



Étude de la dynamique de la population de Sonneurs à ventre
jaune (*Bombina variegata*, Linné 1758) en Forêt Domaniale de
Verdun par la méthode de la CMR.

• Laura PFEFFEN •



Stage effectué du 2 mars au 31 août 2015
A l'ONF UT Verdun
Avenue de Metz
55100 Verdun
Sous la direction de Mr Bonnaire



« Le présent rapport constitue un exercice pédagogique qui ne peut en aucun cas engager la responsabilité
de l'Entreprise ou du Laboratoire d'accueil »

Remerciements

Je remercie M. Loye, directeur de l'ONF de l'agence Verdun, pour l'accueil dans son établissement.

Un grand merci à mon maître de stage, Éric Bonnaire, pour m'avoir permis de réaliser un stage dans un domaine qui me passionne, l'herpétologie.

Des remerciements également à Caroline Matra et Fiona Remy, mes collègues de la Bombina team, pour leur aide tant sur le terrain que pour la rédaction du rapport.

Merci à :

Hugo Cayuela concernant son aide pour le travail du traitement statistique et la rédaction du rapport,

Alexander Hiby, pour la conception et l'aide face aux problèmes du logiciel de reconnaissance photographique sans lequel ce travail n'aurait pas pu être mené à bien,

René-Marc Pineau et aux agents forestiers pour leur disponibilité : Luc, Guillaume, Pascal, Joël, Élise, Florian, Valérian, Yannick et Gérald,

Juliette Foltier pour la création des cartes SIG,

Gersende et Gérald pour l'historique de la forêt de Verdun,

Stéphane Knavie pour son aide face aux problèmes informatiques et au prêts des Terminals De Saisies (TDS, Motorola MC45)

L'agence de Verdun pour le prêt des véhicules pour les vadrouilles en forêt.

Et pour finir, je tiens à remercier toutes les personnes qui nous ont donné un coup de main pour les sessions de capture, et un grand merci à Alex, Tatïe G., Camille, Mum&Gil, Angélique, Tiphaine, pour leur soutien et leurs conseils.

Avant-propos

La Forêt Domaniale (FD) de Verdun a été plantée au lendemain de la Première Guerre mondiale sur l'ancien champ de bataille. D'une superficie de 9615 ha, elle se situe pour l'essentiel sur d'anciennes terres agricoles dévastées et déclarées impropres à l'agriculture par les autorités, mais aussi sur des zones autrefois boisées. Le sol d'origine marneux dans les hauteurs de la forêt permet le maintien d'une hygrométrie importante. A l'inverse, il est calcaire dans les bas ce qui assure la perméabilité de celui-ci. Cette configuration géologique particulière du terrain crée des stations humides et par conséquent favorise la présence du Sonneur à ventre jaune (*Bombina variegata* L.)

L'ONF qui en assure l'exploitation, agit dans de multiples domaines comme la production de bois et mène des actions telles que la sylviculture, la préservation de la biodiversité et la sensibilisation du grand public, la prévention et la gestion des risques naturels ou encore la lutte contre les changements climatiques.

C'est en 1998 que l'étude de la répartition du Sonneur à ventre jaune (SVJ) a débuté (Parent, 2004). La FD de Verdun abritant une importante population de SVJ, des questions sur les effets des travaux forestiers sur la préservation de l'espèce se posent.

Sa réelle prise en compte dans la gestion forestière remonte à 2008 avec la mise en place de la « Clause amphibien » et du Programme d'Action Régional (2008-2010).

C'est en lien avec l'aspect « préservation de la biodiversité » que l'étude sur le SVJ a pu être réalisée sur le site.

La gestion forestière actuelle a une influence non négligeable quant à la situation du SVJ. Celle-ci est devenue délicate suite à ses contraintes biologiques importantes, bien qu'elle soit dépendante des activités anthropiques. (Cf annexe n°1 : Gestion forestière et protection du Sonneur à ventre jaune)

L'étude de la dynamique de la population permet de comprendre et proposer des moyens de préservation de l'espèce. C'est dans ce cadre qu'a été mis en place le stage « CMR Sonneur à ventre jaune ».

Sommaire

Introduction	7
A) Déclin de la biodiversité	7
B) Déclin des amphibiens	7
C) Présentation du Sonneur à ventre jaune	8
1) Systématique	
2) Biologie	
3) Ecologie	
4) Répartition	
5) Statuts de protection	
D) La Forêt Domaniale de Verdun	13
1) Une forêt	
2) L'Office National des Forêts (ONF)	
E) Présentation de l'étude	14
Matériel et Méthode	16
A) La méthodologie : Captures-Marquages-Recaptures	16
B) Mise en œuvre du suivi du SVJ en Forêt Domaniale de Verdun	18
1) Organisation de l'étude	
2) Les captures	
3) Catalogue des données et reconnaissance individuelle	
Résultats	22
A) Distribution de la population	22
1) Effectif capturé et estimation de la population active	
2) Probabilité de capture	
3) Résultats des captures de 2015	
B) Calculs des paramètres démographiques	24
1) La survie	

2) Le ratio de variances	
3) Le taux de fécondité	
4) La probabilité de reproduction	
5) Le taux d'accroissement	
Discussion	29
A) Distribution spatiale de la population	29
B) Analyse des paramètres démographiques	29
1) La survie	
2) Le ratio de variances	
3) Le taux de fécondité	
4) La probabilité de reproduction	
5) Le taux d'accroissement	
C) Perspectives	31
Conclusion	33
Lexique	35
Abréviations	36
Bibliographie	37
Annexes	39

Introduction

A) Déclin de la biodiversité

Le terme « Biodiversité » a été forgé dans les années 80 par des biologistes préoccupés par la dégradation continue de la diversité du vivant. Ce concept a été développé à l'occasion de la conférence du Sommet de la Terre de juin 1992 à Rio de Janeiro.

Ce n'est qu'à partir du 20^{ème} siècle que l'état général de la biodiversité devient une préoccupation majeure. Les catastrophes naturelles ou anthropiques ont permis de prendre conscience que la Terre et le vivant sont vulnérables ! Des listes d'espèces menacées et disparues ont été créées par l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature. C'est en ce sens que des études naturalistes sont effectuées, que des organisations et outils de financements sont créés (ministère de l'Ecologie, MNHN*, réseau Natura 2000...) afin de préserver le patrimoine naturel.

B) Déclin des Amphibiens

Depuis 1950, on observe un déclin mondial de l'herpétofaune (Houlahan et al, 2000). Parmi les 5743 espèces d'amphibiens recensées, 22.9% sont considérées comme en danger (Temple et Cox, 2009).

En 1989, le premier congrès mondial de l'herpétologie porte sur la constatation du déclin des populations d'amphibiens de la planète (Griffiths et Beebe, 1992 ; Wyman, 1990). L'hypothèse la plus plausible émise pour tenter d'expliquer ce phénomène, est la dégradation et la destruction des habitats (Semlits 2002, Blaustein et al, 1994, Duellman 1999)

Le SVJ est une espèce européenne, qui subit depuis plus d'un siècle une nette régression sur l'ensemble de son aire de répartition (Gollmann, et al., 1997). La gestion et la conservation de cette espèce est particulièrement complexe.

Bien qu'ils fassent parti de la même classe, les amphibiens n'évoluent pas tous de la même façon en fonction des perturbations et changements environnementaux. Des espèces peuvent

avoir une stratégie « Slow* » (ex : la Salamandre géante, *Andrias japonicus*) à longévité importante ou à l'inverse « Fast* » (ex : la Rainette verte, *Hyla arborea*). Pour les préserver, il est nécessaire de prendre en compte leurs particularités biologiques et écologiques (paramètres démographiques) selon les modes de fonctionnement des populations afin de définir et d'orienter des mesures de gestion adaptées.

Lorsque la mise en place de mesures de protection concerne les amphibiens, la plupart des conservateurs se concentrent sur le paramètre de la fécondité afin d'accroître la population. Seuls les milieux aquatiques sont pris en compte pour leur caractère reproducteur.

Ainsi il est nécessaire de connaître les particularités de l'espèce (paramètres démographiques ayant le plus d'impact sur le taux d'accroissement de la population...) pour orienter les mesures de gestion dans un but de préservation de l'espèce. Vient ensuite la question des milieux utilisés, il est nécessaire de prendre en compte chaque habitat qu'il soit terrestre ou aquatique dans les études et mesures de gestion

C) Présentation du Sonneur à ventre jaune

1) Systématique

Le Sonneur à ventre jaune, *Bombina variegata*, est un petit amphibien Anoure de la famille des Bombinatoridés, décrit pour la première fois par Carl Von Linné en 1758

Amphibia, Linné 1758
Anura, Duméril 1806
Bombinatoridae, Gray 1825
Bombina, Oken 1816
Bombina variegata, Linné 1758

2) Biologie

Adulte, il mesure de 3,6 à 5 cm (museau-cloaque) et pèse entre 2,5g et 15g (Pichenot, 2008). Il se caractérise par des pupilles en forme de cœur ou de goutte d'eau renversée.



Figure n°1 : Le Sonneur à ventre jaune et sa pupille en forme de cœur

Les tympanes et les glandes parotoïdes* sont absents ou invisibles (Duguet et Melki, 2003), de plus l'espèce ne possède pas de sac vocal. Les mâles possèdent des callosités nuptiales qui leur permettent l'accouplement lors de la période de reproduction. Sa peau dorsale est terne et verruqueuse. La coloration de son ventre, jaune marbrée de noir, est dite aposématique*. Cet attribut, indicateur de toxicité, est son moyen de défense contre les prédateurs associé à une position en lordose lombaire*.



Figure n°2 : Sonneur en lordose



Figure n°3 : Coloration aposématique du ventre

En milieu naturel, la durée de vie du SVJ est estimée à environ 20 ans (Dino, 2010). L'effort global de

reproduction du SVJ est réparti sur une longue période. Ainsi, lorsqu'il y a un échec de la reproduction certaines années, la survie de la population n'est pas impactée par celui-ci.

D'avril à juillet, durant la reproduction, le SVJ pond une centaine d'œufs en pontes fractionnées, ce qui permet de coloniser des habitats instables où le succès reproducteur est peu prévisible. De septembre à mars, il hiverne dans des sites tels que les terriers de micromammifères ou dans des anfractuosités.

3) Ecologie

Le SVJ est une espèce pionnière de plaine, de colline et de montagne, évitant les hauts reliefs. Il se retrouve essentiellement dans les milieux prairiaux ou systèmes bocagers mais également en forêt dans le Nord Est de la France. Son aptitude à coloniser rapidement des petits plans d'eau temporaires et neufs (Di cerbo, 2001) l'incite à utiliser souvent des milieux artificialisés (ornières, gravières...) qui peuvent être régulièrement perturbés en fonction des activités anthropiques qui en dépendent. Il affectionne particulièrement les pièces d'eau ensoleillées, peu profondes et peu végétalisées, comme les mares prairiales, les carrières, les fossés ou encore les flaques. Ces milieux constituent les habitats les plus favorables à l'espèce. En Lorraine, ces milieux sont de plus en plus rares. Le territoire bénéficiant d'un espace forestier conséquent, le SVJ s'est très bien adapté à ce milieu, comme c'est le cas dans la FD de Verdun.



Figure n°4: Exemples de sites de reproduction à Sonneurs à ventre jaune

4) Répartition

Le SVJ occupe une importante surface de l'Europe. Il trouve sa limite Ouest en France et s'étend jusqu'à l'Est de la Pologne. En France, le SVJ est présent dans le quart Nord Est (Guyétant in Rameau, 2000) et principalement en basse altitude. La Lorraine constitue la frontière Nord de sa répartition.

Il a disparu de tout le pourtour méditerranéen et est en régression dans l'Ouest du territoire.

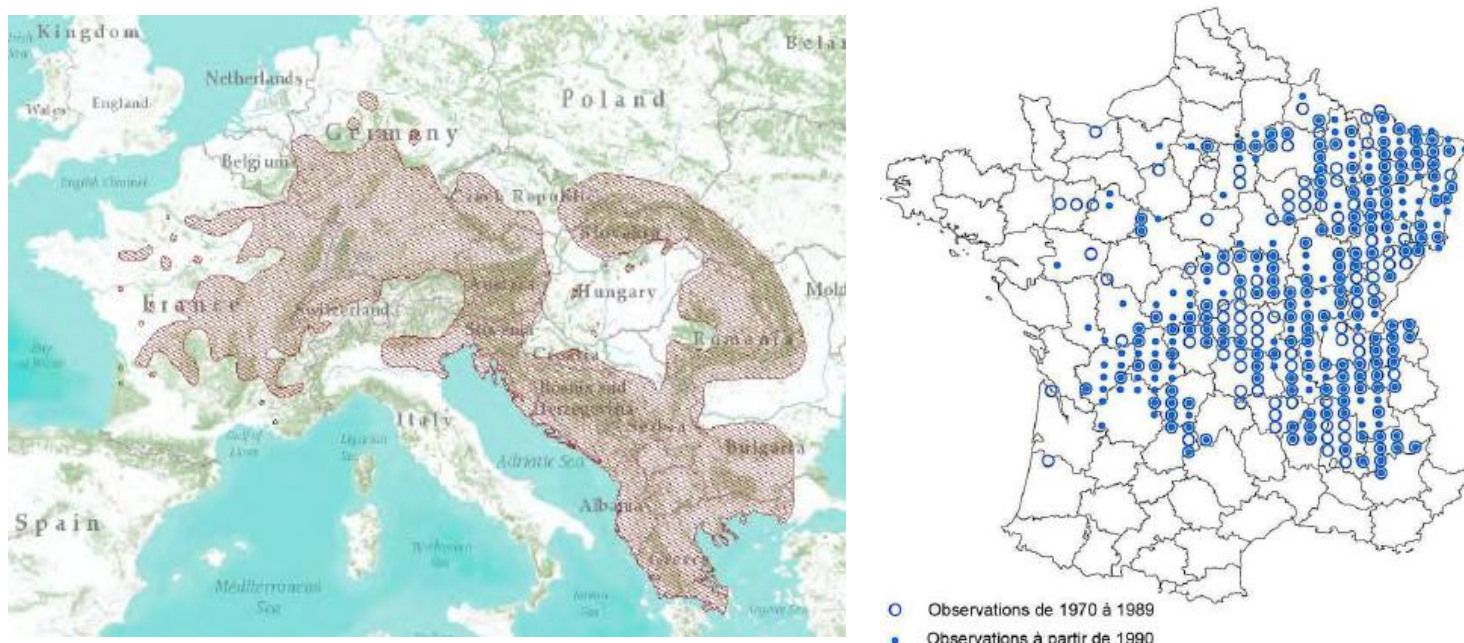


Figure n°5 : Carte de répartition du SVJ en Europe et en France (Sources : UICN et MNHN)

5) Les statuts de protection

Bombina variegata est en régression en Europe mais aussi dans toute la France depuis le début du XXème siècle (Chemin 2011, Lescure et Al 2011).

A l'échelle Européenne, le SVJ est inscrit à l'annexe II de la Convention de Berne (espèce strictement protégée) relative à la conservation de la vie sauvage et des milieux naturels d'Europe.

Le SVJ est également l'une des 24 espèces d'amphibiens répertoriées dans l'Annexe II de la directive 92/43/CEE concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la Faune et de la Flore sauvage (Code Natura 2000 « 1193 »). Le SVJ est une espèce d'intérêt communautaire dont la conservation nécessite la désignation de Zone Spéciale de Conservation (ZSC) constituant le réseau Natura2000.

Il est protégé en France et au Luxembourg où il trouve sa place respectivement dans la liste rouge des vertébrés « vulnérable » (Vu) et « Menacé d'Extinction » (Cr) (in ACEMAR 2003). L'arrêté du 19 Novembre 2007 fixant la liste des amphibiens et reptiles protégés stipule que les espèces herpétologiques concernés mais également que leurs habitats qu'ils soient aquatiques ou terrestres ainsi que les aires de repos sont protégés. (Cf annexe n° 2 : Article n°2 de l'arrêté du 19/11/07)

En 2011, un Plan National d'Actions pour la sauvegarde du SVJ a été mis en place et décliné en 2013 en plan régional (PRA) en Lorraine animé par le CEN Lorraine pour une durée de 5 ans (Cf annexe n°3 : Fiches actions PRA Sonneur) suite au Programme d'Action Régional (PAR) de 2008 à 2010, animé par l'ONF en partenariat avec le Parc Naturel Régional et le conservatoire des sites naturels de la Lorraine.

	Objectifs
National	- Réaliser l'inventaire des stations et suivi de l'espèce pour rechercher les causes de sa raréfaction. - Élaborer un plan de conservation pour enrayer son déclin.
Régional	- Préciser l'état de conservation de l'espèce et des milieux aquatiques. - Suivre la dynamique des populations importantes réparties sur les 4 départements. - Rédiger un plan d'actions à partir des résultats des inventaires et des suivis.

Ses multiples statuts de protection font du SVJ une espèce intéressante à étudier dans la mise en place d'études démographiques et conservatoires pour des modes de gestion qu'ils soient préventifs ou à long terme (Pichenot, 2008) (Cf annexe n°4 : Les statuts de protection du SVJ)

D) La Forêt Domaniale de Verdun

1) Une forêt d'exception

Constituée après la Première Guerre Mondiale, la Forêt Domaniale (FD) de Verdun était autrefois occupée par des villages, parcelles agricoles et forestières avec peu d'espaces boisés : 2500 ha sur les 10 000 ha actuels. La FD a été le cœur de la bataille de Verdun entraînant beaucoup de pertes humaines, destruction de villages et du sol.

De par son histoire, sa topographie et sa pédologie, la forêt accueille une biodiversité remarquable (Triton crêté, Sonneur à ventre jaune, Grand Rhinolophe, ...) qui a permis à la FD d'intégrer le réseau Natura 2000 : FR4100171 « Corridor de la Meuse » (Cf annexe n°5 : Natura 2000 « Corridor de la Meuse») Cet engagement est inscrit au contrat Etat-ONF 2012-2016 au titre d'une action volontaire en faveur de la biodiversité, et en lien avec la certification ISO 14001.

De plus, la FD a été classée « Forêt d'Exception » pour une durée de 5 ans par le Conseil départemental de la Meuse et la Fondation du patrimoine en 2013.

La FD de Verdun est également au carrefour de multiples activités (cynégétique, militaire, tourisme, sport) notamment par la présence d'un champ d'entraînement aux tirs militaires, de sites d'agrainage ou encore de bâtiments touristiques tels que l'ossuaire ou la tranchée des baïonnettes. Depuis les années 80, la forte mécanisation des activités a induit une plus importante surface à régénérer. Cela se traduit par une augmentation du volume de travail sylvicole ayant probablement accru le nombre d'ornières favorables aux SVJ. La circulation d'engins forestiers a ainsi permis la création de sites propices mais représente aussi un risque de destruction de ces même sites (Cf annexe n°1 : Gestion forestière et protection du Sonneur à ventre jaune).

1) L'Office National des Forêts (ONF)

L'Office National des Forêts est un établissement public à caractère industriel et commercial créé en 1964 sous la double tutelle du ministère de l'Ecologie et de la Forêt et du ministère de l'Agriculture. L'ONF gère les Forêts Domaniales. Un contrat d'objectifs et de performances est mis en place entre l'État et l'ONF afin d'énoncer les éléments de la politique forestière nationale. A la suite du Grenelle de l'environnement, l'ONF s'est vu attribué un double objectif « Produire plus tout en préservant mieux la biodiversité ».

De façon générale, l'ONF mène des actions dans trois principaux domaines tels que la production de bois (renouvellement des forêts publiques et approvisionnement de la filière bois), la protection de l'environnement (collaboration avec des associations, des naturalistes et des chercheurs) ainsi que l'accueil du public (investissement de plus important dans l'éducation à l'environnement).

A) Présentation de l'étude

Le principal but de cette étude est de comprendre le fonctionnement de la population au sein d'un système forestier exploité et d'établir son statut de conservation en FD de Verdun. Il s'agit à long terme de modéliser de façon suffisamment fine la dynamique de cette population afin de prédire quel pourrait être l'impact des variations de certains paramètres démographique sur son évolution.

Il est opportun de suivre la population de SVJ de la FD de Verdun pour de nombreuses raisons. Celle-ci se trouvant sur sa limite d'aire de répartition, elle représente un gradient écologique intéressant afin de déterminer la frontière entre les conditions favorables et défavorables. De plus, il s'agit probablement de l'une des populations les plus importantes du territoire français.

Il est nécessaire que cette étude soit effectuée sur le long terme afin d'obtenir un maximum d'information sur les paramètres démographiques de l'espèce. Plus le jeu de données sera important, plus les résultats statistiques seront robustes.

Ainsi, les objectifs de l'étude du SVJ tendent à :

- Améliorer les connaissances de la répartition des individus et de l'utilisation de l'espace afin de connaître leurs capacités de dispersion,
- Estimer les effectifs de population, appréhender son fonctionnement et déterminer sa tendance démographique ainsi que les facteurs influençant la dynamique,
- Définir les menaces, les mesures de gestion et évaluer leur efficacité.

L'estimation des effectifs (Pellet et al 2003) et la survie ainsi que la compréhension de la dynamique d'une population (Schmitt 1999) constitue les points centraux de la biologie de la conservation.

Matériel et méthodes

L'étude de la dynamique et de la structure des populations est une étape importante dans la mise en place des programmes de conservation d'espèces vulnérables (Thompson et al 1998, Gaillard, Yoccoz et al 2001). Le suivi du SVJ en FD de Verdun par la méthode de la CMR vise à déterminer l'état de conservation de l'espèce en analysant les paramètres démographiques de la population et à établir des modèles de prédictions de population (Nichols et al, 2000).

A) La méthodologie : Capture-Marquage-Recapture

Afin de connaître l'évolution d'une population et d'obtenir des outils de décision dans la mise en place de mode de gestion, il est essentiel d'avoir des données sur la démographie de celle-ci. Lors d'une étude telle que celle menée en FD de Verdun, tous les individus ne sont pas détectables. Seuls une proportion inconnue des individus est accessible. La méthode de la CMR, basée sur la reconnaissance individuelle des animaux, permet de corriger les biais dans les estimations des paramètres démographiques. Ce procédé a l'avantage d'être facile à mettre en place chez le SVJ dont le ventre aposématique constitue un marquage permanent.

Il est conseillé d'associer à la CMR le modèle « Robust Design » (RD) (Kendall 1999, Nichols et Hines, 1997) afin d'aboutir à une estimation fiable de la taille de la population active, qui peut être faussé suite aux émigrations temporaires* des individus. Ce modèle permet également d'évaluer des paramètres tels que le taux de capture, le taux de survie, le taux d'accroissement etc... (In ACEMAV 2005).

Le RD combine à la fois les approches développées dans le cadre des modèles de population close (en sessions secondaires) et de population ouverte (en sessions primaires)

Le principe de dissocier les sessions primaires des secondaires avec la prise en compte des changements démographiques permet grâce au RD d'obtenir des informations plus précises sur la démographie de l'espèce.

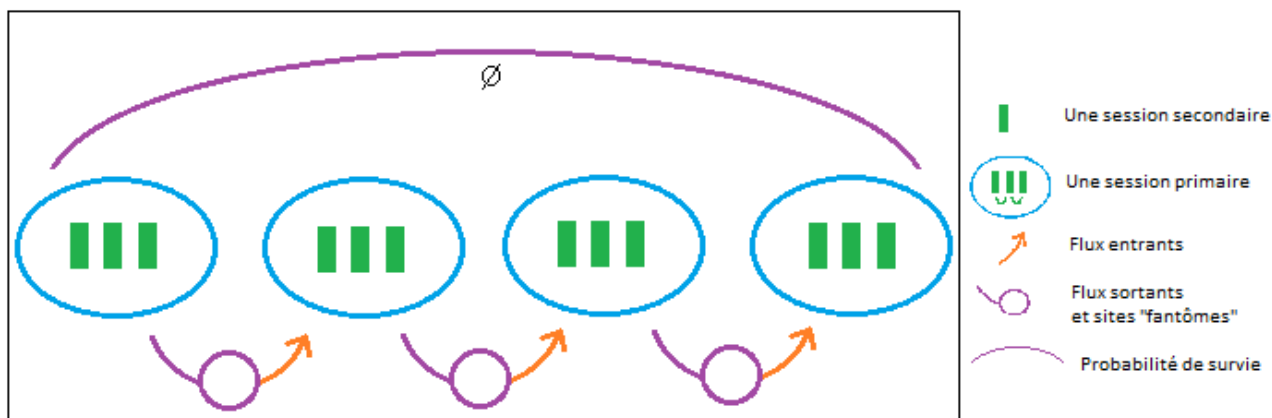


Figure n°6 : Illustration du modèle Robust Design de Pollock (1982) pour un exemple de 4 ans d'étude : Une session primaire représente une année pendant laquelle 3 sessions sont réalisées.

De plus, il est essentiel d'inclure avec le RD un modèle « Multi-événements ». A l'aide de celui-ci, les états spécifiés dépendent de la première capture. Il prend en compte les spécificités du RD constitué de plusieurs niveaux d'événements de capture secondaires ou primaires (Cayuela et al, 2015).

Remarque : Pour utiliser le RD, il est nécessaire de vérifier que les populations lors des sessions secondaires sont fermées et que tous les individus ont la même probabilité de capture.

Dans le cas de cette étude, l'intérêt porte sur l'ensemble de la population active qui correspond à l'ensemble des individus participant à la reproduction.

Pour que la probabilité de capture soit la même pour tous les individus, qu'ils soient présents sur un site détecté ou non, il faut poser l'hypothèse que tous les échanges entre les sites (aquatiques ou terrestres) sont aléatoires. Dans le cas du SVJ en forêt, cela est tout à fait envisageable. En effet, il s'agit d'un système instable qui oblige les SVJ à se déplacer suite au renouvellement ou à la destruction de sites aquatiques quel qu'ils soient.

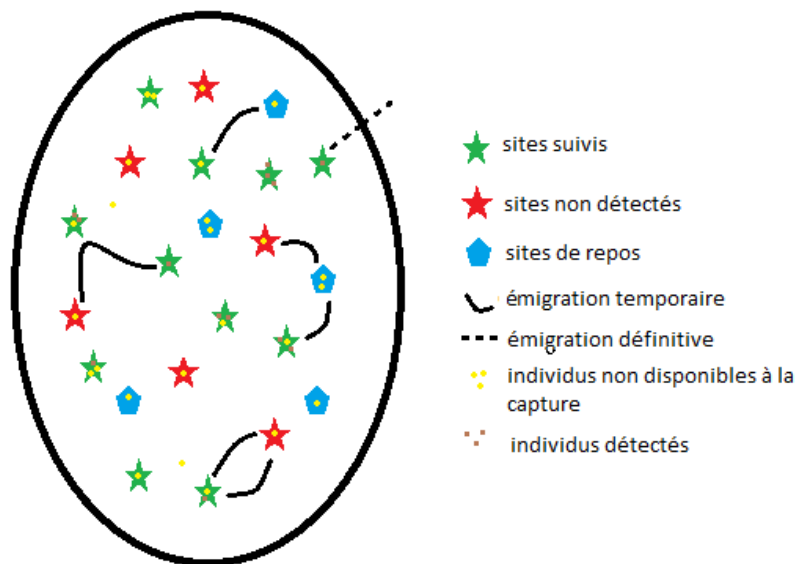


Figure n°7: Typologie des différents sites et disponibilités des Sonneurs au cours d'une session primaire au sein de la zone d'étude.

B) Mise en œuvre du suivi du SVJ en Forêt Domaniale de Verdun

Cette étude est importante pour comprendre la biologie de l'espèce mais aussi pour mettre en place un moyen de protection adapté et durable du SVJ dans un système instable.

1) Organisation de l'étude

Il s'agit de la 8ème année de suivi de la population de Sonneurs en FD de Verdun. Les anciennes cartes de répartition ont été un support important dans le travail de terrain. Ainsi, en couvrant l'ensemble de la zone d'étude de mars à début mai, les prospections ont permis de sélectionner et répertorier les sites jugés favorables à la reproduction du SVJ. Les sites répertoriés les années précédentes ont ainsi été visités en priorité afin de valider leur potentiel. Les secteurs récemment exploités ont eux été privilégiés pour leur caractère pionnier. De même, les indications communiquées par les agents forestiers se sont avérées être des informations importantes pour la découverte de nouveaux sites.

Afin de réaliser des cartes précises, tous les sites de reproduction du SVJ ont été relevés et enregistrés grâce au Terminal De Saisie (TDS). Ces données GPS ont été utilisées à la fois pour les prospections et sessions de capture mais également pour connaître et analyser le déplacement des

amphibiens au fur et à mesure de l'étude. (Cf annexe n°6 : Carte de la zone d'étude)

Les captures ont commencé à la mi-mai (Cf annexe n°7 : Calendrier) lorsque les conditions étaient les plus favorables ; par temps ensoleillé avec une température d'eau supérieur à 11°C (PNA Sonneur, 2011).

Dans le cadre de cette étude, 3 sessions de CMR sont nécessaires afin de respecter le protocole mis en place depuis sept années de suivi. En temps normal, des sessions régulières doivent être réalisées, mais dans le cas de cette étude, la météo a été un facteur déterminant afin de maximiser le taux de recapture du SVJ.

Il est essentiel d'avoir recours à une répétition des captures afin de pallier la faible détectabilité de l'espèce. Les sessions des CMR doivent être espacées d'au moins 10 jours et doivent être réalisées (en théorie) en un temps minimal afin de réduire le biais dans les résultats. De plus, il est important d'avoir un minimum d'effet comportemental lié à la capture et faire diminuer le taux de corticostérone. En effet, celle-ci peut induire une Trap dépendance*.

2) Les captures

Les trois sessions de capture se sont déroulées comme ci-dessous :

Protocole standardisé de la capture

- 1- Photographie du site et renseignement des informations de la fiche CMR (Cf annexe n°8 : Fiche terrain CMR)
- 2- Capture des Sonneurs à la main ou à l'épuisette qui sont ensuite placés dans un seau contenant un fond d'eau de l'ornière (Cf annexe n°9 : Photographie d'une capture de Sonneurs)
- 3- Photographie et mesure de chaque Sonneur placés dans un boîtier à CD
- 4- Identification du sexe et mesure « museau-cloaque » pour déterminer la classe d'âge
(Juv < 2.8cm Sub A : de 2.8 cm à 3.5cm Ad♂ : > 3.5cm ♂ Ad♀ : > 3,6 cm)
- 5- Chaque individu photographié est placé dans un second seau pour ne pas mélanger les individus photographiés des non photographiés
- 6- Relâché des individus sur le site où ils ont été prélevés

Session	Dates	Nb jours de capture	Nb SVJ capturés
Session 1	Du 25 mai au 8 juin	8 jours	1258 Sonneurs
Session 2	Du 16 juin au 1 juillet	8 jours	1174 Sonneurs
Session 3	Du 15 juillet au 21 juillet	4 jours	270 Sonneurs

Tableau n°1 : Calendrier des sessions de capture de 2015

En FD, les sites disponibles évoluent constamment en qualité et en quantité. Ainsi en 2015, 117 sites ont été inventoriés soit 23 de plus qu'en 2013. Un site en eau lors de la première session peut être à sec à la deuxième et inversement, ou encore de nouveaux peuvent apparaître en cours d'année selon les dégradations d'origine anthropique, le type de sol ou la pluviométrie poussant les individus à se déplacer au sein de la zone d'étude.

Attention : *Bombina variegata* est protégé par l'arrêté ministériel du 19 novembre 2007. Il est nécessaire d'obtenir une autorisation de capture ou d'enlèvement à des fins scientifiques de spécimens d'espèces animales protégées délivré par le préfet de région pour mener à bien l'étude.

3) Catalogue des données et reconnaissance individuelle

La reconnaissance des patrons ventraux par comparaison visuelle 2 à 2 est trop fastidieuse lorsque le nombre d'individus à comparer est élevé. Avec une moyenne de plus de 2500 nouvelles photos à traiter par an avec comparaison du jeu de données des années précédentes de plus de 10 000 clichés, la possibilité de commettre une erreur est bien trop élevée, faussant les résultats de la CMR qui en théorie ne doit pas contenir d'erreur d'identification. C'est pourquoi, en 2012 l'ONF a fait l'acquisition du logiciel « Extract Compare » (Hiby, 2007).

L'identification individuelle repose sur deux étapes :

1. Identification du stade de développement et du sexe de chaque individu qui est réalisée sur le terrain lors des sessions de capture, suivi d'une harmonisation des données après le traitement des photos.
2. Identification des individus par photographie du patron ventral propre à chaque individu.

Le logiciel « Extract Compare » permet une approche comparative des photographies selon un système d'identification algorithmique (Lloyd Gamble et al, 2008) en utilisant un extrait normalisé du patron ventral du SVJ.

Lors de chaque session, toutes les photographies de patrons ventraux sont triées et rangées en sous dossiers selon les dates de captures, les sites et les classes d'âge. Cela permet ainsi d'identifier les individus recapturés et de suivre leur histoire de vie. Les clichés sont ensuite intégrés dans le jeu de données du logiciel qui va comparer les photos de l'année en cours avec celles des années précédentes. Il faut au préalable et pour chaque photo, placer des « points identificateurs » (Cf annexe n°10 : Patron ventral des Sonneurs sur « Extract Compare »). Ce sont ces points qui seront analysés par le logiciel. Dès que deux Sonneurs ont un score de ressemblance élevé, le logiciel présentera les deux patrons. A ce moment, l'observateur devra valider ou non la correspondance à vue.

Résultats

Les résultats ont été obtenus avec l'aide d'Hugo Cayuela par traitement sur le logiciel E-Surge (multiEvent SURvival Generalized Estimation, Choquet et al, 2009) et R 3.2.1*. Les résultats de l'analyse sous Extract Compare de 2015 n'ont pas été intégralement traités pour le moment et ne seront par conséquent pas présentées dans ce rapport.

A) Distribution de la population

Les données obtenues depuis le début de l'étude à 2015, montre une variation de l'effectif des individus actifs chaque session primaire. Ce sont plus de 9500 SVJ différents qui ont été capturés en 8 ans.

1) Effectif capturé et estimation de la population active

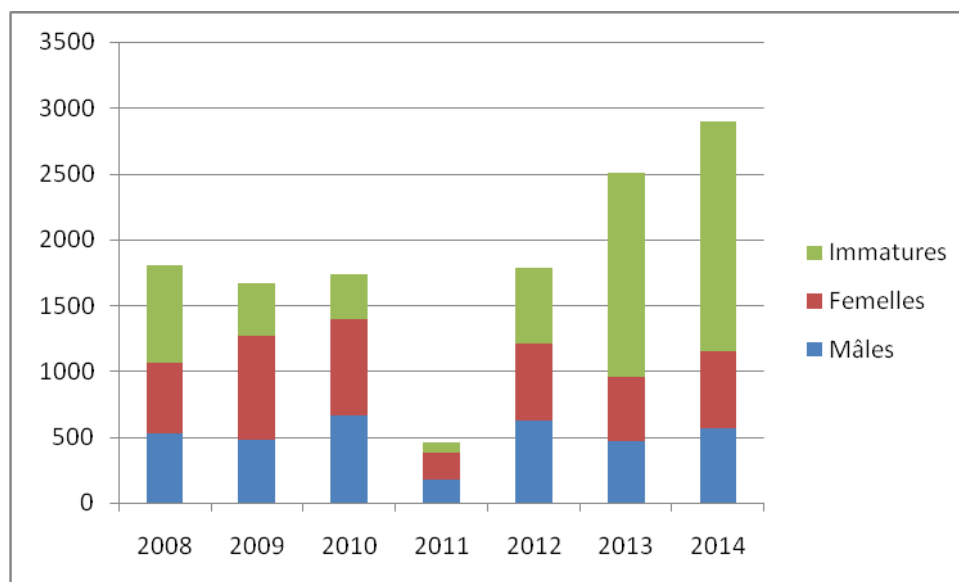


Figure n°8 : Effectif des individus différents capturés par année, par classe d'âge et par sexe de 2008 à 2014

De 2008 à 2010 le graphique montre une certaine stabilité de l'effectif capturé (2008 : 1802 ind., 2009 : 1664 ind., 2010 : 1738 ind.) avec une légère augmentation depuis 2012. L'année 2011 a été marquée par une diminution considérable du nombre de capture : 457 individus. En revanche le taux d'immatures est nettement à la hausse depuis 2013. En effet, leur effectif est plus élevé que

l'ensemble des mâles et femelles réuni.

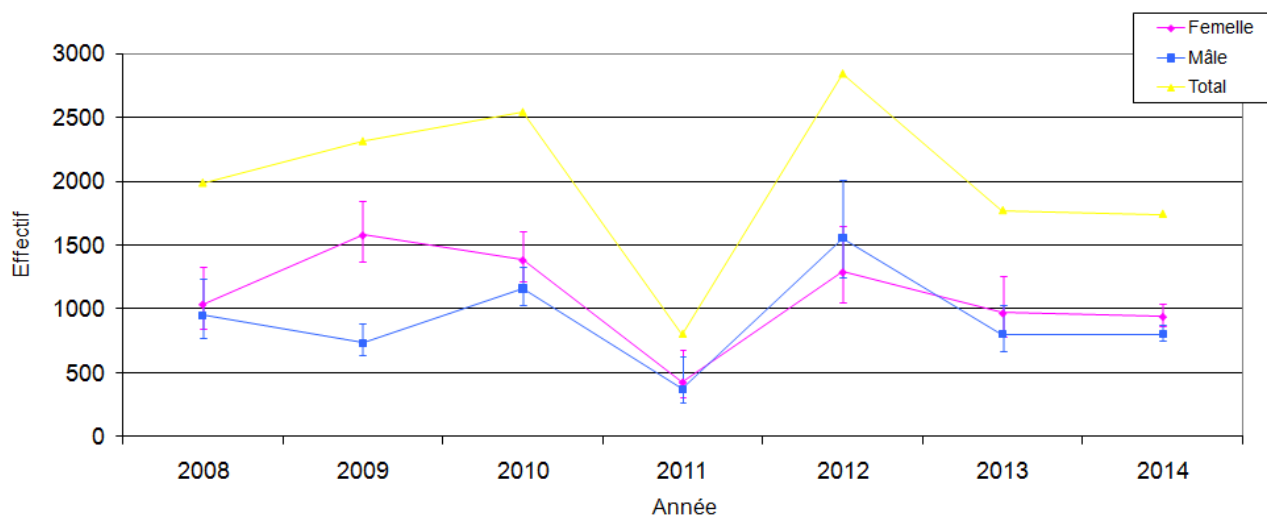


Figure n°9 : Estimation de la taille de la population active en fonction du sexe de 2008 à 2013

L'estimation de la taille de la population active varie en fonction des années avec des valeurs comprises en moyenne entre 1700 à 2500 individus. Le graphique montre une augmentation de 2008 à 2010 (de 1988 à 2542 sonneurs) puis une chute considérable en 2011 avec une estimation de 802 individus actifs. L'année 2012 a été marquée par une forte hausse de l'estimation de la population active (2844 individus). En revanche les effectifs estimés pour 2013 et 2014 atteignent respectivement 1772 et 1745 individus.

Bien que l'effectif capturé soit en augmentation depuis 2012 (de 1788 à 2896 Sonneurs), les estimations de la population active (individus reproducteurs) semble se stabiliser au alentour de 1750.

2) Probabilités de capture

Les probabilités de capture ont été réalisées à l'aide du logiciel « MARK » (G. White) à partir des estimations de la taille de la population active.

La probabilité de capture des mâles s'élève à 33%, supérieure à celle des femelles qui est estimée à 27%. Avec un intervalle de confiance à 95%, pour $N_{\text{♂}} = 805$, la borne inférieure et supérieure sont respectivement égale à 753 et 872, soit ± 50 , dans le cas des femelles, $N_{\text{♀}} = 940$, et ses bornes se situent entre 861 et 1036 soit ± 80 .

3) Résultats bruts des captures de 2015

Les secteurs les plus favorables au SVJ semblent être localisés sur la partie Ouest de la forêt avec une répartition plus au Nord. Cette zone est caractérisée par un sol argilo-marneux, favorable au maintien de l'hygrométrie et par conséquent à la formation de sites aquatiques durables. (Cf annexe n°11 : Distribution des SVJ)

	Mâles	Femelles	Sub-adultes	Juveniles	Indéterminés	Total
Session 1	406	295	551	226	0	1478
Session 2	346	266	435	122	5	1174
Session 3	72	87	84	24	3	270

Tableau n°2 : Effectifs par classe et par sessions de l'année 2015

Les résultats présentés dans le tableau ne tiennent pas compte de l'ajustement sur « Extract Compare », il s'agit de données de terrain brutes.

Le nombre de SVJ capturés n'a pas cessé de diminuer au cours des 3 sessions. La première session est marquée par une forte présence des sub-adultes à hauteur de 551, puis des mâles avec 406 captures. Lors de la dernière session, les captures chutent considérablement et les proportions des classes adultes et sub-adultes sont assez proches (72, 87 et 84).

La classe des adultes (femelles et mâles confondus) est représentée par le plus fort effectif au cours des 3 sessions réunies : 1472 captures totales. Les sub-adultes ont largement été présents lors des 3 sessions avec un total de 1070 captures. La classe des juvéniles est quant à elle, la plus faible avec un résultat de 372 données enregistrées.

B) Calculs des paramètres démographiques

Différents paramètres ont été mesurés afin de connaître l'influence des facteurs environnementaux selon le sexe et l'âge des SVJ.

1) La survie

La survie d'une classe d'âge à une autre est un paramètre important afin de connaître le taux d'accroissement d'une population.

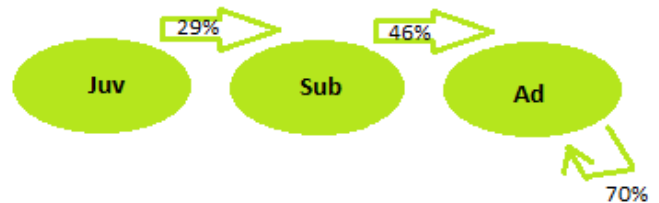
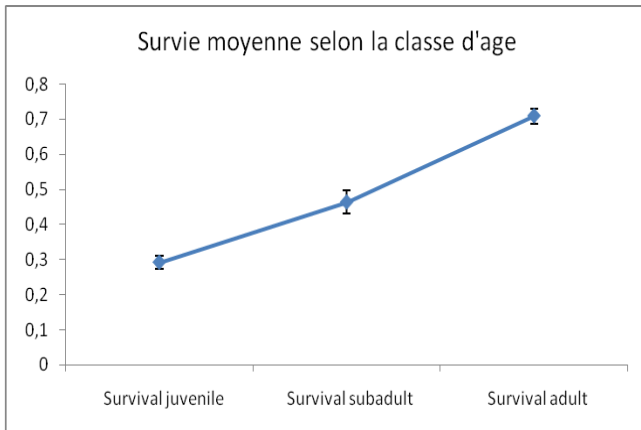


Figure n°10 : Survie moyenne en fonction des 3 classes d'âge de la FD de Verdun

Le graphiques montre que la survie moyenne du SVJ est plus élevée au stade adulte. En effet, le taux de survie des stades immatures sont de 29% et 46% alors qu'il est de 70% pour les matures.

2) Le ratio de variances

Le ratio de variance (RV) est le résultat de la plasticité phénotypique des individus en lien avec leur environnement. Le milieu dans lequel ils évoluent, interagit avec leur génome afin de construire un phénotype adapté à celui-ci. Il s'agit d'une réponse adaptative à des variations environnementales et peu prévisibles : elle permet à l'individu de modifier son phénotype en fonction des conditions du moment (in ACEMAV, 2005).

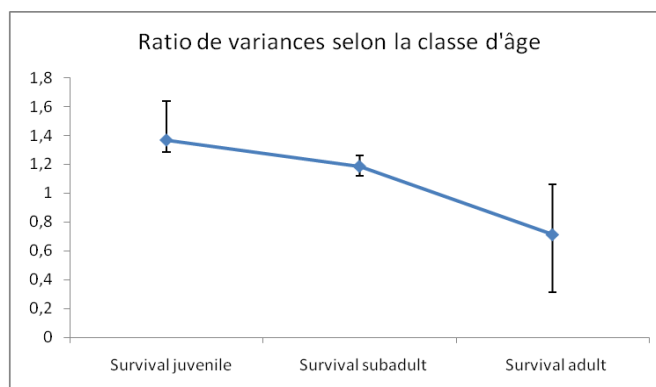


Figure n°11: Le ratio de variance en fonction des 3 classes d'âge de la FD de Verdun

Le RV est plus élevé chez les juvéniles avec une moyenne de 1,36 (IC : 1,28-1,63) et de 1,18 pour les sub-adultes (IC : 1,11-1,25). Bien que le RV des adultes soit plus faible (0,71), l'écart type est plus important avec un intervalle de confiance de +/- 0,40.

D'après les graphiques, le RV semble être corrélé de façon significative avec la survie.

3) Le taux de fécondité

Le taux de fécondité correspond au nombre de femelles produites à N+1 par femelle reproductrice à l'année N.

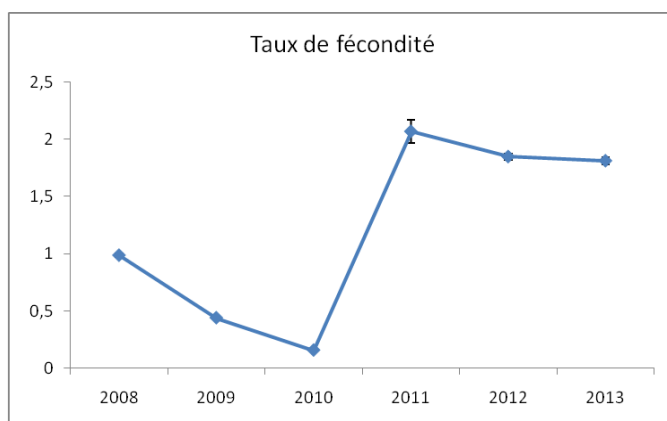


Figure n°12 : Paramètre de fécondité, nombre de femelles produisant des femelles

Les premières années de l'étude ont été marquées par une baisse de la fécondité passant d'une valeur proche de 1 en 2008 à 0,15 en 2010. En 2011, ce taux augmente considérablement jusqu'à atteindre un résultat de 2,07, puis diminue légèrement à 1,84 en 2012 et reste plutôt stable en 2013 (1,80). Malgré cette importante chute de 2008 à 2010, les estimations du taux de fécondité de la population de SVJ ont augmentés dans son ensemble.

4) La probabilité de reproduction

Le SVJ n'est pas une espèce qui se reproduit de façon systématique tous les ans.

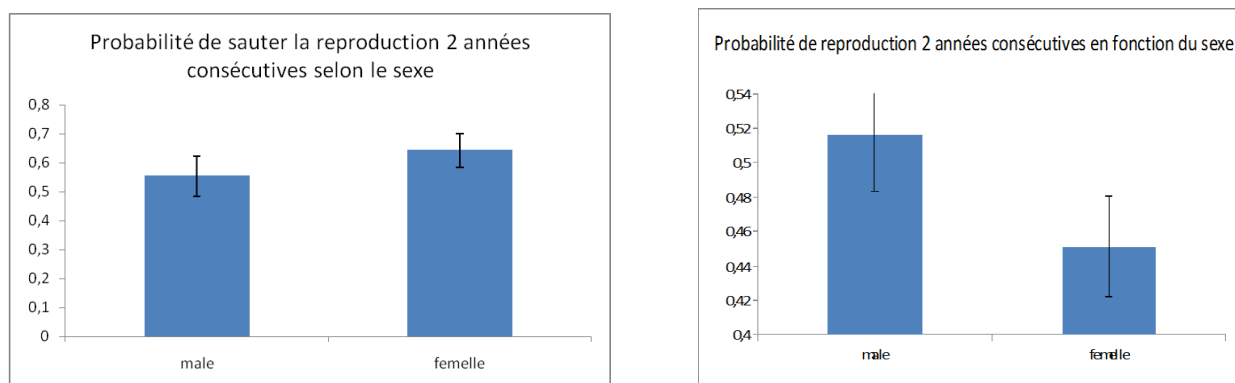


Figure n°13 Probabilité de se reproduire ou de sauter la reproduction 2 années consécutives selon le sexe

Les résultats montrent que les femelles ont tendance à se reproduire moins souvent que les mâles. En effet, 64% des femelles ratent une occasion de se reproduire 2 années consécutives contre 55% pour le sexe opposé. 51% des mâles ont une probabilité de se reproduire 2 années consécutives contre 45% pour les femelles. Cependant les probabilités estimées n'indiquent pas une grande différence en fonction du sexe, en effet, selon les deux cas de figures (sauter un épisode de reproduction ou se reproduire 2 années consécutives), la différence est toujours inférieure à 10%.

5) Le taux d'accroissement

Il s'agit du rapport entre la mortalité et la natalité calculé en fonction de la survie et du taux de fécondité.

Le taux d'accroissement a été calculé à l'aide du package « Popbio » du logiciel « R ». (Cf annexe n°12 : Script R : Élasticité et taux d'accroissement de la population).

		N+1		
		Adulte	Sub-Adulte	Juvénile
N	Adulte	ϕ	0	F
	Sub-Adulte	ϕ	0	0
	Juvénile	0	Φ	0

ϕ = Survie
F = Fécondité

N2008	$\lambda = 0,905$
N2010	$\lambda^2 \times N2008 = 0,819$
N2014	$\lambda^6 \times N2008 = 0,549$

Tableau n° 3: Tableau matriciel du taux d'accroissement et taux accroissement de 2008, 2010 et 2014

Les résultats obtenus indiquent un lambda (λ) égal à 0,905. Avec un taux d'accroissement inférieur à 1, il semblerait que la population soit en déclin.

Discussion

A) Distribution spatiale de la population

Depuis 2008, de nouveaux sites ont été créés, découverts et détruits, ainsi la distribution spatiale de la population de SVJ a clairement évolué. Sur les 10000 ha de la FD de Verdun, 4000 seraient utilisés par le SVJ (comm pers. Bonnaire).

En fonction des conditions climatiques, une chute des effectifs capturés est observée. En effet, les amphibiens ont besoin de sites aquatiques pour se reproduire et pondre leurs œufs. Ainsi, lors des périodes de canicule, les ornières et autres points d'eau s'assèchent. De ce fait, les SVJ migrent vers des sites terrestres où ils pourront échapper à la dessiccation. En outre, lors des épisodes pluvieux, les SVJ quittent également leur point d'eau pour se diriger vers le cœur de la forêt. En conséquence, il est important d'avoir les mêmes conditions météorologiques lors des sessions de capture afin de minimiser l'hétérogénéité de capture.

B) Analyses des paramètres démographiques

1) La survie

La survie est plus importante pour les adultes que les immatures. Cependant avec une survie de 70% pour les matures, ces résultats paraissent faibles en comparaison avec des populations d'autres régions. En effet, en Ardèche, ce taux s'élève à un résultat proche de 90%. Ainsi, les adultes, bien qu'ayant la plus grande survie, il est fort probable que celle-ci soit sous-estimée. Deux hypothèses peuvent être posées : des émergents ont été considérés comme des juvéniles induisant une baisse de la survie de ces derniers, ou ce sont les sub-adultes qui ont été classé « adultes » abaissant la survie de ceux-ci.

2) Le ratio de variances

Il semblerait que les têtards comme les immatures soient plus sensibles aux variations environnementales. En effet, ils sont plus vulnérables à la prédation, à l'assèchement des points d'eau mais aussi de façon général, plus sensibles aux conditions biotiques et abiotiques liées au milieu. Ainsi, plus il y a de variations démographiques, plus le RV est fort.

De ce fait, le RV est corrélé avec la survie. Pour les espèces longévives comme le SVJ, il est tout à fait normal de constater ces résultats.

2) Le taux de fécondité

La reproduction peut être facultative durant 1 ou 2 ans et dépend de la situation reproductrice de l'année passée.

En 2011, les valeurs indiquent le nombre de femelles juvéniles de 2012 par femelles reproductrices, c'est-à-dire, le nombre d'émergents de 2011 ayant survécu et donc atteint le stade de développement supérieur. Ceci peut être expliqué par une première hypothèse. Il est possible que peu de femelles se soient reproduites en 2011. Ainsi, bien qu'avec très peu de juvéniles produits, le ratio devient important. Une autre hypothèse peut compléter celle-ci. Certains individus identifiés comme des juvéniles en dernière session de 2012 auraient pu être des émergents de l'année. Ceux-ci n'auraient jamais dû être comptabilisés dans les effectifs de juvéniles et ont alors artificiellement augmenté le recrutement par femelle.

3) La probabilité de reproduction

Les mâles ont moins d'énergie à allouer que les femelles pour la reproduction. La production d'ovocytes et la ponte demandent à ces dernières une plus grande dépense énergétique. Cela devrait alors se traduire par un taux de recapture plus fréquent chez les mâles que les femelles. Comme ils sont censés être plus souvent présents sur les sites de reproduction, ils sont plus disponibles à la capture.

Le fait d'avoir une fécondité faible une année n'aura pas d'impact sur la survie de la population, en effet le sonneur étant une espèce « Slow », les femelles peuvent tout à fait sauter un à deux épisodes de reproduction afin d'économiser l'énergie allouée à la reproduction sans pour autant compromettre la survie de la population.

4) Le taux d'accroissement

La fait que la survie adulte soit probablement sous estimée, induit un biais dans le taux d'accroissement estimé.

Les analyses sous R montrent des résultats plutôt inquiétants en ce qui concerne le taux d'accroissement de la population. En effet, avec des données inférieures à 1 ($\lambda < 0.905$), la population de SVJ en FD devrait être en déclin, or au vu de captures effectuées cela ne semble pas être le cas. Une erreur peut tout de même être prise en compte concernant la détermination des classes d'âges (femelle et sub-adulte). Pour ce faire, la classification utilisée a été modifiée en 2012 corrigeant les erreurs d'identification sur l'âge et du sexe.

Au vu des résultats précédemment développés, il est fort à parier que la variation de la survie des juvéniles a moins d'impact sur le taux d'accroissement que celle des adultes. La faible variation temporelle de la survie adulte prouve qu'il y a un phénomène de canalisation environnementale se traduisant par des traits phénotypiques ajustés par la pression sélective.

Cela confirme l'hypothèse que la dynamique de la population et donc que le taux d'accroissement dépend de la survie adulte et non pas du taux de reproduction.

C) Perspectives

Les gestionnaires ont tendance à vouloir conserver et protéger les stades immatures et s'intéresser essentiellement à la reproduction. Cependant, cette vision n'est pas la plus pertinente lorsqu'elle concerne des espèces longévives comme le Sonneur.

La dispersion aurait été un facteur intéressant à prendre en compte lors de cette étude, mais par

manque de temps cela n'a pas pu être réalisé. En effet, d'après Barandun (1996), les mâles auraient tendance à se déplacer lors des fortes pluies afin de coloniser rapidement de nouveaux sites aquatiques (flaques, ornières). La fidélité au site de reproduction est également un facteur qui les obligerait à être plus mobiles que les femelles qui vont les rejoindre seulement pour pondre leur œufs (Beshkov & Jameson, 1980, Möller 1996).

Il serait également pertinent d'évaluer l'impact de la gestion forestière sur la dynamique de la population, en lien avec un projet de recherches qui comparerait différentes populations de SVJ en systèmes forestiers et dans d'autres milieux.

De plus, il est important de trouver un moyen de corriger les biais et de résoudre les problèmes de l'incohérence apparente entre le taux d'accroissement et les observations sur le terrain. Cela peut être réalisé par une poursuite de l'étude sur le long terme et le strict respect de la catégorisation en classe d'âge actuelle des individus.

Dans le cas du SVJ qui semble être très influencé par certains facteurs abiotiques, il serait également intéressant d'étudier les effets du climat et de la géologie sur l'évolution de la population. Le SVJ étant une espèce à la biologie et l'écologie particulière, ces variables pourraient jouer un rôle essentiel dans leur dynamique et dans la prise en compte de mesures de gestion.

Conclusion

L'étude réalisée sur le SVJ coïncide tout à fait avec l'idée émise par Schmidt (1999) et Pellet (2003) sur les points centraux de la biologie de la conservation.

Au vu des résultats et de leurs analyses, les effectifs capturés de SVJ sont en légère hausse depuis 2008, atteignant plus de 9500 individus différents dans la base de données en 2014. La détection des femelles et des mâles présentent un nombre d'individus similaires au cours des années. En revanche, en ce qui concerne les immatures, ils se trouvent quant à eux bien plus disponibles à la capture (jusqu'à 2 fois l'effectif des matures).

Le bon maintien de la population est assuré par la survie adulte. Effectivement, le taux de fécondité n'a pas d'impact direct sur l'accroissement de la population.

A l'heure actuelle, la population de SVJ en FD de Verdun semble être en bon état de conservation, bien que le taux d'accroissement ne soit pas en cohérence avec les observations en forêt.

Cependant, après 8 ans de suivi, il est encore prématuré de tirer des conclusions sur la situation exacte de la population. Pour obtenir une bonne évaluation des paramètres démographiques (survie, flux entrants et sortants...), il serait nécessaire d'avoir un recul équivalent à la durée de vie du Sonneur en milieu naturel, soit environ 20 ans. Il est donc indispensable de poursuivre cette étude encore quelques années afin d'obtenir des résultats solides.

Ainsi, il est important de trouver les moyens pour concilier la préservation du SVJ et les activités forestières créatrices de milieux pionniers. La mise en place de mesures de gestion adaptées est nécessaire afin de préserver la population sur le long terme.

Quelques actions ciblées peuvent apporter de réelles améliorations sur les sites où le sonneur est présent sans être très onéreuses. Elles peuvent s'inscrire dans une gestion patrimoniale des milieux forestiers, tout en étant favorables à d'autres espèces, dans ce cas le SVJ peut être considéré comme une espèce parapluie. Ainsi, des mesures telles que la préservation des ornières et des autres habitats (mares, fossés...), le maintien de milieux ouverts, pour assurer l'ensoleillement des sites aquatiques peuvent dans un premier temps se révéler efficaces. Il faudrait également, en cas de présence du SVJ, éviter la réalisation de certains travaux au cours de la période de reproduction. Sensibiliser les agents forestiers et les locaux, afin de les informer des enjeux spécifiques à cette

espèce patrimoniale, comme le stipule la « clause amphibien » de 2008 serait également pertinent.

C'est grâce à un travail de communication et de collaboration entre les acteurs locaux que la gestion et la préservation des espèces seront facilitées et que l'érosion de la biodiversité pourra être ralentie.

Lexique

Aposématique : L'ensemble des mécanismes grâce auxquels un animal envoie un signal à d'éventuels prédateurs afin de les prévenir qu'il n'est pas comestible.

Emigration temporaire : Absence d'individus dans la population active. C'est-à-dire qu'ils ne participent pas à la reproduction à l'année n , mais qui existe au sein de la population. Ils migrent vers des sites non connus.

Être inféodé : Être très fortement liée à un milieu naturel donné, la vie en dehors de ce milieu est difficile.

Fast : Espèce à croissance lente, grande longévité.

Glandes parotoïdes : Ce sont des glandes sous-cutanées à excrétion externe situées sur le dos, le cou et les épaules de certains crapauds et les salamandres. Ces glandes sécrètent une substance (parfois laiteuse) qui contient des alcaloïdes servant à tuer ou dissuader les prédateurs.

Iso 14001 : La norme ISO 14001 définit une série d'exigences spécifiques à la mise en place d'un système de management environnemental au sein d'une organisation, quelle que soit sa taille et son domaine d'activité.

Lordose lombaire : Lorsqu'il entre en catalepsie, le Sonneur courbe son dos afin de montrer son ventre jaune marbré.

Plasticité phénotypique : C'est la capacité d'un organisme à exprimer différents phénotypes à partir d'un génotype donné selon des conditions biotiques et/ou abiotiques environnementales, contrairement à la canalisation environnementale.

R 3.2.1 : est un logiciel permettant de faire des analyses statistiques et de produire des graphiques

Sex ratio : Taux comparé de mâles et de femelles au sein d'une espèce à reproduction sexuée, pour une population

Slow : Espèce à croissance rapide, longévité courte.

Trap dependence/trap effect : Capacité à changer son comportement en fonction de la capture

Transience : Caractère éphémère, la capture n'a lieu qu'une seule fois

Abréviations

UPPA : Université de Pau et des Pays de l'Adour

ONF : Office National des Forêts

UT : Unité Territoriale

FD : Forêt Domaniale

INPN : Inventaire National du Patrimoine Naturel

MNHN : Museum National d'Histoire Naturelles

UICN : l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature

SVJ : Sonneur à ventre jaune

PNA/PRA : Plan National/Régional d'Action

Bibliographie

Ouvrages

- LESCURE & MASSARY, 2012 - Atlas des amphibiens et reptiles de France. Biotope, Mèze, MNHN, Paris (Collection inventaire et biodiversité), 272 p
- ACEMAV coll., Duguet R. & Melki F. ed., 2003 - Les Amphibiens de France, Belgique et Luxembourg,. Collection Parthénope, édition Biotope, Mèze (France). 480 p
- Michel Renner Stéphane Vitzthum , 2007 - Amphibiens et reptiles de Lorraine. Serpenoise 272 p

Publications

- LESCURE, PICHENOT, COCHARD - Régression de *Bombina variegata*(Linné, 1758) en France par l'analyse de sa répartition passée et présente ; Bull de la Société Herp. Fr (2011) 137 : 5-41
- DAVID A. PATRICK, MALCOLM L. HUNTER, ARAM J.K CALHOUN 2006- Effect of experimental forestry treatment on a Maine amphibian community; Forest Ecology and Management
- BRIAN D. TODD, BETSIE B. ROTHERMEL 2006 – Assessing quality of clearcut habitats for amphibians : Effects on abundances versus vital rates in the southern toad (*Bufo terrestris*), The University of Georgia, Savannah River Ecology Laboratory.
- PUISSAUVÉ Mai 2013 - Le Sonneur à ventre jaune, *Bombina variegata* (Linnaeus, 1758) Fiches d'information sur les espèces aquatiques protégées,
- ASTRUC G., FARNY G., Corail M., COMBRISSE D., DUDOUET C., BREBION G., LISAMBERT H. & BESNARD A.– Dynamique des populations et phénologie des Sonneurs à ventre jaune dans le Parc national des Ecrins. Bull. Soc. Herp. Fr (2014) 149:9-23.
- MASSEMIN D. – Effectif, répartition et déplacement du Sonneur à ventre jaune, *Bombina variegata* (L.) dans une population du sud de la France (Département de l'Ardèche). Bull.Soc. Herp. Fr. (2001) 97 : 27-39
- GAILLARD J.M, YOCCOZ N G, - Temporal variation in survival of mammals : a case of environmental canalization ? (2003)
- CAYUELA H, ARSOVSKI D, BOITAUD S, BONNAIRE E, BOUALIT L, MIAUD C, JOLY P, BESNARD A - Slow life history and rapid extreme flood: demographic mechanisms and their consequences on population viability in a threatened amphibian
- William L. Kendall; James D. Nichols; James E. Hines - Estimating Temporary Emigration Using Capture-Recapture Data n Pollock's Robust Design. Ecology, Vol. 78, No. 2 (1997) 563-578.
- Martin et al - Gestion du Crapaud sonneur à ventre jaune. Résultats préliminaires en forêt domaniale de l'Allier. Rev. For. Fr. LIII - numéro spécial 2001
- CSPNB, 2007. La biodiversité à travers des exemples.MEDD/D4E.104p

Web

ww.onf.fr

www.uicn.fr

www.inpn.mnhn.fr

www.Naturemp.org

www.indrenature.net

www.alsace.developpement-durable.gouv.fr/

Annexes

1. Gestion forestière et protection du Sonneur à ventre jaune
2. Article 2 de l'arrêté du 17/11/07
3. Fiches actions PRA Sonneur à ventre jaune
4. Les statuts de protection sonneur
5. Natura 2000 « Corridor de la Meuse
6. Carte de la zone d'étude
7. Calendrier
8. Fiche terrain « Capture Sonneurs »
9. Photographies d'une capture de Sonneurs
10. Patron ventral des Sonneurs à ventre jaune
11. Distribution des Sonneurs à ventre jaune
12. Script R : Elasticité et taux d'accroissement de la population

1. Gestion forestière et protection du Sonneur à ventre jaune

Les principales menaces en Lorraine sur l'espèce sont :

- La perte et la fragmentation des habitats dues à l'aménagement du territoire (urbanisation et infrastructures)
- La dégradation ou la modification des habitats due à l'évolution des pratiques agricoles et des travaux forestiers.
- La gestion des réaménagements de carrières

La Forêt Domaniale de Verdun est exploitée pour la production de bois. Cette exploitation s'accompagne de la création de nombreux chemins forestiers, de circulation d'engins, de plateformes de stockage de bois, de débardage et de travaux sur les parcelles en régénération.

Si les activités peuvent être favorables aux Sonneurs, elles peuvent également constituer une menace pour l'espèce (Bonnaire et Brison, 2013) :

- Les travaux d'exploitation mécaniques (abbateuse)
- Les opérations de débardage (Circulation des tracteurs, des porteurs...)
- Le passage de gyrobroyeurs pour l'entretien des lignes de parcelles, des chemins et fossés
- Les travaux dits de « remise en état » qui consistent à reboucher les ornières par nivellement à la pelle hydraulique
- L'empierrement des pistes en terrain naturel
- Le dépôt des rémanents d'exploitation
- Le drainage des mardelles forestières

D'autres menaces existent en forêt, mais qui ne sont pas liées à l'exploitation forestière :

- La circulation d'autres véhicules liés aux travaux forestiers, de 4x4, des VTT, de chevaux, de motorisés...
- L'agrainage massif des sangliers

2. Article 2 de l'arrêté du 17/11/07

Pour les espèces d'amphibiens et de reptiles dont la liste est fixée ci-après :

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

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

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

- dans le milieu naturel du territoire métropolitain de la France, après le 12 mai 1979 ;
- dans le milieu naturel du territoire européen des autres Etats membres de l'Union européenne, après la date d'entrée en vigueur de la directive du 21 mai 1992 susvisée.

3. Fiches actions PRA Sonneur à ventre jaune

3.2 - Les fiches actions

Thème	N° de la fiche	Intitulé de l'action	Priorité
	1.1	Animer et mettre en œuvre le Plan Régional d'actions - désignation de la structure porteuse - recherche de financements - réunions des comités de pilotage	Forte
Connaissance	1.2	Amélioration de la connaissance de la répartition et suivi des stations - collecte et centralisation des données - production de cartes de répartition - synthèse et homogénéisation des suivis quantitatifs	Forte
	1.3	Etat des lieux des stations dans les sites Natura 2000 - Améliorer la connaissance de l'espèce dans les sites N 2000 où l'espèce est présente ou suspectée - Etat des lieux des actions mises en œuvre pour l'espèce - Homogénéiser les interventions proposées et les retours d'expérience - Proposer des modifications de périmètres pour faciliter les actions sur l'espèce	Moyenne
	1.4	Mise en œuvre de travaux de recherche sur l'espèce	Faible
Conservation	2.1	Mettre en œuvre des actions de protection sur les stations importantes ou isolées - Définition des priorités - Rédaction d'un plan de gestion - Mise en place des outils de protection adaptés	Forte
	2.2	Renforcer la prise en compte de l'espèce dans les schémas d'aménagement du territoire et la trame verte et bleue - Assurer la prise en compte de l'espèce dans les documents de planification territoriale et outils de protection réglementaire et de connaissance - Mieux orienter les choix pour les aménagements, notamment en rappelant le Principe Éviter-Réduire-Compenser (ERC).	Moyenne
Gestion/ Sensibilisation	3.1	Contrôle du front de colonisation du Sonneur à ventre de feu, affaiblissement des populations	Forte
	3.2	Développement et valorisation des pratiques sylvicoles favorables à l'espèce - Maintenir les bonnes pratiques favorables à l'espèce - Etablir un cahier d'orientations techniques - Agir et expérimenter - Valoriser les bonnes pratiques	Forte
	3.3	Développement et valorisation des pratiques agricoles favorables à l'espèce - Maintenir les bonnes pratiques favorables à l'espèce (Réaliser une fiche technique à destination des propriétaires et exploitants agricoles) - Mise en place d'actions « expérimentales » - Valoriser les bonnes pratiques	Forte
	3.4	Mise en place de mesures de conservation dans les carrières - Reconduite des conventions en cours entre certains exploitants et des associations de conservation en charge de la protection et du suivi - Mise en place de nouvelles conventions sur les sites identifiés mais non suivis, - Réaliser une fiche technique à destination des exploitants de carrières - Valoriser les actions entreprises	Forte
Communication	4.1	Actions de communication sur l'espèce à destination du grand public et des usagers	Faible

Tableau VII : récapitulatif des fiches actions

4. Statut de protection du Sonneurs

Etat de conservation - Directive Habitats

Région alpine : Défavorable mauvais

Région atlantique : Défavorable mauvais

Région continentale : Défavorable inadéquat

Région méditerranéenne : Inconnu

Espèce évaluée sur Liste Rouge ou Livre Rouge

Liste rouge européenne de l'UICN (évaluation 2009) : LC (listé Bombina variegata)

Liste rouge mondiale de l'UICN (évaluation 2009) : LC (listé Bombina variegata)

Liste rouge des amphibiens de France métropolitaine (2008) : VU (listé Bombina variegata)

Espèce réglementée

Communautaire :

Directive 92/43/CEE (Directive européenne dite Directive Habitats-Faune-Flore) : Annexe IV

Directive 92/43/CEE (Directive européenne dite Directive Habitats-Faune-Flore) : Annexe II

International :

Convention relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe (Convention de Berne) : Annexe II

De portée nationale :

Listes des amphibiens et des reptiles protégés sur l'ensemble du territoire français et les modalités de leur protection : Article 2 de l'arrêté du 17 Novembre 2007

5. Natura 2000 « Corridor de la Meuse »

Les gîtes à Chiroptères

FR4100171

Corridor de la Meuse

Superficie : 12 705 ha

Département : Meuse

Maître d'ouvrage : État

Opérateur : CPEPESC et CSL

Sur les versants Nord apparaît la tillaie-érablaie (Habitat prioritaire 9180-11), alors que les sols argileux de la plaine de la Woëvre sont favorables au développement de la chênaie pédonculée hygrocline* (Habitat 9160) et de la forêt alluviale* à Saules, Aulne glutineux et Frêne (Habitat prioritaire 91E0). Ainsi, la forêt alluviale* du ruisseau des Forges dans la forêt domaniale du Mort-Homme constitue l'une des plus belles aulnaies-frênaies à Orme lisse de la Meuse. Concernant les milieux ouverts, notons la présence sur le plateau de Douaumont de quelques pelouses calcicoles* (Habitat 6210).



Une ancienne place forte investie par les Chiroptères

Les très nombreux vestiges d'ouvrages militaires de l'ancien champ de bataille de Verdun offrent un ensemble de sites privilégiant les populations de Chiroptères. En effet, les forts et les ouvrages constituant le « Camp retranché de Verdun » possèdent de nombreuses galeries souterraines où règnent des conditions idéales pour l'hivernation des chauves-souris et les superstructures plus tempérées offrent des gîtes d'estivage et de mise bas pour les colonies de Chiroptères troglodytes*. De plus, la majorité de ces vestiges sont situés au sein des massifs forestiers de Verdun et du Mort-Homme, qui avec les prairies de la vallée de la Meuse à proximité, constituent de vastes terrains de chasse exploités par ces Mammifères. La connaissance approfondie de ce site exceptionnel est principalement due aux prospections de M. GILLARD.

Concernant les espèces inscrites à l'annexe II de la directive « Habitats-Faune-Flora », le site « Corridor de la Meuse » héberge la plus importante population de Grands rhinolophes en Lorraine, avec deux méso-colonies de mise bas majeures et plusieurs gîtes hébergeant chacun plus de 100 individus en hibernation. Il en est de même pour le Vespertilion à oreilles échancrées, dont l'une des plus importantes colonies de mise bas régionale est installée dans un monument du souvenir de la Grande Guerre. Le Grand murin est également bien présent en été avec la plus grande colonie de mise bas régionale située dans le village de Sommedieu : elle rassemble plus de 3 000 individus. De plus, le Petit rhinolophe, le Vespertilion de Bechstein et la Barbastelle d'Europe fréquentent également le site. Les autres espèces de Chiroptères, inscrites à l'annexe IV, observées régulièrement sur ce site sont les suivantes : la Sérotine commune, l'Oreillard roux, l'Oreillard gris, la Noctule commune, la Noctule de Leisler, la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Nathusius, le Vespertilion à moustaches, le Vespertilion de Brandt, le Vespertilion de Natterer et le Vespertilion de Daubenton.

Au total, 17 espèces de Chiroptères sont représentées dans le site « Corridor de la Meuse » ; les effectifs en hibernation dépassent les 1 500 individus et les 5 000 individus en nurserie. Incontestablement, il s'agit d'un haut lieu pour la protection des Chiroptères dans l'ouest de l'Europe centrale. Avec une diversité en espèces et des effectifs aussi remarquables, ce site mériterait le statut de Réserve Naturelle Nationale.

Les habitats naturels d'intérêt communautaire les mieux conservés sur ce site sont les formations forestières. La hêtraie neutrophile* collinéenne* (Habitat 9130) se développe sur les sols profonds de limons* des plateaux, alors que les zones, où la roche calcaire affleure, abritent la hêtraie-chênaie calcicole* médio-européenne* (Habitat 9150).

Une vaste forêt refuge pour les amphibiens

Le site « Corridor de la Meuse » présente également un grand intérêt pour les amphibiens*, avec notamment une importante population de Sonneur à ventre jaune, espèce qui trouve ici la limite de son aire de répartition. Les suivis de populations effectués ces dernières années ont permis d'estimer les effectifs sur l'ensemble des forêts domaniales de Verdun et du Mort-Homme à plus de 5 000 individus et la population est vraisemblablement encore plus importante.

Le Triton crêté est également représenté en forêt domaniale de Verdun. Les inventaires effectués au début des années 2000 ont permis d'identifier cinq stations relativement proches les unes des autres, essentiellement des complexes de trous d'obus sur des sites de mémoire entretenus et ainsi maintenus ouverts. Plus récemment, deux nouvelles stations, situées à plusieurs kilomètres des précédentes, ont été découvertes. De plus, cette espèce est certainement présente sur le massif du Mort-Homme dans des milieux qui lui sont favorables.

Le site Natura 2000 et sa gestion conservatoire

Le site « Corridor de la Meuse » comprend une vingtaine de gîtes d'hibernation et de mise bas pour les Chiroptères, ainsi que le Plateau de Douaumont, espace de près de 200 ha d'un seul tenant situé en forêt domaniale de Verdun, au cœur de l'ancien champ de bataille et qui présente un intérêt tout particulier, pour des raisons autant historiques qu'écologiques :

- La forêt domaniale de Verdun, massif boisé d'un seul tenant de 9 600 ha environ sur la rive droite de la Meuse, est une forêt de Zone Rouge : elle est assise sur les terrains les plus dévastés par les bombardements massifs effectués en 1916. Elle est issue en grande partie du boisement du champ de bataille, essentiellement avec des essences résineuses, comme l'Épicéa et le Pin noir d'Australie, durant les années 1930 mais également du recrus* naturel feuillu dans les anciens bois détruits par la guerre. Depuis les années 1970, les peuplements résineux ont été progressivement remplacés par des feuillus, majoritairement le Hêtre.
- Le Plateau de Douaumont, constitué essentiellement de terres agricoles avant la bataille de 1916, n'a quant à lui pas été reboisé comme le reste du massif ; la végétation a donc évolué spontanément pendant 90 ans sur un terrain mis à nu par les bombardements, ce qui, sur une telle étendue, est un cas unique en France et peut-être même en Europe. Cette végétation se présente par ailleurs sur une grande partie du plateau sous la forme d'un couvert arbusatif plus ou moins ouvert, ce qui en fait un terrain de chasse privilégié pour les chauves-souris.

Une partie des anciens ouvrages militaires d'importance majeure a déjà bénéficié de procédures juridiques et de l'installation d'infrastructures pour leur mise en protection grâce au programme LIFE Chauves-souris transfrontalier (LIFE Nature 95/DI/A22/EU/00045) : acquisition du Fort de Vacherauville, pose de grilles adaptées au passage des Chiroptères pour fermer cinq forts, signature de quatre conventions d'occupation temporaire avec l'État et d'un bail emphytéotique* pour un vaste réseau de souterrains creusés en 1917. Le Conservatoire des Sites Lorrains est le gestionnaire de ces sites et la CPEPESC Lorraine en assure le suivi scientifique.

L'inscription du site « Corridor de la Meuse » au réseau Natura 2000 permet donc de renforcer la protection du réseau de gîtes disponibles dans un objectif de conservation durable des populations de Chiroptères présentes. La surface ciblée initiale du site Natura 2000 « Corridor de la Meuse » était de 270 ha. Sur proposition de l'Office National des Forêts et après acceptation du Comité de Pilotage, la surface du site a été étendue à l'ensemble des forêts domaniales du Mort-Homme et de Verdun, soit un total de 1 570 ha.

Habitats représentés dans ce site

6210 (8310) 9130 9150 9160 9180 91E0

Espèces représentées dans ce site

1096 1163 1166 1193 1303 1304 1308 1321 1323 1324

Documentation

CPEPESC LORRAINE (2005, 2006a & 2009)

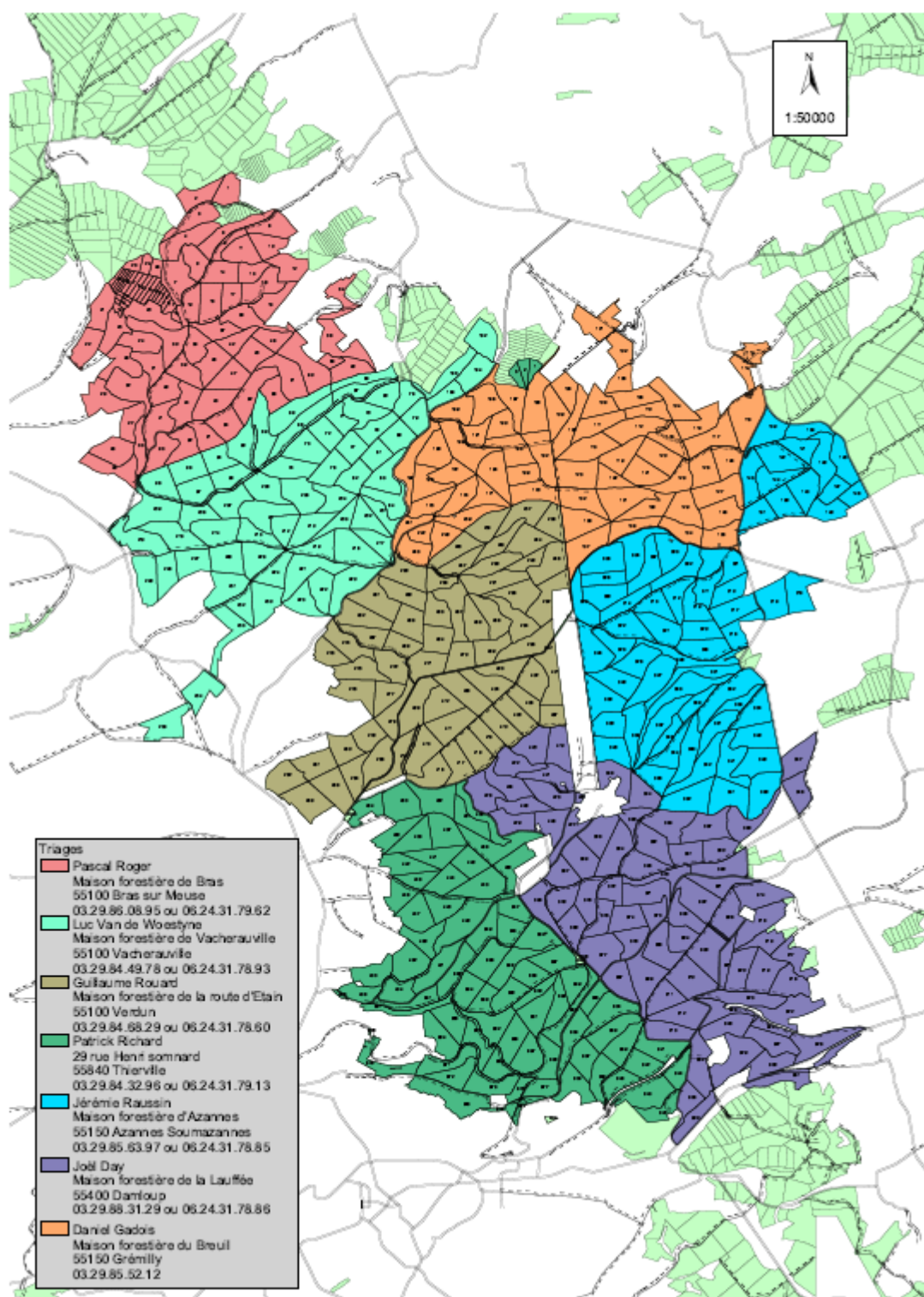
GABER S. (1994)

LE HALLE G. (1998)

PARENT G.H. (2004)



6. Carte de la zone d'étude



7. Calendrier et organisation de l'étude

Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
Bibliographie	Bibliographie et rédaction du rapport	Prospections	Reconnaisances photographiques	Reconnaisances photographiques	Rédaction du rapport
Prospection des sites connus et nouveaux sites potentiellement favorables	Prospections de nouveaux sites et recherche des Sonneurs	1ère session de capture	2ème session de capture	3ème session de capture	Analyses statistiques et traitements des données

8. Fiche terrain « Capture Sonneurs »

SUIVI SÛNNEUR FORET DOMANIALE DE VERDUN AUTEUR : DATE : N° FICHE :
FICHE CMR
SESSION N° : HEURE DEBUT : HEURE FIN : METEO :

SITE : LIEU DIT : PARCELLE, LIGNE : TYPE DE SITE :

N° PHOTOS DU SITE : Végétation aquatique : 0 ; 0-25% ; 25-50 % ; 50-75% ; 75-100%

PERTURBATIONS/DEGRADATIONS CONSTATEES :

SONNEUR : PONTES : TETARDS SANS PATTES : 2 OU 4 PATTES : IMAGOS :

AUTRES ESPECES AMPHIBIENS :

PREDATEURS :

[illegible]

Juv. : Juvénile (1 hiver, patron encore ± "flou", taille < 2,8 cm)

N.C. : nouvelle capture (1^{ère} capture de cet individu)

Sub. : Subadulte (2 hivers, 2,8 < taille < mâles : 3,5, femelles 3,6 cm)

R. : recapture (individu déjà capturé)

Indét. : Indéterminé (maturité difficile à déterminer) : noter la taille au pied à coulisse ou dans le boîtier CD (préciser dans la colonne "Remarques" comment la mesure est effectuée)

Cal. : Callosités nuptiales. noter "++" si bien marquées, "+" si très pâles, peu marquées, "?" en cas de doute.

9. Photographies d'une capture de Sonneurs



1. Observation puis captures des individus.



2. Tous les Sonneurs sont placés dans un même seau avec 2cm d'eau.



3. Mesure et détermination du sexe de l'individu



4. Photographie du patron ventral. Une tierce personne note les informations sur la fiche terrain.

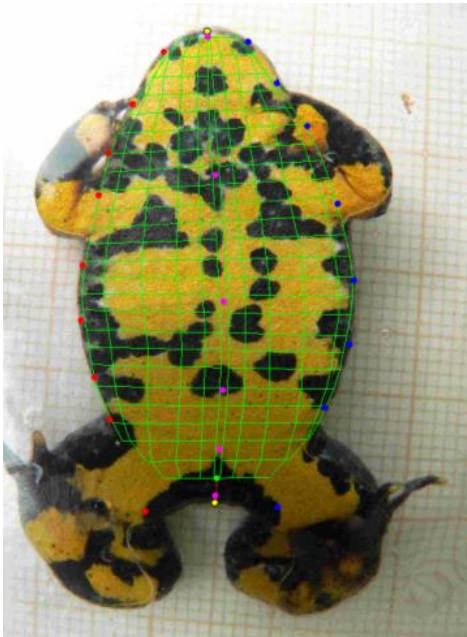


5. Les Sonneurs photographiés sont placés dans un second seau.

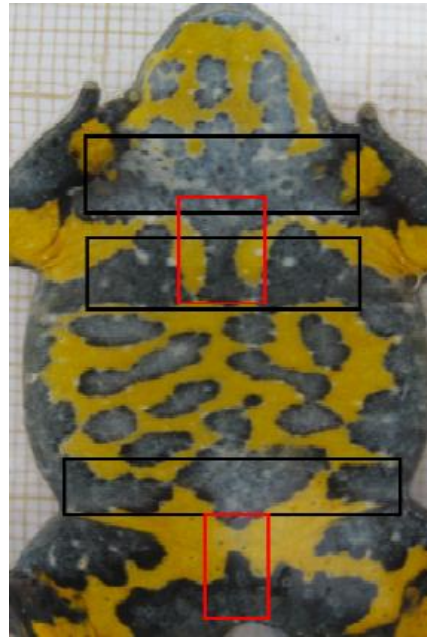


6. Relâché de tous les individus capturés.

10. Patron ventral des Sonneurs à ventre jaune sur « Extract Compare »



Placement des points identificateurs



Patron ventral et zones d'identification

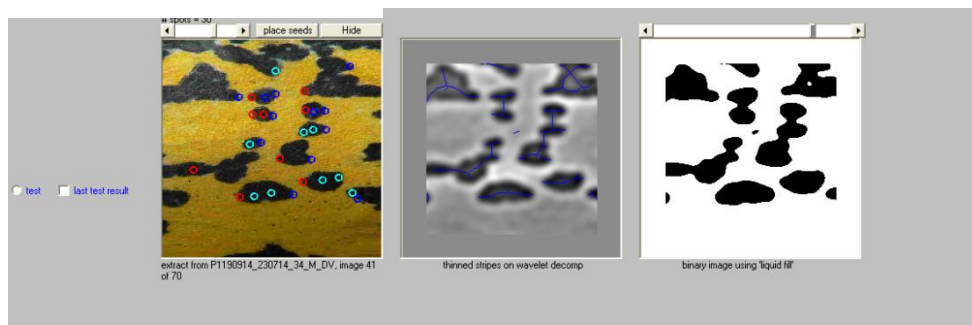
Collier

Cravate

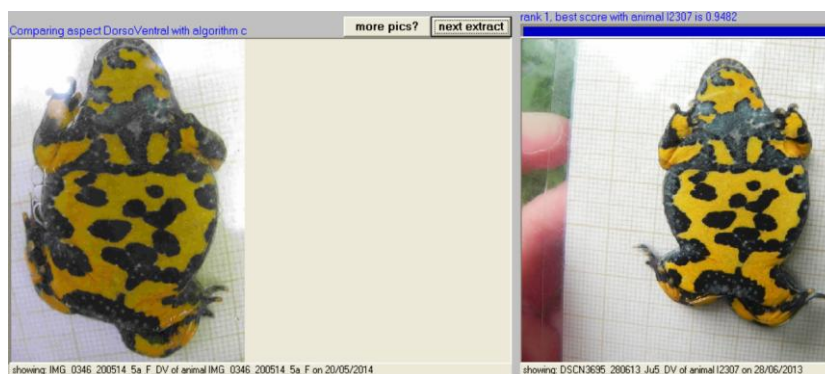
Bande pectorale

Bas ventre

Urostyle

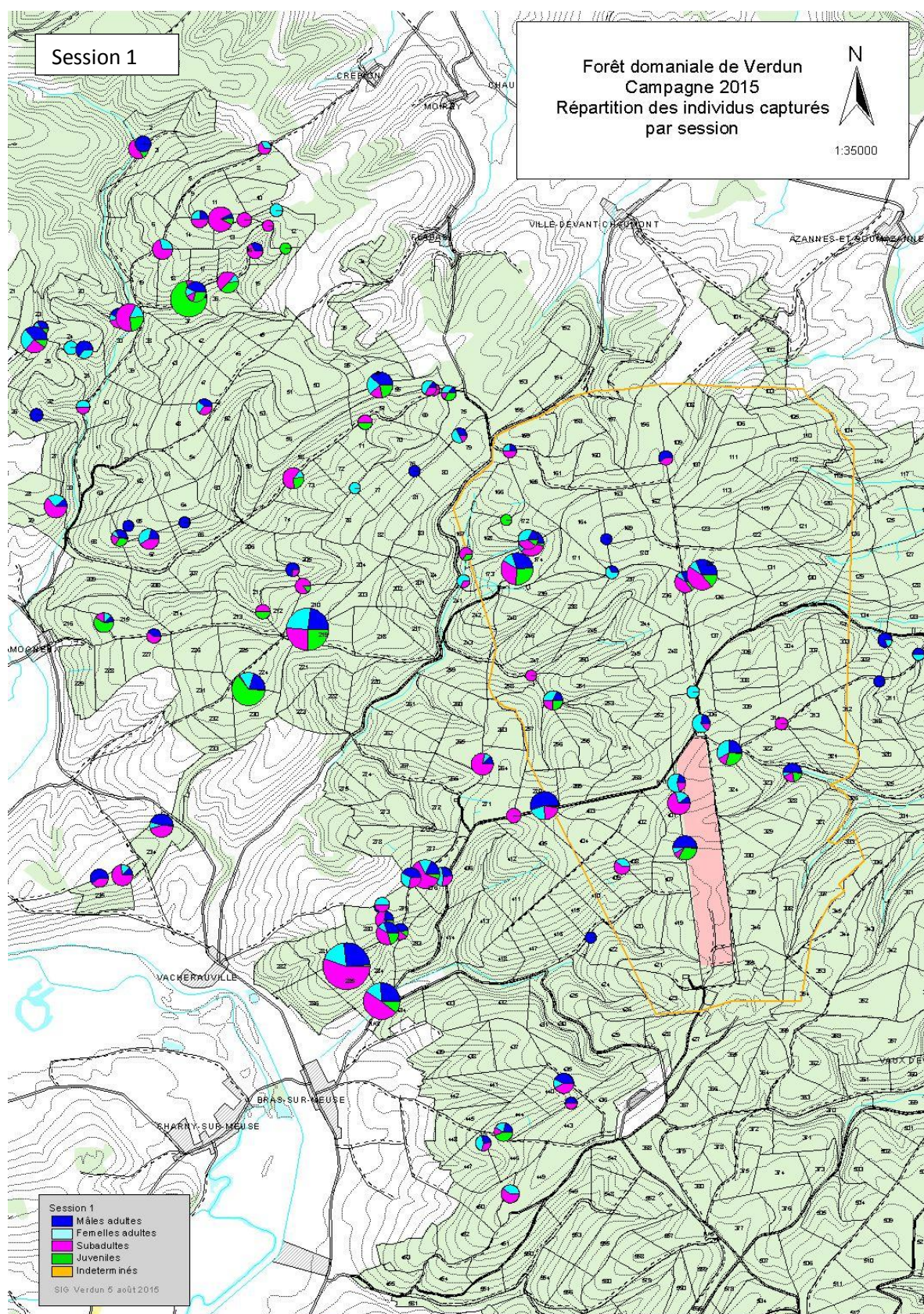


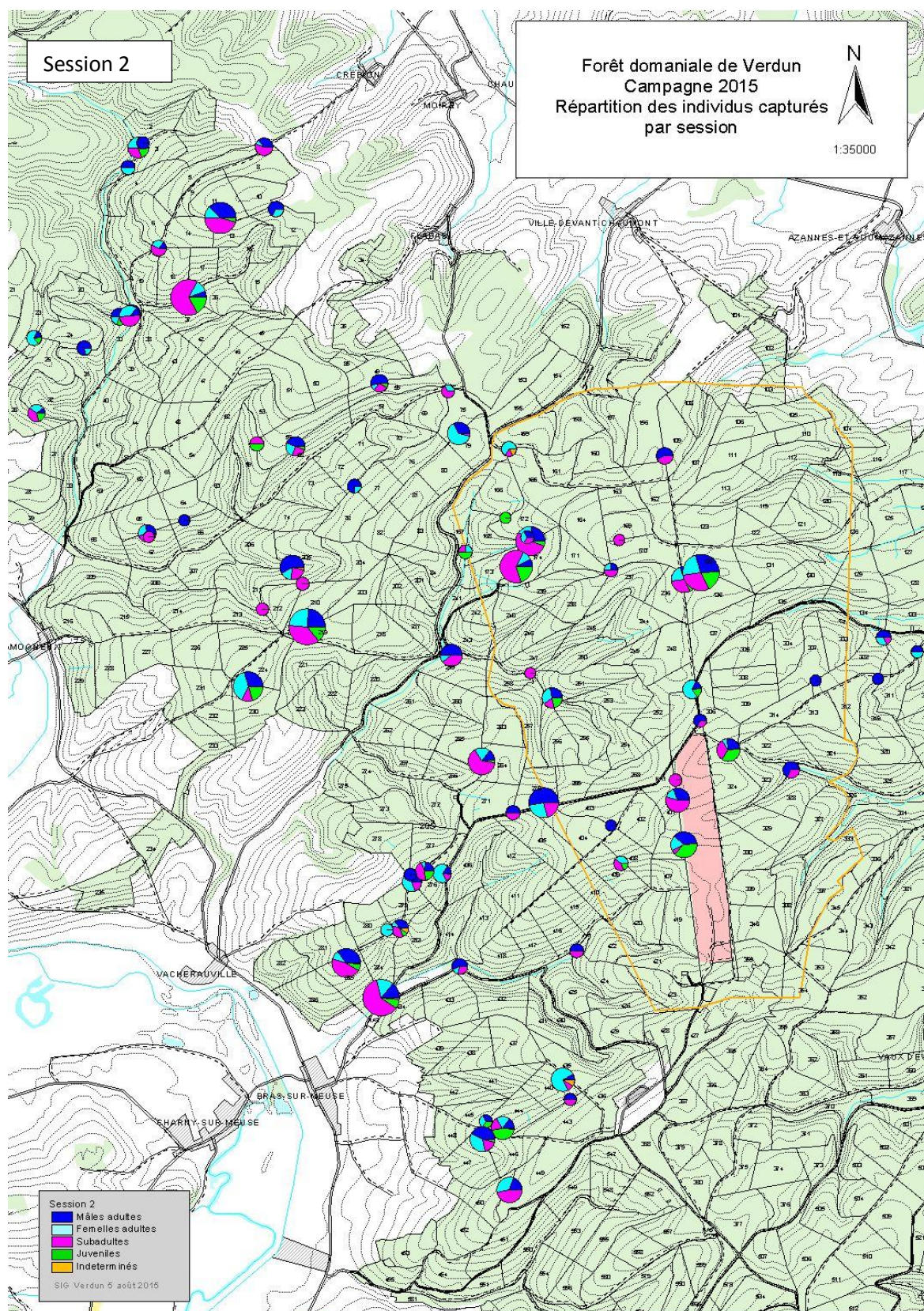
Analyse des points de différents patrons par « Extract Compare »

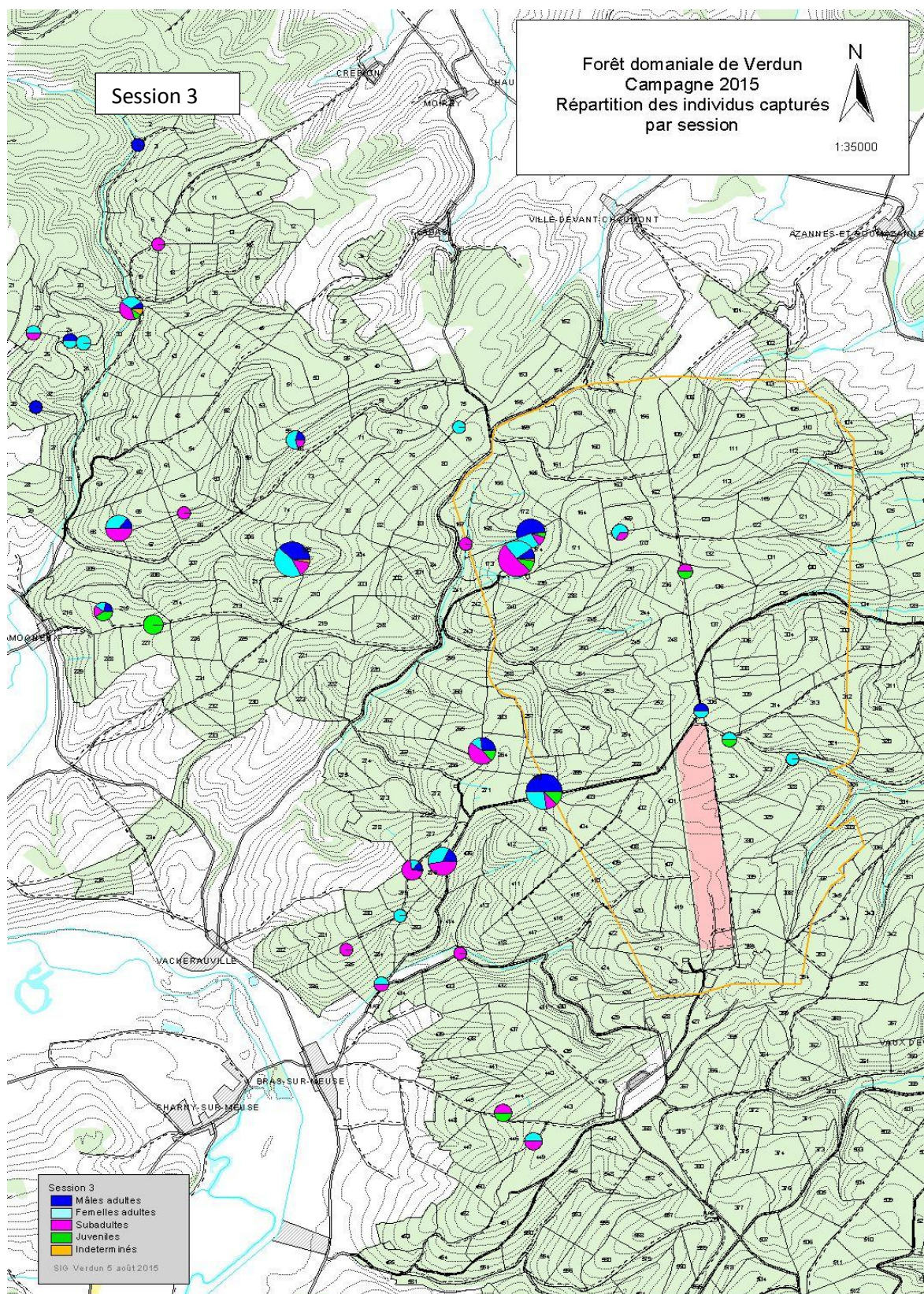


Validation visuelle de patron identique

11. Distribution des Sonneurs en fonction de la classe d'âge et du sexe







12. Script R : Elasticité et taux d'accroissement de la population

```

Library (popbio)

Sj_n<-0.29
Sim_n<-0.46
Sad_n<-0.71
rec_n<- 1.20 # en nombre de
femelles par femelles

An<-matrix(0,nrow=3,ncol=3)

An[1,3]<-rec_n
An[2,1]<-Sj_n
An[3,2]<-Sim_n
An[3,3]<-Sad_n

elas<-elasticity(An)
elas

library(MASS)
library(boot)
library(popbio)

NbootS<-50
namepop<-"pop1"

####-----###
##      for fecundity
###
####-----###
NJ1c<-828
NJ2c<-489
NJ3c<-335
NJ4c<-101
NJ5c<-471
NJ6c<-1093
NJ7c<-955

NF1c<-495
NF2c<-724
NF3c<-669
NF4c<-177
NF5c<-576
NF6c<-483
NF7c<-577

K1<-3
K2<-4
K3<-4
K4<-3
K5<-3
K6<-3
K7<-3

#juv
numbetaD<-
c(55,58,59,60,61,62,63,64)
# beta for all
the detection prob of all age
classes
numbetaS<-c(32:49)
# beta
for all the survival of all age
classes
numbetaBP<-c(8:31)
# beta
for all breeding transitions

resultTOT<-array(data = NA,
dim = c(5,3,NbootS),
dimnames = NULL)
#####
for (zboot in 1:NbootS)
{
print(paste('doing
bootstrap',zboot,sep=" "))
namefilecovp<-
paste(namepop,"vcov",zboot,s
ep="_")
namefilecov<-
paste(namefilecovp,"csv",sep=
".")

namefilebetap<-
paste(namepop,"beta",zboot,s
ep="_")
namefilebeta<-
paste(namefilebetap,"csv",sep
=".")

result<-
matrix(NA,nrow=5,ncol=3)

rownames(result)<-
c('Surv_ad','Surv_sub','Surv_ju
v','Fec','BreedProp')
colnames(result)<-
c('variance','std
dev','part_var_temp')

####
# two files, first with beta
estimates,second with
variance_covariance matrix
estim_beta<-
read.csv2(namefilebeta,h=T)
beta<-estim_beta[,2]
varcov<-
read.csv2(namefilecov,h=T)

n<-10000      # number of
bootstrap
rpT<-mvrnorm(n, beta, varcov)
numbeta<-numbetaD

rp<-rpT[,numbeta]
# number of beta
selected
q<-matrix(NA,nrow=n,ncol=1)
p<-matrix(NA,nrow=n,ncol=1)
NF<-
matrix(NA,nrow=n,ncol=1)
NBj<-
matrix(NA,nrow=n,ncol=1)
F<-matrix(NA,nrow=n,ncol=6)

for (i in 1:n)
{
q[i,1]<-(1-(1-
inv.logit(rp[i,1]+rp[i,4]))^K2)
#juveniles second year
p[i,1]<-(1-(1-
inv.logit(rp[i,2]+rp[i,3]))^K1)
# females first year
NF[i,1]<-NF1c/p[i,1]
NBj[i,1]<-NJ2c/q[i,1]
F[i,1]<-NBj[i,1]/NF[i,1]

q[i,1]<-(1-(1-
```

```

inv.logit(rp[i,1]+rp[i,5]))^K3)
  #juveniles second year
  p[i,1]<-(1-(1-
inv.logit(rp[i,2]+rp[i,4]))^K2)
  # females first year
  NF[i,1]<-NF2c/p[i,1]
  NBJ[i,1]<-NJ3c/q[i,1]
  F[i,2]<-NBJ[i,1]/NF[i,1]

  q[i,1]<-(1-(1-
inv.logit(rp[i,1]+rp[i,6]))^K4)
  #juveniles second year
  p[i,1]<-(1-(1-
inv.logit(rp[i,2]+rp[i,5]))^K3)
  # females first year
  NF[i,1]<-NF3c/p[i,1]
  NBJ[i,1]<-NJ4c/q[i,1]
  F[i,3]<-NBJ[i,1]/NF[i,1]

  q[i,1]<-(1-(1-
inv.logit(rp[i,1]+rp[i,7]))^K5)
  #juveniles second year
  p[i,1]<-(1-(1-
inv.logit(rp[i,2]+rp[i,6]))^K4)
  # females first year
  NF[i,1]<-NF4c/p[i,1]
  NBJ[i,1]<-NJ5c/q[i,1]
  F[i,4]<-NBJ[i,1]/NF[i,1]

  q[i,1]<-(1-(1-
inv.logit(rp[i,1]+rp[i,8]))^K6)
  #juveniles second year
  p[i,1]<-(1-(1-
inv.logit(rp[i,2]+rp[i,7]))^K5)
  # females first year
  NF[i,1]<-NF5c/p[i,1]
  NBJ[i,1]<-NJ6c/q[i,1]
  F[i,5]<-NBJ[i,1]/NF[i,1]

  q[i,1]<-(1-(1-
inv.logit(rp[i,1]))^K7)
  #juveniles second year
  p[i,1]<-(1-(1-
inv.logit(rp[i,2]))^K6) #
females first year
  NF[i,1]<-NF6c/p[i,1]
  NBJ[i,1]<-NJ7c/q[i,1]
  F[i,6]<-NBJ[i,1]/NF[i,1]
}

LN<-dim(F)
medianF<-
matrix(NA,nrow=LN[2],ncol=1)
for (i in 1:LN[2])
{
  medianF[i,1]<-median(F[,i])
}

####-----###
##      for survival
###
###-----###

#### get the beta estimates
and the variance-covariance
matrix ###
numbeta<-numbetaS
      # beta for all the
survival of all age classes
lbeta<-length(numbeta)
rp<-rpT[numbeta]
      # number of beta
selected

#-----
-----
# bootstrapping the survival for
all age classes
S<-
matrix(NA,nrow=n,ncol=lbeta)

for (k in 1:lbeta)
{
  for (i in 1:n)
  {
    S[i,k]<-
exp(rp[i,k])/(1+exp(rp[i,k]))
  }
}

LN<-dim(S)
medianS<-
matrix(NA,nrow=LN[2],ncol=1)
for (i in 1:LN[2])
{
  medianS[i,1]<-median(S[,i])
}

#-----

-----
###-----###
##      breeding prop
###
###-----###

#### get the beta estimates
and the variance-covariance
matrix ###
numbeta<-numbetaBP
      # beta for all
breeding transitions
rp<-rpT[numbeta]
      # number of beta
selected

BP<-
matrix(NA,nrow=n,ncol=6)
#
for (i in 1:n)
{
  A<-matrix(0,nrow=2,ncol=2)
  A[1,1]<-inv.logit(rp[i,2])
  A[2,1]<-(1-inv.logit(rp[i,2]))
  A[2,2]<-inv.logit(rp[i,4])
  A[1,2]<-(1-inv.logit(rp[i,4]))
  BP[i,1]<-stable.stage(A)[1]
}

for (i in 1:n)
{
  A<-matrix(0,nrow=2,ncol=2)
  A[1,1]<-inv.logit(rp[i,6])
  A[2,1]<-(1-inv.logit(rp[i,6]))
  A[2,2]<-inv.logit(rp[i,8])
  A[1,2]<-(1-inv.logit(rp[i,8]))
  BP[i,2]<-stable.stage(A)[1]
}

for (i in 1:n)
{
  A<-matrix(0,nrow=2,ncol=2)
  A[1,1]<-inv.logit(rp[i,10])
  A[2,1]<-(1-inv.logit(rp[i,10]))
  A[2,2]<-inv.logit(rp[i,12])
  A[1,2]<-(1-inv.logit(rp[i,12]))
  BP[i,3]<-stable.stage(A)[1]
}

for (i in 1:n)

```

```

{
A<-matrix(0,nrow=2,ncol=2)
A[1,1]<-inv.logit(rp[i,14])
A[2,1]<-(1-inv.logit(rp[i,14]))
A[2,2]<-inv.logit(rp[i,16])
A[1,2]<-(1-inv.logit(rp[i,16]))
BP[i,4]<-stable.stage(A)[1]
}

for (i in 1:n)
{
A<-matrix(0,nrow=2,ncol=2)
A[1,1]<-inv.logit(rp[i,18])
A[2,1]<-(1-inv.logit(rp[i,18]))
A[2,2]<-inv.logit(rp[i,20])
A[1,2]<-(1-inv.logit(rp[i,20]))
BP[i,5]<-stable.stage(A)[1]
}

for (i in 1:n)
{
A<-matrix(0,nrow=2,ncol=2)
A[1,1]<-inv.logit(rp[i,22])
A[2,1]<-(1-inv.logit(rp[i,22]))
A[2,2]<-inv.logit(rp[i,24])
A[1,2]<-(1-inv.logit(rp[i,24]))
BP[i,6]<-stable.stage(A)[1]
}

IN<-dim(BP)
medianBP<-
matrix(NA,nrow=IN[2],ncol=1)
for (i in 1:IN[2])
{
medianBP[i,1]<-median(BP[,i])
}
#####

##### HERE
THE VARIATIONS

varcovS<-cov(S) # get the
variance-covariance matrix on
the probability scale of all age
classes
varcovBP<-cov(BP) # get the
variance-covariance matrix on
the probability scale of all age
classes
varcovF<-cov(F) # get the
variance-covariance matrix on

the probability scale of all age
classes

### for the survival
#####
stadeAd<-c(3,6,9,12,15,18) #
ad
stadeSub<-c(2,5,8,11,14,17) #
sub
stadeJuv<-c(1,4,7,10,13,16) #
juv

#####
covariance
#####
##
# select the beta in the already
selected beta for each age
class ###
stade<-stadeAd

##### get the righth beta and
their variance-covariance
matrix
lad<-length(stade) # number of
annual survival
SigmaAd<-
varcovS[stade,stade] #
variance-covariance matrix of
these beta

###
Sad<-medianS[stade]
# the survival
on the probability scale
meanSad<-mean(Sad)
# the mean
survival over the years
varTsAD<-sum((Sad-
meanSad)^2)/(lad-1) # the
total variability of the survival
estimates
sumVar<-
sum(diag(SigmaAd))/lad
# the sum of
the estimated variances
SigmaAdp<-SigmaAd

diag(SigmaAdp)<-0

sumCov<-
(sum(SigmaAdp)/2)*(2/(lad*(la
d-1))) # the sum of the
estimated covariances

tau2<-varTsAD-
sumVar+sumCov
# the temporal
variance only
## standard deviation
of temporal variation
# % of total standard
error explained by temporal
variation

result[1,1]<-tau2
result[1,2]<-sqrt(tau2)
result[1,3]<-tau2/varTsAD

### for the survival
SUB#####
#####
covariance
#####
##
# select the beta in the already
selected beta for each age
class ###
stade<-stadeSub

##### get the righth beta and
their variance-covariance
matrix
lad<-length(stade) # number of
annual survival
SigmaAd<-
varcovS[stade,stade] #
variance-covariance matrix of
these beta

###
Sad<-medianS[stade]
# the survival on the
probability scale
meanSad<-mean(Sad)
# the mean
survival over the years
varTsAD<-sum((Sad-
meanSad)^2)/(lad-1) # the
total variability of the survival
estimates

```

```

sumVar<-
sum(diag(SigmaAd))/lad
      # the sum of
the estimated variances
SigmaAdp<-SigmaAd

diag(SigmaAdp)<-0

sumCov<-
(sum(SigmaAdp)/2)*(2/(lad*(lad-1))) # the sum of the
estimated covariances

tau2<-varTsAD-
sumVar+sumCov
      # the temporal
variance only
result[2,1]<-tau2
result[2,2]<-sqrt(tau2)
result[2,3]<-tau2/varTsAD

### for the survival
JUV#####
#####
covariance
#####
##
# select the beta in the already
selected beta for each age
class ###
stade<-stadeJuv # juv

#### get the right beta and
their variance-covariance
matrix
lad<-length(stade) # number of
annual survival
SigmaAd<-
varcovS[stade,stade] #
variance-covariance matrix of
these beta

###
Sad<-medianS[stade]
      # the survival on the
probability scale
meanSad<-mean(Sad)
      # the mean
survival over the years
varTsAD<-sum((Sad-
meanSad)^2)/(lad-1) # the

```

```

total variability of the survival
estimates
sumVar<-
sum(diag(SigmaAd))/lad
      # the sum of
the estimated variances
SigmaAdp<-SigmaAd

diag(SigmaAdp)<-0

sumCov<-
(sum(SigmaAdp)/2)*(2/(lad*(lad-1))) # the sum of the
estimated covariances

tau2<-varTsAD-
sumVar+sumCov
      # the temporal
variance only
result[3,1]<-tau2
result[3,2]<-sqrt(tau2)
result[3,3]<-tau2/varTsAD

### for the fecundity
#### get the right beta and
their variance-covariance
matrix

###
Sad<-medianF # the
survival on the probability
scale
SigmaAd<-varcovF # variance-
covariance matrix of these
beta
meanSad<-mean(Sad)
      # the mean
survival over the years
varTsAD<-sum((Sad-
meanSad)^2)/(lad-1) # the
total variability of the survival
estimates
sumVar<-
sum(diag(SigmaAd))/lad
      # the sum of
the estimated variances
SigmaAdp<-SigmaAd

diag(SigmaAdp)<-0

sumCov<-

```

```

(sum(SigmaAdp)/2)*(2/(lad*(lad-1))) # the sum of the
estimated covariances

tau2<-varTsAD-
sumVar+sumCov
      # the temporal
variance only
result[4,1]<-tau2
result[4,2]<-sqrt(tau2)
result[4,3]<-tau2/varTsAD

### for breeding prop
#### get the right beta and
their variance-covariance
matrix

###
Sad<-medianBP
      # the survival on the
probability scale
SigmaAd<-varcovBP #
variance-covariance matrix of
these beta
meanSad<-mean(Sad)
      # the mean
survival over the years
varTsAD<-sum((Sad-
meanSad)^2)/(lad-1) # the
total variability of the survival
estimates
sumVar<-
sum(diag(SigmaAd))/lad
      # the sum of
the estimated variances
SigmaAdp<-SigmaAd

diag(SigmaAdp)<-0

sumCov<-
(sum(SigmaAdp)/2)*(2/(lad*(lad-1))) # the sum of the
estimated covariances

tau2<-varTsAD-
sumVar+sumCov
      # the temporal
variance only
result[5,1]<-tau2
result[5,2]<-sqrt(tau2)

```

result[5,3]<-tau2/varTsAD		quantile(resultTOT[3,2,],probs
	# variance des SD	=c(0.50,0.025,0.975)) # SD
resultTOT[,zboot]<-result		survival juv
}	quantile(resultTOT[1,2,],probs	quantile(resultTOT[4,2,],probs
	=c(0.50,0.025,0.975)) # SD	=c(0.50,0.025,0.975)) # SD fec
fileresult<-	survival adult	quantile(resultTOT[5,2,],probs
paste(namepop,"Rdata",sep=".	quantile(resultTOT[2,2,],probs	=c(0.50,0.025,0.975)) # SD BP
")	=c(0.50,0.025,0.975)) # SD	
save.image(fileresult)	survival sub	

Résumé

Le Sonneur à ventre jaune (*Bombina variegata*) est une espèce qui connaît un important déclin en France. Depuis 2011, suite à la mise en place du Plan National d'Action Sonneur à ventre jaune, une étude de la dynamique de la population a été mise en place avec l'application de la méthode de Capture-Marquage-Recapture.

La Forêt Domaniale de Verdun abrite l'une des plus grandes populations de Sonneurs (plus de 7500 individus différents dans la base de données en 2014). En 2015, 2922 Sonneurs ont été capturés lors des 3 sessions. Le traitement des données étant en cours, le nombre d'individus recapturé n'est pas encore connu pour cette année.

L'utilisation du Robust Design de Pollock (données 2008-2014) a permis de faire ressortir certaines variables démographiques permettant ainsi de définir certaines caractéristiques de la population.

Les résultats concernant le ratio de variance, indiquent que les immatures sont les plus sensibles aux variations environnementales. La plasticité phénotypique des individus leur permettent de s'adapter à certaines variations du milieu. Cela justifie parfaitement pour cette espèce longévive, que la survie soit plus forte chez les adultes (70%), contre 29% pour les juvéniles. De plus, les résultats relatif à la reproduction démontre effectivement que les Sonneurs ont tendance à ne se reproduire qu'un an sur deux.

Dans le but de préserver une espèce comme le Sonneur à ventre jaune, il est essentiel de prendre en compte les variables démographiques et biologiques afin de mettre en place des mesures de gestion adapté.

Mots-clés :

Bombina variegata, Forêt Domaniale de Verdun, Dynamique de population, Capture-Marquage-Recapture, Robust Design.