

# BUFO



Rapport de stage de Master 1 Génie des environnements naturels  
et industriels spécialité faune sauvage et environnement  
Promotion 2012/2013

Priscilla ILLY

---

**Estimation de la taille de deux populations de sonneur à  
ventre jaune *Bombina variegata* en Alsace par Capture-  
Marquage-Recapture**

Maître de stage :  
Jean Pierre VACHER  
Chargé d'études à BUFO

Tuteur de stage :  
Marie-Lazarine Poulle  
Centre de Recherche et de  
Formation en Eco-éthologie





## Remerciements

Je remercie tout particulièrement Jean-Pierre Vacher qui a accepté de me prendre en stage et m'a énormément appris sur le travail de terrain (et les bretzels).

Merci à toute l'équipe de Bufo, Victoria Michel, Anne Granet et Fanny Gosselin.

Merci à Hugo Cayuela d'avoir pris le temps de m'expliquer le fonctionnement du logiciel Mark et d'avoir répondu à mes questions.

Je remercie également chaleureusement tout les bénévoles ayant participé aux sessions de capture. Leur aide m'a été très précieuse.

Merci à Jacques Thiriet pour avoir répondu à mes questions lors des 24h de la biodiversité.

Merci Julie pour m'avoir hébergé durant ces deux mois et m'avoir conseillé tout au long de cette étude. Ton expérience m'a été très utile et j'espère que nos routes se croiseront à nouveau.

Et enfin merci à toi David qui partage ma vie, pour ton soutien, ta patience (et aussi tes talents de géographe).

Et vive le sonneur !

# Sommaire

1. <u>Description de la structure d'accueil</u> .....	p.1
2. <u>Introduction</u> .....	p.2
3. <u>Matériel et méthode</u> .....	p.4
3.1. <u>Zones d'étude</u> .....	p.4
3.1.1. <u>La carrière de Saint-Nabor</u> .....	p.4
3.1.2. <u>L'île de Rhinau</u> .....	p.5
3.2. <u>Protocole d'échantillonnage</u> .....	p.6
3.3. <u>Reconnaissance des individus</u> .....	p.7
3.4. <u>Test de population close</u> .....	p.8
3.5. <u>Analyse des données</u> .....	p.8
4. <u>Résultats</u> .....	p.10
4.1. <u>Données brutes</u> .....	p.10
4.2. <u>Test de population close</u> .....	p.12
4.2.1. <u>Saint-Nabor</u> .....	p.12
4.2.2. <u>Rhinau</u> .....	p.12
4.3. <u>Analyse des données avec le logiciel CAPTURE</u> .....	p.12
4.3.1. <u>Saint-Nabor</u> .....	p.12
4.3.2. <u>Rhinau</u> .....	p.14
5. <u>Discussion</u> .....	p.14
6. <u>Conclusion</u> .....	p.16
7. <u>Bibliographie</u> .....	p.18
 <u>Annexe 1 : Localisation des site de capture</u> .....	 p.19

<u>Annexe 2 : Répartition du sonneur à ventre jaune en Alsace</u> .....	p.20
<u>Annexe 3 : Fenêtre de comparaison du logiciel WILD-ID</u> .....	p.21
<u>Annexe 4. a : Histoire de capture de Saint-Nabor</u> .....	p.22
<u>Annexe 4. b : Histoire de capture de Rhinau</u> .....	p.24

# 1. Description de la structure d'accueil

Bufo est une association à but non lucratif créée en 1997 et spécialisée dans l'étude et la protection des amphibiens et des reptiles d'Alsace. Son siège social est situé au musée d'histoire naturelle et d'ethnographie de Colmar (68) tandis que ses locaux se trouvent à Strasbourg (67) au sein de la maison des associations, 8 rue Adèle Riton. Cet immeuble regroupe diverses associations naturalistes tels que le GEPMA (Groupe d'étude et de protection des mammifères d'Alsace), ODONAT (Office des données naturalistes d'Alsace), IMAGO (Association de conservation des invertébrés d'Alsace), France Nature Environnement (Fédération française des associations de protection de la nature et de l'environnement), Alsace Nature (Association fédérative régionale pour la protection de la nature) ainsi que la LPO (Ligue pour la protection des oiseaux).

L'association Bufo compte deux salariés permanents, Jean-Pierre Vacher, chargé d'études, et Victoria Michel, chargée de mission. Les activités de l'association vont de l'étude et du suivi des espèces à la sensibilisation du grand public. Elle apporte également des formations ainsi que des outils d'aide à la décision aux professionnels amenés à traiter avec ces espèces tel que les carriéristes, aménageurs ou gestionnaires d'espaces afin de favoriser une meilleure prise en compte des amphibiens et des reptiles lors de la réalisation de projet d'ouvrages ou d'aménagements.

Pour finir, Bufo réalise également un atlas de répartition des amphibiens et des reptiles d'Alsace qui est régulièrement mis à jour.



Equipe de Bufo pour l'été 2013 : (De gauche à droite) Fanny Gosselin (contractuel), Victoria Michel, Priscilla Illy, Jean-Pierre Vacher, Anne Granet (contractuel) et Julie Lambrey (stagiaire)

## 2. Introduction

Le sonneur à ventre jaune est un amphibien de petite taille (4 – 5 cm) pour un poids variant entre 2,5 et 15 g. Il appartient à la famille des Bombinatoridae et au genre *Bombina*.

Cette espèce, présente exclusivement en Europe centrale et occidentale, s'étend de la France jusqu'au Carpates ukrainiennes pour ses limites occidentales et orientales et du centre des Pays-Bas jusqu'à la péninsule balkanique et l'Italie pour ses limites septentrionales et méridionales.

En France, cet amphibien est majoritairement continental, il est donc absent du pourtour méditerranéen et très rare dans l'ouest et le nord. Quatre sous-espèces sont présentes en Europe bien que leurs statuts d'espèces ou de sous-espèces soit discutés (Pichenot, 2008) : *Bombina variegata variegata* de la France aux Carpates, *Bombina variegata scabra* (Küster, 1843) sur la péninsule balkanique (Albanie, Grèce, Bulgarie), *Bombina variegata kolombatovici* (Bedriaga, 1890) le long de la mer Adriatique en Croatie et au Monténégro et *Bombina variegata pachypus* (Bonaparte, 1838) en Italie.

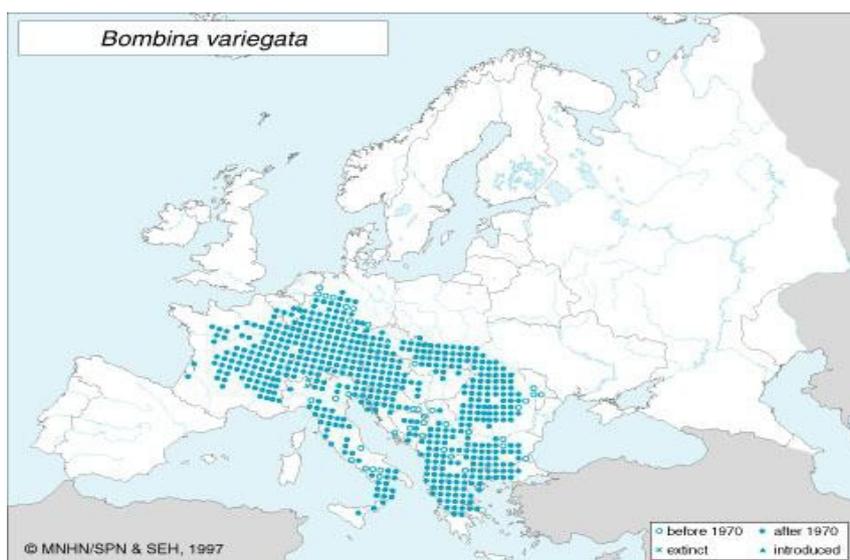


Figure 1: Distribution européenne de *Bombina variegata*, Gasc, J.P., et al.1997. Atlas des Amphibiens et Reptiles d'Europe. Paris: SEH & MNHN

Au niveau morphologique, son dos, de couleur brun terreux ou verdâtre, est recouvert de verrues cutanées au centre desquelles se trouve de petites épines noires tandis que sa face ventrale présente une coloration jaune vive ainsi que des taches noires ou bleu nuit. Ces taches forment un motif unique propre à chaque individu. Ces couleurs vives sont dites aposématiques car elles constituent un avertissement pour les éventuels prédateurs. En effet, lorsqu'il perçoit un danger, le sonneur se met sur le ventre ou sur le dos et relève ses membres afin d'en exposer les parties colorées. Il peut également libérer un venin cutané, produit par les glandes granuleuses et fortement

irritant pour les yeux et le nez. De plus, cette sécrétion a un goût désagréable pour les prédateurs (Nöllert et Nöllert, 2003).

Un des moyens d'identification simple de cette espèce lorsque sa face ventrale n'est pas visible consiste à regarder la forme des pupilles qui sont généralement en forme de cœur ou de « Y ». En effet, ses yeux, apte à la vie aquatique sont sur le dessus de son crâne et sont visible à la surface de l'eau lorsque son corps est immergé. Bon nageur, il possède également une palmure complète des pattes arrière.

En outre, une des particularités de cette espèce tient à l'absence de sac vocal, limitant la portée de son chant en période de reproduction. C'est d'ailleurs durant cette période que des callosités nuptiales noirâtres apparaissent sur « les avant-bras, sur le pouce, à l'intérieur des doigts et sur les orteils des mâles » (Pichenot, 2008).

Cette espèce, dite pionnière, est capable de coloniser rapidement un milieu nouvellement créé et peut utiliser, pour sa reproduction, tout type de point d'eau, permanent ou provisoire, naturel ou artificiel, si tant est que le courant soit réduit voire nul.

Ainsi, on la retrouve dans des ornières forestières, des bauges de sangliers, des sillons dus aux passages de véhicules sur les chemins forestiers mais également dans les plaines humides de basse et moyenne montagne, les milieux bocagers, les bras morts des rivières, les carrières... En résumé, n'importe quel point d'eau stagnant, de faible profondeur, en milieu ouvert, donc bien ensoleillé et dépourvu de prédateurs, est susceptible de convenir pour la reproduction de cet amphibien.

Son cycle se compose de deux phases, l'une terrestre pour les adultes et les juvéniles et l'autre aquatique pour les têtards.

Dès que les températures commencent à chuter, il rejoint son site d'hivernage en forêt ou dans un sous-bois où il s'enfouit sous une pierre ou une écorce (ACEMAV, 2003).

Le régime alimentaire de l'adulte est constitué de vers et d'insectes de petite taille. Les têtards quant à eux se nourrissent en filtrant l'eau pour absorber des algues et des diatomées en suspension (Muratet, 2004). L'espérance de vie de cette espèce est généralement d'une douzaine d'années avec un maximum de 19 ans (ACEMAV, 2003).

Le sonneur à ventre jaune est inscrit aux annexes II et IV de la directive européenne « Habitats-Faune-Flore », ainsi qu'à l'annexe II de la Convention de Berne. En France, il est intégralement protégé, ainsi que ses habitats, au titre de l'arrêté du 19 novembre 2007. De plus, il est classé dans la catégorie « vulnérable » sur la Liste rouge des amphibiens menacés de France métropolitaine. De ce fait, cet amphibien fait l'objet d'un plan national d'action décliné en plan régional d'action en Alsace. Le travail réalisé au cours de ce stage s'inscrit dans le cadre de la fiche N° 3 du Plan régional d'action en faveur du sonneur à ventre jaune : « Amélioration des connaissances sur la répartition de cette espèce et suivi des populations ».

L'objectif de cette étude est de mettre en place un protocole de recensement standardisé sur plusieurs années permettant l'estimation de paramètres démographiques pour des populations de sonneurs à ventre jaune à priori isolées et importantes. En effet, la plupart des données proviennent d'observations ponctuelles réalisées par des bénévoles et ne permettent pas d'avoir une idée précise de la taille, du taux de natalité et du taux de survie de ces populations. Ainsi, nous avons réalisé un suivi des populations sur deux sites localisés en milieu alluvial et en piémont par Capture-Marquage-Recapture (CMR). Cette méthode se base sur l'identification individuelle des animaux au moyen de marques, de bagues ou de motifs propre à chaque individu. Elle est donc particulièrement utile avec des espèces présentant naturellement un moyen de reconnaissance individuel avec le patron de coloration ventral. De plus, elle permet également une estimation fiable des paramètres démographiques.

### 3. Matériel et méthode

#### 3.1. Zones d'étude

Les deux sites d'études sont situés en Alsace, dans le département du Bas-Rhin (67) et à proximité de Strasbourg. Ils sont gérés de manière très différente et illustrent la variabilité des biotopes pouvant être exploités par le sonneur à ventre jaune.

##### 3.1.1 La carrière de Saint-Nabor

Situé au pied du mont Sainte Odile, sur les communes de Saint-Nabor et d'Ottrott, cette carrière de soixante hectares ( $48^{\circ}26'38''N$ ,  $7^{\circ}24'49''E$ ) n'est plus exploitée depuis 2002 mais subit actuellement d'importants travaux de mise en sécurité du site à travers la mise en place de paliers de trente mètres le long des parois rocheuses. Ces travaux ont été entamés en 2009 et devraient se terminer en 2015. Durant cette période, la société Est granulats est autorisée à continuer l'extraction de Porphyre, une roche magmatique très résistante utilisée comme ballast de chemins de fer ou comme composant des routes asphaltées. De nombreux aménagements ont été réalisés, en partenariat avec l'association Bufo dans le cadre de mesures compensatoires visant à favoriser les zones de reproduction disponibles pour les amphibiens présents sur le site. Ainsi, de nombreuses mares ont été creusées durant les périodes hivernales et colonisées par le sonneur à ventre jaune dès l'année suivante. De plus, ce site présente une herpétofaune très riche et de nombreuses observations ont pu être réalisées au cours des sorties de terrain. Ainsi, en accord avec les inventaires précédemment réalisés par Bufo, nous avons pu constater la présence de la coronelle

lisse, de la couleuvre à collier, du crapaud commun, du triton palmé, du triton alpestre et de la grenouille verte.



Figure 2 : Image satellite de la carrière de St Nabor  
(Source : [www.geoportail.fr](http://www.geoportail.fr))

### 3.1.2. L'île de Rhinau

Située entre le vieux Rhin et le canal du Rhin, l'île de Rhinau ( $48^{\circ}15'5''N$ ,  $7^{\circ}40'28''E$ ) est la propriété de l'entreprise Electricité De France (EDF). Cette île longue de 10 km et large de 400 m compte 375 hectares dont 306,72 hectares classés en Réserve Naturelle Nationale (RNN) depuis le 06 Septembre 1991. Cette réserve couvrant la partie sud de l'île est gérée par le conservatoire des sites alsaciens (CSA). La partie nord de l'île constitue une réserve de chasse et est, à ce titre, gérée par l'Office Nationale de la Chasse et de la Faune Sauvage (ONCFS). Lors des sorties de terrain dans la partie nord de l'île, nous avons pu observer deux cadavres de jeunes couleuvres à collier (signe que l'espèce est présente sur le site), une grenouille agile, un triton crêté, une rainette verte ainsi que des têtards de cette dernière espèce dans les mêmes ornières que celles fréquentées par le sonneur à ventre jaune. En raison des inondations exceptionnelles et persistantes survenues au printemps 2013 seule la partie nord de l'île a pu être prospectée.



Figure 3 : Image satellite de la partie nord de l'île de Rhinau  
(Source : [www.geoportail.fr](http://www.geoportail.fr))

### 3.2. Protocole d'échantillonnage

Pour chaque site, trois sessions de captures (sessions primaires) ont été réalisées en alternant chaque semaine entre les deux zones d'étude. Ainsi, chaque session primaire de CMR a consisté en 3 journées de captures successives les lundi, mardi et mercredi (sessions secondaires) [Figure 1]. Les dates de ces sessions de captures sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 1 : Dates des sessions de captures

	Session 1			Session 2			Session 3		
	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3
Saint-Nabor	03/06/2013	04/06/2013	05/06/2013	17/06/2013	18/06/2013	19/06/2013	01/07/2013	02/07/2013	03/07/2013
Rhinau	10/06/2013	11/06/2013	12/06/2013	24/06/2013	25/06/2013	26/06/2013	08/07/2013	09/07/2013	10/07/2013

De manière générale, les sessions se déroulaient de nuit entre 22h et 1h du matin. Le nombre de participants était relativement stable afin que l'effort de recherche soit constant entre chaque session. J'ai été aidée pour les captures par les membres de l'association Bufo et des bénévoles connaissant ou voulant découvrir l'espèce. La température ainsi que le nombre de participants ont

été relevés à chaque sortie de terrain.

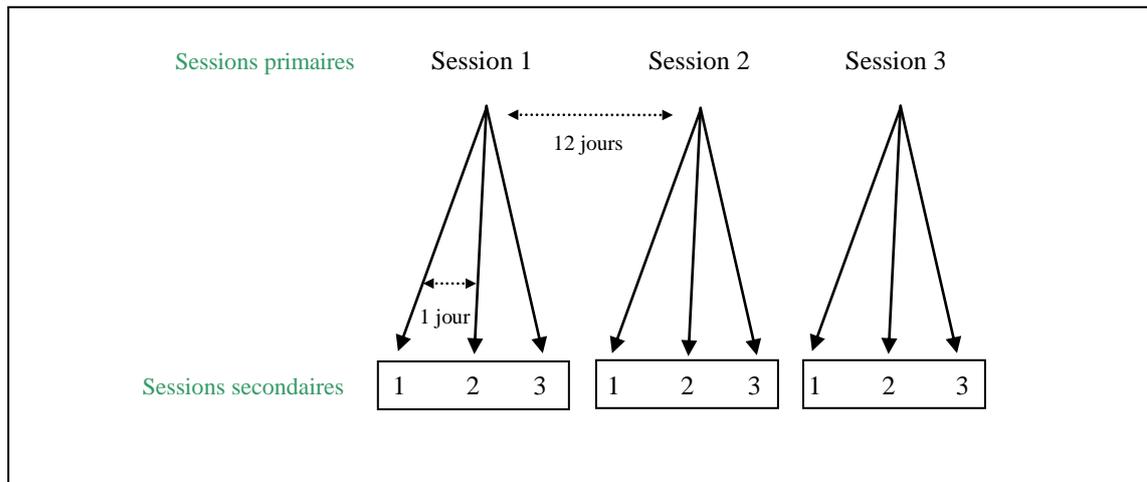


Figure 4 : Schématisation de la répartition temporelle des sessions

Le site a été prospecté grâce à l'utilisation de lampes frontales puissantes (une par participant) et tous les sonneurs détectés étaient placés dans un seau à l'exception des individus en amplexus qui n'ont pas été capturés.

Les mâles ont pu être déterminés grâce à la recherche de callosités noirâtres sur les avant-bras. Les individus de petite taille sans callosités étaient, quant à eux, placés dans la catégorie « juvénile ». Les individus de grande taille sans callosités correspondaient aux femelles.

Les sonneurs ont ensuite été placés individuellement dans une boîte à CD contenant un carré éponge rose pour les femelles, bleu pour les mâles et jaune pour les juvéniles, afin d'être photographiés. Cette technique présentait l'avantage d'immobiliser doucement les sonneurs et de pouvoir obtenir des photographies standardisées du patron de coloration ventrale. Ainsi, chaque individu a pu être reconnu et classé dans une catégorie (mâle, femelle, juvénile) à partir de ce motif unique et de la couleur de l'éponge.

### 3.3. Reconnaissance des individus

Les photographies obtenues lors des sessions de captures ont été allégées (réduction de la taille des fichiers) puis modifiées afin que les sonneurs soient tous orientés dans le même sens. Elles ont ensuite été rentrées par couple de deux sessions dans le logiciel WILD-ID, un logiciel permettant la reconnaissance des patrons de coloration ventrale des individus. Il se base sur le « *scale-invariant feature transform* » (SIFT), un algorithme permettant de détecter et d'identifier des éléments similaires entre deux images grâce au calcul de descripteurs SIFT. Il calcule ensuite la probabilité que deux photographies représentent un motif identique (Bolger, Morrisson, Vance, Lee

et Farid, 2012). Ce logiciel se présente sous la forme d'une fenêtre de comparaison où l'image cible (à apparier) est présentée à gauche et la concordance possible à droite. Au total, le logiciel propose 20 images pouvant coïncider avec l'image cible, la probabilité de concordance décroissant au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la première proposition. L'utilisateur doit donc réaliser un choix actif et déterminer quelle image représente un motif identique à celui présenté sur l'image cible. (cf. annexe 3).

Les histoires de captures ont ensuite été construites manuellement pour chaque individu en leur attribuant un code. Lorsqu'un individu était recapturé lors d'une session secondaire, un « 1 » lui était attribué pour cette session. À l'inverse, si ce même individu n'était pas recapturé, un « 0 » lui était attribué. Ainsi, chaque individu identifié était accompagné d'un code à 9 chiffres se présentant sous la forme d'une succession binaire. Par exemple, l'individu Bombina 1 de St Nabor (cf. annexe 4) a été pourvu du code : 100000010 signifiant qu'il a seulement été capturé lors de la première occasion puis non détecté durant six occasions, recapturé lors de la 8ème occasion et enfin non capturé lors de la 9ème occasion.

### 3.4. Test de population close

Le logiciel CloseTest (Stanley et Burnham, 1999) a été utilisé pour déterminer le caractère fermé de chaque « population ». En effet, ce critère de population fermée conditionne le choix du type de modèle à tester pour pouvoir estimer les caractéristiques démographiques d'une population. Ainsi, ce logiciel teste l'hypothèse nulle du modèle de population fermée *mt* (hétérogénéité temporelle dans les probabilités de capture) en la confrontant au modèle de population ouverte de Jolly-Seber. Ce test est plus sensible à l'émigration permanente qu'à l'émigration temporaire. Sa sensibilité à l'immigration est moyenne.

### 3.5. Analyse des données

Les données obtenues ont été traitées grâce au programme CAPTURE implémenté dans le logiciel Mark (White et Burnham, 1999). Les résultats donnés par le logiciel CloseTest ont déterminé le choix du modèle de base. Ainsi, le modèle « Robust design » a été utilisé car il supporte quelques violations des conditions d'applications à savoir l'hypothèse d'une population close. À l'intérieur de ce modèle de base, plusieurs modèles ont été testés afin de trouver celui qui s'accorderait le mieux avec les données.

Ces modèles sont :

- M(0) Modèle nul sans hétérogénéité temporelle et individuelle dans les probabilités de capture.
- M(h) Modèle de Jackknife avec une hétérogénéité individuelle dans les probabilités de capture.
- M(b) Modèle de Zippen avec une réponse comportementale des animaux après la première capture.
- M(t) Modèle de Darroch avec une hétérogénéité temporelle dans les probabilités de capture.
- M (bh) Modèle avec une réponse comportementale de la part des animaux et une hétérogénéité individuelle dans les probabilités de capture.
- M (th) Modèle de Chao avec une hétérogénéité temporelle et individuelle dans les probabilités de capture.
- M (tbh) Modèle prenant en compte les trois sources de variabilité (temporelle, individuelle et comportementale) dans les probabilités de captures.

Chaque session secondaire a été traitée séparément car les neuf sessions de captures par site n'ont pas été réalisées de manière consécutive.

## 4. Résultats

### 4.1. Données brutes

Au total, 207 sonneurs ont été capturés à Saint-Nabor (62 mâles, 91 femelles, 54 juvéniles) et 144 à Rhinau (67 mâles, 51 femelles, 26 juvéniles). Les effectifs de chaque catégorie par session primaire sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 2 : Effectifs de chaque catégorie (mâle, femelle, adulte, juvénile) par session primaire pour les deux sites d'études.

		session 1	session 2	session 3
Saint-Nabor	Mâle	44	49	39
	Femelle	33	49	64
	Adulte	77	98	103
	Juvénile	27	31	27
Rhinau	Mâle	54	54	34
	Femelle	33	15	19
	Adulte	87	69	53
	Juvénile	19	9	13

Ainsi, le sex-ratio est de 0,68 pour Saint-Nabor et de 1,31 pour Rhinau. La proportion de juvéniles capturés étant respectivement de 26 % et de 18 %.

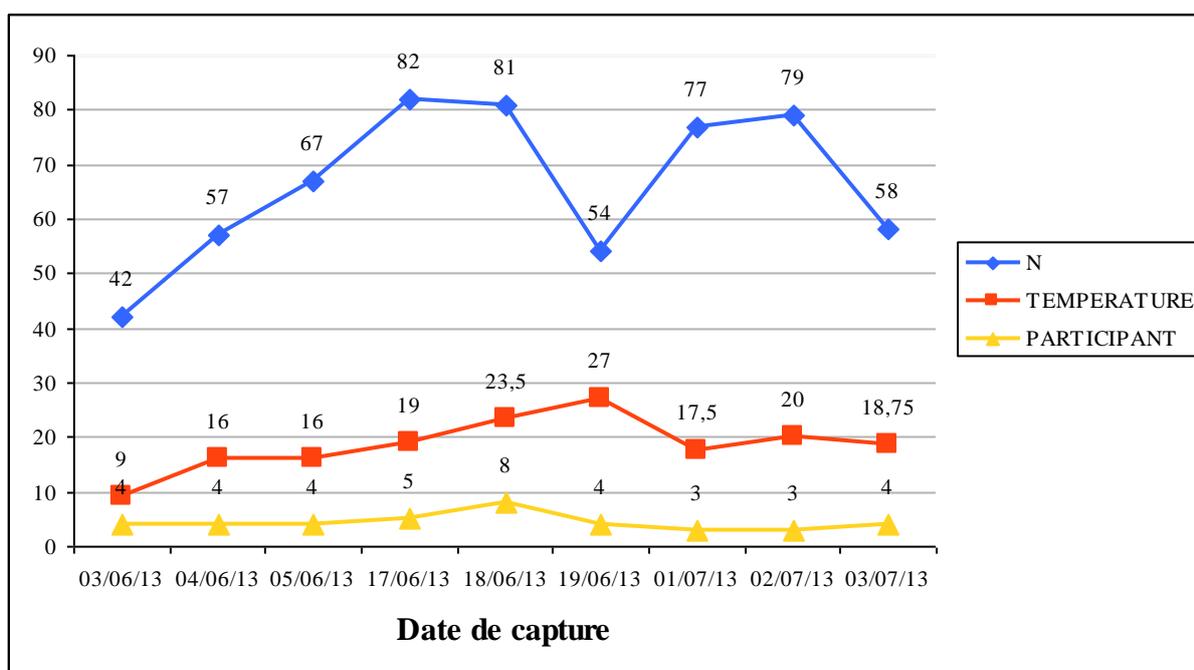


Figure 5 : Phénologie de B. Variegata à Saint-Nabor en fonction de la température et du nombre de participants

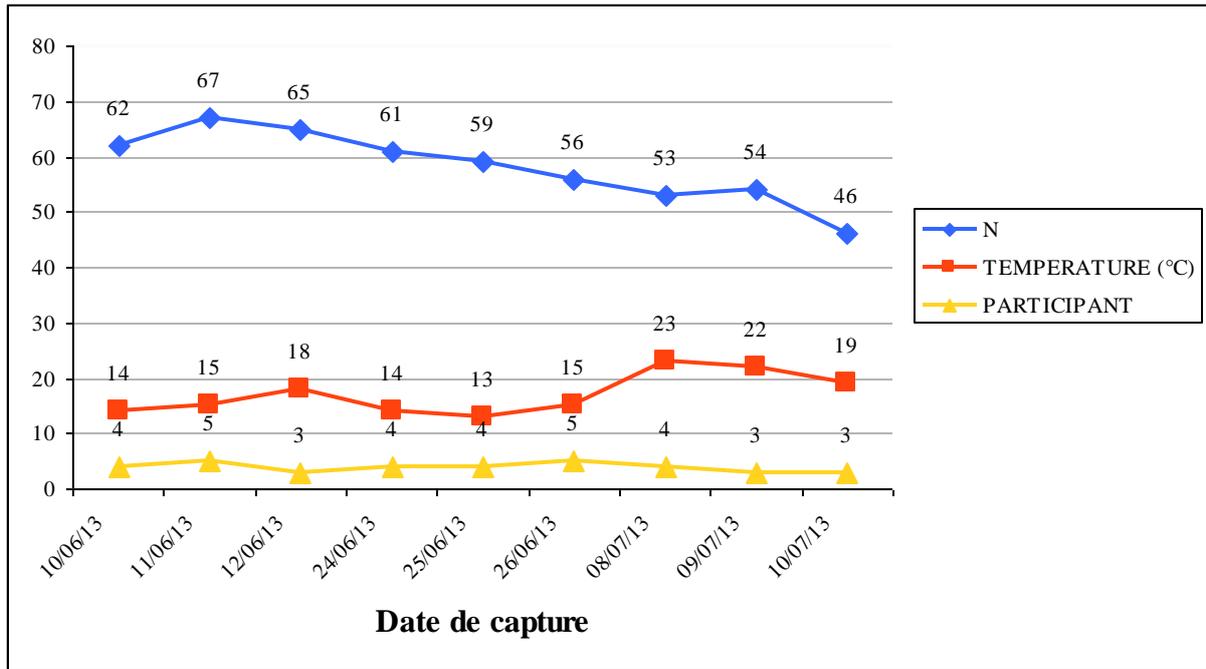


Figure 6 : Phénologie de *B. Variegata* à Rhinau en fonction de la température et du nombre de participants

Le nombre d'individus capturés lors de chaque session secondaire a été mis en relation avec la température ainsi que le nombre de participants. Concernant le site de Saint-Nabor, nous pouvons constater que le nombre d'individus capturés s'accroît au fil des sessions 1 et 2 puis décroît lors de la dernière session secondaire de la session 3 avec 58 individus capturés. Le nombre maximum de sonneurs capturés en une soirée est de 82 individus le 17 juin 2013 tandis que le minimum est de 42 individus (première session de capture) (Figure 5). De plus, une baisse des effectifs capturés est constatée lors de la session du 19 juin 2013 avec 54 individus capturés. C'est également lors de cette session que la température la plus haute a été recensée (27 °C). Cette température a été calculée en faisant la moyenne entre la température à l'arrivée sur le site vers 22h et la température à la fin de la session vers 1h du matin. La température la plus basse (9°C) coïncide avec l'effectif le plus faible lors de la première session de capture. Le nombre de participants était relativement stable lors des sorties de terrain avec une forte participation de la part des bénévoles lors de la session du 18 juin 2013. Pour éviter un biais dans l'estimation des probabilités de capture lors de cette session, le groupe a été scindé en deux afin de prospecter des zones différentes de la carrière.

Concernant l'île de Rhinau, nous pouvons constater que les effectifs capturés baissent de façon continue tout au long des sessions. Le maximum d'individus capturés est de 67 individus le 11 juin 2013 tandis que le minimum est de 46 individus lors de la dernière session de capture. Les températures les plus hautes ont été enregistrées le 8 et le 9 juillet 2013 (23 °C et 22 °C). Le nombre de participants est resté stable durant toute la durée des sorties de terrain.

## 4.2. Test de population close

### 4.2.1. Saint-Nabor

Les résultats du logiciel CloseTest montrent que la population est close durant les deux premières sessions primaires (Stanley et Burnham *closure test*, Session 1  $\chi^2 = 5.14$ ,  $p = 0.07$ ; Session 2  $\chi^2 = 3$ ,  $p = 0.22$ ) tandis que la troisième session ne l'est pas (Stanley et Burnham *closure test*, Session 3  $\chi^2 = 10.58$ ,  $p = 0.005$ ).

Au total, 166 individus ont été capturés lors de la session 1, 217 lors de la session 2 et 214 lors de la session 3. Il y a donc eu 62 recaptures lors de la session 1 dont 13 individus capturés trois fois lors des trois sessions secondaires, 88 lors de la session 2 dont 15 individus capturés lors des trois sessions secondaires et 84 lors de la session 3 dont 18 individus capturés lors des trois sessions secondaires.

### 4.2.2. Rhinau

Concernant Rhinau, la population est ouverte lors de la session 1 et de la session 3 (Stanley et Burnham *closure test*, Session 1  $\chi^2 = 6.06$ ,  $p = 0.04$  ; Session 3  $\chi^2 = 12.58$ ,  $p = 0.001$ ) mais ne l'est pas lors de la session 2 ( $\chi^2 = 1.56$ ,  $p = 0.45$ ).

Au total, 194 individus ont été capturés lors de la session 1, 176 lors de la session 2 et 153 lors de la session 3. Il y a donc eu 88 recaptures lors de la session 1 dont 29 individus capturés lors des trois sessions secondaires, 98 lors de la session 2 dont 34 individus capturés lors des trois sessions secondaires et 87 lors de la session 3 dont 30 individus capturés lors des trois sessions secondaires.

## 4.3. Analyse des données avec le logiciel CAPTURE

### 4.3.1. Saint-Nabor

Les résultats montrent que le meilleur modèle pour estimer la taille de la population lors de la session 1 est le modèle de Zippen M(b) avec une réponse comportementale des animaux après la première capture. Le modèle de Chao M(th) avec une hétérogénéité temporelle et individuelle dans les probabilités de capture est le plus approprié pour la session 2. Le modèle de Darroch M(t) avec une hétérogénéité temporelle dans les probabilités de capture est le meilleur modèle pour la session

3 (tableau 3).

Tableau 3 : Critère du maximum de vraisemblance pour la sélection des modèles correspondant aux trois sessions de captures

	M(0)	M(h)	M(b)	M(bh)	M(t)	M(th)	M(tb)	M(tbh)
Session 1	0.29	0.22	1.00	0.56	0.00	0.28	0.60	0.45
Session 2	0.09	0.00	0.20	0.14	0.50	1.00	0.79	0.38
Session 3	0.46	0.21	0.00	0.18	1.00	0.81	0.34	0.37

Tableau 4 : Résultats de l'estimation de la taille de la population pour chaque session

	Nombre total d'individus capturés	Taux de capture	Taux de recapture	Estimation de la taille de la population	Erreur standard	Intervalle de confiance
Session 1	166	0.19	0.52	221	92.9	134 - 564
Session 2	217	0.49 - 0.49 - 0.33	/	166	24.1	141 - 247
Session 3	214	0.51 - 0.52 - 0.38	/	152	6.81	141- 168

Concernant la session 2 et la session 3, trois taux de capture différents ont été estimés. En effet, les deux modèles utilisés supposent une hétérogénéité temporelle dans les probabilités de capture, un taux de capture pour chaque session secondaire a donc été calculé. De ce fait, l'estimation du taux de recapture n'a pas été possible pour ces deux sessions.

De plus, nous pouvons constater que le taux de recapture lors de la session 1 est très faible (0.19). A l'inverse, l'erreur standard est très élevée (92.9) et l'intervalle de confiance très grand lors de cette session. L'erreur standard de la session 3 est la plus faible. Cela correspond également à l'intervalle de confiance le plus restreint. Les estimations de la taille de la population pour la session 2 et la session 3 sont très proches (166 et 152 respectivement) et leur intervalle de confiance se chevauchent.

#### 4.3.2. Rhinou

Les résultats montrent que le meilleur modèle pour estimer la taille de la population lors de la session 1 est le modèle de Jackknife M(h) avec une hétérogénéité individuelle dans les probabilités de capture. Le modèle nul M(0) sans hétérogénéité temporelle et individuelle dans les probabilités de capture est le plus approprié pour les sessions 2 et 3 (Tableau 5).

Tableau 5 : Critère du maximum de vraisemblance pour la sélection des modèles correspondant aux trois sessions de captures

	M(0)	M(h)	M(b)	M(bh)	M(t)	M(th)	M(tb)	M(tbh)
Session 1	0.87	1.00	0.50	0.51	0.00	0.46	0.37	0.77
Session 2	1.00	0.83	0.35	0.66	0.00	0.48	0.32	0.70
Session 3	1.00	0.71	0.22	0.56	0.00	0.41	0.25	0.56

Tableau 6 : Résultats de l'estimation de la taille de la population pour chaque session

	Nombre total d'individus capturés	Taux de capture	Taux de recapture	Estimation de la taille de la population	Erreur standard	Intervalle de confiance
Session 1	106	0.44	0.58	146	9.4	132 - 169
Session 2	78	0.74	0.73	79	1.25	79 - 85
Session 3	66	0.74	0.72	67	1.1	67 - 72

Nous pouvons constater qu'un nombre important de sonneurs ont pu être capturés lors de la session 1 (106 individus) contrairement à la session 2 (78 individus) et à la session 3 (66 individus). De ce fait, les estimations de la taille de la population ne sont pas équivalentes. La valeur de l'erreur standard est également plus importante pour la session 1. Cependant, les taux de capture et de recapture sont plus élevés pour les sessions 2 et 3. Lors de la session 1, comme pour Saint-Nabor, le taux de recapture est supérieur au taux de capture alors que ce n'est pas le cas pour les sessions suivantes.

## 5. Discussion

Le logiciel WILD-ID est un outil véritablement utile et permet un gain de temps considérable en divisant par 38 le nombre de comparaisons à effectuer visuellement (Morrisson, Yoshizaki, Nichols et Bolger, 2011). Cependant, un certain nombre d'erreurs ont pu être constatées

lors de l'utilisation de ce logiciel. En effet, certaines photos étaient « oubliées » par le logiciel qui ne les présentait pas dans la fenêtre de comparaison alors qu'elles avaient une concordance parmi les photographies de la session à comparer. De plus, la photographie qui correspondait à l'image cible n'apparaissait pas systématiquement en première position. Ces résultats sont donc contraires à ceux énoncés par Bolger, Morrisson, Vance, Lee et Farid, (2012). Il convient de noter que leur étude ne portait pas sur la même espèce et que le type d'espèce ainsi que son motif peut avoir une influence sur le taux d'erreur de ce logiciel (Bolger, Morrisson, Vance, Lee et Farid, 2012).

L'utilisation du modèle CAPTURE implémenté dans Mark suppose une population close tant au niveau géographique que démographique. Même si l'isolement géographique de la population de Saint-Nabor est respecté, il n'en est rien au niveau démographique, notamment au sujet de l'immigration et de l'émigration. En effet, l'intégralité de la carrière n'a pas pu être prospectée pour des raisons de sécurité. Une partie de la population étant située à flanc de falaise dans la zone non sécurisée, nous nous serions exposés à des chutes de pierres en allant réaliser des captures dans ce secteur. Il faudra donc attendre la fin des travaux pour avoir une estimation plus précise de la taille de la population.

Pour la population de Rhinau, l'intégralité de l'île n'a pas pu être prospectée car une partie de l'île a été inondée de manière exceptionnelle en 2013. De plus, pour les prochaines années, notre graphe de phénologie indique qu'il serait intéressant de décaler les sessions de capture dans le temps et de les commencer plus tôt, à partir du mois de mai.

Un biais a pu également être introduit dans les analyses par la non-capture des individus en amplexus. En effet, ces individus ont été détectés mais n'ont pas été capturés. Cela pourrait expliquer la disparition de certains sonneurs au cours des sessions car les amplexus peuvent durer plusieurs jours. De plus, dans le but de diminuer les erreurs d'identification de sexe ainsi que les confusions entre les stades adultes et juvéniles, il serait utile d'insérer une règle graduée dans les boîtiers CD lors de la prise des photographies et de déterminer une taille maximale pour la catégorie juvénile.

La mise en relation des effectifs capturés lors de chaque session secondaire avec le nombre de participants et la température montre que le nombre de participants ne semble pas avoir d'influence sur le nombre de sonneurs capturés. La température quant à elle semble avoir une influence sur l'activité des sonneurs et leurs chances d'être détectés. En effet, la température de l'eau influe sur la reproduction du sonneur qui favorise les points d'eau ayant au minimum une température comprises entre 11.5 et 15°C et au maximum comprises entre 26 et 30°C (Gollmann et Gollmann, 2012). Ainsi, lors de la session du 19 juin 2013 à Saint-Nabor, une température exceptionnellement haute a été enregistrée alors que la nuit était tombée, suggérant des températures beaucoup plus élevées dans la journée. Cette température élevée a coïncidé avec une

chute brutale des effectifs capturés et pourrait l'expliquer.

Concernant Rhinau, les effectifs capturés ont diminué progressivement au fil des sessions. En effet, seule une partie de l'île a pu être prospectée et les individus ont pu aisément sortir de la zone d'étude. De plus, de nombreux têtards de sonneurs à des stades différents ont pu être observés dans les mêmes ornières. La saturation des sites de reproduction possibles a probablement dû pousser les individus à rechercher de nouveaux sites moins peuplés.

Ainsi, les courbes de phénologie des deux sites montrent clairement une distinction entre le site de plaine (Rhinau) et le site de piémont (Saint-Nabor). En effet, la courbe de Rhinau descend de manière continue et montre que les sessions de CMR ont eu lieu après le pic d'activité des sonneurs. Pour Saint-Nabor, ce pic semble avoir été atteint lors du 17-18 juin et a été suivi par une chute brutale des effectifs capturés probablement lié à une température élevée en journée. Cette différence dans l'activité des sonneurs selon le site d'étude peut s'expliquer par une température plus haute ainsi qu'une exposition plus forte du site de plaine.

Le test de population close montre qu'aucune des deux populations n'est close sur l'ensemble des 3 sessions. Il y a donc eu de l'émigration et de l'immigration durant la durée de ce travail. Il est peu probable que des individus soient morts durant les sessions de CMR car le sonneur a peu de prédateurs et aucun axe routier majeur ne traversait les sites. Cependant, des engins de fauchage sont intervenus sur le site de Rhinau et ont pu écraser certains individus.

Les modèles sélectionnés par le logiciel Capture sont ceux qui s'accordent le mieux avec les données et apportent des informations complémentaires. En effet, lors de la session 1 à Saint-Nabor, le choix du modèle M(b) indique qu'il y a eu une réponse comportementale de la part des sonneurs, également appelé *trap-dependance*. Cela est confirmé par les taux de capture et de recapture de cette session. Ici ce résultat n'est pas dû à de la *trap-dépendance* mais plutôt à une augmentation des compétences des participants. En effet, au fur et à mesure des sessions, les participants apprennent à mieux connaître le site d'étude et repèrent plus facilement les sonneurs. Nous pouvons observer les mêmes résultats lors de la première session à Rhinau où le taux de recapture est également supérieur au taux de capture.

Le modèle choisi pour la session 2 de Saint-Nabor indique qu'il y a une hétérogénéité temporelle et individuelle dans les probabilités de capture. En effet, la température exceptionnelle de cette semaine pourrait expliquer cette variation dans les probabilités de capture. De plus, les individus ont dû réagir de façon différente à ces conditions météorologiques, certains ayant été plus ou moins actifs que les autres. Ils ont donc eu des probabilités différentes d'être capturés.

Le modèle s'accordant avec les données de la session 3 à Saint-Nabor montre qu'il y a eu une hétérogénéité temporelle dans les probabilités de capture. La population n'étant pas close lors de cette session, il est possible que cette variabilité soit due au flux d'individus à l'intérieur et à

l'extérieur de la zone d'étude.

Concernant les deux dernières sessions de Rhinau, la sélection de modèle montre qu'il n'y a aucune variabilité dans les probabilités de capture. En effet, les taux de recapture de ces deux sessions sont très forts et plus le taux de capture/recapture est fort, plus la précision est grande (Besnard et Salles, 2010).

L'estimation de la taille de ces deux populations est difficile étant donné qu'elles ne sont pas totalement closes. De plus, l'augmentation des compétences des observateurs biaise également les estimations pour la première session de chaque site où les valeurs des erreurs standard sont très élevées. Néanmoins, nous pouvons affirmer que la taille de la population est au minimum de 207 individus pour la population de Saint-Nabor puisque 207 individus différents ont été capturés. Cette valeur est proche de l'estimation donnée pour la session 1 (221 individus). La taille de la population est au minimum de 144 individus pour la population du nord de l'île de Rhinau. Les estimations des deux dernières sessions sont fiables mais ne reflètent que la totalité des individus présents à ce moment là dans cette partie de l'île et non la totalité de la population.

## 6. Conclusion

Les estimations de paramètres démographiques par CMR sont des outils précieux qui permettent d'obtenir des données fiables et précises sur l'état de conservation des espèces. De tels suivis sont à répéter durant plusieurs années afin d'obtenir des résultats robustes en termes de précision statistique. Ces données permettent d'orienter les décisions de gestion ou de protection à prendre pour la conservation des espèces présentes sur un site.

En effet, le sonneur est une espèce menacée dont la conservation passe par l'amélioration des connaissances sur sa biologie et son écologie. La régression de cette espèce est due à de nombreux facteurs, qu'il est parfois difficile d'identifier. De manière générale, la multiplication des infrastructures et la fragmentation ou la destruction de ses territoires ont fortement réduit son lieu de vie et isolé les unes des autres de petites populations présentant des effectifs faibles. Ainsi, dans certaines régions, la longévité des adultes ne parvient plus à compenser le faible taux de fécondité et l'espèce s'éteint lentement.

De plus, des pathogènes touchant les amphibiens ont été identifiés ces dernières années. Le plus étudié à l'heure actuelle est le chytride *Batrachochytrium dendrobatidis* qui cause une maladie mortelle pour les amphibiens, la chytridiomycose (Dejean et al, 2010). Le sonneur est une espèce potentiellement sensible à cette maladie (Dejean et al, 2010) et il sera intéressant d'étudier sa prévalence au sein des populations suivies.

En conclusion, le sonneur étant une espèce longévive, il faudra continuer le suivi pendant au moins cinq ans afin de pouvoir obtenir des données exploitables dans le cadre d'un modèle de *robust design*. De plus, l'utilisation du logiciel MARK a montré ses limites lorsque les paramètres étaient supérieurs à quinze. Il sera donc judicieux d'utiliser le logiciel E-Surge en complément de MARK à l'avenir. Il serait également intéressant de mettre ces données en relation avec des études génétiques afin de pouvoir mesurer la viabilité de ces populations.

La récolte de ces données sur le sonneur est particulièrement importante car elles permettront de mieux intégrer cette espèce dans le plan de gestion de la Réserve Naturelle Nationale de Rhinau et également d'influencer les décisions pour la requalification du site de la carrière de Saint-Nabor une fois la mise en sécurité terminée.

## 7. Bibliographie

ACEMAV coll., Duguet R. et Melki F. ed., 2003-*Les Amphibiens de France, Belgique et Luxembourg*. Collection Parthénope, édition Biotope, Mèze (France). 480p.

Besnard A. & J.M. Salles, 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*. Rapport DREAL PACA, pôle Natura 2000. 62 pages.

Bolger D., Morrisson T., Vance B., Lee D. et Farid H., 2012. *A computer-assisted system for photographic mark-recapture analysis*. *Methods in ecology and evolution*, Vol 3, p. 813-822

Dejean T., Miaud C. et Ouellet M., 2010. *La chytridiomycose : une maladie émergente des amphibiens*. *Bulletin de la société herpétologique Française*, Vol 134, p. 27-46

Gollmann B. & Gollmann G. (2012). *Die Gelbbauchunke. Beiheft der Zeitschrift für Feldherpetologie* 4. Laurenti Verlag. 176 p.

Miaud C. et Muratet J. 2004. *Identifier les œufs et les larves des amphibiens de France*. INRA éditions, Paris, 200 p.

Michel V., *Suivi de la carrière de Saint-Nabor*, 2010, 2011 et 2012.

Morrisson T., Yoshizaki J., Nichols J. et Bolger D., 2011. *Estimating survival in photographic capture-recapture studies : overcoming misidentification error*. Methods in ecology and evolution, Vol 2, p. 454-463

Nöllert A. et Nöllert C. 2003 – *Guide des amphibiens d'Europe*. Delachaux & Niestlé, Paris, 383 p.

Pichenot J. *Contribution à la Biologie de la Conservation du Sonneur à ventre jaune (Bombina variegata L.) Écologie spatiale et approche multi-échelles de la sélection de l'habitat en limite septentrionale de son aire de répartition. Biologie de la conservation*. Thèse de doctorat d'université. Reims : Université de Reims Champagne-Ardenne. 2008. 191p.

Stanley T. R. et K.P. Burnham, 1999. *A closure test for time-specific capture-recapture data*. Environmental and ecological statistics. Vol.6, p. 197-209

Thiriet, J. & Vacher, J-P. (coord.) 2010-*Atlas des amphibiens et reptiles d'Alsace*. BUFO, Colmar/Strasbourg, 273 p.

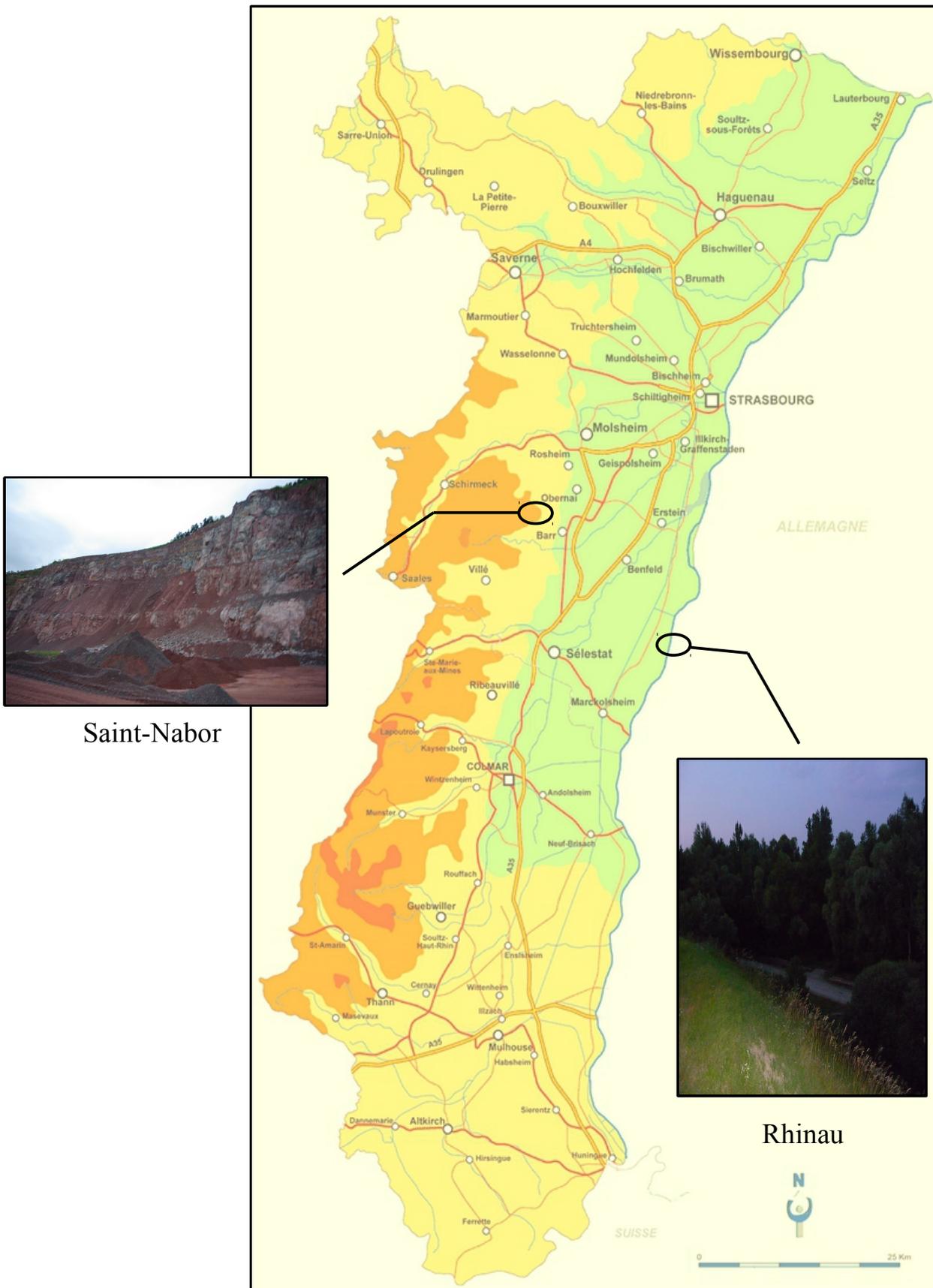
Vacher J.P., 2012. Le sonneur à ventre jaune (*Bombina variegata*). *Plan Regional d'Actions Alsace 2012-2106*. BUFO / Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement d'Alsace, 35 p

White G.C., et Burnham K. P., 1999. *Program MARK: Survival estimation from populations of marked animals*. Bird study, Vol 46, p. 120-139

Site internet

<http://www.reserves-naturelles.org/ile-de-rhinau>

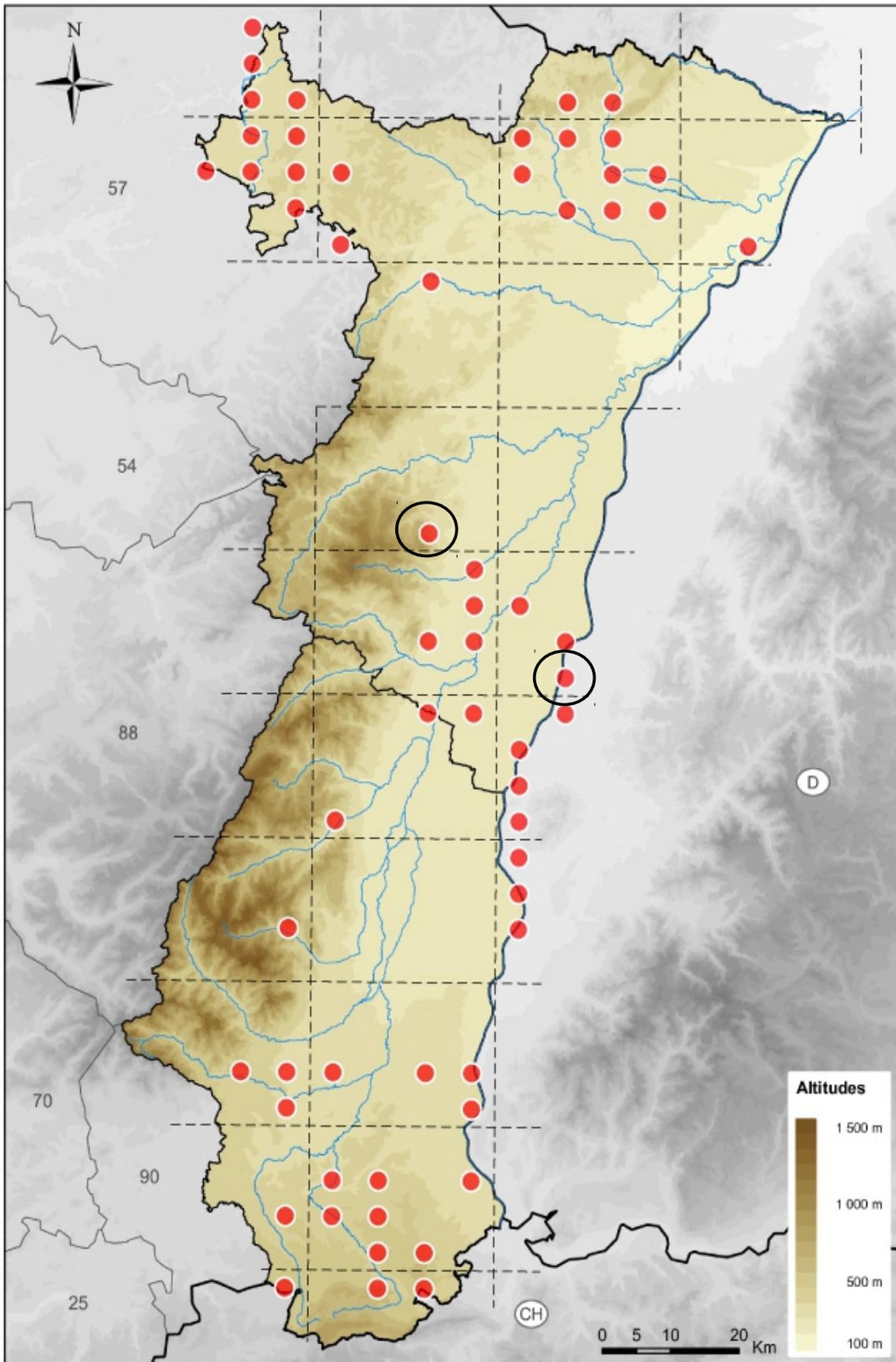
# Annexe 1 : Localisation des sites de capture



Saint-Nabor

Rhinau

## Annexe 2 : Répartition du sonneur à ventre jaune en Alsace



Source : Thiriet, J. et Vacher, J-P ( coord.) 2010 – Atlas des amphibiens et reptiles d'Alsace. Bufo

# Annexe 3 : Fenêtre de comparaison du logiciel WILD-ID

Proposition du logiciel



Concordance possible

Probabilité de concordance

Classement de la photographie

Numéro de la session

Fenêtre de comparaison

Image cible

# Annexe 4.a : Histoire de capture de Saint-Nabor

INDIVIDU	03/06/13	04/06/13	05/06/13	17/06/13	18/06/13	19/06/13	01/07/13	02/07/13	03/07/13
Bombina 1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
Bombina 2	1	1	0	0	0	0	0	0	1
Bombina 3	1	1	1	1	0	0	1	1	1
Bombina 4	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Bombina 5	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Bombina 6	1	1	0	1	0	0	0	1	0
Bombina 7	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Bombina 8	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Bombina 9	1	0	0	0	0	0	1	0	0
Bombina 10	1	1	0	0	1	1	0	0	0
Bombina 11	1	1	0	0	1	1	1	1	0
Bombina 12	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Bombina 13	1	1	0	1	0	0	0	0	0
Bombina 14	1	0	1	0	0	0	0	1	0
Bombina 15	1	1	0	1	1	0	1	0	0
Bombina 16	1	0	0	1	0	0	1	1	1
Bombina 17	1	0	0	1	1	0	1	1	1
Bombina 18	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Bombina 19	1	1	1	1	1	0	1	1	0
Bombina 20	1	1	1	1	1	0	1	0	1
Bombina 21	1	0	1	0	1	0	0	1	0
Bombina 22	1	0	1	1	1	0	1	1	0
Bombina 23	1	0	0	0	0	0	1	1	1
Bombina 24	1	1	1	1	0	0	1	0	1
Bombina 25	1	0	0	1	1	0	1	0	0
Bombina 26	1	0	0	0	0	0	1	1	0
Bombina 27	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bombina 28	1	1	1	0	1	1	1	1	0
Bombina 29	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Bombina 30	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Bombina 31	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Bombina 32	1	1	1	1	1	0	1	0	0
Bombina 33	1	0	1	0	1	0	1	0	1
Bombina 34	1	1	1	0	0	0	1	0	1
Bombina 35	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bombina 36	1	1	1	1	1	0	0	0	1
Bombina 37	1	1	0	0	1	0	0	0	0
Bombina 38	1	0	0	0	0	0	1	1	0
Bombina 39	1	0	1	1	1	0	0	0	0
Bombina 40	1	1	0	0	1	0	0	0	1
Bombina 41	1	0	1	1	1	0	0	0	0
Bombina 42	1	1	1	0	1	0	0	0	0
Bombina 43	0	1	1	0	0	1	0	0	0
Bombina 44	0	1	1	1	1	0	0	1	0
Bombina 45	0	1	1	1	1	0	0	0	0
Bombina 46	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Bombina 47	0	1	1	1	1	0	1	1	0
Bombina 48	0	1	0	1	0	0	0	0	1
Bombina 49	0	1	1	1	1	0	0	0	1
Bombina 50	0	1	1	0	0	0	0	1	0
Bombina 51	0	1	0	1	0	1	1	0	0
Bombina 52	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Bombina 53	0	1	0	0	0	0	0	1	0
Bombina 54	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Bombina 55	0	1	1	0	1	1	0	0	0
Bombina 56	0	1	1	1	0	1	1	1	1
Bombina 57	0	1	1	1	1	1	1	0	0
Bombina 58	0	1	0	0	1	0	0	1	0
Bombina 59	0	1	0	1	0	1	0	1	1
Bombina 60	0	1	1	1	1	0	0	1	1
Bombina 61	0	1	0	1	0	0	0	0	0
Bombina 62	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Bombina 63	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Bombina 64	0	1	1	1	0	0	0	0	0
Bombina 65	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Bombina 66	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Bombina 67	0	1	1	1	1	1	1	1	0
Bombina 68	0	1	0	1	1	0	1	0	0
Bombina 69	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Bombina 70	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Bombina 71	0	1	0	0	0	1	0	0	0
Bombina 72	0	1	0	1	1	0	0	0	1
Bombina 73	0	1	1	1	1	1	0	0	0
Bombina 74	0	1	0	0	0	1	0	1	1
Bombina 75	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Bombina 76	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Bombina 77	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Bombina 78	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Bombina 79	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Bombina 80	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Bombina 81	0	0	1	1	1	0	1	1	1
Bombina 82	0	0	1	0	1	0	0	1	0
Bombina 83	0	0	1	0	1	1	1	1	1
Bombina 84	0	0	1	1	0	1	1	0	1
Bombina 85	0	0	1	1	0	1	1	1	1
Bombina 86	0	0	1	0	0	1	0	1	0
Bombina 87	0	0	1	0	1	0	0	0	1
Bombina 88	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Bombina 89	0	0	1	1	1	1	1	1	1
Bombina 90	0	0	1	0	1	1	1	1	1
Bombina 91	0	0	1	0	0	0	1	0	0
Bombina 92	0	0	1	0	0	1	0	0	0
Bombina 93	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Bombina 94	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Bombina 95	0	0	1	1	1	0	0	0	0
Bombina 96	0	0	1	0	0	1	0	1	0
Bombina 97	0	0	1	0	0	0	1	0	0
Bombina 98	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Bombina 99	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Bombina 100	0	0	1	1	1	0	0	0	0
Bombina 101	0	0	1	0	1	0	0	0	0
Bombina 102	0	0	1	1	1	1	0	0	0
Bombina 103	0	0	1	0	0	0	0	0	0

Bombina 104	0	0	1	0	0	1	0	0
Bombina 105	0	0	0	1	0	1	1	0
Bombina 106	0	0	0	1	0	0	0	1
Bombina 107	0	0	0	1	0	0	0	0
Bombina 108	0	0	0	1	0	0	0	0
Bombina 109	0	0	0	1	1	1	0	1
Bombina 110	0	0	0	1	1	0	0	0
Bombina 111	0	0	0	1	0	0	0	0
Bombina 112	0	0	0	1	0	0	0	1
Bombina 113	0	0	0	1	1	1	1	1
Bombina 114	0	0	0	1	0	0	1	1
Bombina 115	0	0	0	1	1	0	1	1
Bombina 116	0	0	0	1	0	0	0	0
Bombina 117	0	0	0	1	1	0	0	1
Bombina 118	0	0	0	1	0	0	0	0
Bombina 119	0	0	0	1	0	0	0	0
Bombina 120	0	0	0	1	0	0	0	0
Bombina 121	0	0	0	1	1	1	1	0
Bombina 122	0	0	0	1	1	0	1	1
Bombina 123	0	0	0	1	1	0	1	1
Bombina 124	0	0	0	1	1	0	1	0
Bombina 125	0	0	0	1	1	0	1	1
Bombina 126	0	0	0	1	0	0	0	1
Bombina 127	0	0	0	1	0	0	1	0
Bombina 128	0	0	0	1	1	0	0	0
Bombina 129	0	0	0	1	1	0	1	1
Bombina 130	0	0	0	1	1	1	1	1
Bombina 131	0	0	0	1	0	1	1	0
Bombina 132	0	0	0	1	0	1	0	0
Bombina 133	0	0	0	1	1	1	1	1
Bombina 134	0	0	0	1	1	1	1	0
Bombina 135	0	0	0	1	1	1	0	0
Bombina 136	0	0	0	1	0	1	0	1
Bombina 137	0	0	0	1	0	0	0	0
Bombina 138	0	0	0	1	1	0	1	1
Bombina 139	0	0	0	1	1	0	1	1
Bombina 140	0	0	0	1	0	0	0	0
Bombina 141	0	0	0	1	1	0	0	1
Bombina 142	0	0	0	1	0	1	0	0
Bombina 143	0	0	0	1	1	0	0	0
Bombina 144	0	0	0	1	1	0	0	0
Bombina 145	0	0	0	0	1	0	0	1
Bombina 146	0	0	0	0	1	1	0	0
Bombina 147	0	0	0	0	1	0	1	1
Bombina 148	0	0	0	0	1	1	1	0
Bombina 149	0	0	0	0	1	0	0	1
Bombina 150	0	0	0	0	1	0	0	0
Bombina 151	0	0	0	0	1	0	0	0
Bombina 152	0	0	0	0	1	0	1	1
Bombina 153	0	0	0	0	1	1	1	1
Bombina 154	0	0	0	0	1	1	0	1
Bombina 155	0	0	0	0	1	1	0	0
Bombina 156	0	0	0	0	1	1	0	0
Bombina 157	0	0	0	0	1	1	0	0
Bombina 158	0	0	0	0	1	0	0	0
Bombina 159	0	0	0	0	1	0	0	0
Bombina 160	0	0	0	0	1	1	0	1
Bombina 161	0	0	0	0	1	0	0	0
Bombina 162	0	0	0	0	1	0	0	0
Bombina 163	0	0	0	0	1	0	0	0
Bombina 164	0	0	0	0	0	1	0	0
Bombina 165	0	0	0	0	0	1	0	0
Bombina 166	0	0	0	0	0	1	0	1
Bombina 167	0	0	0	0	0	1	0	0
Bombina 168	0	0	0	0	0	1	1	1
Bombina 169	0	0	0	0	0	1	1	0
Bombina 170	0	0	0	0	0	1	1	0
Bombina 171	0	0	0	0	0	1	0	0
Bombina 172	0	0	0	0	0	0	1	1
Bombina 173	0	0	0	0	0	0	1	0
Bombina 174	0	0	0	0	0	0	1	1
Bombina 175	0	0	0	0	0	0	1	0
Bombina 176	0	0	0	0	0	0	1	0
Bombina 177	0	0	0	0	0	0	1	1
Bombina 178	0	0	0	0	0	0	1	0
Bombina 179	0	0	0	0	0	0	1	0
Bombina 180	0	0	0	0	0	0	1	1
Bombina 181	0	0	0	0	0	0	1	1
Bombina 182	0	0	0	0	0	0	1	0
Bombina 183	0	0	0	0	0	0	1	0
Bombina 184	0	0	0	0	0	0	1	0
Bombina 185	0	0	0	0	0	0	1	0
Bombina 186	0	0	0	0	0	0	1	1
Bombina 187	0	0	0	0	0	0	1	0
Bombina 188	0	0	0	0	0	0	1	0
Bombina 189	0	0	0	0	0	0	1	0
Bombina 190	0	0	0	0	0	0	1	0
Bombina 191	0	0	0	0	0	0	1	0
Bombina 192	0	0	0	0	0	0	1	0
Bombina 193	0	0	0	0	0	0	1	0
Bombina 194	0	0	0	0	0	0	1	1
Bombina 195	0	0	0	0	0	0	1	0
Bombina 196	0	0	0	0	0	0	1	0
Bombina 197	0	0	0	0	0	0	1	1
Bombina 198	0	0	0	0	0	0	1	0
Bombina 199	0	0	0	0	0	0	1	1
Bombina 200	0	0	0	0	0	0	0	1
Bombina 201	0	0	0	0	0	0	0	1
Bombina 202	0	0	0	0	0	0	0	1
Bombina 203	0	0	0	0	0	0	0	1
Bombina 204	0	0	0	0	0	0	0	1
Bombina 205	0	0	0	0	0	0	0	1
Bombina 206	0	0	0	0	0	0	0	1
Bombina 207	0	0	0	0	0	0	0	1

## Annexe 4.b : Histoire de capture de Rhinau

INDIVIDU	10/06/13	11/06/13	12/06/13	24/06/13	25/06/13	26/06/13	08/07/13	09/07/13	10/07/13
Bombina_001	1	1	1	0	0	0	1	1	1
Bombina_002	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bombina_003	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bombina_004	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bombina_005	1	1	1	1	1	1	0	1	1
Bombina_006	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Bombina_007	1	1	0	1	1	0	1	1	1
Bombina_008	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bombina_009	1	1	1	0	1	1	1	1	0
Bombina_010	1	1	0	0	0	1	0	0	0
Bombina_011	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Bombina_012	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Bombina_013	1	0	1	0	1	1	0	0	0
Bombina_014	1	1	1	1	1	0	1	1	1
Bombina_015	1	1	1	1	1	0	0	1	1
Bombina_016	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Bombina_017	1	1	1	0	1	0	1	1	0
Bombina_018	1	1	1	0	1	1	0	0	0
Bombina_019	1	1	0	1	1	1	0	0	0
Bombina_020	1	1	0	1	1	0	0	0	0
Bombina_021	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Bombina_022	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Bombina_023	1	0	0	1	1	1	0	0	0
Bombina_024	1	0	0	0	0	0	1	0	0
Bombina_025	1	0	1	1	1	1	1	0	0
Bombina_026	1	0	0	1	0	0	1	1	0
Bombina_027	1	0	1	1	1	1	0	0	0
Bombina_028	1	0	0	0	1	0	1	1	0
Bombina_029	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Bombina_030	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Bombina_031	1	1	1	1	0	1	0	0	0
Bombina_032	1	1	1	0	0	1	1	1	1
Bombina_033	1	1	0	1	1	1	1	1	1
Bombina_034	1	1	1	1	0	1	1	1	1
Bombina_035	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bombina_036	1	1	1	1	1	0	1	1	1
Bombina_037	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Bombina_038	1	0	0	1	1	1	1	1	1
Bombina_039	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Bombina_040	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bombina_041	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bombina_042	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Bombina_043	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bombina_044	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bombina_045	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Bombina_046	1	0	0	1	1	1	1	1	1
Bombina_047	1	0	0	0	0	0	1	0	1
Bombina_048	1	0	1	1	1	1	1	1	1
Bombina_049	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Bombina_050	1	0	0	1	1	1	0	0	0
Bombina_051	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Bombina_052	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Bombina_053	1	1	1	1	1	0	0	0	0
Bombina_054	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Bombina_055	1	0	1	1	1	1	0	0	0
Bombina_056	1	1	0	1	1	1	0	0	0
Bombina_057	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Bombina_058	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Bombina_059	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Bombina_060	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Bombina_061	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Bombina_062	1	1	1	1	0	1	0	0	0
Bombina_063	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Bombina_064	0	1	1	1	1	1	0	0	0
Bombina_065	0	1	0	0	1	1	0	0	0
Bombina_066	0	1	0	1	0	1	1	6	1
Bombina_067	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Bombina_068	0	1	1	1	1	0	0	0	0
Bombina_069	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Bombina_070	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Bombina_071	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Bombina_072	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Bombina_073	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Bombina_074	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Bombina_075	0	1	0	1	0	0	0	0	0
Bombina_076	0	1	0	0	0	0	1	1	0
Bombina_077	0	1	0	1	1	0	0	0	1
Bombina_078	0	1	1	0	0	0	0	1	1
Bombina_079	0	1	0	0	1	1	1	0	1
Bombina_080	0	1	1	1	0	1	1	1	1
Bombina_081	0	1	0	0	1	1	0	0	0
Bombina_082	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Bombina_083	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Bombina_084	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Bombina_085	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Bombina_086	0	1	0	0	1	1	1	1	0
Bombina_087	0	1	0	1	1	1	0	0	0
Bombina_088	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Bombina_089	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Bombina_090	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Bombina_091	0	0	1	1	1	1	1	1	1
Bombina_092	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Bombina_093	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Bombina_094	0	0	1	1	1	0	0	0	0
Bombina_095	0	0	1	1	1	0	1	0	1
Bombina_096	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Bombina_097	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Bombina_098	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Bombina_099	0	0	1	0	0	0	1	1	0
Bombina_100	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Bombina_101	0	0	1	0	0	0	0	0	0

Bombina_102	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Bombina_103	0	0	1	1	1	0	1	0	1
Bombina_104	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Bombina_105	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Bombina_106	0	0	1	0	0	0	1	1	1
Bombina_107	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Bombina_108	0	0	0	1	1	1	0	0	0
Bombina_109	0	0	0	1	1	1	1	1	1
Bombina_110	0	0	0	1	0	1	1	1	0
Bombina_111	0	0	0	1	0	1	1	1	1
Bombina_112	0	0	0	1	0	1	1	0	0
Bombina_113	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Bombina_114	0	0	0	1	1	1	0	0	1
Bombina_115	0	0	0	1	1	1	0	0	0
Bombina_116	0	0	0	1	1	1	0	0	0
Bombina_117	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Bombina_118	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Bombina_119	0	0	0	1	1	1	0	0	0
Bombina_120	0	0	0	1	1	1	0	0	0
Bombina_121	0	0	0	1	1	1	0	0	0
Bombina_122	0	0	0	1	0	1	0	0	0
Bombina_123	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Bombina_124	0	0	0	0	1	0	1	1	0
Bombina_125	0	0	0	0	1	1	0	0	0
Bombina_126	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Bombina_127	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Bombina_128	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Bombina_129	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Bombina_130	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Bombina_131	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Bombina_132	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Bombina_133	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Bombina_134	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Bombina_135	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Bombina_136	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Bombina_137	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Bombina_138	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Bombina_139	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Bombina_140	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Bombina_141	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Bombina_142	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Bombina_143	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Bombina_144	0	0	0	0	0	0	0	0	1