
Rapport de stage individuel

5^{ème} année

Étude des continuités écologiques en faveur de la conservation des libellules en Bresse



Conservatoire d'espaces naturels
Rhône-Alpes - Antenne Ain
Château Messimy
01800 Charnoz-sur-Ain

Tuteur entreprise : Emmanuel Amor,
chargé de projet

Elia Gonin
ADAGE

Tuteur académique : Robin Furet

2024-2025

Avant-propos

Dans le cadre de ma formation d'ingénieur à Polytech Tours en Aménagement et Environnement, j'ai réalisé mon stage de fin d'études au Conservatoire d'espaces naturels Rhône-Alpes (CEN RA) de mars à août 2025.

Présentation du CEN Rhône-Alpes

Les Conservatoires d'espaces naturels (CEN) sont des associations à but non lucratif, œuvrant pour la protection de l'environnement et régies par la loi de 1901. Ils sont reconnus par l'article L. 414-11 du Code de l'environnement comme des acteurs de « *la préservation d'espaces naturels et semi-naturels* ». Ils sont agréés par l'État et la Région selon les conditions exposées dans le décret n°2011-1251 et l'arrêté ministériel du 7 octobre 2011 relatifs à l'agrément et aux conditions d'agrément des CEN.

Les CEN mettent en place de la concertation pour tous leurs projets afin d'impliquer les acteurs du territoire et de favoriser une gestion durable des milieux naturels. Leurs missions sont les suivantes :

- Connaître : réaliser des études et le suivi de la faune et de la flore ;
- Protéger : acquérir des terrains ou conclure des accords avec des propriétaires publics ou privés ;
- Gérer : restaurer et entretenir les milieux naturels ;
- Accompagner : animer les territoires et appuyer les collectivités ou les entreprises dans leurs actions de préservation ;
- Valoriser : diffuser les connaissances scientifiques et sensibiliser le public aux enjeux de la protection de la nature.

Créé en 1987, le Conservatoire d'espaces naturels Rhône-Alpes (CEN RA) est l'un des 24 CEN de France métropolitaine et outre-mer. Il intervient dans les cinq départements que sont l'Ain, le Rhône, la Loire, la Drôme et l'Ardèche (Annexe 1). Son siège est situé à Vourles (69) et il dispose de plusieurs antennes départementales : Charnoz (01), Villeneuve-de-Berg (07 & 26) et Champdieu (42). Le CEN RA gère près de 180 sites naturels, représentant environ 25 000 hectares de milieux naturels. Son équipe salariée compte environ 75 personnes, dont une vingtaine travaille dans l'antenne de l'Ain, où s'est déroulé mon stage.

Remerciements

Je souhaite remercier Emmanuel Amor, mon maître de stage, pour son accueil, sa bienveillance et son accompagnement tout au long de cette expérience. Je le remercie également pour les connaissances naturalistes qu'il m'a transmises sur le terrain, pour son aide dans la rédaction de ce rapport et pour la confiance qu'il m'a accordée.

Un grand merci à Léna Mugnier, alternante, pour son investissement à mes côtés sur le terrain, son sens de l'observation et sa bonne humeur qui a rendu ce stage d'autant plus agréable.

Je remercie toute l'équipe du CEN de l'antenne de l'Ain qui m'a très bien accueillie et intégrée. Je tiens à remercier tout particulièrement les collègues qui m'ont emmenée sur le terrain, fait découvrir leurs sites et partagé leurs connaissances.

Je remercie également Léane Alvarez, stagiaire à ma place l'année dernière, dont le travail m'a été précieux.

Enfin, je tiens à remercier Robin Furet, mon tuteur académique, pour son suivi, sa réactivité et son aide dans la rédaction de ce rapport.

Table des matières

Introduction.....	1
I. Contexte général.....	1
II. Présentation de l'étude.....	2
III. Problématique et hypothèses.....	3
Matériels et méthodes	3
I. Zone d'étude	3
I.1. Sites	3
I.2. Choix d'échantillonnage	4
II. Matériel biologique	5
II.1. Espèces ciblées.....	5
II.2. Espèce modèle	6
III. Protocoles de terrain	7
III.1. Capture-Marquage-Recapture	7
III.2. Génétique des populations	8
III.3. Radiopistage.....	9
IV. Graphes paysagers	11
Résultats	12
I. Capture-Marquage-Recapture.....	12
II. Génétique des populations.....	15
III. Radiopistage	15
IV. Graphes paysagers	17
Discussion.....	20
I. Interprétation des résultats de CMR	20
II. Interprétation des résultats de génétique.....	21
III. Interprétation des résultats de radiopistage	21
IV. Interprétation des graphes paysagers	22
Références bibliographiques	23
Index des tableaux.....	28
Index des figures.....	28
Table des annexes.....	29

Introduction

I. Contexte général

Les odonates, ordre regroupant les libellules et les demoiselles, sont des insectes emblématiques des milieux humides. Leur cycle de vie amphibie les rend dépendants à la fois d'habitats aquatiques au stade larvaire et d'habitats terrestres au stade imaginal (Boudot *et al.*, 2024). Cette double exigence écologique fait d'eux des bioindicateurs majeurs de la qualité écologique des milieux humides et des habitats terrestres adjacents (Chovanec & Waringer, 2001 ; De Oliveira-Junior *et al.*, 2015 ; Golfieri *et al.*, 2016).

En Europe, les odonates subissent un déclin important. La Liste rouge européenne recense 36 espèces menacées ou quasi menacées sur 137 évaluées, soit environ 26 % des espèces (De Knijf *et al.*, 2024). La France a un rôle central à jouer dans leur conservation puisqu'elle compte 89 espèces en métropole, dont 27 % sont menacées ou quasi menacées et deux sont considérées comme disparues (UICN France *et al.*, 2016).

Ce déclin s'explique principalement par la destruction et la dégradation de leurs habitats naturels. Depuis 1900, entre 64 et 71 % des zones humides¹ européennes ont disparu (Davidson, 2014), souvent drainées pour l'agriculture intensive ou l'urbanisation (Dugan, 1993 ; OCDE, 1996). À cela s'ajoutent des dégradations fonctionnelles : modification des régimes hydrauliques, pollutions, artificialisation des berges, intensification des pratiques piscicoles ou encore fragmentation écologique (Kalkman *et al.*, 2010). Ces pressions sont aggravées par l'introduction d'espèces exotiques envahissantes et par les effets croissants du changement climatique, notamment la multiplication des sécheresses et la baisse des niveaux d'eau (WWF France, 2024).

Face à ces menaces, un second Plan National d'Actions (PNA) en faveur des odonates a été lancé en 2020 visant à enrayer les causes directes de leur disparition (Houard, 2020). A l'échelle de la Bresse (01), le Conservatoire d'espaces naturels (CEN) Rhône-Alpes, en tant que gestionnaire d'espaces naturels, a lui aussi engagé une action en faveur de la préservation des odonates. Il mène, en effet, un projet de restauration des continuités écologiques entre les étangs et mares de Bresse (01), dans une optique d'amélioration de la trame turquoise pour les odonates. Mon stage s'inscrit dans ce projet et s'est consacré à l'étude des déplacements de libellules cibles en Bresse.

¹ Zones humides : étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux, naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, dont l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris les étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse ne dépasse pas six mètres (Convention de Ramsar article 1.1, 1971)

II. Présentation de l'étude

Le projet du CEN RA dans lequel s'inscrit mon stage est mené sur deux ans (2024 et 2025). Il a pour objectifs de :

- Restaurer des milieux favorables à l'ensemble du cycle de vie des odonates, au sein et autour des étangs et réseaux de mares, en particulier pour la Leucorrhine à gros thorax (*Leucorrhinia pectoralis*) et l'Epithèque à deux taches (*Epitheca bimaculata*) ;
- Améliorer la trame turquoise en faveur des odonates entre les sites gérés par le CEN, afin d'intégrer l'échelle des métapopulations dans les stratégies de préservation.

Deux espèces patrimoniales sont donc particulièrement ciblées : *Leucorrhinia pectoralis*, classée quasi menacée sur la liste rouge nationale et rhônalpine, ainsi qu'*Epitheca bimaculata*, classée vulnérable sur la liste rouge rhônalpine (UICN France *et al.*, 2016 ; Deliry & Groupe Sympetrum, 2014). Ces espèces dépendent d'un réseau de plans d'eau fonctionnels et peuvent être affectées par la fragmentation des habitats. *L. pectoralis*, en particulier, présente une dynamique en métapopulation (Šiblová *et al.*, 2021), ce qui renforce la nécessité d'une approche à l'échelle paysagère.

Le projet comporte à la fois une partie de travaux de restauration et une partie d'étude des continuités écologiques, dans laquelle s'inscrit mon stage. Cette étude vise à :

- Identifier les déplacements passés et actuels des individus, au sein et entre les sites gérés par le CEN ;
- Cibler de nouveaux sites à intégrer dans la démarche de conservation, afin d'améliorer la connectivité écologique des habitats pour les odonates

Pour mener à bien l'étude, les étapes suivantes sont mises en œuvre :

- 1) Caractériser les déplacements des individus ;
- 2) Réaliser une analyse paysagère ;
- 3) Localiser des corridors et des réservoirs écologiques à préserver ou restaurer pour garantir la viabilité des populations sur le long terme.

Compte tenu de la rareté et des faibles effectifs des espèces ciblées, une espèce modèle, la libellule à quatre taches (*Libellula quadrimaculata*), est utilisée pour l'étude. Ce choix repose sur une écologie proche de celles de *L. pectoralis* et *E. bimaculata* (Šiblová *et al.*, 2021), une bonne détectabilité (facilité de reconnaissance et de capture), une absence de statut de protection et des effectifs importants sur les sites d'études.

III. Problématique et hypothèses

Dans un paysage fragmenté, la viabilité des populations d'odonates dépend de la manière dont les individus se déplacent et utilisent les habitats. Cette étude cherche à **caractériser les déplacements de l'espèce modèle pour analyser ensuite les continuités écologiques en faveur des odonates de Bresse.**

Pour répondre à cette problématique, plusieurs méthodes d'échantillonnage complémentaires sont utilisées :

- Capture-Marquage-Recapture (CMR) pour étudier les déplacements des individus intra- et inter-sites ;
- Prélèvements de tissus et analyses génétiques pour qualifier la structure génétique des populations, et ainsi mieux comprendre les flux de gènes ;
- Radiopistage, afin d'identifier précisément les zones fréquentées par les odonates et potentiellement les couloirs de dispersion.

Les données ainsi collectées sont utilisées pour affiner, ensuite, des modélisations cartographiques basées sur la théorie des graphes paysagers (Foltête *et al.*, 2021 ; Savary, 2021). Des zones stratégiques à préserver ou restaurer pourront ainsi être identifiées, dans un deuxième temps, pour garantir la viabilité des populations à long terme.

Plusieurs hypothèses ont été formulées :

- L'espèce-modèle, *Libellula quadrimaculata*, se déplace principalement au sein des sites, avec des déplacements entre sites qui sont possibles mais minoritaires.
- Il existe une structuration des populations entre les deux sous-secteurs géographiques du projet (nord-ouest et sud-ouest).
- Les milieux utilisés pour la dispersion des odonates sont principalement les lisières boisées et les canopées.

Matériels et méthodes

I. Zone d'étude

I.1. Sites

L'étude se déroule en Bresse, un territoire de plaine au nord-ouest du département de l'Ain (01) (Annexe 2). A proximité de la Dombes et de ses nombreux étangs, la Bresse compte également des étangs riches en odonates. Le CEN RA gère notamment quelques étangs où des données de Leucorrhine à gros thorax (*Leucorrhinia pectoralis*) et d'Epithèque à deux taches (*Epitheca bimaculata*) ont été recensées (Faune AURA, Biodiv'AURA).

Cinq sites gérés par le CEN sont concernés par le projet global, répartis sur deux secteurs distants d'une trentaine de kilomètres :

- ENS du marais et de l'étang Bizadan
- ENS de l'étang de But
- ENS de la lande tourbeuse des Oignons
- ENS du marais et de l'étang Paccauds
- Carrière de la Rippe Bernard

Huit autres sites, non gérés par le CEN, ont été retenus en 2024 à partir d'avis d'experts (Groupe de Recherche et de Protection des Libellules Sympetrum et CEN), d'une analyse des données cartographiques (occupation du sol, inventaire des zones humides du CEN, images aériennes de 2024 de l'IGN), des observations naturalistes (Faune Ain, SICEN), des accords des propriétaires et de visites de terrain.

Au total, 12 sites ont finalement été retenus pour réaliser l'étude en 2024 et en 2025. Ils sont regroupés en quatre patches selon leur proximité géographique (zones tampons de 2 km autour des sites du CEN) (Annexe 3). L'étude des patches situés au sud et à l'ouest a été effectuée en 2024. L'année 2025 est donc consacrée à l'étude du patch au nord qui est composé de six sites.

I.2. Choix d'échantillonnage

Pour chacun des six sites, il est nécessaire de définir les protocoles qui vont être mis en place sur *Libellula quadrimaculata* (Tableau 1) et de définir le site de mise en œuvre du radiopistage. Les choix d'échantillonnage sur l'ensemble des 12 sites de l'étude sont visibles en Annexe 3.

Tableau 1 : Protocoles d'échantillonnage par site

		CMR		Génétique (4 sites)	Radiopistage
		Pression d'échantillonnage			
Année	Site	forte	faible		
2025	ENS Marais de l'étang Paccauds				
	Carrière de la Rippe Bernard				
	Etang de Montalibord				
	Etang Morel				
	Etang des Grozinières				
	Mare Grand Creve				
	ENS de la lande tourbeuse des Oignons				

Les sites gérés par le CEN sont considérés comme prioritaires pour l'échantillonnage, en raison de la présence de l'espèce ciblée et de maîtrise d'usage ou foncière permettant la mise en œuvre d'actions de conservation.

Le protocole de CMR est effectué sur les six sites étudiés en 2025 pour évaluer les déplacements d'individus. Dans une contrainte de temps, les pressions d'échantillonnage

seront néanmoins différentes selon les sites. L'ENS du marais et de l'étang Paccauds, la Carrière de la Rippe Bernard et l'étang de Montalibord sont propices à la présence d'*E. bimaculata*. Ces sites sont donc sujets à une forte pression d'échantillonnage à raison d'une session de capture/contrôle tous les 3 à 4 jours. Sur les autres sites, la pression de capture est plus faible à raison d'une session de capture/contrôle par semaine.

Concernant le protocole de génétique, un minimum de 20 individus de *L. quadrimaculata* par site fait l'objet de prélèvements de tarsi pour assurer une fiabilité statistique des résultats. Les analyses en laboratoire sont conduites sur deux lots de 90 échantillons. Ainsi, neuf sites sur la zone d'étude sont échantillonnés (5 en 2024 et 4 en 2025). Les sites faisant l'objet de ce protocole en 2025 sont en priorité ceux où la CMR à forte pression d'échantillonnage est mise en place. En effet, il y a plus de chances de trouver les 20 individus par site lorsque la pression de capture est plus importante. Le quatrième site qui en fait l'objet est l'étang Morel car il paraît plus favorable à la présence en nombre de *L. quadrimaculata*.

Enfin, le protocole de radiopistage sera réalisé sur l'ENS de la lande tourbeuse des Oignons – site étudié l'année dernière en CMR – car le site est praticable sans interruption spatiale. En effet, les autres sites comportent des étangs qui ne peuvent pas être traversés à pied avec des cuissardes.

II. Matériel biologique

II.1. Espèces ciblées

Leucorrhinia pectoralis (Charpentier, 1825) et *Epitheca bimaculata* (Charpentier, 1825) sont deux libellules rares et localisées en Europe de l'Ouest (Figure 1 Figure 2).

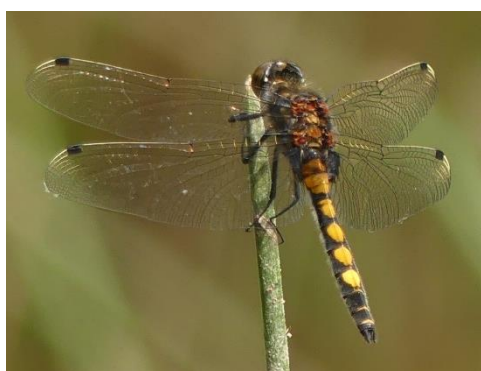


Figure 1 : *Leucorrhinia pectoralis*
© L. Alvarez



Figure 2 : *Epitheca bimaculata*
© C. Brochard

Elles sont toutes deux en régression dans de nombreuses régions (Sahlén *et al.*, 2014 ; Schorr, 1996 ; Wildermuth, 2007 ; Boudot & Kalkman, 2015). Leur déclin a conduit à la mise en place de mesures de protection : elles sont inscrites aux annexes II et IV de la directive Habitats ainsi qu'à l'annexe II de la convention de Berne. En France, *L. pectoralis* est protégée par l'article 2

de l'arrêté du 23 avril 2007 et classée « quasi menacée » (NT) au niveau national et rhônalpin (UICN France *et al.*, 2016), tandis qu'*E. bimaculata*, est actuellement classée « préoccupation mineure » (LC) au niveau national et « vulnérable » (VU) au niveau régional. Les deux espèces sont considérées comme déterminantes ZNIEFF et *L. pectoralis* est classée comme « espèce prioritaire » dans le dernier PNA (Houard, 2020).

En Auvergne-Rhône-Alpes, *L. pectoralis* et *E. bimaculata* sont autochtones dans les mêmes secteurs : nord de la Drôme, plaines de l'Isère et de l'Ain, Dombes et Bresse (Grand, 2010a ; Krieg-Jacquier, 2010). Les deux espèces sont inféodées aux milieux lenticques permanents, bien exposés et riches en végétation aquatique (Bensettiti & Gaudillat, 2002 ; Wildermuth, 2008). *L. pectoralis* privilégie les milieux structurés en mosaïque d'herbiers palustres bas, de ceintures d'hélophytes et de clairières d'eau libre (Broyer *et al.*, 2009 ; Heidemann & Seidenbusch, 2002 ; Minot, 2016). Elle évite les plans d'eau pionniers ou trop évolués, ainsi que les sites dépourvus de végétation riveraine (Doucet, 2008 ; Wildermuth, 1992). *E. bimaculata*, quant à elle, fréquente les étangs forestiers avec des paysages semi-boisés (Wildermuth, 2008). Elle évite les plans d'eau trop petits, trop artificiels ou eutrophisés (Trockur & Sternberg, 2000 ; Boudot & Kalkman, 2015).

En matière de dispersion, *L. pectoralis* présente une capacité importante, pouvant atteindre 27 km, voire 100 km dans certains cas (Wildermuth, 1994 ; Dupont, 2010), alors que celle d'*E. bimaculata* reste plus modérée, avec une dynamique de recolonisation limitée par la fragmentation des milieux favorables (Boudot & Kalkman, 2015). Enfin, ces deux libellules sont considérées comme des espèces parapluie, en raison de leur sensibilité bioindicatrice. Leur présence témoigne d'une bonne qualité des plans d'eau forestiers ou semi-ouverts, révélant leur intérêt patrimonial majeur pour l'odonatofaune régionale (Šíbllová *et al.*, 2021 ; Krieg-Jacquier, 2010).

II.2. Espèce modèle

Compte tenu des statuts de conservation de *Leucorrhinia pectoralis* et d'*Epitheca bimaculata* et de leurs effectifs localement faibles sur les sites d'étude (d'après les historiques des bases de données naturalistes et les suivis de peuplements réalisés par le CEN), l'étude de cette espèce par des méthodes invasives n'est ni envisageable, ni souhaitable.

L'utilisation d'une espèce-modèle paraît être une alternative pertinente. Parmi les espèces présentes sur les sites d'étude, la libellule à quatre taches (*Libellula quadrimaculata*, Linnaeus 1758) (Odonata, Libellulidae) semble la plus adaptée (Figure 3).



Figure 3 : *Libellula quadrimaculata*
© L. Alvarez

Libellula quadrimaculata est une espèce largement répartie en France métropolitaine (MNHN, 2025). Elle est bien représentée sur les sites d'étude, avec des effectifs suffisants pour permettre un échantillonnage statistiquement fiable (données CEN).

Bien que *L. quadrimaculata* soit plus ubiquiste que *L. pectoralis*, les deux espèces ont une écologie proche. En effet, *L. quadrimaculata* fréquente une grande diversité de plans d'eau stagnants, de taille moyenne, incluant mares, marais et étangs, dès lors que ces milieux présentent une végétation aquatique et des ceintures de roseaux (Schlupmann, 2003 ; Boudot *et al.*, 2024). Cette espèce est d'autant plus intéressante qu'elle est régulièrement citée dans le cortège odonatologique associé à *L. pectoralis* (Doucet, 2008 ; Šíblová *et al.*, 2021).

Du point de vue pratique, cette libellule présente plusieurs avantages : les mâles sont très territoriaux et agressifs, adoptant fréquemment des comportements de perchoir sur des tiges émergées, ce qui facilite leur observation et leur capture (Boudot *et al.*, 2024). Son apparence est également très caractéristique : les nodus noirs présents sur les quatre ailes permettent une identification rapide sur le terrain. Enfin, l'espèce ne bénéficie d'aucun statut de protection ni de conservation particulier, ce qui simplifie considérablement les démarches réglementaires liées à sa manipulation dans le cadre du projet.

Pour toutes ces raisons, *Libellula quadrimaculata* est retenue comme espèce-modèle pour cette étude.

III. Protocoles de terrain

III.1. Capture-Marquage-Recapture

La méthode de CMR a été appliquée à *L. quadrimaculata*. Elle consiste à effectuer régulièrement des sessions de capture d'individus, à les marquer, à les relâcher, puis à contrôler leur présence lors des sessions suivantes. L'identification unique de chaque individu permet d'étudier leurs déplacements. Cette technique est couramment utilisée chez les odonates et plus particulièrement les *Libellulidae* (Chin & Taylor, 2009 ; Minot, 2016).

III.1.1. Méthode d'échantillonnage

Les captures sont réalisées par temps chaud (>17°C) et lumineux (couverture nuageuse <75 %) durant la période de vol des imagos, entre 10h et 16h, avec un filet à papillons (Ø 40 cm) (Rouquette & Thompson, 2007 ; Deliry, 2008 ; Dolný, 2013 ; Collectif RhoMéO, 2014). Les sessions se terminent lorsque plus aucun nouvel individu n'est observé pendant 15 minutes.

Le marquage consiste en l'application de petites tâches de vernis dilué à l'acétone (50 %) sur des zones précises des ailes (Rouquette & Thompson, 2007 ; Minot, 2016 ; Minot *et al.*, 2021) (Annexe 4). A chaque site est attribuée une couleur et le codage permet jusqu'à 218 combinaisons par couleur. Les individus sont relâchés sur le lieu de capture après marquage.

Le contrôle des individus se fait par observation à distance, photo ou recapture. Lors de chaque session, sont notés : date, heure, site, numéro d'individu, sexe, stade phénologique, comportement reproductif et coordonnées GPS acquises via OruxMaps.

III.1.2. Période, fréquence et plan d'échantillonnage

Les sessions s'étendent de fin avril/début mai (imagos précoces) à fin juin (fin du pic de vol théorique), avec des passages complémentaires début juillet (Deliry, 2008). Elles sont réalisées tous les 3-4 jours (pression d'échantillonnage forte) ou tous les 7 jours (pression d'échantillonnage faible) selon les sites (Tableau 1) avec des ajustements en fonction des conditions météorologiques.

Le plan d'échantillonnage est établi à partir de données de présence (données RhoMéo odonates) et complété par prospection. Les secteurs à échantillonner sont identifiés sur chacun des sites (Annexe 5). Des ajustements sont effectués lors du suivi selon l'évolution du niveau d'eau et la praticabilité du terrain.

III.1.3. Analyse des données

L'analyse des données GPS est faite sur QGIS 3. L'outil « Points vers lignes » permet de tracer les distances parcourues par chaque individu en ordonnant selon la date des points de contrôle. La longueur de chaque ligne est ensuite calculée et donne la distance minimale parcourue par les individus.

III.2. Génétique des populations

La génétique des populations étudie la distribution et la fréquence des allèles dans l'aire de répartition d'une espèce afin de caractériser les populations et de comprendre les mécanismes évolutifs en jeu : sélection naturelle, dérive génétique, mutation, recombinaison et migration.

III.2.1. Développement des marqueurs génétiques

Pour *L. quadrimaculata*, des marqueurs ADN appelés SNP (Single Nucleotide Polymorphisms) sont développés. Ces marqueurs sont basés sur la variation ponctuelle d'un seul nucléotide dans l'ADN entre des individus d'une même espèce. Le laboratoire ANTAGÈNE, sous-traitant du CEN pour ce travail, utilise une trentaine d'échantillons de tarsi prélevés dans plusieurs régions de France pour maximiser la diversité génétique.

Les génomes des individus sont séquencés, filtrés pour retirer les séquences de mauvaise qualité, puis alignés sur le génome de référence. Les variants² détectés sont analysés pour sélectionner les SNP bi-alléliques les plus fiables et représentatifs, en tenant compte de leur couverture, qualité et distribution sur le génome.

² position où un allèle différent de l'allèle du génome de référence est observé

III.2.2. Méthode d'échantillonnage

Le prélèvement des tarse est réalisé sur les individus capturés pour la CMR après que le marquage alaire soit sec. Cette précaution permet de manipuler les individus plus facilement et de réduire le risque qu'ils s'échappent. Le prélèvement se fait sur la patte postérieure ou médiane avec des ciseaux à dissection. Les ciseaux sont désinfectés à la flamme entre chaque individu pour éviter toute contamination.

Chaque tarse prélevé est placé dans un tube contenant de l'éthanol pur à 90 %, afin de fixer l'ADN et prévenir la prolifération de bactéries et champignons. Une étiquette en papier, inscrite au crayon, est placée dans le tube pour enregistrer la date, le site et le numéro de l'individu. Les coordonnées GPS de chaque prélèvements sont également enregistrées. Les échantillons sont conservés sur site dans une glacière avant d'être transférés et stockés au congélateur jusqu'à l'analyse.

Pour garantir la traçabilité, un tableau de référencement est créé afin d'associer les informations qualitatives des échantillons avec les numéros internes et ceux attribués par le laboratoire.

III.2.3. Période et plan d'échantillonnage

Les prélèvements sont effectués pendant les sessions de marquage des individus, de fin avril à fin juin, en suivant le même plan d'échantillonnage que le protocole CMR pour les sites concernés par le protocole de génétique.

III.2.4. Analyse des données

Un panel de génotypage est développé à partir des SNP sélectionnés et testé sur un plus grand nombre d'échantillons. L'objectif est d'optimiser le panel en conservant uniquement les marqueurs les plus fiables et les plus informatifs. Le panel final permet d'obtenir des génotypes précis pour chaque individu. Des statistiques supplémentaires sur ces données génétiques sont nécessaires afin d'analyser la structure génétique des populations, les flux de gènes ou la détection d'hybridation.

III.3. Radiopistage

Le radiopistage permet d'identifier précisément les zones fréquentées par les individus ainsi que leurs corridors de dispersion. Le principe est de fixer un émetteur radio sur un individu puis, grâce à un récepteur et une antenne, de suivre l'individu dans ses déplacements (Kissling *et al.*, 2014; Minot *et al.*, 2021).

La masse des émetteurs constitue la principale limite à leur utilisation sur des petites espèces, telles que les odonates. Selon les sources, la masse de l'émetteur ne doit pas excéder 10 % (Hardersen, 2007 ; Le Naour *et al.*, 2019 ; Sansault *et al.*, 2018) ou 20 % (Cheong & Cheong, 2012 ; Kennedy *et al.*, 2018 ; Wang *et al.*, 2024) de la masse corporelle de l'individu pour qu'il

puisse voler avec. La plupart des études de radiopistage sur odonates concernent donc de grandes espèces comme *Anax imperator* (Leach, 1815), dont la masse est comprise entre 1 et 1,3 g (Minot et al., 2021). En revanche, aucune donnée n'a été trouvée sur la masse de *L. quadrimaculata* dans la littérature consultée. Ainsi, des mesures de masses de *L. quadrimaculata* sont réalisées avant le début du radiopistage.

III.3.1. Méthode d'échantillonnage

Des individus sont capturés comme pour la CMR à l'aide d'un filet à papillon. Chaque individu est pesé avec une balance de précision (OHAUS Navigator™ NV222, précision 0.01 g) et d'un pochon en tissu, afin de vérifier que l'émetteur représente moins de 20 % de la masse corporelle. Un marquage coloré unique est réalisé comme pour la CMR afin d'identifier les individus.

Trois émetteurs de 0.15 g (T15, 0.15 g, longueur 11 mm, antenne 14.5 cm, Advanced Telemetry Systems) (Figure 4) datant de l'année dernière et deux émetteurs de 0.13 g (Nano Pin tag, 0.13 g, longueur 11 mm, antenne 14.5 cm, Lotek) datant de cette année sont utilisés pour le radiopistage. La fréquence des émetteurs est comprise entre 150.010 et 150.340 MHz.

L'émetteur est activé (Annexe 6) puis collé à la super-glue sur la face dorsale des premiers segments abdominaux si l'anatomie le permet (Hardersen, 2007 ; Deville, 2015 ; Minot et al., 2021). Sinon, il est placé en face ventrale, à l'arrière de la dernière paire de pattes (Kennedy et al., 2018 ; Minot et al., 2021). Après fixation, l'individu est maintenu dans une cage pendant une heure afin de laisser sécher la colle et de vérifier son aptitude au vol.

Une fois l'individu relâché, le radiopistage est réalisé à l'aide d'une antenne Yagi à trois éléments (Figure 5) reliée à un récepteur ATS R410 (140 et 220 MHz) (Figure 6) par un câble RG58C/U (Annexe 7). Les milieux traversés sont notés et les points de repos sont géolocalisés. L'antenne permet de retrouver l'individu s'il a été perdu de vue.



Figure 4 : Émetteur ATS T15



Figure 5 : Antenne Yagi à 3 éléments



Figure 6 : Récepteur ATS R410

III.3.2. Période, fréquence et plan d'échantillonnage

Le protocole est appliqué entre mi-juin et mi-juillet. Le nombre d'individus suivis est limité par le nombre d'émetteurs disponibles (maximum 5), ce qui rend ce protocole secondaire par rapport à la CMR et aux analyses génétiques.

Le plan d'échantillonnage s'appuie sur celui qui avait été utilisé l'année dernière pour le protocole CMR de l'ENS de la lande tourbeuse des Oignons (Annexe 5).

IV. Graphes paysagers

L'objectif est de modéliser la connectivité écologique entre les sites de l'étude pour *L. quadrimaculata* avec le logiciel Graphab 3.0.5. Les données nécessaires à la création d'un graphe paysager sont les suivantes :

- une couche vectorielle des sites favorables à l'espèce qui correspondront aux nœuds du graphe ;
- un raster de la mosaïque paysagère de la zone, ainsi que des coefficients de friction pour chacune des catégories paysagères qui vont permettre de construire les liens du graphe.

Les sites favorables à *L. quadrimaculata* sont d'abord identifiés. Cette identification a été réalisée en 2024 lors du choix des sites d'études selon différents critères de sélection (Annexe 8). Des polygones de délimitation des sites sont nécessaires pour l'analyse paysagère. Une couche vectorielle est donc créée sur QGIS 3. Les contours des sites CEN sont disponibles sur les serveurs internes. Les autres contours sont récupérés grâce à l'inventaire des zones humides de l'Ain ou dessinés à partir de la BD ORTHO 2021 de l'IGN.

La carte d'occupation des sols OSO Theia 2023 est utilisée comme carte paysagère (CNES, 2025). Elle comporte 24 classes et a une résolution de 10 m. Les coefficients de friction pour chaque classe sont définis à dire d'experts à partir des observations de terrain et à partir des données du radiopistage. Ils suivent la logique suivante :

- 1000 pour les milieux bloquants ;
- 500 pour les milieux très défavorables ;
- 100 pour les milieux défavorables ;
- 40 pour les milieux neutres ;
- 10 pour les milieux favorables ;
- 1 pour les habitats.

A partir de ces données, une matrice de friction est réalisée avec l'extension Biodispersal de QGIS.

Dans Graphab, la carte d'occupation des sols est importée en tant que carte paysagère sans code hors zone. Les sites sont intégrés dans le projet comme « nouvel habitat vecteur » et leur surface détermine leur capacité. Ensuite, un jeu de liens est créé avec les sites comme habitats, une distance de dispersion maximum et les coefficients de friction (option « coût à partir de la carte du paysage »). Enfin, un graphe est créé à partir du jeu de liens sans élagage.

Résultats

I. Capture-Marquage-Recapture

Entre le 25 avril et le 17 juin 2025, 43 sessions de terrain ont été réalisées dont 14 ont permis la capture et/ou le contrôle d'individus (Tableau 2). Le nombre d'observateur-ices par sessions de terrain a varié entre un et trois.

Tableau 2 : Effort de prospection

Site	Passages	dont session de captures	Durée moyenne des passages	Nombre d'heures totales
Paccauds	8	5	02:55	23:25:00
Rippe Bernard	11	6	02:25	26:40:00
Montalibord	9	1	00:40	06:05:00
Grand Creve	4	2	00:26	01:45:00
Morel	7	0	00:45	05:20:00
Grozinières	4	0	00:17	01:10:00
TOTAL	43	14	-	64:25:00

Les passages ont finalement été moins fréquents que prévu en raison des conditions météorologiques. Les sites faisant l'objet de l'étude génétique ont, comme prévu, été priorisés dans l'échantillonnage (Tableau 3).

Tableau 3 : Fréquence d'échantillonnage réalisée

Site	Temps prévu entre les sessions (jours)	Temps effectif entre les sessions (jours)
Paccauds	3 à 4	6,7
Rippe Bernard	3 à 4	5,3
Montalibord	3 à 4	6,6
Grand Creve	7	15,7
Morel	7	7,5
Grozinières	7	17,7

Par ailleurs, les sessions se sont arrêtés mi-juin au lieu de fin juin car plus aucune *L. quadrimaculata* n'a été repérée sur les sites après la vague de froid de début juin, hormis sur la mare Grand Creve où un individu a été vu et marqué le 10 juin.

Lors de ces 43 sessions de terrain, 48 données de captures et de contrôles de *L. quadrimaculata* ont été collectées. Ce sont 38 individus qui ont été marqués (35 mâles et 3 femelles) dont 8 mâles ont été contrôlés une ou deux fois, soit 21 % du total (). Par ailleurs, 10 données de contrôles ont été acquises.

Tableau 4 : Échantillonnage de CMR réalisé

Site	Captures			Contrôles						
	nb individus			nb individus			part individus	nb données		
	mâles	femelles	total	mâles	femelles	total		mâles	femelles	total
Paccauds	22	1	23	6	0	6	26%	8	0	8
Rippe Bernard	10	2	12	2	0	2	17%	2	0	2
Montalibord	1	0	1	0	0	0	0%	0	0	0
Grand Creve	2	0	2	0	0	0	0%	0	0	0
Morel	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0
Grozinières	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0
Total	35	3	38	8	0	8	21%	10	0	10

L'étude a mis en évidence les **habitats fréquentés** par *L. quadrimaculata* sur les sites (Annexe 9) Sur l'ENS du marais et de l'étang Paccauds, les individus ont été capturés sur différents milieux : cariçaies à Laîches aiguë, saussaies marécageuses à Saule cendré, bois marécageux d'Aulnes ou en bordure de frênaies-chênaies sub-atlantiques à primevère (cartographie d'habitats CEN 2020). Sur la Carrière de la Rippe Bernard, les individus ont été capturés sur des communautés à *Eleocharis*, des jonchaies hautes, des landes médio-européennes à *Cytisus scoparius* ou encore des végétations enracinées immergées (cartographie d'habitats CEN 2023). Sur la mare Grand Creve et l'étang de Montalibord, les individus ont été observés sur des jonchaies.

La méthode de CMR n'a pas mis en évidence de déplacements intersites cette année. Cependant, les contrôles ont montré des **déplacements intrasites** (Figure 7 Figure 8).

Continuités écologiques pour les libellules en Bresse

Déplacements intrasites sur la carrière
de la Rippe Bernard



Légende :

Libellula quadrimaculata

Vert_3

Vert_34



Réalisation CEN Rhône-Alpes 2025
Sources : CEN RA , Orthophotographies IGN 2021

Figure 7 : Distances parcourues par les individus recapturés sur la carrière de la Rippe Bernard

Continuités écologiques pour les libellules en Bresse

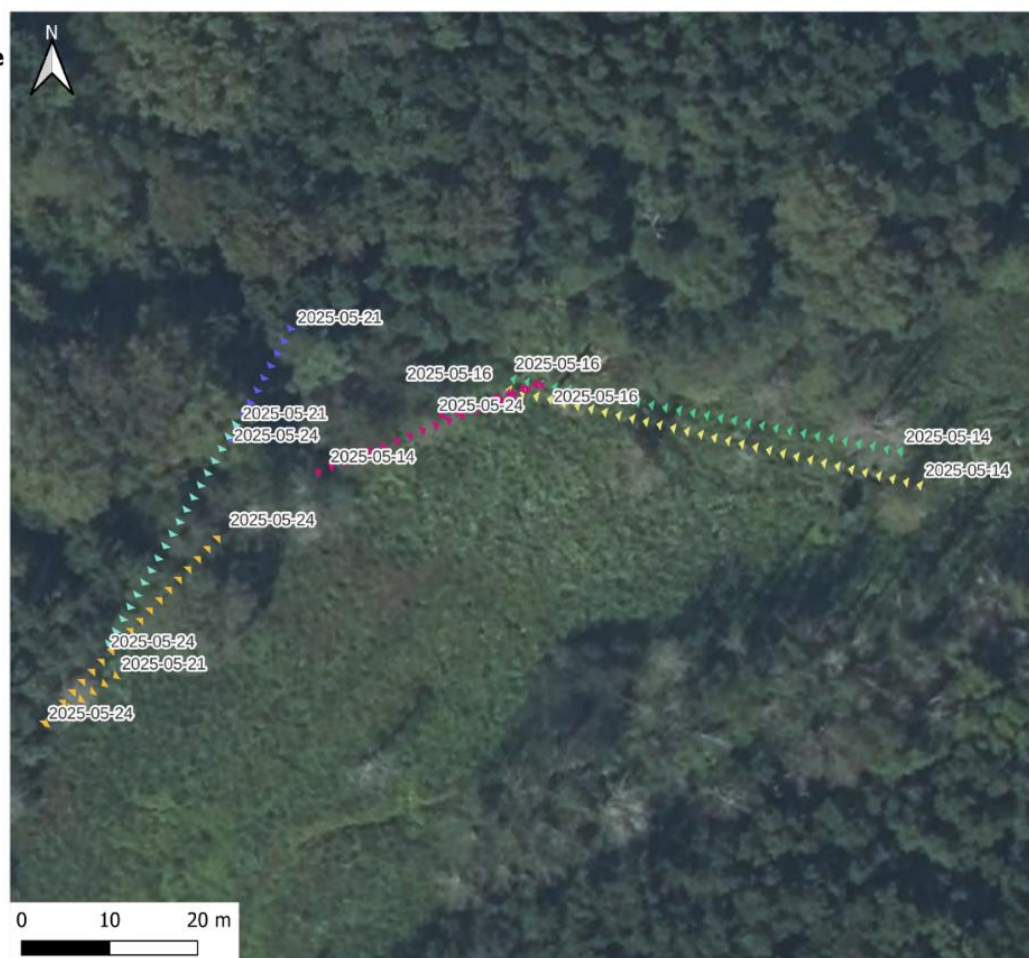
Déplacements intrasites sur l'ENS du
marais et de l'étang Paccauds



Légende :

Libellula quadrimaculata

- ▶▶▶ Rose_4
- ▶▶▶ Rose_5
- ▶▶▶ Rose_6
- ▶▶▶ Rose_15
- ▶▶▶ Rose_18
- ▶▶▶ Rose_23



Réalisation CEN Rhône-Alpes 2025
Sources : CEN RA , Orthophotographies IGN 2021

Figure 8 : Distances parcourues par les individus recapturés sur l'ENS du marais et de l'étang Paccauds

Les données récoltées donnent une idée de la distance minimale parcourue par les individus (Tableau 5) mais ne représentent pas les déplacements exacts entre deux points d'observation. Les distances entre les points de marquage et de contrôle sont comprises entre 14 et 41 mètres pour 50 % des contrôles et inférieures à 50 mètres pour 90% des contrôles.

Les données de cette année peuvent être combinées avec celles de l'année dernière (Tableau 6) pour avoir un échantillon plus important. Plus de 50 % des distances entre les points d'observation sont comprises entre 20 et 80 mètres. La distance maximum est de 4611 mètres et concerne un déplacement intersite. La distance intrasite maximum est quant à elle de 304 mètres.

Tableau 5 : Distance parcourue entre les points
de marquage et de contrôle
(données 2025, n=10)

2025	Distance de déplacement (m)
Minimum	9
1er quartile	14
Médiane	29
3e quartile	41
Maximum	257

Tableau 6 : Distance parcourue entre les points
de marquage et de contrôle
(données 2024 et 2025, n=253)

2024-2025	Distance de déplacement (m)
Minimum	0
1er quartile	20
Médiane	39
3e quartile	78
Maximum	4611

II. Génétique des populations

En 2024, des tissus ont été prélevés sur 16 individus hors du secteur d'étude et sur 92 individus des 5 sites étudiés. Les échantillons ont été transmis au laboratoire Antagène l'année dernière pour le développement de marqueurs SNP dans un premier temps et le génotypage des échantillons des sites dans un second temps. Les résultats n'ont, cependant, pas encore été envoyés par le laboratoire et n'ont donc pas encore pu faire l'objet d'une analyse.

En 2025, 34 échantillons ont été prélevés sur 3 des 4 sites faisant l'objet du protocole de génétique (Tableau 7). Les échantillons correspondent pour 33 d'entre eux à des individus marqués pour la CMR et pour le dernier à un individu qui a été tué lors de la tentative de capture et qui n'a donc pas été marqué pour la CMR.

Tableau 7 : Prélèvements génétiques 2025

Site	Nombre d'individus prélevés pour la génétique
Paccauds	20
Rippe Bernard	13
Montalibord	1
Morel	0
Total	34

Etant donné qu'il faut au minimum 20 données par site, l'étude génétique ne pourra pas se faire sur les étangs Morel et Montalibord. Pour la Rippe Bernard néanmoins, les échantillons pourront être complétés l'année prochaine.

III. Radiopistage

En 2024, des tests comparatifs de vol, après la pose de l'émetteur ont été réalisés sur un individu de *L. quadrimaculata* et deux individus d'*Anax imperator* qui est une espèce déjà suivie en radiopistage. Ces tests ont confirmé la possible utilisation de cette méthode d'échantillonnage. Aucune donnée sur la masse des individus n'avait pu être collectée.

Fin juin – début juillet, des sessions de capture de *L. quadrimaculata* et d'*A. imperator* ont permis de peser des individus. Pour *L. quadrimaculata* ($n = 12$), la masse moyenne est de $0,37 \pm 0,06$ g. Pour *A. imperator* ($n = 4$), la masse moyenne est de $0,97 \pm 0,12$ g.

Différents tests de collage des émetteurs ont été réalisés d'abord sur des *L. quadrimaculata* puis sur des *A. imperator* (Tableau 8).

Tableau 8 : Test de collage d'émetteurs sur *L. quadrimaculata* et *A. imperator*

	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4
Date	01/07/2025	01/07/2025	03/07/2025	03/07/2025
Espèce	<i>Libellula quadrimaculata</i>	<i>Libellula quadrimaculata</i>	<i>Anax imperator</i>	<i>Anax imperator</i>
Sexe	F	M	F	M
Masse (g)	0,44	0,41	1,1	0,86
Masse émetteur (g)	0,15	0,15	0,15	0,15
Position de l'émetteur	dorsale	dorsale	ventrale	ventrale
Déroulement	12h30 : collage de l'émetteur 13h : mise en cage pour le séchage 14h : test de vol négatif	14h30 : collage de l'émetteur 14h45 : mise en cage pour le séchage 15h45 : test de vol négatif	11h : collage de l'émetteur 11h30 : mise en cage pour le séchage 13h : envol	11h30 : collage de l'émetteur 12h : mise en cage pour le séchage 13h : envol

Pour une *L. quadrimaculata*, un émetteur de 0.15 g représente en moyenne 41 % de sa masse corporelle. Or, il est recommandé de ne pas excéder 10 % (Hardersen, 2007 ; Le Naour et al., 2019 ; Sansault et al., 2018) ou 20 % (Cheong et al., 2012 ; Kennedy et al., 2018 ; Wang et al., 2024) de la masse de l'individu pour qu'il puisse voler avec. Comme un test de vol avait été positif l'année dernière, il a quand même été décidé d'essayer le radiopistage sur des *L. quadrimaculata*. Le 1er juillet, deux émetteurs ont été collés sur une femelle et un mâle de *L. quadrimaculata* en face dorsale, l'abdomen étant assez large pour coller l'émetteur. Ces tentatives ont été infructueuses car les individus ne se sont pas envolés.

Il a donc été décidé de se reporter sur *A. imperator* qui est une espèce plus massive et qui a déjà fait l'objet d'étude de radiopistage (Minot et al., 2021). Pour cette espèce, l'émetteur représente en moyenne 15 % de la masse corporelle d'un individu. Le 3 juillet, deux émetteurs ont donc été collés sur une femelle et un mâle d'*A. imperator* en face ventrale car l'abdomen forme une crête du côté dorsal et empêche la bonne fixation de l'émetteur (Figure 9). Les deux individus se sont envolés lors du lâcher.



Figure 9 : Collage d'un émetteur sur un mâle d'*Anax imperator* © E. Gonin

Après un contrôle à quelques mètres du lâcher, le signal de l'individu mâle a été perdu. Le signal de la femelle a été capté plus loin le jour-même et capté à nouveau le lendemain à un autre endroit (Figure 10). Dans ces deux cas, la femelle n'a pas été revue car les boisements étaient denses et ont bloqué l'avancée. Cependant, des triangulations ont permis d'estimer la localisation de l'individu dans les boisements.

Les trois autres émetteurs n'ont pas pu être posés à cause des conditions météorologiques. En effet, pour avoir un maximum de données, il était nécessaire d'avoir une semaine complète de beau temps. Or, le mois de juillet a été nuageux et pluvieux. Le 4 août, une dernière session a été effectuée, mais aucun *A. imperator* n'a été observé sur le site.

Continuités écologiques pour les libellules en Bresse

Radiopistage - Déplacements intrasites sur l'ENS de la lande tourbeuse des Oignons



Légende :

Anax imperator

▶▶▶ Individu femelle

▶▶▶ Individu mâle

Réalisation CEN Rhône-Alpes 2025
Sources : CEN RA , Orthophotographies IGN 2021



Figure 10 : Distances parcourues par les individus d'*A. imperator* suivis par radiopistage

Néanmoins, les données de géolocalisation obtenues croisées avec la cartographie d'habitats du site de 2021 permettent de mettre en évidence les habitats fréquentés par *A. imperator* :

- Prairies à Molinie et communautés associées
- Eaux oligotrophes pauvres en calcaire ;
- Prairies à Jonc acutiflore ;
- Bois de bouleaux humides ;
- Bois d'*Alnus glutinosa*.

Les données permettent également, comme la CMR, d'avoir une idée de la distance minimale parcourue par les individus entre deux points de contrôle. En l'occurrence, les individus ont parcouru au minimum 14 m pour le mâle et 540 m pour la femelle.

IV. Graphes paysagers

Le radiopistage montre qu'*A. imperator* utilise les boisements comme lieu de repos. Il est fait l'hypothèse que c'est aussi le cas de *L. quadrimaculata*. Les coefficients de friction ont donc été définis en s'appuyant sur cette donnée et à dire d'experts (Annexe 10). La Bresse est un territoire très agricole et peu forestier. La carte de friction (Figure 11) est donc à cette image

avec une majorité de milieux neutres pour *L. quadrimaculata*. Les zones très défavorables à l'espèce correspondent aux zones urbaines avec en particulier Bourg-en-Bresse au sud et des bourgs ruraux à l'ouest le long du Val de Saône. Les sites favorables sont, cependant, situés dans des zones plutôt forestières.

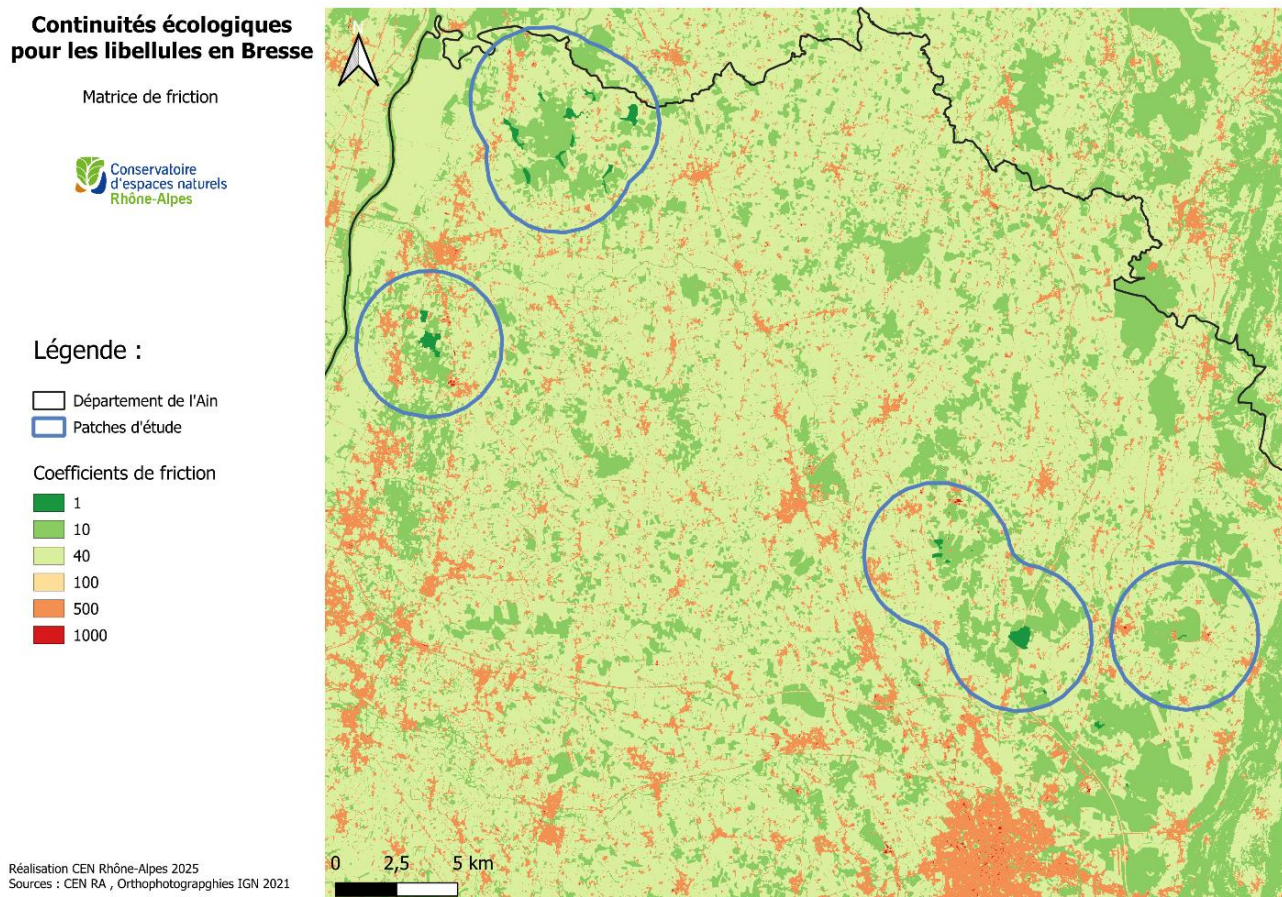


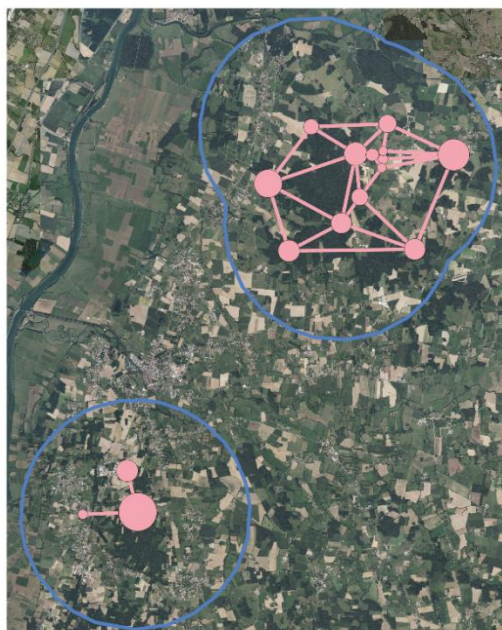
Figure 11 : Matrice de friction pour *L. quadrimaculata*

D'après les données de CMR obtenues grâce à l'étude, *L. quadrimaculata* peut faire jusqu'à 4600 m de distance. Bien que très occasionnelle, cette distance donne une idée de la capacité des odonates à disperser. Un premier graphe est donc réalisé avec cette donnée de distance (Figure 13). Il montre qu'il y a une connectivité au sein des patches.

Comme les déplacements intersites sont rares, s'ils sont écartés du jeu de données, la distance maximale est de 300 m. Un deuxième graphe est donc créé avec cette valeur qui correspond à une distance probablement plus fréquente pour l'ensemble des individus (Figure 13). Certains sites des deux plus grands patches restent connectés, même si la plupart des connexions ne sont plus présentes.

Continuités écologiques pour les libellules en Bresse

Graphes paysagers pour *Libellula quadrimaculata*
(4600 m de dispersion)



0 1 2 km



Légende :

● Noeuds
(50000 - 527211 m²)

— Liens

□ Patches d'étude

Réalisation CEN Rhône-Alpes 2025
Sources : CEN RA, OSM

Figure 12 : Graphe paysager pour *L. quadrimaculata* (4600 m de dispersion)

Continuités écologiques pour les libellules en Bresse

Graphes paysagers pour *Libellula quadrimaculata*
(300 m de dispersion)



0 1 2 km



Légende :

● Noeuds
(50000 - 527211 m²)

— Liens

□ Patches d'étude

Réalisation CEN Rhône-Alpes 2025
Sources : CEN RA, OSM

Figure 13 : Graphe paysager pour *L. quadrimaculata* (300 m de dispersion)

Discussion

I. Interprétation des résultats de CMR

Le protocole de CMR mis en place en 2025 a permis de marquer 38 imagos de *L. quadrimaculata* et de récolter 10 données de contrôle. Ces chiffres sont bien moins importants que ceux de l'année dernière où 184 individus avaient été marqués et 243 données de contrôle avaient été enregistrées (Annexe 11).

Tout d'abord, très peu de *L. quadrimaculata* ont été observés sur les sites non gérés par le CEN, malgré qu'ils aient été identifiés comme favorable à cette espèce. L'étang des Grozinières ne semble finalement pas très favorable car la ceinture de végétation est très limitée pour abriter et nourrir des larves d'odonates et pour servir de perchoir et de site de ponte aux imagos (Hartel *et al.*, 2007 ; Huikkonen *et al.*, 2019). L'étang de Montalibord quant à lui contient de nombreux poissons qui pourraient prédater les larves (Smith *et al.*, 1999 ; Stoks et McPeck, 2003). Ensuite, l'étang Morel ne présente pas de lieu de repos à proximité direct puisqu'il n'y a pas de boisements derrière les ceintures de végétation échantillonnées, ce qui pourrait expliquer les faibles effectifs observés (Minot *et al.*, 2021). Enfin, la mare Grand Creve est petite et ne peut donc pas accueillir une grande population. Elle peut cependant servir de relais entre deux sites.

De plus, sur les sites CEN, aucun individu de l'espèce modèle n'a été observé après le 30 mai 2025, ce qui a empêché l'acquisition de plus de données. Les conditions météorologiques ont pu avoir un impact sur l'émergence de l'espèce. En effet, le mois de juin 2025 a été particulièrement pluvieux en Bresse (station météorologique de Viriat) avec 96 mm de pluie au lieu de 75 mm en moyenne sur la période 1991-2020 (+28 % de précipitations) (Infoclimat, 2025). Cependant, l'espèce a été observée sur d'autres sites après le mois de mai et notamment sur l'ENS de la lande tourbeuse des oignons (tests radiopistage) et sur l'ENS du marais et de l'étang de Bizadan donc les conditions météorologiques n'expliquent pas tout.

Parmi les individus marqués, seuls 8 % sont des femelles (n=38) tout comme l'année dernière (n=184). Cela s'explique par les comportements territoriaux des mâles (cantonnement à un territoire, posés en évidence sur des extrémités proéminentes de plantes herbacées) qui garantissent des probabilités de capture, puis de contrôle, supérieures à celles des femelles. Cela représente un biais méthodologique car les femelles se déplacent souvent plus que les mâles (Minot *et al.*, 2021).

Le taux d'individus contrôlés est de 21% (uniquement des mâles, n=8). Il est plus faible que celui de l'année dernière (38 %), mais reste cohérent avec les études CMR qui présentent entre 8 et 42% de recapture avec une moyenne à 26% (Chin & Taylor, 2009 ; Dolný, 2013 ; Minot, 2016 ; Minot *et al.*, 2021 ; Rouquette & Thompson, 2007 ; Seguin & Kreder, 2016 ; Watts *et al.*, 2004). Ces études montrent également un taux de contrôle supérieur chez les mâles.

Les distances de déplacements enregistrées cette année sont cohérentes avec celle de l'année dernière avec une médiane de 29 m en 2025 (n=10) contre une médiane de 38 m en 2024 (n=243) et un maximum de 257 m en 2025 et de 304 m en 2024 (distances intrasites uniquement). Les données ajoutées cette année ne modifie pas la conclusion qui a été faite l'année dernière : la majorité des distances entre marquage et contrôle sont comprises entre 20 et 80 mètres. De plus, aucune donnée de déplacement intersite n'a été enregistrée en 2025. Sur les deux années, seuls 3 individus sur les 95 individus contrôlés ont été observés sur d'autres sites que leur site de marquage, soit 3 % des individus. Ces résultats sont cohérents avec d'autres études CMR sur des odonates qui montrent des déplacements intersites pour 2 % des individus recapturés de *Leucorrhinia pectoralis* (n=140) (Minot, 2016) et pour 3 % des individus recapturés de *Coenagrion lunulatum* (n=600) (Seguin & Kreder, 2016).

Ainsi, la première hypothèse « L'espèce-modèle se déplace principalement au sein des sites. Des déplacements entre sites sont possibles mais minoritaires. » est vérifiée.

II. Interprétation des résultats de génétique

Le prélèvement de tissus en 2025 sur 33 individus de deux des sites CEN étudiés permet de compléter les données génétiques transmises au laboratoire. Les résultats de l'analyse génétique des échantillons de 2024 sont encore en attente d'être reçus. Aucune conclusion ne peut être émise sur la deuxième hypothèse : « Il existe une structuration des populations entre les deux sous-secteurs géographiques du projet (nord-ouest et sud-ouest). ».

III. Interprétation des résultats de radiopistage

La moyenne des masses d'*A. imperator* est de 0.97 ± 0.12 g (n=4) contre 1.09 ± 0.17 g (n=141) dans une autre étude de CMR et de radiopistage sur *A. imperator* (Minot *et al.*, 2021). Les données sont assez cohérentes, d'autant plus en sachant que les femelles sont plus massives et qu'il n'y a que 25 % de femelles dans l'échantillon de cette étude contre 38 % dans l'échantillon de l'étude de Minot *et al.* (2021).

Le radiopistage montre que les individus d'*A. imperator* sont dans des arbres au repos, tandis qu'au moment de la capture lorsqu'ils sont actifs, ils volent plutôt au-dessus des plans d'eau. L'étude de Minot *et al.* (2021) montre les mêmes comportements avec une présence significativement plus fréquente dans les étangs (activité et repos) et les arbres (repos) que dans les autres habitats. Ainsi, la présence de boisements aux abords des étangs favorise la présence d'*A. imperator*. Les milieux de déplacements n'ont, cependant, pas pu être observés avec le radiopistage. Même si de manière empirique, des déplacements d'*A. imperator* ont pu être observés au niveau de la canopée et en lisière, il est difficile avec le peu de données enregistrées de conclure sur la troisième hypothèse : « Les milieux utilisés pour la dispersion

des odonates sont principalement les lisières boisées et les canopées. ». En complétant les données l'année prochaine avec les trois derniers émetteurs qu'il reste, une conclusion plus claire pourrait être tirée.

IV. Interprétation des graphes paysagers

Le premier graphe montre qu'il y a une continuité écologique pour les odonates entre les sites d'un même patch. Cependant, cette donnée reste à prendre avec précaution car en tout, seuls 3 individus sur les 222 marqués ont fait une distance de cet ordre-là (4400 à 4600 m). La capacité à disperser entre ces sites ne repose donc que sur quelques individus et est assez aléatoire.

Le deuxième graphe donne une idée plus précise des sites qui sont vraiment connectés, puisqu'une distance de 300 m est plus fréquente pour tous les individus. Trois sites CEN sont déjà concernés par des connexions avec d'autres sites : l'ENS du marais et de l'étang de Bizadan, l'ENS du marais et de l'étang Paccauds, la carrière de la Rippe Bernard. Il pourrait, cependant, être intéressant de renforcer la connectivité entre les sites CEN d'un même patch.

La création de ces graphes révèle des limites. Les coefficients de friction pourraient être davantage affinés avec des données de radiopistage supplémentaires. Une cartographie des habitats plus précise permettrait également de préciser l'analyse.

Par ailleurs, il pourrait être intéressant de réaliser des graphes à l'échelle des sites CEN pour mieux comprendre les connectivités au sein de ces sites et ainsi proposer des aménagements spécifiques réalisables par le CEN pour agir en faveur de la conservation des odonates de Bresse.

Références bibliographiques

- Bensettiti, F., & Gaudillat, V. (coord.) (2002). *Cahiers d'habitats Natura 2000 – Tome 7 : Espèces animales*. Paris: La Documentation Française / MNHN.
- Boudot, J.-P., & Kalkman, V. J. (2015). *Atlas of the European dragonflies and damselflies*. KNNV Publishing.
- Boudot, J.-P., Grand, D., Wildermuth, H., & Monnerat, C. (2024). *Les libellules de France, Belgique, Luxembourg et Suisse* (3^e éd.). Biotope.
- Broyer, J., Curtet, L., Bouniol, J., & Vieille, J. (2009). L'habitat de *Leucorrhinia pectoralis* Charpentier, 1825 (Odonata, Libellulidae) dans les étangs piscicoles de la Dombes (Ain). *Bulletin mensuel de la Société linnéenne de Lyon*, 78(3–4), 77–84.
- Chin, K. S., & Taylor, P. D. (2009). Interactive effects of distance and matrix on the movements of a peatland dragonfly. *Ecography*, 32(4), 715–722. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2009.05843.x>
- Cheong, Y. J., & Cheong, Y. W. (2012). Radio tracking of large Odonata species in forest fragments in Singapore (Project report). Nature Society (Singapore), Little Green Dot Student Research Grant, Junior College Category.
- Chovanec, A., & Waringer, J. (2001). Ecological integrity of river–floodplain systems – assessment by dragonfly surveys (Insecta: Odonata). *Regulated Rivers: Research & Management*, 17(3), 493–507. <https://doi.org/10.1002/rrr.664>
- CNES (Centre National d'Études Spatiales). (2025). OSO – Carte d'occupation des sols de la France métropolitaine, produit L3B-OSO, réflectance [Jeu de données]. Portail GEODES. <https://geodes-portal.cnes.fr>
- Collectif RhoMéo. (2014). *La boîte à outils de suivi des zones humides du bassin Rhône-Méditerranée*. Conservatoire d'Espaces Naturels de Savoie.
- Cordero-Rivera, A., & Stoks, R. (2008). Mark–recapture studies and demography. In A. Córdoba-Aguilar (Ed.), *Dragonflies and Damselflies: Model organisms for ecological and evolutionary research* (pp. 7–20). Oxford University Press.
- Davidson, N. C. (2014). How much wetland has the world lost? Long-term and recent trends in global wetland area. *Marine and Freshwater Research*, 65(10), 934–941. <https://doi.org/10.1071/MF14173>
- De Knijf, G., Billqvist, M., van Grunsven, R. H. A., Prunier, F., Vinko, D., Trottet, A., Bellotto, V., Clay, J., & Allen, D. J. (2024). *Measuring the pulse of European biodiversity*. *European Red*

- List of Dragonflies & Damselflies (Odonata)*. Brussels, Belgium: European Commission.
<https://doi.org/10.2779/462053>
- De Oliveira-Junior, J. M. B., Juen, L., & Shimano, Y. (2015). Odonata as a tool for the biomonitoring of environmental quality. *Ecological Indicators*, 49, 245–251.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.09.016>
- Deliry, C. (2008). *Atlas illustré des libellules de la région Rhône-Alpes*. Biotope.
- Deliry, C., & Groupe Sympetrum. (2014). *Liste rouge des Odonates de Rhône-Alpes*. Groupe de Recherche et de Protection des Libellules « Sympetrum » (GRPLS).
- Déville, M. (2015). Étude des déplacements de deux espèces utilisées pour la cohérence nationale des Trames verte & bleue en Touraine du Sud (37) : *Leucorrhinia caudalis* et *Emys orbicularis*. Caudalis.
- Dolný, A. (2013). Population size estimation of *Aeshna caerulea* (Odonata: Aeshnidae) in the Czech part of Úpské rašeliniště bog (Giant Mountains). *Casopis Slezského Zemského Musea (A)*, 62, 1–10.
- Doucet, G. (2008). Contribution à la biologie et à l'écologie de *Leucorrhinia pectoralis* (Charpentier, 1825) en Haute-Saône. Rapport d'expertise naturaliste, Office National des Forêts, 45 p.
- Dugan, P. J. (1993). *Wetlands in Danger: A World Conservation Atlas*. Oxford University Press.
- Dupont, P. (coord.) (2010). *Plan national d'actions en faveur des Odonates*. SFO / ONF / Ministère de l'Écologie, 170 p.
- Foltête, J.-C., Vuidel, G., Savary, P., Clauzel, C., Sahraoui, Y., Girardet, X., & Bourgeois, M. (2021). Graphab: An application for modeling and managing ecological habitat networks. *Software Impacts*, 8, 100065. <https://doi.org/10.1016/j.simpa.2021.100065>
- Golfieri, B., Hardersen, S., Maiolini, B., & Surian, N. (2016). Odonates as indicators of the ecological integrity of the river corridor: Development and application of the Odonate River Index (ORI) in northern Italy. *Ecological Indicators*, 61, 234–247.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.09.022>
- Grand, D. (2010a). *Leucorrhinia pectoralis* (Charpentier, 1825) dans la Dombes (département de l'Ain) : éléments de biologie (Odonata, Anisoptera : Libellulidae). *Martinia*, 26(2), 49–58.
- Grand, D. (2010b). *Les Odonates de Rhône-Alpes. Atlas des libellules*. LPO Rhône-Alpes / DREAL Rhône-Alpes, 232 p.
- Hagler, J. R., & Jackson, C. G. (2001). Methods for marking insects: Current techniques and future prospects. *Annual Review of Entomology*, 46, 511–543.
<https://doi.org/10.1146/annurev.ento.46.1.511>

- Hardersen, S. (2007). Telemetry of Anisoptera after emergence: First results (Odonata). *International Journal of Odonatology*, 10(2), 189–202. <https://doi.org/10.1080/13887890.2007.9748323>
- Hartel, T., Nemes, S., Cogălniceanu, D., Öllerer, K., Schweiger, O., Moga, C.-I., & Demeter, L. (2007). The effect of fish and aquatic habitat complexity on amphibians. *Hydrobiologia*, 583, 173–182. <https://doi.org/10.1007/s10750-006-0490-8>
- Heidemann, H., & Seidenbusch, R. (2002). *Larves et exuvies des libellules de France et d'Allemagne*. Bois-d'Arcy: Société française d'Odonatologie.
- Houard, X. (coord.) (2020). *Plan national d'actions en faveur des Libellules (Odonates) 2020–2030*. Ministère de la Transition écologique & Office pour les insectes et leur environnement (Opie). <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/PNA%20Libellules%202020-2030.pdf>
- Huikkonen, I., Helle, I., & Elo, M. (2019). Heterogenic aquatic vegetation promotes abundance and species richness of Odonata (Insecta) in constructed agricultural wetlands. *Insect Conservation and Diversity*, 13(4), 374–383. <https://doi.org/10.1111/icad.12396>
- Kalkman, V. J., Boudot, J.-P., Bernard, R., Conze, K.-J., De Knijf, G., Dyatlova, E., Ferreira, S., Jović, M., Verstrael, T., Ott, J., Riservato, E., & Sahlén, G. (2010). *European Red List of Dragonflies*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Kennedy, P. J., Ford, S. M., Poidatz, J., Thiébault, M., & Osborne, J. L. (2018). Searching for nests of the invasive Asian hornet (*Vespa velutina*) using radio-telemetry. *Communications Biology*, 1, Article 95. <https://doi.org/10.1038/s42003-018-0092-9>
- Infoclimat. (2025). *Climatologie annuelle – Viriat*. <https://www.infoclimat.fr/climatologie/annee/2025/viriat/valeurs/000K0.html>
- Kissling, W. D., Pattemore, D. E., & Hagen, M. (2014). Challenges and prospects in the telemetry of insects. *Biological Reviews*, 89(2), 511–530. <https://doi.org/10.1111/brv.12053>
- Krieg-Jacquier, R. (2010). *Epithea bimaculata* (Charpentier, 1825) dans le département de l'Ain (Odonata, Anisoptera, Corduliidae). *Martinia*, 26(2), 59–66.
- Le Naour, A., Baeta, R., Sansault, E., Deville, M., & Pincebourde, S. (2019). Telemetry reveals the habitat selected by immature dragonflies: Implications for conservation of the threatened dragonfly *Leucorrhinia caudalis* (Odonata: Anisoptera). *Journal of Insect Conservation*, 23(1), 147–155. <https://doi.org/10.1007/s10841-018-00123-9>
- Minot, M. (2016). *Suivi des populations de Leucorrhinia pectoralis (Insecta : Odonata) et étude des habitats favorables à l'implantation de l'espèce dans le Canton de Neuchâtel* (Rapport d'étude). Université de Neuchâtel. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24954.08644>

- Minot, M., Besnard, A., & Husté, A. (2021). Habitat use and movements of a large dragonfly (Odonata: *Anax imperator*) in a pond network. *Freshwater Biology*, 66(2), 241–255. <https://doi.org/10.1111/fwb.13603>
- MNHN (Muséum national d'Histoire naturelle). (2025). *Libellula quadrimaculata* (Linnaeus, 1758) – *Libellule quadrimaculée* (La), *libellule à quatre taches* (La). Inventaire national du patrimoine naturel. <https://inpn.mnhn.fr>
- OCDE. (1996). *Lignes directrices établies à l'intention des organismes d'aide pour une meilleure préservation et une utilisation durable des zones humides tropicales et subtropicales (Lignes directrices sur l'aide et l'environnement, n° 9)*. Paris, France : OCDE.
- Rouquette, J. R., & Thompson, D. J. (2007). Patterns of movement and dispersal in an endangered damselfly and the consequences for its management. *Journal of Applied Ecology*, 44(4), 692–701. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2007.01314.x>
- Sahlén, G., Bernard, R., Cordero Rivera, A., Ketelaar, R., & Suhling, F. (2004). Critical species of Odonata in Europe. *International Journal of Odonatology*, 7(2), 385–398. <https://doi.org/10.1080/13887890.2004.9748244>
- Savary, P. (2021). *Utilisation conjointe de graphes génétiques et paysagers pour l'analyse de la connectivité écologique des habitats* (Thèse de doctorat, Université Bourgogne-Franche-Comté). Université Bourgogne-Franche-Comté. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21289.07528>
- Schlüpmann, M. (2003). To the dispersion, phenology, ecology and annidation of the Broad-Bodied Chaser (*Libellula depressa* Linnaeus, 1758), Four-Spotted Chaser (*L. quadrimaculata* Linnaeus, 1758) and Black-Tailed Skimmer (*Orthetrum cancellatum* [Linnaeus, 1758]) in the city of Hagen (Insecta: Odonata: Libellulidae). *Libellula*, 22(3–4), 129–157.
- Schorr, M. (1996). *Leucorrhinia pectoralis*. In P. J. van Helsdingen, L. Willemse, & M. C. D. Speight (Eds.), *Background information on invertebrates of the Habitats Directive and the Bern Convention. Part II – Mantodea, Odonata, Orthoptera and Arachnida* (pp. 219–396). Strasbourg: Council of Europe. Nature and Environment, No. 80.
- Seguin, C., & Kreder, M. (2016). *Amélioration des connaissances de l'Agrion à lunules sur le territoire du Parc Naturel Régional des Volcans d'Auvergne. Année 3 : Capacité de déplacement & stratégie de préservation* (p. 45). SMPNARVA.
- Smith, G. R., Rettig, J. E., Mittelbach, G. G., Valiulis, J. L., & Schaack, S. R. (1999). The effects of fish on assemblages of amphibians in ponds: A field experiment. *Freshwater Biology*, 41(5), 829–837. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.1999.00445.x>
- Stoks, R., & McPeck, M. A. (2003). Predators and life histories shape *Lestes* damselfly assemblages along a freshwater habitat gradient. *Ecology*, 84(6), 1576–1587. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2003\)084\[1576:PALHSL\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2003)084[1576:PALHSL]2.0.CO;2)

- Šíbllová, Z., David, S., & Moyzeová, M. (2021). Ecological and distribution traits of the large white-faced darter *Leucorrhinia pectoralis* (Charpentier, 1825) in Slovakia. *Ekológia (Bratislava)*, 40(3), 248–257. <https://doi.org/10.2478/eko-2021-0022>
- Trockur, B., & Sternberg, K. (2000). Die Zweiflecklibelle (*Epithea bimaculata*). In K. Sternberg & R. Buchwald (Eds.), *Die Libellen Baden-Württembergs. Band 2: Großlibellen* (pp. 218–231). Stuttgart: Ulmer Verlag.
- UICN France, MNHN, Opie, & SfO. (2016). *La Liste rouge des espèces menacées en France : Chapitre Odonates de France métropolitaine*. Paris, France : UICN France, MNHN, Opie & SfO.
- Vanappelghem, C., & Quevillart, R. (2013). Émergence d'*Epithea bimaculata* sur les étangs de la Forge à Glageon (Nord) (Odonata : Corduliidae). *Martinia*, 29(3), 97–102.
- Wang, C., Huang, J., Wan, X., & Guo, Z. (2024). A review of five existing hornet-tracking methods. *Insects*, 15(8), 601. <https://doi.org/10.3390/insects15080601>
- Watts, P. C., Rouquette, J. R., Saccheri, I. J., Kemp, S. J., & Thompson, D. J. (2004). Molecular and ecological evidence for small-scale isolation by distance in an endangered damselfly, *Coenagrion mercuriale*. *Molecular Ecology*, 13(10), 2931–2945. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2004.02300.x>
- Wildermuth, H. (1992). Habitate und Habitatwahl der Grossen Moosjungfer (*Leucorrhinia pectoralis* Charp., 1825) (Odonata: Libellulidae). *Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz*, 1, 3–21.
- Wildermuth, H. (1994). Populationsdynamik der Großen Moosjungfer, *Leucorrhinia pectoralis* Charpentier, 1825 (Odonata, Libellulidae). *Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz*, 3, 25–39.
- Wildermuth, H. (2007). *Leucorrhinia pectoralis in der Schweiz – aktuelle Situation, Rückblick und Ausblick* (Odonata: Libellulidae). *Libellula*, 26(1/2), 59–76.
- Wildermuth, H. (2008). *Die Falkenlibellen Europas – Corduliidae (Die Libellen Europas 5)*. Hohenwarsleben: Die Neue Brehm-Bücherei, Westarp Wissenschaften, 496 p.
- WWF France. (2024, octobre). *Rapport Planète Vivante 2024*. WWF France. <https://www.wwf.fr/rapport-planete-vivante>

Index des tableaux

Tableau 1 : Protocoles d'échantillonnage par site	4
Tableau 2 : Effort de prospection	12
Tableau 3 : Fréquence d'échantillonnage réalisée	12
Tableau 4 : Échantillonnage de CMR réalisé.....	12
Tableau 5 : Distance parcourue entre les points de marquage et de contrôle	14
Tableau 6 : Distance parcourue entre les points de marquage et de contrôle	14
Tableau 7 : Prélèvements génétiques 2025.....	15
Tableau 8 : Test de collage d'émetteurs sur <i>L. quadrimaculata</i> et <i>A. imperator</i>	16

Index des figures

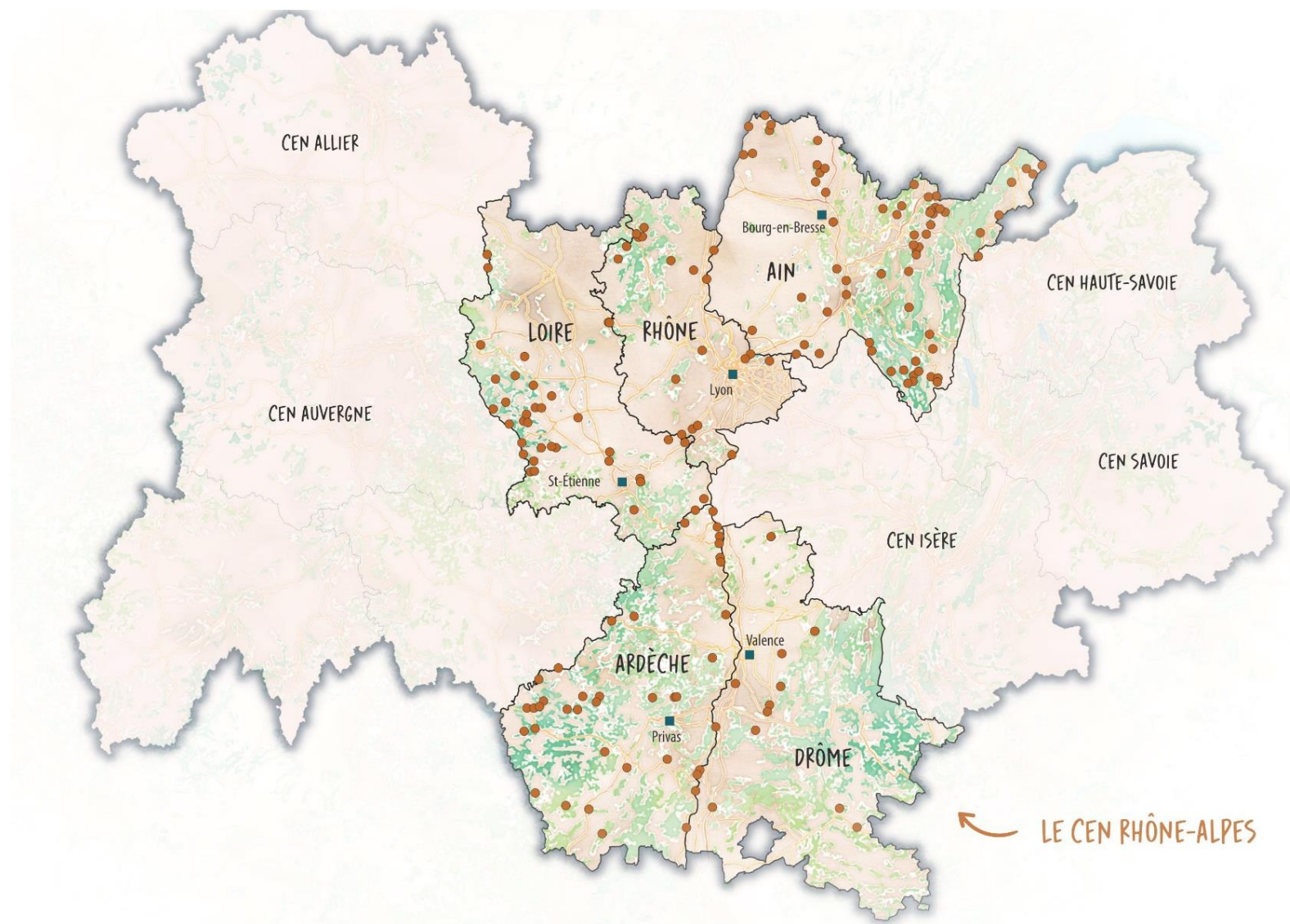
Figure 1 : <i>Leucorrhinia pectoralis</i>	5
Figure 2 : <i>Epithea bimaculata</i>	5
Figure 3 : <i>Libellula quadrimaculata</i>	6
Figure 4 : Émetteur ATS T15	10
Figure 5 : Antenne Yagi à 3 éléments	10
Figure 6 : Récepteur ATS R410.....	10
Figure 7 : Distances parcourues par les individus recapturés sur la carrière de la Rippe Bernard	13
Figure 8 : Distances parcourues par les individus recapturés sur l'ENS du marais et de l'étang Paccauds.....	14
Figure 9 : Collage d'un émetteur sur un mâle d' <i>Anax imperator</i>	16
Figure 10 : Distances parcourues par les individus d' <i>A. imperator</i> suivis par radiopistage	17
Figure 11 : Matrice de friction pour <i>L. quadrimaculata</i>	18
Figure 12 : Graphe paysager pour <i>L. quadrimaculata</i> (4600 m de dispersion)	19
Figure 13 : Graphe paysager pour <i>L. quadrimaculata</i> (300 m de dispersion)	19

Table des annexes

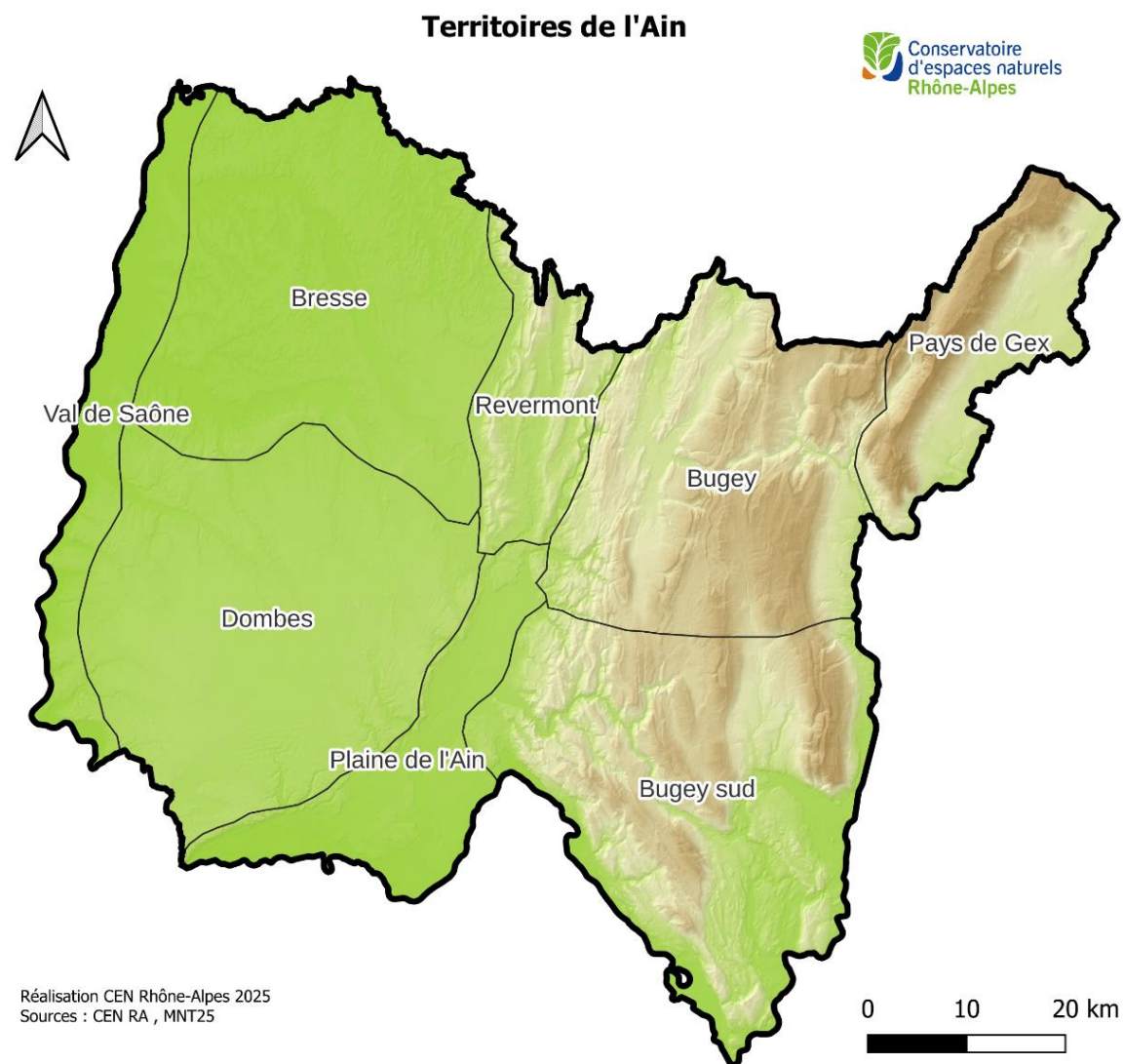
Annexe 1 : Zones d'action du CEN Rhône-Alpes.....	30
Annexe 2 : Territoires de l'Ain	31
Annexe 3 : Patches et choix d'échantillonnage par site	32
Annexe 4 : Protocole détaillé du marquage alaire	33
Annexe 5 : Plans d'échantillonnage	34
Annexe 6 : Méthode d'activation des émetteurs	41
Annexe 7 : Méthode de recherche par radiopistage des individus équipés d'émetteurs.....	42
Annexe 8 : Critères de sélection des sites favorables.....	43
Annexe 9 : Résultats de la CMR – points de marquage et de contrôle	44
Annexe 10 : Coefficients de friction	48
Annexe 11 : Synthèse des résultats de la CMR 2024.....	49

Annexe 1 : Zones d'action du CEN Rhône-Alpes

(Source : © CEN RA, 2025)



Annexe 2 : Territoires de l'Ain



Annexe 3 : Patches et choix d'échantillonnage par site

Continuités écologiques pour les libellules en Bresse

Patches d'étude et protocoles



Patches

2024

2025

Protocoles par sites étudiés

CMR (faible pression d'échantillonnage)

CMR (forte pression d'échantillonnage)

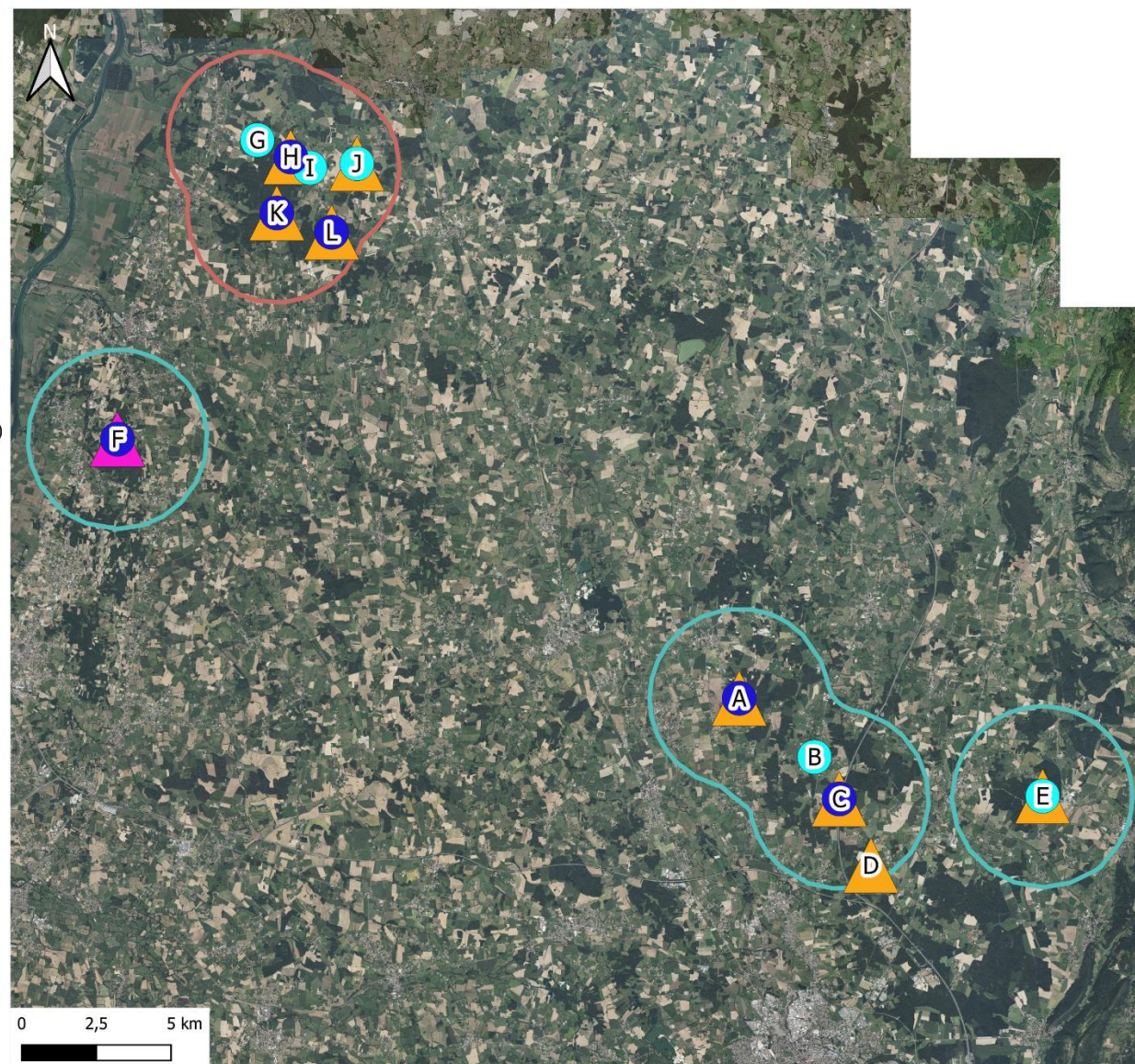
génétique

génétique - radiopistage

Code	Site
A	ENS marais de l'étang Bizadan
B	Mare Couhardes
C	ENS Etang de But
D	Etang du Saule
E	Etang des Chasseurs
F	ENS de la lande tourbeuse des Oignons
G	Etang des Grozinières
H	Carrière de la Rippe Bernard
I	Mare Grand Creve
J	Etang Morel
K	ENS Marais de l'étang Paccauds
L	Etang de Montalibord

Réalisation CEN Rhône-Alpes 2025

Sources : CEN RA , Orthophotographies IGN 2021



Annexe 4 : Protocole détaillé du marquage alaire

La manipulation de l'individu se fait en le maintenant délicatement dorso-ventralement entre le pouce et le majeur de la main opposée à celle qui applique le vernis (Figure 4.1). Afin d'éviter les blessures provoquées par le mordillement des libellules, un pansement ou du sparadrap est placé sur le majeur.

Le vernis est appliqué directement sur la zone à marquer, puis étalé en couche fine afin de limiter le temps de séchage et de ne pas alourdir les ailes (Minot, 2016). Durant le séchage, les ailes sont maintenues immobiles pour prévenir toute projection liée aux mouvements de l'insecte. Les marques doivent être totalement sèches avant le relâcher.



Figure 4.1 : Marquage d'un individu
© E. Gonin

Cette technique, bien que plus longue qu'un marquage à l'encre (Hagler & Jackson, 2001 ; Cordero-Rivera & Stoks, 2008), présente l'avantage d'une meilleure lisibilité à distance grâce à la visibilité accrue des tâches colorées (Cordero-Rivera & Stoks, 2008). Elle est reconnue comme inoffensive pour les individus (Watts *et al.*, 2004 ; Rouquette & Thompson, 2007).

Le système de codage repose sur la division de chaque aile (antérieure et postérieure) en deux zones au niveau du nodus (Minot, 2016), chaque zone correspondant à un chiffre de 1 à 8. La lecture du code se fait de haut en bas puis de gauche à droite (Figure 4.2).

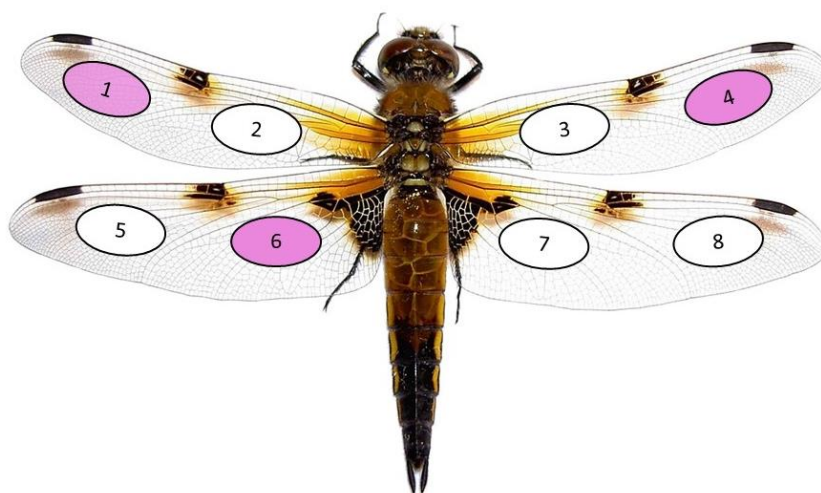


Figure 4.2 : Code d'identification des individus, exemple de l'individu Rose_146
© T. Netsch, modifié par E. Gonin, 2025

Annexe 5 : Plans d'échantillonnage

Continuités écologiques pour les libellules en Bresse

Zones d'échantillonnage sur l'ENS étang
et marais des Paccauds



Légende :

 Sites gérés par le CEN

Zones d'échantillonnage

 Capture Marquage Recapture
(pression forte)



Réalisation CEN Rhône-Alpes 2025
Sources : CEN RA , Orthophotographies IGN 2021

Continuités écologiques pour les libellules en Bresse

Zones d'échantillonnage sur la carrière
de la Rippe Bernard



Légende :

 Sites gérés par le CEN

Zones d'échantillonnage

 Capture Marquage Recapture
(pression forte)



Réalisation CEN Rhône-Alpes 2025
Sources : CEN RA , Orthophotographies IGN 2021

Continuités écologiques pour les libellules en Bresse

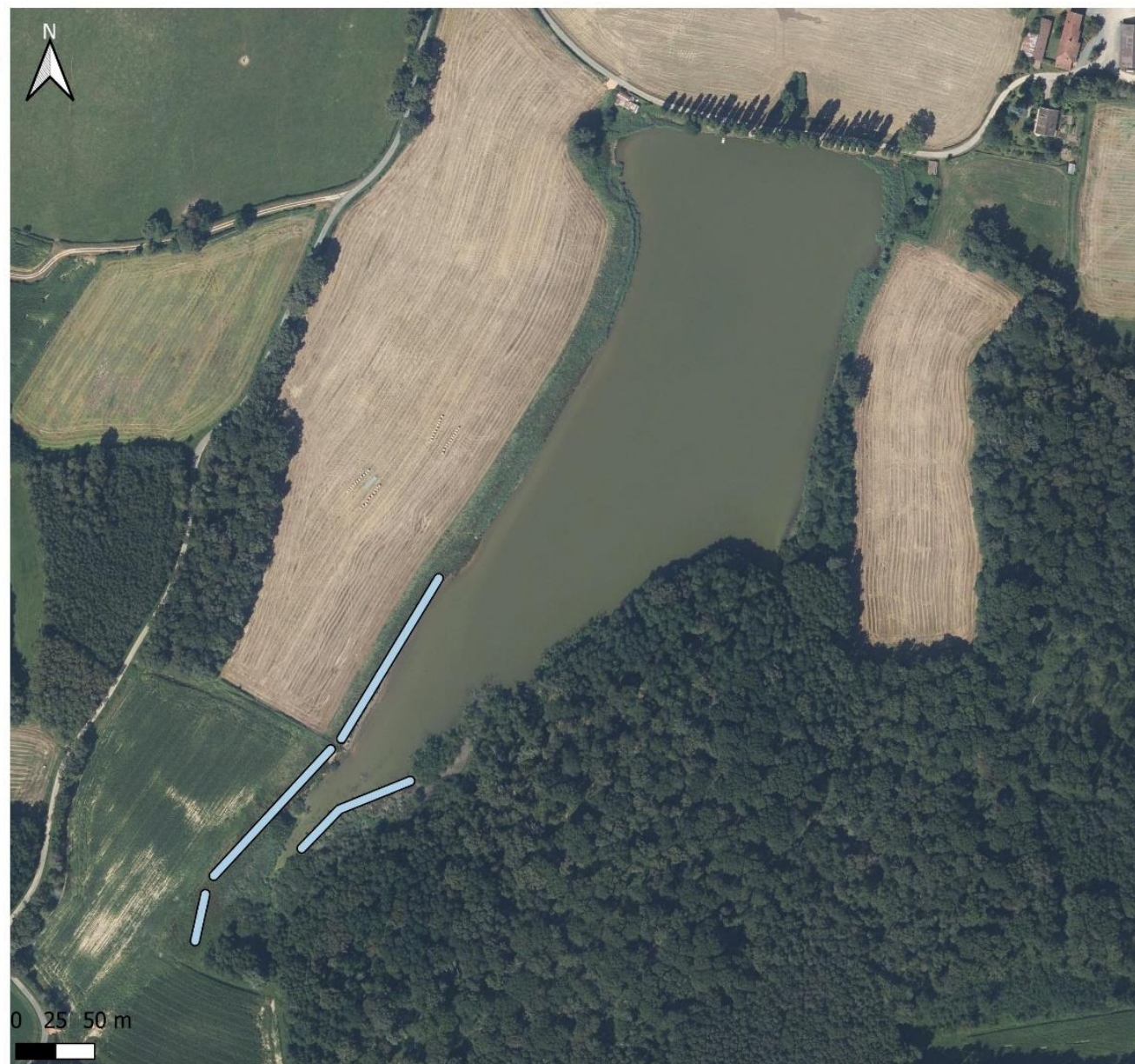
Zones d'échantillonnage sur l'étang de
Montalibord



Légende :

Zones d'échantillonnage

— Capture Marquage Recapture
(pression forte)



Réalisation CEN Rhône-Alpes 2025
Sources : CEN RA , Orthophotographies IGN 2021

Continuités écologiques pour les libellules en Bresse

Zones d'échantillonnage sur la mare
Grand Creve



Légende :

Zones d'échantillonnage

— Capture Marquage Recapture
(pression faible)



Réalisation CEN Rhône-Alpes 2025
Sources : CEN RA , Orthophotographies IGN 2021

Continuités écologiques pour les libellules en Bresse

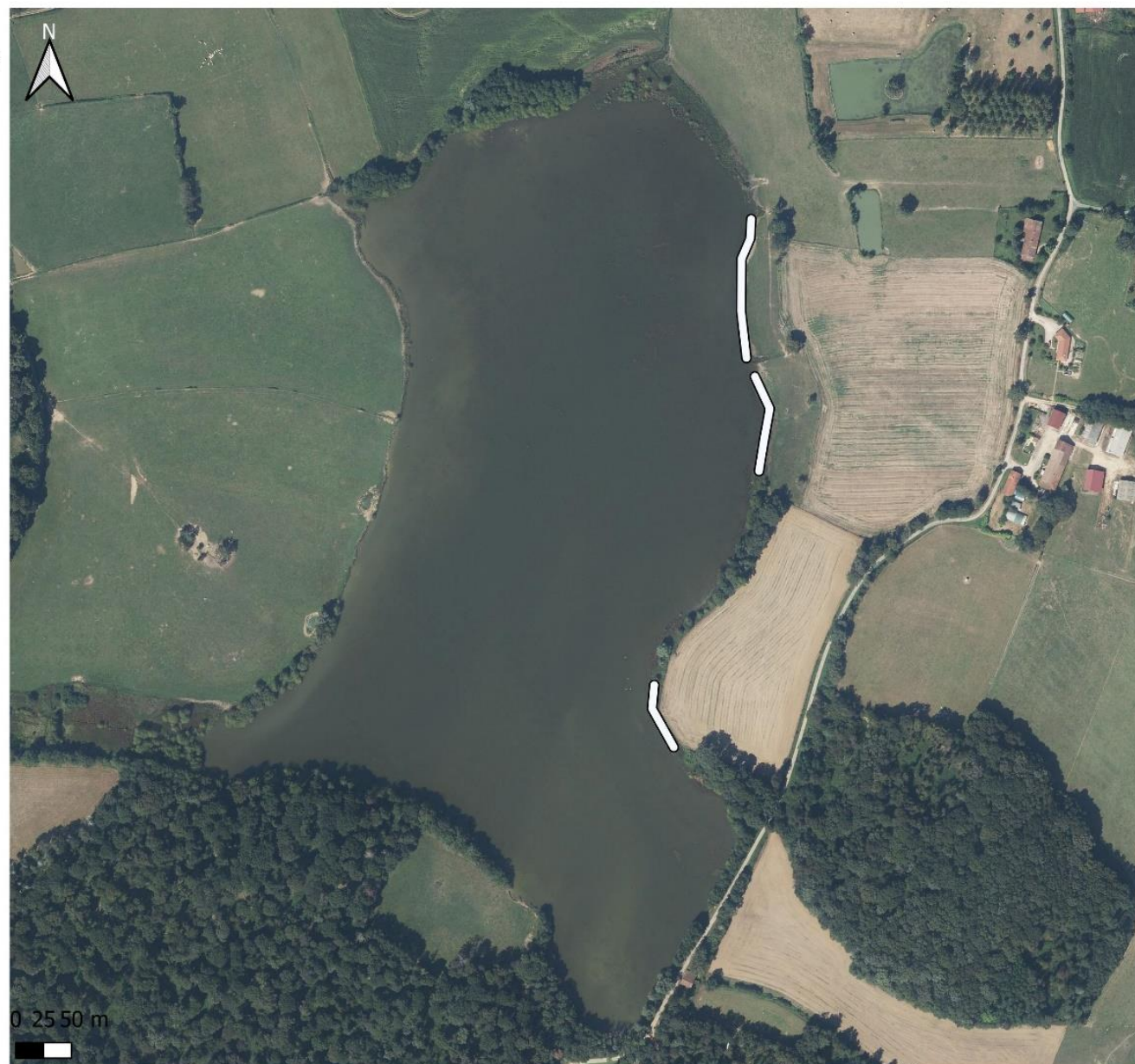
Zones d'échantillonnage sur l'étang
Morel



Légende :

Zones d'échantillonnage

— Capture Marquage Recapture
(pression faible)



Réalisation CEN Rhône-Alpes 2025
Sources : CEN RA , Orthophotographies IGN 2021

Continuités écologiques pour les libellules en Bresse

Zones d'échantillonnage sur l'étang des
Grozinières



Légende :

Zones d'échantillonnage

— Capture Marquage Recapture
(pression faible)



Réalisation CEN Rhône-Alpes 2025
Sources : CEN RA , Orthophotographies IGN 2021

Continuités écologiques pour les libellules en Bresse

Zones d'échantillonnage sur l'ENS de la
lande tourbeuse des Oignons



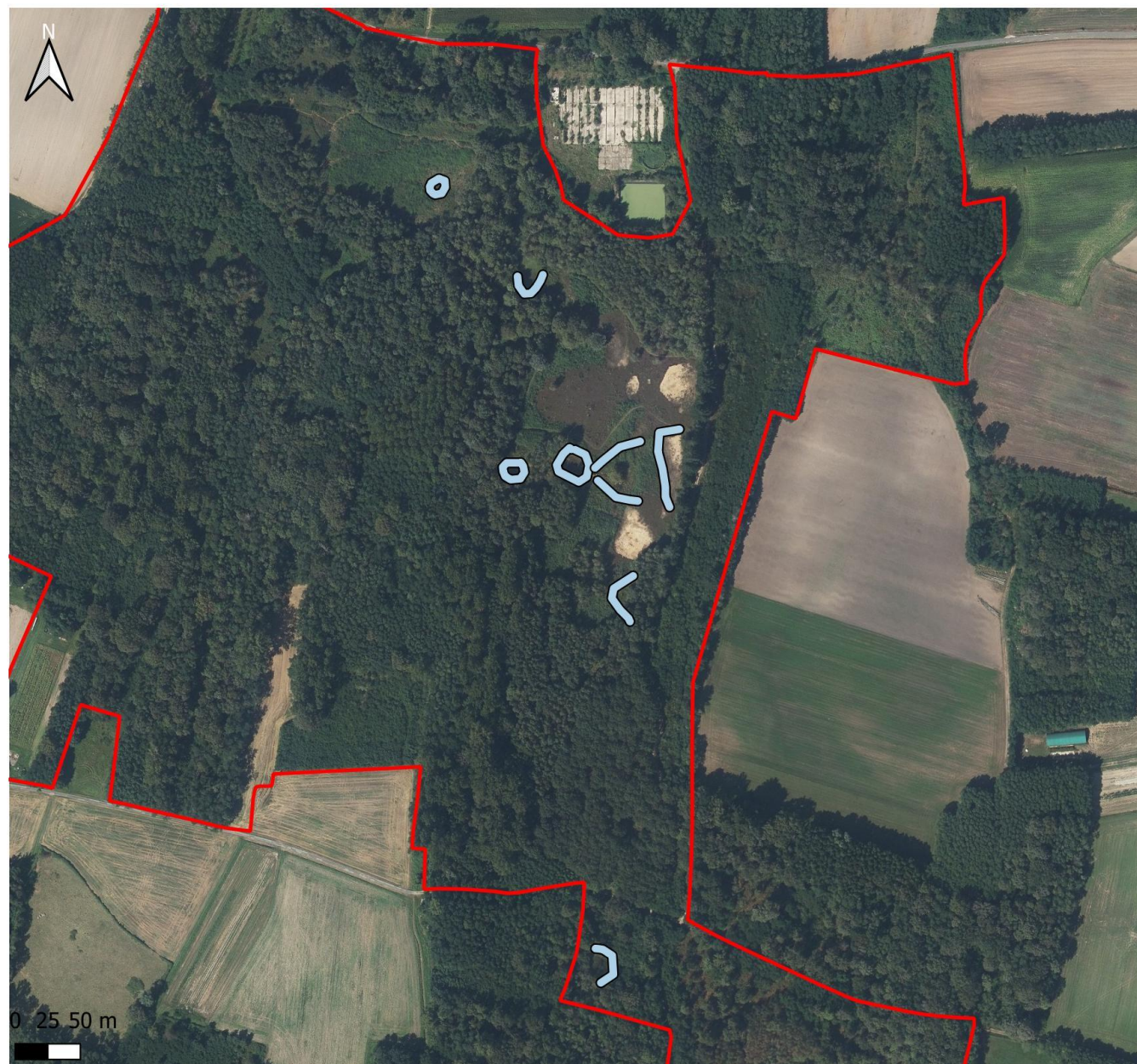
Légende :

 Sites gérés par le CEN

Zones d'échantillonnage

 Capture Marquage Recapture
(pression forte)

Réalisation CEN Rhône-Alpes 2025
Sources : CEN RA , Orthophotographies IGN 2021



Annexe 6 : Méthode d'activation des émetteurs

L'activation et la désactivation des émetteurs T15 (ATS) reposent sur un capteur photosensible intégré. Cette opération est réalisée à l'aide de l'application mobile « T15 Controller », disponible sur iOS et certains appareils Android. L'émetteur est placé en contact direct avec la source lumineuse du téléphone, ce qui déclenche son activation ou sa désactivation (Figure 6.1). Afin d'optimiser l'efficacité du capteur, cette manipulation doit se dérouler dans une pièce sombre. L'émetteur peut être fixé temporairement sur un support (stylo, languette en bois...) pour garantir un contact stable avec la lumière. L'activation et la désactivation sont confirmées par des signaux sonores détectés par le récepteur R410 placé à proximité, ce qui permet de s'assurer du bon fonctionnement du dispositif avant sa mise en place sur l'individu.



Figure 6.1 : Activation et désactivation de l'émetteur
© L. Alvarez

Annexe 7 : Méthode de recherche par radiopistage des individus équipés d'émetteurs

Une fois les individus équipés, le radiopistage est réalisé à l'aide d'une antenne Yagi à trois éléments reliée au récepteur ATS R410 (gamme 140–220 MHz) par un câble RG58C/U. La fréquence du récepteur est réglée sur celle de l'émetteur à rechercher (voir page 8 du manuel). En début de session, le paramètre RF Gain (sensibilité du récepteur) est placé au maximum. Le signal émis est retransmis par le récepteur par un bip sonore et son intensité est visible sur le récepteur grâce à une jauge à 16 barres

Afin d'obtenir une première direction à suivre, l'antenne est tenue à la verticale afin de balayer lentement toutes les directions et de repérer celle où le signal est le plus fort (Figure 7.1). Cette direction est ensuite suivie sur une distance adaptée à la configuration du terrain. Lorsque l'intensité du signal devient trop élevée, la sensibilité du récepteur est progressivement réduite (diminution du RF Gain), ce qui permet d'affiner la localisation. Après quelques prises de direction de cette manière, l'antenne est tenue à l'horizontale, ce qui permet une détection plus précise du signal émis par l'individu. Une approche lente et progressive est nécessaire pour balayer l'ensemble des directions tout en limitant le risque de faire fuir l'individu.



Figure 7.1 : Prise de direction avec l'antenne à la verticale

© L. Alvarez

La mise en œuvre de ces recherches nécessite au minimum deux personnes sur le terrain. L'une manipule l'antenne et le récepteur et indique la direction à suivre en fonction de l'intensité du signal, tandis que l'autre se consacre à l'observation visuelle de l'environnement. Ce second observateur a pour rôle de repérer les individus marqués, de confirmer les déplacements ou les phases de repos et de noter précisément les zones fréquentées (milieux traversés, points de repos géolocalisés).

Annexe 8 : Critères de sélection des sites favorables

(Source : © CEN RA, 2024)

Les critères de choix sont les suivants :

- Sites favorables à la conservation de *l'espèce ciblée la plus menacée ET à l'espèce-modèle (N=5)*:
 - *Présence au minimum une année dans la dernière décennie de :*
 - un imago *L. pectoralis* ou des habitats favorables
 - 20 individus de *L. quadrimaculata* (effectif minimal à échantillonner pour permettre des analyses génétiques fiables)
- Sites proches de ceux où des travaux en faveur de la conservation des odonates seront réalisés et où l'espèce modèle pourrait se déplacer (N=3) :
 - distance à un site géré par le CEN inférieure à 2 km
 - plans d'eau :
 - en contact avec des haies ou lisières de forêt (milieux favorables au déplacement des odonates)
 - avec une végétation rivulaire (d'après les images aériennes 2024)

Annexe 9 : Résultats de la CMR – points de marquage et de contrôle

Continuités écologiques pour les libellules en Bresse

Données de CMR sur l'ENS étang et
marais des Paccauds



Légende :

- marquage
- contrôle - recapture



Réalisation CEN Rhône-Alpes 2025
Sources : CEN RA , Orthophotographies IGN 2021

Continuités écologiques pour les libellules en Bresse

Données de CMR sur la carrière de la
Rippe Bernard



Légende :

- contrôle
- marquage
- génétique



Réalisation CEN Rhône-Alpes 2025
Sources : CEN RA , Orthophotographies IGN 2021

Continuités écologiques pour les libellules en Bresse

Données de CMR sur la mare
Grand Creve



Légende :

- marquage
- contrôle - recapture



Réalisation CEN Rhône-Alpes 2025
Sources : CEN RA , Orthophotographies IGN 2021

Continuités écologiques pour les libellules en Bresse

Données de CMR sur l'étang de
Montalibord



Légende :

- marquage
- contrôle - recapture



Réalisation CEN Rhône-Alpes 2025
Sources : CEN RA , Orthophotographies IGN 2021

Annexe 10 : Coefficients de friction

Occupation sol	Code OSO	Coefficient de friction
/	0	1000
Urbain dense	1	1000
Urbain diffus	2	500
Zones industrielles et commerciales	3	500
Routes	4	100
Colza	5	40
Céréales à paille	6	40
Protéagineux	7	40
Soja	8	40
Tournesol	9	40
Maïs	10	40
Tubercules / Racines	12	40
Prairies	13	40
Vergers	14	40
Vignes	15	40
Forêts de feuillus	16	10
Forêts de conifères	17	10
Pelouse	18	40
Landes	19	40
Surfaces minérales	20	100
Plages et Dunes	21	1000
Glaciers et neiges éternelles	22	1000
Eau	23	10
Serre	24	100

Annexe 11 : Synthèse des résultats de la CMR 2024

(Source : ©L. Alvarez, 2024)

Tableau 11. 1 : Bilan des captures et contrôles/recaptures

	captures			recaptures/contrôles						
	nb individus/données			nb individus			part individus	nb données		
	mâles	femelles	total	mâles	femelles	total		mâles	femelles	total
Bizadan	57	3	60	36	0	36	60%	125	0	125
But	59	5	64	34	0	34	53%	81	0	81
Chasseurs	19	1	20	4	0	4	20%	5	0	5
Oignons	34	6	40	13	0	13	33%	32	0	32
Couhardes	0	0	0	0	0	0	0%	0	0	0
Total	169	15	184	87	0	87		243	0	243
moyenne							33%			

Tableau 11.2 Bilan des pressions d'échantillonnages par site

	Pression d'échantillonnage : passages et sessions de captures			
	Passages	dont session de captures	Durée moyenne des passages	Nombre d'heures totales
Bizadan	15	10	01:38	36:00:00
But	13	9	01:53	35:50:00
Oignons	13	9	01:37	32:35:00
Chasseurs	6	4	01:30	10:30
Couhardes	3	0	00:27	00:55
TOTAL	50	32	-	115:50:00

Tableau 11.3 : Répartition de données de distance entre marquage et contrôle en mètres (N=243)

	Distance (m)
minimum	0
1er quartile	20
médiane	40
3ème quartile	79
maximum	4611



POLYTECH
TOURS

35 ALLÉE FERDINAND DE LESSEPS
37200 TOURS

Étude des continuités écologiques en faveur de la conservation des libellules en Bresse

Elia Gonin

2024-2025

Résumé

Dans le cadre de mon stage de fin d'études au Conservatoire d'espaces naturels Rhône-Alpes, j'ai contribué à un projet visant à améliorer la connectivité écologique des zones humides de la Bresse afin de favoriser la conservation des odonates. L'espèce modèle *Libellula quadrimaculata* a été utilisée pour tester différents protocoles : capture-marquage-recapture, analyses génétiques et radiopistage. Ces données ont été croisées avec une modélisation paysagère par graphes pour identifier les corridors écologiques et les sites stratégiques. Les résultats confirment que la majorité des déplacements sont intrasites, que les odonates privilégie les milieux boisés comme lieu de repos et que la connectivité intersite repose sur quelques individus dispersant à grande distance.

Abstract

As part of my final-year internship at the Conservatoire d'espaces naturels Rhône-Alpes, I contributed to a project aimed at improving the ecological connectivity of wetlands in the Bresse region to support the conservation of odonates. The model species *Libellula quadrimaculata* was used to test different protocols: capture-mark-recapture, genetic analyses, and radio-tracking. These data were combined with a landscape graph modelling approach to identify ecological corridors and strategic sites. The results confirm that most movements occur within sites, that odonates favor wooded habitats as resting areas, and that inter-site connectivity relies on a few individuals dispersing over long distances.

Mots clés : *Libellula quadrimaculata*, CMR, génétique, radiopistage, graphes paysagers

Conservatoire des espaces naturels Rhône-Alpes

Château Messimy – 01800 Charnoz-sur-Ain

Tuteur entreprise : Emmanuel Amor, chargé de projets

Tuteur académique : Robin Furet