

## Amélioration des connaissances de l'Agriion à lunules sur le territoire du Parc Naturel Régional des Volcans d'Auvergne

Année 3 : Capacité de déplacement & Stratégie de préservation



Janvier 2016

# Amélioration des connaissances de l'Agrion à lunules sur le territoire du Parc Naturel Régional des Volcans d'Auvergne

## Année 3 : Capacité de déplacement & Stratégie de préservation

### Maître d'ouvrage

---

Syndicat Mixte du Parc naturel régional des Volcans d'Auvergne

### Contributions

---

**Inventaires terrain 2015** : Gautier BERT, Marine KREDER & Cédric SEGUIN

**Aide au terrain** : Luc BELENGUIER, Audrey CADOU, Manon DEVAUD, Audrey JOHANY, Vincent LOMBARD, Elodie MARDINE, Clio MELEMEDJIAN, Marie NOCUS, Lionel PONT, Mathilde POUSSIN, Aurélie SOISSONS, Stéphane GUERIF, Alan SCHNEIDER, Benjamin RACINEUX, Dorian ANGOT & Charles MARTIN

**Analyses** : Audrey CADOU, Marine KREDER & Cédric SEGUIN

**Rédaction** : Marine KREDER et Cédric SEGUIN

**Cartographie** : Marine KREDER, Olivier ROQUETANIERE & Cédric SEGUIN

**Relecture** : Thierry LEROY, Luc BELENGUIER, Nicolas LOLIVE & Lionel PONT

### Crédits photographiques

---

Luc BELENGUIER, Audrey CADOU, Lionel PONT, Cédric SEGUIN, Aurélie SOISSONS

**Couverture** : Photos de gauche : Marquage sur le terrain © L. Pont et à droite Individu mâle de *C. lunulatum* © C. Seguin

### Remerciements

---

Audrey CADOU, Olivier ROQUETANIERE, Luc BELENGUIER, Aurélie SOISSONS, Thierry LEROY, les propriétaires de terrains, Olivier LEVOUX et toutes les personnes, qui nous ont apporté leur aide sur le terrain

### Financements

---

Agence de l'Eau Loire-Bretagne, Agence de l'Eau Adour-Garonne, Conseil régional d'Auvergne

### Référence à utiliser

---

Seguin C. & Kreder M. **2016**. *Amélioration des connaissances de l'Agrion à lunules sur le territoire du Parc Naturel Régional des Volcans d'Auvergne - Année 3 : Capacité de déplacement & Stratégie de préservation*. SMPNRVA, 45 p. + 8p annexes.

## PREAMBULE

L'Agrion à lunules (*Coenagrion lunulatum*) est une espèce rare et menacée. Les résultats présentés dans ce rapport sont des données remarquables et sensibles qu'il convient de diffuser avec précaution.

Dans un souci de discrétion et à la demande de certains propriétaires privés qui ont bien voulu nous laisser accéder à leurs parcelles, les sites sur lesquels s'est déroulée l'étude CMR ne sont pas nommés et localisés explicitement.

L'étude réalisée en 2015 est la suite d'un programme d'étude sur l'amélioration des connaissances sur *Coenagrion lunulatum* sur le territoire du Parc des Volcans d'Auvergne mené depuis 2013. Un précédent rapport est disponible (Kreder *et al.* 2015). Il précise des informations concernant l'espèce : son écologie, sa biologie et sa répartition. Certains éléments sont considérés comme toujours d'actualité et n'ont pas été remis dans ce rapport. Seules les nouvelles connaissances sur l'espèce sont présentées dans ce rapport.

# TABLE DES MATIERES

I.	INTRODUCTION .....	1
II.	DYNAMIQUE DE POPULATION APPLIQUEE AUX ODONATES.....	3
1.	Déplacements et dispersion : définitions .....	3
2.	Etude des populations appliquée aux Odonates .....	4
3.	Méthode de Capture-Marquage-Recapture appliquée aux Odonates .....	5
4.	Analyse de la capacité de dispersion .....	7
III.	MATERIEL & METHODE.....	8
1.	Etude par Capture - Marquage - Recapture.....	8
2.	Inventaires des stations d'Agrion à lunules .....	12
3.	Modélisation spatiale de la répartition potentielle de <i>C. lunulatum</i> .....	12
IV.	RESULTATS & ANALYSES .....	17
1.	Commentaires généraux .....	17
2.	Capture Marquage Recapture .....	19
3.	Répartition de <i>Coenagrion lunulatum</i> sur le territoire du Parc des Volcans d'Auvergne .....	30
V.	DISCUSION & PERSPECTIVES .....	36
1.	Des capacités de déplacement sous-évaluées .....	36
2.	Paysage et Agrion à lunules .....	37
3.	Une technique performante mais avec des limites.....	38
4.	Répartition de l'Agrion à Lunules sur le territoire du Parc des Volcans d'Auvergne .....	39
5.	Études complémentaires .....	41
VI.	STRATEGIE DE PRESEVATION.....	42
VII.	CONCLUSION .....	46

## TABLE DES FIGURES

Figure 1. Photographies de quelques sites suivis © M. Kreder .....	9
Figure 2. Individu mâle n° 1093 capturé en zone périphérique © C. Seguin .....	10
Figure 3. Marquage des individus capturés et prise de note © L. Pont .....	10
Figure 4. Diagramme des paramètres estimés dans le modèle de Burnham entre les temps $i$ et $i+1$ pour les individus relâchés au temps $i$ . $S$ =Probabilité de survie, $F$ = Fidélité au site, $r$ =Probabilité d'être recapturé mort, $p$ = Probabilité d'être recapturé vivant .....	11
Figure 5. Paysage typique du Cézallier, où on retrouve des stations à Agrion à lunules ©P. Tournebise.....	13
Figure 6 Représentation schématique de la modélisation spatiale des 3 scénarios de dispersion de <i>C. lunulatum</i> sur le territoire du PNRVA. ....	15
Figure 7. Paysage très ouvert, peu urbanisé du Cézallier – La Godivelle –63 ©P. Tournebise .....	16
Figure 8. Conditions météorologiques à Besse et Saint-Anastaise en 2015 (Température moyenne et précipitations cumulées) par décade (Source : Météo France) .....	17
Figure 9. Ensoleillement cumulé sur la période mars-juillet 2015 sur la commune de Besse et Saint-Anastaise par décade (Source : Météo France) .....	17
Figure 10. Phénologie de la période de vol. Le nombre d'individu capturé est dépendant de la date des sessions de capture de la CMR.....	18
Figure 11. Observateur longeant la berge d'un étang à la recherche d'individu © A. Cadou .....	18
Figure 12. Effort de prospection de terrain durant l'étude CMR.....	19
Figure 13. Evolution du nombre total de captures et du taux de recapture au cours du temps entre chaque session .....	22
Figure 14. Individu mâle n° 2406 © C. Seguin.....	24
Figure 15. Représentation graphique de la déviance résiduelle du modèle .....	25
Figure 16. Evolution de la survie et de la probabilité de recapture pour les deux sexes (♂ et ♀) selon le modèle n°1 .....	26
Figure 17. Evolution de la probabilité de survie de <i>C. lunulatum</i> en fonction de la densité d'individus sur le site .	27
Figure 18. Accouplement de deux individus marqués de <i>C. lunulatum</i> @ M. Kreder .....	28
Figure 19. Distribution des âges des individus entre la première et la dernière recapture, exprimée en nombre de jours.....	28
Figure 20. Comparaison du 8 ème segment abdominal de deux femelles <i>C. lunulatum</i> . L'anneau clair est parfois bien visible (individu de gauche), parfois absent (individu de droite). © C. Seguin .....	29
Figure 21. Variabilité de la proportion de parasites sur les individus de <i>C. lunulatum</i> © C. Seguin.....	29
Figure 22. Mare d'estive prospectée sur la commune de la Godivelle © L. Pont .....	30
Figure 23. Femelle d'Agrion à lunules ©C. Seguin .....	36
Figure 24.Mare d'estive du Cézallier accueillant une population importante d'Agrion à lunules ©M. Kreder.....	41
Figure 25. Clé de décision permettant de hiérarchiser les sites de présence de l'Agrion à lunules .....	43
Figure 26. Hiérarchisation des statuts de classification et nombre de sites correspondants .....	43
Figure 27. Enjeux des stations de présence de <i>C. lunulatum</i> sur le PNRVA.....	45

## TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1. Sites suivis durant la CMR, classés par zones, et caractérisés par leur altitude, leur superficie et leur type de milieu respectif.....	9
Tableau 2. Bases de données SIG utilisées pour la modélisation spatiale de l'Agrion à lunules sur le PNRVA, caractérisées par leur nom, le type de données, leur provenance et l'information apportée .....	14
Tableau 3. Valeurs de rugosités attribuées aux variables environnementales .....	15
Tableau 4. Nombre et proportion de captures et de recaptures réalisées par site et par sexe sur l'ensemble des 9 sessions. Les sites les plus importants ont été signalés en rouge .....	20
Tableau 5. Sélection des 20 meilleurs modèles pour la Survie (S), la recapture (p), la recapture d'un individu mort (r) et la fidélité au site (F).....	24
Tableau 6. Résultat des tests de rapport de vraisemblance (LRT) entre les 4 meilleurs modèles statistiques.....	25
Tableau 7. Sélection des 5 meilleurs modèles pour la Survie (S), la recapture (p), la recapture d'un individu mort (r) et la fidélité au site (F) en fonction de la densité du site de capture .....	27

## TABLE DES CARTES

Carte 1. Localisation des sites d'étude .....	8
Carte 2. Localisation par site des captures de <i>C. lunulatum</i> réalisées durant la CMR .....	20
Carte 3. Localisation par site des recaptures de <i>C. lunulatum</i> réalisées durant la CMR .....	21
Carte 4. Distances de déplacements inter-sites observées au cours de l'étude CMR, exprimées en mètres. ....	22
Carte 5. Localisation des captures effectuées sur le site J durant la session 4 .....	23
Carte 6. Résultat des inventaires de <i>C. lunulatum</i> menés durant l'année 2015 .....	31
Carte 7. Répartition de <i>C. lunulatum</i> à partir des résultats des inventaires menés au cours de la période 2013-2015 .....	33
Carte 8. Modélisation de la dispersion potentielle de <i>C. lunulatum</i> sur le PNRVA selon 3 scénarios : optimiste, pessimiste et median .....	34

# I. INTRODUCTION

---

La superficie en zones humides dans le monde a diminué de plus de 50% au cours du siècle dernier et de nombreux milieux sont aujourd'hui très dégradés ou ont totalement disparu à cause de l'activité humaine (Mitsch 2007). Afin de conserver les nombreux services écosystémiques qu'elles apportent tels que le contrôle des crues ou la purification de l'eau (Costanza *et al.* 1997), il convient d'assurer leur fonctionnalité en maintenant notamment les continuités écologiques (circulation des espèces) entre les milieux aquatiques.

*Coenagrion lunulatum* (Charpentier 1840) est une espèce prioritaire ciblée par le Plan National d'Action sur les Odonates (Dupont 2010), dont l'une des priorités est le maintien des continuités écologiques pour les odonates. L'Agrion à lunules est une espèce déterminante ZNIEFF en Auvergne (Gilard & Villepoux 2004). Cette espèce inféodée, en Auvergne, aux mares et étangs de moyenne montagne (Kreder *et al.* 2015) est rare et menacée en France. Ses effectifs très faibles et peu stables dans le temps en font une espèce très sensible aux perturbations et à l'évolution de son habitat (Leroy 2006; Kreder *et al.* 2015). L'espèce reste encore très fortement méconnue en Europe et sur l'ensemble de son aire de répartition puisqu'il existe à ce jour très peu d'informations sur sa biologie et son écologie.

La grande majorité de la population française est située sur le territoire du Parc Naturel Régional des Volcans d'Auvergne, qui porte donc une grande responsabilité dans sa préservation. De plus dans le cadre de sa charte, le Syndicat mixte du Parc Naturel Régional des Volcans d'Auvergne (SMPNRVA) s'est engagé à développer une politique active en faveur des espèces à enjeux de son territoire (SMPNRVA 2012).

Ainsi, depuis 2013, le SMPNRVA mènent des actions afin d'améliorer les connaissances sur cette espèce patrimoniale, à très fort enjeu, et de garantir sa pérennité sur son territoire : un inventaire des stations et une caractérisation des habitats fréquentés par l'espèce ont ainsi été réalisés.

En 2015, l'action s'est concentrée sur la poursuite de l'amélioration des connaissances sur l'Agrion à lunules en étudiant sa dynamique de population, en particulier ses capacités de déplacement. Cette étude a été réalisée via la mise en place d'une méthode de Capture Marquage Recapture (CMR) sur un réseau de plusieurs stations, plus ou moins éloignées les unes des autres, dans un secteur favorable à l'espèce.

L'objectif de ce programme d'étude est d'établir une stratégie de préservation de l'Agrion à lunules sur le territoire du Parc des Volcans d'Auvergne basée sur des éléments concrets et récents afin de rentrer dès 2016 dans une phase opérationnelle de conservation de cette espèce.

## OBJECTIFS DE L'ÉTUDE 2015

---

- (i) Evaluer les capacités de déplacement de *Coenagrion lunulatum*
- (ii) Tester les connectivités potentielles entre site à l'échelle du territoire
- (iii) Compléter l'inventaire des sites
- (iv) Elaborer une stratégie de préservation de *C. lunulatum* sur le territoire concerné.

## II. DYNAMIQUE DE POPULATION APPLIQUEE AUX ODONATES

---

Etat de l'art des méthodes, outils de suivis  
et principaux résultats

### 1. Déplacements et dispersion : définitions

La capacité de se disperser d'un lieu à un autre est indispensable pour la plupart des espèces pour persister dans leur environnement naturel. De nombreux facteurs comme la compétition inter- et intra-spécifique, le manque de partenaire ou encore la qualité de l'habitat influencent les coûts et les avantages de la dispersion (Clobert *et al.* 2009). Le choix d'un nouveau lieu de vie pour un individu n'est jamais totalement dû au hasard, puisqu'il doit répondre aux exigences écologiques de l'espèce pour assurer la survie et la pérennité de cet individu (Clobert *et al.* 2001).

La dispersion peut être divisée en trois phases distinctes : le départ, l'exploration et l'installation (Clobert *et al.* 2009). Cette dispersion est souvent risquée pour un individu, pourtant la survie à long terme d'une population nécessite souvent d'avoir un nombre suffisant d'individus qui se déplacent et qui localisent un habitat de reproduction favorable, notamment lorsque la qualité de l'habitat est variable (Kokko & Lopez-Sepulcre 2006). C'est d'autant plus vrai pour des espèces aux exigences écologiques particulières, notamment post-pionnières comme l'Agrion à lunules, qui apprécient les milieux en transition. Ces milieux, sauf perturbation chronique, ne sont potentiellement pas pérennes dans le temps (Leroy 2006 ; Kreder *et al.* 2015).

Des études sur de nombreuses espèces montrent que le succès de reproduction des congénères est utilisé comme un indice de la qualité de l'habitat tant dans la décision de partir que dans celle de s'installer (Switzer 1997).

Dans une population, deux statuts de dispersion peuvent être distingués : les individus philopatrics, ou locaux, qui sont ceux restés dans leur habitat d'origine et les individus dispersants ou émigrants de leur habitat d'origine (Clobert *et al.* 2009). Des études sur des Odonates (*Coenagrion mercuriale*) ont démontré que la grande majorité des individus restent à proximité du site d'émergence (Purse *et al.* 2003) et que seulement quelques individus, les dispersants, se déplacent sur plusieurs kilomètres (Rouquette & Thompson 2007; Hunger & Röske 2001).

Sont distingués dans cette étude les **déplacements locaux** ou quotidiens, qui sont ici considérés comme des déplacements de petite envergure, à proximité directe d'un même site de reproduction, et les **déplacements de dispersion**, qui sont des mouvements importants, de plusieurs kilomètres parfois, entre deux sites (ou plus) de reproduction distincts.

## 2. Etude des populations appliquée aux Odonates

Une population est définie comme un « ensemble d'individus d'une même espèce vivant dans un même lieu, [...] délimité par la constance relative de ses facteurs abiotiques ou la prévisibilité de leurs fluctuations » (Arnaud & Emig 1986). Plusieurs paramètres permettent d'étudier la dynamique d'une population, comme le sex-ratio, la structure d'âge, la répartition du poids, *etc* et permettent de comprendre les flux d'individus et leurs variations. Pour cela, seul un suivi d'individus au cours du temps permet d'estimer avec précision les flux populationnels et leurs variations (Barbault & Lebreton n.d.).

Deux méthodes permettent d'estimer une taille de population lorsque la probabilité de détection est inférieure à 100%, la méthode de « Distance-Sampling » (Buckland 1993) et la méthode de « Capture-Marquage-Recapture » (CMR). Cependant, la méthode de « Distance-Sampling » ne convient pas pour les espèces mobiles que sont les odonates. En effet, le déplacement des individus peut entraîner un biais important pour cette méthode basée sur l'hypothèse que la probabilité de détection est fonction de la distance avec l'observateur (Buckland *et al.* 2010).

Concernant l'étude des capacités de dispersion des populations, les méthodes de télémétrie et de CMR sont particulièrement adaptées pour fournir ce type d'information.

Même si les nouvelles technologies ont permis de développer des émetteurs de petite taille adaptées aux insectes (Rink & Sinsch 2007 ; Sumner *et al.* 2007), le coût de la télémétrie reste important et sa mise en œuvre délicate. De plus elle ne permet pas d'estimer des effectifs d'une population, puisque la méthode se base sur le suivi de quelques individus seulement.

La méthode de Capture-Marquage-Recapture (CMR) permet de récolter de manière conjointe des informations sur les déplacements des individus ainsi que sur l'écologie de l'espèce et la dynamique des populations, à un coût modéré.

La génétique des populations permet quant à elle de voir si des échanges d'individus entre populations existent, ou ont existé par le passé et donc la connectivité et le lien entre les populations. Elle se base sur la comparaison de marqueurs génétiques entre plusieurs individus et permet d'évaluer la diversité génétique de la population et donc son état de santé et d'estimer le nombre d'individus reproducteurs dans une population. Actuellement les marqueurs génétiques ne sont pas disponibles pour *C. lunulatum*, la méthode ne peut donc pas être appliquée dans cette étude.

La méthode de la CMR s'est avérée être une bonne alternative pour répondre aux objectifs de cette étude.

### 3. Méthode de Capture-Marquage-Recapture appliquée aux Odonates

#### a. Principe de la méthode

La méthode de Capture-Marquage-Recapture est une méthode assez lourde à mettre en place mais elle présente l'avantage de fournir des informations précises sur les paramètres démographiques d'une ou de plusieurs populations (Besnard & Salles 2010).

Elle consiste à capturer et marquer une fraction de la population puis de répéter l'opération, à plusieurs reprises, afin de recapturer des individus déjà marqués lors des sessions précédentes. La durée entre les sessions de capture et de recapture dépend de l'espèce étudiée. En effet, elle doit être suffisamment longue pour que les individus marqués se mélangent à la population mais suffisamment brève pour les espèces de courte durée de vie (Ouin *et al.* 2000). Enfin, seuls les individus matures doivent être marqués, le marquage des individus fraîchement émergés pouvant altérer leur capacité de déplacement (Rouquette & Thompson 2007).

Théoriquement, cette méthode respecte plusieurs conditions :

- > La population étudiée doit être close (pas d'émigration, d'immigration, de natalité, de mortalité)
- > Chaque individu marqué doit posséder la même probabilité de survie ( $\Phi$ )
- > Chaque individu doit avoir la même probabilité de capture ( $p$ )
- > Les marques ne doivent pas se dégrader ni être perdues

Les odonates sont un modèle d'étude particulier du fait de leur courte période de vol/vie aérienne et de leurs déplacements réguliers. C'est pourquoi les modélisations statistiques ont été effectuées sur des modèles **en population ouverte**. La natalité et la mortalité ne sont pas nulles et les individus capturés peuvent émigrer ou immigrer de la zone d'étude pendant la durée de la CMR.

Certaines conditions théoriques ne sont donc pas suivies, les hypothèses respectées ici sont les suivantes :

- > La probabilité de capture doit être identique pour chaque individu lors d'une session.
- > La présence d'une marque ne doit pas perturber le comportement de l'animal et ne doivent pas altérer la survie des individus
- > Les sessions de captures doivent être suffisamment espacées dans le temps pour que les individus marqués aient le temps de se mélanger à la population mais suffisamment rapprochées pour avoir la possibilité de recapturer à plusieurs reprises des individus d'espèces éphémères comme les odonates (Ouin *et al.* 2000)
- > Les marques doivent être permanentes et lues sans erreur
- > La zone d'étude doit être constante

## b. Types de marqueurs utilisés sur les insectes et application aux Odonates

Les marqueurs utilisés doivent être adaptés à la taille de l'insecte, permanents, non toxiques, facilement applicables et identifiables, d'un faible coût de mise en œuvre. De plus le marquage ne doit ni blesser ni affecter le comportement de l'individu marqué (Hagler & Jackson 2001).

Plusieurs marqueurs existent :

- > Des étiquettes peuvent être utilisées pour identifier les insectes mais sont souvent trop larges et trop lourdes pour ces organismes. Cette technique est souvent utilisée pour les études à long terme où lorsque les méthodes par peinture ne peuvent être retenues. De plus, elle a l'inconvénient de facilement perturber le comportement de l'insecte (Gangwere *et al.* 1964 ; Southwood 1978).
- > La mutilation est très rarement utilisée chez les insectes et, le cas échéant, généralement réservée aux grands insectes volants (odonates, lépidoptères, orthoptères) (Hagler & Jackson 2001).
- > Le marquage par peinture ou par encre est l'une des méthodes les plus anciennes pour marquer les grands insectes, et la plus utilisée encore aujourd'hui. Les individus peuvent être marqués par des stylos à encre, des feutres ou encore des pinceaux fins (Southwood 1978). Plusieurs études ont déjà démontré que ces marqueurs sont faciles à appliquer et pérennes (Hagler & Jackson 2001). Pour les odonates, de nombreux auteurs utilisent des codes alphanumériques uniques, sur l'aile antérieure gauche à l'aide de feutres indélébiles colorés. Cette technique a déjà été employée à plusieurs reprises et est inoffensive pour les individus marqués (Rouquette & Thompson 2007; Watts *et al.* 2004).

D'autres méthodes de marquage existent telles que la poudre fluorescente (Service MW. 1993), la coloration de l'intérieur de l'insecte, des marqueurs de pollen, marqueurs génétiques, et marquages radioactifs (Hagler & Jackson 2001), mais ces méthodes sont inadaptées aux odonates et/ou très chères.

#### 4. Analyse de la capacité de dispersion

Très peu d'informations sur la dynamique des populations existent pour *Coenagrion lunulatum*. En revanche, de nombreux rapports mentionnent des études sur d'autres zygoptères.

La distance de dispersion dépend de plusieurs facteurs qu'il est important de prendre en compte. L'un des plus importants sont les conditions climatiques météorologie qui vont conditionner l'activité des Odonates et donc leurs déplacements. De même, il est aisé de comprendre que la distance parcourue par les individus dépend du temps entre les sessions de recapture (Rouquette & Thompson 2007) et que la structure paysagère est importante pour les petites espèces (Keller *et al.* 2012).

L'Agrion de Mercure appartient au même genre que *Coenagrion lunulatum*. Même si l'écologie des deux espèces est différente, les expériences déjà réalisées sur *Coenagrion mercuriale* peuvent servir d'éléments de comparaison pour notre sujet d'étude. Les précédents travaux montre que l'Agrion de Mercure possède une faible capacité de dispersion par rapport aux autres odonates puisque la majorité des individus recapturés le sont sur de courtes distances : 65,5% des individus restent dans un rayon de 50m ( Purse *et al.* 2003, Rouquette & Thompson 2007).

Cette capacité à rester à proximité du site d'émergence est très variable chez les Odonates (Beirinckx *et al.* 2006) et dépend de plusieurs paramètres :

- > Le phénotype : Purse et Thompson (2003) ont par exemple montrés que la taille du corps varie au cours de la période d'émergence. Si l'évolution du phénotype influence la capacité à voler, la distance de déplacement en sera modifiée (Rouquette & Thompson 2007).
- > Le sexe : Des études portant sur différentes espèces de zygoptères montre que les mâles ont tendance à rester à proximité des sites d'émergence, parfois en agglomérats (Rouquette & Thompson 2007) tandis que les femelles ont une probabilité de dispersion plus importante (Beirinckx *et al.* 2006).
- > L'âge : Hassall & Thompson (2012) indiquent une relation d'âge-dépendance qui pourrait favoriser une dispersion plus importante en fin de saison, lorsque les individus sont les plus âgés.
- > La densité de la population : selon plusieurs études, la distance de dispersion serait négativement corrélée avec la densité de population (Chaput-Bardy *et al.* 2010 ; Rouquette & Thompson 2007).
- > La présence de parasites, *etc*

La majorité des imagos restent donc à proximité du lieu d'émergence. Toutefois, quelques individus assurent la dispersion en se déplaçant de plusieurs kilomètres de l'observation initiale (Hunger & Röske 2001). Le dénombrement de ces individus est alors biaisé par une probabilité d'observation plus faible en raison d'une surface à prospecter plus importante.

### III. MATERIEL & METHODE

Dans ce rapport, une station ou un site est une unité écologique dont les conditions peuvent être considérées comme homogènes, par exemple un étang ou une mare.

#### 1. Etude par Capture - Marquage - Recapture

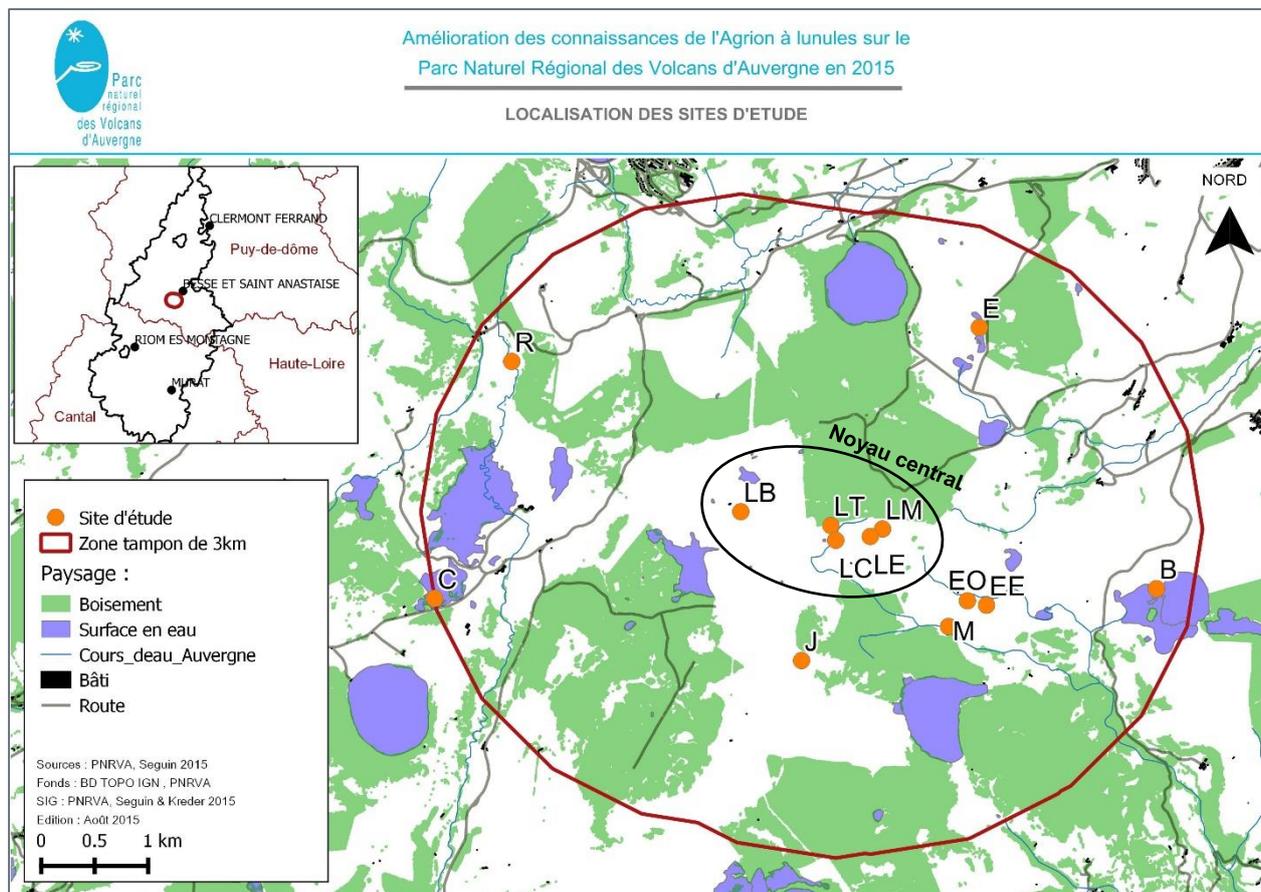
##### a. Localisation et choix des sites d'étude

La zone d'étude est située dans la partie puydômoise du Parc des Volcans d'Auvergne, dans les régions naturelles des Monts Dore et du Cézallier où l'espèce étudiée est bien présente.

Le choix de cette zone d'étude s'est basé sur plusieurs critères :

- i. un réseau de zones humides proches, potentiellement connectées,
- ii. représentatif du contexte ouvert et pâturé du Cézallier / Monts Dore,
- iii. et où les propriétaires des parcelles ont donné leur accord pour accéder aux sites.

Un ensemble de 13 sites ont ainsi été sélectionnés pour servir de support à cette étude qui répondait aux différents critères de sélection. Ce réseau de zones humides a été volontairement partagé en deux zones distinctes : un noyau central avec des stations proches (moins de 1km) et potentiellement connectées les unes aux autres ; et des sites périphériques, situés à une distance comprise entre 1 et 3km des stations de la zone centrale (Carte 1, ci-dessous).



Carte 1. Localisation des sites d'étude

L'hypothèse de départ, déterminante dans le choix de ce secteur, est que les sites du noyau central sont liés les uns aux autres et présentent des échanges réguliers d'individus. A l'inverse les sites extérieurs, plus éloignés, ne sont pas connectés à ce réseau central si l'on se base sur les capacités de déplacements des *Coenagrionidae* (300 – 800m), issues de la bibliographie.

Nom	Altitude	Surface	Type de milieu
Site LB	1265 m	6 689 m <sup>2</sup>	Mare/ Etang
Site LT	1255 m	1 102 m <sup>2</sup>	Mare tourbeuse
Site LC	1255 m	4 856 m <sup>2</sup>	Cariçaie
Site LM	1244 m	793 m <sup>2</sup>	Mare/ Etang
Site LE	1253 m	1 579 m <sup>2</sup>	Mare/ Etang
Site R	1202 m	4 568 m <sup>2</sup>	Mare/ Etang
Site C	1185 m	14 050 m <sup>2</sup>	Tourbière
Site J	1277 m	2 233 m <sup>2</sup>	Mare/ Etang
Site EO	1220 m	7 966 m <sup>2</sup>	Mare/ Etang
Site EE	1203 m	6 045 m <sup>2</sup>	Mare/ Etang
Site M	1182 m	7 130 m <sup>2</sup>	Mare/ Etang
Site B	1167 m	399 830 m <sup>2</sup>	Lac
Site E	1243 m	21 690 m <sup>2</sup>	Lac

Tableau 1. Sites suivis durant la CMR, classés par zones, et caractérisés par leur altitude, leur superficie et leur type de milieu respectif

Enfin travailler sur un réseau de mares permet de différencier les déplacements journaliers, réguliers, à proximité d'un site d'émergence, et les déplacements de dispersion entre les sites de reproduction.



Figure 1. Photographies de quelques sites suivis © M. Kreder

## b. Suivi des déplacements par Capture-Marquage-Recapture

Il a été choisi d'étaler les sessions sur 2 à 3 jours selon la densité d'individus observés et d'espacer chacune des sessions de 2 à 3 jours en fonction de la météo. Une veille sur l'émergence de l'espèce a permis de réaliser l'échantillonnage sur la totalité de la période de vol de *C. lunulatum*.

Les prospections ont consisté à capturer l'ensemble des individus observés à l'aide d'un filet à insectes puis les identifier par un identifiant numérique unique sur l'aile antérieure gauche à l'aide d'un feutre indélébile de couleur bleue ou noire.



Figure 2. Individu mâle n° 1093 capturé en zone périphérique © C. Seguin

A noter qu'une observation au début de l'étude de terrain a montré que la couleur rouge et verte s'efface rapidement : Il reste après quelques jours une marque de couleur sur l'aile mais le numéro apposé est devenu presque illisible. Au contraire, les marques noires et bleues restent lisibles après plus d'un mois.

Le marquage des individus immatures peut altérer leur capacité de déplacement (Rouquette & Thompson 2007), c'est pourquoi seuls les matures ont été marqués. Les individus en accouplement ont été marqués à l'intérieur du filet en évitant dans la mesure du possible la séparation des deux sexes.



Figure 3. Marquage des individus capturés et prise de note © L. Pont

Pour chaque capture, les informations journalières (date, nom des observateurs, météo, horaires de prospection) et les informations propres à chaque individu ont été répertoriées :

- > numéro unique de marquage
- > heure et jour de capture
- > site
- > densité de parasite (+ / ++ / +++)
- > Observations autres (nombre d'ailes abimées, manquantes, etc).

### c. Analyses statistiques des données de CMR

La méthode de Burnham (Burnham 1993) « Joint Live and Dead Encounters » a été utilisée, en raison d'un nombre important d'individus marqués retrouvés morts dans des toiles d'araignées,. Elle permet de dissocier la mortalité « réelle » de la mortalité « apparente » (Fig 7). Par conséquent, l'estimation de la probabilité de survie apparente,  $\phi$ , est le produit de deux événements différents : la probabilité de survie réelle ( $S_i$ ) entre ( $i$ ) et ( $i+1$ ) et la probabilité de rester dans la zone d'échantillonnage ( $F_i$ , pour Fidélité) entre ( $i$ ) et ( $i+1$ ). Soit :  $\phi_i = S_i F_i$

De la même manière, on distingue la probabilité de capture,  $p_i$ , de la probabilité de retrouver un individu mort déjà marqué  $r_i$ .

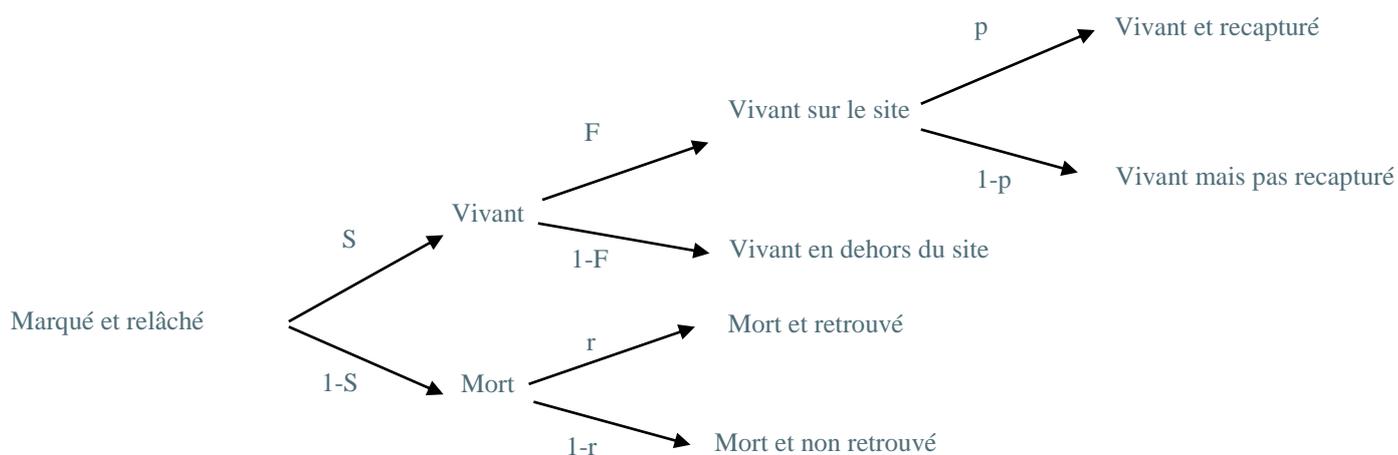


Figure 4. Diagramme des paramètres estimés dans le modèle de Burnham entre les temps  $i$  et  $i+1$  pour les individus relâchés au temps  $i$ .  $S$ =Probabilité de survie,  $F$ = Fidélité au site,  $r$ =Probabilité d'être recapturé mort,  $p$ = Probabilité d'être recapturé vivant

Afin d'estimer ces différents paramètres ( $S_i$ ,  $p_i$ ,  $F_i$  et  $r_i$ ), plusieurs modèles ont été réalisés en tenant compte de la variation du temps ( $t$ ) entre les occasions/sessions de capture et du sexe ( $s$ ) des individus. L'absence de variation en fonction du temps et/ou du sexe est notée (.). Le modèle le plus simple est donc  $S(.)p(.)F(.)r(.)$  et le modèle le plus complet est  $S(s*t)p(s*t)F(s*t)r(s*t)$ ,  $s*t$  représentant l'effet du sexe, du temps et l'interaction entre ces deux paramètres.

Le logiciel Mark prend en compte l'intervalle entre les captures successives pour estimer les différents paramètres. Le modèle « Joint Live and Dead Encounters » de Burnham a la particularité de prendre en compte autant d'intervalles que de captures. Il estime en effet que tous les individus sont morts à la fin du dernier intervalle et c'est pourquoi 9 valeurs d'intervalles de temps ont été renseignées pour 9 sessions réalisées. Il a été estimé arbitrairement que 7 jours après la dernière capture, les derniers individus étaient morts.

La sélection des meilleurs modèles s'est faite en appliquant le principe de parcimonie, c'est à dire le bon ajustement des données avec un minimum de paramètres, avec l'Akaike's Information Criterion corrigé (AICc) (Akaike 1998 ; Burnham & Anderson 2002) via le logiciel Mark (White & Burnham 1999). Des tests de vraisemblance des modèles (Likelihood Ratio Test, LRT) ont ensuite été réalisés pour les modèles ayant un AICc inférieur à 2 dans le but de choisir le modèle le plus significatif.

Une covariable, liée à la taille de la population dont dépend l'individu qui a été capturé, a été ajoutée au meilleur modèle obtenu afin de voir si la densité avait un effet sur la survie des individus. Cette densité correspond au nombre total d'individus capturés sur chaque site.

Cette méthode a toutefois l'inconvénient de ne pas pouvoir estimer la taille des populations puisque le modèle utilisé ne le permet pas. L'utilisation d'un autre modèle, de type POPAN par exemple, serait quant à lui erroné en raison du faible taux de recapture.

Enfin, la méthode CMR a l'avantage de permettre la récolte d'informations précises sur l'écologie de l'espèce comme la phénologie, la survie ou la probabilité de recapture des individus.

## 2. Inventaires des stations d'Agrion à lunules

La recherche de nouvelles stations d'Agrion à lunules sur le territoire du Parc des Volcans d'Auvergne s'est basée sur le protocole mis en place en 2014 (Kreder *et al.* 2015). A savoir une sélection de sites potentiellement favorables par photo-interprétation puis une prospection sur le terrain dans des conditions météorologiques favorables.

En 2015 les prospections ont principalement été réalisées en Artense et au nord des Monts Dore.

## 3. Modélisation spatiale de la répartition potentielle de *C. lunulatum*

L'objectif de cette analyse est de représenter graphiquement la dispersion potentielle de *Coenagrion lunulatum* sur le territoire du Parc des Volcans d'Auvergne. La carte ainsi produite devrait ensuite servir d'élément de base pour orienter les actions de préservation (gestion active, maîtrise foncière). A partir des données de recapture, la modélisation spatiale a été réalisée avec les logiciels QGIS 2.8.1 et ArcGIS 9.3.

Cette analyse prend en compte les stations où l'espèce est présente mais également les habitats considérés comme potentiellement favorables et défavorables aux déplacements des individus. Il existe très peu d'informations sur les déplacements de l'espèce en fonction de l'occupation du sol. Mais d'après l'étude menée en 2014, la présence de milieux humides secondaires est favorable à l'espèce et à l'inverse, les milieux fermés ne semblent pas lui convenir (Kreder *et al.* 2015). Sans éléments robustes qui viennent étayer ces conditions, la présence de bâti et les valeurs de pentes trop importantes ont été considérées comme défavorables dans cette modélisation, ceci en se basant uniquement sur des observations et des ressentis de terrain.

La dispersion des individus autour des stations existantes a été modélisée à partir des distances de déplacement maximum observées lors de la CMR par une carte de chaleur. La dispersion potentielle a été pondérée par un indice de rugosité, appliqué à chaque habitat en fonction de la distance au site le plus proche.

## a. Choix des variables

Deux types de variables ont donc été pris en compte :

- > Variables favorables aux déplacements
  - **Distance maximale de déplacement** : Les résultats de la CMR ont montré que de grands déplacements sont possibles mais restent assez rares. Deux distances de dispersion ont donc été utilisées, la valeur maximale observée et la valeur maximale potentielle évaluée à partir des résultats, si l'on considère que les individus sont capables de faire une distance supérieure à celle observée.
  - **Abondance** observée sur chaque site lors des inventaires.
  - **Présence d'une zone humide** : Les zones humides sont des habitats riches en nourriture pour un odonate et donc potentiellement attractifs et favorables à la colonisation par *C. lunulatum*
  
- > Variables de rugosité, défavorables aux déplacements de l'espèce
  - **Habitat bâti** : Tout bâtiment est considéré comme imperméable et donc infranchissable par l'espèce. A noter que le tissu urbain est très lâche dans le secteur d'étude.
  - **Habitat forestier** : Très peu d'informations existent sur la perméabilité de ces milieux pour la dispersion de *C. lunulatum*. Il est toutefois fort probable que la présence de boisements limite les déplacements de l'espèce.
  - **Pente importante** : Même s'il n'existe aucune donnée relative aux déplacements de l'espèce en fonction du dénivelé, on émet l'hypothèse que le relief influence les déplacements de l'espèce sans effet du sens du dénivelé.
  - **Eloignement au site le plus proche** : La probabilité d'observer de nouveaux individus diminue lorsque l'on s'éloigne des sites où l'espèce est présente.



Figure 5. Paysage typique du Cézaillier, où on retrouve des stations à Agrion à lunules ©P. Tournebise

## b. Choix des scénarios

En l'état actuel des connaissances, il n'est pas possible de modéliser de manière robuste la répartition de *Coenagrion lunulatum* sur le Parc des Volcans d'Auvergne. En effet, nous n'avons pas de données qualitatives pour évaluer de manière certaine l'effet des variables environnementales (forêt, pente,...) sur les déplacements de l'espèce.

Seules des suppositions peuvent être avancées sur la résistance de ces variables. C'est pourquoi 3 scénarios ou modèles ont été réalisés pour illustrer la connectivité potentielle de *C. lunulatum* sur le territoire du Parc en tant que :

- > **Modèle optimiste** : ce modèle représente la dispersion maximale potentielle de l'espèce autour des sites existants. Pour ce scénario, la distance de déplacement utilisée est la plus importante des deux valeurs choisies. La présence de zones humides et du bâti est prise en compte tandis que le relief et la présence de forêts ne sont pas considérés comme défavorables aux déplacements
- > **Modèle pessimiste** : à l'inverse, ce modèle représente la dispersion potentielle de l'espèce lorsque les variables environnementales utilisées sont fortement défavorables au déplacement de l'espèce. Pour ce scénario, la distance de dispersion utilisée est la distance maximale de recapture. Les milieux humides ne sont pas pris en compte mais le bâti, la forêt et la pente sont fortement défavorables au déplacement.
- > **Modèle médian** : ce modèle intermédiaire est basé sur les contraintes les plus probables pour l'espèce, selon les connaissances actuelles. Les déplacements maximum sont estimés avec la distance maximale de recapture, le bâti est infranchissable, la forêt est légèrement perméable et les milieux humides sont favorables aux déplacements de l'espèce. Enfin, la pente possède des valeurs de rugosité croissante selon le dénivelé.

Plusieurs sources de données ont été utilisées afin de modéliser la dispersion de *C. lunulatum* en fonction des variables présentées précédemment et sont citées dans le tableau 2

Nom de la couche	Type de données	Source	Information disponible
Stations_Lunulatum	Couche vecteur (2015)	PNRVA	Sites de présence de <i>C. lunulatum</i>
Bd_topo_foret	Couche vecteur BD_topo (2012)	IGN	Surface forestière des départements concernés par le PNRVA
Bd_topo_bati	Couche vecteur BD_topo (2012)	IGN	Bâti des départements concernés par le PNRVA
Bd_topo_Milieux humides	Couche vecteur BD_topo (2012)	IGN	Zones humides des départements concernés par le PNRVA
Altitude_10m	Raster MNT 10 m (2009/2010)	GEODIS CRAIG	Altitude

Tableau 2. Bases de données SIG utilisées pour la modélisation spatiale de l'Agrion à lunules sur le PNRVA, caractérisées par leur nom, le type de données, leur provenance et l'information apportée

### c. Chaîne de traitement simplifiée

Le but de cette chaîne de traitement est de pouvoir additionner l'ensemble des variables ayant une influence possible sur la dispersion de *C. lunulatum*, de façon favorable ou non, pour modéliser la dispersion potentielle de l'espèce sur l'ensemble du Parc des Volcans d'Auvergne (Fig.6).

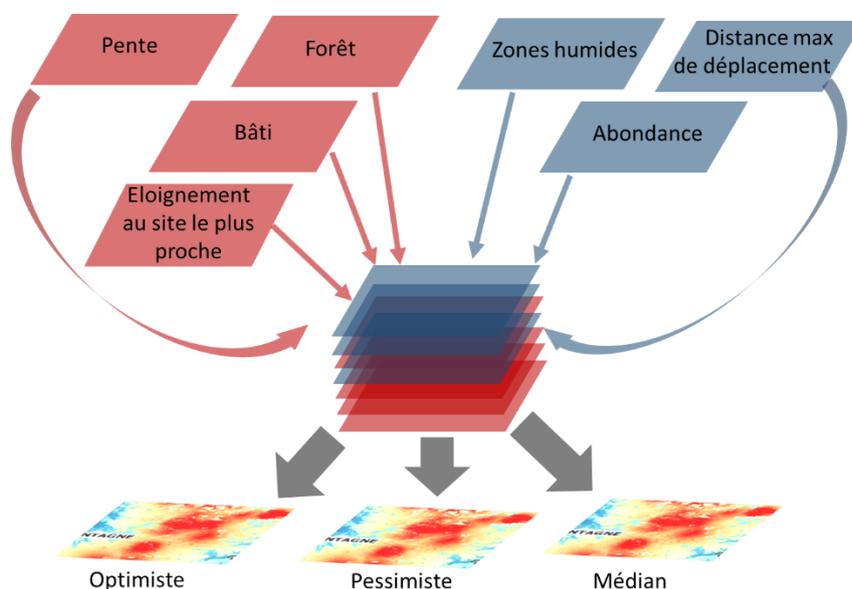


Figure 6 Représentation schématique de la modélisation spatiale des 3 scénarios de dispersion de *C. lunulatum* sur le territoire du PNRVA.

Les différentes étapes sont :

1. Transformation des couches polygones « Bati », « Forêt » et « Milieux humides » en couches Raster de pixels 15m x 15m
2. Création d'une mosaïque de plusieurs raster vers un unique raster à partir des tuiles de Modèles Numériques de Terrain au pas de 10 m (Source : CRAIG 2009-2010, GEODIS)
3. Calcul de la pente du raster MNT Altitude\_10m
4. Reclassement des variables selon la rugosité choisie :

Variable	Valeur des pixels		
	Scénario optimiste	Scénario pessimiste	Scénario médian
Bâti	999	999	999
Forêt	0	500	333
Milieus humides	100	0	100
Pente		5 classes : 0→15° : 0 15→30° : 50 30→45° : 150 45→60° : 400 60→90 : 999	5 classes : 0→15° : 0 15→30° : 50 30→45° : 150 45→60° : 400 60→90 : 999

Tableau 3. Valeurs de rugosités attribuées aux variables environnementales

5. Création d'une couche raster 15m x 15m de dispersion des individus selon l'une des deux distances déterminées à partir des résultats autour des stations existantes, pondérée par les effectifs de chaque site et en utilisant une dispersion de type « Triweight »
6. Création d'une couche raster de distance à la station la plus proche
7. Addition des rasters obtenus selon la formule suivante :  
*Bati + Forêt + Pente – Milieux humides – Dispersion + (Distance à la station la plus proche/2)*

Après des tests de différents modèles, les valeurs de « Distance à la station la plus proche » ont été arbitrairement divisées par 2. En effet ces valeurs n'étaient pas dans la même échelle de grandeur que les autres paramètres et biaisées alors les résultats en multipliant l'effet de ce facteur par rapport aux autres.



Figure 7. Paysage très ouvert, peu urbanisé du Cézaillier – La Godivelle –63 ©P. Tournebise

## IV. RESULTATS & ANALYSES

### 1. Commentaires généraux

#### a. Conditions météorologiques

Les données météorologiques journalières ont été relevées de mars à juillet pour la commune de Besse et Saint-Anastaise (source : Météo France) puis regroupées en décades.

Globalement, 2015 a été une année particulière en France et en Auvergne avec une période mars-juillet particulièrement chaude, sèche et très ensoleillée (Fig.8 et 9). En moyenne sur la France et sur l'année, la température moyenne a dépassé de 1 °C la normale et l'ensoleillement a été supérieur à la normale sur l'ensemble du pays. Sur le Massif central, l'excédent a généralement dépassé 10 % (Météo France 2016), ce que l'on retrouve bien sur le graphique 9.

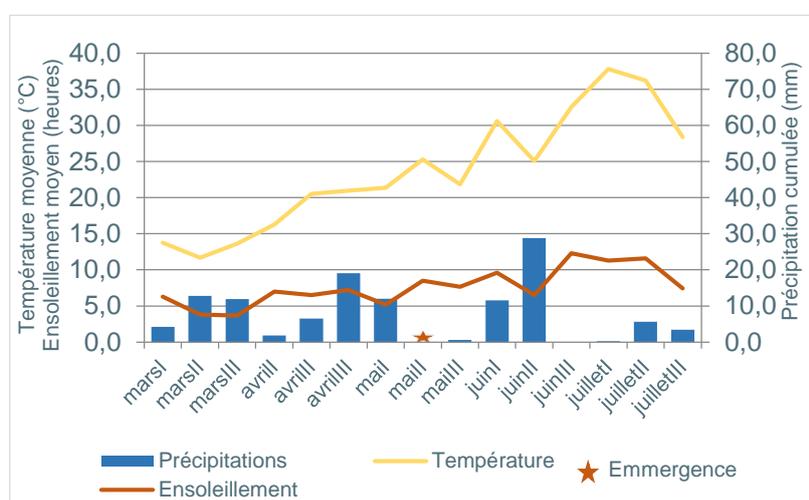


Figure 8. Conditions météorologiques à Besse et Saint-Anastaise en 2015 (Température moyenne et précipitations cumulées) par décade (Source : Météo France)

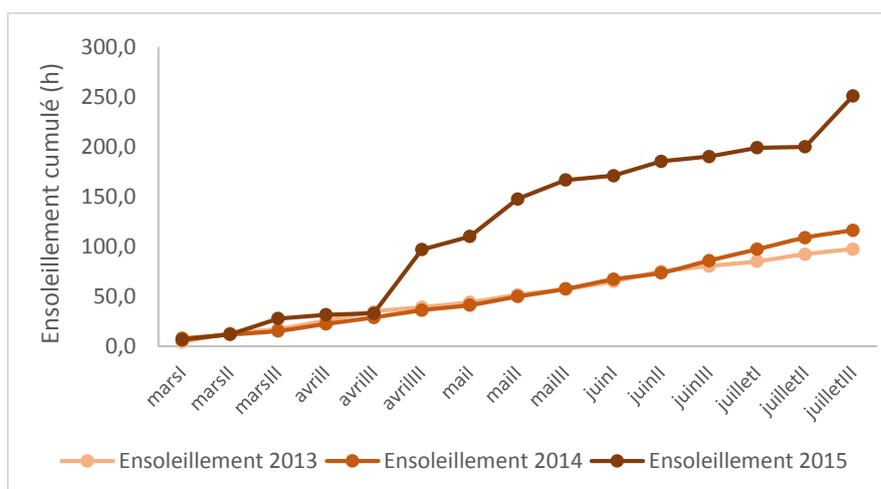
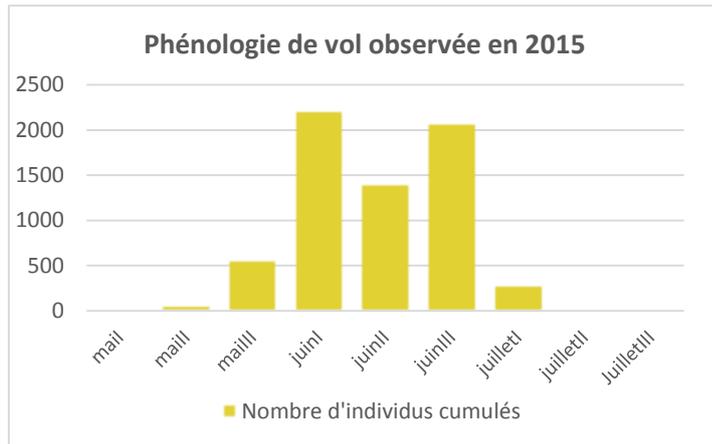


Figure 9. Ensoleillement cumulé sur la période mars-juillet 2015 sur la commune de Besse et Saint-Anastaise par décade (Source : Météo France)

## b. Phénologie

La première observation de l'espèce en 2015 a été faite le 11 mai sur des mares au Nord du Lac des Bordes à 1200 m d'altitude, date très précoce pour l'espèce (1 seule observation aussi précoce en 2005 par F. Bronnec). Cette précocité est sans doute à mettre en lien les conditions exceptionnelles d'ensoleillement et de température.

Les derniers contacts, quant à eux, datent du 8 Juillet 2015. La période de vol observée en 2015 a donc été d'une durée approximative de 60 jours.



L'historgramme de la phénologie de vol est présenté sur la figure ci-contre, il est basé sur le nombre d'individus capturés lors de la CMR par journée, regroupés en décades. Ce graphique est donc directement lié aux dates des sessions de capture. Il montre toutefois un nombre important d'individus observés durant tout le mois de juin puis une chute très rapide des effectifs début juillet, liée à l'écologie de l'espèce et non aux conditions météorologiques encore favorables.

Figure 10. Phénologie de la période de vol. Le nombre d'individu capturé est dépendant de la date des sessions de capture de la CMR

Pour rappel, la synthèse des observations disponibles faites par Kreder *et al.* (2015) a montré que le pic d'observation se situe en moyenne entre la 1<sup>ère</sup> et la 2<sup>ème</sup> décennie de juin, pour des nombres d'individus et d'observations qui diminuent rapidement par la suite. La période observée en 2015 semble être sensiblement plus longue en comparaison des autres années.



Figure 11. Observateur longeant la berge d'un étang à la recherche d'individu © A. Cadou

## 2. Capture Marquage Recapture

### a. Effort de prospection

Les prospections se sont déroulées du 11 mai au 8 juillet 2015, pour un total de 30 jours de terrain, 24 jours de CMR et 6 jours d'inventaire.

Le protocole de Capture - Marquage - Recapture a nécessité un temps de terrain conséquent : 9 sessions de 3 jours en moyenne mobilisant 2 à 4 personnes pour chaque journée. La 1<sup>ère</sup> session a commencé le 18 mai et la dernière s'est terminée le 8 juillet 2015. Chaque site a donc été visité en moyenne au moins une fois tous les 6 jours.

Certaines sessions ont demandé plus de 24 heures cumulées de temps de travail (la 3<sup>ème</sup> avec 25 h et 35 min et la 6<sup>ème</sup> avec 26 h effectives en 3 jours). Au total ce sont près de 534 heures de prospection cumulées qui ont été uniquement consacrées aux protocoles de CMR.

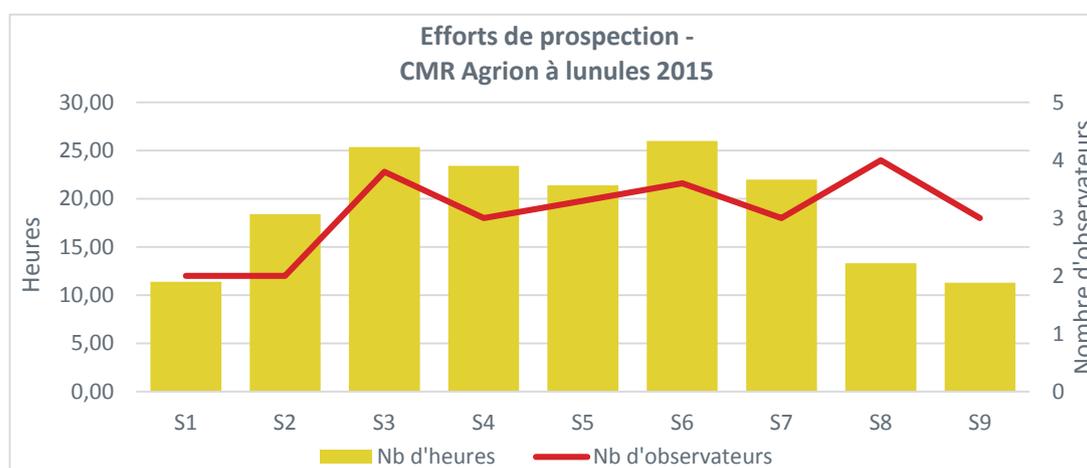


Figure 12. Effort de prospection de terrain durant l'étude CMR

### b. Capture et recapture

Au total, 6011 individus ont été capturés au cours de l'étude dont 5380 mâles (89,50%) et 631 femelles (10,50%). 600 événements de recapture ont permis de retrouver au moins une fois 563 individus : 545 mâles (96,80%) et 18 femelles (3,20%).

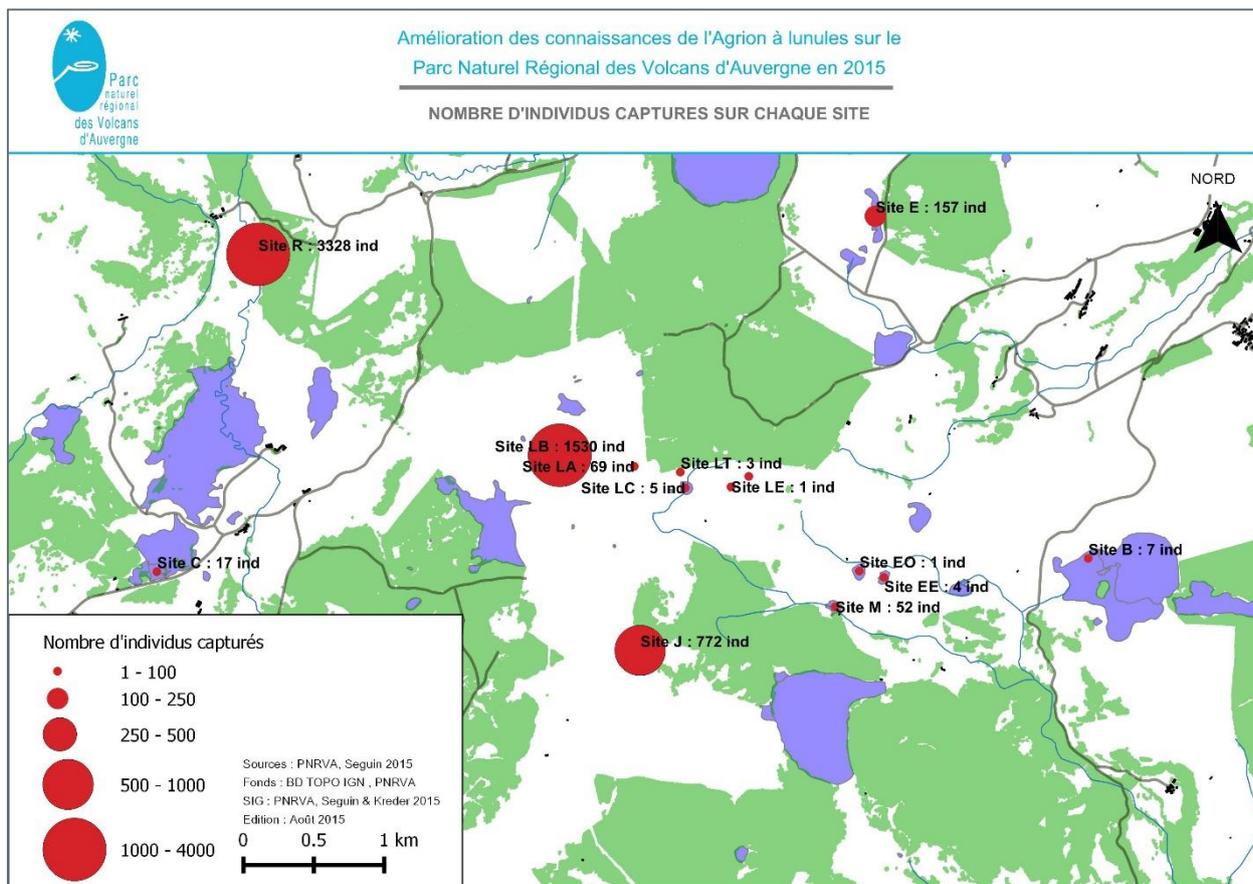
35 individus ont été capturés lors de 3 sessions différentes dans la plupart des cas sur le même site. 1 seul individu, le mâle marqué B921, a été capturé 4 fois sur le même site (le 18, 25, 28 juin et 1er juillet).

3 sites regroupent à eux seuls 93,7% des captures et 97,3% des recaptures (Valeurs en rouge sur le tableau 4). A noter que, parmi les 600 recaptures, 63 individus ont été retrouvés morts, dont 48 dans des toiles d'araignées.

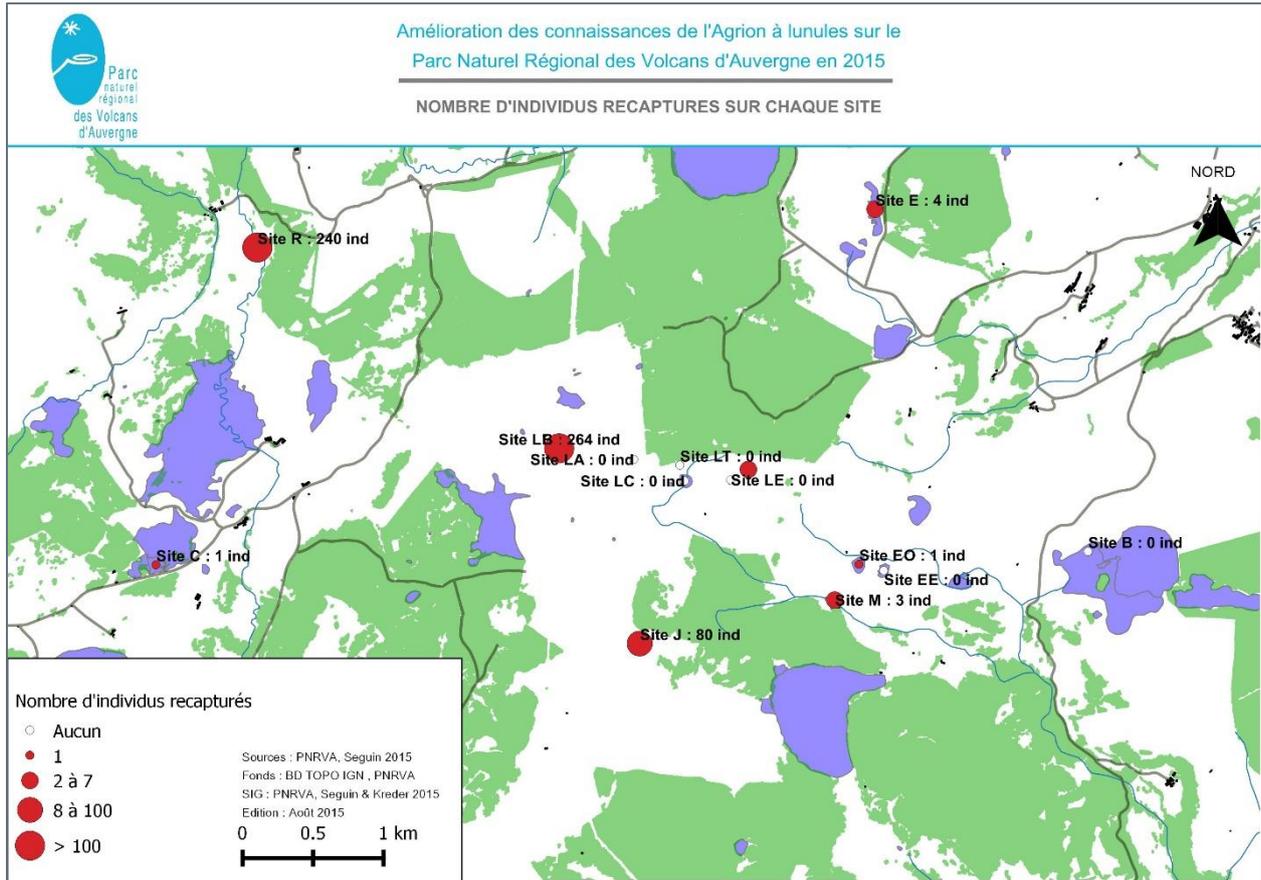
	Captures				Recaptures			
	♀	♂	Total	%	♀	♂	Total	%
Site B	1	6	7	0,1	0	0	0	0
Site C	4	13	17	0,3	0	1	1	0,2
Site EE	0	4	4	0,1	0	0	0	0
Site EO	0	1	1	0	0	1	1	0,2
Site E	46	111	157	2,6	0	4	4	0,7
Site J	55	717	772	12,8	1	79	80	13,3
Site LA	28	41	69	1,1	0	0	0	0
Site LB	118	1412	1530	25,5	7	257	264	44
Site LM	7	58	65	1,1	1	6	7	1,2
Site LE	0	1	1	0	0	0	0	0
Site LT	0	3	3	0	0	0	0	0
Site LC	1	4	5	0,1	0	0	0	0
Site M	7	45	52	0,9	0	3	3	0,5
Site R	364	2964	3328	55,4	9	231	240	40
Total	631	5380	6011	100	18	582	600	100

Tableau 4. Nombre et proportion de captures et de recaptures réalisées par site et par sexe sur l'ensemble des 9 sessions. Les sites les plus importants ont été signalés en rouge

Des cartes illustrant le nombre de capture et de recapture total sont présentées ci-dessous.



Carte 2. Localisation par site des captures de *C. lunulatum* réalisées durant la CMR



Carte 3. Localisation par site des recaptures de *C. lunulatum* réalisées durant la CMR

Le nombre d'individus observés (Nombre total de captures – fig 12, page suivante) lors de l'étude CMR dépend de la détectabilité de l'espèce et donc de la date des sessions et de la météo. Les conditions climatiques de la seconde décade de juin ont été moins favorables que durant les décades juinI et juinIII, rendant la détectabilité de l'espèce plus faible en juinII, ce qui explique sans doute le nombre plus faible d'individus capturés à cette période.

Les résultats de cette année confirment la diminution brutale du nombre de captures et donc d'individus, la phase de terrain s'est ainsi terminée brusquement puisque seulement 22 individus ont été capturés à la dernière session, soit moins de 10 % du nombre d'individus capturés lors de la session précédente.

Le taux de recapture par session est croissant dans le temps avec un taux de recapture maximal de 50% lors de la dernière session.

Le taux de recapture moyen est de 9,077%.

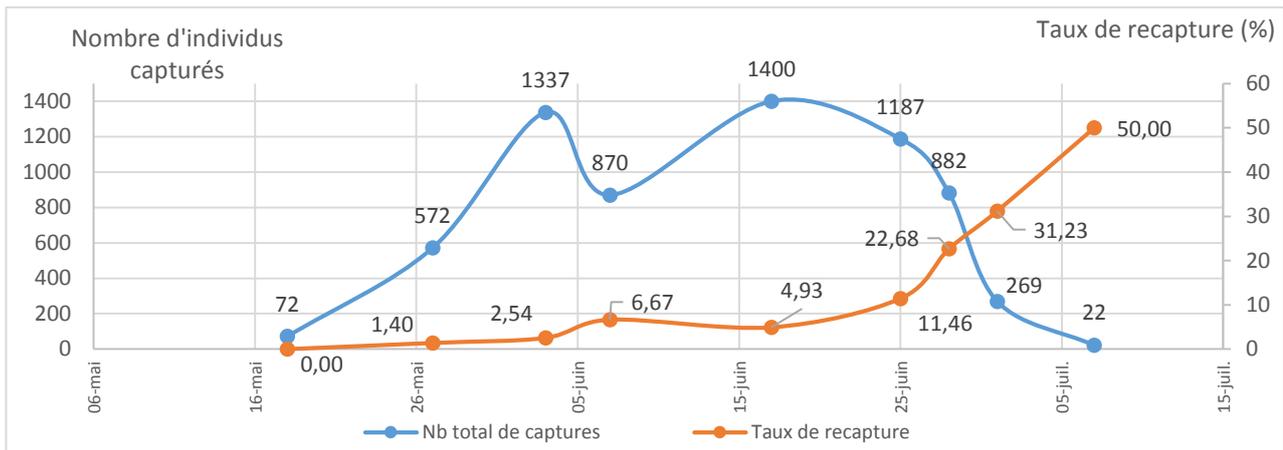


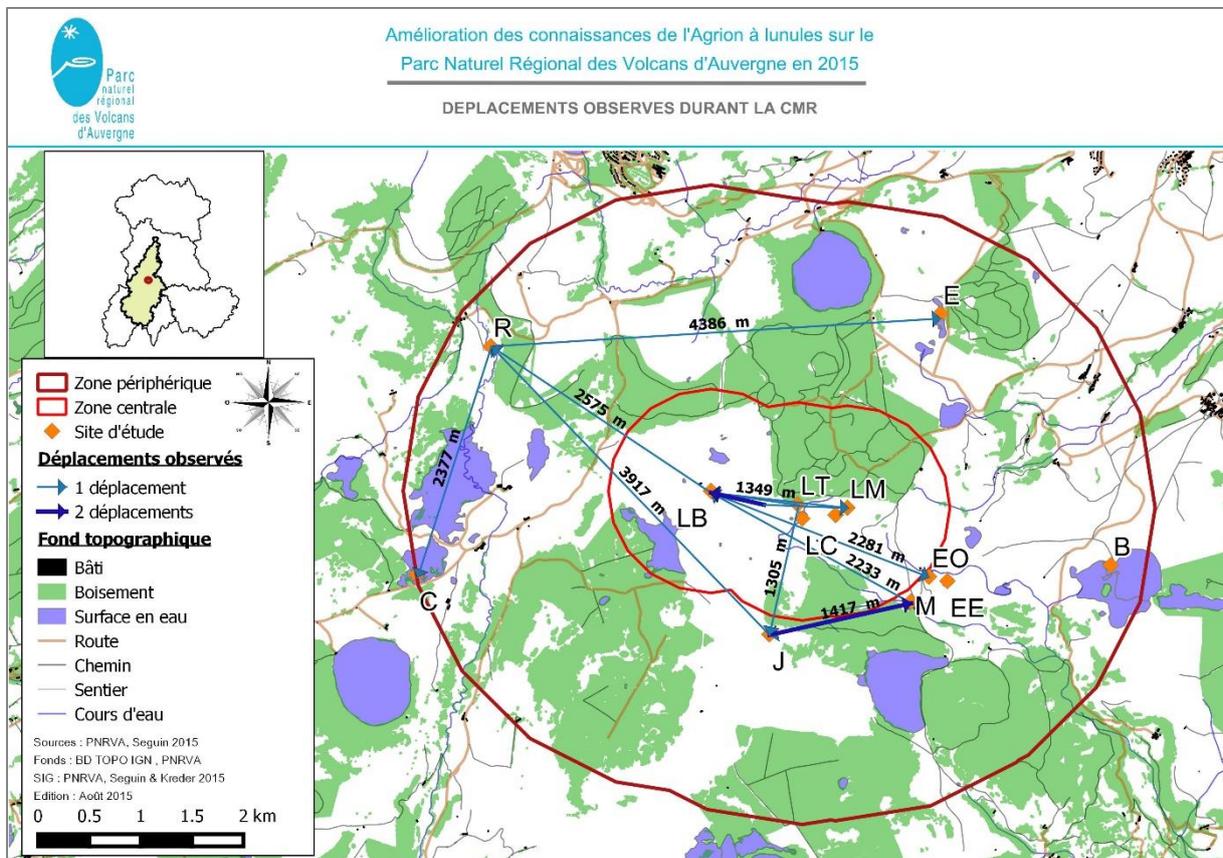
Figure 13. Evolution du nombre total de captures et du taux de recapture au cours du temps entre chaque session

### c. Mouvements observés

#### Déplacement de dispersion (Carte 4)

Seulement 3% des individus (n=15) ont été retrouvés sur un site autre que celui où ils avaient été marqués, ce sont les individus dispersants, contre 97 % d'individus philopatrics.

Les déplacements observés peuvent être considérés comme importants au vu de l'espèce étudiée et des données bibliographiques : 6 déplacements sur 15 correspondent à une distance de plus de 2 km !



Carte 4. Distances de déplacements inter-sites observées au cours de l'étude CMR, exprimées en mètres.

Le déplacement maximal observé est de 4,4 km et coupe un massif forestier. Les distances ayant été calculées sur la base du chemin le plus court entre deux sites (« à vol d'oiseau »), les distances réelles parcourues par les individus sont donc certainement plus élevées.

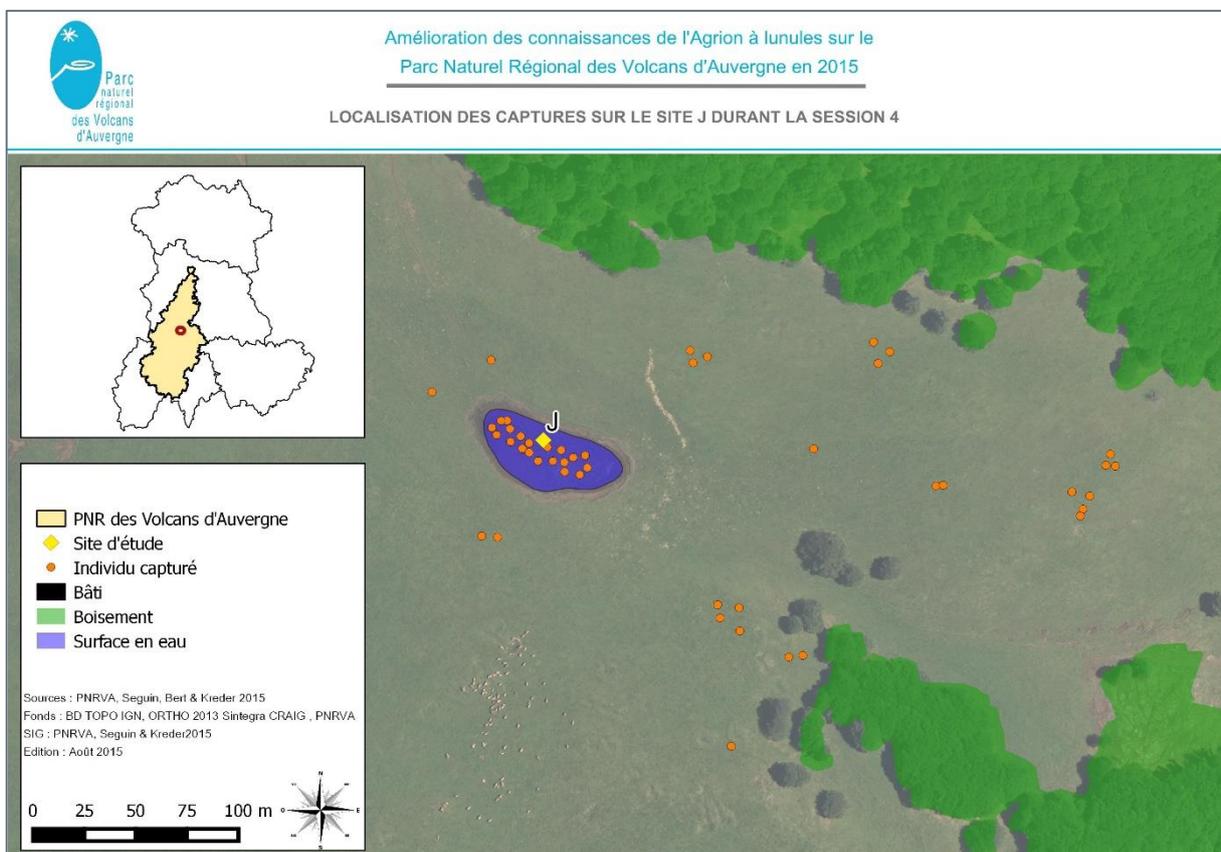
Il est intéressant de noter que l'individu B201 a été marqué sur le site LB le 3 juin 2015 à 13h30 puis recapturé sur le site R le 4 juin 2015 à 12h40, soit un déplacement de presque 2,5 km en moins de 24 h.

### Déplacements locaux (Carte 5)

L'hypothèse de départ était que les sites de la zone centrale, c'est-à-dire les sites compris dans un rayon de 1 km, fonctionnaient avec de nombreux échanges. Cette hypothèse n'a pas du tout été vérifiée puisque peu de déplacements entre ces sites ont été observés malgré une pression d'observation ciblée sur les milieux environnants des mares.

Néanmoins, durant la session 4, les individus présents dans la prairie à proximité du site J ont été localisés précisément par GPS (Carte 5). Seuls des mâles ont été trouvés. Il a été observé que les individus sont répartis de part et d'autre de la mare sur une distance maximale de 300 m. Ces observations apportent l'unique résultat de cette étude qu'on peut assimiler à des déplacements courants. A noter qu'un individu N1472 a été capturé sur une prairie à environ 200 m de la mare à la session 4 puis recapturé à la session 5 sur cette mare.

Le suivi du réseau hydrographique n'a pas non plus donné de résultats. Les individus ont été trouvés autant sur les prairies mésophiles que sur les zones humides. Les cours d'eau ne semblent pas être utilisés préférentiellement comme un corridor au déplacement. Le site J en est un bon exemple puisqu'il s'agit d'une mare isolée du réseau hydrographique, au milieu d'une nardaie.



Carte 5. Localisation des captures effectuées sur le site J durant la session 4



Figure 14. Individu mâle n° 2406 © C. Seguin

#### d. Résultats fonctionnels : survie et taille de population

Choix des modèles (Tableau 5):

Modèle	K	AICc	$\Delta$ AICc	AICc Weights	Model Likelihood	Deviance
<b>1 {S(t+s) p(t+s) r(t+s) F(.)}</b>	<b>30</b>	<b>5821,2428</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,37469</b>	<b>1,0000</b>	<b>325,4277</b>
<b>2 {S(t+s) p(t) r(t+s) F(s)}</b>	<b>30</b>	<b>5821,9051</b>	<b>0,6623</b>	<b>0,26906</b>	<b>0,7181</b>	<b>326,0900</b>
<b>3 {S(t+s) p(t) r(t+s) F(t+s)}</b>	<b>32</b>	<b>5823,0552</b>	<b>1,8124</b>	<b>0,15139</b>	<b>0,4040</b>	<b>323,2014</b>
<b>4 {S(t+s) p(t+s) r(t+s) F(s)}</b>	<b>31</b>	<b>5823,2618</b>	<b>2,0190</b>	<b>0,13654</b>	<b>0,3644</b>	<b>325,4276</b>
5 {S(t) p(t+s) r(t+s) F(.)}	29	5825,1693	3,9265	0,05261	0,1404	331,3726
6 {S(t) p(t*s) r(t+s) F(.)}	36	5829,5780	8,3352	0,00580	0,0155	321,6392
7 {S(t) p(t*s) r(t+s) F(s)}	37	5831,0395	9,7967	0,00279	0,0074	321,0779
8 {S(t+s) p(t) r(t) F(.)}	28	5831,0917	9,8489	0,00272	0,0073	339,3128
9 {S(t+s) p(t+s) r(t) F(.)}	29	5832,5148	11,2720	0,00134	0,0036	338,7181
10 {S(t+s) p(t*s) r(t+s) F(s)}	38	5832,7951	11,5523	0,00116	0,0031	320,8102
11 {S(t+s) p(t+s) r(t) F(s)}	30	5834,3197	13,0769	0,00054	0,0014	338,5046
12 {S(t+s) p(t) r(t+s) F(t)}	36	5834,4789	13,2361	0,00050	0,0013	326,5402
13 {S(t) p(t+s) r(t+s) F(t+s)}	37	5835,1572	13,9144	0,00036	0,0010	325,1956
14 {S(t+s) p(t+s) r(t+s) F(t)}	37	5835,3891	14,1463	0,00032	0,0009	325,4275
15 {S(t+s) p(t+s) r(t+s) F(t+s)}	48	5837,1976	15,9548	0,00013	0,0003	325,2126
16 {S(t*s) p(t*s) r(t+s) F(.)}	45	5841,4866	20,2438	0,00002	0,0001	315,3206
17 {S(t*s) p(t+s) r(t) F(t+s)}	45	5842,2754	21,0326	0,00001	0,0000	316,1093
18 {S(t+s) p(t*s) r(t) F(.)}	36	5842,2995	21,0567	0,00001	0,0000	334,3607
19 {S(t+s) p(t*s) r(t) F(s)}	37	5844,3222	23,0794	0,00000	0,0000	334,3606
20 {S(t+s) p(t) r(t) F(t+s)}	36	5844,4470	23,2042	0,00000	0,0000	336,5083

**Facteurs: t=temps (session) et s=sexe (mâle ou femelle).**

**K : Nombre de paramètres**

**En gras sont présentés les 4 meilleurs modèles**

*Tableau 5. Sélection des 20 meilleurs modèles pour la Survie (S), la recapture (p), la recapture d'un individu mort (r) et la fidélité au site (F)*

Afin de déterminer le meilleur modèle parmi les quatre premiers, un test de vraisemblance LRT (Likelihood Ratio Test) a été réalisé mais ne permet pas d'identifier clairement « Le » meilleur modèle (Tableau 6).

Modèles comparés		d.f.	X2	p-value
1 vs 2	S(t+s) p(t+s) r(t+s) F(.) vs S(t+s) p(t) r(t+s) F(s)	0	-0,662	*****
1 vs 3	S(t+s) p(t+s) r(t+s) F(.) vs S(t+s) p(t) r(t+s) F(t+s)	2	2,226	0,3286
1 vs 4	S(t+s) p(t+s) r(t+s) F(.) vs S(t+s) p(t+s) r(t+s) F(s)	1	0,000	*****
2 vs 3	S(t+s) p(t) r(t+s) F(s) vs S(t+s) p(t) r(t+s) F(t+s)	2	2,889	0,2359
2 vs 4	S(t+s) p(t) r(t+s) F(s) vs S(t+s) p(t+s) r(t+s) F(s)	1	0,662	0,4157
3 vs 4	S(t+s) p(t) r(t+s) F(t+s) vs S(t+s) p(t+s) r(t+s) F(s)	1	2,226	0,1357

Tableau 6. Résultat des tests de rapport de vraisemblance (LRT) entre les 4 meilleurs modèles statistiques

Ces modèles ajustent bien les données, notamment pour les femelles puisque la déviance résiduelle montre que les résidus sont faibles et répartis équitablement de part et d'autre de la ligne des 0.00 comme le montre la figure 15 en prenant exemple des résidus du modèle 1.

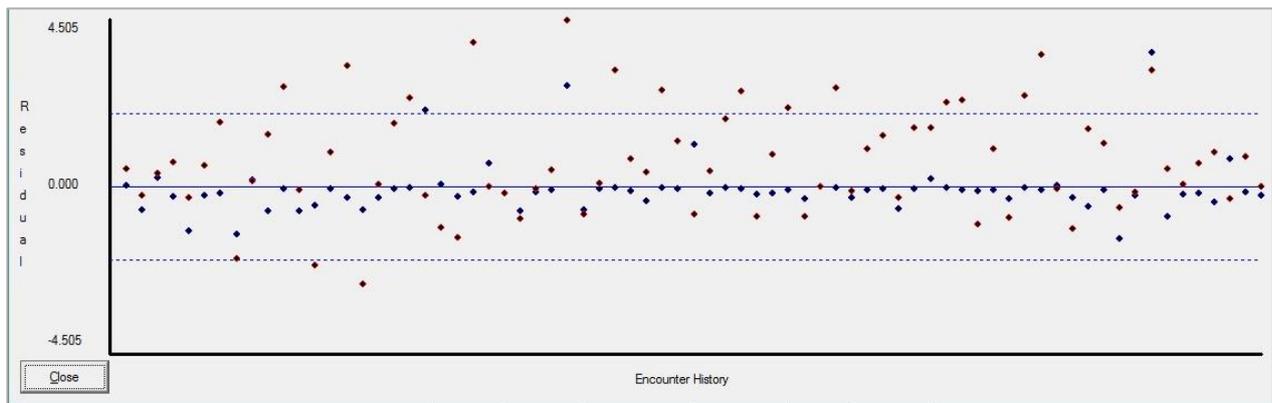


Figure 15. Représentation graphique de la déviance résiduelle du modèle

Mais avec un poids d'AICc de 37, le modèle 1 S(t+s) p(t+s) r(t+s) F(.) explique le mieux les données et est le plus parcimonieux. C'est pourquoi il a été considéré comme le meilleur modèle dans la suite des résultats. Ce modèle présente 30 paramètres dans lesquels la survie (S), la recapture (p), et la recapture d'individus morts (r) sont fonction du sexe et du temps mais sans l'interaction de ces deux paramètres. La fidélité au site (F) est quant à elle constante.

Ce meilleur modèle montre que le temps et le sexe agissent de manière indépendante sur la survie et sur la probabilité de retrouver un individu déjà marqué mort. La probabilité de recapture est quant à elle fonction du temps avec une légère influence du sexe.

### Survie et probabilité de capture

Les estimations apportées par le modèle (Annexe 2) montrent que le taux de survie est décroissant au cours des sessions de  $0,981 \pm 0,040$  à  $0,439 \pm 0,00$  pour les mâles et de  $0,969 \pm 0,065$  à  $0,320 \pm 0,00$  pour les femelles, les mâles ayant un taux de survie plus important que les femelles sur la totalité de la période (Fig. 16).

La probabilité de recapture est quant à elle croissante au cours des sessions mais ne semble pas différente significativement entre les deux sexes.

Il est toutefois intéressant de noter que les mâles ont une survie plus importante que les femelles. A l'inverse, la probabilité de recapture est globalement croissante au cours du temps mais aucune différence significative n'est visible entre les deux sexes.

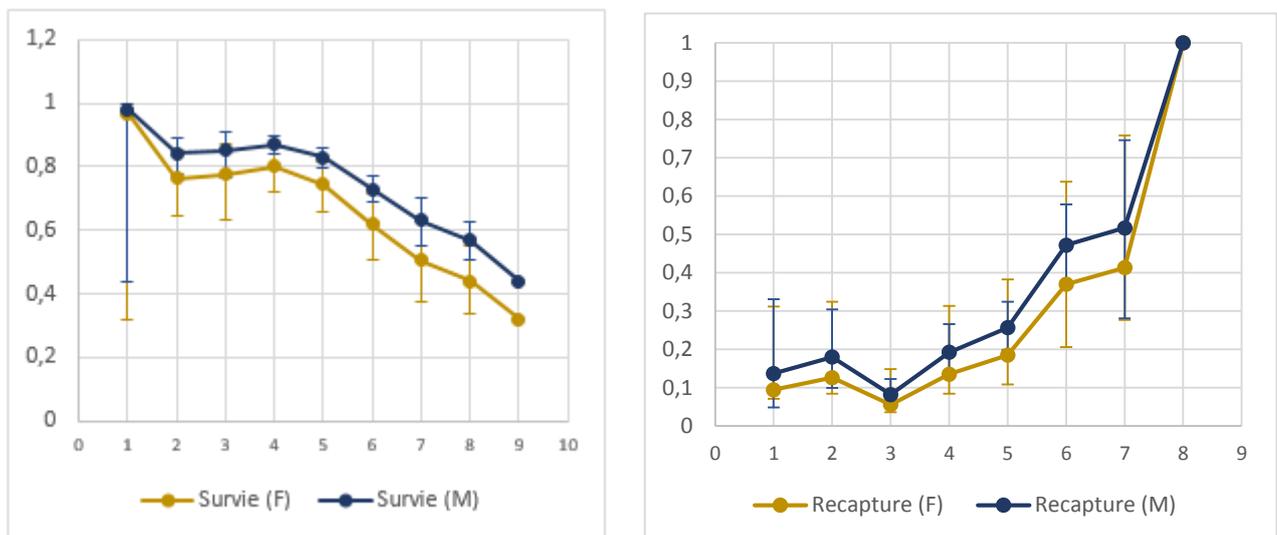


Figure 16. Evolution de la survie et de la probabilité de recapture pour les deux sexes (♂ et ♀) selon le modèle n°1

### Ajout d'une covariable au modèle : la densité de population

La covariable de densité de population a été ajoutée au meilleur modèle puis de nouveaux modèles ont été testés en prenant en compte cette covariable individuelle de densité.

Les résultats peuvent paraître surprenants (Tableau 7-  $\Delta AICc > 700$  pour le deuxième modèle). Toutefois, le meilleur modèle montre que l'abondance influence uniquement la survie

Modèle	K	AICc	$\Delta AICc$	AICc Weights	Model Likelihood	Deviance
<b>{S(t+(s*Abd)) p(t+s) r(t+s) F(.)}</b>	<b>32</b>	<b>4924.0273</b>	<b>0.0000</b>	<b>1.00000</b>	<b>1.00000</b>	<b>5694.1175</b>
{S(t*Abd+s) p(t+s) r(t+s) F(.)}	39	5681.2927	757.2654	0.00000	0.00000	5623.0260
{S(t+(s*Abd)) p(t+(s*Abd)) {r(t+(s*Abd)) F(Abd)}	37	5682.4577	758.4304	0.00000	0.00000	5612.0711
{S(t*Abd+s*Abd) p(t+s) r(t+s) F(.)}	31	5684.7584	760.7311	0.00000	0.00000	5622.4542
{S(t*Abd+(s*Abd)) p(t+s) r(t+s) F(.)}	40	5685.1664	761.1391	0.00000	0.00000	5622.8622

**Facteurs: t=temps (session) et s=sexe (mâle ou femelle).**  
**K : Nombre de paramètres**  
**En gras est présenté le meilleur modèle**

Tableau 7. Sélection des 5 meilleurs modèles pour la Survie (S), la recapture (p), la recapture d'un individu mort (r) et la fidélité au site (F) en fonction de la densité du site de capture

Ce modèle donne l'effet moyen de la densité et du sexe sur la survie au cours de chaque session. La moyenne de ces valeurs de survie au cours du temps permet d'obtenir une valeur de survie moyenne en fonction de la densité d'individus sur le site de capture.

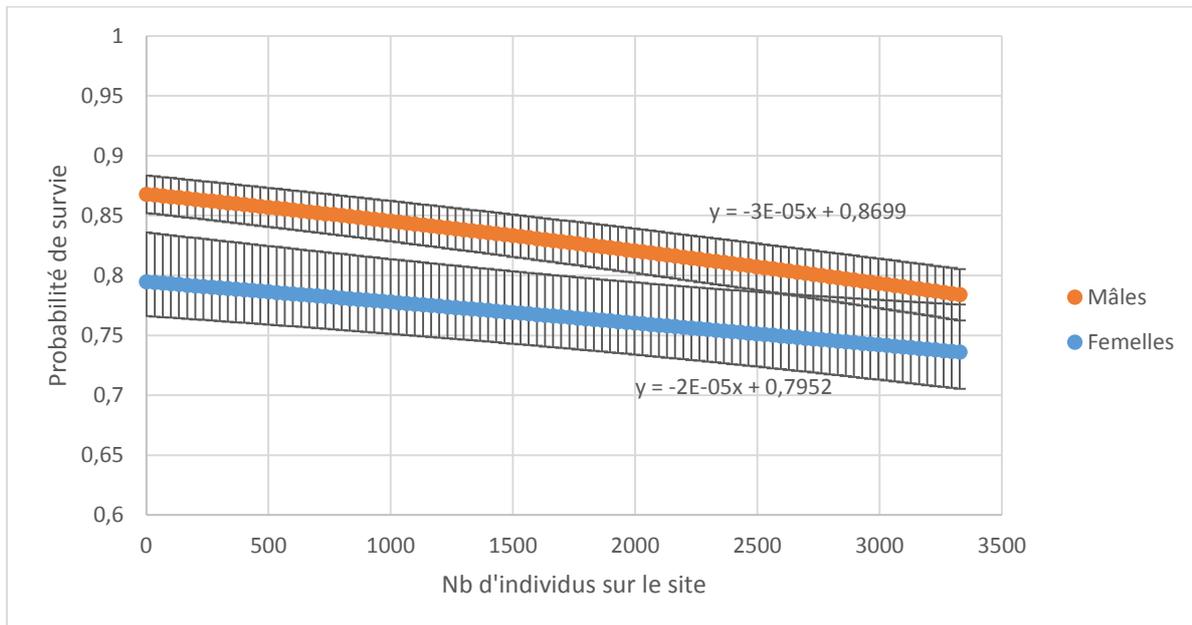


Figure 17. Evolution de la probabilité de survie de *C. lunulatum* en fonction de la densité d'individus sur le site

Les résultats obtenus montrent que la probabilité de survie est plus importante sur des sites avec un nombre d'individus faible que sur des sites avec une forte densité d'individus. De plus, la probabilité de survie est plus importante pour les mâles que pour les femelles d'environ 0.05%.

## e. Autres résultats

### Comportements :

Des individus marqués ont été observés se reproduisant lors de sessions suivantes. Des comportements de reproduction ont également été vus à une échelle de temps beaucoup plus rapide : 10 femelles ont été revues accouplées avec des mâles non marqués entre 5 min et 2h40 après leur première capture et au moins 8 mâles ont été revus avec des femelles non marquées entre 15 min et 5h15 après la première capture.

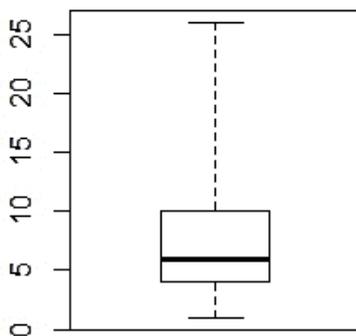
A noter qu'une femelle et un mâle ont été observés en tandem 10 min et 15 min après leur capture respective.

Ces observations permettent de laisser penser que le marquage et la manipulation des individus ne semble pas influencer ni altérer de manière importante le comportement de reproduction pour cette espèce.



Figure 18. Accouplement de deux individus marqués de *C. lunulatum* @ M. Kreder

### Durée de vie de l'imago :



L'âge de recapture moyen est d'environ 7 jours après la première capture (Fig. 13). Le plus vieil individu a été recapturé 26 jours après sa première capture et 19 individus ont été revus vivants après plus de 20 jours soit 3,67 % des individus recapturés vivants.

Figure 19. Distribution des âges des individus entre la première et la dernière recapture, exprimée en nombre de jours

### Morphologie :

La capture de 631 femelles a permis de mettre en évidence que la présence d'un anneau clair sur le 8<sup>ème</sup> segment abdominal n'est pas toujours un critère fiable pour identifier l'espèce de façon certaine. 53 % des femelles capturées avaient un anneau visible (Fig. 20) et clairement identifiable mais 31 % des femelles ne présentaient aucune tache. Il est donc très important de vérifier la coloration et la forme du pronotum pour identifier de façon certaine les femelles de cette espèce. Une des hypothèses est la disparition de l'anneau sur des femelles âgées, toutefois des femelles sans anneau ont été capturées dès les premières sessions et nous n'avons pas observés plus de femelles sans anneau sur les dernières sessions.



Figure 20. Comparaison du 8<sup>ème</sup> segment abdominal de deux femelles *C. lunulatum*. L'anneau clair est parfois bien visible (individu de gauche), parfois absent (individu de droite). © C. Seguin

### Parasites :

La densité de parasite a été évaluée pour chaque individu. En effet, des acariens parasites peuvent être présents, parfois en très grand nombre, sur le dessous du thorax des individus. Les photos ci-dessous illustrent les grandes catégories renseignées.



**Non parasité** : aucun acarien observé sur le thorax

**P+** : quelques acariens présents, souvent disséminés sur le thorax

**P++** : des acariens sont bien présents, commençant à former des « paquets » sur le thorax

**P+++** : de très nombreux acariens sont présents sur tout le thorax

Figure 21. Variabilité de la proportion de parasites sur les individus de *C. lunulatum* © C. Seguin

Les résultats sur la densité d'acariens feront l'objet d'un article spécifique ultérieurement (Seguin & Kreder com. pers.)

Néanmoins grâce à Olivier Levoux, Léopold Alexandre et l'aide de Reinhard Gerecke et de Andrzej Zawal, les acariens ont pu être identifiés de manière certaine jusqu'au genre *Arrenurus sp.*, un genre déjà identifié sur *Coenagrion hastulatum* en 1964 (Aguesse 1964).

A l'heure actuelle des suspicions mènerait à *A. tetracyphus* ou *A. bicuspidator*.

### 3. Répartition de *Coenagrion lunulatum* sur le territoire du Parc des Volcans d'Auvergne

#### a. Prospections 2015

En 2015, **38 sites** ont été prospectés pour la recherche de l'Agrion à lunules (carte 6).

Ces prospections ont permis d'ajouter aux données 2013-2014 **4 stations supplémentaires où l'espèce est présente**, 3 au nord des Monts Dorés et 1 à l'est sur le Cézallier :

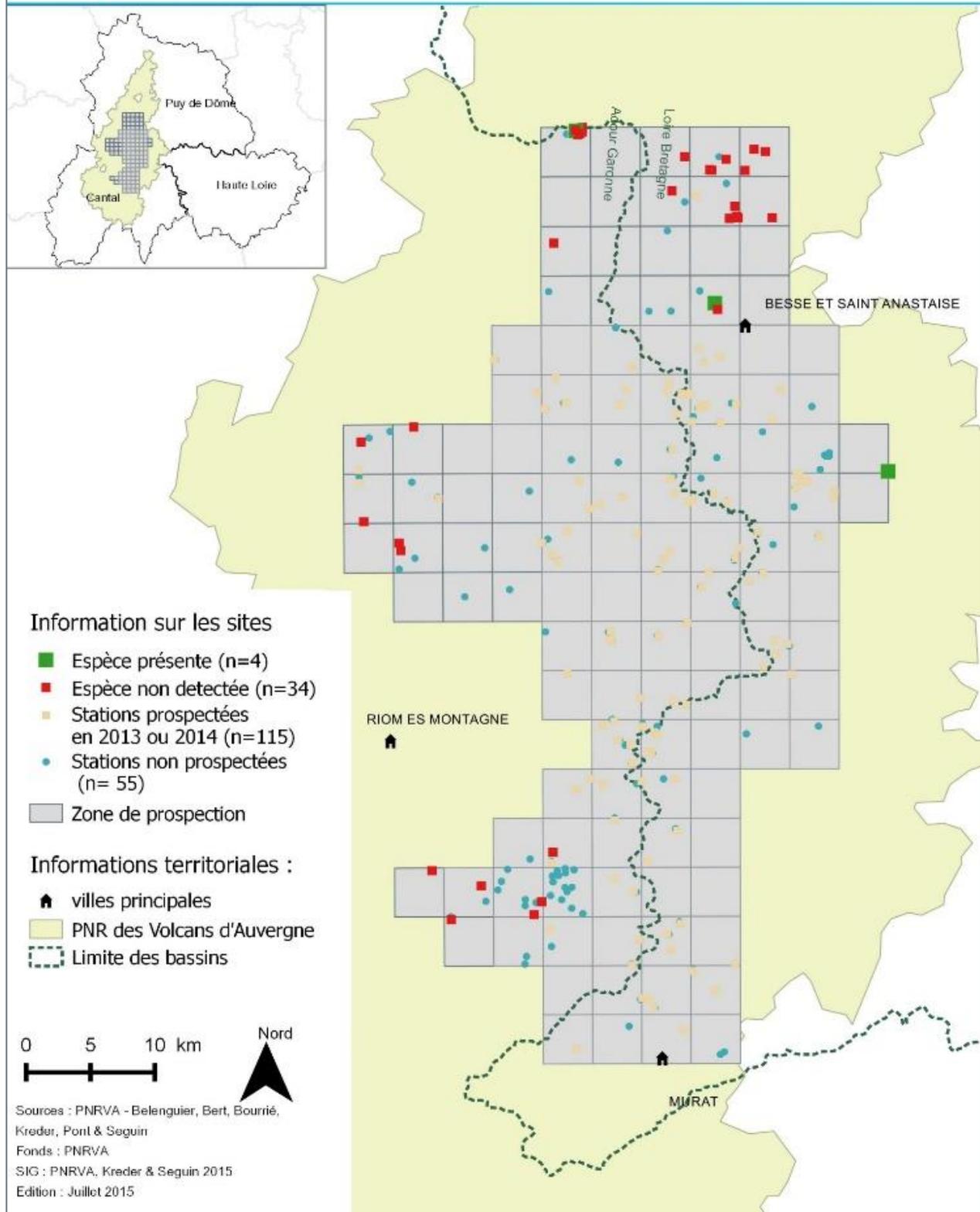
- **2** « petits sites » encore jamais décrits, sans preuve de reproduction et avec 1 seul individu observé
- **1 nouvelle station importante à l'est du territoire** avec plus de 200 individus et l'autochtonie sur site avérée
- Observation de quelques individus sur **une mare proche du lac de Guéry déjà connue** et découverte au début des années 2000 (Leroy 2006) mais sur laquelle aucune donnée n'avait été faite depuis.

Aucune nouvelle station n'a été découverte en Artense ni sur le plateau du Limon.



Figure 22. Mare d'estive prospectée sur la commune de la Godivelle © L. Pont

RESULTATS DES PROSPECTIONS DE STATION DE  
L'AGRION A LUNULES EN 2015



Carte 6. Résultat des inventaires de *C. lunulatum* menés durant l'année 2015

## b. Bilan des inventaires au cours de la période 2013-2015

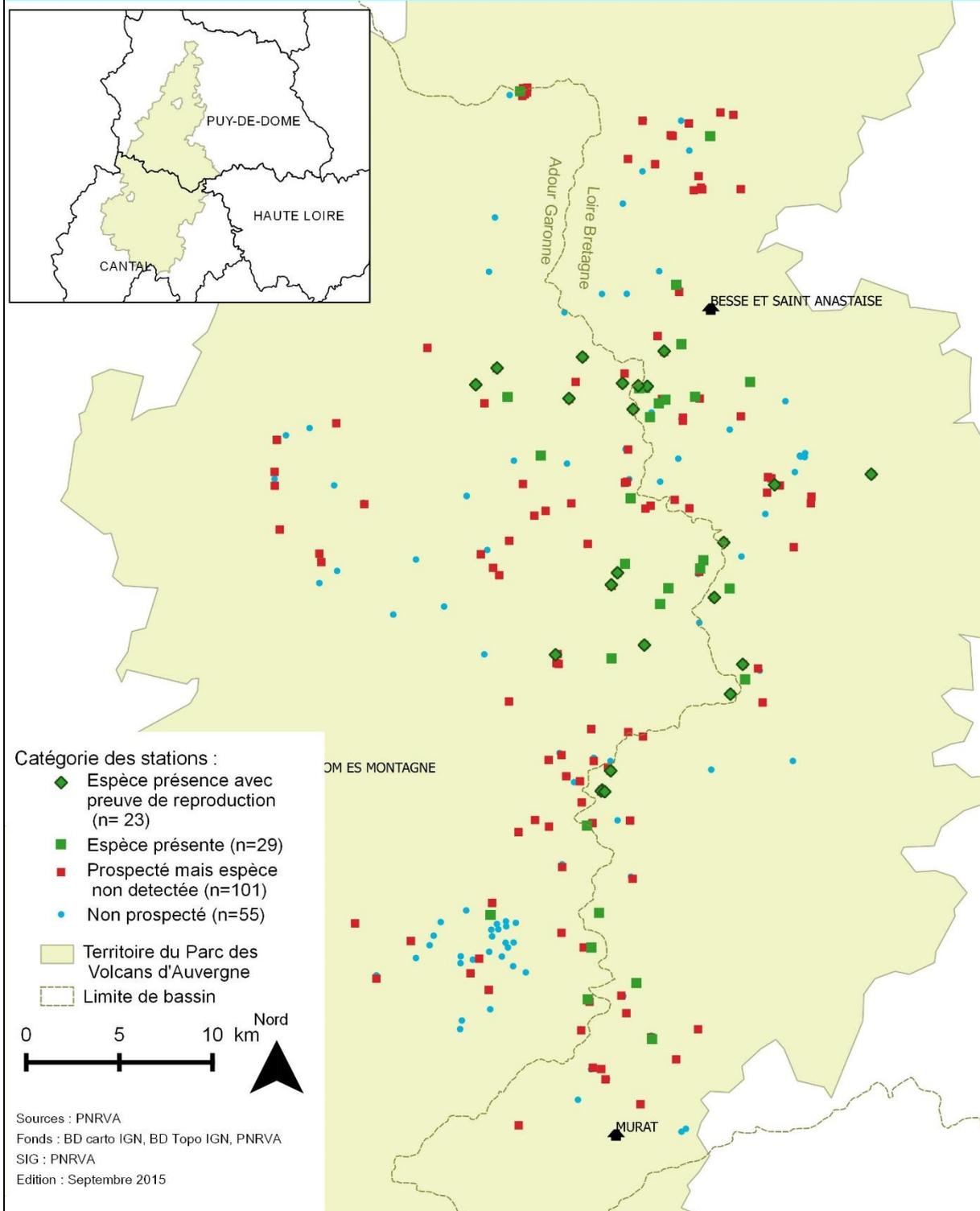
**153 stations** ont été prospectées durant la période de vol de l'espèce, soit presque 75 % des stations potentiellement favorables repérées par photo-interprétation au début des prospections, sur une surface de plus de 1 100 km<sup>2</sup>.

Les inventaires réalisés au cours de la période 2013-2015 ont permis d'identifier sur le territoire du PNR VA (carte 7) :

- Un total de **52 stations** avec au moins 1 individu de *C. lunulatum* dont 23 stations avec des comportements reproducteurs. 30 de ces stations ont des effectifs faibles (1 à 10 individus comptés lors d'un passage), 11 ont des effectifs moyens (11 à 50 individus comptés lors d'un passage) et 11 stations ont des effectifs importants (plus de 50 individus comptés lors d'un passage)
- 10 stations où l'espèce était présente au début des années 2000 (Leroy 2006) mais n'a pas été revue depuis 2013.
- 6 stations anciennement connues n'ont pas été re-prospectées durant la période des études
- Le lac Chambon, site historique (Aguesse 1964), peut être désormais considéré comme une station disparue au vu des aménagements importants réalisés sur le lac.

Fin 2015, à notre connaissance, un total de **66 stations** a été décrit sur le territoire du Parc, toutes données confondues.

STATION DE PRESENCE DE L'AGRION A LUNULES

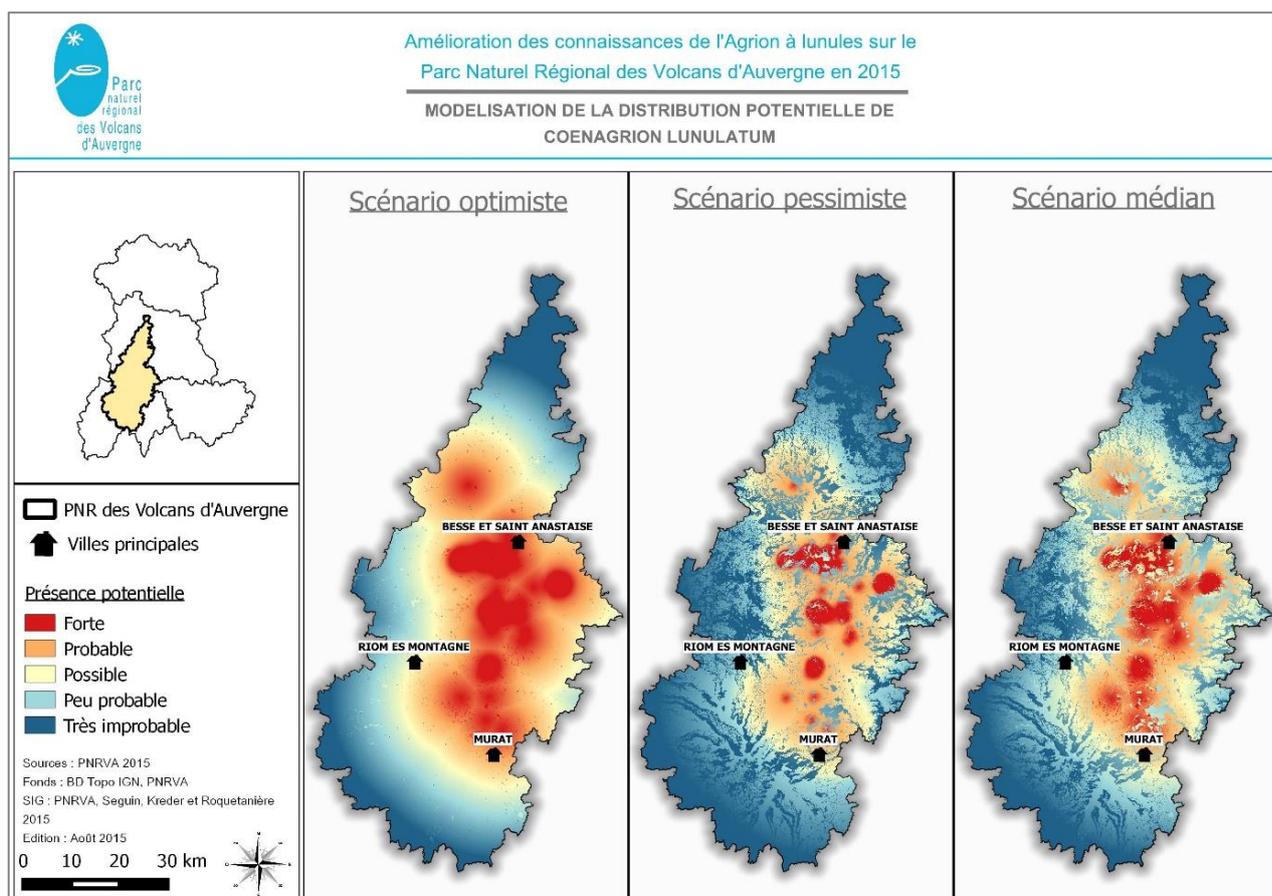


Carte 7. Répartition de *C. lunulatum* à partir des résultats des inventaires menés au cours de la période 2013-2015

### c. Dispersion potentielle des populations et connectivité

L'union des données d'inventaire, d'habitat et des capacités de déplacement a permis, grâce aux outils cartographiques, de modéliser 3 scénarios de dispersion potentielle pour l'espèce sur l'ensemble du territoire du Parc des Volcans sur la base des connaissances actuelles (Carte 8).

La distance maximale de déplacement observée durant l'étude étant d'environ 4400 m, les modèles ont été réalisés avec des déplacements estimés à 5 km pour le modèle optimiste et 4 km pour les deux autres modèles



Carte 8. Modélisation de la dispersion potentielle de *C. lunulatum* sur le PNRVA selon 3 scénarios : optimiste, pessimiste et median

Même si ces 3 scénarios sont proches, ils proposent des résultats quelque peu différents.

#### **Modèle optimiste**

Le premier scénario est le plus optimiste, notamment en raison de l'absence de variables environnementales défavorables au déplacement de l'espèce. On remarque qu'hormis les 2 sites les plus au nord, l'ensemble des stations semblent globalement bien connectées.

### ***Modèle pessimiste***

A l'inverse, le scénario pessimiste présente quant à lui 4 noyaux de population bien distincts et des sites isolés les uns des autres, principalement au nord et au sud du territoire du PNRVA. Ceci s'explique surtout par un effectif faible sur ces sites, limitant les possibilités de déplacement (théoriquement moins d'individus, moins de déplacement et donc une probabilité très faible d'un déplacement sur de grandes distances).

A noter dans ce modèle que le relief doux et l'ouverture du milieu sont plutôt favorables au déplacement dans le sud du territoire, tandis qu'au nord, le relief plus abrupt et la présence de milieux boisés limitent la capacité de dispersion de l'espèce. Malgré la présence de massifs forestiers à proximité, les populations situées au sud-ouest de Besse et Saint-Anastaise apparaissent bien connectées, en raison de la proximité de plusieurs stations et de leurs effectifs.

On peut voir ici que la modélisation spatiale donne un poids important à la trame forestière ainsi qu'à la pente puisque ce sont ces variables qui isolent les différentes stations.

### ***Modèle médian***

Enfin, le dernier scénario est plutôt similaire au modèle pessimiste à la différence près que le degré d'isolement des stations est moins appuyé. Les enjeux sont donc semblables au modèle pessimiste.

On peut voir sur ce dernier scénario que la population de *C. lunulatum* semble potentiellement fortement limitée, au sud par le massif du Cantal, à l'est et surtout à l'ouest par les vallées boisées et au nord par les massifs forestiers de la Chaîne des Puys. On retrouve dans ce scénario les 4 principaux noyaux de répartition de l'espèce plus ou moins connectés. Hormis le noyau le plus à l'est qui n'est constitué que d'un unique site avec plus de 250 individus observés lors d'un unique passage d'inventaire, les autres noyaux sont composés de plusieurs sites d'abondance en individus variable.

Les sites à faibles effectifs sont plus facilement interconnectés s'ils sont situés à proximité de sites à forte abondance et avec un relief et des habitats favorables au déplacement, plutôt que des sites à forte abondance mais plus éloignés et avec un relief et une fermeture des milieux plus marqués. Par ailleurs, les sites isolés et présents dans des secteurs où les capacités de déplacement sont limitées par le relief et la présence de zones forestière présentent un enjeu de conservation particulièrement sensible pour le maintien de *C. lunulatum* dans ces secteurs.

## V. DISCUSSION & PERSPECTIVES

### 1. Des capacités de déplacement sous-évaluées

Les petits zygoptères notamment les *Coenagrionidae* sont considérés comme des espèces peu mobiles à l'inverse des *Aeshnidae* par exemple, bien connues pour leurs très grands mouvements et leurs migrations. Les résultats de notre étude permettent de nuancer ces dires, puisqu'avec des déplacements observés d'environ 4 km, l'hypothèse selon laquelle l'espèce est capable d'effectuer de longues distances sur le Plateau du Cézallier est confirmée. Cette capacité de dispersion est d'ailleurs probablement sous-estimée du fait de la surface contrainte de la zone d'étude.

L'étude a montré des déplacements de grande envergure qui peuvent être assimilés à de la dispersion, entre deux stations de présence de l'espèce. Mais la majorité des individus recapturés l'ont été sur un même site. Ainsi, comme les conclusions établies par Rouquette & Thompson (2007) sur *C. mercuriale*, la grande majorité des agrions restent à proximité d'un site de reproduction mais certains individus se déplacent sur plusieurs kilomètres.

Les observations réalisées sur *C. lunulatum* permettent de supposer que les individus philopatrics, liés à un site, se déplacent autour de celui-ci dans un rayon de 200 m minimum. En comparaison, en milieu lotique, Rouquette & Thompson (2007) précisent que 65,5% des individus de *C. mercuriale* restent dans un rayon de 50 m entre la première et la dernière capture.

Il semble en effet que les femelles restent à l'écart, à proximité d'un bosquet, d'une lisière ou d'une prairie humide lorsque cela est possible tandis que les mâles de *C. lunulatum* restent à proximité du site de ponte, de la même manière que d'autres espèces semblables (Stettmer 1996; Stoks 2001; Rouquette & Thompson 2007). Les prospections doivent donc être réalisées de manière approfondie sur la zone en eau mais également en périphérie du site afin de ne pas oublier de capturer les individus à proximité, notamment les femelles. C'est d'ailleurs sans doute pour cette raison, et du fait de la coloration moins visible, que le taux de capture et recapture des mâles est plus important que celui des femelles.



Figure 23. Femelle d'Agrion à lunules ©C. Seguin

Rappelons que la capacité à se déplacer est également liée à plusieurs paramètres comme l'âge des individus (Hassall & Thompson 2012), la densité de population (Rouquette & Thompson 2007; Chaput-Bardy *et al.* 2010) ou le sexe (Beirinckx *et al.* 2006). Selon Beirinckx *et al.* (2006), les femelles sont plus dispersantes que les mâles, qui restent sur le site de ponte. Le nombre de recaptures ne permet pas d'infirmer ou de confirmer ces données, aucune femelle n'a été recapturée sur un site différent de sa capture.

La biologie particulière des Odonates ne permet pas de marquer les individus émergents. Il est alors difficile d'affirmer que les individus nouvellement marqués se trouvent sur leur site d'émergence. En effet, malgré des recherches appuyées, nous n'avons pas trouvé de zones de maturation pour cette espèce à proximité des sites d'émergence. Des individus, une fois émergés, peuvent donc tout à fait se déplacer sur un autre site et ainsi une part peut-être non négligeable des déplacements est manquée.

## 2. Paysage et Agrion à lunules

Les observations réalisées dans le cadre de cette étude ont permis de préciser les modalités d'utilisation de l'espace par *Coenagrion lunulatum* :

- > Utilisation importante des prairies mésophiles (estive notamment), zone de refus du pâturage (Genêt, Gentiane jaune notamment) et zones abritées du vent (proximité d'une lisière forestière) comme protection.
- > Le réseau hydrographique ne semble pas être utilisé préférentiellement comme corridor de déplacement.
- > Les prairies humides à proximité d'un site d'émergence semblent être utilisées comme une source de nourriture (nombreuses proies) et de repos pour les femelles.
- > Déplacement potentiel entre deux sites traversant un massif forestier (du site R au site E de plus de 4,4 km)

Les hypothèses initiales d'imperméabilité des boisements et d'utilisation stricte du réseau hydrographique et des zones humides associées pour les déplacements sont peut-être à remettre en cause face à ces observations. Les résultats sont toutefois à remettre dans le contexte géographique de l'étude : un milieu de moyenne montagne très ouvert et très venteux, et sont peut-être difficilement transposables dans un environnement différent.

Enfin, notons que le sens des déplacements d'individus ne semble pas corrélé avec l'orientation des vents relevés sur le secteur étudié à cette même période. L'individu B201 qui s'est déplacé entre le site B et site R en moins de 24h est allé vers le nord-ouest, alors que le vent sur ces deux jours n'était pas très fort et plutôt dirigé en direction du sud. Ce résultat qui semble étonnant est difficile à interpréter : soit une accalmie de quelques heures, sans vent, a permis le déplacement de près de 2 km, soit des mouvements à contrevent sont à envisager ou encore dû à des mouvements d'air très localisés dus à la topographie et/ou aux milieux concernés.

### 3. Une technique performante mais avec des limites

#### a. Capture et taux de recapture

Le taux de recapture moyen de 9% s'avère plutôt faible en comparaison d'autres études réalisées sur des espèces similaires telles que *Coenagrion mercuriale* où les taux de recapture avoisinent les 30% (Rouquette & Thompson 2007; Purse *et al.* 2003). Cet écart est probablement lié aux habitats différents des 2 espèces, *C. mercuriale* étant inféodé aux ruisseaux ensoleillés et *C. lunulatum* à des points d'eau stagnants (Dijkstra & Lewington 2009). La dispersion de *C. lunulatum* est donc probablement plus aléatoire et potentiellement plus importante. Pour rappel, l'étude de Rouquette & Thompson (2007) sur *C. mercuriale* montre une dispersion locale de 50 m, tandis que pour *C. lunulatum* nous estimons une dispersion locale minimum de 200 m.

De plus, la probabilité de recapture dépend de l'intervalle de temps entre chaque session (Purse *et al.* 2003), or chaque site a été visité en moyenne tous les six jours durant l'étude. Un intervalle plus réduit entre les sessions aurait probablement amélioré le taux de recapture mais n'a pas été possible en raison de l'effort de terrain considérable que cela aurait impliqué. La durée de vie moyenne des individus est à prendre en compte pour expliquer ce résultat faible avec une espérance de vie réduite (une dizaine de jour maximum observée), le taux de recapture est forcément bas.

#### b. Taille de population

Les tailles de populations n'ont pas pu être estimées en raison de la méthode utilisée, notamment du modèle. Des analyses ont été faites avec des modèles « plus classiques » mais les résultats obtenus étaient très variables, peu robustes, avec des intervalles de confiance largement plus grands que le nombre estimé. Toutefois, la CMR a permis de constater que les effectifs estimés les années précédentes par simple comptage étaient largement sous-évalués.

Par exemple, lors de l'étude 2014, moins de 200 individus ont été vus au maximum à chaque passage sur le site R alors qu'en 2015, plus de 900 individus différents ont été dénombrés en une seule journée. De même, le nombre maximal d'individus évalué sur le site J en 2014 (30) est bien inférieur au nombre d'individus vu sur ce site en 2015 puisqu'il a été vu plus de 100 individus durant 4 sessions. Les valeurs de 2014 mentionnées ici sont le nombre maximal d'individu observé au cours des 3 passages. En comparant les résultats de ces deux années d'étude avec une méthode de dénombrement différente, on s'aperçoit que le nombre d'individus est sous-estimé lors d'une simple estimation visuelle.

#### c. Probabilité de dispersion

Quinze déplacements inter-sites ont été observés sur les 600 recaptures (2,5%), ce qui semble peu et ne permet pas d'évaluer la probabilité de dispersion en fonction de la distance. Les données recueillies ne permettent pas d'analyses suffisamment robustes pour définir si les déplacements sont dépendants de la densité d'individus sur les sites de reproduction. Il est possible qu'un site ayant une très forte population émette plus d'individus dispersants, en raison du nombre d'individus potentiellement dispersants plus élevés mais également en raison d'une trop forte compétition sur ce site.

#### d. Perturbations liées à la méthode

La CMR est une méthode lourde à mettre en place car très chronophage et qui peut avoir des impacts sur le modèle d'étude mais aussi sur le milieu. Elle implique en effet une pression d'observation importante pour obtenir un maximum de recaptures. Des passages fréquents sur une courte période peuvent conduire à des dégradations importantes, particulièrement sur des milieux tourbeux.

Le marquage ne semble pas avoir d'impact marquant sur la reproduction puisque des mâles et des femelles marqués ont été recapturés en accouplement après avoir été marqués.

Il est également intéressant de noter que le numéro B997 a été revu dans une « mare de ferme » à 3 km du lieu où il a été marqué une heure plus tôt. Du fait que ce point d'eau n'ait pas été suivi durant l'étude, et en raison du caractère trop aléatoire de cette observation, le déplacement n'a pas été enregistré. Si l'observation peut à première vue sembler douteuse, elle doit alerter sur la perturbation provoquée par la capture de l'individu au filet car il semble probable que cet individu ait parcouru les 3 km d'un seul tenant dès qu'il fut relâché. Il a en effet pu être observé que certains individus adoptent un comportement de fuite après la capture qui peut les entraîner sur des distances importantes.

#### 4. Répartition de l'Agrion à Lunules sur le territoire du Parc des Volcans d'Auvergne

La répartition de *Coenagrion lunulatum* peut être considérée comme actuellement bien connue sur le territoire du Parc des Volcans d'Auvergne.

- > La population est constituée d'un « réseau central » ancré sur les Monts Dore et le Cézallier, constituée de nombreuses stations et concentrant tous les sites à forts effectifs connus.
- > Les stations au nord du Parc n'ont pas été revalidées durant les inventaires et aucune nouvelle station n'a été trouvée, réduisant fortement l'aire de répartition de l'espèce puisqu'il s'agissait des zones les plus au nord. Actuellement la station la plus au nord (du Parc mais aussi de France) est une mare présente sur le plateau du Guery.
- > Les sites au sud du Parc, actuellement connus, accueillent tous de faibles populations de *Coenagrion lunulatum* et certains sites peuvent être potentiellement isolés alors que les conditions semblent assez similaires à celles plus au nord, pourquoi alors aucune station plus importante n'a été trouvée ?

Les sites présents aux extrémités nord et sud ont tous sans exception des effectifs faibles avec moins de 15 individus vus sur les 6 sites les plus au sud et moins de 5 individus pour les 2 sites au nord. Plusieurs hypothèses peuvent expliquer la présence de ces individus plutôt éloignés du reste de la population principale.

La première hypothèse est que ces individus proviennent d'autres sites. Il est possible que quelques stations n'aient pas encore été identifiées mais le travail d'inventaire réalisé depuis 2013 et particulièrement poussé sur ces secteurs laisse penser que cette hypothèse est peu probable. Si ces individus proviennent des sites déjà connus plus au sud, cela montrerait que les déplacements des individus sont encore plus élevés que ce qui a été montré au cours de cette étude. En effet, le site le plus au nord-est ne comportait qu'un seul individu lorsqu'il a été prospecté et il est éloigné de plus de 8 km de tout autre site où l'espèce est présente !

Une autre hypothèse est que ces sites se maintiennent avec des effectifs faibles et sont isolés du reste des populations. La question de la pérennité de ces sites sur du long terme est à soulever.

Notons que la zone aux alentours de Riom-es-Montagnes est potentiellement intéressante et n'a pas été prospectée durant ces inventaires.

Des inventaires similaires ont été réalisés dans d'autres massifs auvergnats et ont permis de mettre en évidence :

- > 2 stations sur la commune d'Espalem (Soissons com. pers)
- > 2 stations dans le Livradois Forez dont l'étang de la Fargette (Lefevbre & Barbarin com. pers)
- > 1 station sur les contreforts nord de la Margeride (Soissons com. pers)
- > Aucune observation dans le Mezenc et l'Aubrac malgré des inventaires (Soissons com. pers., Lolive com.pers.).

Ces études confirment la responsabilité forte du Parc des Volcans dans la conservation de cette espèce à l'échelle française : plus de 70 % des stations décrites depuis 1964 sont situées sur son territoire et plus de 80 % des stations avec des données depuis 2000.

A noter qu'une étude irlandaise classe l'espèce comme sensible à une augmentation de la température et à une diminution de la pluviosité dès 2055 (Sweeney *et al.* 2003). La synthèse réalisée dans le cadre du projet RICCMAC sur les changements climatiques dans le Massif central parle pour l'Auvergne de +0,3 °C par décennie sur la période 1959 – 2009 avec peu ou pas d'évolution des précipitations et une sécheresse en progression (Météo-France 2015 in ARPE Midi-Pyrénées, Rhône-Alpes-énergie-environnement 2015).

## 5. Études complémentaires

### a. Analyses génétiques

Des analyses génétiques permettent d'obtenir des informations complémentaires et très précises notamment sur les distances génétiques qui séparent des populations et donc de leurs isolement les unes des autres, un niveau d'hétérozygotie d'une population (diversité génétique de la population informant sur son état de santé et les risques de déclin) et la taille efficace de la population (nombre d'individus qui se reproduisent dans la population). De telles analyses pourraient être développées mais nécessitent au préalable l'identification des marqueurs génétiques de l'espèce.

### b. Télémétrie/Marquage lumineux

Les petits odonates comme les *Coenagrionidae* sont très sensibles à la structure du paysage (Keller *et al.*, 2012). Or, aucune étude ne semble faire état de l'utilisation de l'espace par l'espèce. Il serait intéressant de suivre quelques individus très régulièrement par marquage ou par télémétrie pour mieux comprendre l'utilisation de l'environnement par l'espèce. Ces données permettraient d'une part de définir des zones clés pour l'espèce : les milieux fréquentés par les mâles, par les femelles, les zones de maturation, les zones les plus utilisées pour les déplacements et les habitats les plus utilisés ; et d'autre part de mesurer l'effet des contraintes environnementales sur ces déplacements.



Figure 24. Mare d'estive du Cézaillier accueillant une population importante d'Agrion à lunules ©M. Kreder

## VI. STRATEGIE DE PRESERVATION

---

L'amélioration des connaissances était l'axe majeur du programme d'action 2013-2015 mené par le Parc des Volcans d'Auvergne. Ainsi nous disposons actuellement d'informations, de données récentes et locales sur l'Agrion à lunules afin de préparer au mieux la suite ; des actions concrètes de préservation. Cette démarche s'inscrit dans les orientations du futur Plan Régional d'Action en faveur des Odonates, qui prévoit désormais d'agir de manière active sur la conservation et la restauration des habitats de l'espèce.

Un effort particulier a donc été réalisé à la suite de nos études pour préparer un projet plus opérationnel de gestion conservatoire en faveur de l'Agrion à lunules et plus globalement des odonates à enjeu du Parc Naturel Régional des Volcans d'Auvergne.

La stratégie de préservation des odonates du Parc des Volcans s'est appuyée sur une hiérarchisation des sites, établie d'après les critères suivants (un exemple de calcul en annexe 4) :

### 1. **Reproduction** (oui /non)

On considère qu'il y a reproduction quand il y a observation d'au moins un comportement de reproduction (ponte, exuvie, accouplement, larve, tandem).

### 2. **Taille de population** (faible / moyenne / forte)

Faible 1 à 10 individus observés, Moyenne 11 à 100 et Forte > 100 individus comptés lors d'un passage

### 3. **Isolement** de la station (mauvais / moyen / bon)

→ Nombre de stations de l'espèce autour de la station ciblée comprises dans une zone tampon de 4 km (distance maximale de dispersion) (1 point par station)

→ Présence d'au moins un site de l'espèce dans un rayon de 2 km (moitié de la distance maximale de dispersion) autour de la station ciblée (présence = + 5 points)

Mauvais 0 à 5 points ; Moyen 6 à 10 et Bon > 11 points

### 4. **Présence d'habitats favorables** (oui/non)

Un habitat est considéré comme favorable pour l'Agrion à lunules, si :

- > présence d'eau libre,
- > d'hydrophytes,
- > sans poissons,
- > et un milieu environnant majoritairement ouvert.

Ensuite, par une clé de décision attribuant à chaque site un statut, les sites ont été hiérarchisés (figure 25) notamment en terme de menace et d'action à mener en priorité.

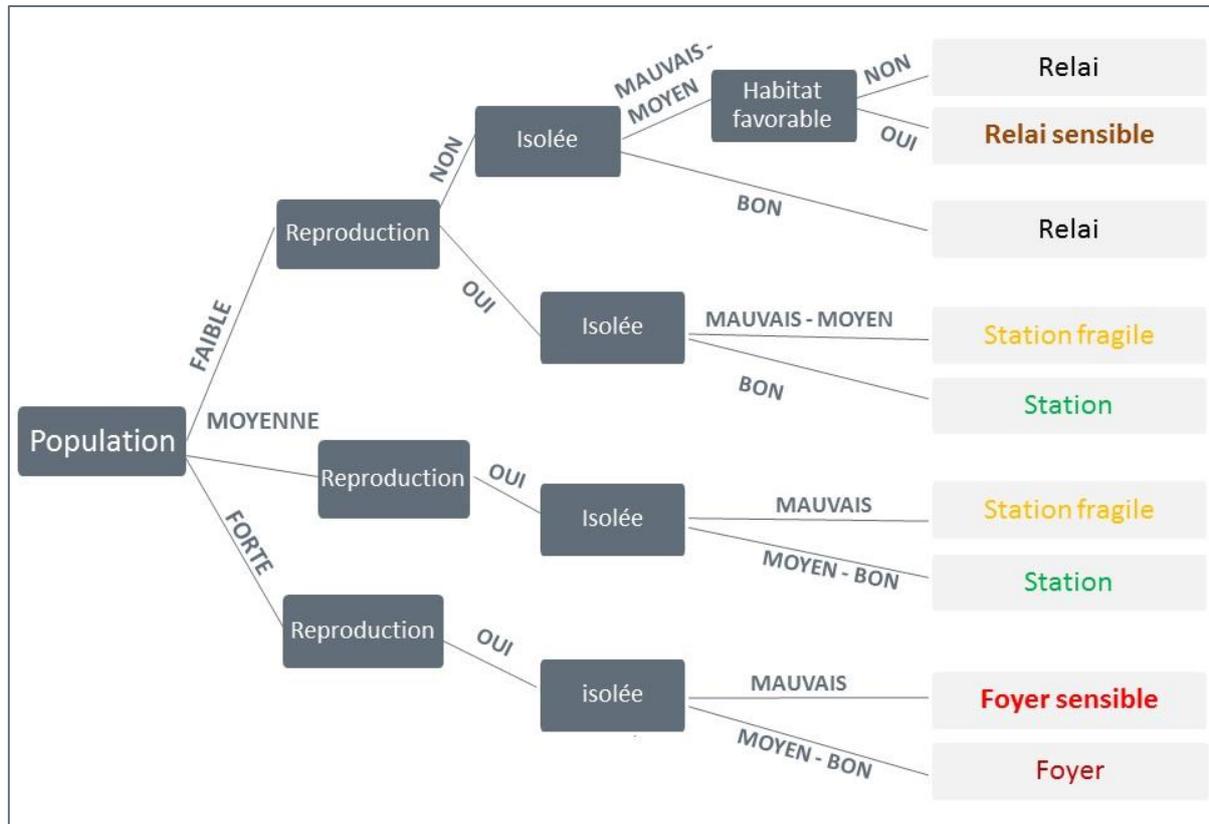


Figure 25. Clé de décision permettant de hiérarchisation les sites de présence de l'Agriion à lunules

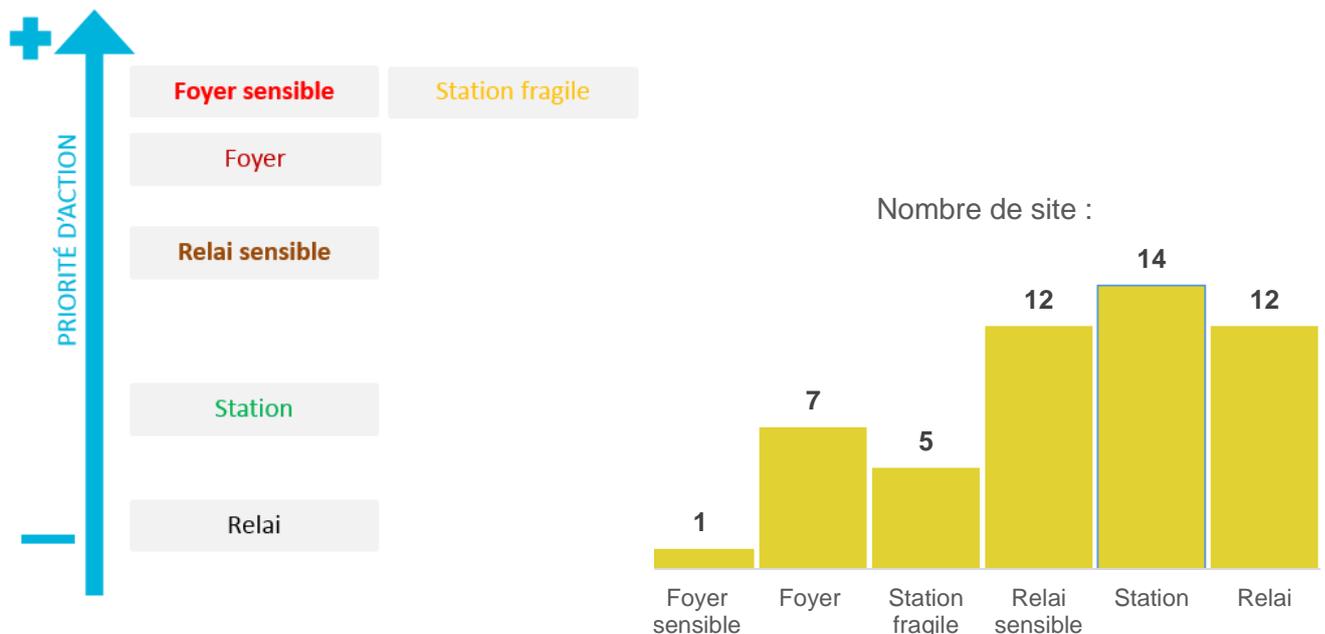


Figure 26. Hiérarchisation des statuts de classification et nombre de sites correspondants

Cette démarche a permis de définir les grandes orientations de préservation en faveur de l'Agriion à lunules (carte 8 , page suivante) :

- > Un noyau de population à protéger
- > Des stations au nord et au sud à reconnecter
- > Des milieux à restaurer

Plusieurs grands types d'actions découlent de cette synthèse préliminaire visant :

- > La protection des stations importantes (foyer et foyer sensible...).
- > La restauration d'habitats - création de nouvelles mares d'estives - notamment à proximité des stations relais et des relais sensibles ou à proximité sur des nouveaux sites
- > Expérimentation de gestion, notamment par la mise en défens partielle de point d'eau avec une rotation (pluri)annuelle.
- > La prospection des stations historiques (Planèze de Saint Flour et Riom- es-Montagnes)
- > Le porter à connaissance aux gestionnaires concernés. Les résultats de l'étude seront fournis aux différents gestionnaires (Réserve Naturelle, Arrêté de Protection de Biotope, Espace Naturel Sensible, Natura 2000 et Contrats territoriaux).
- > L'étude d'une potentielle compétition avec *Coenagrion hastulatum* sur certaines stations et l'étude de l'évolution des populations sur un site en lien avec l'évolution de l'habitat

La protection des stations importantes à long terme passent parfois par la maîtrise foncière ou d'usage. En croisant, notamment, les statuts de protection ou de gestion existants, une proposition de ciblage d'action est faite, pour une action d'animation foncière. Ont été retenus les sites sur lesquels d'autres outils n'existent pas pour assurer la préservation de la station et sur lesquels des possibilités de maîtrise foncière semblent exister.

Du point de vue de la concrétisation de ces actions, l'animation foncière pourrait être confiée au Conservatoire d'Espaces Naturels d'Auvergne et la gestion des études de faisabilité avant travaux pourrait être assurée par le SMPNRVA dans le cadre d'un nouveau projet proposé dans le cadre de la déclinaison régional du PNA Odonates pour la période 2016/2017.

STATION DE PRESENCE DE L'AGRION A LUNULES

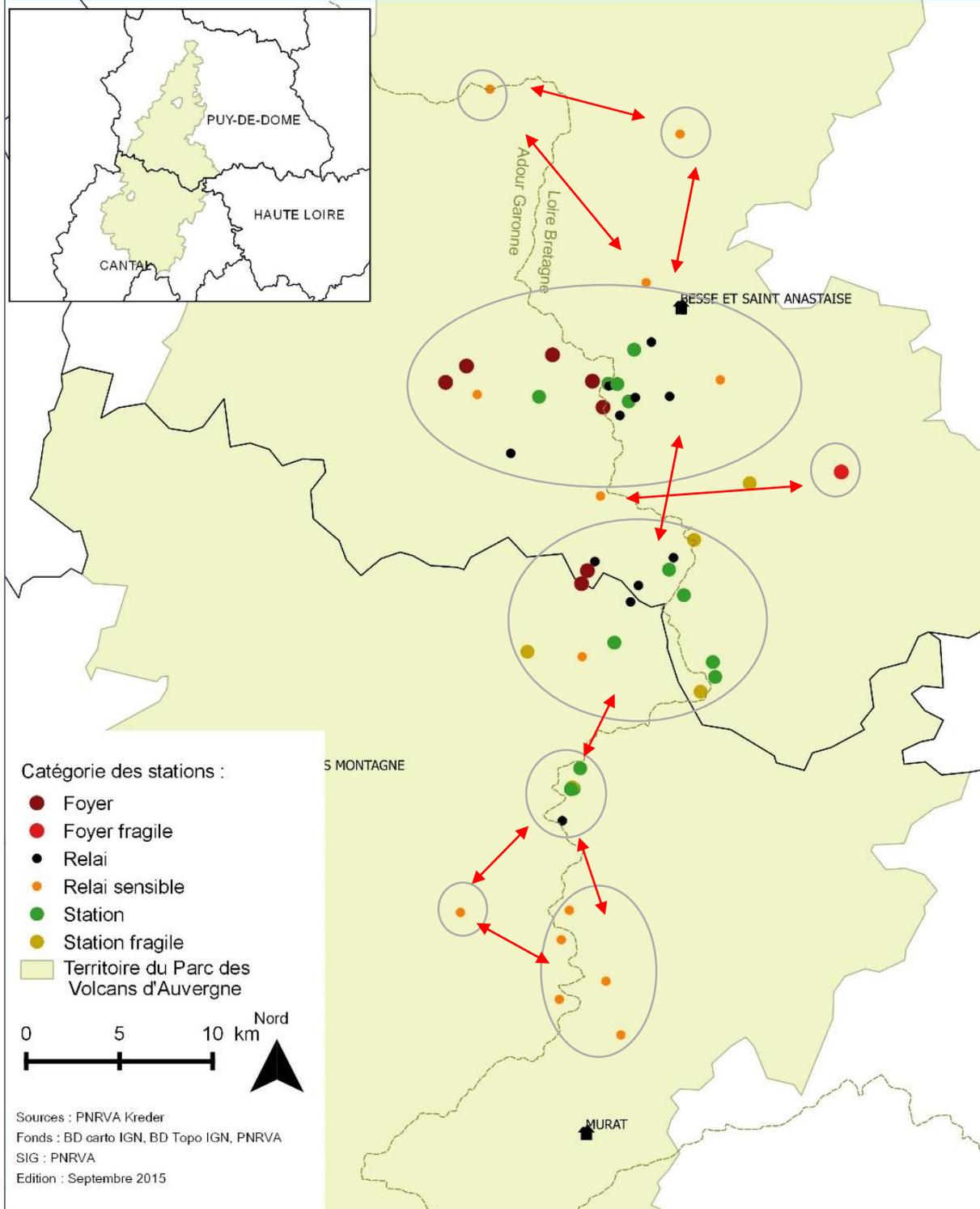


Figure 27. Enjeux des stations de présence de *C. lunulatum* sur le PNRVA

## VII. CONCLUSION

---

L'étude CMR est l'aboutissement d'un programme de 3 ans d'amélioration des connaissances dans le Parc Naturel Régional des Volcans d'Auvergne sur *Coenagrion lunulatum*, espèce rare et méconnue. Après un conséquent travail d'inventaire et de caractérisation des habitats larvaires, l'année 2015 s'est attachée à mieux connaître les capacités de déplacement de l'espèce. Même si très peu de déplacements ont été observés sur les 6011 individus marqués, six individus ont parcourus une distance de plus de 2 km (maximum d'environ 4 400 m) et il est possible que les déplacements maximums soient encore sous-estimés.

Les prospections régulières sur les sites d'étude ont permis d'améliorer les connaissances sur la biologie et l'écologie de l'espèce comme la durée de vie moyenne des individus, le taux de survie mais également de mettre en évidence des effectifs d'individus parfois insoupçonnées lors d'un unique passage.

Les informations obtenues cette année ont permis, à partir des stations de présence et des connaissances acquises au cours des 3 années d'étude, de modéliser différents *scenarii* de la dispersion potentielle de *C. lunulatum* sur le PNRVA, du plus pessimiste au plus optimiste. Ces 3 *scenarios* englobent une vision globalement optimiste de la répartition de l'Agrion à lunules sur le territoire du Parc, notamment si l'on considère les données existantes avant nos études (ex. déplacement d'environ 600m dans la bibliographie), puisque un « réseau de population » important est présent et potentiellement connecté sur les Monts Dore et le Cézallier. Il faudra tout de même surveiller avec attention les secteurs les plus au nord et au sud puisque la majorité des stations de cette espèce sont des sites éloignés avec des effectifs faibles (< 10 individus).

Enfin l'écologie particulière de cette espèce, sa répartition si localisée permet de confirmer la fragilité de l'Agrion à lunules dans le Massif central. L'enjeu pour les années à venir est de favoriser un bon état de conservation de l'espèce sur le PNRVA. Il semble donc nécessaire d'agir et de mettre en place des actions de gestion concrètes pour d'une part maintenir les plus grosses stations et d'autre part restaurer une connectivité entre les différents noyaux de population. L'Agrion à lunules mériterait de bénéficier d'une protection réglementaire régionale ou nationale afin de renforcer les outils disponibles pour sa conservation.

# BIBLIOGRAPHIE

- Aguesse P. (1964) *Notes sur l'écologie et la répartition des Odonates du Massif Central*, Bulletin de la Société entomologique de France, 69, pp 223-232
- Akaike H. (1998) *Information Theory and an Extension of the Maximum Likelihood Principle*, *Selected Papers of Hirotugu Akaike*, pp. 199–213..
- Arnaud P.M., Emig C.C. (1986) *La population, unité fonctionnelle de la biocénose*, pp. 69–72. Biologie des Populations. Lyon.
- Barbault R., Lebreton J.-D. Populations animales (Dynamique des). *Encyclopædia Universalis [en ligne]*. Consultée le 6 mars 2015
- Beirinckx K., Van Gossum H., Lajeunesse M.J., Forbes M.R. (2006) *Sex biases in dispersal and philopatry: insight from a meta-analysis based on capture-mark-recapture studies of damselflies*. *Oikos*, pp. 539–547.
- Besnard A., Salles J.M. (2010) *Suivi scientifique d'espèces animales. Aspects méthodologiques essentiels pour l'élaboration de protocoles de suivis. Note méthodologique à l'usage des gestionnaires de sites Natura 2000*. DREAL PACA, pôle Natura 2000. 62 p.
- Bourrie F., Pont L. (2013) *Inventaire et étude de l'habitat de l'Agrion à lunules *Coenagrion lunatum* sur les massifs du Cézallier et des Monts Dore*. PNR des Volcans d'Auvergne. 34 p.
- Buckland S.T. ed. (1993) *Distance sampling: estimating abundance of biological populations* 1st ed. London ; New York: Chapman & Hall. 446 p.
- Buckland S.T., Anderson D.R., Burnham K.P. (2010) *Advanced distance sampling*. Oxford: Oxford University Press. 434 p.
- Burnham K.P. (1993) *A theory for combined analysis of ring recovery and recapture data. Marked Individuals in the Study of Bird Population*, In *Marked Individuals in the Study of Bird Population*, pp. 199–213.
- Burnham K.P., Anderson D.R. (2002) *Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach* 2nd ed. New York: Springer. 488 p.
- Chaput-Bardy A., Grégoire A., Baguette M., Pagano A., Secondi J. (2010) *Condition and Phenotype-Dependent Dispersal in a Damselfly, *Calopteryx splendens** Ed R. L. Earley. *PLoS ONE*, 5, 7 p.
- Clobert J., Danchin E., Dhondt A.A. & Nichols J.D. (2001) *Dispersal*. Oxford University Press, Oxford.
- Clobert J., Le Galliard J.F., Cote J., Meylan S. & Massot M. (2009) *Informed dispersal, heterogeneity in animal dispersal syndromes and the dynamics of spatially structured populations*. *Ecology Letters*, 12, pp. 197–209
- Corbet P.S. (1999) *Dragonflies: behaviour and ecology of Odonata*. Colchester: Harley Books. 829 p.
- Costanza R., D'Arge R., De Groot R., Farber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neil R.V., Paruelo J., Raskin R.G., Sutton P., Van den Belt M. (1997) *The value of the world's ecosystem services and natural capital*. *Nature*, pp. 253–260.
- Dijkstra K.-D.B., Lewington R. (2009) *Guide des libellules de France et d'Europe*. Paris: Delachaux et Niestlé. 320 p.
- Dupont P. (2010) *Plan National d'Action en faveur des Odonates*. Office pour les insectes et leur environnement - Société Française d'Odonatologie - Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de la Mer. 170p.
- Gangwere S.K., Chavin W., Evan F.C. (1964) *Methods of Marking insects, with especial reference to Orthoptera* (Sens. Lat.). *Annals of the Entomological Society of America*, pp. 662–669.
- Gilard B., Villepoux O. (2004) *Liste odonates déterminants (ZNIEFF)*. DREAL Auvergne. 2 p.
- Grand D., Boudot J.-P. (2006) *Les libellules de France, Belgique et Luxembourg*. Mèze: Biotope. 480 p.
- Hagler J.R., Jackson C.G. (2001) *Methods for Marking Insects: Current Techniques and Future Prospects*. *Annual Review Entomology*, pp. 511–543.
- Hassall C., Thompson D.J. (2012) *Study design and mark-recapture estimates of dispersal: a case study with the endangered damselfly *Coenagrion mercuriale**. *Journal of Insect Conservation*, 16, pp. 111–120.
- Hunger H. & Röske W. (2001) *Short-range dispersal of the southern damselfly (*Coenagrion mercuriale*: Odonata) defined experimentally using UV fluorescent ink*. *Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz*, pp. 181–187.
- Keller D., Van Strien M.J., Holderegger R. (2012) *Do landscape barriers affect functional connectivity of populations of an endangered damselfly?: Functional connectivity in a damselfly*. *Freshwater Biology*, 57, pp. 1373–1384.
- Kokko H. & Lopez-Sepulcre A. (2006) *From Individual Dispersal to Species Ranges: Perspectives for a Changing World*. *Science*, 313, pp. 789-791.
- Kreder M., Collet M.-A., Pont L. (2015) *Amélioration des connaissances de l'Agrion à lunules *Coenagrion lunulatum* sur le territoire du Parc naturel régional des Volcans d'Auvergne*. PNRVA. 49 p. + 16 p. annexes
- Leroy T. (2006) *Coenagrion lunulatum (Charpentier, 1825) en France : répartition, abondance, éléments d'écologie et de conservation (Odonata, Zygoptera, Coenagrionidae)*. *Martinia*, 22, pp. 151–166.
- Mitsch W.J. (2007) *Wetlands* 4th ed. Hoboken, N.J.: Wiley. 582 p.

- Mulnet D. (2002) *Utilisation pratique des modèles de capture recapture : application à une population de Leucorrhinia dubia. Problèmes méthodologiques concrets et perspectives (pages 39-48)* In Boudot J.-P., Dommanget J.-L. (Coordinateurs). 2002. actes des premières et secondes rencontres odonatologiques de France 'Bonnevaux 4, 5 et 6 août 1990 - Oulches 16,17,18 et 19 juin 1995 Ed Société française d'odonatologie. Martinia, 114 p.
- Ouin A., Paillisson J.-M., Lhonoré J. (2000) *Méthodes de suivi et d'évaluation des populations et peuplements de papillons de jour*. Insectes, pp. 29–31.
- Purse B.V., Hopkins G.W., Day K.J., Thompson D.J. (2003) *Dispersal characteristics and management of a rare damselfly*. Journal of Applied Ecology, pp. 716–728.
- Purse B.V., Thompson D.J. (2003) *Emergence of the damselflies, Coenagrion mercuriale and Ceriagrion tenellum (Odonata: Coenagrionidae), at their northern range margins, in Britain*. European Journal of Entomology, **100**, pp. 93–99.
- Rink M., Sinsch U. (2007) *Radio-telemetric monitoring of dispersing stag beetles: implications for conservation*. Journal of Zoology, **272**, pp. 235–243.
- Rouquette J.R., Thompson D.J. (2007) *Patterns of movement and dispersal in an endangered damselfly and the consequences for its management: Movement and dispersal in a damselfly*. Journal of Applied Ecology, **44**, pp. 692–701.
- Service MW. (1993) *Mosquito Ecology: Field Sampling Methods*, In p. 988. New-York.
- Southwood T.R.E. (1978) *Absolute population estimates using marking techniques*. Ecological Methods, pp. 170–129.
- Stettmer C. (1996) *Colonisation and dispersal patterns of bandes (Calopteryx splendens) and beautiful demoiselles (C. virgo) (Odonata: Calopterygidae) in south-east German streams*. European Journal of Entomology, pp. 579–593.
- Stoks R. (2001) *Male-biased sex ratios in mature damselfly populations: real or artefact?* Ecological Entomology, **26**, pp. 181–187.
- Sumner S., Lucas E., Barker J., Isaac N. (2007) *Radio-Tagging Technology Reveals Extreme Nest-Drifting Behavior in a Eusocial Insect*. Current Biology, **17**, pp. 140–145.
- Switzer P.V. (1997) *Past reproductive success affects future habitat selection*. Behavioral Ecology and Sociobiology, **40**, pp. 307-312.
- Sweeney J., Environmental Protection Agency, National University of Ireland M., Department of Geography, Environmental Research Technological Development and Innovation Programme (2003) *Climate change: scenarios & impacts for Ireland*. 247 p.
- Syndicat mixte du Parc naturel régional des Volcans d'Auvergne (2012) *Charte 2013-2025: Rapport et annexes*. 206 p. + 22 p. annexes
- Watts P.C., Rouquette J.R., Saccheri I.J., Kemp S.J., Thompson D.J. (2004) *Molecular and ecological evidence for small-scale isolation by distance in an endangered damselfly, Coenagrion mercuriale*. Molecular Ecology, **13**, pp. 2931–2945.
- White G.C., Burnham K.P. (1999) *Program MARK: survival estimation from populations of marked animals*. Bird Study, **46**, pp. S120–S139.

## WEBOGRAPHIE :

Météo Massif central. *Le climat du Puy de Dôme*. [En ligne]. Disponible sur <http://www.meteo-mc.fr/climat-Puy-de-Dome.html> (Page consultée le 01/09/2015)



# ANNEXE

**ANNEXE 1 :** Conditions climatiques enregistrées lors des journées de prospection

**ANNEXE 2 :** Estimation des paramètres de survie et de recapture pour les deux sexes (♂ et ♀) selon le Modèle 1

**ANNEXE 3 :** Modélisation de la présence potentielle de *Coenagrion lunulatum* sur le PNR des Volcans d'Auvergne : Modèle médian

**ANNEXE 4 :** Précisions sur la méthode de hiérarchisation des stations dans le cadre d'une stratégie de préservation de l'espèce

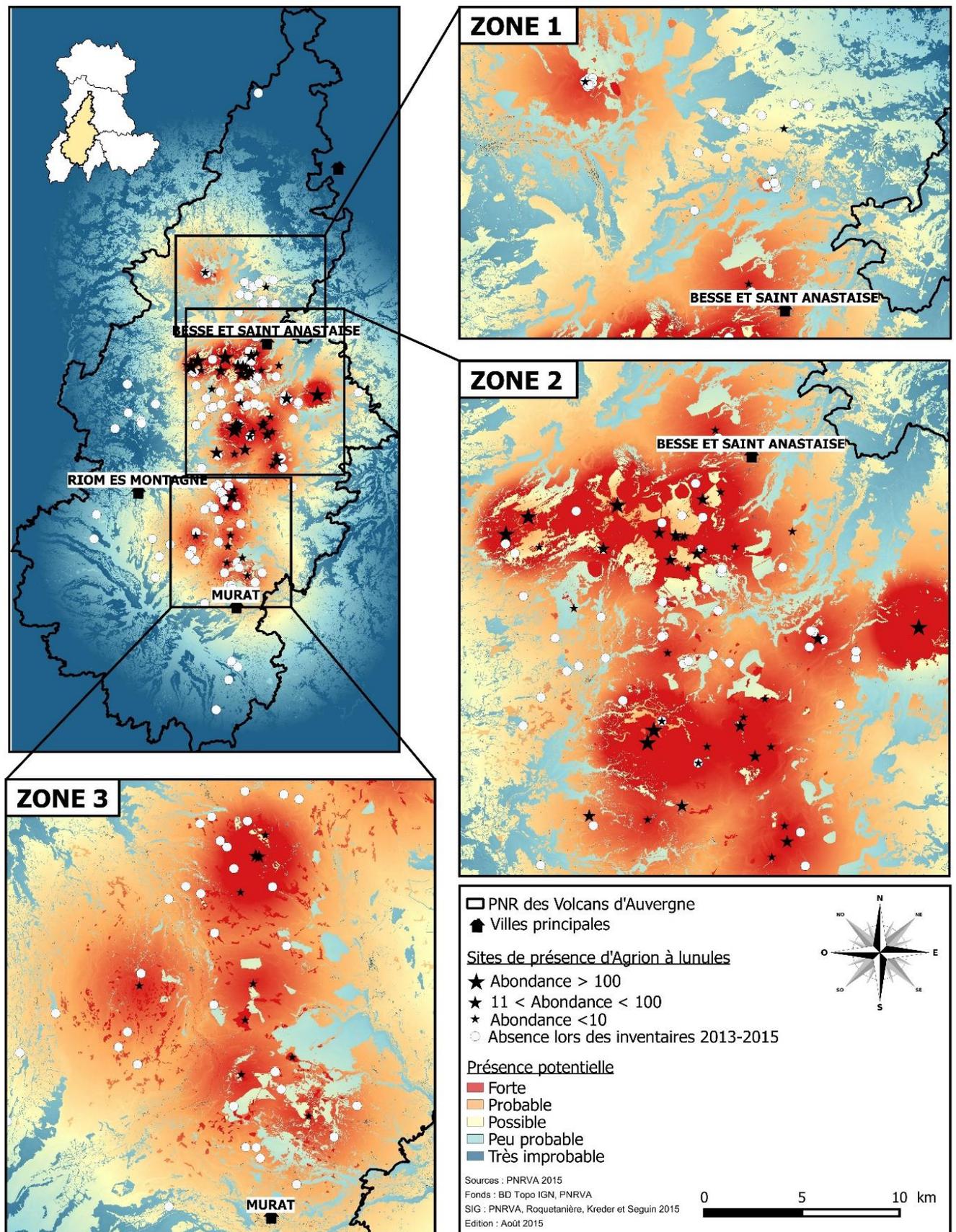
## ANNEXE 1: Conditions climatiques enregistrées lors des journées de prospection

Session	Date	Sites prospectés	Durée	Nébulosité	Vent	Temp (° C)
1	18-mai	LA – LB – LM – LE – LT – LC - R	07:20	0-25	Moyen	18
	19-mai	C – B – J – M – E – EE - EO	04:20	50-75	Moyen	9
2	27-mai	LA – LB – LM – LE – LT – LC - E	05:50	0-25	Moyen	13
	28-mai	R	08:20	0-25	Faible	20
	29-mai	J – EE – EO – M – C - B	04:25	25-50	Moyen	15
3	03-juin	LA – LB – LM – LE – LT – LC - E	08:05	0-25	Nul	25
	04-juin	R	09:00	0-25	Nul	25
	05-juin	J – EE – EO – M – B - C	08:30	0-25	Moyen	25
4	07-juin	LA – LB – LM – LE – LT – LC	08:00	25-50	Faible	20
	08-juin	J – EE – EO – M - B	08:25	25-50	Moyen	20
	09-juin	R - C	07:15	75-100	Faible	18
5	17-juin	LA – LB – LM – LE – LT – LC	09:35	0-25	Moyen	13
	18-juin	R - C	08:25	50-75	Faible	20
	19-juin	J – EE – EO – M - B	03:40	25-50	Faible	20
6	23-juin	R	08:00	50-75	Nul	15
	24-juin	J – EE – EO – M – C - B	09:10	0-25	Moyen	20
	25-juin	LA – LB – LM – LE – LT – LC	08:50	0-25	Nul	25
7	27-juin	J – M – EE – EO – M - E	07:05	25-50	Faible	20
	28-juin	LA – LB – LM – LE – LT – LC	09:10	0-25	Faible	25
	29-juin	R	05:45	0-25	Nul	20
8	01-juil	J – EE – EO – M - LA – LB – LM – LE – LT – LC	08:00	0-25	Faible	25
	02-juil	R – B – C - E	05:30	50-75	Moyen	25
9	07-juil	J – EE – EO – M - E - LA – LB – LM – LE – LT – LC	08:00	0-25	Moyen	25
	08-juil	C – R - B	03:30	50-75	Moyen	16

**ANNEXE 2 : Estimation des paramètres de survie et de recapture pour les deux sexes  
(♂ et ♀) selon le Modèle 1**

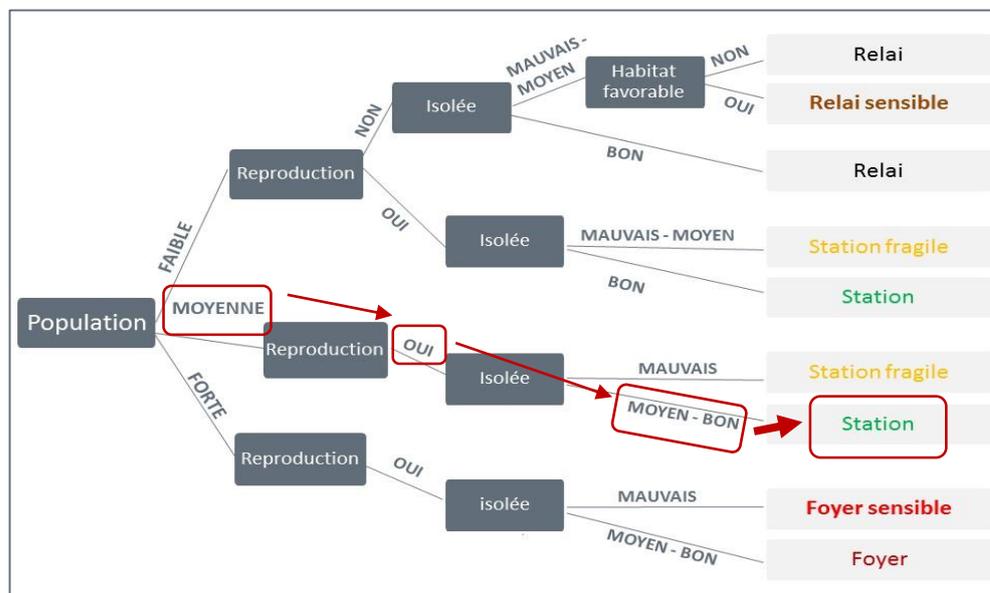
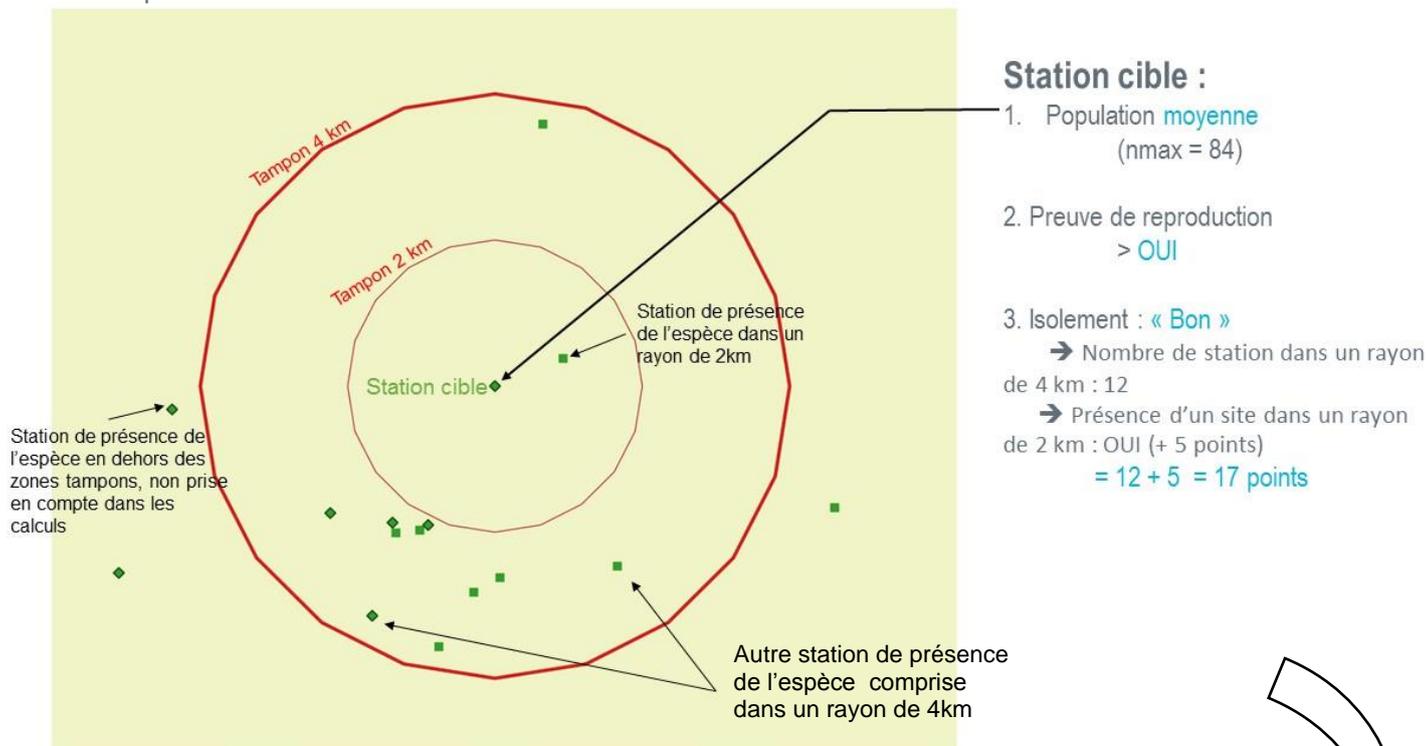
Parameter	Estimate	Standard Error	95% Confidence Interval	
			Lower	Upper
1: $S_{t1}(\varnothing)$	0.9685054	0.0651203	0.3189782	0.9995049
2: $S_{t2}(\varnothing)$	0.7636465	0.0538278	0.6429622	0.8528723
3: $S_{t3}(\varnothing)$	0.7753107	0.0612386	0.6340285	0.8729782
4: $S_{t4}(\varnothing)$	0.8012958	0.0358481	0.7217433	0.8624394
5: $S_{t5}(\varnothing)$	0.7456086	0.0396371	0.6605488	0.8153134
6: $S_{t6}(\varnothing)$	0.6195792	0.0536058	0.5104976	0.7177906
7: $S_{t7}(\varnothing)$	0.5070912	0.0667647	0.3786755	0.6345780
8: $S_{t8}(\varnothing)$	0.4411063	0.0549477	0.3377082	0.5498778
9: $S_{t9}(\varnothing)$	0.3199252	0.0000000	0.3199252	0.3199252
10: $S_{t1}(\delta)$	0.9808259	0.0401350	0.4383100	0.9997019
11: $S_{t2}(\delta)$	0.8431261	0.0297173	0.7757901	0.8930279
12: $S_{t3}(\delta)$	0.8516300	0.0359133	0.7668067	0.9092506
13: $S_{t4}(\delta)$	0.8702658	0.0140647	0.8401236	0.8954324
14: $S_{t5}(\delta)$	0.8298020	0.0151632	0.7979917	0.8574975
15: $S_{t6}(\delta)$	0.7304015	0.0211176	0.6870719	0.7697420
16: $S_{t7}(\delta)$	0.6311759	0.0394158	0.5511710	0.7045638
17: $S_{t8}(\delta)$	0.5676389	0.0300003	0.5081587	0.6252309
18: $S_{t9}(\delta)$	0.4390009	0.0000000	0.4390009	0.4390009
19: $p_{t1}(\varnothing)$	0.0943324	0.0640142	0.0234205	0.3114709
20: $p_{t2}(\varnothing)$	0.1258650	0.0675602	0.0414246	0.3242132
21: $p_{t3}(\varnothing)$	0.0554694	0.0290207	0.0194452	0.1481487
22: $p_{t4}(\varnothing)$	0.1353167	0.0639438	0.0508887	0.3135433
23: $p_{t5}(\varnothing)$	0.1846550	0.0773396	0.0764244	0.3826552
24: $p_{t6}(\varnothing)$	0.3697708	0.1303790	0.1638631	0.6372297
25: $p_{t7}(\varnothing)$	0.4129610	0.1849680	0.1362014	0.7583636
26: $p_{t8}(\varnothing)$	1.0000000	0.4809285E-007	0.9999999	1.0000001
27: $p_{t1}(\delta)$	0.1367567	0.0685854	0.0482832	0.3309699
28: $p_{t2}(\delta)$	0.1796574	0.0517968	0.0990780	0.3036810
29: $p_{t3}(\delta)$	0.0819981	0.0171318	0.0540857	0.1224507
30: $p_{t4}(\delta)$	0.1922601	0.0332200	0.1353263	0.2657840
31: $p_{t5}(\delta)$	0.2562088	0.0323276	0.1980921	0.3244769
32: $p_{t6}(\delta)$	0.4715692	0.0543942	0.3677969	0.5778583
33: $p_{t7}(\delta)$	0.5168976	0.1286137	0.2805232	0.7459449
34: $p_{t8}(\delta)$	1.0000000	0.3161798E-007	0.9999999	1.0000001

ANNEXE 3 : Modélisation de la présence potentielle de *Coenagrion lunulatum* sur le PNR des Volcans d'Auvergne : Modèle médian



## ANNEXE 4 : Précisions sur la méthode de hiérarchisation des stations dans le cadre d'une stratégie de préservation de l'espèce

Exemple de classification d'une station :



Ainsi, la station ciblée dans l'exemple est un site catégorisé comme « station » dans la stratégie de préservation. Il n'est pas menacé à court terme : population moyenne et faiblement isolé d'autres populations et engager une action de gestion/conservation n'est pas prioritaire sur ce site.

# RESUME

L'Agrion à lunules (*Coenagrion lunulatum*) est une libellule rare et menacée que l'on ne retrouve en France que dans le Massif central, principalement sur le Parc Naturel Régional des Volcans d'Auvergne (PNRVA). Après deux années de recherche de stations de présence et de caractérisation de ses habitats larvaires, l'année 2015 porte sur l'étude des capacités de déplacement de l'espèce. La méthode de Capture-Marquage-Recapture utilisée a permis d'apporter d'une part des connaissances sur l'écologie de l'espèce et la dynamique de ses populations. D'autre part, les recaptures ont montré que l'espèce est capable d'effectuer ponctuellement de grands déplacements, supérieurs à 4 km. A partir des connaissances actuelles sur l'écologie de l'espèce, une carte de présence potentielle de l'espèce sur le PNRVA a pu être modélisée. Celle-ci montre des « noyaux de populations » où l'espèce est bien présente et des sites plus isolés au nord et au sud du territoire avec des effectifs faibles et la présence d'un relief marqué et de boisements. Cette carte doit désormais permettre de cibler les secteurs prioritaires où des mesures de gestion pertinentes devront être proposées pour maintenir la population de *Coenagrion lunulatum* présente sur le PNRVA dans un bon état de conservation.

Mots-clés : *Coenagrion lunulatum*, CMR, Auvergne, Dispersion, Conservation, Odonates

# SUMMARY

Irish Damsselfly (*Coenagrion lunulatum*) is a rare and endangered dragonfly found only in the French Massif Central and especially in the Volcans d'Auvergne Natural Regional Park (PNRVA). After two years of studies about inventory and larval habitat characterisation, 2015 is about moving capacities of this species. On the one hand, Mark-Release-Recapture method enables to understand the population dynamic of the species. On the other hand, recapture shows that *C. lunulatum* can moving punctually on distance longer than 4km. With the current knowledge about the species' ecology, the potential distribution of *C. lunulatum* on the PNRVA has been modelled. This map shows some population cores well connected, and two isolated areas, in the North and in the South of PNRVA territory, due to small populations, relief, and woodland. Now, it must allow to define priority area where actions will be suggest to preserv this dragonfly.

Keywords : *Coenagrion lunulatum*, MRR, Auvergne, Dispersal, Conservation, Dragonfly