



Rapport de stage de 2^{ème} année du MASTER :

« Ecologie Comportementale, Evolution et Biodiversité »

Etude des déplacements de deux espèces utilisées pour la cohérence nationale des Trames verte et bleue en Touraine du Sud (37) : *Leucorrhinia caudalis* & *Emys orbicularis*



Sous la direction de : M. Renaud BAETA & M. Eric SANSAULT

Association Naturaliste d'Etude et de Protection des Ecosystèmes CAUDALIS

9 rue du Nouveau Calvaire - 37100 TOURS

CAUDALIS
ASSOCIATION NATURALISTE D'ÉTUDE ET DE PROTECTION DES ÉCOSYSTÈMES

Collaboration

M. Sylvain PINCEBOURDE, CNRS-IRBI (UMR 7261)



Partenaires techniques et financiers



REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier mes maîtres de stage, M. Renaud Baeta et M. Eric Sansault, chargés d'étude Faune au sein de l'Association naturaliste d'étude et de protection des écosystèmes (ANEPE) CAUDALIS, pour m'avoir permis d'apporter ma contribution à ce projet de conservation, pour m'avoir fait partager leurs connaissances, leur bonne humeur et leur passion. Grâce à eux, j'ai pu découvrir le monde associatif naturaliste et je souhaite exprimer tout mon respect face à leurs missions quotidiennes pour la protection de la biodiversité. Ce stage passé à leurs côtés me réconforte à ce jour dans le choix de mon projet professionnel. Merci à vous deux très sincèrement.

Je remercie également M. Sylvain Pincebourde, chargé de recherche au CNRS-IRBI (UMR 7261), pour son aide et ses conseils fournis durant ce stage, notamment à travers sa collaboration pour le volet « Odonate ».

Puis, je tiens à remercier tout particulièrement Aurélia Le Naour, étudiante venue me rejoindre sur ce projet d'étude. Elle m'a été d'une aide précieuse tout au long de ce stage et je la remercie également pour sa sympathie ayant fortement contribué à la qualité de notre travail d'équipe. Merci collègue, bonne continuation et Kenavo !

J'aimerais adresser toute ma reconnaissance à Thomas Cahon pour le prêt de matériel utilisé lors de la fabrication des balises odonates. Merci à Emilie Deschamps, bénévole à l'ANEPE CAUDALIS, ainsi qu'aux membres de l'Irstea de Lyon, venus nous aider sur le terrain lors des manipulations d'odonates. J'adresse également mes remerciements à M. Frédéric Beau de la Réserve naturelle de Chérine (36) pour le prêt des pièges à cistudes, ainsi qu'aux étudiants de Polytech Tours ayant contribué au projet Cistude : Corentin Drouault et Julien Gergonne pour la conception du système utilisé pour étudier l'espace de vie des cistudes.

Mes remerciements s'adressent aussi aux propriétaires des sites d'étude : la Mairie de Tours ; M. Couturier, membre de l'ONF à Preuilley-sur-Claise ; M. Chaboisson, propriétaire des étangs de la Houssaye ; et le propriétaire d'un étang du sud Touraine ayant souhaité rester anonyme. Je remercie les partenaires techniques et financiers ayant permis la réalisation de cette étude : DREAL Centre, Conseil général 37, Communauté de Communes de la Touraine du Sud, Réserve Naturelle de Chérine, Fondation LISEA Biodiversité, Agence de l'eau Loire-Bretagne. Enfin, merci à Gilles Martin, Eric Sansault et Aurélia Le Naour pour leurs photos ayant servi à illustrer le présent rapport.

Pour finir, Merci avec un grand « aiMe », à ma famille et mes amis qui ont contribué à travers leur écoute, leur soutien et tout simplement leur présence, à ma motivation tout au long de ce Master !

Table des matières

I. INTRODUCTION	1
II. MATERIELS & METHODES	4
II.1. ASPECTS DE LA BIOLOGIE ET DE L'ÉCOLOGIE INTERVENANT DANS LA CONSERVATION.....	4
II.1.1 <i>La Cistude d'Europe, Emys orbicularis (Chelonia : Emydidae)</i>	4
a) Caractéristiques biologiques.....	4
b) Utilisation de l'espace et capacité de déplacement.....	6
II.1.2 <i>La Leucorrhine à large queue, Leucorrhinia caudalis (Odonata : Libellulidae)</i>	6
a) Caractéristiques biologiques.....	6
b) Utilisation de l'espace et capacité de déplacement.....	6
II.2. LES SITES D'ÉTUDE.....	7
II.2.1 <i>Suivi de la Cistude d'Europe</i>	7
a) Etangs de la Houssaye.....	7
b) Etangs du Bois de Vinceuil.....	8
c) Etangs X.....	8
II.2.2 <i>Suivi de la Leucorrhine à large queue</i>	8
a) Mare forestière de La Rolle.....	8
II.3. SUIVI DES DÉPLACEMENTS : PROTOCOLES & TECHNIQUES	8
II.3.1 <i>Suivi de la Cistude d'Europe</i>	8
a) Caractérisation des zones étudiées dans leur composition et leur fonctionnalité	10
b) Capture des individus.....	10
c) Utilisation de l'espace par les cistudes.....	12
II.3.2 <i>Suivi de la Leucorrhine à large queue</i>	14
a) Caractérisation de la zone d'étude dans sa composition et sa fonctionnalité	14
b) Analyse des déplacements des individus durant leur phase de maturation	14
II.4. ANALYSES DES DONNÉES ET STATISTIQUES	16
II.4.1 <i>Suivi de la Cistude d'Europe</i>	16
II.4.2 <i>Suivi de la Leucorrhine à large queue</i>	17
a) Analyse de la dispersion des individus immatures.....	17
b) Analyse de la distribution des individus sur le site d'étude	17
c) Analyse de la sélection d'habitats.....	17
III. RESULTATS.....	19
III.1 SUIVI DE LA CISTUDE D'EUROPE	19
III.2 SUIVI DE LA LEUCORRHINE A LARGE QUEUE.....	21
III.2.1 <i>Cortège d'espèces</i>	21
III.2.2 <i>Dispersion des individus immatures</i>	23
III.2.3 <i>Répartition spatiale des individus sur le site d'étude</i>	23
III.2.4 <i>Influence des habitats sur la répartition de L. caudalis</i>	23
a) Composition paysagère de la zone d'étude	23
b) Sélection d'habitats.....	23
IV. DISCUSSION	25
V. CONCLUSION & PERSPECTIVES.....	31
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	33
ANNEXES.....	37

Table des illustrations

Figure 1. Photographie d'un individu juvénile d' <i>E. orbicularis</i> . (© Sansault E.).....	3
Figure 2. Cycle de vie annuel d' <i>E. orbicularis</i>	3
Figure 3. Photographies de <i>L. caudalis</i> dans son habitat naturel : a) Individu mâle immature b) Individu mâle mature (© Sansault E.).....	5
Figure 4. Cycle de vie des Odonates (Source : Société Française d'Odonatologie)	5
Figure 5. Cartographies présentant la localisation des pièges utilisés lors des deux sessions de captures d' <i>E. orbicularis</i> , sur les étangs X (a), de la Houssaye (b) et du Bois de Vinceuil (c).	9
Figure 6. Photographies des pièges utilisés pour la capture d' <i>E. orbicularis</i> : a) Verveux b) Nasse (© Le Naour A.)	11
Figure 7. Schéma décrivant le fonctionnement d'un piège de type verveux à une aile.	11
Figure 8. Système GPS Data Logger-VHF utilisé pour le suivi d' <i>E. orbicularis</i> . Le système est collé sur la dossière au niveau de la zone la plus plate possible (© Le Naour A.).	13
Figure 9. Système émetteur RECCO® / récepteur utilisé pour le suivi télémétrique de <i>L. caudalis</i>	15
Figure 10. Configuration du transpondeur passif utilisé pour le suivi par télémétrie de <i>L. caudalis</i> . Le dipôle antennaire présente un fil de cuivre ou de fer mesurant 80 mm de part et d'autre de la diode Schottky et un loop de 30 mm qui protège notamment la diode des charges électrostatiques.....	15
Figure 11. Photographie d'un individu immature de <i>L. caudalis</i> équipé d'un transpondeur passif utilisé pour le suivi par télémétrie (© Sansault E.).....	15
Figure 12. Exemple d'un domaine vital calculé selon la méthode du MCP (à gauche) et des Kernels 95%, 75% et 50% (à droite), à partir des points GPS de la cistude n°27 sur le site de la Houssaye.....	18
Figure 13. Indices de Jacob calculés pour les différents habitats des domaines vitaux des cistudes géolocalisées depuis la sortie d'hivernation aux étangs de la Houssaye (a) et aux étangs du Bois de Vinceuil (b) durant la période avril-juin 2015.	20
Figure 14. Cartographie présentant les points de localisation d'une cistude femelle obtenus grâce aux GPS Data Logger. Les traits pointillés bleus symbolisent les corridors potentiels empruntés par la cistude pour transiter au sein du réseau d'étangs du Bois de Vinceuil : l'étang des Fontaines (au nord), l'étang des Fayards (au centre) et l'étang du Gué d'Alezan (au sud).....	20
Figure 15. Cartographie présentant les points de localisation d'un individu femelle, ainsi qu'un site de ponte découvert grâce au suivi par géolocalisation aux étangs de la Houssaye.	22
Figure 16. Cartographie présentant les points de détection des immatures obtenus par télémétrie et la zone d'étude définie par un MCP 95%.	22
Figure 17. Cartographie présentant les points de localisation des autres espèces d'odonates (en bleu) observées sur le parcours de télémétrie, dans la zone tampon d'échantillonnage définie par un rayon de 1 km autour de la mare de La Rolle.	22
Figure 18. Evolution des distances de dispersion des individus immatures au cours du temps. Effet du jour obtenu à partir d'un modèle linéaire généralisé à effets mixtes (Distance de dispersion moyenne = 11.776 jours après relâché + 20.560 ; N = 69).	24
Figure 19. Composition paysagère de la zone d'étude définie par le MCP 95 %.	24
Figure 20. Probabilité de présence des immatures de <i>L. caudalis</i> en fonction de la proportion d'eau présente dans un rayon de 5 m (a), 10 m (b) et 30 m (c) autour des points de détection.....	24

Tableau I. Proportions d'habitats ($\pm$ leurs erreurs standards) présents au sein des domaines vitaux des cistudes sur les étangs de la Houssaye et du bois de Vinceuil, calculées selon différentes méthodes. . 18

Tableau II. Méthode du plus proche voisin effectuée sur les 49 points de détection des individus immatures de *L. caudalis*..... 24

I. INTRODUCTION

Tant par leur diversité en habitats, que par leur richesse spécifique et leur fonction d'infrastructure naturelle offrant des activités et un milieu de vie de qualité, les zones humides sont des espaces remarquables à forts enjeux écologiques, économiques et sociaux (De Groot *et al.*, 2002). Elles figurent parmi les écosystèmes les plus productifs de la planète : réservoirs d'une biodiversité exceptionnelle, elles participent aussi à la gestion équilibrée de la ressource en eau en régulant les débits d'eau par l'épanchement des crues. Elles constituent des lieux de forte productivité pour les activités agricoles et aquacoles, entraînant ainsi des prises de conscience progressives et des mesures de protection. Signataire de la Convention mondiale de Ramsar en 1971, la France a alors ratifié ce traité en 1986 dans un but de conservation et de gestion rationnelle des zones humides. Ces dernières ont été détruites aux deux tiers depuis le début du XX^e siècle (IFEN, 2006).

A la perte progressive et intensifiée des zones humides, s'ajoute une indéniable altération de la biodiversité qui souffre actuellement d'une crise d'extinction reconnue par la communauté scientifique. L'Organisation mondiale des Nations Unies (ONU) a récemment émis un message d'alerte s'adressant à tous les Etats du monde sur l'appauvrissement de la diversité biologique (SCDB, 2010). La fragmentation des habitats compte parmi les causes majeures de cette crise (Hodgson *et al.*, 2011 ; Guzy *et al.*, 2013) et perturbe notamment les déplacements d'espèces, nécessaires aussi bien pour l'accomplissement complet du cycle de vie des individus, que pour le maintien à long terme de leurs populations et métapopulations (Thompson & Ronce, 2010). De nos jours, les capacités de mobilité sont en effet réduites par des habitats de plus en plus déconnectés en raison de l'étalement urbain ou de l'intensification des productions agricoles ; et les populations de bon nombre d'espèces sont exposées à une mortalité directe sous l'effet du trafic routier et ferroviaire (Soluk *et al.*, 2011). En 2007, le Grenelle de l'environnement a souligné l'importance de ce problème, ce qui a abouti à une nouvelle politique soutenue par le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement (MEDDTL) : la Trame verte et bleue (TVB). Cette mesure porte l'ambition de freiner le déclin de la biodiversité à travers la préservation et la restauration des continuités écologiques, à la fois aquatiques et terrestres. Ces dernières correspondent à l'ensemble des réservoirs de biodiversité et des corridors écologiques, permettant à une population d'espèces de circuler et d'accéder aux patches d'habitats favorables à leur survie. C'est depuis les sites réservoirs que la dispersion des individus est assurée via les corridors. La TVB est donc perçue comme un outil d'aménagement durable du territoire, visant à réduire le phénomène de fragmentation des habitats et à reconstituer un réseau écologique cohérent à l'échelle du territoire national. La politique TVB s'identifie au niveau des régions par l'intermédiaire de Schémas régionaux de cohérence écologique (SRCE) respectant des orientations nationales ; mais se décline également à une échelle plus locale au niveau de leurs territoires (Sordello *et al.*, 2011).

Des listes d'espèces dites de « cohérence nationale », c'est-à-dire jugées déterminantes pour la politique TVB, ont été établies par le Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN) et l'Office pour les insectes et leur environnement (OPIE) (Biotopie, 2014). Parmi elles, et notamment celles concernant les espèces inféodées aux zones humides, la Cistude d'Europe *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758) et la Leucorrhine à large queue *Leucorrhinia caudalis* (Charpentier, 1840) sont deux espèces associées écologiquement à la fois aux milieux terrestres et aquatiques. *E. orbicularis* est une espèce de tortue d'eau douce indigène en France. Elle est en forte régression sur l'ensemble de son aire de répartition européenne (Priol, 2009). Inscrite à l'annexe II de la Convention de « la vie sauvage et du milieu naturel » de l'Europe (Berne, 1979), et à l'annexe II et IV de la directive européenne « Habitat Faune et Flore » du 21 mai 1992, elle est aujourd'hui une espèce patrimoniale reconnue. En France, l'espèce est totalement protégée depuis 1979 et est considérée comme quasi-menacée (UICN France, MNHN & SHF, 2009). De même, elle est considérée comme « quasi menacée » en région Centre (Dohogne, 2013). La diminution des effectifs constatée au niveau national (Mignet, 2010), associée à une importante fragmentation des populations, a justifié la mise en place d'un Plan national d'actions (PNA) en faveur de cette espèce (Thienpont, 2010). *L. caudalis* est un Odonate des étangs forestiers protégé au niveau européen (annexe IV DHFF) et considéré comme « en danger » en région Centre (Sansault & Lett, 2012). Il s'agit également d'une espèce prioritaire bénéficiant d'un PNA décliné en région Centre au sein d'un Plan régional d'actions (PRA) (Dupont, 2010 ; Baeta *et al.*, 2012).

Dans le cadre des PNA et de leurs déclinaisons régionales, et en collaboration avec le CNRS-IRBI plus particulièrement pour le volet Odonate, notre étude intègre deux projets menés parallèlement par l'Association Naturaliste d'Etude et de Protection des Ecosystèmes (A.N.E.P.E.) CAUDALIS : le projet Cistude et le projet Od'SPOT. Ces projets visent notamment à connaître avec précision les déplacements effectués et les habitats utilisés par ces deux espèces de « cohérence nationale » au cours de leurs cycles biologiques ; et par conséquent à identifier avec précision les priorités en termes de gestion conservatoire au sein des domaines vitaux. C'est donc dans ce contexte que notre étude s'inscrit ; celle-ci ayant pour principal objectif d'analyser l'influence du paysage et de sa structuration sur les déplacements de ces deux espèces, au sein de la Communauté de Communes de la Touraine du Sud dans le département d'Indre-et-Loire (37). Ce département présente une forte diversité d'habitats terrestres et aquatiques : grâce à l'hétérogénéité des paysages et à la richesse de son réseau hydrographique, il constitue un « hot-spot » de biodiversité. Sans être un pays de marais et d'étangs comme sa voisine la Brenne, la Touraine du Sud possède cependant de nombreuses zones humides riches en odonates (Cloupeau *et al.*, 2000) et en cistudes (Owen-Jones, 2010).

En ce qui concerne plus précisément le suivi de *L. caudalis*, l'objectif est de caractériser et d'analyser les déplacements des individus durant la phase de maturation des imagos. Très peu de connaissances sont en effet disponibles sur cette période clé du cycle de vie des odonates où opèrent pourtant bien souvent des phénomènes de dispersion, ainsi probablement qu'une forte mortalité des individus (Keller *et al.*, 2010). Pour *E. orbicularis*, il s'agit en revanche d'étudier les déplacements



Eric Sansault - ANEPE Caudalis

Figure 1. Photographie d'un individu juvénile d'*E. orbicularis*. (© Sansault E.)

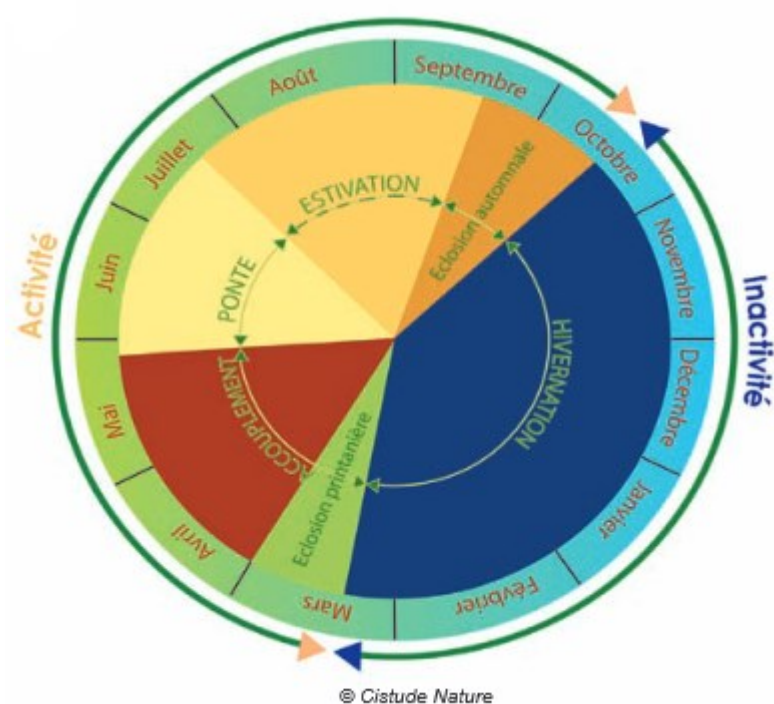


Figure 2. Cycle de vie annuel d'*E. orbicularis*.

d'individus mâtures entre la sortie d'hivernation et la période des pontes afin de déterminer l'occupation du territoire au sein d'un réseau d'étangs. Dans les deux cas, nous supposons que les individus suivis, sont influencés par la structure paysagère et vont donc activement sélectionner leurs habitats durant la période de leur cycle de vie où les déplacements sont importants.

Au-delà de l'étude de la répartition des individus suivis, il conviendra donc d'établir avec précision les contraintes environnementales en présence. Les résultats devraient nous renseigner sur la façon dont la fragmentation du territoire influence la dispersion des individus ainsi que le dynamisme des populations. La présente étude devrait nous renseigner sur les variables paysagères et les échelles géographiques à prendre en compte, en amont d'une mise en place d'actions de communication et d'aménagement visant à favoriser le dynamisme de ces populations. Plus largement, nous devrions considérer les déplacements individuels de chaque espèce dans un contexte de conservation locale via la sélection de sites prioritaires. Les résultats obtenus localement pourraient souligner les limites des méthodes statistiques d'estimations de l'occupation de l'espace, actuellement utilisées en écologie du paysage. Quant aux techniques de suivi, celles-ci pourraient être applicables à d'autres territoires voire à une échelle géographique plus large : cette étude relève en effet d'un intérêt régional et national à travers la composante essentielle que constitue le paysage. Enfin, cette étude devrait fournir des connaissances fines sur l'écologie des déplacements de ces espèces de cohérence écologique, qui pourraient s'avérer essentielles pour une future application précise des trames verte et bleue dans le cadre d'une déclinaison locale du SRCE du Centre-Val de Loire, adopté par arrêté du préfet de région le 16 janvier 2015 (Biotope, 2014). Ainsi, nous souhaitons également axer notre réflexion dans une optique spécifique « TVB ».

II. MATERIELS & METHODES

II.1. Aspects de la biologie et de l'écologie intervenant dans la conservation

II.1.1 La Cistude d'Europe, *Emys orbicularis* (Chelonia : Emydidae)

a) Caractéristiques biologiques

Appartenant à la classe des Reptiles, *E. orbicularis* (**Fig.1**) est une espèce longévive ectotherme. La thermorégulation est assurée par la présence de sites d'insolation qui peuvent être représentés par des supports exondés tels que des débris ligneux, des touradons de carex ou de jonc (Priol, 2009). C'est l'un des rares instants, où il est possible d'observer la Cistude d'Europe, parfaitement adaptée à la température externe qui conditionne fortement son comportement et ses activités. Son cycle biologique annuel (**Fig.2**), relativement complexe, est caractérisé par une alternance de phases d'activité au printemps et en été, puis d'inactivité ou d'hivernation en saison froide (Thienpont, 2005). C'est durant la période d'activité, que la Cistude est la plus facilement observable, puisqu'elle va effectuer de nombreux déplacements, tant pour la recherche de nourriture, que de partenaires sexuels (Cadi, 2003) ou de sites d'insolation et de ponte (Kotenko, 2000 ; Olivier, 2002).

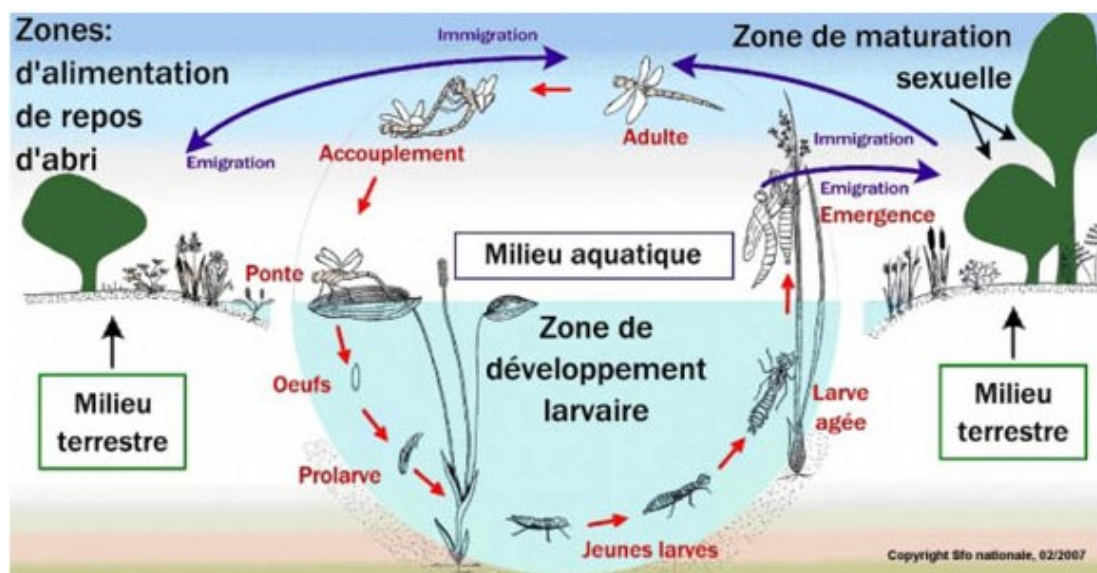
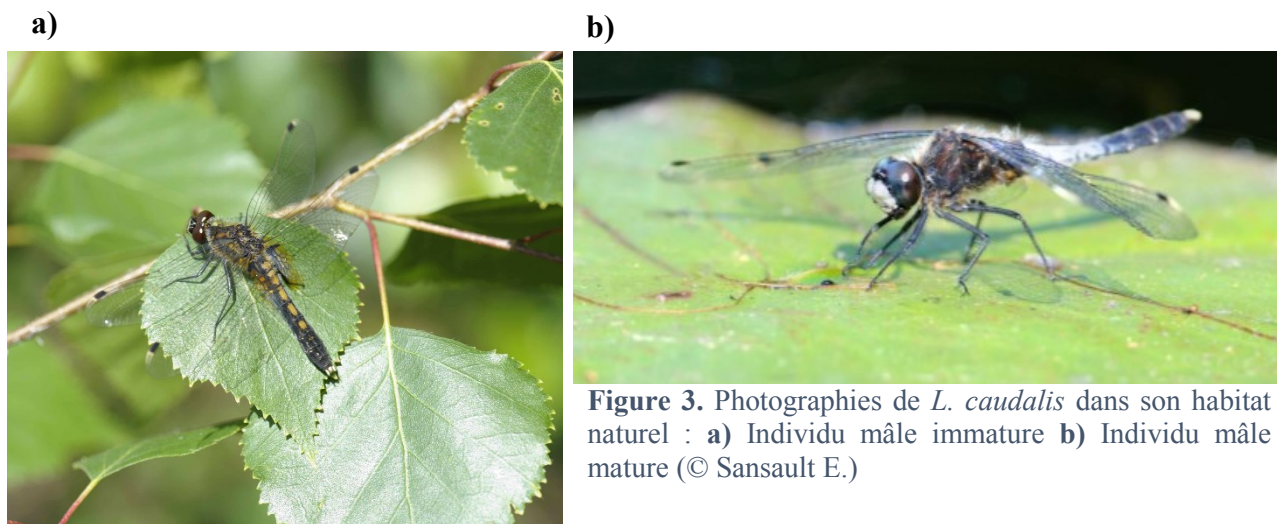


Figure 4. Cycle de vie des Odonates (Source : Société Française d'Odonatologie)

b) Utilisation de l'espace et capacité de déplacement

E. orbicularis est une espèce dite « multi-habitat » (Priol, 2009). Discrète et farouche, elle utilise plusieurs milieux pour réaliser son cycle de vie annuel, mais reste particulièrement inféodée aux milieux aquatiques. Elle quitte l'eau uniquement pour l'activité de ponte, le passage d'un plan d'eau à un autre, l'accès aux sites d'hivernation, ou encore lorsqu'elle est confrontée à diverses contraintes environnementales telles que l'assèchement ou la destruction de son milieu de vie (Naulleau, 1991 ; Olivier, 2002). Elle fréquente une grande variété de milieux humides. On la retrouve dans les étangs, les rivières, les marais d'eau douce à légèrement saumâtre, les mares permanentes ou temporaires, les canaux, mais également dans de petits torrents à débit temporaire (Geniez & Cheylan, 2005). En région Centre, l'espèce se rencontre principalement dans les étangs, les mares et les cours d'eau (Priol, 2009).

L'espèce peut réaliser de longs trajets autour de son milieu de vie, puisqu'elle est capable de parcourir des distances pouvant parfois atteindre cinq kilomètres (Olivier, 2002). Mais ce type de comportement reste rare : la littérature révèle le plus souvent des distances de quelques mètres à près de quatre kilomètres durant la phase d'activité, selon la configuration des sites (Roverro & Chelazzi, 1996 ; Schneeweiss & Steinhauer, 1998).

II.1.2 La Leucorrhine à large queue, *Leucorrhinia caudalis* (Odonata : Libellulidae)

a) Caractéristiques biologiques

Comme tous les odonates, *L. caudalis* (**Fig.3**) passe par trois stades de développement : œuf ; larve aquatique ; imago (**Fig.4**). Une fois la taille maximale de la larve atteinte, celle-ci sort de l'eau pour subir la dernière transformation appelée phase d'émergence. Faisant office de transition entre l'état larvaire et l'état adulte, cette phase se produit généralement au niveau de la rive, à proximité des sites de pontes et des territoires des mâles (Male-Malherbe, 2007). Les émergences des adultes s'échelonnent de mi-avril à début-juillet et peuvent s'étaler sur quatre à huit semaines environ au sein d'un site (Grand & Boudot, 2006 ; Muller, 2013).

b) Utilisation de l'espace et capacité de déplacement

En Indre-et-Loire, le premier site de reproduction de *L. caudalis* (Étang de la Céséraie, commune d'Ambillou) fut découvert en 2008 (Sansault, 2011). Ce site se situe au nord-ouest du département au sein du bassin de Savigné, secteur caractérisé par de nombreux habitats encore préservés de forêts, de landes et d'étangs (Sansault, 2011). Depuis, l'espèce a pu être observée sur plus d'une dizaine de mailles de cinq par cinq kilomètres (Baeta, 2015). L'espèce est généralement observée aux niveaux des plans d'eau bien exposés, à eaux stagnantes oligotrophes, mésotrophes ou légèrement eutrophes, souvent en paysage forestier et riches en végétations aquatiques immergées et flottantes, telles que les Nymphéas et les Potamots (Dijkstra & Lewington, 2007 ; Dommanget *et al.*, 2009 ; Dubech, 2009). Elle est aussi observée dans des plans d'eau situés au sein d'éco-complexes de pelouses et de bas marais (Deliry, 2008 ; Vonwil, 2006b). S'agissant généralement d'anciens sites d'exploitation de la tourbe ou de retenues d'eau à vocation piscicole, les plans d'eau où l'espèce est observée sont donc

majoritairement d'origine anthropique (Doucet & Ruffoni, 2012). Les individus utilisent très certainement les buissons et les arbres des rives comme habitats de repos (Dupont, 2010). Cependant, les boisements trop denses peuvent réduire la valeur de leur milieu de vie aquatique (Vonwil, 2013).

L. caudalis est une espèce volante au stade adulte. D'après une récente étude menée par Keller *et al.* en 2010, l'espèce serait principalement sédentaire, avec des déplacements peu fréquents pouvant atteindre des distances de cinq kilomètres. Les adultes matures effectuent principalement leurs déplacements au-dessus des plans d'eau, quelquefois à des hauteurs importantes (Bardet & Hauguel, 2003), mais aussi dans les arbustes situés à proximité, notamment pour les mâles recherchant des territoires vacants (Bardet & Hauguel, 2001).

II.2. Les sites d'étude

L'A.N.E.P.E. CAUDALIS a défini plusieurs zones d'études dans le département d'Indre-et-Loire (37), composées d'un ou de plusieurs étangs, situées notamment au nord de la Claise au sein de la Communauté de Communes de la Touraine du Sud. La sélection de ces sites, s'est effectuée à partir des observations réalisées par les naturalistes, mais aussi à partir de la qualité des habitats. Dans le cadre de notre étude, et concernant le suivi d'*E. orbicularis*, nous avons ciblé trois secteurs distingués par des contextes paysagers différents : agricole ; forestier ; mixte. Ces trois secteurs constituent un échantillon représentatif de la diversité des habitats de la Cistude, de par leur ancienneté, leur superficie, la gestion piscicole pratiquée, leur environnement naturel et leur ceinture de végétation. En ce qui concerne le suivi de *L. caudalis*, celui-ci s'est effectué au sein d'une seule zone humide au contexte principalement forestier : la mare de La Rolle.

II.2.1 Suivi de la Cistude d'Europe

a) Etangs de la Houssaye

Le site de la Houssaye est localisé sur la commune de Charnizay. Ce site d'une surface totale de 17 ha, est caractérisé par une série de trois étangs de tailles et de compositions différentes, qui sont établis dans un contexte majoritairement agricole. Plus précisément, l'étang situé à l'est est réparti sur 12 ha, celui situé centralement est réparti sur 3 ha et le dernier, situé le plus à l'ouest, représente une superficie de 2 ha. Nous précisons qu'une distance maximale d'une centaine de mètres entre ces étangs, assure une continuité écologique et se trouve être nettement inférieure aux capacités de dispersion des cistudes (Duguy & Baron, 1998). De plus, les étangs sont occasionnellement vidés pour la pêche et utilisés pour la chasse. Alors, nous pouvons considérer ce site comme une pisciculture extensive : la mise à sec d'un étang étant un facteur important à prendre en compte lors de la mise en place d'un plan de gestion d'un site. Présentant une végétation rivulaire, qui offre des sites de nourrissage et d'hivernage à la Cistude, les étangs de la Houssaye s'avèrent donc favorables à son développement, mais sont isolés d'autres populations et sont ceinturés par de grandes parcelles cultivées (Owen-Jones, 2010).

b) Etangs du Bois de Vinceuil

Les étangs du Bois de Vinceuil sont situés dans la forêt de Tours-Preuilly sur la commune de Bossay-sur-Claise. Cette forêt appartient à la ville de Tours depuis les années 1950 et est gérée par l'Office national des forêts (ONF). Le premier étang a été créé dans les années 80, ce qui est relativement récent comparé à la durée de vie moyenne d'une cistude (pouvant vivre jusqu'à 80 ans dans son milieu naturel). De même, ce site est décrit par une série de trois étangs, localisés dans un contexte forestier : au nord, l'étang des Fontaines se répartissant sur 0.7 ha ; au centre, l'étang des Fayards représentant une surface de 1.3 ha ; et au sud, l'étang du Gué d'Alezan ayant une superficie de 2 ha. La superficie totale du site fait environ 4 ha. Deux étangs sont séparés d'une distance maximale de 200 mètres. Les étangs ne sont pas exploités pour la pêche, mais ont été créés à titre de « réservoir incendie ».

c) Etangs X

Suite à la demande d'un propriétaire souhaitant rester anonyme, le troisième site d'étude a été nommé « Etangs X ». Il s'agit de deux étangs de qualités relativement favorables à la survie d'*E. orbicularis*. Les étangs X à vocations piscicoles se situent dans un habitat caractérisé à la fois par un milieu fermé de type forêt et un milieu ouvert de type cultures. Ainsi, la variation de cette structuration paysagère qualifie cette zone humide de milieu mixte, où se mêlent espaces forestiers et zones de cultures agricoles.

II.2.2 Suivi de la Leucorrhine à large queue

a) Mare forestière de La Rolle

Historiquement, le fief de « La Rolle » était, au Moyen-Age, une ferme fortifiée entourée de cultures, rattachée à la forêt de Tours-Preuilly sur la commune de Bossay-sur-Claise. Aujourd'hui, le site de La Rolle fait partie des nombreuses pièces d'eau appartenant aux étangs du Bois de Vinceuil. Ce milieu aquatique, au contexte majoritairement forestier, constitue un habitat potentiellement riche en odonates et accueille une importante population de *L. caudalis*. Il s'agit, en l'état actuel de nos connaissances, du plus petit site connu en Indre-et-Loire pour abriter *L. caudalis* (Baeta & Sansault, *com. pers.*). Sa superficie de 0.3 ha demeure toutefois proche des surfaces « les plus souvent utilisées » par l'espèce, puisqu'elle est à peine inférieure à la surface minimale de 0.5 ha perçue comme « très favorable au maintien d'une population viable » (Vonwil, 2011). De plus, la présence de nombreuses exuvies témoigne de l'autochtonie de l'espèce sur ce site (Muller, 2013).

II.3. Suivi des déplacements : Protocoles & Techniques

II.3.1 Suivi de la Cistude d'Europe

Concernant la phase de terrain, le suivi d'*E. orbicularis* a été réalisé lors de la période d'activité des individus (avril-juin 2015), dès la fin de l'hivernation (**Fig.2**).

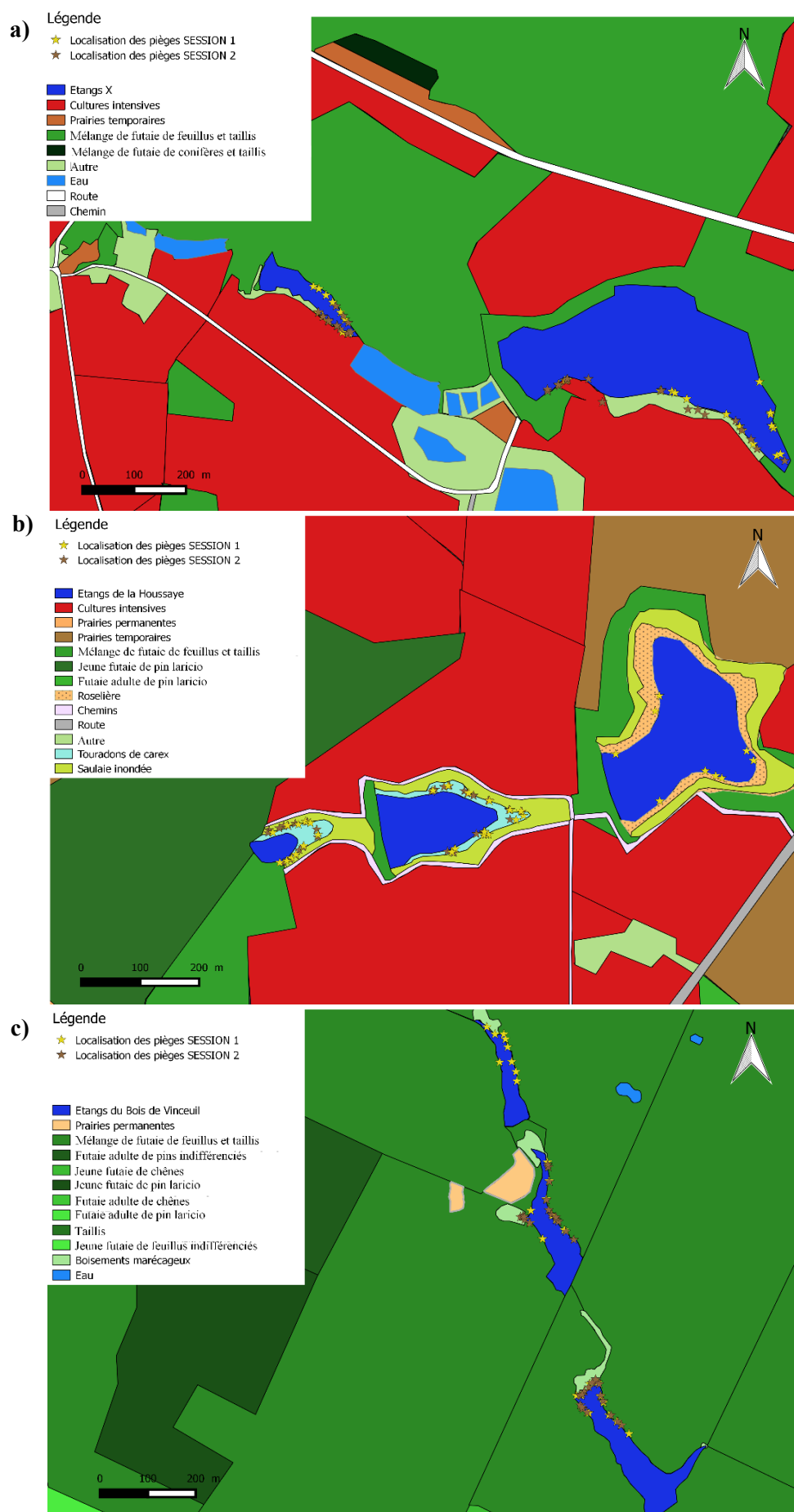


Figure 5. Cartographies présentant la localisation des pièges utilisés lors des deux sessions de captures d'*E. orbicularis*, sur les étangs X (a), de la Houssaye (b) et du Bois de Vinceuil (c).

a) Caractérisation des zones étudiées dans leur composition et leur fonctionnalité

Les sites d'étude ont été caractérisés dans leurs compositions paysagères via un Système d'Information Géographique (logiciel Q-GIS version 2.6.0.). De plus, les différentes unités écologiques des sites ont été identifiées à l'aide d'une cartographie IGN 25 000 ème (produit SCAN 25® version 3), de photographies aériennes (www.geoportail.gouv.fr), et de la base de données Corine Land Cover. Le recensement des pratiques agricoles a pu être identifié grâce aux informations disponibles au sein des registres parcellaires graphiques des départements de l'Indre et de l'Indre-et-Loire (2012) (data.gouv.fr). Les parcelles agricoles ont été divisées en trois catégories : cultures intensives (colza, blé, orge, tournesol), prairies temporaires et prairies permanentes. Selon le protocole adopté par Giordano (2014), les phases de cartographie ne se sont pas limitées aux plans d'eau mais ont concerné l'ensemble des sites, les zones humides environnantes, les milieux ouverts (zones de pontes potentielles) et les éventuels corridors écologiques, sur un rayon de 3 km autour de chaque plan d'eau (**Annexe 1**), correspondant environ au rayon d'activité moyen de l'espèce (Cadi & Faverot, 2004).

b) Capture des individus

Le protocole de capture adopté dans la présente étude était le même que celui établi par Priol en 2009, utilisé pour la méthode de Capture-Marquage-Recapture (CMR). Pour chaque site d'étude, les captures se sont déroulées en deux sessions de quatre jours (pose des pièges le premier jour, le relevé des cistudes capturées le deuxième, le troisième et quatrième jour, retrait des pièges le quatrième jour). La localisation des pièges utilisés pour chaque session est présentée en **Fig.5**.

Deux méthodes de piégeages ont été utilisées sur le terrain : des nasses appâtées au foie de volaille et des verveux (**Fig.6**). Les nasses sont des pièges en maille souple, repliables et de petite taille (80 cm x 40 cm de diamètre) immergées aux deux tiers. Une bouteille en plastique, positionnée à l'intérieur de chaque nasse, a été utilisée comme flotteur afin de toujours conserver une zone émergée pour la sécurité des cistudes. Les nasses ont été placées au niveau des zones à faible profondeur d'eau, fixées à l'aide de ficelles à la végétation et placées sur un support relativement stable, afin de faciliter l'entrée des individus. Les verveux mesurent 8 m de longueur et sont composés de deux parties : une aile verticale, fixée à l'aide d'un bambou au niveau de la berge et une grande nasse souple, fixée également à un bambou au large (**Fig.7**). Le fonctionnement de ce piège repose sur les caractéristiques biologiques de la Cistude d'Europe qui utilise essentiellement les zones peu profondes et proches des berges. Le piège a été placé perpendiculairement à la berge, dans le but d'augmenter la probabilité de capture. De même que pour les nasses, le système est fait de sorte que les cistudes ne puissent en sortir. Une bouteille plastique vide a également été placée à l'intérieur de chaque verveux. Les pièges ont été placés aléatoirement dans les étangs selon un effort de prospection identique : 17 verveux et 16 nasses ont été installés sur chacun des sites. Les deux types de pièges, verveux et nasses, ont été alternés et changés de place d'une session à l'autre.

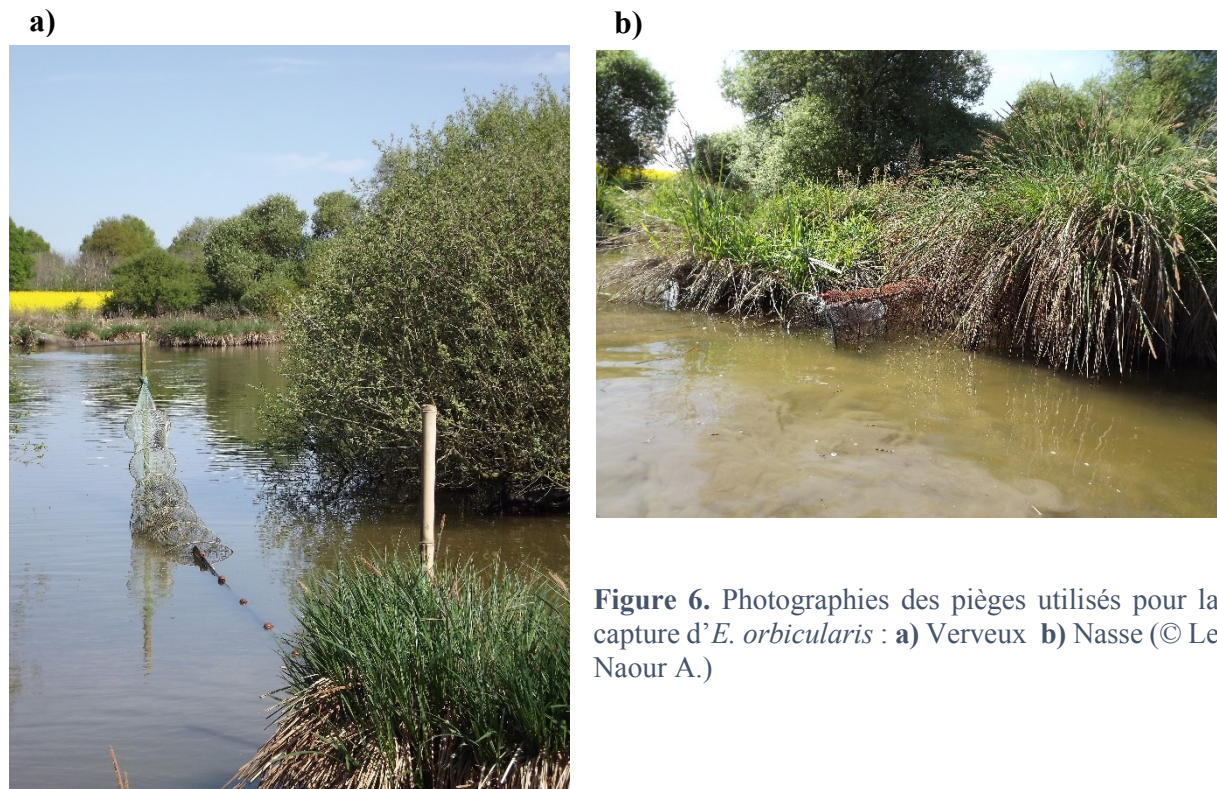


Figure 6. Photographies des pièges utilisés pour la capture d'*E. orbicularis* : **a)** Verveux **b)** Nasse (© Le Naour A.)

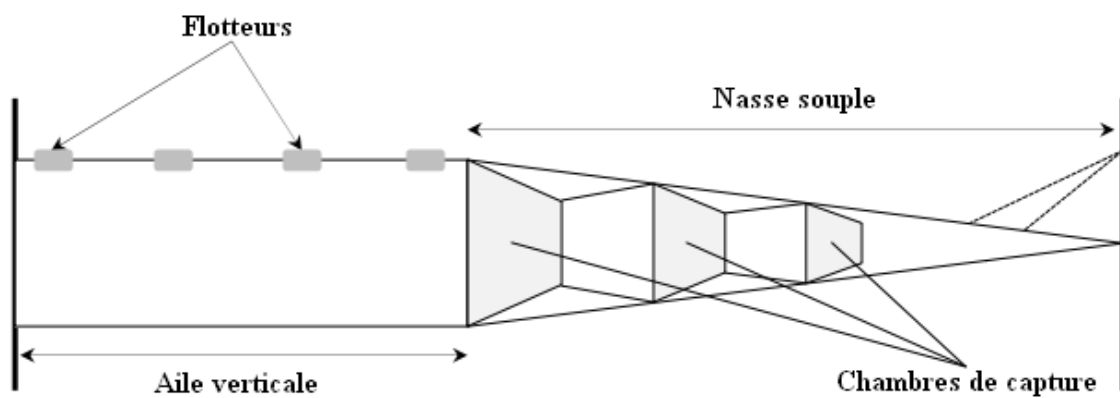


Figure 7. Schéma décrivant le fonctionnement d'un piège de type verveux à une aile.

c) Utilisation de l'espace par les cistudes

Le suivi d'*E. orbicularis* a été effectué par géolocalisation via un système fabriqué manuellement (**Annexe 2**) couplant GPS Data Logger et micro-balise VHF, afin d'identifier les unités écologiques nécessaires au bon déroulement du cycle biologique des individus.

Le GPS Data Logger (i-gotU GT-120 ; précision = 10 m) a permis une localisation quasi continue des individus, grâce à la présence d'un panneau photovoltaïque rechargeant la batterie continuellement : ce dispositif actif, autonome en énergie électrique, a enregistré les coordonnées spatiales du positionnement de chaque individu équipé et ce, à intervalle court et régulier toutes les 20 minutes. L'espèce présentant un comportement d'insolation caractéristique, l'utilisation d'un panneau photovoltaïque intégré au dispositif, s'est donc parfaitement justifiée pour le modèle Cistude. Chaque individu balisé a été relâché dans la zone de sa capture.

Pour faciliter la recapture des cistudes dans leur environnement et télécharger les données de positionnement enregistrées sur la mémoire interne du GPS Data Logger, un système couplé au GPS a été intégré au dispositif : il s'agit d'un émetteur VHF, qui émet de façon régulière des impulsions hautes fréquences. L'émetteur couvre un rayon d'environ 5 km et sa bande de fréquence s'étend de 30 MHz à 300 MHz. Pour capter le signal provenant de l'émetteur, nous avons utilisé une antenne Yagi (Telenax Y3-C86), possédant une fréquence d'utilisation autour de 150 MHz, capable de détecter la micro-balise VHF à 1 km de distance (portée variable selon les facteurs physiques et climatiques) et permettant la propagation du signal à la fois dans l'eau et dans l'air (Priol, 2009 ; Cadi & Faverot, 2004). La méthode de prospection appliquée sur le terrain s'est basée sur celle de la triangulation qui consiste à localiser un individu équipé à partir d'une direction prise depuis au moins deux points fixes différents.

Pour rappel, *E. orbicularis* est une tortue aquatique et terrestre : elle peut rester quelques heures sous l'eau jusqu'à un mètre de profondeur. Le système devait donc être complètement étanche afin de rester opérationnel quel que soit l'activité de la Cistude. Ainsi, tous les composants ont été encapsulés directement dans une résine dite cristal (kit résine Cristal Gédéo). Cette résine a la particularité d'être électriquement neutre, de ne pas être corrosive pour les composants, et de ne pas chauffer lors de la polymérisation. Elle résiste également aux UV (Drouault & Gergonne, 2014).

Le système global GPS Data Logger et micro-balise VHF (réalisé en partenariat avec l'Ecole Polytech Tours ; Drouault & Gergonne, 2014) a été placé sur la dossière de chaque individu au niveau de la zone la plus plate possible (**Fig.8**) ; et a été collé sur une seule écaille afin d'éviter la présence de colle sur les interstices (surfaces poreuses entre les écailles) (Priol, 2009). Le système a été fixé sur l'écaille choisie à l'aide d'une résine Epoxy à prise rapide, de manière à gêner le moins possible l'individu dans ses déplacements et, s'il s'agit d'une femelle, pour limiter une gêne pour le mâle lors de l'accouplement.

Au total, 17 cistudes ont pu être équipées de systèmes couplant un GPS Data Logger et une micro-balise VHF : plus précisément, 9 individus ont été balisés sur les étangs de la Houssaye ; 5 individus sur les étangs du Bois de Vinceuil ; et 3 individus sur les étangs X.

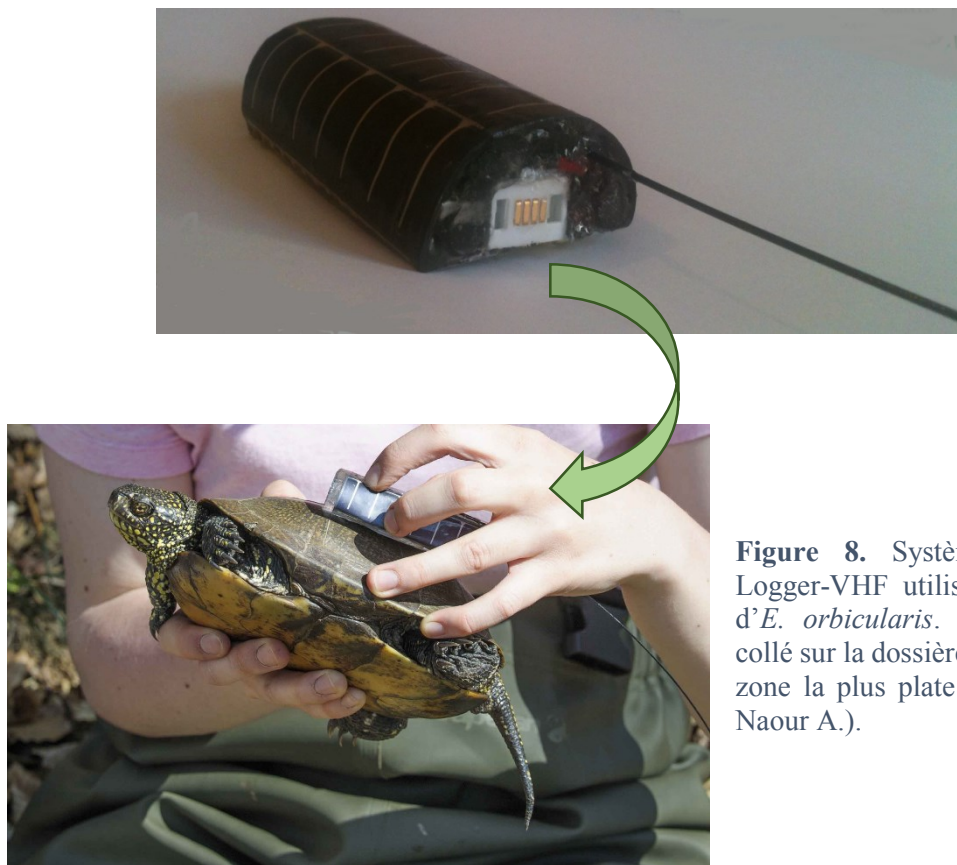


Figure 8. Système GPS Data Logger-VHF utilisé pour le suivi d'*E. orbicularis*. Le système est collé sur la dossière au niveau de la zone la plus plate possible (© Le Naour A.).

II.3.2 Suivi de la Leucorrhine à large queue

La phase de terrain, concernant le suivi de *L. caudalis*, s'est effectuée durant le mois de mai 2015, pendant la phase d'émergence des individus.

a) Caractérisation de la zone d'étude dans sa composition et sa fonctionnalité

Les données de terrain recueillies ont été localisées de la manière la plus précise possible ; c'est-à-dire via des coordonnées GPS (précision = 10 m). Elles ont ensuite été intégrées à une base de données compatible avec un SIG. Le site d'étude a donc été caractérisé dans sa composition paysagère selon le même protocole adopté pour le suivi d'*E. orbicularis* : logiciel Q-GIS (version 2.6.0.) ; cartographie IGN 1 : 25 000 ; photographies aériennes ; Registre parcellaire graphique (RPG) ; nomenclature Corine Land Cover. Tous les éléments paysagers tels que la forêt, les vergers ou les prairies ont été cartographiés dans un tampon de rayon de 1 km autour de la Rolle (**Annexe 3**). Ce rayon a été choisi en raison des moyens humains disponibles pour le parcours de détection. Précisons que seuls les plans d'eau supérieurs à 25 m de longueur ont été cartographiés.

b) Analyse des déplacements des individus durant leur phase de maturation

La méthode de télémétrie a été utilisée pour caractériser et analyser les déplacements des individus immatures durant leur phase de maturation. La télémétrie consiste à placer sur l'animal, un transpondeur miniaturisé qui nous renseigne sur sa position et ses déplacements en temps réel. Nous avons utilisé un transpondeur passif (technologie émetteur RECCO® / récepteur ; **Fig.9**), caractérisé par un dipôle antennaire construit manuellement (décrit en **Fig.10**), capable de renvoyer un signal radar harmonique émis à une distance de détection d'une centaine de mètres selon la configuration et pesant seulement une dizaine de milligrammes.

La récolte des immatures s'est déroulée début mai lors du pic d'émergence, estimé à partir des données de l'année précédente (Muller, 2013 ; base de données de l'ANEPE CAUDALIS), sur trois jours consécutifs dans le but de connaître l'âge des individus et d'effectuer le suivi d'une même et unique cohorte. Après avoir attendu l'émergence complète de chacun des individus immatures, chaque odonate a été récolté manuellement et délicatement dans la végétation hélophyte et rivulaire composée majoritairement par des Iridacées du genre *Iris*, dans de bonnes conditions météorologiques et sur des berges ensoleillées. Les larves et les individus encore partiellement dans leur exuvie étaient prélevés ultérieurement. Chaque individu immature récolté a ensuite été placé dans une tente moustiquaire sur un support (branchage trouvé sur place) afin de favoriser le déploiement des ailes et par conséquent, le premier envol. Puis, à l'aide d'un étaloir à lépidoptères, chacun a été équipé du transpondeur passif collé au niveau du troisième segment abdominal (LOCTITE SUPER GLUE3 Précision) selon le protocole adopté par Hardersen en 2007 (**Fig.11**). La littérature révèle que la balise passive n'altère pas la capacité de vol d'espèces de tailles similaires à *L. caudalis* : en effet, cette technique a déjà été employée avec succès pour suivre les déplacements d'insectes tels que la libellule fauve *Libellula fulva* (Hardersen, 2007). Une configuration plus légère que celle utilisée par Hardersen a été développée chez *L. caudalis* : étant corrélée au poids, la taille des ailes a été mesurée pour évaluer l'impact du transpondeur. Le ratio moyen



Figure 9. Système émetteur RECCO® / récepteur utilisé pour le suivi télémétrique de *L. caudalis*.

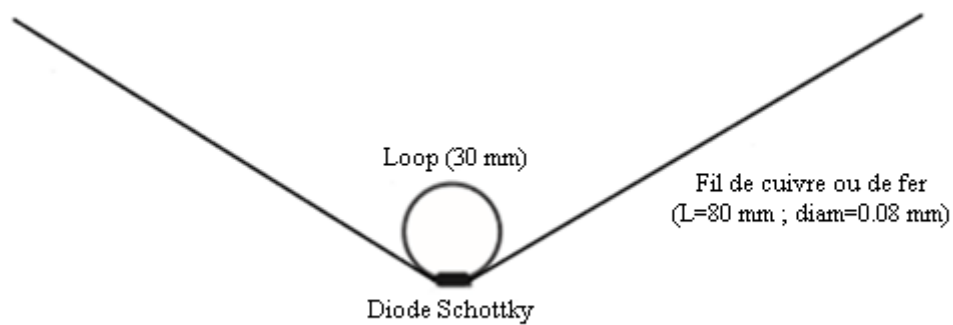


Figure 10. Configuration du transpondeur passif utilisé pour le suivi par télémétrie de *L. caudalis*. Le dipole antennaire présente un fil de cuivre ou de fer mesurant 80 mm de part et d'autre de la diode Schottky et un loop de 30 mm qui protège notamment la diode des charges électrostatiques.



Figure 11. Photographie d'un individu immature de *L. caudalis* équipé d'un transpondeur passif utilisé pour le suivi par télémétrie (© Sansault E.).

Masse transpondeur / Taille des ailes postérieures, calculé à partir des données de Grand & Boudot (2006), était inférieur à celui d'Hardersen : le dispositif n'était donc pas invasif pour la capacité de vol. Au total, 63 individus immatures équipés de transpondeurs ont été relâchés, dont 31 femelles et 32 mâles.

Pour faciliter le suivi des immatures, chacun a été identifié grâce à un code alphanumérique (une lettre + un chiffre) inscrit sur la face inférieure de ses ailes postérieures, à l'aide d'un marqueur permanent STAEDTLER Lumocolor® de couleur noire (pointe 1.5 mm).

La prospection des individus avec le système RECCO® s'est déroulée à partir de mi-mai sur une période de 13 jours. Les recherches ont été réalisées à pied en parcourant une zone tampon d'un rayon de 1 km, définie autour du lieu d'émergence (mare de La Rolle) et représentative du milieu paysager global. Chaque point de détection était reporté sur une carte et quand cela était possible, le code individuel était également noté. De plus, la prospection des immatures de *L. caudalis* s'est couplée à une méthode classique d'inventaire des autres espèces d'odonates présentes dans la zone d'échantillonnage ; à l'aide d'une paire de jumelles de type 8×30 pour les individus identifiables à distance et d'un filet de type « filet à papillons » pour les espèces nécessitant une identification en main.

La technologie RECCO® possède ses limites : le système ne permet pas d'estimer le nombre d'individus détectés et n'offre aucune signature individuelle. Il permet uniquement de déterminer la position des individus par rapport à celle de l'observateur. Des tests de détectabilité ont été effectués en milieu ouvert et seuls les transpondeurs qui offraient un signal harmonique précis à une distance minimale de 100 m ont été utilisés.

II.4. Analyses des données et statistiques

II.4.1 Suivi de la Cistude d'Europe

Concernant les données GPS téléchargées, celles-ci ont seulement été analysées pour les sites de la Houssaye et du Bois de Vinceuil. Aucune cistude balisée n'a pu être re-capturée sur les étangs X.

Un domaine vital correspond à l'aire parcourue par un individu lors de ses activités liées à ses fonctions biologiques (nourriture, repos, reproduction,...) (Burt, 1943). Les domaines vitaux ont d'abord été calculés pour chaque individu à partir des données GPS téléchargées via la méthode des Polygones convexes minimum (MCP) (Mohr, 1947). Celle-ci consiste à relier les points de localisation extrêmes d'un individu afin d'en matérialiser un polygone recouvrant la totalité des positions enregistrées et représentant le domaine vital de chaque individu. Par convention, il convient de conserver 95 % des points.

En parallèle, la méthode de Kernel (Worton, 1989) a également été utilisée pour estimer les domaines vitaux des cistudes, en utilisant le package R *adehabitatHR* (Calenge, 2006) sur le logiciel R version 3.1.1, selon le protocole adopté par Teucher *et al.* (2015). Les domaines vitaux ont pu ainsi être comparés à partir de plusieurs méthodes et ont été exportés du logiciel R vers le logiciel Q-GIS version

2.6.0. Puis, après vérification de la normalité des données et de l'égalité des variances, une analyse de variance à deux facteurs a été réalisée pour évaluer l'influence des facteurs « Sexe » et « Site » sur les variations de tailles des domaines vitaux.

Les proportions de chaque entité paysagère présente dans les domaines vitaux ont été calculées puis comparées en fonction des différentes méthodes : MCP 95%, Kernels 95%, 75% et 50%. Chaque proportion a été donnée $\pm$ son erreur standard. Notons que le Kernel 50% reflète le cœur d'activité d'un individu. De plus, l'occupation du paysage a été évaluée en calculant l'indice de sélection de Jacob (1974) selon le protocole adopté par Thienpont (2005). La magnitude de la valeur et son signe indiquent respectivement l'intensité et le degré de sélection ou de rejet (-1 : évitement ; +1 : préférence). Le degré de préférence pour un habitat X étant établi par le rapport suivant :

$$I_x = \frac{[(X1/Y1) - (X2/Y2)]}{[(X1/Y1) + (X2/Y2)]}$$

Où :

- X1 : nombre de localisations dans un habitat X
- Y1 : nombre total de localisations
- X2 : surface de l'habitat X
- Y2 : surface totale du site d'étude, correspondant au MCP 95%.

II.4.2 Suivi de la Leucorrhine à large queue

a) Analyse de la dispersion des individus immatures

L'analyse de dispersion s'est restreinte aux données obtenues durant les cinq premiers jours du suivi, puisqu'à partir du 6^{ème} jour, les données étaient trop éparées. Après vérification de la normalité des données et de l'égalité des variances, nous avons donc pu tester l'effet « Jour » à partir d'une régression linéaire à effets mixtes (LMM) ajustée sous le logiciel R avec la fonction *lmer* de la librairie *lme4*. La variable « Individu » a été mise en effet aléatoire pour tenir compte des données répétées.

b) Analyse de la distribution des individus sur le site d'étude

Une analyse du plus proche voisin effectuée sur le logiciel Q-GIS a été utilisée pour décrire la distribution des individus immatures détectés avec le système RECCO®. Elle a permis de déterminer le type de distribution observée (aléatoire, agrégée ou uniforme) grâce à un indice du plus proche voisin correspondant au rapport de la distance moyenne observée sur la distance moyenne attendue théorique : la distance attendue étant la distance moyenne entre voisins dans une distribution aléatoire hypothétique. Quand cet indice est inférieur à 1, la distribution est agrégée et à l'inverse, lorsqu'il est supérieur à 1, la tendance est à la dispersion.

c) Analyse de la sélection d'habitats

Pour identifier les structures paysagères les plus fréquentées, une zone d'étude a été définie à partir d'un MCP 95% construit à partir de l'ensemble des points de détection obtenus. Afin de tester l'influence du paysage et d'estimer la probabilité de présence des odonates dans certains habitats, nous

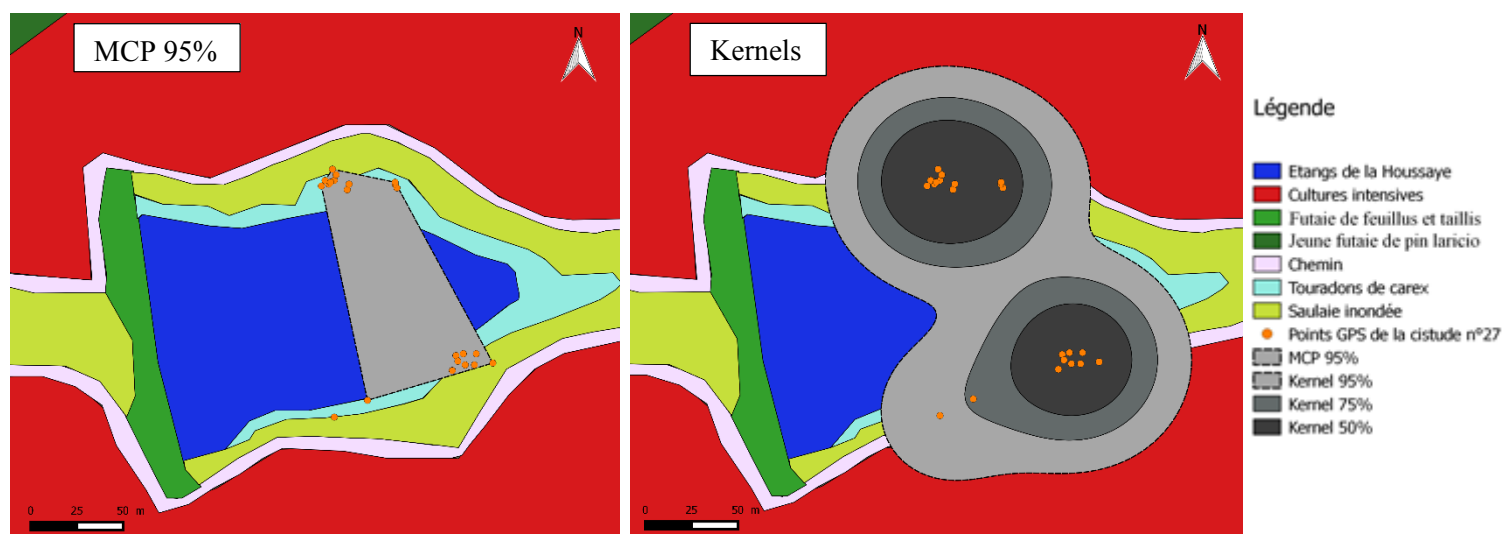


Figure 12. Exemple d'un domaine vital calculé selon la méthode du MCP (à gauche) et des Kernels 95%, 75% et 50% (à droite), à partir des points GPS de la cistude n°27 sur le site de la Houssaye.

Tableau I. Proportions d'habitats ($\pm$ leurs erreurs standards) présents au sein des domaines vitaux des cistudes sur les étangs de la Houssaye et du bois de Vinceuil, calculées selon différentes méthodes.

Habitats	MCP	K95	K75	K50
<i>La Houssaye</i>				
Eau libre	58,37 $\pm$ 7,25	33,27 $\pm$ 4,28	37,51 $\pm$ 4,47	39,32 $\pm$ 6,49
Berge (type saulaie inondée et touradons de carex)	30,30 $\pm$ 8,12	26,13 $\pm$ 3,50	32,71 $\pm$ 5,00	40,49 $\pm$ 7,88
Culture intensive	12,84 $\pm$ 4,77	31,08 $\pm$ 5,59	21,07 $\pm$ 4,36	11,39 $\pm$ 4,61
Chemin	3,14 $\pm$ 0,76	6,05 $\pm$ 0,74	5,90 $\pm$ 0,35	6,29 $\pm$ 0,25
Futaie de feuillus et taillis	3,07 $\pm$ 1,06	4,54 $\pm$ 0,91	3,27 $\pm$ 1,21	7,56 $\pm$ 1,45
Futaie de pin laricio	-	2,64	1,64 $\pm$ 0,80	-
<i>Bois de Vinceuil</i>				
Eau libre	26,84 $\pm$ 3,27	15,04 $\pm$ 5,49	18,96 $\pm$ 4,48	19,57 $\pm$ 1,31
Forêt de feuillus	69,02 $\pm$ 4,17	81,19 $\pm$ 5,11	73,60 $\pm$ 3,30	67,70 $\pm$ 0,63
Prairie permanente	-	2,23	5,01	9,24
Boisements marécageux	4,14 $\pm$ 0,90	2,66 $\pm$ 0,73	4,93 $\pm$ 1,31	8,11 $\pm$ 3,93

avons comparé les points de détection (présence de l'espèce) avec un jeu de données aléatoires (absence) généré au sein du MCP 95%. Pour cela, des tampons de différents rayons ont été créés autour de chaque point de détection et de chaque point aléatoire, dans le but d'étudier l'aire d'influence du paysage et de déterminer à quelle échelle la surface d'un habitat peut influencer la présence de l'espèce. Les tailles de tampons retenues ont été 5, 10 et 30 mètres de rayon. Nous avons testé l'effet de toutes les variables habitats (verger, prairie, forêt de feuillus, chemin, eau), grâce à un modèle linéaire généralisé (GLM) suivant une régression logistique à loi binomiale pour chaque tampon. Les variables contribuant le moins au modèle ont été exclues progressivement via une régression pas à pas (*Backward elimination*) sous R. Les valeurs estimées des effets ont été données $\pm$ leurs erreurs standards.

III. RESULTATS

III.1 Suivi de la Cistude d'Europe

Au total, 8 individus ont pu être suivis, dont 6 cistudes sur les étangs de la Houssaye (sexe ratio équilibré 1 : 1) (**Annexe 4**) et 2 cistudes sur les étangs du Bois de Vinceuil (sexe ratio 1 : 1) (**Annexe 5**). Les résultats sont basés sur 44 jours de données GPS pour les mâles et sur 45 jours pour les femelles.

En moyenne, la surface des domaines vitaux était de 3.862 ha ($\pm$ 1.392) avec la méthode MCP (N = 8) et de 11.711 ha ($\pm$ 3.799) avec celle du Kernel 95% (N = 9). L'analyse de variance n'a révélé aucune différence significative entre la taille des domaines vitaux des mâles et celle des femelles, que ce soit pour la méthode MCP ($F(1,7) = 2.391$, $P = 0.166$) ou celle du Kernel 95% ($F(1,6) = 1.823$, $P = 0.226$). De même, la taille moyenne des domaines vitaux n'a pas différé significativement entre les sites de la Houssaye et de Vinceuil, ni pour le MCP ($F(1,7) = 0.207$; $P = 0.663$) ni pour le Kernel 95% ($F(1,6) = 2.443$; $P = 0.169$). Notons toutefois que les tailles des domaines vitaux étaient significativement différentes entre les deux méthodes ($\chi^2(1) = 4.42$; $P = 0.036$; N = 17) : pour un même individu, la taille de son domaine vital estimée avec la méthode MCP était fortement réduite par rapport à celle calculée avec la méthode du Kernel 95% (**Fig.12**).

Aux étangs de la Houssaye, la méthode MCP, tout comme la méthode du Kernel 95%, ont montré que l'eau libre prédominait largement dans les domaines vitaux (**Tableau I**). En revanche, on note une nette différence dans l'importance donnée aux zones de cultures intensives par ces deux méthodes (**Tableau I**). Cette différence tend toutefois à s'estomper avec l'utilisation de Kernel de plus en plus contraignant, c'est-à-dire se resserrant autour du cœur principal d'activité des individus (**Tableau I**). Parallèlement, les habitats « eau libre » et les berges de type saulaie inondée et touradons de carex ont vu leurs surfaces relatives augmenter progressivement au sein des domaines vitaux selon un gradient K95-K75-K50 (**Tableau I**). Ainsi, le cœur principal d'activité, tel que défini à l'aide du Kernel 50%, a révélé une très nette prédominance des habitats de type « berge » et « eau libre » occupant respectivement 40.5% et 39.3% de la surface totale du Kernel 50% et se rapprochant ainsi des proportions obtenues à partir de la méthode MCP (**Tableau I**). L'indice de sélection de Jacob vient

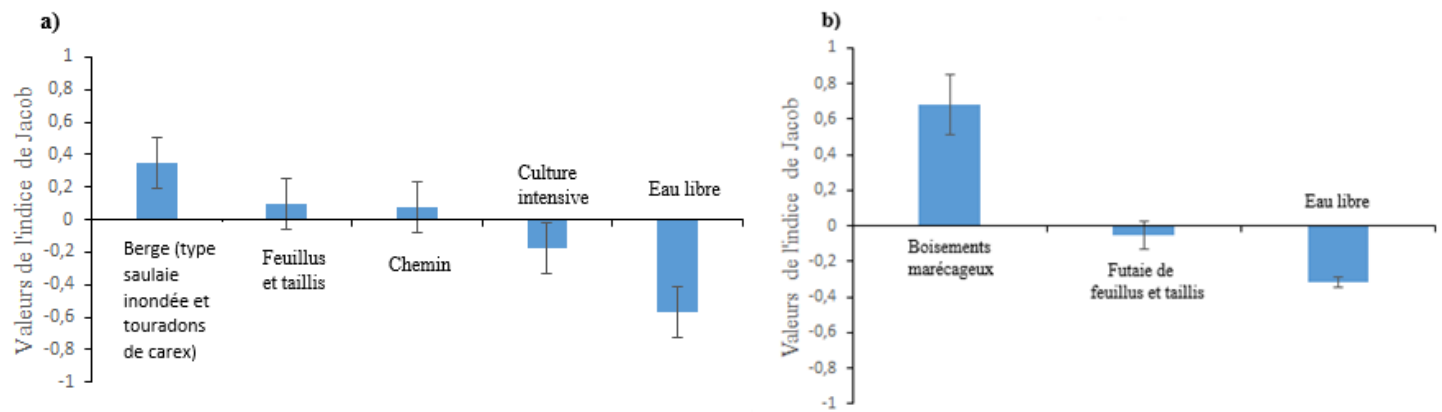


Figure 13. Indices de Jacob calculés pour les différents habitats des domaines vitaux des cistudes géolocalisées depuis la sortie d'hivernation aux étangs de la Houssaye (a) et aux étangs du Bois de Vinceuil (b) durant la période avril-juin 2015.

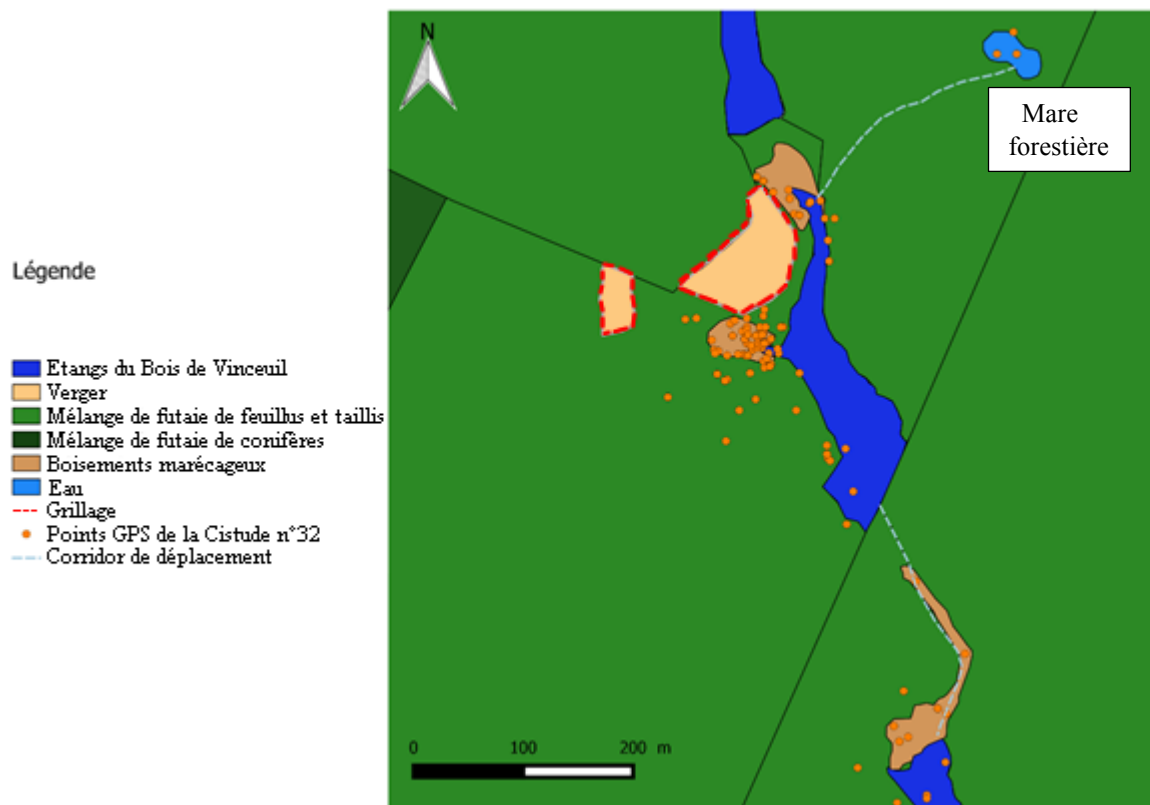


Figure 14. Cartographie présentant les points de localisation d'une cistude femelle obtenus grâce aux GPS Data Logger. Les traits pointillés bleus symbolisent les corridors potentiels empruntés par la cistude pour transiter au sein du réseau d'étangs du Bois de Vinceuil : l'étang des Fontaines (au nord), l'étang des Fayards (au centre) et l'étang du Gué d'Alezan (au sud).

compléter ces informations en mettant en avant que trois types d'habitats ont été préférentiellement fréquentés par *E. orbicularis* au sein et autour du réseau d'étangs de la Houssaye. Il s'agit prioritairement des berges de type saulaie inondée et touradons de carex et, en moindre mesure, de la forêt de feuillus et de taillis et enfin des chemins (**Fig. 13-a**). En revanche, cet indice nous indique que les milieux de cultures intensives et, plus surprenant, d'eau libre ont été évités par les individus (**Fig. 13-a**). Enfin, notons que la technologie GPS a révélé des points de localisation enregistrés le long d'un canal, situé à environ 300 m des étangs (**Annexe 4**).

Sur les étangs du Bois de Vinceuil, quel que soit la méthode statistique utilisée, la forêt de feuillus représentait l'habitat très nettement prédominant au sein des domaines vitaux étudiés durant notre suivi (**Tableau I**). Précisons toutefois qu'en resserrant le domaine vital au cœur d'activité principal selon un gradient K95-K75-K50, la proportion relative des forêts de feuillus a diminué de plus de 16%, alors qu'au contraire, l'importance relative des boisements marécageux a augmenté quant à elle de plus de 200% (**Table I**). L'importance de cet habitat est par ailleurs très nettement mise en avant par un indice de Jacob associé particulièrement fort (**Fig. 13-b**). En revanche, de manière plus surprenante et comme cela était déjà le cas aux étangs de la Houssaye, l'eau libre semble quant à elle avoir été fortement évitée (**Fig. 13-b**). La technologie GPS a également confirmé l'intérêt porté aux boisements marécageux, puisqu'elle a montré qu'*E. orbicularis* était capable de transiter notamment entre l'étang des Fayards et l'étang du Gué d'Alezan, en empruntant préférentiellement ce type d'habitat (**Fig.14**). D'autre part, le suivi télémétrique d'une cistude avec l'antenne Yagi nous a permis de la localiser dans une mare forestière située à environ 230 m de l'étang où elle avait été capturée (**Fig.14**) : l'individu a suivi un canal pour pouvoir rejoindre la mare.

Enfin, quel que soit le type de milieu, ouvert (site de la Houssaye) ou fermé (Bois de Vinceuil), nous avons constaté qu'*E. orbicularis* fréquente secondairement le milieu aquatique durant la journée. En effet, nos résultats sont basés uniquement sur des données GPS enregistrées la journée (horaires d'enregistrements moyens par individu : de 7h à 20h). Les GPS Data Loggers n'ont enregistré aucune donnée la nuit, excepté un trajet effectué hors de l'eau, conduisant à un site de ponte sur le site de la Houssaye, situé à une centaine de mètres du plan d'eau (**Fig.15**).

III.2 Suivi de la Leucorrhine à large queue

III.2.1 Cortège d'espèces

Les prospections menées sur une période de 13 jours ont montré que tous les contacts de *L. caudalis* ont eu lieu à proximité du site de La Rolle (**Fig.16**). De plus, la zone d'échantillonnage a révélé la présence d'un large cortège d'espèces typiques des milieux forestiers d'Indre-et-Loire (**Fig.17**). Parmi les Anisoptères, signalons : *Libellula depressa*, *Libellula fulva*, *Gomphus vulgatissimus*, *Gomphus pulchellus*, *Gomphus simillimus*, *Anax imperator*, *Cordulia aenea*, *Libellula quadrimaculata*, *Brachytron pratense*, *Epithea bimaculata* et *Orthetrum cancellatum*. Les Zygoptères étaient représentés par : *Coenagrion puella*, *Enallagma cyathigerum*, *Pyrrhosoma nymphula*, *Platycnemis*



Figure 15. Cartographie présentant les points de localisation d'un individu femelle, ainsi qu'un site de ponte découvert grâce au suivi par géolocalisation aux étangs de la Houssaye.



Figure 16. Cartographie présentant les points de détection des immatures obtenus par télémétrie et la zone d'étude définie par un MCP 95%.

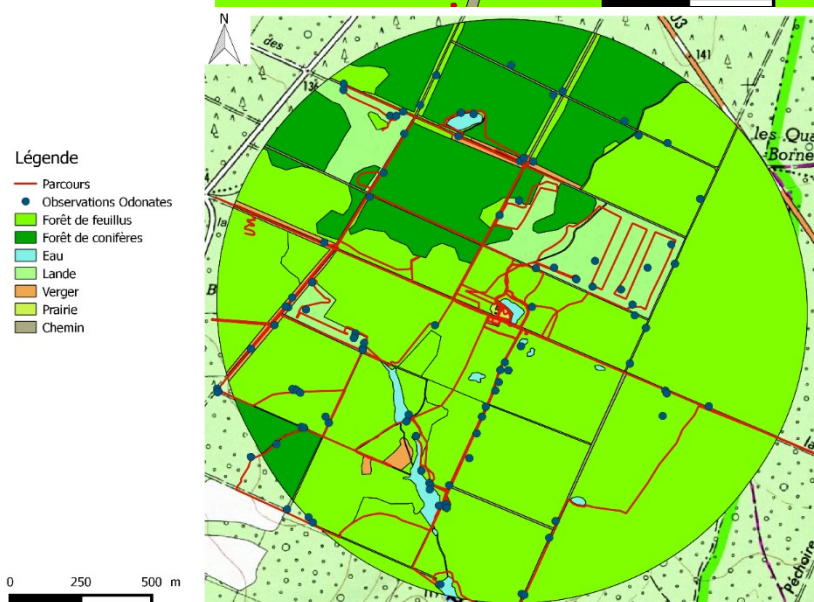


Figure 17. Cartographie présentant les points de localisation des autres espèces d'odonates (en bleu) observées sur le parcours de télémétrie, dans la zone tampon d'échantillonnage définie par un rayon de 1 km autour de la mare de La Rolle.

pennipes, *Platycnemis acutipennis*, *Ischnura elegans*, *Erythromma najas*, *Erythromma lindenii*, *Calopteryx splendens*, *Calopteryx virgo*, et *Coenagrion scitulum*. Notons qu'aucun individu de *L. caudalis*, excepté un mâle mature non territorialisé sur l'étang des Fontaines, n'a été observé en dehors du site de la mare forestière de la Rolle.

III.2.2 Dispersion des individus immatures

Les immatures de *L. caudalis* se sont éloignés significativement de leur site d'émergence au moins durant les 5 premiers jours suivant leur date d'émergence (LR = 17.17 ; ddl = 1 ; $P < 0.0001$; **Fig.18**) ; et en particulier ils semblent avoir quitté les abords immédiats de la mare de La Rolle dès le premier jour suivant leur émergence (**Fig.18**). Après le 5^{ème} jour de suivi, aucun individu n'a pu être recontacté jusqu'au 11^{ème} jour, où 3 contacts ont à nouveau pu être réalisés sur la période 11^{ème} – 13^{ème} jour suggérant un possible retour d'individus autour du site de La Rolle. La distance maximale de dispersion obtenue durant l'ensemble du suivi était de 240 m.

III.2.3 Répartition spatiale des individus sur le site d'étude

Les immatures de *L. caudalis*, étudiés sur le site de La Rolle dans les premiers jours suivant leurs émergences, ont présenté une répartition significativement agrégative, avec une distance moyenne entre les individus significativement inférieure à celle attendue sous une hypothèse de répartition aléatoire (**Tableau II**).

III.2.4 Influence des habitats sur la répartition de *L. caudalis*

a) Composition paysagère de la zone d'étude

La zone d'étude décrite par un MCP 95 % représentait une surface totale de 10.22 ha. Contenant la majorité des points de détection de *L. caudalis*, cette zone était composée majoritairement de forêt de feuillus, d'eau libre (mare de La Rolle) et de prairie (**Fig.19**). Quant aux habitats « Chemin » et « Autre », ils ne représentaient qu'une part infime de la surface totale de la zone d'étude (**Fig. 19**).

b) Sélection d'habitats

Quel que soit le tampon utilisé, la probabilité de présence d'individus immatures a significativement diminué avec la proportion en eau présente autour d'eux (effet : -0.200 ± 0.007 , $P = 0.0048$; effet : -0.021 ± 0.007 , $P = 0.0033$; effet : -0.043 ± 0.013 , $P = 0.0011$; respectivement 5, 10 et 30 mètres ; $N = 139$) (**Fig.20**). Les immatures ont donc significativement évité leur site d'émergence décrit par la mare de La Rolle, seule zone d'eau libre de la zone d'étude ; ainsi que ses abords immédiats. Concernant les autres habitats présents dans l'aire d'étude, aucun effet significatif sur la présence ou l'absence des individus n'a pu être observé bien que les individus immatures les utilisent (**Fig.16**).

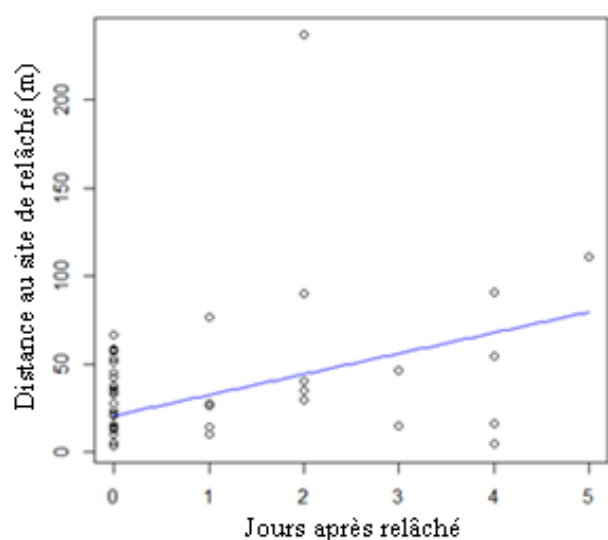


Figure 18. Evolution des distances de dispersion des individus immatures au cours du temps. Effet du jour obtenu à partir d'un modèle linéaire généralisé à effets mixtes (Distance de dispersion moyenne = 11.776 jours après relâché + 20.560 ; N = 69).

Tableau II. Méthode du plus proche voisin effectuée sur les 49 points de détection des individus immatures de *L. caudalis*.

Distance moyenne observée (m)	Distance moyenne théorique (m)	Index du plus proche voisin (D obs / D théo)	Effectif (N)	Score Z	Valeur de P
13.34	19.99	0.67	49	- 4.45	P < 0.01

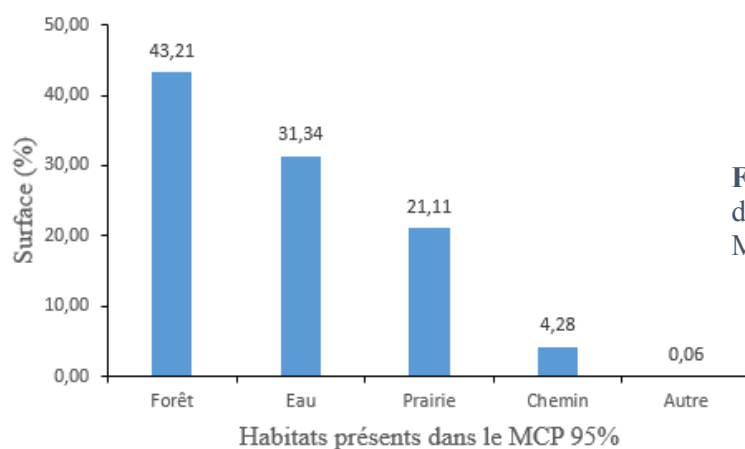


Figure 19. Composition paysagère de la zone d'étude définie par le MCP 95 %.

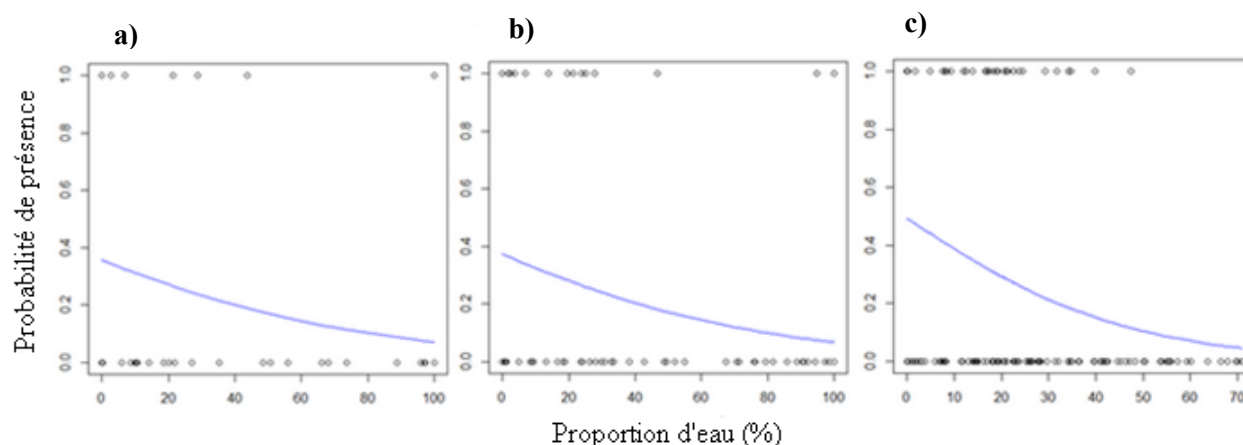


Figure 20. Probabilité de présence des immatures de *L. caudalis* en fonction de la proportion d'eau présente dans un rayon de 5 m (a), 10 m (b) et 30 m (c) autour des points de détection.

IV. DISCUSSION

Le suivi des deux espèces, *E. orbicularis* et *L. caudalis*, a permis d'obtenir des informations plus précises quant à l'écologie de leurs déplacements et leur utilisation de l'espace. Les techniques de suivi adoptées au cours de ce stage, ainsi que les différentes méthodes d'estimations des domaines vitaux, ont permis de mettre en évidence localement certaines variables paysagères et continuités écologiques à prendre en compte en amont d'une future application précise des trames verte et bleue.

Tout d'abord, le suivi par géolocalisation d'*E. orbicularis* révèle que la taille des domaines vitaux ne diffère pas significativement entre les mâles et les femelles, ce qui signifie qu'au minimum les deux sexes auraient besoin de la même surface de territoire. Cette observation confirme les travaux menés par Cadi *et al.* (2004) et Thienpont (2005). En revanche, selon une étude réalisée sur une autre espèce de tortue d'eau douce *Clemmys guttata* (Litzgus & Mousseau, 2004), les femelles parcourent trois fois plus de surface que les mâles au sein des domaines vitaux. D'une espèce à l'autre, les résultats semblent donc variables. La non-significativité de nos résultats entre la taille des domaines vitaux des deux sexes pourrait s'expliquer par le relativement faible jeu de données ainsi que la période limitée du suivi des individus. Selon Harris *et al.* (1990), la durée sur laquelle s'étend la récolte des données est très importante pour pouvoir définir un domaine vital, puisque les résultats diffèrent largement entre le court terme et le long terme.

De même, d'après nos résultats, le caractère agricole ou forestier du site n'influence pas la taille des domaines vitaux des cistudes. Ce résultat justifie ici indirectement le statut d'espèce « multi-habitat » d'*E. orbicularis* (Priol, 2009), puisque l'espèce semble en effet occuper différents types de micro-habitats lors de sa période d'activité, que ce soit en milieu ouvert ou fermé.

Sur le site de la Houssaye, l'espèce apprécie tout particulièrement les zones humides relativement peu profondes lors de la phase diurne de sa période d'activité. Il s'agit vraisemblablement des berges accueillant une végétation aquatique abondante de type saulaie inondée et une végétation enracinée immergée de type touradons de carex ; ainsi que de la présence de secteurs boisés et de milieux ouverts de type culture intensive à proximité. Tous ces éléments paysagers variés et sélectionnés par les cistudes sont sans doute fortement liés aux caractéristiques biologiques de l'espèce, qui recherche activement les zones de thermorégulation telles que les touradons de carex utilisés comme postes d'insolation ; ou des zones plus discrètes d'eau peu profonde comme la saulaie inondée pour les phases de repos ou d'alimentation (Olivier, 2002 ; Priol, 2009). De plus, précisons que les milieux ouverts de type culture intensive semblent constituer des zones terrestres plus ou moins favorables pour l'activité de ponte, puisque le système GPS Data Logger a permis de localiser pour la première fois un site de ponte sur le site de la Houssaye. Représentant un couvert végétal ras à proximité de la zone d'activité, un milieu ouvert de type culture intensive constitue sans aucun doute un habitat favorable pour pondre (Priol, 2009). Qui plus est, notons que la préférence d'*E. orbicularis* observée pour la futaie de feuillus ou les chemins, semble être davantage liée à un individu qui ne présente pas un patron de déplacement

« habituel », plutôt qu'aux variables paysagères proprement dites. En effet, chez *E. orbicularis*, les comportements de prospection semblent différer entre individus, puisque le pattern des déplacements n'est pas le même d'un individu à l'autre (**Annexe 4**). Les individus auraient donc investi des milieux très hétéroclites dès leur sortie d'hivernation, mais les berges caractérisées par une végétation abondante de type saulaie inondée et touradons de carex, restent les milieux privilégiés par l'espèce sur le site de la Houssaye, tout du moins durant la phase diurne de leur cycle d'activité.

Sur les étangs du Bois de Vinceuil, l'espèce semble en revanche utiliser prioritairement les boisements marécageux, situés au niveau des zones d'eau de type queues d'étangs. De plus, les branches d'arbres partiellement émergées observées dans ce type de milieu feraient office de postes d'insolation efficaces pour le processus de thermorégulation. Le site du Bois de Vinceuil défini majoritairement par son contexte forestier, n'offre à priori que très peu de zones ouvertes favorables à la ponte. Cependant, d'après nos observations de terrain, notons que la présence de chemins, de digues d'étangs ou de talus forestiers pourraient représenter des milieux propices à l'activité de ponte (Priol, 2009). Un large secteur de vergers présentant de vastes surfaces de terre à nue et situé à proximité immédiate des zones d'activités de l'étang des Fayards, est malheureusement actuellement d'accès impossible pour les cistudes (secteurs clôturés par un grillage à mailles fines) (**Fig.14**). En augmentant la taille des mailles de ce grillage il serait alors possible de faire de ce secteur une vaste zone favorable à la ponte.

Puis, les systèmes GPS Data Logger ont été testés sous l'eau a posteriori afin de pouvoir mettre en évidence leur non-fonctionnement dans ce milieu. Par conséquent, l'absence de données GPS durant la nuit observée à l'issue de notre suivi, excepté le trajet de ponte situé hors de l'eau, témoigne de l'inactivité des balises GPS sous l'eau. Ainsi, cela nous renseigne indirectement sur les habitats fréquentés par l'espèce pendant la nuit ; à savoir qu'elle occuperait principalement le milieu aquatique comme lieu de repos ou bien de recherche de nourriture et de partenaires sexuels.

D'autre part, plusieurs méthodes statistiques existent pour estimer les aires des domaines vitaux des cistudes et celles-ci semblent aboutir à des valeurs différentes pour des données identiques. En effet, la méthode MCP et celle du Kernel 95% présentent significativement des résultats différents quant à la surface moyenne des domaines vitaux utilisés par *E. orbicularis* ($P = 0.0356$; ddl = 1 ; N = 17). En moyenne, la méthode du Kernel 95% pourrait donc surestimer davantage l'aire d'activité des individus et risquerait d'inclure une part non négligeable d'habitats non réellement occupés (Powell, 2000). Cependant, dans le cadre de notre étude, cette surestimation pourrait avoir son intérêt pour pouvoir refléter une zone de ponte potentielle faisant partie intégrante du domaine vital d'un individu (White & Garott, 1990). Comparé au MCP, la méthode du Kernel 95% révèle en effet une occupation plus importante du champ de culture intensive sur le site de la Houssaye : cette forte proportion confirme ici l'activité de ponte observée via la technologie GPS. De plus, la méthode du Kernel 50% montre que l'eau et la berge (de type saulaie inondée et touradons de carex) constituent le cœur d'activité principal des cistudes sur les étangs de la Houssaye. Sur notre site d'étude du Bois de Vinceuil, quel que soit la méthode d'estimation des domaines vitaux, la forêt de feuillus représente l'habitat prédominant,

confirmant ainsi le contexte forestier du site. Qui plus est, il est important de souligner que l'habitat « Verger » pris en compte dans le calcul des domaines vitaux avec les méthodes MCP ou Kernels, n'est pas réellement utilisé par les cistudes : en effet, aucune donnée GPS n'a été enregistrée dans ce milieu clôturé et inaccessible à l'échelle d'une cistude (**Fig.14**). Par conséquent, cela met ici en évidence les limites de la fiabilité des estimateurs de densité MCP ou Kernels, qui ne reflètent pas toujours idéalement la réalité du terrain ; rendant alors les études d'écologie des déplacements relativement complexes. De plus, bien que les cistudes sélectionnent préférentiellement les boisements marécageux sur le site du Bois de Vinceuil, ce type d'habitat n'est pourtant présent qu'en faible proportion quel que soit la méthode d'estimation des domaines vitaux utilisée. Autrement dit, ce constat révèle ici les divergences existant entre toutes ces méthodes aboutissant à des résultats différents et souligne l'importance de disposer d'une série d'indicateurs statistiques variés pour rendre compte au mieux de l'occupation du territoire par une espèce. Notons que l'estimateur Kernel 50%, qui a pour intérêt de refléter le cœur d'activité d'un individu, ne rend donc pas compte du degré de préférence d'habitat de l'espèce.

Lors de ses déplacements, la Cistude semble être guidée par la structure des habitats environnants qu'elle affectionne. Effectivement, d'après nos observations, les milieux de boisements marécageux semblent jouer un rôle efficace de corridor écologique, assurant les déplacements de l'espèce notamment pour la recherche des sites de ponte ou la recherche de partenaire sexuel au sein d'un réseau d'étangs, tel que celui présent sur le site du Bois de Vinceuil. Puis, il semble important de souligner l'importance des corridors de type canal qui apparaissent comme des éléments paysagers essentiels à la dispersion de l'espèce. L'utilisation de ce type de corridors par les cistudes, observée à la fois sur les étangs de la Houssaye et du Bois de Vinceuil, confirme alors les observations de Priol (2009). Par conséquent, ces observations nous laissent suggérer l'importance de préserver le réseau hydrographique environnant qui s'avère primordial pour la dispersion de l'espèce. D'une manière générale, nous pouvons supposer que les mâles dispersent à la recherche de femelles réceptives afin d'assurer le brassage génétique (Duguy & Baron, 1998), tandis que les femelles effectuent des déplacements davantage liés au comportement de prospection des sites de ponte. Au vu des résultats, la phase d'estivation d'*E. orbicularis* serait donc caractérisée le plus souvent par des petits déplacements, au sein d'une mosaïque d'habitats essentielle à l'accomplissement de certaines activités biologiques (insolation, chasse, recherche d'un partenaire sexuel, ponte). Les petits déplacements observés confirment notamment les observations de Roverro & Chelazzi (1996). Ainsi, notre étude laisse suggérer que les grands déplacements observés par Olivier (2002) restent un phénomène rare chez *E. orbicularis*. Comme le souligne Priol (2009), l'espèce présenterait donc majoritairement un caractère sédentaire lors de sa phase d'activité.

Chez *L. caudalis*, les individus immatures dispersent de plus en plus durant les cinq premiers jours après leur date d'émergence et s'éloigneraient donc du plan d'eau lors de la période de maturation. Ce résultat est en accord avec les observations de Keller *et al.* (2010), qui estiment que la plupart des déplacements de dispersion ont lieu pendant la maturation des jeunes adultes. Qui plus est, aucun

individu immature (hormis lors de la phase d'émergence à proprement parlé) de *L. caudalis* volant au-dessus de la mare de La Rolle n'a été observé jusqu'à présent. Par ailleurs, il est important de préciser qu'aucun point de détection n'a été obtenu entre le 6^{ème} et le 10^{ème} jour après la date d'émergence, excepté seulement trois points de détection qui ont été obtenus entre le 11^{ème} jour et le 13^{ème} jour ; dont deux se situant à de faibles distances du site de relâché n'excédant pas 25 m. Par conséquent, cette observation laisse potentiellement suggérer l'existence d'une phase de retour des individus au plan d'eau entre les 11^{ème} et 13^{ème} jours après l'émergence : les odonates quitteraient en effet leur site d'émergence pour pouvoir rejoindre des habitats sans doute plus favorables à leur maturation, puis regagneraient de nouveau le site d'émergence à l'état mature. Toutefois, cette observation est à considérer avec un certain recul : en effet, le jeu de données reste trop faible pour pouvoir affirmer ici l'existence d'une réelle phase de retour. Si bien que cette phase existe, alors celle-ci nous renseignerait sur la durée moyenne de la phase de maturation de l'espèce. Ici, au vu de nos résultats et de nos observations, nous pouvons donc supposer que la phase de maturation de *L. caudalis* s'étale environ sur une dizaine de jours, ce qui conforte les données de Grand & Boudot (2006).

De plus, la dynamique temporelle associée au phénomène de dispersion des odonates génère indirectement des hypothèses quant à l'utilisation du paysage : les individus immatures disperseraient en effet de plus en plus loin au fil du temps depuis leur émergence, dans des milieux sans doute de moins en moins détectables avec la technologie RECCO®. En effet, à partir du 6^{ème} jour de maturation, les détections devenaient plus rares voire quasi-nulles au cours du temps. Cette observation met ici en évidence que la technologie RECCO® n'est pas sans faille. Le suivi de *L. caudalis* ayant eu lieu dans un contexte forestier, nous pouvons supposer que les individus émergents colonisent progressivement la canopée de la couverture végétale, rendant alors toute détection quasiment impossible. La couverture forestière limite sans aucun doute la plage de détection du système. Par conséquent, cela laisse suggérer que la forêt de feuillus est de plus en plus fréquentée durant la maturation, ce qui confirmerait ainsi les observations de Courant & Même-Lafond (2011). En effet, leurs travaux menés sur *L. caudalis* et *L. albifrons* ont montré qu'après l'émergence, les immatures prennent aussitôt de la hauteur pour trouver refuge sous le couvert végétal. Qui plus est, le rôle probable joué par la forêt durant la maturation a également été mis en évidence lors d'une étude suisse menée chez *Epithea bimaculata* (Monnerat, 2013). Sous cette hypothèse, nous pouvons imaginer que ce milieu offre très certainement un habitat favorable pour la maturation des individus, qui pourraient par exemple bénéficier de ressources abondantes mais également d'une protection face à la prédation ou face aux conditions environnementales hostiles (vent, précipitations) ; tout en évitant de partager l'espace occupé par les individus déjà territorialisés.

Par ailleurs, bien qu'elle soit moins probable, une autre hypothèse n'est pas à exclure : les individus immatures pourraient migrer progressivement en majorité au-delà de la zone d'échantillonnage définie avec un rayon de 1 km ; ce qui expliquerait alors la diminution des taux de détection obtenus au cours du temps. Cette diminution observée n'est pas surprenante : d'après

Wildermuth (1994), des taux de recapture d'à peine 6 % ont été obtenus lors de son étude. En effet, les déplacements des immatures restent difficiles à suivre notamment en raison de la forte mortalité à cet âge et les études de capture-marquage-recapture restent peu efficaces. Enfin, la distance maximale observée dans la présente étude étant de 240 m, celle-ci ne représente pas un grand déplacement. Cette donnée pourrait alors confirmer ici le caractère sédentaire de l'espèce, déjà mis en évidence par Keller *et al.* en 2010 : son travail a en effet révélé très peu de grands déplacements et une étude de capture-marquage-recapture a permis de montrer que la plupart des individus sont principalement retrouvés sur le plan d'eau où ils ont été marqués. Toutefois, Deliry *et al.* (2008) estiment que des capacités de déplacements importants peuvent se manifester chez cette espèce, mais celles-ci restent occasionnelles et ne concernent probablement que des individus erratiques.

D'autre part, concernant l'occupation du paysage, les individus adoptent une répartition agrégative dans l'espace et ne sont donc pas répartis de façon aléatoire. Qu'est-ce qui influence alors cette répartition spatiale ? Le paysage et notamment son aspect hétérogène, semble être le principal facteur responsable de cette répartition de *L. caudalis* dans l'espace. En effet, la zone d'étude révèle l'existence d'une hétérogénéité spatiale composée de trois types d'habitats majoritaires : la forêt de feuillus, la prairie et la mare. L'utilisation des différents tampons avait pour but de déterminer à quelle échelle la surface d'un habitat peut influencer la présence de *L. caudalis*. Un habitat se révèle comme influençant négativement la présence de l'espèce dans tous les tampons : il s'agit du milieu aquatique correspondant au site d'émergence. Effectivement, quel que soit l'échelle spatiale définie, les individus immatures évitent significativement leur site d'émergence correspondant à la mare de La Rolle, lors de la maturation. Toutefois, précisons que bien qu'elle ne soit pas fréquentée par les immatures, la mare reste vraisemblablement une entité paysagère à part entière et indispensable à préserver, pour assurer certaines phases biologiques de l'espèce telles que le développement larvaire, l'alimentation ou encore la reproduction.

Puis, au niveau des tampons de 5 m, 10 m et 30 m de rayon, on constate que les autres habitats présents dans la zone d'étude (forêt de feuillus, prairie, chemins) n'influencent pas significativement la présence de *L. caudalis*. Cette non-significativité pourrait être liée à l'information portée par le choix de ces tampons. Autrement dit, les différents tampons utilisés n'apportent pas ici d'information précise quant au rayon d'activité moyen des individus immatures, qui reste méconnu et difficile à déterminer à ce jour, du moins à l'échelle de la présente étude. Ne fréquentant pas le milieu aquatique lors de la maturation, l'espèce occupe par conséquent les autres habitats environnants. Cependant, il est important de souligner que *L. caudalis* ne sélectionnerait pas un habitat plus qu'un autre. Autrement dit, d'après nos observations, l'espèce semble utiliser en effet une véritable mosaïque d'habitats constituée principalement de forêt de feuillus et de prairie, pour pouvoir accomplir correctement sa phase de maturation. Bien que les effets observés ne soient pas significatifs, des tendances sont à souligner pour ces habitats majeurs, puisqu'ils pourraient influencer positivement la présence de l'espèce durant la maturation. D'où l'importance de préserver cette mosaïque paysagère qui offre sans doute les ressources

nécessaires et des conditions environnementales idéales pour le bon développement des individus immatures. Comme le suggère Bolliger *et al.* (2011), les différents éléments composant la structure paysagère ne semblent pas constituer une barrière à la dispersion de l'espèce.

Enfin, l'inventaire des autres espèces d'odonates appliqué lors du parcours de télémétrie, témoigne de l'absence de *L. caudalis* en dehors du site d'émergence de La Rolle : l'espèce étudiée semble en effet exclusivement présente à proximité de son lieu d'émergence, ce qui confirme à nouveau le caractère sédentaire de *L. caudalis*. Quant à la structure paysagère décrite sur le site de La Rolle, il est important de considérer que cette mare qui accueille de nombreuses espèces d'odonates, reste particulièrement enclavée dans le paysage et est ceinturée par une végétation abondante de type feuillus. Autrement dit, la mare forestière de La Rolle constituerait donc un véritable réservoir de biodiversité, d'où un large cortège d'espèces pourrait disperser via des corridors tels que des linéaires ouverts de type chemins ou encore des milieux fermés comme la forêt. Concernant *L. caudalis*, aucune des prospections menées dans un rayon de 1 km autour de la mare de La Rolle, dans les espaces ouverts de chemins, de landes ou de prairies n'a donné lieu à des observations d'imagos. Il est donc très probable que la majorité des imagos de *L. caudalis* stationne dans la canopée durant toute leur période de maturation, ce qui confirmerait à nouveau les observations de Courant & Même-Lafond (2011).

Actuellement protégées et en déclin dans la région Centre, la Cistude d'Europe et la Leucorrhine à large queue semblent réellement influencées par la structure paysagère lors de leurs déplacements. Ainsi, ces deux espèces pourraient pleinement justifier leur statut d'espèce de cohérence nationale dans le cadre de la politique TVB actuelle. La présente étude a mis en évidence certains éléments paysagers prioritaires à sélectionner en termes de gestion conservatoire à long terme. Que ce soit pour *E. orbicularis* ou *L. caudalis*, différents types d'habitats semblent essentiels aux diverses phases de leur cycle biologique. Pour *E. orbicularis*, il serait nécessaire de préserver les zones de thermorégulation telles que les berges caractérisées par la saulaie inondée et les touradons de carex ; ainsi que les habitats jouant un rôle de corridors écologiques (canaux, boisements marécageux) assurant une connectivité et le brassage génétique des populations (Duguy & Baron, 1998). Une mesure de gestion concrète à mettre en place pourrait concerner par exemple une pratique plus raisonnée du fauchage, du gyrobroyage ou du labourage dans les zones cultivées utilisées comme sites de ponte, qui augmentent considérablement les risques de mortalité des femelles, pouvant alors affecter la pérennité de l'espèce. Précisément, il faudrait privilégier une coupe tardive après la période de ponte (en août) et exclure impérativement la période de ponte de l'espèce, c'est-à-dire la période de mi-mai à mi-juillet, ainsi que la période d'émergence des juvéniles en septembre et en mars (Priol, 2009). Qui plus est, la création de sites de pontes annexes pourrait également être envisagée entre les zones agricoles et les étangs, ce qui réduirait ainsi les risques de mortalité. De plus, la répartition des cistudes sur les berges semble agrégée au niveau des zones de thermorégulation les plus larges (**Annexe 4**). Ces dernières sont donc à préserver et une coupe sélective des arbres présents sur les secteurs de berges larges devrait être privilégiée en cas de travaux de réaménagement. Pour *L. caudalis*, le site d'émergence de La Rolle défini comme un réservoir

de biodiversité, ainsi que la forêt jouant vraisemblablement un rôle majeur lors de la phase de maturation, sont à préserver. Comme le révèle souvent la littérature (Taylor *et al.*, 1993 ; Cushman *et al.*, 2013), notre étude témoigne ici du caractère indissociable des réservoirs de biodiversité et des corridors écologiques, identifiés aujourd'hui comme des entités paysagères prioritaires à préserver pour la pérennité des espèces. En effet, c'est depuis les sites réservoirs, tels que la mare de La Rolle ou encore les étangs à cistudes, que le phénomène de dispersion des individus peut être assuré via des corridors.

V. CONCLUSION & PERSPECTIVES

Quoique préliminaires, nos résultats semblent donc indiquer une influence de la structure paysagère sur les déplacements d'*E. orbicularis* et de *L. caudalis*, confirmant ainsi notre hypothèse de départ. Selon Thompson & Ronce (2010), le bon déroulement du cycle biologique des espèces, ainsi que la survie à long terme des populations et des métapopulations sont essentiellement assurés par le processus de dispersion. Dans une mosaïque d'habitats favorables, la capacité des espèces à se disperser dans l'espace est primordiale. La capacité de dispersion d'espèces comme la Cistude d'Europe ou la Leucorrhine à large queue semble être régie par diverses structures paysagères, constituées de corridors écologiques qui ne sont pas toujours lisibles en tant que tels dans le paysage. Notre travail axé principalement sur l'écologie des déplacements, confirme une fois de plus que la préservation d'une mosaïque d'habitats serait nécessaire à la conservation d'un large éventail d'espèces.

De plus, la forte hétérogénéité des habitats fréquentés par nos deux modèles d'étude laisse suggérer l'importance d'adopter une vision multi-espèces dans le cadre de l'application des trames verte et bleue. Précisons que ce type d'approche est aujourd'hui loin d'être parfaitement respecté dans l'élaboration des Schémas régionaux de cohérence écologique (SRCE). La présente étude met ainsi en exergue certaines failles de la politique TVB. Bien qu'apparemment idéale, la mesure phare du Grenelle de l'Environnement que représente la TVB, et plus particulièrement ses critères d'application établis par le MNHN et le SPN (Sordello *et al.*, 2011), pourraient sans doute être précisés pour pouvoir être adaptés dans un contexte de conservation s'appliquant à toute échelle, à la fois individuelle, populationnelle et inter-populationnelle.

Le nouveau type d'approche, mené au cours de ce stage, intégrant pour la première fois une technique de suivi par géolocalisation via un GPS Data Logger pour *E. orbicularis*, nous a permis d'estimer l'influence de la structure paysagère sur les déplacements de la Cistude d'Europe, de mettre en évidence l'hétérogénéité du paysage présentée comme un vecteur de forte naturalité ; et d'identifier certaines entités paysagères à prendre en compte pour éventuellement la mise en place précise de futurs plans de gestion et de conservation à une échelle locale. Comparé à la technique de télémétrie classique utilisée pour le suivi d'*E. orbicularis*, le système GPS Data Logger se révèle être une technique de suivi plus confortable. Toutefois, le système n'est pas parfaitement adapté aux conditions de vie et au comportement de l'espèce, ce qui expliquerait certains dysfonctionnements des balises. Malgré un coût

financier plus important, il serait envisageable d'utiliser des systèmes plus performants pour les études ultérieures, comme les balises Argos déjà utilisées pour le suivi de tortues marines (Bourjea *et al.*, 2013).

La technologie offerte par l'émetteur RECCO® / récepteur a permis d'étudier un stade particulier du cycle de vie des odonates, à savoir la phase de maturation, qui serait impossible à observer sans cette technique. Par conséquent, cette approche révèle le fait que *L. caudalis* et sans doute d'autres espèces d'odonates, sélectionnent des habitats spécifiques nécessaires à leur maturation, comme des forêts de feuillus. Cependant, le système pose encore de sérieuses limites. La masse d'une balise avec la colle est d'environ 16 mg : le système n'est sans doute pas parfaitement adapté aux petites espèces d'odonates de tailles similaires à *L. caudalis*. D'autre part, les balises peuvent également créer des interférences et cette technologie ne permet pas de discriminer les individus marqués. Enfin, la couverture forestière limite la plage de détection du système. Pour faciliter les investigations ultérieures de l'occupation du paysage de *L. caudalis*, il serait alors judicieux de choisir des sites d'étude avec des espaces ouverts et des petits bosquets ou des haies, afin de rendre plus facile la détection des individus marqués. Ainsi, nous pourrions peut-être avoir une idée plus précise des capacités de colonisation et de dispersion chez les individus immatures. Aussi, la technologie offerte par le système RECCO® pourrait également être utile pour le suivi des adultes matures entre les sites de reproduction, les aires d'alimentation et les lieux de repos (Baeta & Sansault, *com. pers.* ; Hardersen, 2007). Il pourrait, par exemple, permettre d'étudier les cycles phénologiques chez *L. caudalis* entre les activités de reproduction, d'alimentation et de repos.

Le travail commun mené sur nos deux espèces, *E. orbicularis* et *L. caudalis*, semble donc important pour toucher du doigt les nombreuses différences qui peuvent exister entre les organismes vertébrés et invertébrés, dans l'appréhension même du phénomène des déplacements. Ces groupes présentent en effet des distinctions majeures à travers leur biologie et leur écologie (cycle de vie, métamorphose, mode de déplacement...), ce qui implique des variations fortes concernant leur mobilité. A l'avenir, notre étude pourra être affinée par une analyse plus complète de l'utilisation de l'espace par ces espèces, en incluant divers paramètres environnementaux, tels que la qualité de l'eau ou encore les associations végétales présentes sur les rives et dans l'eau. Aussi, l'effet du paysage semble influencer différemment les capacités de dispersion d'*E. orbicularis* et de *L. caudalis* en fonction de leur écologie. Il apparaît donc judicieux d'étendre les prospections à tous les types de milieux susceptibles d'héberger ces espèces.

Pour finir, les connaissances sont loin d'être nulles au sujet des déplacements d'espèces et des continuités écologiques. Toutefois, si l'on excepte les observations de Priol (2009) pour *E. orbicularis* et celles de Keller *et al.* (2010) pour *L. caudalis*, les données quantitatives sur l'écologie des déplacements sont encore réduites. Il est donc indispensable d'apporter des connaissances fines sur la tolérance des espèces à la structure du paysage lors des déplacements. A ce jour, les connaissances diffèrent selon les espèces et peuvent paraître déficitaires précisément par faute de données de répartition, de biologie et d'écologie des déplacements, indispensables pour la mise en œuvre de plans d'actions efficaces ; et notamment la restauration de continuités écologiques fonctionnelles.

Références bibliographiques

- Baeta R., 2015. Animation de la déclinaison régionale du Plan National d'Actions en faveur des Odonates en Région Centre - Rapport d'activités 2014. Association Naturaliste d'Etude et de Protection des Ecosystèmes Caudalis – Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Centre, Mai 2015, 21p.
- Baeta R., Sansault E. & Pincebourde S., 2012. Déclinaison régionale du Plan national d'actions en faveur des Odonates en région Centre 2013-2017. Association Naturaliste d'Etude et de Protection des Ecosystèmes CAUDALIS / Institut de Recherche sur la Biologie de l'Insecte / Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement Centre, 112 pp.
- Bardet, O. & Hauguel, J.-C., 2001. Mise en oeuvre du programme concerté de conservation du patrimoine naturel dans les Marais de la Souche au titre de la Directive Habitats. Etude des habitats naturels et de la biologie des Leucorrhines. Rapport non pub. Conservatoire des Sites Naturels de Picardie, 31 pp.
- Bardet, O. & Hauguel, J.-C., 2003. Contribution à la connaissance de l'écologie de *Leucorrhinia caudalis* et *Leucorrhinia pectoralis* (Odonata) dans les marais de la Souche (Aisne – France), 14 pp.
- Biotope, 2014. Schéma régional de cohérence écologique du Centre. Résumé non technique. DREAL Centre / Région Centre.
- Bolliger J., Keller D. & Holderegger R., 2011. When landscape variables do not explain migration rates: An example from an endangered dragonfly, *Leucorrhinia caudalis* (Odonata: Libellulidae). European Journal of Entomology. Volume 108. Pages 327-330.
- Bourjea J., Ciccione S., & Dalleau M., 2013. DYMITILE – DYnamique MIgratoire des Tortues marines nidifiant dans les ILEs françaises de l'Océan Indien.
- Brossard T. & Wieber J.C., 1984. «Le paysage : trois définitions, un modèle d'analyse et de cartographie», L'Espace Géographique, n° 1, pp. 5-12.
- Burt, W.H. 1943. Territoriality and home range concepts as applied to mammals. Journal of Mammalogy. 24, 346–352.
- Cadi A., 2003. Ecologie de la Cistude d'Europe (*Emys orbicularis*) : Aspects spatiaux et démographiques, application à la conservation. Thèse. Université Claude Bernard, Lyon 1, 306 pp.
- Cadi A. & Faverot P., 2004. La Cistude d'Europe, gestion et restauration des populations et de leur habitat, Guide technique, Conservatoire Rhône-Alpes des Espaces Naturels, 108 pp.
- Cadi, A., Nemoz, M., Thienpont, S., & Joly, P., 2004. Home range, movements, and habitat use of the European pond turtle (*Emys orbicularis*) in the Rhône-Alpes region, France. *Biologia*, 59, 89-94.
- Calenge, C., 2006. The package adehabitat for the R software: A tool for the analysis of space and habitat use by animals. *Ecological Modelling*, 197, 516–519.
- CETE Normandie Centre, DREAL CENTRE, CBNBP & BIOTOPE, 2014. Schéma régional de cohérence écologique du Centre. Volume 2 – Composantes de la trame verte et bleue régionale. DREAL Centre / Région Centre.
- Cloupeau R., Boudier F., Levasseur M. & Cocquemot C., 2000. Les Odonates de Touraine (département d'Indre-et-Loire, France). Bilan de l'inventaire en cours. Martinia. Tome 16, fascicule 4, pp. 153-170.
- Courant S. & Mème-Lafond B., 2011. Écologie et gestion des populations de *Leucorrhinia albifrons* (Burmeister, 1839) et *L. caudalis* (Charpentier, 1840) (Odonata, Anisoptera : Libellulidae) sur un étang du Saumurois (département du Maine-et-Loire). Martinia 27(2) : 81-94.
- Cushman, S. A., McRae, B., Adriansen, F., Beier, P., Shirley, M., & Zeller, K., 2013. Biological corridors and connectivity. *Key topics in conservation biology*, 2, pp. 384-404.

- De Groot, R.S., M.A. Wilson, R.M.J. Boulans, 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*. 41: 393-408.
- Deliry C., (coord.), 2008. Atlas illustré des libellules de la région Rhône-Alpes. Groupe Sympetrum, Muséum d'Histoire Naturelle de Grenoble. Biotope, Mèze, Collection Parthénope, 408 pp.
- Dijkstra K.-D. B. & Lewington R., 2007. Guide des Libellules de France et d'Europe. Delachaux et Niestlé, Paris, 320 pp.
- Dohogne R. (coord.), 2013. Liste rouge des Reptiles de la région Centre : 385-395, in Nature Centre, Conservatoire botanique national du Bassin parisien, 2014. Livre rouge des habitats naturels et espèces menacés de la région Centre. Nature Centre éd., Orléans, 504 pp.
- Dommanget J.-L., Prioul B. & Gajdos A., 2009. Document préparatoire à une Liste Rouge des Odonates de France métropolitaine complétée par la liste des espèces à suivi prioritaire. Document original en 2007, mis à jour en 2009. Société française d'Odonatologie, 47 pp.
- Doucet G. & Ruffoni A., 2012. *Leucorrhinia caudalis* (Charpentier, 1840), nouvelle espèce pour la Côte-d'Or (21) (Odonata, Anisoptera : Libellulidae). *Martinia*. Tome 28, fascicule 2. Pages 127-130.
- Drouault C. & Gergonne J., 2014. Projet de fin d'études de l'Ecole Polytech Tours - Conception d'un système pour étudier l'espace de vie des Cistudes d'Europe, 50 pp.
- Dubech P., 2009. Leucorrhinie à large queue *Leucorrhinia caudalis*. In : Poitou-Charentes Nature. Libellules du Poitou-Charentes. Poitou-Charentes Nature, Fontaine-le-Comte, pp. 170-171.
- Duguy R., & Baron J.P., 1998. La Cistude d'Europe, *Emys orbicularis*, dans le Marais de Brouage (Charente Maritime). Cycle d'activité, thermorégulation, déplacements, reproduction et croissance. *Annales de la Société des Sciences Naturelles de la Charente-Maritime*, 8 : 781-803.
- Dupont P., 2010. Plan national d'actions en faveur des Odonates. Office pour les insectes et leur environnement / Société Française d'Odonatologie – Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer, 170 pp.
- Geniez P. & Cheylan M., 2005. Reptiles et batraciens de France. Cd-rom Educagri éditions/CEEP/EPHE/CEBA/Loke film, 2005.
- Giordano C., 2014. Suivi de populations de Cistude d'Europe *Emys orbicularis* (Linné, 1758) en Indre-et-Loire (Chelonia Emydidae).
- Grand D., Boudot J.-P., 2006 – Les Libellules de France, Belgique et Luxembourg. Biotope, Mèze, (Collection Parthénope), 480 pp.
- Guzy, J. C., Price, S. J., & Dorcas, M. E., 2013. The spatial configuration of greenspace affects semi-aquatic turtle occupancy and species richness in a suburban landscape. *Landscape and Urban Planning*, 117, pp. 46-56.
- Hardersen S., 2007. Telemetry of Anisoptera after emergence - first results (Odonata). *International Journal of Odonatology*, 10: 189-202.
- Harris, S., Cresswell, W.J., Forde, P.G., Trehwella, W.J., Woollard, T. & Wray, S., 1990. Home range analysis using radio-tracking data: a review of problems and techniques particularly as applied to the study of mammals. *Mammal Review*. 20, 97-123.
- Hodgson J.A., Mollanen A., Wintle B.A. & Thomas, C.D., 2011. Habitat area, quality and connectivity: striking the balance for efficient conservation. *Journal of Applied Ecology*, 48: 148-152.
- IFEN - Edition 2006. « L'environnement en France ». Chapitre "Environnement et santé" - Coordination : Afsset et Ifen. Rédaction Afsset avec la contribution de l'Ademe, de l'Ineris, du CSTB/OQAI, de l'InVS et de l'Afsset. IFEN, 2006. L'environnement en France, 500 pp.
- Keller D., Brodbeck S., Flöss I., Vonwil G. & Holderegger R., 2010. Ecological and genetic measurements of dispersal in a threatened dragonfly. *Biological Conservation*. Volume 143, numéro 11, pp. 2658-2663.

- Kotenko T.I., 2000. The European pond turtle (*Emys orbicularis*) in the Steppe Zone of the Ukraine. *Stapfia*, 69: 87-106.
- Litzgus J.D. & Mousseau T.A., 2004. Home range and seasonal activity of southern spotted turtles (*Clemmys guttata*) : Implications for Management. *Copeia*. vol 4. 804-817.
- Male-Malherbe E., 2007. Suivi et caractérisation des populations de Leucorrhine à large queue - *L. caudalis* des étangs de la Touche (Brenne - Indre). Historique et bilan de la saison 2006, Rapport CERCOPE, 21 pp.
- Mignet F., 2010. Bilan des résultats du suivi radio-téléométrique de la Cistude d'Europe *Emys orbicularis* dans la Réserve naturelle nationale de l'Estagnol (Hréault, France).
- Mohr, C.O., 1947. Table of equivalent populations of North American small mammals. *American Midland Naturalist*. 37, 223-249.
- Monnerat C., 2013. Fiches de protection espèces – Libellules – *Epitheca bimaculata*. Groupe de travail pour la conservation des Libellules de Suisse GTCLS – Bâle, CSCF info fauna – Neuchâtel, OFEV, Berne. 5 p
- Muller D., 2013. Caractérisation du microclimat des larves d'Odonates matures. Rapport de stage Master 2. Université de Lorraine, Institut de Recherche sur la Biologie de l'Insecte (CNRS). 62 pp.
- Naulleau, G., 1991. Adaptations écologiques d'une population de Cistude aux grandes variations de niveau d'eau et à l'assèchement naturel du milieu aquatique fréquenté, *Bulletin de la Société Herpétologique de France*, 58 :11-19.
- Olivier A., 2002. Ecologie, traits d'histoire de vie et conservation d'une population de Cistude d'Europe (*Emys orbicularis*) en Camargue. Diplôme d'EPHE, laboratoire de Biogéographie et Ecologie des Vertébrés, Montpellier, 165 pp.
- Owen-Jones Z., 2010. Etude sur le statut de la Cistude d'Europe, *Emys orbicularis*, dans le département d'Indre-et-Loire (37). Réserve Naturelle de Chérine, 26 pp.
- Powell R.A., 2000. Animal home ranges and territories and home range estimators in Boitoni L., Fuller T.K. (eds), *Research Techniques in Animal Ecology. Controversies and Consequences*, Colombia University Press, New York.
- Priol P., 2009, Guide technique pour la conservation de la Cistude d'Europe en Aquitaine, Cistude Nature, BLH, Le Haillan, 166 pp.
- Roverro F. & Chelazzi G., 1996. Nesting migrations in a population of the European pond turtle *Emys orbicularis* (L.) (*Chelonia Emydidae*) from central Italy. *Ethology Ecology & Evolution*, 8: 297-304.
- Sansault E., 2011. Découverte du premier site de reproduction de *Leucorrhinia caudalis* (Charpentier, 1840) en Indre-et-Loire (Odonata, Anisoptera : Libellulidae). *Martinia*, 27 (2) : 115-120.
- Sansault E. & Lett J.-M., 2012. Liste rouge des Odonates de la région Centre : 275-293, in *Nature Centre*, Conservatoire botanique national du Bassin parisien, 2014. Livre rouge des habitats naturels et espèces menacés de la région Centre. Nature Centre éd., Orléans, 504 pp.
- SCDB (Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique), 2010. Perspectives mondiales de la diversité biologique, n°3, SCDB, Montréal.
- Schneeweiss N., & Steinhauer C., 1998. Habitat use and migrations of a remnant population of the European pond turtle, *Emys o. orbicularis*, depending on landscape structures in Brandenburg, Germany. *Mertensiella*, Proceedings of the Emys Symposium, Dresden 96, 10: 235-244.
- Servan J., Baron J.P, Bels V., Bour R., Lancon M. & Renon G., 1986. Le marquage des tortues d'eau douce : application à la Cistude d'Europe *Emys orbicularis* (Reptilia, Chelonii). *Bulletin de la Société Herpétologique de France*, 37 : 9-17.
- Soluk D.A., Zercher, D.S. & Worthington A.M., 2011. Influence of roadways on patterns of mortality and flight behavior of adult dragonflies near wetland areas. *Biological Conservation*, 144(5): 1638-1643.

Sordello R., Comolet-Tirman J., De Massary J.C., Dupont P., Haffner P., Rogeon G., Siblet J.P., Touroult J., Trouvilliez J., 2011. Trame verte et bleue – Critères nationaux de cohérence – Contribution à la définition du critère sur les espèces. Rapport MNHN-SPN, 57 pp.

Sordello R. (coord.), Conruyt-Rogeon G., Merlet F., Houard X. & Touroult J., 2013. Synthèses bibliographiques sur les traits de vie de 39 espèces proposées pour la cohérence nationale de la Trame verte et bleue relatifs à leurs déplacements et besoins de continuité écologique. Muséum national d'histoire naturelle (MNHN) - Service du Patrimoine naturel (SPN) & Office pour les insectes et leur environnement (Opie), 20 pp. + 39 fiches.

Sordello R., Vanpeene S., Azam C., Kerbiriou C., Le Viol I. & Le Tallec T., 2014. Effet fragmentant de la lumière artificielle. Quels impacts sur la mobilité des espèces et comment peuvent-ils être pris en compte dans les réseaux écologiques ? Muséum national d'Histoire naturelle, Centre de ressources Trame verte et bleue, 31 pp.

Taylor, P.D., Fahrig, L. Henein, K. & Merriam, G., 1993. Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos* 68(3): 571-572.

Teucher M., et al. A Kenyan endemic bird species *Turdoides hindei* at home in invasive thickets. *Basic and Applied Ecology*, 2015.

Thienpont S., 2005. Habitats et comportements de ponte et d'hivernation chez la Cistude d'Europe (*Emys orbicularis*) en Isère. Mémoire, 160pp.

Thienpont S., 2010. Plan National d'Actions Cistude d'Europe 2010-2014. Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de la Mer, 124 pp.

Thompson J. D. & Ronce O., 2010. Fragmentation des habitats et dynamique de la biodiversité. Société Française d'Ecologie, 6 pp.

UICN France, MNHN, & SHF, 2009. La Liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre Reptiles et Amphibiens de France métropolitaine. Paris, France.

Vonwil G., 2006b. *Leucorrhinia caudalis* (Charpentier, 1840) - Libellulidae. Leucorrhine à large queue, Fiche de protection, CSCF, 6 pp.

Vonwil G., 2011. Fiche de protection – *Leucorrhinia caudalis* (Charpentier, 1840), 6 pp.

Vonwil G., 2013. Fiches de protection espèces – Libellules – *Leucorrhinia caudalis*. Groupe de travail pour la conservation des Libellules de Suisse, CSCF info fauna, Neuchâtel et Office fédéral de l'environnement, Berne, 5 pp.

White G., & Garott R., 1990. Analysis of wildlife radio-tracking data. Academic Press, New York.

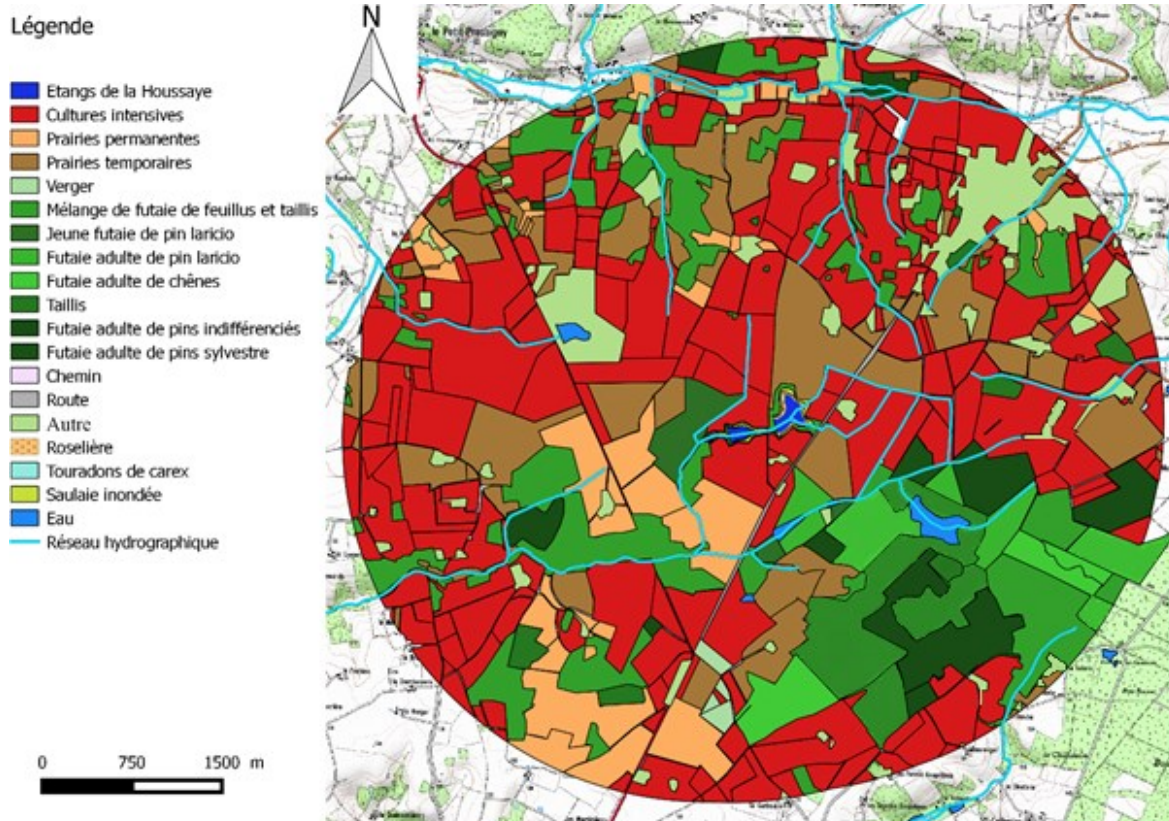
Wildermuth H., 1994. Populationsdynamik der Grossen Moosjungfer, *Leucorrhinia pectoralis* Charpentier, 1825 (Odonata, Libellulidae). *Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz*. Volume 3. Pages 25-39.

Worton B.J., 1989. Kernel methods for estimating the utilization distribution in home-range studies. *Ecology*. 70 : 164-168.

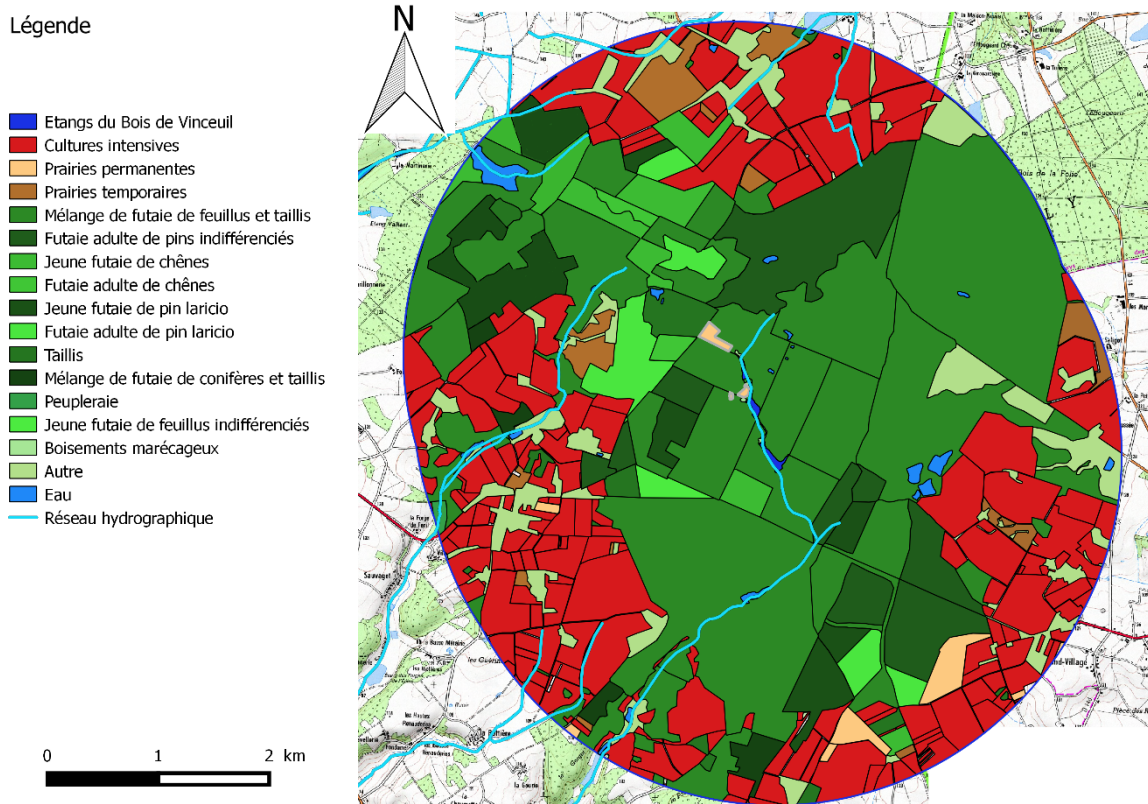
ANNEXES

Annexe 1 : Cartographies des sites d'étude d'*E. orbicularis*

A) Tampon de 3 km autour des étangs de la Houssaye



B) Tampon de 3 km autour des étangs du Bois de Vinceuil



Annexe 2 : Description du modèle i-gotU GT-120 & étapes successives de la fabrication du dispositif GPS Data Logger/micro-balise VHF imaginé par l'Ecole Polytech Tours (Drouault & Gergonne, 2014)



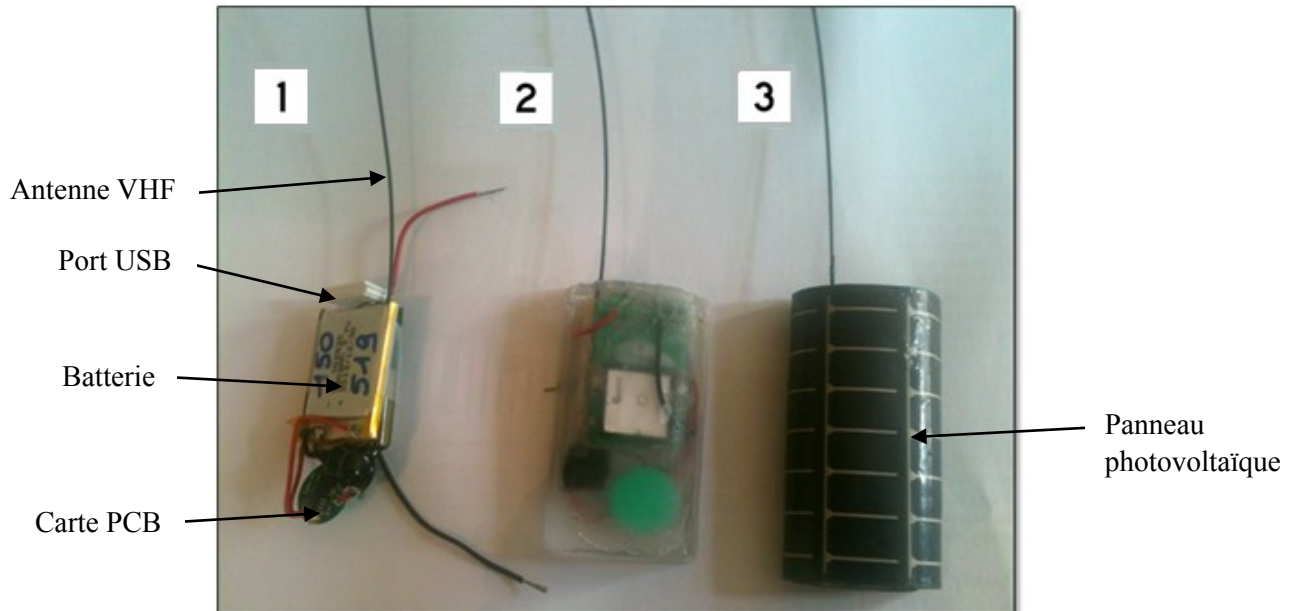
Coque en plastique de l'i-gotU GT-120.



La batterie utilise la technologie Lithium ion et possède une capacité maximale de 380 mAh.

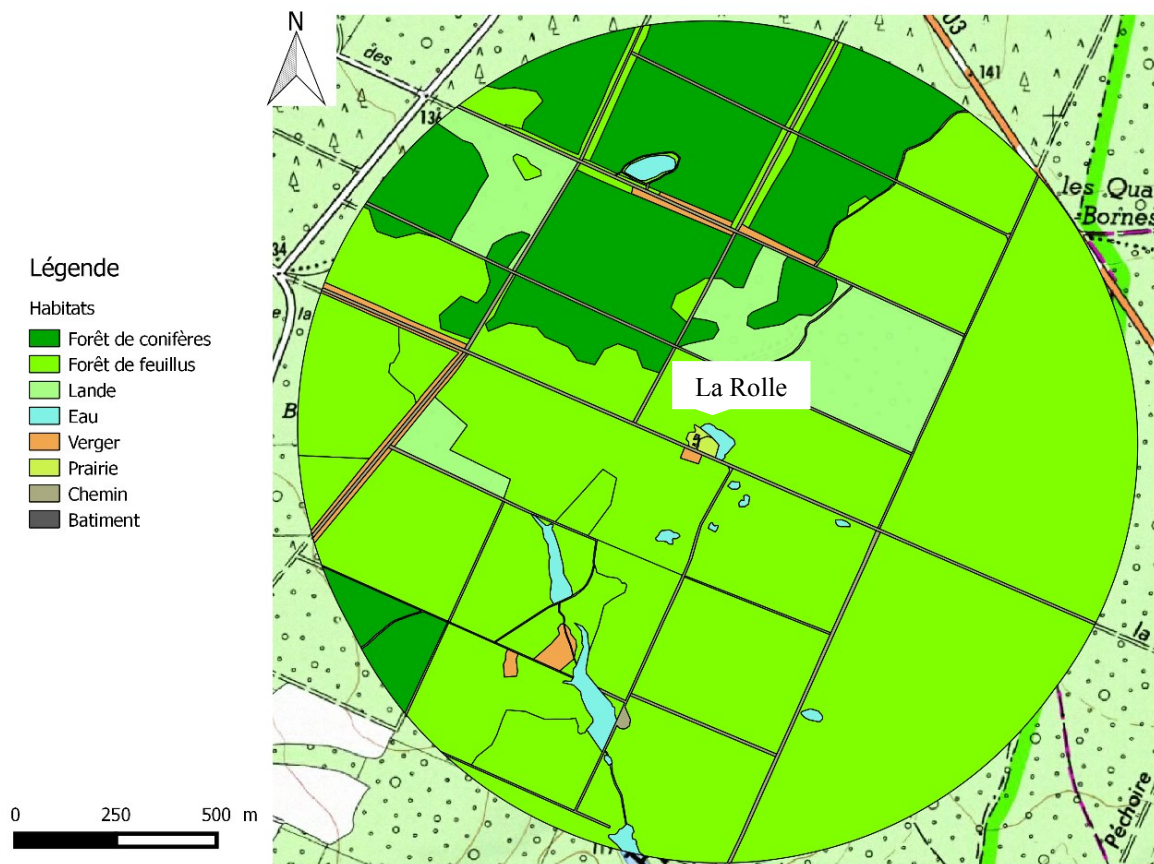


La carte électronique contient la puce GPS, la mémoire de stockage et un étage de gestion de recharge de la batterie.

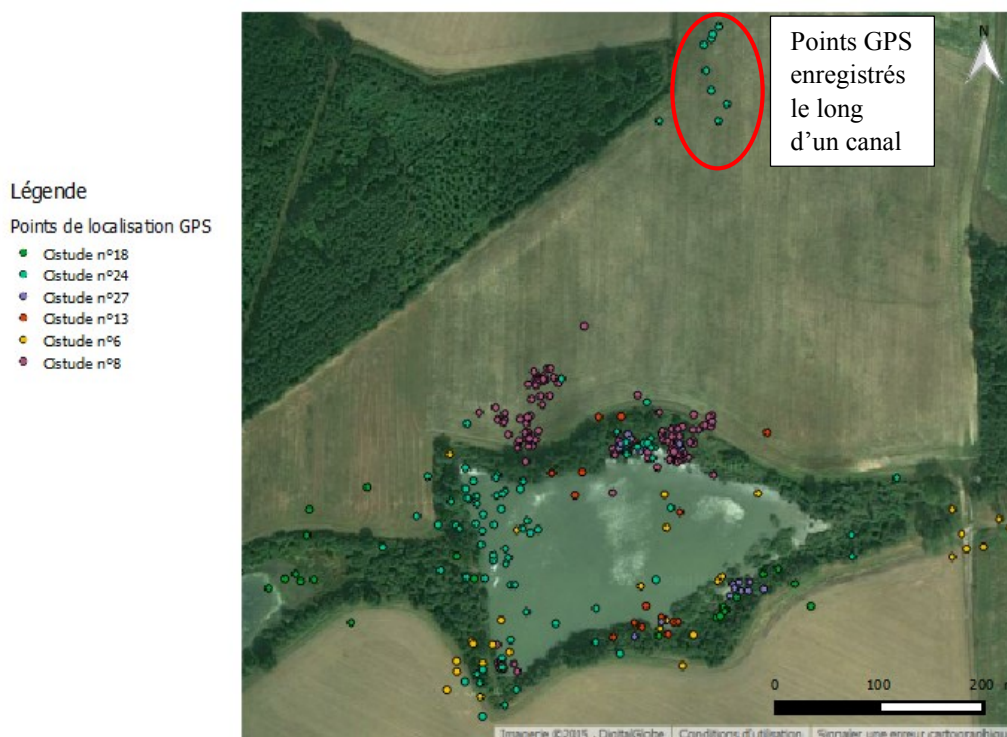


- 1) Soudure des composants électroniques : Batterie intégrée au lithium-ion ; Antenne à plaque à réception simultanée GPS intégrée ; Antenne VHF ; Carte PCB – 2) Etanchéification des éléments sous résine cristal (kit *résine Cristal Gédéo*) – 3) Collage et soudure du panneau photovoltaïque flexible qui épouse parfaitement la surface arrondie du bloc de résine.
Dimensions *Longueur* × *Largeur* (cm) : 7 × 4

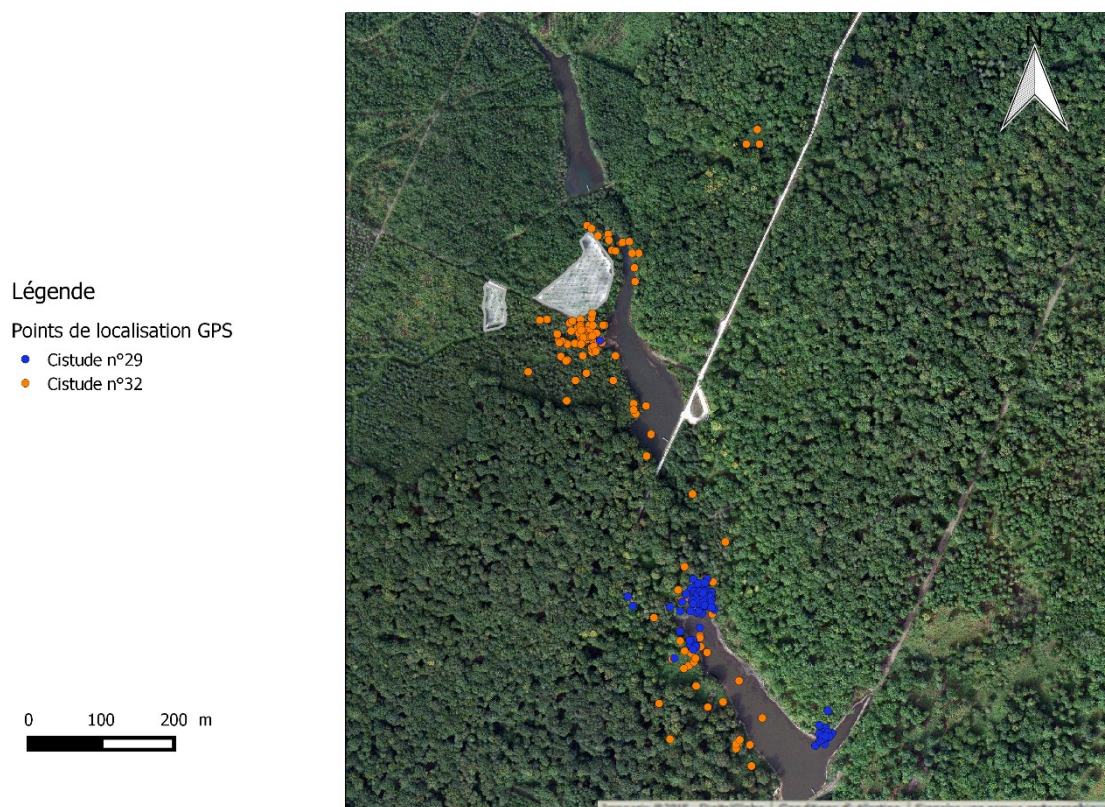
Annexe 3 : Caractérisation des habitats situés dans un tampon de 1 km autour du site de La Rolle, utilisé pour le suivi de *L. caudalis*.



Annexe 4 : Cartographie présentant les points de géolocalisation des cistudes obtenus sur les étangs de la Houssaye, durant la période avril-juin 2015



Annexe 5 : Cartographie présentant les points de géolocalisation des cistudes obtenus sur les étangs du Bois de Vinceuil, durant la période avril-juin 2015



Résumé

De nos jours, les besoins de mobilité des espèces sont contraints par des habitats de plus en plus déconnectés les uns des autres. En 2007, une politique de conservation a été mise en œuvre afin de répondre à ce constat responsable de l'érosion de la biodiversité : la Trame verte et bleue. Dans ce contexte, cette étude s'intéresse à deux espèces, *Emys orbicularis* et *Leucorrhinia caudalis*, afin d'analyser l'influence de la structure du paysage sur leurs déplacements et l'occupation du territoire. Deux nouvelles méthodes de suivis ont été initiées : l'utilisation de GPS Data Loggers pour suivre la phase d'activité chez *E. orbicularis* et la technologie RECCO® pour le suivi télémétrique des individus immatures de *L. caudalis*. Les résultats ont mis en évidence une influence du paysage sur les déplacements de ces deux espèces. Chez *E. orbicularis*, la taille des domaines vitaux n'a pas différé entre les mâles et les femelles. Pendant sa phase d'activité, *E. orbicularis* a effectué des petits déplacements au sein d'une mosaïque d'habitats favorables à ses activités biologiques et à sa dispersion, tels que les berges de type saulaie inondée et touradons de carex, les boisements marécageux et les zones ouvertes agricoles utilisées comme sites de ponte. Le travail présenté ici a également offert une estimation de la capacité de dispersion de *L. caudalis* ainsi qu'un descriptif des habitats utilisés durant la maturation. Les individus immatures de *L. caudalis* se sont éloignés de leur site d'émergence au moins durant les cinq premiers jours suivant la date d'émergence ; et auraient stationné préférentiellement dans la canopée forestière.

Mots-clés : Cistude d'Europe, Leucorrhine à large queue, Schéma régional de cohérence écologique, réservoirs de biodiversité, corridors écologiques, structure paysagère.

Abstract

Today, species mobility needs are constrained by increasingly disconnected habitat. In 2007, a conservation policy has been launched in order to slow down habitat fragmentation responsible for the erosion of biodiversity: la Trame Verte et Bleue. In this context, this study focuses on two species, *Emys orbicularis* and *Leucorrhinia caudalis* to analyze the influence of landscape structure on their dispersion and site occupancy. Two new methods were initiated: the use of GPS Data Loggers to monitor activity in *E. orbicularis* and RECCO® technology for telemetry monitoring of immature individuals of *L. caudalis*. The results demonstrated an influence of the landscape on movement and dispersal events. In *E. orbicularis*, size of home ranges did not differ between males and females. During its phase of activity, *E. orbicularis* made short trips within a favorable habitats mosaic for its biological activities and its dispersion, such as the type of banks flooded willows and sedge tussocks, swampy woodlands and agricultural open areas used as nesting sites. The work presented here has also provided an estimate of dispersion capacity of *L. caudalis* and a description of the habitats used during maturation. Immature individuals of *L. caudalis* dispersed from their emergence site at least during the first five days of the date of emergence; and would preferentially stay in the forest canopy.

Keywords: European pond turtle, wide tail Leucorrhine, Regional Scheme of Ecological Coherence, Biodiversity reservoirs, Ecological corridors, Landscape structure.