

3.7 L'amélioration des connaissances sur *O. cecilia* et *S. flavipes*, élargissement du champ de recherche

Espèces réparties sur le bassin ligérien, la réponse à la problématique ne peut se faire uniquement à partir des données des sites d'étude, et ce, même si les données ont plusieurs années. Il devient nécessaire de raisonner a minima à l'échelle du bassin versant afin de développer des pistes de réflexion pouvant potentiellement répondre à la problématique.

4. DES RESULTATS PEU CONSEQUENTS ET UNE INTERPRETATION LIMITEE ...

4.1 Un nombre conséquent de mailles prospectées dès le passage 1 ...

Sur les 45 mailles sélectionnées avant le 1^{er} passage, 27 mailles (11 mailles pour la Loire et 16 pour l'Allier) ont été observées lors du 1^{er} passage. Au vu de l'éloignement important des mailles les unes des autres, il a été choisi de privilégier les mailles situées sur le périmètre du site d'étude Val d'Allier Nord afin de correspondre aux attentes prioritaires des financeurs. Cela correspond donc à une longueur du site à 46,6 km (initialement de 95 km) et une altitude passant de 227 m au sud (initialement à 263 m) à 179 m.

Dès le premier passage, comme indiqué dans le Tableau 19 en rouge et localisé sur la Figure 65, 10 mailles ont été supprimées en raison de leur inaccessibilité. Avec 9 dates distinctes, seules 4 mailles ont été prospectées 4 fois respectant, ainsi, le protocole de [Baeta et al. \(2015\)](#).

Tableau 19 : mailles prospectées sur les sites d'étude

Sites	Identifiant de la maille	Dates de prospection			
		Passage 1	Passage 2	Passage 3	Passage 4
Partie Loire	13301	02/06/21	14/06/21	20/07/21	Hors protocole
	13725	26/05/21	16/06/21	20/07/21	11/08/21
	13768	26/05/21	14/06/21	20/07/21	11/08/21
	14266	26/05/21	16/06/21	20/07/21	11/08/21
	14719	02/06/21	28/06/21	Hors protocole	
	14847	01/06/21	Hors protocole		
	14986	01/06/21	Hors protocole		
	15402	01/06/21	Non faite	Hors protocole	
	15560	01/06/21	Non faite	Hors protocole	
	16052	08/06/21	28/06/21	Hors protocole	
Partie Allier	16593	08/06/21	Hors protocole		
	13245	09/06/21	Hors protocole		
	13387	25/05/21	15/06/21	19/07/21	Hors protocole
	13486	27/05/21	Non faite	Hors protocole	
	13836	09/06/21	Hors protocole		
	13955	25/05/21	Non faite	19/07/21**	Hors protocole
	13972	25/05/21	Hors protocole		
	14154	27/05/21	15/06/21	19/07/21	10/08/21
	14216	27/05/21	Non faite	19/07/21**	Hors protocole
	14490	31/05/21	Hors protocole		
	14572	31/05/21	Non faite	12/07/21**	Hors protocole
	14659	31/05/21	Non faite	12/07/21**	Hors protocole
	14738	31/05/21	Hors protocole		
	14864	31/05/21	Hors protocole		
	16418	09/06/21	Non faite	08/07/21**	Hors protocole
16462	09/06/21	Hors protocole			
16600	31/05/21	Non faite	08/07/21**	Hors protocole	

Légende du Tableau 19 :

- **rouge** : mailles inaccessibles (berges parfois absentes/floues, accès difficile voir dangereux) ou hors protocole (berges accessibles dont la distance est inférieure à 100m) dès le 1^{er} passage ;
- **vert** : mailles inaccessibles ou hors protocole pour le 2^{ème} passage ;
- **bleu** : mailles inaccessibles ou hors protocole pour le 3^{ème} passage ;
- les dates de prospection remplissant les conditions du protocole sont en **noir**, celles qui sont suivies de deux étoiles** sont des dates de prospection bonus hors protocole ;
- « Non faite » : en raison des conditions non favorables pour le terrain (météo et/ou niveaux d'eau), ces mailles n'ont pu être prospectées ;
- « Hors protocole » : pour les raisons citées ci-dessus, les mailles ne répondent plus à une condition du protocole (prospector 4 fois la maille).

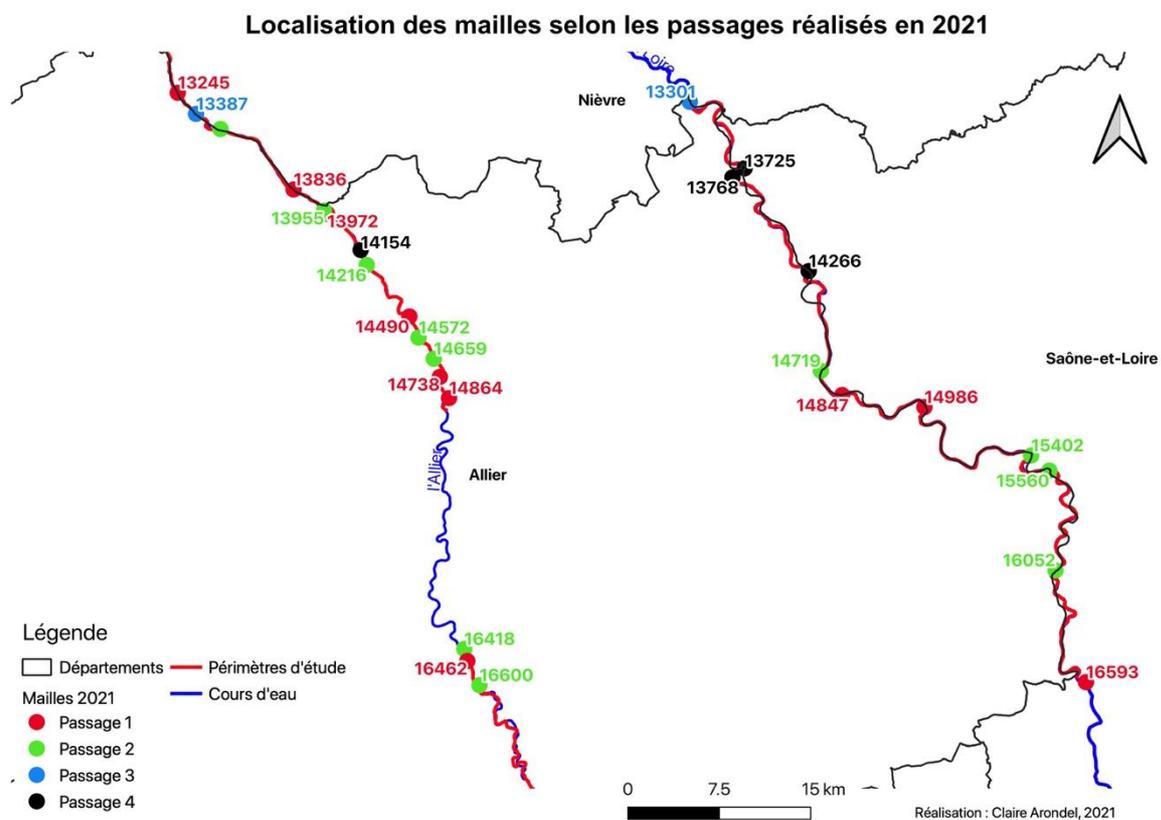


Figure 65 : localisation des mailles selon les passages réalisés en 2021

4.2 ... pour un bilan des récoltes d'exuvies peu satisfaisant

Concernant les exuvies recherchées des deux espèces, seule une exuvie d'*O. cecilia* a été recoltée sur la rivière Allier de l'étude (rive gauche de la maille n°14154) sur l'ancienne île de Ray lors du 2^{ème} passage (15/06/21) (Figure 65 et Figure 66). Un imago *O. cecilia* a également été vu durant cette prospection à quelques mètres de la localisation de l'exuvie.

Toutes mailles et passages confondus, il y a donc 41 données d'absence pour *S. flavipes* et 40 données d'absence pour *O. cecilia* et 1 donnée de présence.

Les caractéristiques écologiques de la section parcourue à ce moment sont les suivantes :

- morphologie de la berge : 45-75° ;
- habitat rivulaire : mélange homogène entre une ripisylve dominante et des berges nues ;
- vitesse du courant : 5-20cm/s ;
- texture sédimentaire : limons grossiers/sables fins.

Ce résultat n'est en aucun cas représentatif des zones d'émergence d'*O. cecilia* et n'est donné qu'à titre purement informatif.

Hors espèces ciblées par l'étude, 393 exuvies d'*Onychogomphus forcipatus* ont été récoltées et identifiées selon le protocole avec 300 sur la partie Allier et 93 sur la partie Loire. Ces chiffres concernent des mailles ayant eu une distance de prospection supérieure à 100m, même si elles n'ont pas été prospectées 4 fois (Tableau 20).



Figure 66 : section prospectée sur la maille 14154 lors du 2ème passage (document personnel)

Tableau 20 : totalité du nombre d'exuvies d'*O. forcipatus* récoltées et identifiées selon les distances de prospection par site d'étude

	Nombre d'exuvies d' <i>O. forcipatus</i> récoltées et identifiées		Total
	Partie Allier	Partie Loire	
Distance de prospection supérieure à 100m	300	93	393
Distance de prospection inférieure à 100m	7	19	26
Total	307	112	419

4.3 Les variables environnementales relevées

Sur les 4 mailles prospectées 4 fois, pour une distance totale prospectée de plus de 2 km, les caractéristiques écologiques dominantes restent similaires à celles rencontrées sur la totalité des mailles prospectées dont la distance de prospection fut supérieure à 100 m, à savoir des pentes <10°, des berges nues, une vitesse du courant <5cm/sec et des sédiments grossiers avec des galets/blocs (Figure 67 et Figure 68). Au vu de la pression d'inventaire hétérogène des 17 mailles, les résultats ne sont donnés qu'à titre informatif et ne peuvent faire l'objet d'une analyse poussée.

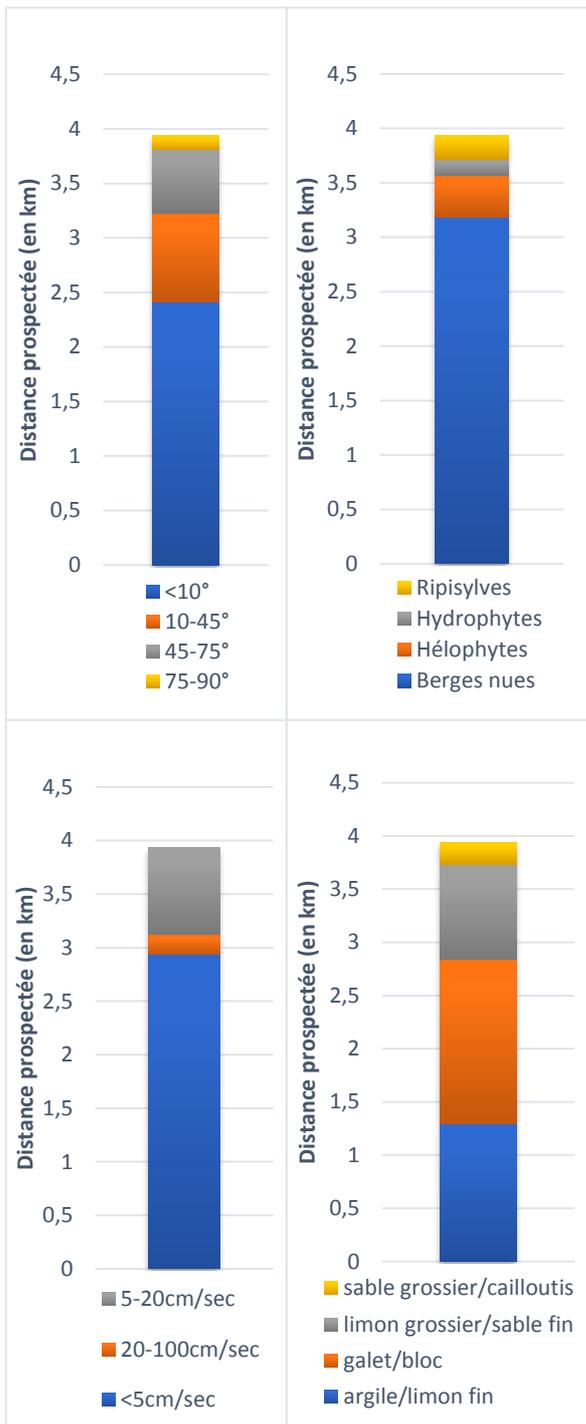


Figure 67 : caractéristiques écologiques des berges parcourues des 4 mailles respectant le protocole de Baeta et al. (2015)

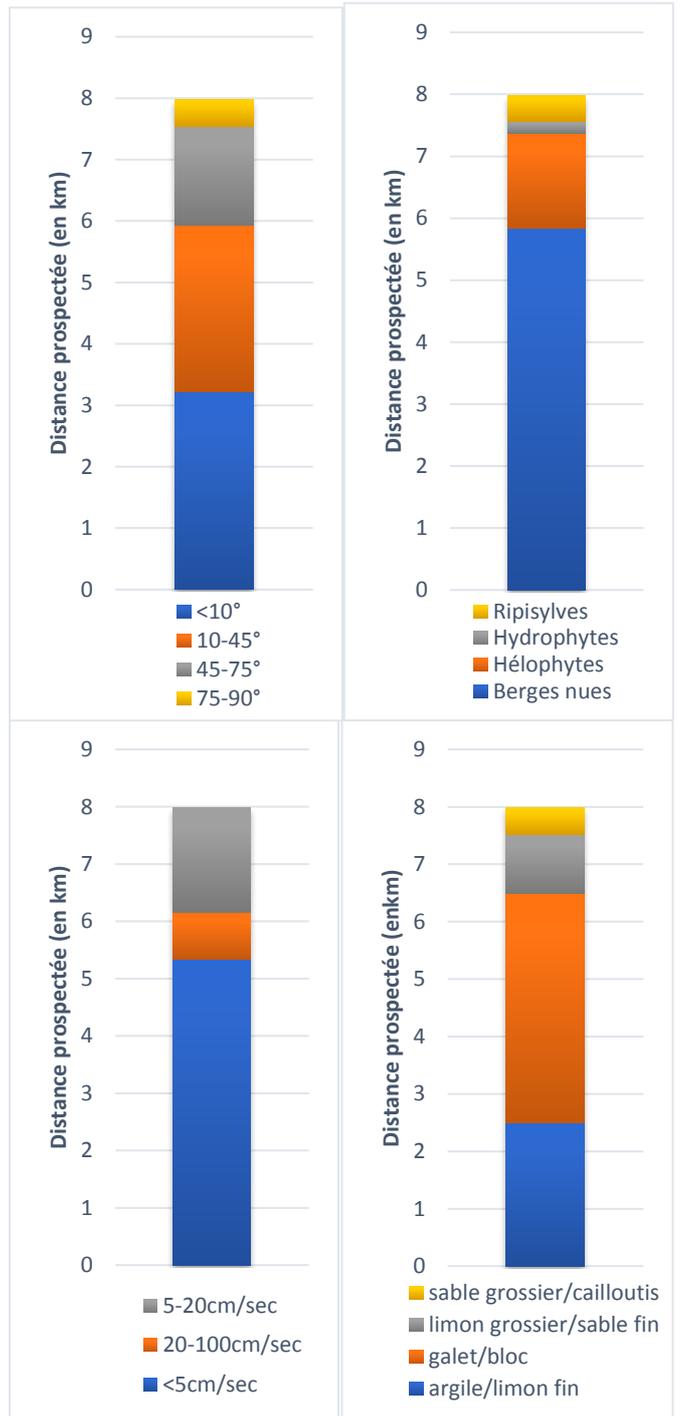


Figure 68 : caractéristiques écologiques des berges parcourues des 17 mailles dont la distance de prospection fut supérieure à 100m

5. ... POUR UNE DISCUSSION GLOBALE

Après un contexte d'étude complexe et une synthèse bibliographique conséquente, le résultat de terrain de cette année ne peut, en toute logique, répondre à lui seul à la problématique. Suite à ce manque flagrant de données, un retour d'expérience pour la prochaine étude est apporté avec une vision critique sur l'ensemble de l'étude menée après avoir partagé les possibles raisons de ce défaut de données.

5.1 Pourquoi un faible nombre de données de présence ?

Outre l'état des lieux ne montrant que très peu de données en amont du bassin versant ligérien en comparaison à d'autres parties du bassin ligérien, ce manque de données peut s'expliquer par certains éléments de cette année.

5.1.1 Des conditions non favorables à la récolte d'exuvies et aux émergences

Les conditions météorologiques

Lors du 1^{er} passage, la météo et les niveaux d'eau de chaque site d'étude n'ont pas permis de débiter le terrain dès le 17 mai. Le terrain n'a pu commencer qu'à partir du 26 mai, et ce, même si les conditions météorologiques n'étaient pas favorables.

En raison des données météorologiques non accessibles sur internet, il n'est pas possible d'illustrer les conditions météorologiques non favorables aux émergences qui n'ont pas permis d'aller sur le terrain. Cependant, la Figure 69 permet de visualiser les températures lors des jours de terrain avec la

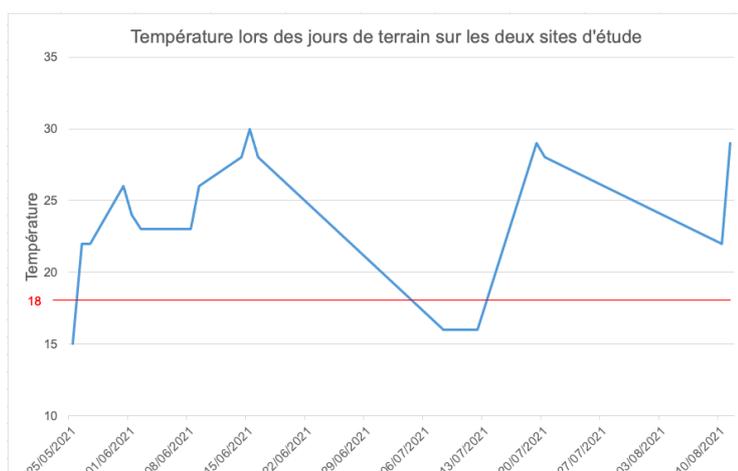


Figure 69 : température lors des jours de terrain sur les deux sites d'étude

température minimale de 18°C favorable aux émergences. La condition de la température fut majoritairement respectée excepté 3 jours de terrain. De ce fait, elle ne peut être le seul facteur d'explication du manque de données de cette année.

La fluctuation des niveaux d'eau

Outre les augmentations naturelles des niveaux d'eau suite à une pluviométrie importante en amont ou sur les sites même, les niveaux d'eau ont également augmenté due à la gestion contrôlée ou non des barrages. Concernant la Loire, le barrage de Villerest situé bien en amont, a ouvert ces vannes afin de maintenir un certain niveau d'eau (Figure 70). Quant à l'Allier, comme indiqué sur la Figure 71, le niveau d'eau lors du 2^{ème} passage a

considérablement augmenté à la fin du mois de juin suite à la rupture d'une vanne du pont barrage à Vichy (Perrinaud, 2021). Le terrain fut donc impossible en raison de la hauteur d'eau et des débits trop importants ayant emportés toutes les exuvies.

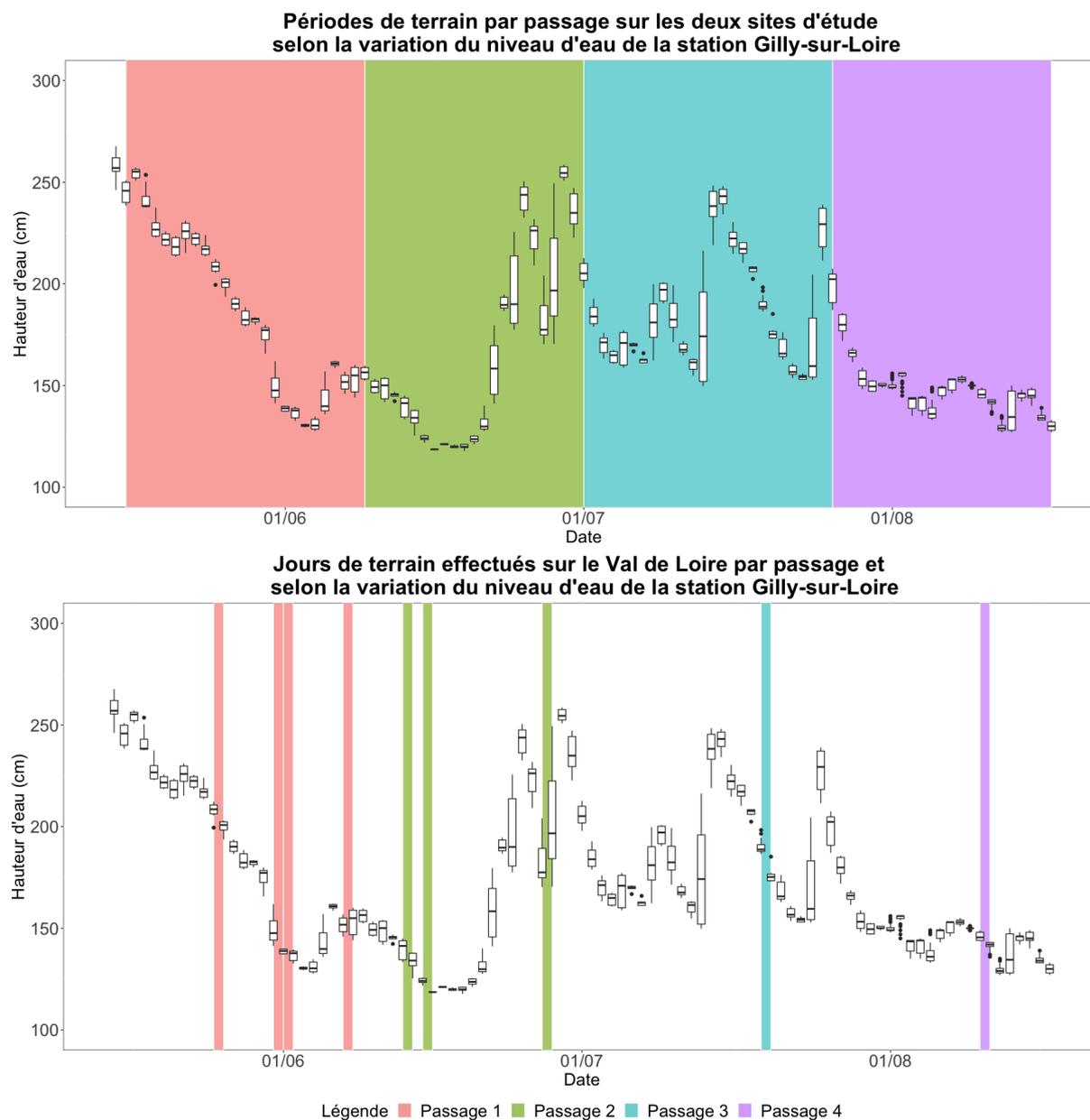


Figure 70 : périodes de terrain prévues par passage sur les deux sites et jours de terrain effectués sur le Val de Loire selon la variation du niveau d'eau de la station Gilly-sur-Loire (du 17/05/21 au 17/08/21) (Banque Hydro – Eaufrance)

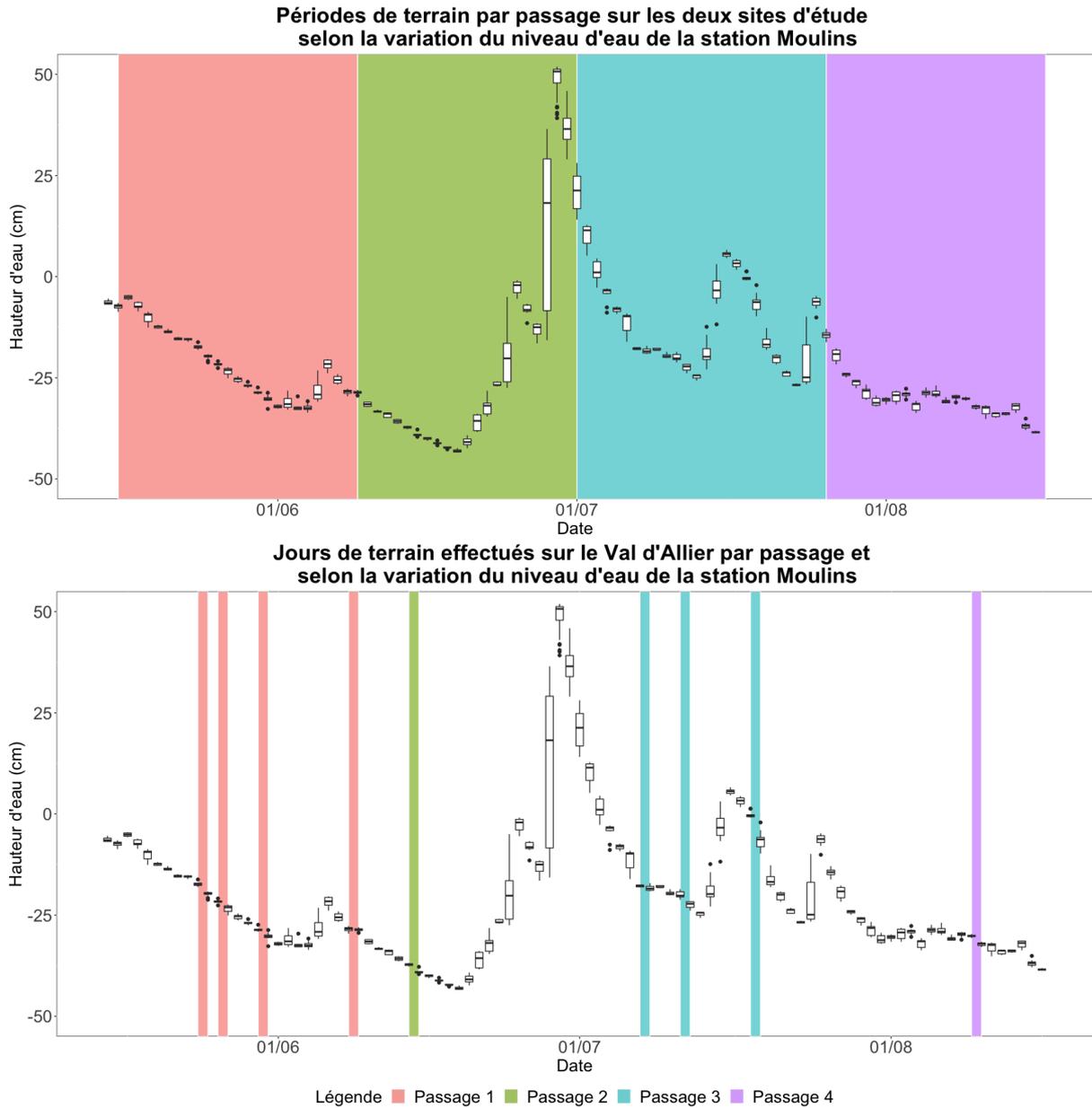


Figure 71 : périodes de terrain prévues par passage sur les deux sites et jours de terrain effectués sur le Val d'Allier selon la variation du niveau d'eau de la station Moulins (du 17/05/21 au 17/08/21) (Banque Hydro – Eaufrance)

Les Figure 72 et Figure 73 permettent de comprendre l'impact de la fluctuation des niveaux d'eau sur la faisabilité de prospection des mailles.

Tracés de prospection selon les passages sur la maille 14154

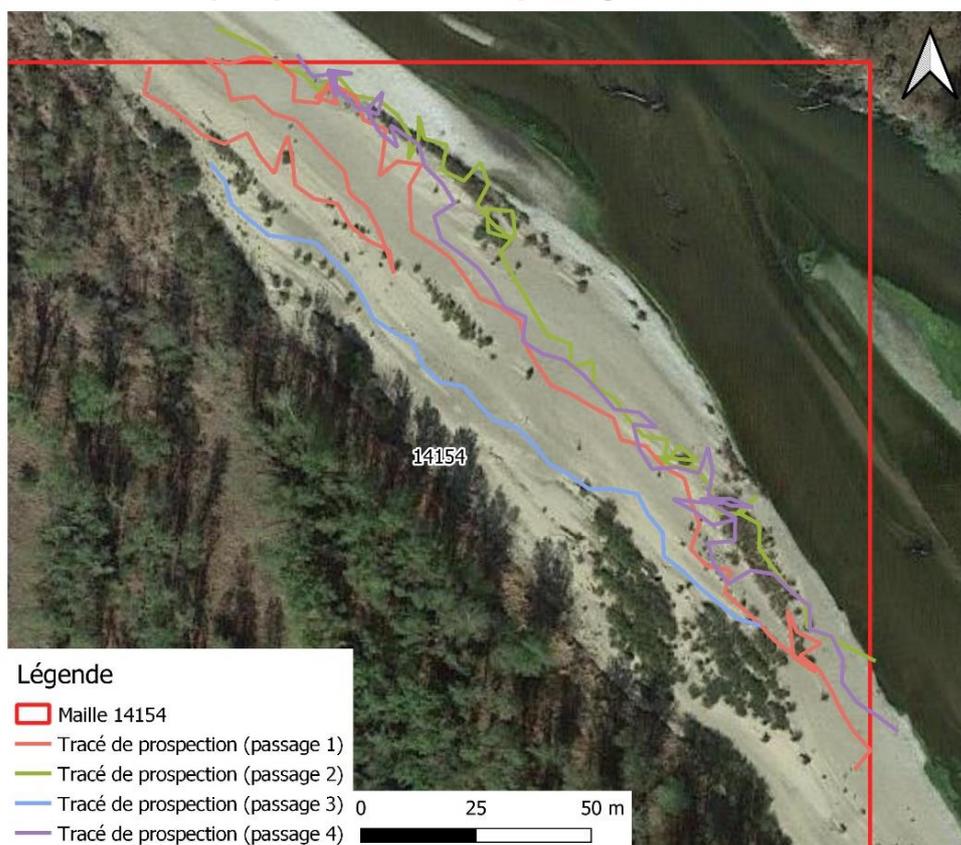


Figure 72 : tracés de prospection selon les passages sur la maille 14154 (Google Satellite)

Passages effectués sur la maille 14154 selon la variation du niveau d'eau de l'Allier (station Moulines)

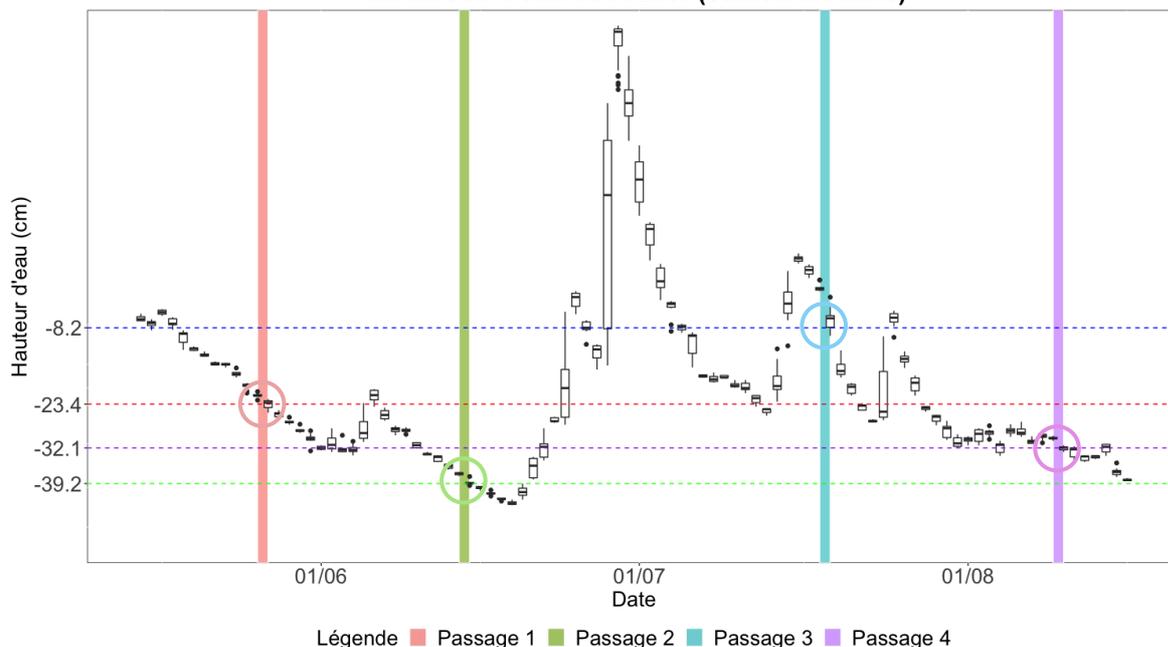


Figure 73 : passages effectués sur la maille 14154 selon la variation du niveau d'eau de l'Allier (station Moulines) du 17/05/21 au 17/08/21 (Banque Hydro – Eaufrance)

La variation importante de la météo et des niveaux d'eau a eu un impact direct sur la faisabilité de la prospection et les potentielles données qui en découlent. Lors de fortes chaleurs, les émergences se font à moitié dans l'eau. En conséquence, s'il y a eu des épisodes de fortes chaleurs avant une augmentation du niveau d'eau sans que le terrain n'ait pas été réalisé avant, les récentes exuvies sont rapidement emportées par l'eau.

5.1.2 Des variables environnementales peu favorables à la présence importante d'exuvies

Outre les conditions météorologiques et la fluctuation des niveaux d'eau trop importante, il apparaît très clairement que la majorité des variables environnementales des mailles prospectées ne sont pas propices à accueillir une densité importante d'exuvies (Tableau 21).

Tableau 21 : comparaison des variables environnementales relevées sur le terrain et celles délaissées par les émergences avec l'étude de [Baeta \(2021\)](#)

Variables environnementales relevées	Zones d'émergences délaissées (Baeta, 2021)	Variables environnementales dominantes prospectées des 4 mailles (protocole)	Variables environnementales dominantes prospectées des 17 mailles (hors protocole)
Habitats rivulaires	berges nues	berges nues	berges nues
Vitesse du courant	secteurs sans courant	secteurs sans courant	secteurs sans courant
Texture sédimentaire	sédiments grossiers	sédiments grossiers et fins	sédiments grossiers et fins
Pente des berges	plat	plat	plat à pente faible

La Figure 74 permet de remarquer la morphologie des mailles prospectées, à savoir majoritairement des bancs de galets, dans les angles convexes du cours d'eau où le courant est relativement faible. Comme l'ont attesté [Orioux et Laleure \(1990\)](#), une plus grande densité d'exuvies est observée sur les berges un peu abruptes (réseaux racinaires des peupliers et saules) à l'inverse des grèves même si des observations restent possibles.

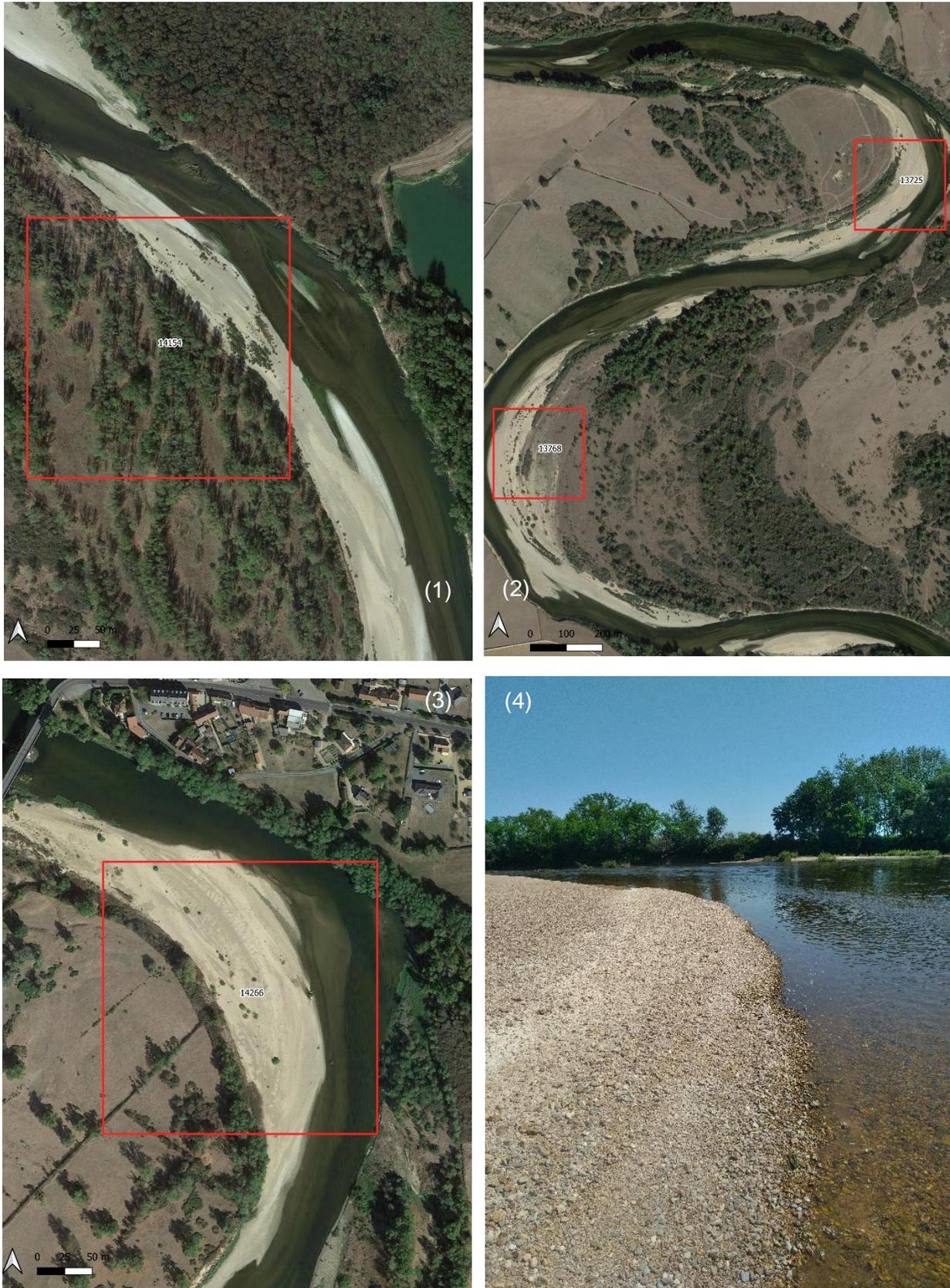


Figure 74 : morphologie des 4 mailles prospectées avec les photographies aériennes des mailles : (1) 14154 (Val d'Allier) ; (2) 13725 (en haut) et 13768 (en bas) (Val de Loire) ; (3) 14266 (Val de Loire) (Google Satellite) ; (4) une section de la maille 13725 lors du 2ème passage (16/06/21) (documents personnels)

5.2 Retour d'expériences face aux difficultés rencontrées

5.2.1 Adaptation difficile du terrain face aux conditions météorologiques et hydrologiques

Ce protocole n'ayant jamais été appliqué sur ses sites d'étude, un nombre conséquent de mailles fut demandé à la FCEN. Malgré un premier tri par le CEN puis un second lors de l'étude avec un rétroplanning, il fut difficile de prévoir la faisabilité de prospection des 45 mailles triées réparties sur les deux sites d'étude. Les premiers jours de terrain du premier passage devaient alors servir à évaluer cette faisabilité.

Après les 5 jours passés de terrain prévus pour ses mauvaises conditions, il a été choisi de faire les relevés malgré des conditions encore non favorables dans un but d'avoir un nombre conséquent de mailles pour les prochains passages. En raison des niveaux d'eau encore relativement hauts, les mailles facilement accessibles, c'est-à-dire dans des angles convexes, ont été priorisées, tels que les bancs de galets, le temps que la hauteur d'eau diminue. Bien que préservées et propices à la récolte d'exuvies, certaines parties des sites d'étude comme le Val d'Allier Nord ont été jugées comme dangereuses à prospecter et/ou inaccessibles lors de la prospection. Comme cité précédemment, un nombre conséquent de mailles fut alors supprimé dès le 1^{er} passage. De ce fait, les premiers jours de terrain n'ont pas permis d'évaluer rapidement la faisabilité du rétroplanning due à l'absence d'une journée type, avec les récoltes d'exuvies. Les premières mailles furent donc choisies pour leur accessibilité et non de manière aléatoire comme indiqué sur le protocole suivi.

Au vu du nombre important de mailles ayant été supprimées, il est conseillé de prévoir un nombre plus élevé de mailles que prévu pour pallier à la réalité du terrain. Le retour d'expériences de cette année pourra permettre une meilleure organisation du temps, ceci afin de privilégier l'aspect aléatoire du protocole.

5.2.2 Prise en compte du temps de prospection et de la logistique

Sur la base d'expériences, il était initialement prévu de réaliser 4 à 5 mailles par jour. Pour une journée de 8h, avec des distances importantes de marche (parfois 40 min) et de voiture, seules 2 mailles par jour à raison d'1h de prospection en moyenne par maille fut possible. La durée de prospection varie. Pour une personne débutant dans la recherche d'exuvies de Gomphidae alluviaux, les premières prospections le long des berges ont duré en moyenne 45 min le temps d'habituer l'œil. Avec un nombre important d'exuvies à récolter, 2h de prospection furent parfois nécessaires pour la récolte.

Il est important de préciser l'impossibilité d'utiliser un canoë demandant une logistique trop importante (deux voitures et deux personnes). Le temps de marche entre la voiture et la maille étant parfois long (pouvant aller jusqu'à 40 min) et le chemin hasardeux, la prospection n'a pu

se faire qu'en bottes limitant le relevé de certaines mailles certainement accessibles en cuissardes, waders ou canoë.

5.2.3 Mise en application parfois floue du protocole sur le terrain

La diversité de la morphologie des sections des mailles a amené à se questionner sur l'application du protocole sur le terrain tels que la dénomination de ripisylve/hélophytes, des berges absentes ou des berges parfois très hétérogènes (Figure 75). Ces questionnements ont été partagés au CEN Allier à Romain Deschamps, chargé d'études et lors de la réunion Gomphes de juin à Renaud Baeta.

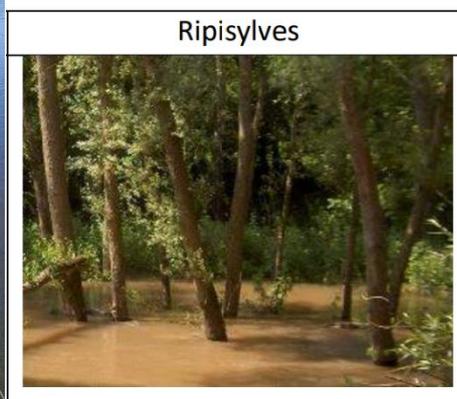
Dans le cas de berges absentes, la maille ne peut être prospectée, excepté le cas particulier de la Jussie. Le développement de plus en plus important de celle-ci a pour conséquence la délimitation plus ou moins floue des berges et un classement incertain entre hélophyte ou hydrophyte. Il est nécessaire de marquer la présence de cette espèce dans la partie Remarques.



Figure 75 : absence de berges (maille 14719 - 02/06/21)



Certaines pousses de saules et peupliers n'avaient pas une hauteur suffisante pour être caractérisés en tant que ripisylve (comme indiqué sur la photo du protocole) et se rapprochait d'une hauteur d'hélophytes. Après discussions, pour ce cas, il a été



choisi de classer l'habitat rivulaire en ripisylves ou hélophytes selon la hauteur (Figure 76).

Figure 76 : à gauche : exemple de jeunes pousses de saules classés en tant que ripisylves (maille 14154 - 10/08/21). A droite : capture d'écran de la photo décrivant une ripisylve dans le protocole de [Baeta et al. \(2015\)](#)

La caractérisation du vent se fait également selon la perception de l'observateur. Plusieurs questions peuvent se poser : l'estimation du vent doit-elle se faire à l'intérieur de la maille si celle-ci est abritée par une falaise d'érosion ou doit-elle se faire de manière globale (le but étant de réfléchir selon les conditions favorables aux émergences pour une larve) ?

Le relevé de la longueur des sections sur le terrain étant uniquement indiqué dans le fichier type excel d'entrée des données mis à disposition par la FCEN et non dans le protocole, il n'a pas été réalisé lors du 1^{er} passage. Information pourtant essentielle à l'analyse statistique des données, il n'a pu être effectué, en conséquence, qu'à partir du 2^{ème} passage. La morphologie des berges ne changeant que très peu, il a été facile d'en déduire les sections du 1^{er} passage.

5.2.4 Tracé GPS irrégulier

Bien que très utile, la précision du tracé GPS du Trekker semble avoir une précision de 7 m approximativement. Dans le cas d'une récolte importante d'exuvies ou d'endroits plus difficilement visibles à première vue, il est fréquent de stagner avec le GPS encore en marche. Cela amène à avoir des tracés irréguliers bien que le tracé devrait être relativement droit (Figure 77).

Dans le cas particulier d'une maille, une fois le tracé GPS enregistré, l'application indiquait une longueur de plus de 100 m lors du 1^{er} passage.

La maille pu donc être prospecter à nouveau. Or, en exportant les tracés du passage 1 et 2 sur QGIS, il a été remarqué une longueur de 80 m seulement, le reste étant inaccessible (Figure 77). De ce fait, cette maille est sortie du protocole. Pour pallier à cette difficulté, il est donc nécessaire de connaître une distance de 100 m sur la photographie aérienne de la maille avec des points repères qu'il sera facile de reconnaître sur le terrain.

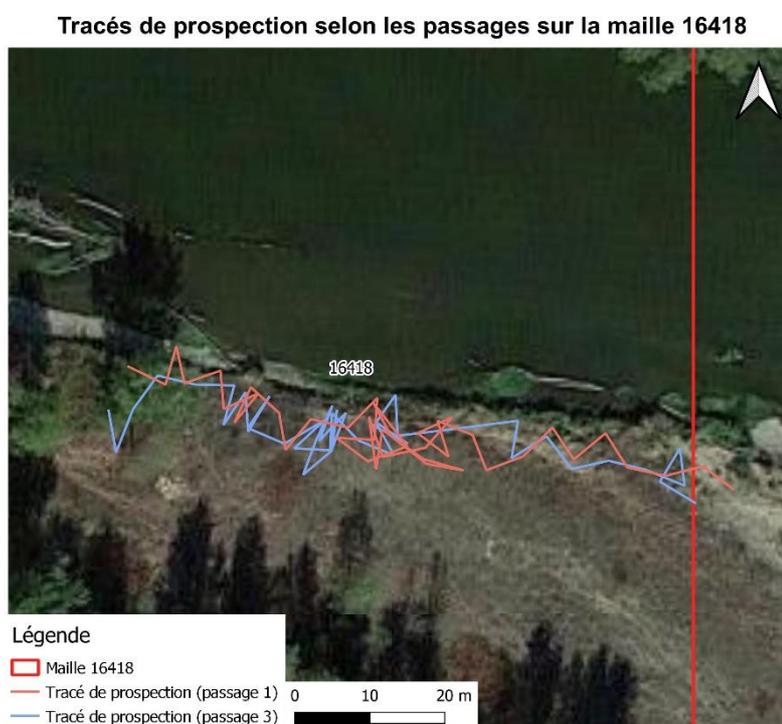


Figure 77 : tracés de prospection selon les passages sur la maille 16418 (document personnel)

5.3 Quelle vision critique pour l'étude menée cette année ?

5.3.1 Une vision critique de l'application du protocole sur le terrain

Outre les difficultés évoquées ci-dessus méritant alors une meilleure description pour la caractérisation des variables environnementales, en cas de variations dynamiques des niveaux d'eau, des larves peuvent se retrouver coincées dans des boires par exemple qui ne sont pas concernées par le protocole. Toutefois, par manque de temps, il devient difficile d'aller prospecter partout.

Comme tous protocoles appliqués par une personne sur le terrain, la pression est moindre. Il est tout à fait possible de ne pas voir toutes les exuvies présentes sur le tracé de prospection.

Enfin, le protocole répond à des objectifs précis d'amélioration de la connaissance des deux espèces au niveau du bassin ligérien et s'applique en conséquence à l'échelle des cours d'eau en homogénéisant la caractérisation des variables environnementales présentes sur tout le bassin. L'échelle globale de la dynamique du bassin versant, telle que la différence entre les régions naturelles du bassin, n'est pas prise en compte.

5.3.2 L'utilisation de ce protocole : une réponse adaptée à la problématique de l'étude ?

Le protocole répond à des objectifs précis d'amélioration de la connaissance des deux espèces à l'échelle du bassin versant. Il devient alors difficile de répondre à la problématique de l'étude avec pour seule application ce protocole. La recherche d'autres variables évoquées dans le contexte d'étude et la synthèse bibliographique doivent également être pris en compte.

6. CONCLUSION

Dernières rivières sauvages en France, la Loire et l'Allier génèrent une diversité de milieux naturels abritant une biodiversité remarquable telles qu'*O. cecilia* et *S. flavipes*. En raison d'un manque de connaissances sur leur écologie, leur état de conservation et leur répartition sur le bassin ligérien, ces espèces d'intérêt national et européen font alors l'objet de mesures prioritaires telle que la création d'un protocole de suivi diachronique basé sur la détermination d'exuvies des Gomphes alluviaux et la caractérisation de variables environnementales.

Etabli depuis 2015, ce protocole a permis de générer un jeu de données fiable permettant une analyse statistique poussée sur les zones préférentielles d'émergence, leur phénologie, répartition respective et des tendances potentiellement alarmantes des populations. Outre ces données, un état des lieux des données antérieures à l'étude a permis de constater un déficit en observations de ces espèces sur le département de l'Allier situé en amont du bassin versant de la Loire. En appliquant le protocole ligérien cité précédemment sur les sites Natura 2000 regroupés en « Val d'Allier 03 » et « Val de Loire bocager », l'objectif de cette étude est de connaître la répartition et l'abondance de ces espèces sur les sites concernés et d'émettre des hypothèses à ce sujet selon les résultats obtenus.

En raison des conditions météorologiques et hydrologiques de cette année, la répétition de prospection des 17 mailles du 1^{er} passage s'est avérée infaisable. Seules 4 mailles ont pu être prospectées 4 fois respectant ainsi le protocole (1 sur l'Allier et 3 sur la Loire). Toutes mailles et passages confondus, il y a eu 41 données d'absence par espèce et 1 donnée de présence (*O. cecilia*). Aussi, l'étude de cette année n'a pas permis d'atteindre l'objectif voulu avec une seule donnée de présence d'*O. cecilia* au nord du site de la partie Allier du site. Outre les espèces ciblées par l'étude, 393 exuvies d'*O. forcipatus*, espèce commune du bassin, ont été récoltées et identifiées dans les mailles respectant une distance de prospection de 100 m.

Bien que la seule donnée de cette année ne peut, en toute logique, répondre à elle seule à la problématique, en tant qu'espèces réparties sur le bassin ligérien, il reste essentiel d'élargir a minima l'échelle de cette réponse à celle du bassin versant. Le protocole répond à des objectifs précis d'amélioration de la connaissance des deux espèces à l'échelle du cours d'eau sur l'ensemble du bassin versant sans faire de différences entre les régions naturelles du bassin. Au vu du contexte d'étude vaste et complexe et de la synthèse bibliographique, du déficit encore présent de connaissances sur les espèces, de nombreuses questions sont posées sur l'interaction de possibles variables de la dynamique du milieu pouvant potentiellement impacter la présence des deux espèces. Il peut être intéressant d'élargir la réflexion sur d'autres cours d'eau abritant de fortes densités en utilisant le même protocole, ceci, afin de connaître les possibles caractéristiques de leur macro-habitat respectif favorisant leur abondance.

A l'échelle du bassin versant ligérien, le contexte d'étude a montré des différences entre régions naturelles (géologie, paysages, altitude, etc). La création d'une application, sous le

package Shiny du logiciel informatique R ou autre logiciel, permettrait de corrélérer ces différences à la présence/absence des deux espèces afin d'expliquer leur répartition hétérogène, ceci de manière interactive et temporelle. D'autres variables telles que les caractéristiques des macro-habitats, le peuplement des prédateurs aquatiques, la ressource alimentaire pour les larves, le développement d'espèces exotiques envahissantes faunistiques et/floristiques, l'ancien/l'actuel style des méandres ... pourraient également être prise en compte. Ces variables ne sont proposées qu'à titre indicatif et de manière non exhaustive. Il est tout à fait possible qu'elles ne soient pas accessibles voire inexistantes.

Mieux comprendre la corrélation entre la dynamique du milieu à l'échelle ligérienne et la présence/absence des espèces pourrait potentiellement permettre d'améliorer les connaissances des deux espèces sur les sites d'étude. Plus particulièrement, une analyse plus poussée, temporelle et spatiale, sur les noyaux de population et la dynamique de ces parties du bassin ligérien pourrait grandement contribuer à l'amélioration de la connaissance de ces espèces. Celle-ci permettrait de connaître les variables importantes participant au développement d'une densité importante d'individus que d'autres parties du bassin ligérien n'auraient pas.

A l'échelle des sites d'étude, dans le cadre d'une étude de 6 mois consacrée exclusivement à ce sujet, il peut être intéressant d'établir quelques sites référents comportant de la donnée. Cela pourrait permettre en partie une amélioration de la connaissance de ces deux espèces sur ces mêmes sites avec les résultats du protocole. Toutefois, il sera nécessaire de garder à l'esprit l'impossibilité de les comparer statistiquement au vu de l'absence du caractère aléatoire pour le choix des sites référents.

En outre, bien que de nombreuses hypothèses et pistes de réflexions puissent être émises, selon le principe du rasoir d'Ockham (ou principe de simplicité), les hypothèses les plus simples, celles qui impliquent le moins grand nombre de facteurs pour expliquer un événement, doivent être préférées ([Mazet, 2017](#)).

Pour finir, dans la continuité de cette étude, tout en poursuivant la participation et la mobilisation de l'important réseau Gomphe Loire lié à cette étude, la priorité est de réaliser une étude plus poussée sur les noyaux des populations des deux espèces ligériennes à enjeu et de continuer leur suivi sur les sites d'étude. Aussi, selon les résultats sur plusieurs années, des possibles mesures de gestion adaptées pourront être proposées basées sur une connaissance plus accrue des espèces. Bien que l'état des connaissances sur celles-ci s'est relativement bien développé grâce au protocole de [Baeta et al. \(2015\)](#), il reste encore difficile d'émettre des mesures précises de gestion. Toutefois, il est important de continuer à préserver la dynamique naturelle du milieu et les habitats naturels environnants (zones de chasse) essentiels pour le développement des espèces à l'instar de l'accroissement évident de milieux anthropisés telles que les grandes cultures par exemple.

Espèces à enjeux, il est également essentiel de les faire connaître au grand public comme le propose la Maison de la Loire avec son projet de sciences participatives CECILIA ([Lebrun, 2021](#)).

7. LISTE DES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

7.1 Bibliographie

- Agence de l'eau Loire-Bretagne. (2018). *Le territoire des délégations de l'Agence de l'eau Loire-Bretagne*. <https://agence.eau-loire-bretagne.fr/home/bassin-loire-bretagne/le-territoire-des-delegations-de-lagence-de-leau.html>
- Agence de l'eau Loire-Bretagne. (2020). *Allier-Loire amont : Un tiers des eaux en bon état*. <https://agence.eau-loire-bretagne.fr/home/bassin-loire-bretagne/zoom-sur-la-qualite-des-eaux-en-loire-bretagne-2020.html?dossierCurrentElemente45c63ca-4536-4b29-97c5-1cc2713d5974=2c8c2235-6038-43d9-9336-724ebd3a9f8f>
- Agence de l'eau Loire-Bretagne. (2021a). *FICHES DE SYNTHÈSE. Les pressions, impacts de l'activité humaine sur la qualité de l'eau du bassin Loire-Bretagne*. https://sdage-sage.eau-loire-bretagne.fr/files/live/mounts/midas/Donnees-et-documents/PUBLI_Fiches_de_synthese
- Agence de l'eau Loire-Bretagne. (2021b). *Le territoire naturel du bassin Loire-Bretagne*. <https://agence.eau-loire-bretagne.fr/home/bassin-loire-bretagne/le-territoire-naturel-de-loire-bretagne.html>
- Agence Mosaïque Environnement. (2001). *Document d'objectifs Natura 2000—Site FR 8301016 Val d'Allier Sud—Rapport principal*. DIREN Auvergne / Ministère de l'aménagement du territoire et du logement - Préfecture de l'Allier.
- Agence Mosaïque Environnement. (2002). *Document d'objectifs Site FR 8301015 « Val d'allier Nord »*. DIREN Auvergne et Bourgogne.
- Assemblée des départements de France. (2015). *ESPACES NATURELS SENSIBLES. Une politique des Départements en faveur de la nature et des paysages*.
- Bach, J.-M., Parouty, T., Leon, C., Senecal, A., Portafaix, P., Cloastre, T., Defours, A., & Baisez, A. (2015). *Recueil de données biologiques 2014 sur les poissons migrateurs du bassin Loire*. (p.

291) [Rapport d'activité]. Association LOGRAMI. <https://www.logrami.fr/telechargement/nos-publications/rapports/recueils/Rapport-Recueil-2014-LOGRAMI.pdf>

Baeta, R. (2020). *Suivi diachronique des populations ligériennes de Stylurus flavipes et d'Ophiogomphus cecilia en région Centre Val-de-Loire (Saison 2019 – Cinquième année de suivi à l'échelle régionale)* (p. 17). Association Naturaliste d'Étude et de Protection des Écosystèmes CAUDALIS / DREAL Centre Val de Loire. http://www.anepe-caudalis.fr/wa_files/Protocole_GomphesLoire_RCVL_Saison2019.pdf

Baeta, R. (2021). *Conseils sur l'analyse statistique des données de cette année et l'organisation du temps entre bureau et terrain* [Communication personnelle].

Baeta, R. (2021). *Suivi diachronique des Gomphidae de la Loire. Bilan 2015-2020*. Réunion Gomphes de Loire (FCEN), Belleville-sur-Loire. https://centrederesources-loirenature.com/sites/default/files/fichiers/2_2021-06-23_bilangomphes_caudalis.pdf

Baeta, R., Bard, D., Chantereau, M., Fritsch, B., Herbrecht, F., Hudin, S., Itac-Bruneau, R., Multeau, D., Paillat, R., Rambourdin, M., Ruffoni, A., & Alexandre, E. (2015). *Protocole de suivi diachronique des populations ligériennes de Gomphus flavipes et d'Ophiogomphus cecilia*.

Baeta, R., & Fierimonte, B. (2019a). *Connaître et suivre les populations de Gomphes de Loire dans le bassin versant—Association Naturaliste d'Étude et de Protection des Écosystèmes ANEPE CAUDALIS & Fédération des Conservatoires d'Espaces Naturels (FCEN)* [Réunion]. https://centrederesources-loirenature.com/sites/default/files/fichiers/1_2019-03-14_resultats_gomphes-de-loire_caudalis-compressé.pdf

Baeta, R., & Fierimonte, B. (2019b). *Mise en place d'un réseau de suivi de Gomphes ligériens dans le bassin versant de la Loire*. ANEPE Caudalis et FCEN. https://centrederesources-loirenature.com/sites/default/files/fichiers/062_suivis-gomphes_fcen-2019-compressé.pdf

Baeta, R., Herbrecht, F., & Fierimonte, B. (2020). *Stylurus flavipes* et *Ophiogomphus cecilia* deux mystérieuses libellules au cœur d'un programme de suivi à long terme à l'échelle du bassin de la Loire.

https://www.researchgate.net/publication/344889037_Stylurus_flavipes_et_Ophiogomphus_cecilia_deux_mysterieuses_libellules_au_coeur_d%27un_programme_de_suivi_a_long_term_e_a_l%27echelle_du_bassin_de_la_Loire

Beignier, M. (2003). *Crue de l'Allier en 2003 à Longues*. <https://www.eauvergnat.fr/les-grandes-crues-de-lallier>

Bensettiti, F., & Gaudillat, V. (2002). *Cahier d'habitats Natura 2000—Espèces animales* (Vol. 7). La Documentation française.

Bonneaud, F. (2019). Les unités de paysages : Vallée de la Loire. In *Atlas des paysages de Saône-et-Loire*. DDT de Saône-et-Loire.

Brach, M. (2018). *Caractérisation du réseau de mares du site Ramsar de la Baie de Somme et analyse de sa fonctionnalité* (p. 97) [Mémoire de stage]. Syndicat Mixte Baie de Somme Grand Littoral Picard, Les Facultés de l'Université Catholique de Lille.

Brugière, D. (1992). *Stylurus flavipes* (Charpentier, 1825) dans le moyen val d'Allier. 8(2), 36. <http://odonates.pnaopie.fr/wp-content/uploads/2010/11/BRUGIERE-D.-1992-Gomphus-flavipes-dans-le-moyen-val-dAllier.pdf>

Brulhet, J., & Goyallon, J. (1994). *Histoire géologique du Bassin parisien*. ANDRA / BRGM. https://www.youtube.com/watch?v=LMi2_LLQ950

Cadé, E., Cournez, E., Mayerau, D., Braem, A., Collet, H., Peltier, M., & Deschamps, R. (2020). *Plan de Gestion 2020-2024 de la Réserve Naturelle Régionale du Val de Loire Bourbonnais (Allier). Etat des lieux, responsabilités et enjeux*. Conservatoire d'Espaces Naturels de l'Allier.

Cadé, E., Maublanc, N., Barnel, S., Salandre, J., Cournez, E., & Peltier, M. (in prep.). *Document d'objectifs du site Natura 2000 du Val de Loire Bocager—Zone de Protection Spéciale FR2612002 et Zone Spéciale de Conservation FR2601017. Tome 1 : Etat des lieux.* (p. 71). Conservatoire d'Espaces Naturels de l'Allier.

CBNMC. (2020). *Le territoire de l'Allier.* <https://projets.cbnmc.fr/regions-naturelles/14-allier/territoire>

CEN Allier. (s. d.-a). *Les rivières.* <https://cen-allier.org/actions-de-preservation-du-conservatoire/actions-thematiques/la-mobilite-de-l-allier-et-de-la-loire/>

CEN Allier. (s. d.-b). *Une association pour agir en faveur de la biodiversité en Allier. Plaquette de présentation du CEN.* http://cen-allier.org/wp-content/uploads/CEN_Allier_plaquette_2012.pdf

CEN Allier. (2019). *Comité de suivi Natura 2000 Val de Loire d'Iguerance à Decize. Analyse de l'évolution des habitats.* [Comité de suivi Natura 2000].

CEN Allier. (2020). *Evaluation de l'état de conservation des populations de Gomphe serpentini sur la rivière Allier (03)—Action complémentaire à l'animation Natura 2000 val d'Allier 2021 pour l'utilisation d'un protocole normé ligérien* (p. 6) [Rapport d'activité]. Conservatoire d'Espaces Naturels de l'Allier.

CEN Allier. (2021). *la lisette. Agir ensemble pour la préservation du patrimoine naturel bourbonnais.* [Lettre d'information annuelle].

CEN Allier. (2021). *Organigramme 2021.* https://cen-allier.org/wp-content/uploads/Organigramme_CENAllier_2021-1.jpg

Chevalier, H. (2020). *Suivi diachronique des populations ligériennes de Gomphes—Bilan 2020-Réserve Naturelle Régionale Loire Bourguignonne* (p. 10). Conservatoire d'Espaces Naturels Bourgogne.

- Coste, S., Comolet-Tirman, J., Grech, G., Poncet, L., & Sibley, J.-P. (2010). *Stratégie Nationale de Création d'Aires Protégées : Première phase d'étude—Volet Biodiversité* (p. 84) [Rapport SPN 2010 / 7 MNHN (SPN) - MEEDDM].
- Cournez, E. (2015). *Sur les traces de l'Allier—Histoire d'une rivière sauvage* (Tomacom (Allier)). Conservatoire d'Espaces Naturels Allier.
- CRDP de l'académie de Versailles. (2010). Une libellule de taille XXL [Portfolio]. *DocSciences*.
https://www.reseau-canope.fr/docsciences/IMG/pdf/DS12_Une_libellule_de_taille_XXL.pdf
- Daire, M. (2017). *La Hêtraie relictuelle de roquefort : De l'état des lieux à la protection d'un patrimoine landais*. (p. 52) [Mémoire de stage]. Ecole Nationale Supérieure des Sciences Agronomiques de Bordeaux Aquitaine.
- Daugy, D. (s. d.). *Masque préhenseur*. <https://doris.ffessm.fr/Especies/Zygotera-sous-ordre-larves-Larves-de-demoiselles-2871>
- DDT de l'Allier. (2015). *Pluviométrie*. http://www.allier.gouv.fr/IMG/pdf/geo_pluviometrie.pdf
- DDT de l'Allier. (2016). *Les grandes familles de paysages*.
http://www.allier.gouv.fr/IMG/pdf/geo_paysage.pdf
- Deliry, C. (2021). *Piste de reflexion sur la répartition hétérogène des deux espèces* [Communication personnelle].
- Deschamps, R. (2021). *Observation d'un individu erratique (mâle) à Noyant d'Allier en 2019 dans le cadre d'un marathon naturaliste pour l'ABC Bocage*. [Communication personnelle].
- Design Hydraulique & Énergie. (2017). *Adaptation de la gestion des barrages de Naussac et de Villerest aux impacts du changement climatique*. L'Établissement public Loire.
http://www.eptb-loire.fr/wp-content/uploads/2017/12/EPTB_Livret_n2_Barrages_VF_72dpi-pages.pdf

- Dijkstra, K.-D. B., & Lewington, R. (2015). *Guide des Libellules de France et d'Europe* (Delachaux et Niestlé).
- Doucet, G. (2012). *Clé de détermination des exuvies d'Odonates de France*. Société française d'odonatologie (SFO).
- Doucet, G., Ruffoni, A., Gometz, S., & Varanguin, N. (2013). *Déclinaison régionale du plan national d'actions en faveur des Odonates—Bourgogne—2013-2017*. (p. 96). DREAL Bourgogne - Conservatoire d'Espaces Naturels (CEN) - Société d'Histoire Naturelle d'Autun (SHNA).
- DREAL Auvergne-Rhône-Alpes. (2021). *Les Réserves Naturelles Régionales (RNR)*. <http://www.auvergne-rhone-alpes.developpement-durable.gouv.fr/les-reserves-naturelles-regionales-rnr-a2537.html>
- Ducharne, A., Thiéry, D., Sauquet, E., Vidal, J.-P., Bernard, A., Bustillo, V., & Moatar, F. (2010). *ICC-HYDROQUAL. Impact du Changement Climatique sur l'hydrosystème Loire : HYDROlogie, Régime thermique, QUALité des eaux—Action 1 : Evolution hydroclimatique de la Loire et de ses affluents sous changement climatique* (p. 105). http://www.eptb-loire.fr/wp-content/uploads/2008/01/ICC-HYDROQUAL_action-1_-Hydrologie.pdf
- Dupont, P. (2010). *Plan national d'actions en faveur des Odonates* (p. 170). Office pour les insectes et leur environnement (OPIE) / Société Française d'Odonatologie (SfO) / Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de la Mer. <http://files.biolovision.net/www.faune-paca.org/userfiles/mammifres/Odonates/pnaodonatesderniereversionoct2010.pdf>
- Faucheux, M. J., & Meurgey, F. (2009). *Les sensilles antennaires d'une larve fouisseuse, Ophiogomphus cecilia (Geoffroy in Fourcroy, 1785) (Odonata, Anisoptera, Gomphidae)*. 25(2), 8.

FCEN. (2003). Les zones d'intervention Loire nature par secteurs naturels. In *Recueil d'expériences du programme Loire-Nature 2002-2006* (p. 21). Fédération des Conservatoires d'espaces naturels en collaboration avec la LPO et WWF.

Fédération départementale pêche 42. (2013). *Interdiction de consommation des poissons dans le département de la Loire*. <http://www.federationpeche42.fr/arretes-prefectoraux/interdiction-consommation.pdf>

Grand, D., & Boudot, J.-P. (2006). *Les Libellules de France, Belgique et Luxembourg* (Biotope).

Grand, D., Boudot, J.-P., & Doucet, G. (2019). *Cahier d'identification des Libellules de France, Belgique, Luxembourg et Suisse* (2ème). Biotope.

Grosbois, C. (2014). *Recherche et gestion du bassin de la Loire et ses affluents. Qualité des sédiments entre Grangent et Villerest. Livret n°12*. Université François Rabelais de Tours. <http://www.eptb-loire.fr/wp-content/uploads/2014/06/12-SedVillerest.pdf>

Grosbois, C., Dhivert, E., Desmet, M., Coynel, A., & Jugé, P. (s.d.). Villerest. *Laboratoire GéoHydrosystèmes Continentaux. Département Géosciences Environnement. Faculté de Sciences et Techniques*. <https://geosciences.univ-tours.fr/recherche/villerest.html>

Groupe Sympetrum. (2020). *Avec le Gomphe de Gené, la France possède une nouvelle espèce reproductrice*. <http://www.sympetrum.fr/rad.?p=1894>

Horellou, A. (2004). *Guide méthodologique sur la modernisation de l'inventaire des zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique (ZNIEFF) continentales. Mise à jour 2007*.

Muséum National d'Histoire Naturelle.

https://inpn.mnhn.fr/docs/SPN_2007_16_guideCorrectGrpe.pdf

Houard, X. (2020). *Plan national d'actions en faveur des « libellules »—Agir pour la préservation des Odonates menacés et leurs habitats 2020-2030* (p. 68). Office pour les insectes et leur environnement (OPIE) - DREAL Hauts-de-France - Ministère de la transition écologique et

solidaire.

http://www.consultations-publiques.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/pna_odonates_2020-2030_consultation_publicque_mtes_13_oct.pdf

IRSN. (2016). *Note : Rejets de plutonium dans la Loire. Recherche d'un marquage historique au sein d'une archive sédimentaire collectée le 21 juillet 2015 à Montjean-sur-Loire.*
https://www.irsn.fr/FR/Actualites_presse/Actualites/Documents/IRSN_NI_Rejets-plutonium-Loire_17032016.pdf

IRSN. (2019). *Note d'information : Informations de l'IRSN sur les mesures de tritium dans la Loire.*
https://www.irsn.fr/FR/Actualites_presse/Actualites/Documents/IRSN_NI-Tritium-Loire_20190620.pdf

Jourde, P. (2010). Les Odonates. Biologie et écologie, 1ère partie. *Insectes - OPIE*, 157, 3-8.

Julve, P. (s. d.). *Découvrir la phytosociologie* [Telabotanica]. <https://www.telabotanica.org/thematiques/phytosociologie/>

Julve, P. (2009). *Baseodon*. Telabotanica. <https://api.telabotanica.org/service:cumulus:doc/10841c615f6404b79fe27f3f87a0a4848415c3e1>

Julve, P. (2017). *Terroirs de France*. Telabotanica. <https://api.telabotanica.org/service:cumulus:doc/e4bed905d9e392fa331f05b12679a7997aa975fa>

Krieg-Jacquier, R. (2021). *Echange sur les données de présence/absence d'O. cecilia et S. flavipes sur l'Allier* [Communication personnelle].

Lebrun, N. (2021). *Bilan 2020 du projet « Cecilia »*. Réunion Gomphes de Loire, Belleville-sur-Loire.
https://centrederesources-loirenature.com/sites/default/files/fichiers/3_bilancecilia2020_fmdl.pdf

Lett, J.-M. (1988). *Sur la présence d'Ophiogomphus cecilia dans le Loir-et-Cher et dans l'Allier*. 4(1).

Lohr, M. (2003). *Etude faunistique des Odonates des plaines alluviales de l'allier et de quelques affluents au nord-ouest de Moulins (département de l'Allier, du Cher et de la Nièvre)*. 19(4), 123-148.

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

Lohr, M. (2010). *Libellen zweier europäischer Flusslandschaften—Besiedlungsdynamik und Habitatnutzung von Libellengemeinschaften am Unteren Allier (Frankreich) und an der Oberweser (Deutschland)*.

https://www.researchgate.net/publication/258446584_Libellen_zweier_europaischer_Flusslandschaften_-_Besiedlungsdynamik_und_Habitatnutzung_von_Libellengemeinschaften_am_Unteren_Allier_Frankreich_und_an_der_Oberweser_Deutschland

Loiseau, M. (2018). *Quel outil d'analyse utiliser pour expliquer la répartition des Gomphidae en Loire ?* (p. 45) [Rapport de stage]. Ecole Polytechnique de l'Université de Tours.

http://memoires.scd.univ-tours.fr/EPU_DA/LOCAL/2018PFE_S10_Loiseau_Marie.pdf

Martin, M., & Neyer, C. (2011). *Réserve Naturelle Nationale Val de Loire. Une diversité de milieux naturels et d'espèces à préserver. L'essentiel du Plan de gestion 2010-2014*. Conservatoires d'espaces naturels Bourgogne et Centre-Val de Loire.

Mazet, S. (2017). *Manuel d'autodéfense intellectuelle*. Robert Laffont.

Merlet, F., & Houard, X. (2012). *Synthèse bibliographique sur les traits de vie du Gomphe serpentin (Ophiogomphus cecilia (Geoffroy in Fourcroy, 1785)) relatifs à ses déplacements et à ses besoins de continuités écologiques*. Office pour les insectes et leur environnement & Service du patrimoine naturel du Muséum national d'Histoire naturelle. http://odonates.pnaopie.fr/wp-content/uploads/2010/11/120628_gomphe_serpentin_avril2012.pdf

- Merlet, F., & Itzac-Bruneau, R. (2014). *Aborder la gestion conservatoire en faveur des Odonates. Guide technique*. Office pour les insectes et leur environnement & Société française d'Odonatologie. Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement Hauts de France. <http://odonates.pnaopie.fr/wp-content/uploads/2014/04/Aborder-la-gestion-conservatoire-en-faveur-des-Odonates-Guide-technique-réduit.pdf>
- Messant, A., Chafchafi, A., Ducommun, C., Jalabert, S., Lagacherie, P., Lehmann, S., Lemerrier, B., Moulin, J., Mure, J. P., Noraz, A., Laroche, B., & Sauter, J. (2019). *Pédologie—Les sols dominants en France métropolitaine—Descriptions des grandes familles de sols*. (p. 45). Gis Sol et Réseau Mixte Technologie Sols et Territoires. http://gissol.fr/gissol/fiches_geoportail/fiches_descriptives_ger.pdf >
- Midouze Nature. (2006). *DOCUMENTS d'OBJECTIFS – Site Natura 2000 FR7200722 Réseau hydrographique des affluents de la Midouze*.
- Ministère de la Transition écologique. (2019). *Réseau européen Natura 2000*. <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/reseau-europeen-natura-2000-1>
- MNHN, UICN France, Opie, & SfO. (2017). *La Liste rouge des espèces menacées en France— Chapitre Libellules de France métropolitaine*. [Rapport d'évaluation].
- Nehlig, P. (2010). *Géologie du bassin de la Loire*. 10-23. https://www.researchgate.net/publication/256485084_Geologie_du_bassin_de_la_Loire
- Neyer, C. (s.d.). *Réserve Naturelle Nationale Val de Loire. Une diversité de milieux naturels et d'espèces à préserver. L'essentiel du Plan de gestion 2017-2026*. Conservatoires d'espaces naturels Bourgogne et Centre-Val de Loire. https://www.cen-centrevaldeloire.org/fichiers/files/RNVL/RNVL_Essentiel_PG2017-2026.pdf

Office Pour les Insectes et leur Environnement (OPIE), & Société française d'Odonatologie (SFO). (2012). *Agir pour les Odonates. L'essentiel du Plan national d'actions 2011-2015*. Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie.

Olei. (2020a). *Les arrêtés de protection de biotope (APB ou APPB)*. <http://outil2amenagement.cerema.fr/les-arretes-de-protection-de-biotope-apb-ou-appb-r451.html>

Olei. (2020b). *Les espaces naturels sensibles (ENS)*. <http://outil2amenagement.cerema.fr/les-espaces-naturels-sensibles-ens-r454.html>

Olei. (2020c). *Les zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique (ZNIEFF)*. <http://outil2amenagement.cerema.fr/les-zones-naturelles-d-interet-ecologique-r453.html>

OPIE. (2011a). *Gomphus flavipes* [Plan National en faveur des Odonates]. <http://odonates.pnaopie.fr/especes/gomphidae/gomphus-flavipes/>

OPIE. (2011b). *Ophiogomphus cecilia* [Plan National en faveur des Odonates]. <http://odonates.pnaopie.fr/especes/gomphidae/ophiogomphus-cecilia/>

Orieux, G., & Laleure, J.-C. (1990). *Gomphidae observés sur la Loire et l'Allier dans le département de la Nièvre*. 6(4), 3.

Pelletier, A., Party, J.-P., Muller, N., Meloux, J.-L., & Scottez, F. (2012a). *Référentiel Régional Pédologique d'Auvergne : Régions naturelles, pédopaysages et sols de l'Allier. Description de l'Unité Cartographique de Sol (UCS) numéro 1101*. VetAgro-Sup. <https://www.geoportail.gouv.fr/depot/fiches/INRA/jgKKdNshaoXfyEbuZTKx.pdf>

Pelletier, A., Party, J.-P., Muller, N., Meloux, J.-L., & Scottez, F. (2012b). *Référentiel Régional Pédologique d'Auvergne : Régions naturelles, pédopaysages et sols de l'Allier. Description de l'Unité Cartographique de Sol (UCS) numéro 1201*. VetAgro-Sup. <https://www.geoportail.gouv.fr/depot/fiches/INRA/TuSwloKpxGYalLuqQUy6.pdf>

Perrinaud, M. (2021). *Ce que l'on sait après la rupture d'une vanne sur le barrage de Vichy (Allier)*.

https://www.lamontagne.fr/vichy-03200/actualites/ce-que-l-on-sait-apres-la-rupture-d-une-vanne-sur-le-barrage-de-vichy-allier_13975326/

Puissauve, R., Dupont, P., & Lambert, J.-L. (2013). *Le Gomphe à pattes jaunes, Gomphus flavipes (Charpentier, 1825)—Fiches d'information sur les espèces aquatiques protégées*. MNHN et ONEMA.

Radisson, L. (2021). *La carte prévisionnelle de la sécheresse pour cet été*. <https://www.actu-environnement.com/ae/news/secheresse-carte-departements-prevision-ete-2021-37547.php4>

Rambourdin, M., & Laucoin, V. (2017). *Document d'objectifs des sites Natura 2000 Vallée de l'Allier Sud « FR 830 1016 », Vallée de l'Allier Nord « FR 830 1015 » et Val d'Allier Bourbonnais « FR 8310079 »* (p. 151). Conservatoire d'Espaces Naturels de l'Allier.

Rambourdin, M., & Laurent, G. (2014). *Recherche du Gomphe à pattes jaunes et du Gomphe serpentini sur les sites Natura 2000 « Val d'Allier nord & sud »* (p. 28). CEN Allier.

Richard, N. (2017). *Projet R-TEMUS - Restauration du lit et Trajectoires Ecologiques, Morphologiques et d'USages en Basse Loire. Présentation du volet Macro-invertébrés – Gomphidae et premiers résultats* [Réunion]. Groupe de travail Gomphe de la Loire, St-Cyr-sur-Loire. https://centrederesources-loirenature.com/sites/default/files/ged/ppt_nina_richard_rtemus_gomphe_gtgomphe Loire270417.pdf

Saillard, J. (2006). La dynamique fluviale et le concept d'espace de liberté. In *Recueil d'expériences du programme Loire-Nature 2002-2006* (p. 16-17). Fédération des Conservatoires d'espaces naturels en collaboration avec la LPO et WWF.

Soissons, A., Martinant, S., & Barbarin, J.-P. (2012). *Déclinaison régionale du plan national d'actions en faveur des Odonates—Auvergne—2012-2016* (p. 116). Conservatoire d'Espaces Naturels d'Auvergne - Société d'histoire naturelle Alcide d'Orbigny - DREAL Auvergne.

Thevenard, G. (2021). *Complément d'informations sur les sites d'étude* [Communication personnelle].

Vanden-Eede, A. (2006). Espèces et espaces du bassin de la Loire. In *Recueil d'expériences du programme Loire-Nature 2002-2006* (p. 20-23). Fédération des Conservatoires d'espaces naturels en collaboration avec la LPO et WWF.

Vonwil, G. (2013). *Fiches de protection espèces – Libellules – Ophiogomphus cecilia*. (p. 5). Groupe de travail pour la conservation des Libellules de Suisse, CSCF info fauna, Neuchâtel et Office fédéral de l'environnement.

Vonwil, G. (s.d.). *Fiche de protection—Ophiogomphus cecilia (Fourcroy, 1785)*. http://www.unine.ch/files/live/sites/cscf/files/shared/documents/Ophiogomphus_cecilia_F.pdf

Ware, J., Pilgrim, E., May, M., Donnelly, T., & Tennessen, K. (2016). Phylogenetic relationships of North American Gomphidae and their close relatives: Phylogenetic relationships of Gomphidae. *Systematic Entomology*, 42. <https://doi.org/10.1111/syen.12218>

7.1 Webographie / Iconographie

Base de données des végétations d'Europe (s.d.) eVeg. <http://www.e-veg.net> (consulté le 19/07/21)

CEMAGREF / IRSTEA. (2019). Carte de la géologie Géo Signal, de la région centre. *Val de Loire Patrimoine mondial*. <https://www.valdeloire.org/Connaitre/Decouvrir/Le-Val-de-Loire-au-naturel/Une-histoire-geologique> (consulté le 26/08/21)

Chasta (2020). *Limagne bourbonnaise*. Wipplay. https://www.wipplay.com/fr_FR/user/chasta03/album/36915/photo/id/888977 (consulté le 26/08/21)

Habitats et Espèces d'intérêt communautaire ? (s.d.) valleeslouelison.n2000.
<http://valleeslouelison.n2000.fr/decouvrir-le-reseau-natura-2000/habitats-et-especes-d-interet-europeen> (consulté le 25/08/21)

<http://hydro.eaufrance.fr> (s.d.). Banque Hydro-Eaufrance (consulté le 07/08/21)

<https://hubeau.eaufrance.fr/page/api-hydrobiologie> (s.d.). Hub'eau – hydrobiologie. (consulté le 07/06/21)

<https://www.geoportail.gouv.fr/> Geoportail (consulté le 15/03/21)

La confluence Loire-Maine (2018). Val de Loire Patrimoine mondial.
<https://www.valdeloire.org/Connaitre/A-la-carte/Angers-Nantes2/Un-village-sur-la-Maine-Bouchemaine/La-confluence-Loire-Maine> (consulté le 26/08/21)

La douceur du Bocage bourbonnais (s.d.) allier-auvergne-tourisme. <https://www.allier-auvergne-tourisme.com/nature/espaces-naturels/le-bocage-bourbonnais-226-1.html> (consulté le 26/08/21)

Le Bec d'Allier , mariage entre un fleuve et une rivière (s.d). bourgogne-tourisme.
<https://www.bourgogne-tourisme.com/decouvrir/vacances-au-vert/sites-naturels-incontournables/le-bec-dallier-mariage-entre-un-fleuve-et-une-riviere/> (consulté le 26/08/21)

Natura 2000 – chiffres clés (2018). Natura2000. <http://www.natura2000.fr/chiffres-cles>. (consulté le 15/03/21)

Normales et records pour la période 1981 à 2010 pour la station climatique de Vichy-Charmeil (2021a). Infoclimat. <https://www.infoclimat.fr/climatologie/normales-records/1981-2010/vichy-charmeil/valeurs/07374.html> (consulté le 20/05/21)

Normales et records pour la période 1981 à 2010 pour la station climatique de Paray-le-Monial – St-Yan (2021b). Infoclimat. <https://www.infoclimat.fr/climatologie/normales-records/1981-2010/paray-le-monial-st-yan/valeurs/07379.html> (consulté le 21/05/21)

Palaeoptera (2019). Wikipedia. <https://fr.wikipedia.org/wiki/Palaeoptera> (consulté le 30/03/21)

Phytosociologie/Classes CATMINAT de végétation en France/Clé de détermination 05 (2015). Wikibooks. https://fr.wikibooks.org/wiki/Phytosociologie/Classes_CATMINAT_de_v%C3%A9g%C3%A9tation_en_France/Cl%C3%A9_de_d%C3%A9termination_05 (consulté le 13/05/21)

Plateau de la Verrerie (s.d.). vichy-destinations. <https://www.vichy-destinations.fr/invitation-en-montagne-bourbonnaise/> (consulté le 26/08/21)

Pourquoi des sites Natura 2000 dans la Val d'Allier 03 ? (s.d.) val-allier-03.n2000 <http://val-allier-03.n2000.fr/les-3-sites-du-val-d-allier-03/pourquoi-des-sites-natura-2000> (consulté le 26/08/21)

Principes de la balance de Lane, 1955. Tiré de Dany (2016) à partir d'une figure de Souchon et Chandesris (2008). (Biron, 2017). https://www.researchgate.net/figure/Principes-de-la-balance-de-Lane-1955-Tire-de-Dany-2016-a-partir-dune-figure-de_fig2_320979997 (consulté le 26/08/21)

Résultats de suivi entre 2015 et 2020 (2021). Centre de Ressources Loire Nature. <https://centrederesources-loirenature.com/fr/reseaux-naturalistes/odonates/resultats-du-suivi-entre-2015-et-2020> (consulté le 31/08/21)

Statuts de l'espèce Ophiogomphus cecilia (2021a). INPN. https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/65243/tab/statut (consulté le 27/08/21)

Statuts de l'espèce Stylurus flavipes (2021b). INPN. https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/65234/tab/statut (consulté le 27/08/21)

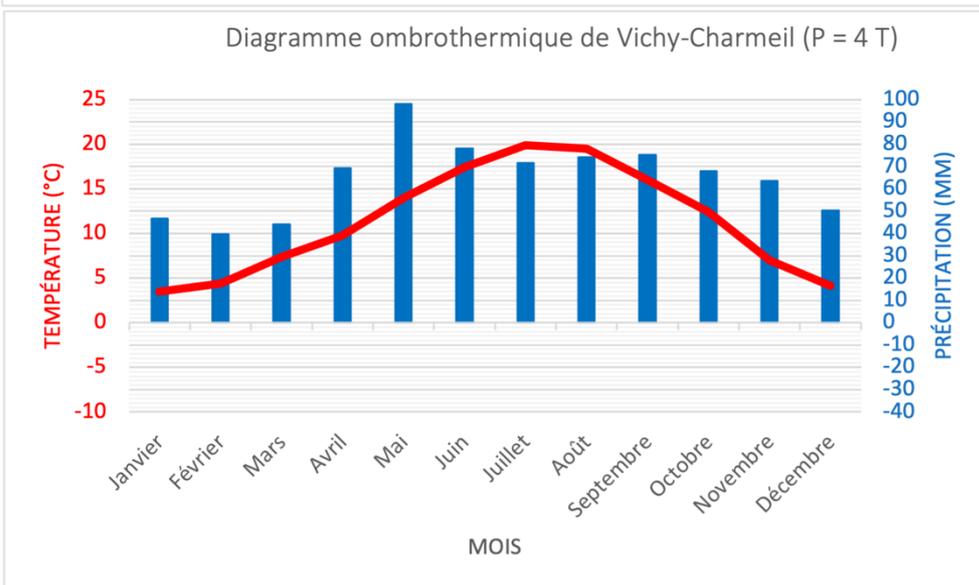
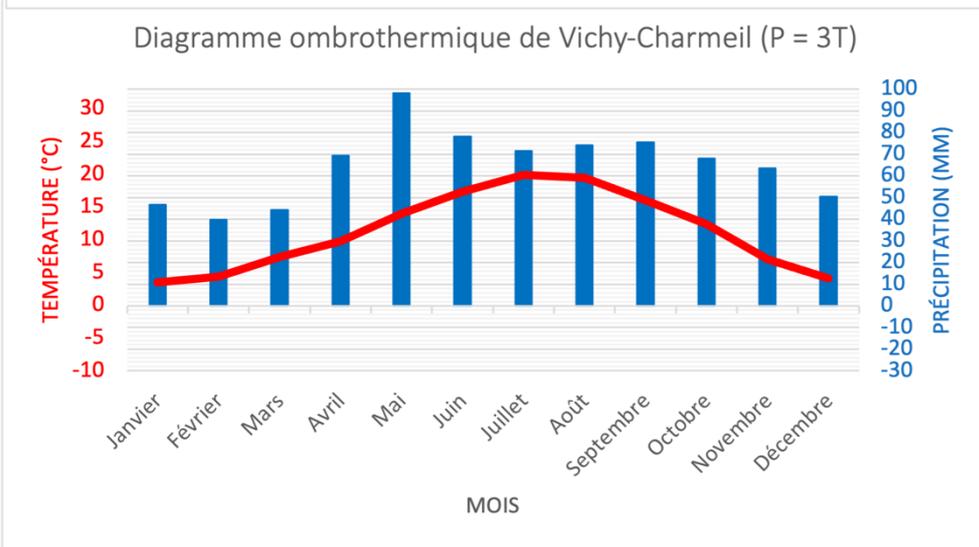
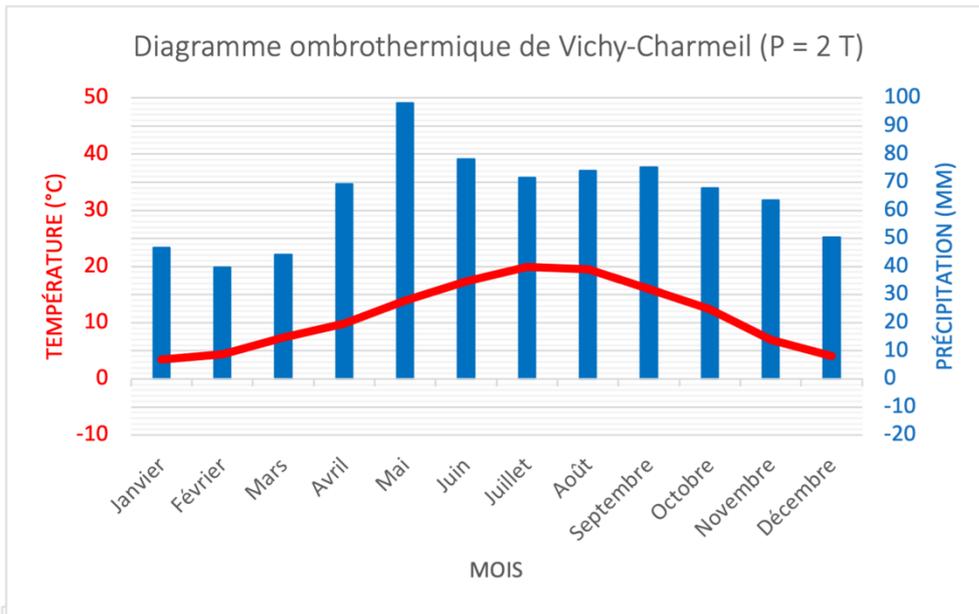
Terre de Sologne en Bourbonnais (s.d.) <https://www.programme-television.org/documentaires/animalier/terre-de-sologne-en-bourbonnais> (consulté le 26/08/21)

Zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique (2021). Wikipedia. https://fr.wikipedia.org/wiki/Zone_naturelle_d%27intérêt_écologique,_faunistique_et_floristique (consulté le 19/04/21)

ANNEXES

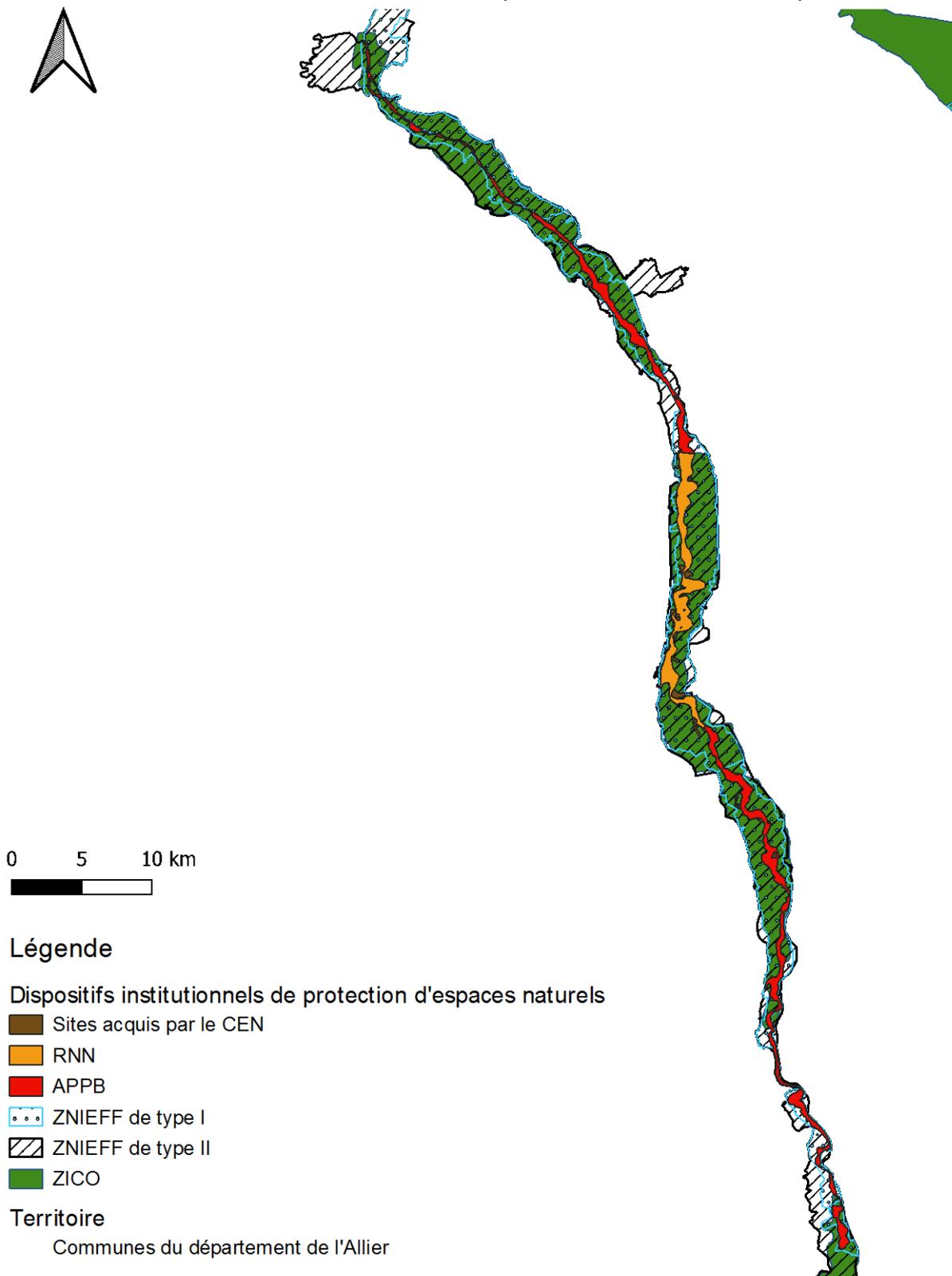
Annexe 1 : diagrammes ombrothermiques de la station Vichy-Charmeil (infoclimat.fr, 2021)	128
Annexe 2 : localisation des dispositifs institutionnels de protection d'espaces naturels sur le Val d'Allier (hors site Natura 2000)	129
Annexe 3 : localisation des dispositifs institutionnels de protection d'espaces naturels sur le Val de Loire (hors site Natura 2000)	130
Annexe 4 : communes concernées par les sites Natura 2000 Val d'Allier 03	131
Annexe 5 : communes concernées par les sites Natura 2000 Val de Loire.....	132
Annexe 6 : proportion des milieux naturels sur les sites d'étude (Cadé <i>et al.</i> , in prep. ; Rambourdin et Laucoin, 2017)	133
Annexe 7 : autres espèces de Gomphidae présents sur le bassin ligérien	134
Annexe 8 : listes de professionnels contactés et/ou rencontrés.....	135

Annexe 1 : diagrammes ombrothermiques de la station Vichy-Charmeil (infoclimat.fr, 2021)



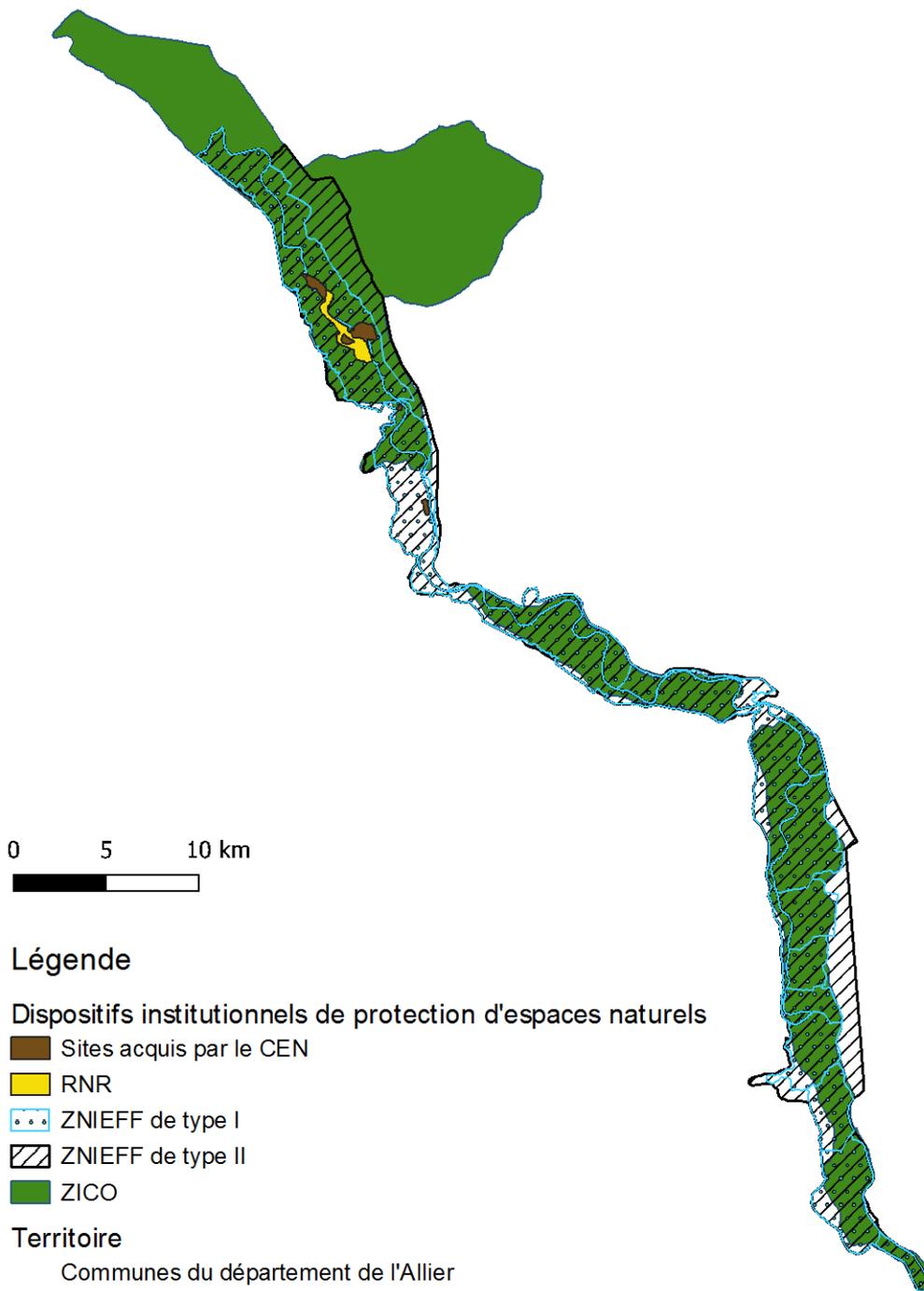
Annexe 2 : localisation des dispositifs institutionnels de protection d'espaces naturels sur le Val d'Allier (hors site Natura 2000)

Localisation des dispositifs institutionnels de protection d'espaces naturels sur le Val d'Allier (hors site Natura 2000)

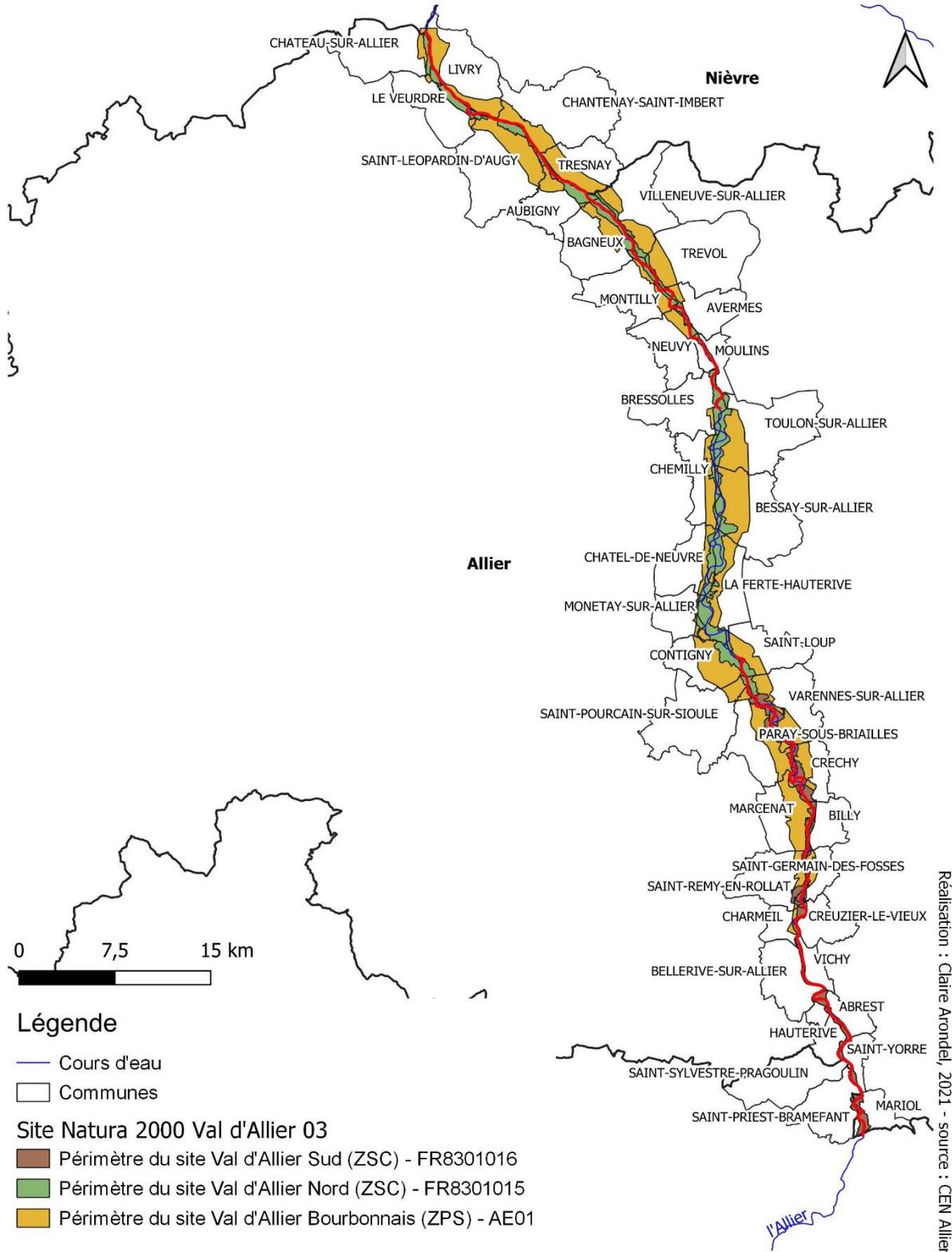


Annexe 3 : localisation des dispositifs institutionnels de protection d'espaces naturels sur le Val de Loire (hors site Natura 2000)

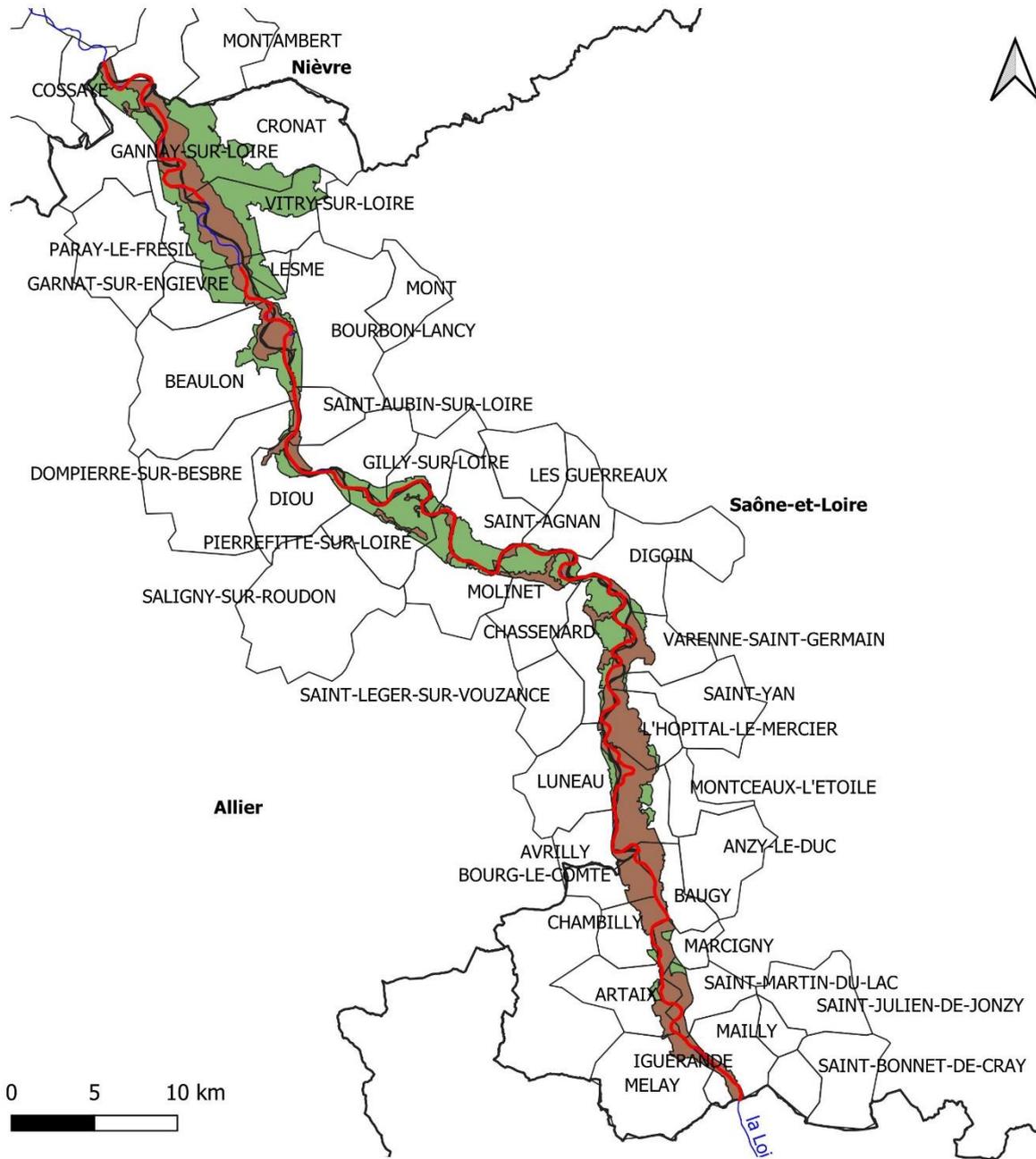
Localisation des dispositifs institutionnels de protection d'espaces naturels sur le Val de Loire (hors site Natura 2000)



Communes concernées par le site Natura 2000 Val d'Allier 03



Communes concernées par les sites Natura 2000 Val de Loire



Légende

- Périmètre d'étude
- Communes
- Cours d'eau

Sites Natura 2000 Val de Loire

- Périmètre du site d'étude Bords de Loire entre Iguerande et Decize - FR2612017
- Périmètre du site d'étude Val de Loire d'Iguerande à Decize - FR2612002

Annexe 6 : proportion des milieux naturels sur les sites d'étude (Cadé et al., in prep. ; Rambourdin et Laucoin, 2017)

	Partie Allier de l'étude		Partie Loire de l'étude	
Surface de la ZSC	- FR 830 1016 « Vallée de l'Allier Sud » : 2 091,9 ha - FR 830 1015 « Vallée de l'Allier Nord » : 4 334,7 ha Soit un total de 6 4726,6ha		FR2601017 « Val de Loire bocager » : 10 267 ha	
Les grands milieux naturels				
	Surface sur ZSC (ha)	% de recouvrement des sites	Surface sur ZSC (ha)	% de recouvrement des sites
Le lit du cours d'eau	1085,82	17,43	1129	10
Alluvions	189,10	3,03	150	1
Végétations aquatiques	60,53	0,97	159	1
Végétations amphibies	190,45	3,06	287	3
Pelouses	301,80	4,84	376	3
Mégaphorbiaies	16,63	0,27	11	0
Ourlets	655,35	10,52	132	1
Friches	158,23	2,54	170	1
Fourrés et pré-manteaux	552,78	8,88	446	4
Saulaies arbustives	83,06	1,33	112	1
Forêt de bois tendre	1162,52	18,66	617	5
Forêt de bois dur	613,84	9,85	597	5
Prairies	898,36	14,42	5459	48
Plantations	-	-	67	1
Espaces agricoles	206,71	3,32	1597	14
Espaces artificiels	55,85	0,90	116	1
Les espèces faunistiques et floristiques				
Flore	600		1000	
Champignons	200			
Oiseaux	266		237	
Mammifères	45		59	
Poissons	40		45	
Amphibiens	12		18	
Reptiles	9		13	
Mollusques et crustacés	80		6	
Insectes	1000		555	
Dont Libellules	50 (dont <i>O. cecilia</i>)		93 (dont <i>O. cecilia</i>)	

Annexe 7 : autres espèces de Gomphidae présents sur le bassin ligérien



(1) *Gomphus vulgatissimus* (G. Gerding - Wikipedia) (2) *Gomphus simillimus* (J. Tourout - INPN) (3) *Gomphus pulchellus* (J. David – INPN) (4) *Onychogomphus forcipatus* (J. Tourout – INPN)

Annexe 8 : listes de professionnels contactés et/ou rencontrés

Nom du contact	Bérénice FIERIMONTE
Société	Fédération des conservatoires d'espaces naturels
Poste	Chargée de mission Loire – Centre de Ressources Loire nature
Coordonnées	berenice.fierimonte@reseau-cen.org 06 16 09 09 99
Date d'entretien	Plusieurs échanges durant l'étude
Contenu de l'entretien	Questions sur le protocole, les acteurs fédérés autour de ce protocole, informations sur les données antérieures

Nom du contact	Romain DESCHAMPS
Société	CEN Allier
Poste	Chargé d'études - Service scientifique et technique
Coordonnées	romain.deschamps@espaces-naturels.fr 04 70 42 89 34
Date d'entretien	Plusieurs échanges durant l'étude
Contenu de l'entretien	Questions sur l'application du protocole sur le terrain, sur la connaissance de terrain du Val de Loire

Nom du contact	Emeline CADE
Société	CEN Allier
Poste	Chargée de projets – Pôle territorial est
Coordonnées	emeline.cade@espaces-naturels.fr 04 70 42 89 34
Date d'entretien	Plusieurs échanges durant l'étude sur le site Natura 2000 Val de Loire
Contenu de l'entretien	Questions sur la connaissance de terrain du Val de Loire

Nom du contact	Quentin BARBOTTE
Société	SHNA-OFAB
Poste	Entomologue
Coordonnées	quentin.barbotte@shna.fr 03 86 78 79 66
Date d'entretien	16/03/21
Contenu de l'entretien	Acquisition des données shp des deux espèces sur la Loire

Nom du contact	Guillaume LE ROUX
Société	RNN Val d'Allier
Poste	Conservateur
Coordonnées	guillaume.leroux@lpo.fr 07 77 82 88 22
Date d'entretien	26/03/2021
Contenu de l'entretien	Acquisition des données shp des deux espèces sur la RNN

Nom du contact	Vincent LEGE
Société	CEN Auvergned
Poste	Chargé de projets
Coordonnées	Vincent.lege@cen-auvergne.fr 09 70 75 04 90
Date d'entretien	26/03/2021
Contenu de l'entretien	Demande d'informations sur l'utilisation de l'application SIG de terrain « Oruxmaps »

Nom du contact	Renaud BAETA
Société	ANEPE Caudalis
Poste	Chargé de mission Biodiversité Animateur du Plan Régional d'Actions - Odonates Centre Val de Loire Co-animateur Natura 2000 ZSC "Complexe du Changeon et de la Roumer"
Coordonnées	renaud.baeta@anepe-caudalis.fr 06 66 99 25 04
Date d'entretien	11/05/21
Contenu de l'entretien	Echange sur l'analyse statistique des données antérieures et de l'approche statistique des futures données

Nom du contact	Hélène CHEVALIER
Société	CEN Bourgogne
Poste	Chargée d'études et garde technicienne de la RNR Loire Bourguignonne
Coordonnées	helene.chevalier@cen-bourgogne.fr
Date d'entretien	14/06/2021
Contenu de l'entretien	Rencontre inattendue sur le terrain, partage du terrain de cette année

Nom du contact	Kenneth TENNESSEN
Société et Poste	Ph.D. - Research Associate
Coordonnées	Contacté sur Research.gate
Date d'entretien	17/04/21
Contenu de l'entretien	Demande du texte complet sur la modification du genre <i>Gomphus flavipes</i> en <i>Stylurus flavipes</i> . Ware, J., Pilgrim, E., May, M., Donnelly, T., & Tennessen, K. (2016). Phylogenetic relationships of North American Gomphidae and their close relatives : Phylogenetic relationships of Gomphidae. <i>Systematic Entomology</i> , 42. https://doi.org/10.1111/syen.12218

Nom du contact	Cyrille DELIRY
Société	Groupe <i>Sympetrum</i>
Poste	Odonatologue
Coordonnées	cyrille.deliry@orange.fr
Date d'entretien	28/08/21
Contenu de l'entretien	<p>Réponse suite à un mail aux 62 membres du groupe « LD Gomphes de Loire » (créé par le FCEN) sur un échange sur les hypothèses expliquant pourquoi telles zones seraient plus favorables que d'autres :</p> <p>« En examinant la situation il convient de distinguer deux choses :</p> <ul style="list-style-type: none"> - le micro-habitat qui est assez similaire pour <i>Stylurus flavipes</i> et <i>Ophiogomphus cecilia</i> ; - le macro-habitat qui diffère pour ces deux espèces si bien que <i>Stylurus flavipes</i> sera favorisé et en plus grande densité sur le cours moyen de la Loire qui ressemble par certaines caractéristiques au cours du Rhône et au Val de Saône où l'espèce est bien représentée et le cours « supérieur » du fleuve Loire (du moins plus en amont) qui rencontre les plus grandes abondances d'<i>Ophiogomphus cecilia</i>. <p>Les deux espèces peuvent cohabiter car le micro-habitat est similaire, mais en terme d'abondance c'est le macro-habitat qui semble être déterminant. »</p>

Nom du contact	Régis KRIEG-JACQUIER
Société	Groupe de recherche et de protection des Libellules Sympetrum
Poste	Coordinateur départemental Ain
Coordonnées	Contacté sur Facebook
Date d'entretien	09/06/2021
Contenu de l'entretien	<p>Echange sur le groupe Facebook « Odonates de France et d'ailleurs » :</p> <p>« <i>S.flavipes</i> émerge sur tout type de support, naturel ou artificiel, à plat à 45° ou à la verticale, jamais au-delà sauf exception. Comme pour beaucoup d'espèces, il faut se donner des sites référents, où on est sûr de les avoir et y passer régulièrement jusqu'aux premières exuvies : ensuite, on peut prospector plus facilement. J'ai des sites en bord de Saône avec juste à descendre de la voiture. Tant que je ne les y vois pas, c'est que c'est pas encore le moment ! Il est toujours difficile d'expliquer l'absence d'observation qui n'est pas d'ailleurs forcément absence pour l'espèce. De petites populations peuvent passer inaperçue (en dessous du seuil de détectabilité). Une recherche de larves pourrait être intéressante sauf que pour <i>O. cecilia</i>, les larves sont très difficiles à distinguer de celles d'<i>Onychogomphus</i> sur le terrain surtout lorsqu'elles sont jeunes. L'absence de <i>S. flavipes</i> peut être liée au substrat, l'espèce favorisant les zones limoneuses. Pour <i>O. cecilia</i>, c'est plus difficile à cerner, l'espèce acceptant une plus grande diversité de granulométrie. La présence de cette espèce sur une petite rivière comme le Hérisson, dans le Jura ou sur les ruisseaux forestiers du versant nord des Vosges est assez surprenante lorsque l'on compare à des rivières comme la Saône ou un fleuve comme le Rhône où les données sont encore très rares. Les paramètres physiques des cours d'eau ont peut-être une importance mais les capacités et le mode de dispersion des imagos peut aussi entrer en ligne de compte. <i>O. cecilia</i> est quand même bien présent sur l'Allier, autant que j'ai pu le voir sur la RNN Val d'Alier et même en pleine ville de Moulins... Le milieu par contre correspond rarement à celui qu'on connaît de <i>S. flavipes</i>. »</p>

RÉSUMÉ

Décrits comme deux cours d'eau sauvages en raison de leur dynamique fluviale préservée, la Loire et l'Allier génèrent une mosaïque de milieux naturels. Cette diversité d'habitats naturels offre des conditions optimales de vie pour de nombreuses espèces d'intérêt national et européen tels que le Gomphe serpentifère (*Ophiogomphus cecilia* Geoffroy in Fourcroy, 1785) et le Gomphe à pattes jaunes (*Stylurus flavipes* Charpentier, 1825). Libellules en partie liées aux grands cours d'eau, ces deux espèces à enjeux sont décrites en tant que prioritaires dans le Plan National d'Actions en faveur des Odonates (PNAO) de 2020-2030.

Dans le but d'améliorer les connaissances de ces deux espèces de Libellules, un protocole de suivi diachronique des populations ligériennes de *Gomphus flavipes* et *Ophiogomphus cecilia* (Baeta *et al.*, 2015) a été créé à l'échelle du bassin versant de la Loire. Face à un manque apparent d'observations et de connaissances de ces deux espèces sur le département de l'Allier (03), localisé sur la zone amont du bassin versant de la Loire, il est apparu évident d'appliquer ce protocole sur les sites Natura 2000 « Val d'Allier 03 » et « Val de Loire bocager ». L'objectif de cette étude est de connaître la répartition et l'abondance des populations de ces deux espèces sur les deux sites d'étude et émettre, en conséquence, des hypothèses à ce sujet.

En réponse à ces objectifs, il est essentiel de comprendre et de s'attarder sur le contexte très vaste et complexe dans lequel évolue ces deux espèces. Il est également important d'établir un état des lieux des données antérieures à l'étude et de réaliser une synthèse bibliographique comprenant leur écologie connue à ce jour et une décomposition de la problématique par diverses questions.

Suite à l'application du protocole de Baeta *et al.* (2015), sur les 17 mailles prospectées dès le 1^{er} passage, seules 4 mailles (1 pour la partie Allier de l'étude et 3 pour la Loire) ont pu faire l'objet de 4 passages de mi-mai à mi-août. Toutes mailles (hors protocole ou non) et passages confondus, il y a 41 données d'absence pour *S. flavipes*, 40 données d'absence pour *O. cecilia* et 1 donnée de présence pour cette dernière. Outre un état initial des lieux peu conséquent sur la présence de ces espèces sur le département de l'Allier, les conditions météorologiques et hydrologiques n'ont pas été favorables à l'émergence et la récolte des exuvies.

Espèces réparties sur le bassin versant ligérien, l'application du protocole et le seul résultat de ce dernier ne peuvent, à eux seuls, participer à l'amélioration des connaissances des Odonates sur les deux sites d'étude. En prenant en compte les variables de la dynamique complexe du milieu et la synthèse bibliographique, de nombreuses pistes de réflexions, comme la création d'une application, sont énumérées pour répondre à long terme au sujet de l'étude.

Mots-clés : Allier, Loire, Gomphes, *Ophiogomphus cecilia*, *Stylurus flavipes*, Natura 2000.