

**Participation à l'élaboration du  
statut de conservation du  
Triton crêté  
(*Triturus cristatus*) en Alsace**

Julie REYNAUD

Master 2 Professionnel  
Parcours Expertise Ecologique et  
Gestion de la Biodiversité  
(2013 – 2014)

Rapporteurs : Alexandre MILLON (IMBE)  
Agathe LERICHE (IMBE)  
Encadrement : Victoria MICHEL (Chargée  
de mission à BUFO)

Mars – Août 2014

Master 2<sup>ème</sup> année Sciences de l'Environnement Terrestre

Spécialité Sciences de la Biodiversité et Ecologie

Parcours Professionnel Expertise Ecologique et

Gestion de la Biodiversité (Aix Marseille Université)

**Participation à l'élaboration du statut de conservation du Triton  
crêté (*Triturus cristatus*) en Alsace**

**Julie REYNAUD**

**Siège du stage :** Association BUFO (8 rue Adèle Riton 67000  
Strasbourg)

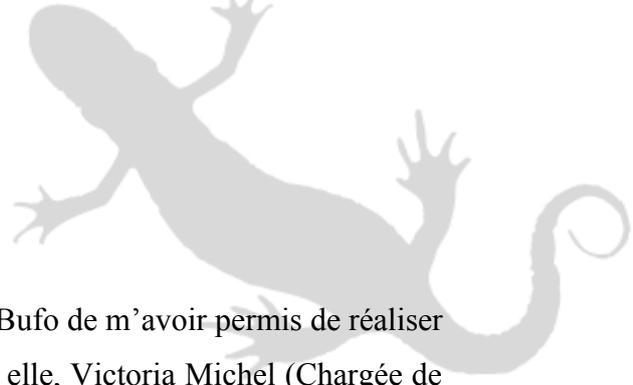
**Encadrement :** Victoria MICHEL (Chargée de mission à BUFO)

**Rapporteurs :**

Alexandre MILLON (IMBE)

Agathe LERICHE (IMBE)

## Remerciements



Je souhaiterais remercier tout d'abord l'Association Bufo de m'avoir permis de réaliser ce stage et de m'avoir intégré au sein de leur équipe. Parmi elle, Victoria Michel (Chargée de mission), Fanny Gosselin (Chargée d'études) et Alain Fizesan (Chargé d'études) et Elina Zepp (Chargée d'études). Mais également les membres du bureau et du conseil d'administration de BUFO : Jean Barbery, Pascal Maurer, Denis Ackermann, Jacques Thiriet, Daniel Holfert, Gilles Godinat.

Je remercie les salariés des associations du 8 rue Adèle Riton : le GEPMA, ODONAT, Alsace Nature Environnement, LPO pour leur sympathie.

Je remercie les gestionnaires des sites qui m'ont permis de réaliser les captures sur les différents sites (Conservatoire des sites Alsaciens, Conseil Général du Bas Rhin, Conseil Général du Haut Rhin, commune de Dietwiller).

Je remercie Sylvain Ursenbacher du Département des Sciences Environnementales et de Biologie de la Conservation de l'Université de Bâle (Suisse) pour avoir réalisé les analyses génétiques.

Je remercie Sylvain Moulherat pour son aide « longue distance » et ses conseils.

Je tiens également à remercier les responsables du Master Agathe Leriche et Alexandre Millon de m'avoir permis d'intégrer ce Master et d'avoir pu bénéficier des cours, des connaissances et des expériences des intervenants.

Enfin je tiens à remercier tous ceux qui ont été là pour moi.

## Table des matières

MATERIELS ET METHODES .....	3
I. Le Triton crêté ( <i>Triturus cristatus</i> ).....	3
II. Evaluation de la taille des populations et d'autres paramètres démographiques .....	4
II.1. Hypothèses de départ .....	4
II.2. Choix des sites.....	4
II.3. Matériels de capture.....	5
II.4. Mise en place des pièges .....	6
II.5. Calendrier de capture .....	6
II. 6. Marquage et construction de l'histoire de capture.....	6
II.7. Analyse des données de Capture Marquage Recapture.....	7
II.7.1. Tests préliminaires.....	7
II.7.2. Choix du modèle de population.....	8
II.7.3. Hypothèses du modèle .....	8
II.7.4. Paramètres démographiques .....	9
II.7.5. Covariables .....	9
III. Données biométriques.....	10
III.1. Mesures.....	10
III.2. Analyse des données biométriques .....	11
III.2.1. Influence des variables « sexe », « site » et « altitude » sur l'IMC.....	11
III.2.2. Structuration des populations en classes d'âges.....	11
IV. Évaluation de l'état de conservation des habitats du Triton crêté.....	12
IV.1. Choix des sites .....	12
IV.2. Caractérisations écologiques .....	13
IV.2.1. Caractérisation des habitats de reproduction .....	13
IV.2.2. Caractérisation des habitats terrestres .....	14
IV.3. Notation de l'état de conservation des habitats .....	15
RESULTATS.....	16
I. Evaluation de l'état de conservation des populations par CMR.....	16
I.1. Estimation des paramètres démographiques.....	16
I.2. Influence des covariables sur les paramètres démographiques .....	18
II. Analyse des données biométriques .....	19
II.1. Influence des variables « sexes », « site » et « altitude » sur l'IMC.....	19
II.2. Structuration des populations en classes d'âges .....	20
III. Évaluation de l'état de conservation des habitats du Triton crêté.....	21
III.1. Typologie générale des sites .....	21
III.1.1. Typologie des mares .....	21

<b>III.1.2 Habitats terrestres</b> .....	23
<b>III.2. Evaluation finale l'état de conservation de l'ensemble des sites</b> .....	24
<b>DISCUSSIONS</b> .....	25
<b>I. Etat de conservation des populations par CMR</b> .....	25
<b>I.1. Paramètres démographiques</b> .....	25
<b>I.2. Influence des covariables sur les paramètres démographiques</b> .....	26
<b>I.3. Structuration des populations en classes d'âges</b> .....	27
<b>I.4. Synthèse</b> .....	28
<b>II. Etat de conservation des sites et mesures de gestion</b> .....	29
<b>II.1. Sites en bon état de conservation</b> .....	29
<b>II.2. Sites avec un état de conservation moyen</b> .....	30
<b>II.3. Sites avec un état de conservation assez moyen</b> .....	31
<b>II.4. Sites en mauvais état de conservation</b> .....	31
<b>IV. Critique des méthodes et perspectives</b> .....	32
<b>IV.1. Période d'échantillonnage</b> .....	32
<b>IV.2. Technique de capture</b> .....	32
<b>IV.3. Identification</b> .....	33
<b>IV.4. Connaissances des habitats</b> .....	33
<b>CONCLUSION</b> .....	33
<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	36
<b>ANNEXES</b> .....	40

**Liste des figures :**

<b>Figure 1 :</b> Courbes de croissance du Triton crêté en France ( <b>Arntzen 2000</b> ) et d'après le modèle de Von Bertalanffy .....	11
<b>Figure 2 :</b> Evolution du taux de recapture p sur les différents sites.....	17
<b>Figure 3 :</b> Représentation de l'IMC en fonction des sexes .....	19
<b>Figure 4 :</b> Représentation de l'IMC en fonction des sites.....	20
<b>Figure 5 :</b> Classes d'âges en fonction des sexes .....	20
<b>Figure 6 :</b> Classes d'âges en fonction des sites. ....	21
<b>Figure 7 :</b> Représentation des sites d'après l'Analyse en Correspondances Multiples .....	23

**Liste des tableaux**

<b>Tableau 1 :</b> Hypothèses sous-jacentes au modèle POPAN Jolly Seber et vérification du protocole .....	9
<b>Tableau 2 :</b> Classes d'âges en fonction du sexe utilisées dans l'étude présente .....	12
<b>Tableau 3 :</b> Notation des critères de typologie des mares. La note maximale correspond au meilleur critère de chaque variable d'après les exigences du Triton crêté. ....	13

<b>Tableau 4</b> : Notation des critères d'habitats autour des mares à Triton crêté. La note maximale correspond au meilleur critère de chaque variable d'après les exigences du Triton crêté. ....	15
<b>Tableau 5</b> : Sélection des modèles moyens pour chaque site. ....	17
<b>Tableau 6</b> : Estimation des paramètres démographiques pour chaque site. ....	17
<b>Tableau 7</b> : Sélection des meilleurs modèles moyens d'influence des covariables sur les paramètres démographiques. ....	18
<b>Tableau 8</b> : Tableau récapitulatif des mesures biométriques en fonction des sexes et tous sites confondus. ....	19
<b>Tableau 9</b> : Récapitulatif des états de conservation des sites. ....	24

#### Liste des annexes (numérotation indépendante)

<b>Annexe 1</b> : Fiche espèce Triton crêté. ....	1
<b>Annexe 2</b> : Caractéristiques de la mare et des habitats favorables au Triton crêté. ....	2
<b>Annexe 3</b> : Cartographie des sites d'application du protocole de Capture Marquage Recapture en Alsace. ....	3
<b>Annexe 4</b> : Fiche technique des sites de Capture Marquage Recapture. ....	4
1. Bernardswiller	4. Dietwiller
2. Bergheim	5. Heysse
3. Biesel	6. Schœnau
<b>Annexe 5</b> : Photographie des pièges utilisés pour le protocole de CMR. ....	10
<b>Annexe 6</b> : Prise des mesures biométriques et étapes de marquage du triton. ....	11
<b>Annexe 7</b> : Fiche de terrain pour le protocole de CMR. ....	12
<b>Annexe 8</b> : Traitement photo et attribution du code individuel. ....	13
<b>Annexe 9</b> : Sites de caractérisation des habitats du Triton crêté en Alsace. ....	14
<b>Annexe 10</b> : Récapitulatif des données de capture de chacun des sites de CMR. ....	15
<b>Annexe 11</b> : Récapitulatif des données et histoires de capture individualisées pour chacun des sites de CMR. ....	16
<b>Annexe 12</b> : Récapitulatif de l'estimation des paramètres démographiques sur les sites de CMR. ....	18
<b>Annexe 13</b> : Récapitulatif des notes de caractérisation des mares et habitats du Triton crêté. ....	19

## **La structure d'accueil : l'Association BUFO**

BUFO est une association de droit local (loi 1908) créée en 1997 qui se consacre à l'étude et à la protection des amphibiens et des reptiles d'Alsace. L'association est composée de membres bénévoles (80 personnes), d'un conseil d'administration (14 personnes) au sein duquel le bureau est élu (5 personnes). Deux salariées sont employées à temps plein.

Cette association à but non lucratif réalise différentes missions telles que l'amélioration des connaissances sur le statut et la répartition des espèces dans la région, la valorisation et la diffusion des connaissances vers le grand public et le public spécialisé ainsi qu'un rôle de conseil et d'expertise auprès de toute personne et organisme demandeur d'informations herpétologiques.

### **Missions réalisées durant le stage :**

- **Suivi du Triton crêté :**
  - Élaboration du protocole d'étude
    - Choix du matériel et des dispositifs de capture
    - Mise au point des dispositifs de capture
    - Choix des sites d'étude
  - Réalisation du travail de terrain
  - Analyse des résultats
- Participation aux inventaires herpétologiques (diurnes et nocturnes) dans le cadre du projet SIBA (Suivi des Indicateurs de la Biodiversité d'Alsace).
- Échantillonnages d'ADN dans le cadre de la participation à l'étude « Structuration et diversité génétiques du Triton crêté *Triturus cristatus*, en Alsace » (**Vacher & Ursenbacher 2014**).

## INTRODUCTION

Depuis les années 80, les scientifiques s'accordent sur le fait qu'il existe un phénomène global de déclin des amphibiens à travers le monde (**Wake 1991, Blaustein 2002, Collins & Storfer 2003**) lié à un ensemble de causes en interaction. L'altération et la destruction des habitats (**Sodhi 2008**), le changement climatique, le rayonnement ultra-violet, la pollution, les maladies ou encore l'introduction d'espèces exotiques (**Gardner 2001, Collins & Storfer 2003, Beebee 2005**) sont des pressions qui pèsent sur les amphibiens. Ces derniers sont particulièrement sensibles à la destruction et à la fragmentation de leurs habitats (**Beebee 2005**), associées à l'urbanisation croissante et l'utilisation intensive des terres agricoles. (**Gardner 2001**). Par ailleurs, la disparition de plusieurs espèces dans des secteurs vierges et éloignés de toute activité anthropique, comme c'est le cas dans la région néotropicale (**Lips 2008**), suggère que toutes les zones géographiques sont concernées.

Durant la dernière décennie, plus de 160 espèces animales ont disparu et près de 43% des espèces sont aujourd'hui en voie d'extinction (**Sodhi 2008**). D'après l'UICN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature), les amphibiens constituent l'un des groupes taxinomiques les plus touchés en raison de leurs exigences écologiques et leur sensibilité aux pressions environnementales. En effet, plus de 30% des espèces d'amphibiens sont menacées d'extinction. En France, la Liste rouge des amphibiens menacés publiée en 2009 indique qu'une espèce sur cinq est menacée d'extinction (**IUCN 2009**).

Pour comprendre l'évolution de l'état des populations et les phénomènes d'extinction, il est nécessaire de connaître plus précisément les paramètres écologiques qui influencent la survie des espèces. Ce type d'information est indispensable dans l'établissement de stratégies de conservation et plus précisément dans le cadre d'élaboration de méthodes de gestion (**Lebreton 2010**). Actuellement, les théories statistiques sont très utilisées en écologie et permettent de traiter efficacement des problématiques de dynamique des populations (**Lebreton 2010**). Les populations d'amphibiens sont généralement étudiées selon trois niveaux de précision : 1) présence-absence, 2) abondance (nombre d'individus par unité de surface) ou 3) estimation de la taille réelle de la population. Parmi ces niveaux, l'estimation de la taille de population permet d'étudier les tendances au sein d'une population à plus ou moins long terme. En parallèle, les analyses génétiques permettent également d'obtenir des informations sur la viabilité d'une population et indiquent plus exactement le potentiel évolutif de cette dernière (**Thomsen 2011**).

À l'échelle mondiale, de par sa répartition et sa tolérance à une large gamme d'habitats, le Triton crêté (*Triturus cristatus*) n'est pas considéré comme menacé d'extinction (GAA 2004). Néanmoins, il est largement impacté par les activités humaines (Beebee 2005), et est considéré en déclin dans près de 37 pays (Edgar & Bird 2006, Arnold Ovenden 2010). En conséquent, il s'agit d'une espèce d'intérêt communautaire inscrite à l'annexe 2 de la Directive Habitats Faune Flore (Directive 92/43/CEE du 21 mai 1992 concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages). Dans certains pays européens, des initiatives telles que des plans nationaux d'actions ont été mis en place pour maintenir le Triton crêté à un statut de conservation favorable (Rannap 2006, Edgar & Bird 2006, Damm & Briggs 2006). L'espèce fait également l'objet de nombreux suivis dans le nord et l'est de l'Europe (Kupfer & Kneitz 2000, Jehle 2000, Kröpli 2010...).

À l'échelle nationale, le Triton crêté est protégé par l'article 2 de l'arrêté du 19 novembre 2007 fixant la liste des amphibiens et reptiles protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection. Les études menées en France sont plus souvent axées sur la dynamique et la structure des populations (Francillon-Vieillot 1990, Arntzen & Teunis 1993). Pourtant peu d'entre elles se sont intéressées au statut de conservation de l'espèce en termes de tailles des populations et des habitats utilisés.

A une échelle plus fine, l'Alsace est l'une des régions de France où la diversité spécifique d'amphibiens est la plus importante avec 18 espèces (Sell et al. 1998). Cette région est la limite d'extension de certaines de ces espèces vers l'Europe centrale et par conséquent un carrefour biogéographique essentiel (Sell et al. 1998, Thiriet & Vacher 2010).

En Alsace, le Triton crêté est considéré comme une espèce relativement « rare » et classée « quasi menacée » sur la liste rouge régionale (BUFO 2014). Parmi les menaces, la construction du Grand Canal d'Alsace et des usines hydroélectriques le long du Rhin ont profondément modifié la dynamique du fleuve et détruit de nombreux habitats alluviaux favorables à l'espèce. De manière plus générale, l'intensification de l'agriculture et l'urbanisation sont également à l'origine de la dégradation de nombreux habitats de l'espèce (Thiriet & Vacher 2010).

Dans l'optique d'affiner les connaissances sur l'espèce au niveau régional, cette étude va mesurer les paramètres démographiques (taille de population, survie, migration) et identifier les classes d'âges pour respectivement connaître la dynamique des différentes populations et leur structuration. Parallèlement, elle va caractériser les habitats utilisés par l'espèce durant les phases

terrestres et aquatiques pour savoir s'ils sont favorables et dans un bon état de conservation pour permettre le maintien de ces populations. Globalement, un état de conservation de l'ensemble des sites à Triton crêté d'Alsace va être déduit de ces mesures. En outre, cette étude complète une étude génétique qui vise à connaître l'évolution des populations de Triton crêté en Alsace.

## MATERIELS ET METHODES

### I. Le Triton crêté (*Triturus cristatus*)

En Alsace, le Triton crêté se trouve généralement en plaine et plus couramment le long de la bande rhénane<sup>1</sup>. Il est également présent dans la région du Sundgau ainsi que dans les grands massifs forestiers de Haguenau, d'Erstein et de la Hardt. Les caractéristiques générales (morphologie, dimorphisme sexuel, phénologie) du Triton crêté (*Triturus cristatus*) sont présentées dans l'**Annexe 1** du rapport.

Comme pour la plupart des Amphibiens, le cycle de vie du Triton crêté est composé d'une phase aquatique larvaire et d'une phase terrestre. Au début du printemps, les individus migrent vers les zones humides dans lesquelles ils se reproduisent. La typologie de la mare de reproduction est donc déterminante pour l'espèce car elle va influencer la présence et l'abondance de l'espèce (**Oldham 2000**) (**Annexe 2**).

En outre, les habitats terrestres situés à proximité sont également primordiaux car ils sont utilisés en phase d'hivernage comme en phase de reproduction. En effet, la quasi-totalité des individus se trouverait dans un rayon de 50 mètres autour de la mare (95 %) (**Jehle & Arntzen 2000**) où la nature de l'occupation du sol est particulièrement influente. Par ailleurs, d'après la littérature, le Triton crêté occuperait une « zone tampon » d'environ 250 mètres autour de la mare notamment pour se nourrir (**Kupfer & Kneitz 2000, Langton 2001**). Cette distance est justifiée par une assez faible capacité de dispersion (**Edgar & Bird 2006**) qui varierait entre 250 et 1000 mètres, correspondant à la distance maximale parcourue durant l'année (**Jehle & Arntzen 2000, Malmgren 2002, Rannap 2006**). Selon Rannap (2006), les habitats de type : pâturages extensifs, forêts de conifères, forêts à feuilles caduques et prairies sont les plus favorables. Elle prend également en compte la variable « distance à la forêt » et conclut qu'une mare favorable à l'espèce

---

<sup>1</sup> « Ancien lit majeur du Rhin Espace s'étendant sur une largeur de 1 à 10 km de part et d'autre fleuve et couvrant une surface de 52 000 ha en plaine d'Alsace (**Sell et al. 1998**). »

est située à moins de 80 mètres d'une forêt. D'après Jehle (2000), des forêts mixtes et des forêts de feuillus dans un rayon de 100 à 200 mètres autour du site de reproduction sont idéales à la présence du Triton crêté. Enfin, les terres cultivées de manière intensive semblent avoir un impact négatif sur l'espèce : l'utilisation de pesticides et de fertilisants pourrait avoir des conséquences sur le développement des larves ainsi que sur le comportement des individus (Joly 2001, Blaustein 2002).

## II. Evaluation de la taille des populations et d'autres paramètres démographiques

### II.1. Hypothèses de départ

Afin d'évaluer les paramètres démographiques des populations de Triton crêté, un suivi par CMR a été mis en place. La méthode de CMR est utilisée pour estimer les tailles de populations et d'autres paramètres démographiques comme la survie, le taux de capture, le recrutement et les flux migratoires. Cette méthode repose sur plusieurs hypothèses générales :

- Chaque individu doit avoir la même probabilité de capture et de détection ;
- Les individus marqués ne doivent pas perdre leur marquage et celui-ci doit être lisible ;
- Les individus marqués doivent être immédiatement relâchés après leur capture (Pollock 1990).

Cependant, certaines d'entre elles ne sont pas toujours respectées en situation naturelle (Williams et al 2002). En effet, les individus ne sont pas systématiquement détectés à chaque session (Lebreton 1992). Cette hétérogénéité peut être due à une différence de détectabilité entre les individus marqués et non marqués issue de la phase de piégeage (« trap happiness <sup>2</sup> » et/ou « trap shyness <sup>3</sup> ») ou aux caractéristiques propres à chaque individu (âge, sexe, localisation, succès reproducteur) (Boulinier 1998, Williams 2002). En conséquent, il apparaît dès maintenant que certains paramètres démographiques pourront être biaisés dans la suite de l'étude.

### II.2. Choix des sites

Les secteurs d'études ont été définis en fonction des critères suivants :

- la disponibilité de données récentes et historiques mentionnant la présence de l'espèce ;

---

<sup>2</sup> « trap happiness » : les individus réagissent positivement au piégeage, la probabilité de capture augmente après la première capture (Pradel 1993).

<sup>3</sup> « trap shyness » : les individus réagissent négativement au piégeage, la probabilité de capture diminue après la première capture (Pradel 1993).

- la localisation des sites :
  - l'altitude ;
  - la latitude ;
  - la facilité d'accès ;
  - la présence d'entités naturelles variées : les mares choisies sont présentes dans différents régions naturelles de l'Alsace (forêt de la Hardt, bande rhénane, collines sous vosgiennes) ;
- enfin, les sites ont également été choisis de manière à compléter les informations obtenues dans le cadre de l'étude génétique (**Vacher & Ursenbacher 2014**).

Les sites choisis sont situés sur les communes suivantes : Bernardswiller, Bergheim, Bisel, Dietwiller, Schœnau et Illkirch-Graffenstaden (Heyssel). Elles sont représentées sur la carte **Annexe 3** et les détails relatifs à chaque sites sont disponibles **Annexe 4**.

### II.3. Matériels de capture

Dans le cadre de la mise en place d'un protocole de CMR, il est particulièrement important de choisir une méthode de capture adaptée à l'espèce étudiée (**Kendall 2009, Besnard 2010**). Dans le cas des Urodèles, le suivi se fait généralement à l'aide d'**épuisettes, de clôtures de dérive** autour de l'habitat de reproduction (**Baker 1999, Kupfer & Kneitz 2000, Wedelling 2004, Kröppli 2010**), **de nasses Ortmann (Langton 2001, Damm 2006, Bock 2009, Dreschler 2010) ou encore de nasses à poissons (Schwizer 2007, Maletzky 2009)**. Dreschler (2010) préconise l'utilisation de la **nasse Ortmann** car elle présenterait moins de risques de fuite des individus. Par ailleurs, le faible coût de son élaboration et son nettoyage aisé permettent ainsi d'éviter la transmission de pathogènes. Enfin, dans plusieurs études les auteurs utilisent conjointement des nasses à poissons et des nasses Ortmann (**Rannap 2006, Kröppli 2010**), et complètent ces dispositifs par un comptage nocturne et exhaustif à la lampe torche (**English Nature 2001, Bock 2009**).

Dans cette étude, le choix s'est porté sur l'utilisation conjointe :

- De nasses Ortmann : seau 15 litres avec 3 bouteilles 1.5 litres sur les côtés et une en dessous.
- De nasses à poissons (80 x 28 x 28 cm), maille 2 millimètres, diamètre des entrées 9 centimètres.

Dans les deux cas, les nasses sont équipées de bouteilles permettant leur flottaison et la respiration des animaux piégés (**Annexe 5**).

#### II.4. Mise en place des pièges

Le nombre de nasses utilisées a été défini pour chaque mare en fonction de sa taille (**Annexe 4**) (**Langton 2001, English Nature 2001, Weddelling 2004, Rannap 2006**). Des études ont montré l'efficacité des pièges flottants durant la nuit (**Karlsson 2007, Schwizer 2007, Kröpfli 2010**). Dans le cadre de cette étude, les nasses sont donc posées en journée, laissées en place durant la nuit et récupérées le lendemain matin : cette opération constitue **une session**. Pour assurer une bonne productivité des pièges, il est important de les poser à proximité d'habitats favorables tels que les herbiers qui constituent des abris (**Kröpfli 2009, Langton 2001**). Il est également important d'assurer une randomisation des zones de pose des pièges tout au long de l'étude pour éviter de diriger le protocole (**Besnard 2010**).

#### II.5. Calendrier de capture

En général, lorsque la méthode de CMR est appliquée, deux sessions de captures minimum sont nécessaires pour estimer une taille de population animale (**Pollock 1990**). Cependant, une multiplication des sessions permet d'obtenir une estimation plus précise des paramètres. La prise en compte des contraintes de temps impliquées par la CMR et la durée de l'étude ont permis de fixer le nombre de sessions à dix sur chacun des sites. Entre chaque session, un intervalle de un à trois jours est toléré (**Jehle 2000, Jehle & Arntzen 2000**). Les sessions de capture ont été réalisées entre le 1<sup>er</sup> Avril 2014 et le 28 Juin 2014, elles sont précisées pour chaque site dans l'**Annexe 4**. L'ensemble des prospections représente donc 60 sessions de capture réparties sur 3 mois.

#### II. 6. Marquage et construction de l'histoire de capture

Chaque triton capturé est placé au sein d'un dispositif (sans flash) inspiré de **McNeill** (2010) (« *Mander Masher equipment* ») permettant de photographier facilement leur face ventrale. Une méthode commune pour l'identification individuelle des animaux sauvages est l'enregistrement de motifs individuels uniques (**Hagström 1973**). En effet, les patrons de coloration ventraux sont propres à chaque individu et sont un moyen fiable d'obtenir un marquage individuel tout en éliminant les effets indésirables parfois causés par d'autres méthodes (**Arntzen 2004**) (**Annexe 7**).

Un code individuel est alors attribué à chaque individu en fonction :

- du sexe (0 = Femelle, 1 = Mâle, 2 = Juvénile) ;

- du site (1 = Bernardswiller ; 2 = Schœnau ; 3 = Bisel, 4 = Bergheim ; 5 = Dietwiller ; 6 = Illkirch-Graffenstaden (Heysse)) ;
- de la date de 1<sup>ère</sup> capture (jour = jj ; mois = mm) ;
- de leur ordre (01, 02, 03...).

Les photographies de chaque individu sont ensuite classées dans un trombinoscope permettant leur reconnaissance après chaque session de capture. Chaque photo fait l'objet d'un traitement sur le logiciel Photofiltre 7 (©**Antonio Da Cruz**) (**Annexe 7**).

Lors des passages suivants, le même protocole est répété et les nouvelles photos sont analysées et comparées « à vue » à celles des individus déjà capturés. En effet, la précision de l'identification est meilleure lorsqu'elle n'est pas effectuée sur le terrain mais de manière plus attentive une fois la phase de terrain achevée.

Durant cette vérification, si un individu est déjà présent dans le trombinoscope il est considéré comme recapturé. Le numéro 1 sera donc indiqué à la session correspondante. Dans le cas contraire, si l'individu n'est pas recapturé le numéro 0 lui sera attribué.

Par exemple, l'histoire (**01101**) indique que :

- L'individu a été capturé pour la première fois au cours de la deuxième session ;
- L'individu a été recapturé à la troisième session ;
- L'individu n'a pas été observé à la quatrième session ;
- L'individu a été recapturé à la cinquième session ;

Dans cette étude, une suite de dix chiffres correspondant aux dix sessions de capture est donc obtenue pour chaque individu. Cette combinaison constitue l'unité de base de l'analyse d'estimation de la taille d'une population.

## **II.7. Analyse des données de Capture Marquage Recapture**

Les données ont été traitées avec le package RMark, permettant d'utiliser le logiciel Mark (**White & Burnham 1999**) à partir du logiciel R (**R Development Core Team 2005**). Les tailles de populations ont été estimées de manière indépendante au sexe.

### ***II.7.1. Tests préliminaires***

Dans un premier temps, les Goodness of Fit (**GOF**) des modèles statistiques ont été calculés. Elles permettent de décrire un ensemble d'observations et résumant généralement la

différence entre les valeurs observées et les valeurs attendues dans le cadre du modèle sélectionné (Cooch & White 2001).

### II.7.2. Choix du modèle de population

Le choix du modèle de population repose sur plusieurs hypothèses et conditions. Généralement, l'hypothèse d'une population ouverte est retenue car elle supporte un flux démographique comprenant les phénomènes de migrations (émigration et immigration), de recrutement et de mortalité. Contrairement à ce modèle, une population supposée close suppose qu'aucun évènement démographique n'a lieu dans la population. Dans cette étude, il est supposé que durant l'intervalle de temps entre les sessions, de tels phénomènes soient possibles. Dans le but d'assumer ces fluctuations, l'hypothèse de population ouverte a été préférée.

La méthode de calcul qui a été retenue est le modèle en population ouverte de Jolly-Seber (Equation 1) (Jolly 1965, Seber 1965). Ce dernier était appliqué à l'origine dans le cadre d'estimation de l'abondance. Cependant, depuis plusieurs années, les études traitant de CMR ont montré un intérêt croissant pour l'estimation de paramètres supplémentaires tels que la survie et les migrations (Lebreton 1992, Cooch & White 2001). Dès lors, un modèle a été développé par Schwarz and Arnason (1995) pour permettre de paramétrer le modèle de base Jolly-Seber en prenant en compte la notion de « super population  $\hat{N}$  » et la probabilité d'entrée dans cette « super population » à chaque session  $N$  (Equation 2) (Cooch & White 2001).

	$\phi_1$		$\phi_2$		$\phi_3$		$\phi_4$		$b_0$		$b_1$		$b_2$		$b_3$		$b_4$		$N$
$t_1$	$\rightarrow$	$t_2$	$\rightarrow$	$t_3$	$\rightarrow$	$t_4$	$\rightarrow$	$t_5$		$t_1$	$\rightarrow$	$t_2$	$\rightarrow$	$t_3$	$\rightarrow$	$t_4$	$\rightarrow$	$t_5$	$\dots$
$\uparrow$		$\uparrow$		$\uparrow$		$\uparrow$		$\uparrow$		$\uparrow$		$\uparrow$		$\uparrow$		$\uparrow$		$\uparrow$	
$p_1$		$p_2$		$p_3$		$p_4$		$p_5$		$p_1$		$p_2$		$p_3$		$p_4$		$p_5$	
$M_1$		$M_2$		$M_3$		$M_4$		$M_5$											
$U_1$		$U_2$		$U_3$		$U_4$		$U_5$											

**Équation 1 :** Formulation du modèle Jolly-Seber ( $p_i$  est la probabilité de capture à la session  $i$  ;  $\Phi_i$  est la probabilité qu'un individu survive entre la session  $i$  et  $i + 1$  ;  $M_i$  et  $U_i$  sont le nombre d'individus marqués et non marqués à la session  $i$ ).

**Équation 2 :** Formulation de la paramétrisation POPAN du modèle Jolly-Seber ( $p_i$  est la probabilité de capture à la session  $i$  ;  $\Phi_i$  est la probabilité qu'un individu survive entre la session  $i$  et  $i + 1$  ;  $b_i$  est la probabilité qu'un individu issu de la super-population ( $N$ ) entre dans la population entre les sessions  $i$  et  $i+1$  et qu'il survive jusqu'à  $i+1$ ).

### II.7.3. Hypothèses du modèle

La paramétrisation POPAN de Jolly Seber repose sur les hypothèses suivantes (Cooch & White 2001) (Tableau 1) :

Tableau 1 : Hypothèses sous-jacentes au modèle POPAN Jolly Seber et vérification du protocole

Hypothèses	Vérification
1. Les animaux conservent leurs marques dans l'étude et celles-ci ne sont pas mal interprétées ou perdues	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pas de perte de marquage possible car technique de reconnaissance par photoidentification</li> </ul>
2. L'échantillonnage est instantané, les individus sont relâchés immédiatement après le relevé	<ul style="list-style-type: none"> <li>Constance et faible durée d'échantillonnage tout au long de l'étude</li> </ul>
3. Le taux de survie est supposé le même pour tous les animaux (marqués ou non) entre chaque session	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pas d'affectation du marquage et du piégeage sur les animaux</li> </ul>
4. La détectabilité est la même pour tous les animaux (marqués et non marqués) à chaque session	<ul style="list-style-type: none"> <li>Randomisation de la pose des pièges à chaque session</li> <li>Durée constante de pose des pièges</li> <li>Pas d'effet observateur</li> </ul>
5. La zone d'étude est constante	

#### II.7.4. Paramètres démographiques

Le modèle **POPAN** permet alors de calculer :

- La taille de population :
  - $N$  : taille de population à chaque session ;
  - $\hat{N}$  : taille de population globale ou « super population »;
- $\Phi_i$  : La survie apparente intra-saison. En Alsace, il n'existe aucun jeu de données concernant la méthode de CMR sur le Triton crêté. Cette étude correspond donc à la première expérimentation. En conséquent, il ne sera pas possible d'estimer la survie inter-annuelle, cependant, la survie intra-saison pourra être évaluée ;
- $p_i$  : La probabilité de capture qu'un animal vivant soit capturé à la session  $i$  ;
- pent* « Probability of Entrance » ou probabilité d'entrer dans la population à la session  $i$  (**Cooch & White 2001**).

#### II.7.5. Covariables

Certaines covariables ont également été prises en compte pour observer une éventuelle influence sur la capture, la survie et les flux démographiques. Ces covariables sont les suivantes :

- La température (moyenne journalière entre les sessions de capture) (Source : <http://meteoalsace.com/gw/rapports-mensuels.php>, consulté le 30/06/2014) ;
- Les précipitations (moyenne journalière entre les sessions de capture) ;

- L'indice de masse corporelle (IMC, rapport de la masse sur la longueur SVL, d'après la corrélation entre les variables) ;
- Le sexe ;
- Le site.

Des modèles simples faisant interagir un paramètre démographique avec une ou deux covariables sont ensuite créés. Une fois tous les modèles testés, ces derniers sont classés par le logiciel en fonction de leur AIC (Akaike Information Criterion, **Akaike 1973**). Ce critère représente un compromis entre le biais (erreur systématique diminuant avec le nombre de paramètres, un paramètre correspond à une covariable) et la parcimonie (nécessité de décrire les données avec le plus petit nombre de paramètres possible). Le meilleur modèle est donc celui possédant l'AIC le plus faible (**Cooch & White 2001**).

**Rappel des étapes réalisées pour l'estimation de la taille de population et des paramètres démographiques :**

1. *Choix Modèle POPAN ;*
2. *GOF sur modèle de base ;*
3. *Ecriture du modèle ;*
4. *Résultats et validation des meilleurs modèles ;*
5. *Valeurs des paramètres estimés par le « model averaging »* (**Burnham & Anderson 2004**) *à partir des modèles sélectionnés par l'AIC.*

**Rappel des étapes réalisées pour l'influence des covariables :**

1. *Choix des covariables*
2. *Choix des modèles à tester ;*
3. *GOF sur le modèle de base ;*
4. *Sélection des meilleurs modèles*

### **III. Données biométriques**

#### **III.1. Mesures**

Lors des captures, les tritons sont mesurés et pesés. Dans un premier temps, l'influence de plusieurs variables sur ces données va être testée et ces mesures vont ensuite permettre de mettre en évidence des classes d'âges au sein des populations étudiées. La pesée est réalisée à l'aide d'un peson de type Pesola® 60g (précision 1 gramme). La mesure SVL (Snout Vent Length ou mesure du museau au cloaque) est réalisée lorsque le triton est dans le dispositif « photo » grâce à un pied à coulisse (précision 1 millimètre) (**Annexe 6**). Une seule personne a réalisé les manipulations, pour éviter un éventuel biais lors de la prise des mesures. Toutes les données sont renseignées sur la feuille de terrain (**Annexe 7**).

### III.2. Analyse des données biométriques

Les données ont été traitées avec le logiciel R (R Development Core Team 2005).

#### III.2.1. Influence des variables « sexe », « site » et « altitude » sur l'IMC

Des tests statistiques ont été effectués d'après un seuil significatif (erreur de type  $\alpha$ ) fixé à 5%. Un test  $t$  de Student a été utilisé pour comparer les moyennes de deux échantillons. (L'hypothèse  $H_0$  correspond à l'égalité des moyennes, si la  $p$ -value est inférieure au seuil choisi, l'hypothèse est rejetée). Ce test a été réalisé pour observer l'influence de la variable « sexe » sur les variables quantitatives (taille et poids). Pour les variables possédant plusieurs catégories « site » et « altitude », des ANOVA (Analyse de variances, reposant sur les mêmes hypothèses que le test de Student) ont été réalisées pour observer leur influence sur les variables quantitatives (taille et poids). Des régressions linéaires ont permis d'observer les niveaux de corrélation entre les variables qualitatives.

#### III.2.2. Structuration des populations en classes d'âges

L'étude présente s'est basée sur celle d'Arntzen (2000), qui a utilisé un modèle de Von Bertalanffy (qui décrit un lien entre la taille et l'âge en fonction du niveau de métamorphose) pour mettre en avant des courbes de corpulences (**Figure 1**). En effet, les longueurs SVL des individus capturés ici étant similaires aux populations évoquées dans l'autre étude (une française et une norvégienne (**Dolmen 1983b**)), les courbes peuvent servir de références pour distinguer des classes d'âges au sein des populations de Triton crêté en Alsace (**Tableau 2**).

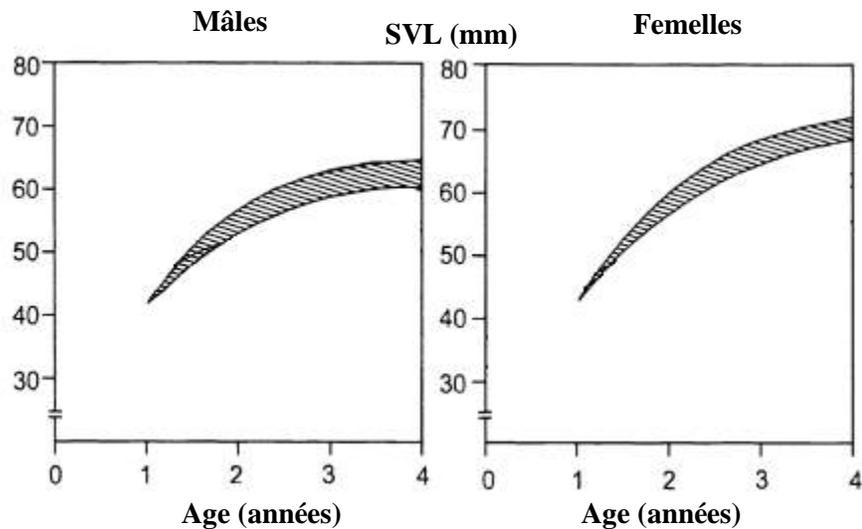


Figure 1 : Courbes de croissance du Triton crêté en France (Arntzen 2000) et d'après le modèle de Von Bertalanffy

Les classes utilisées ici sont :

Tableau 2 : Classes d'âges en fonction du sexe utilisées dans l'étude présente

Classes / Sexe	Mâle (mm)	Femelle (mm)
< 1 an	< 40	< 40
1 – 2 ans	] 40 – 50]	] 40 – 55]
2 – 3 ans	] 50 – 62]	] 55 – 70]
3 – 4 ans	] 62 – 70]	> 70

#### IV. Évaluation de l'état de conservation des habitats du Triton crêté

L'objectif est de caractériser la zone de reproduction du triton : la mare, et les habitats terrestres à proximité, qu'il utilise lors de ces déplacements et pendant l'hivernage. Sur chacun des sites sélectionnés, une notation a été établie pour les mares et les habitats terrestres. Ces notes vont permettre d'obtenir un indicateur d'état de conservation des sites Alsaciens à Triton crêté.

##### IV.1. Choix des sites

L'étude a été menée sur des sites où la présence du Triton crêté a été signalée au cours des deux dernières années (base de données de l'association BUFO).

- Baltzenheim (68)
- Frohmuhl (67)
- Bergheim (68)
- Schœnau (67)
- Strasbourg (67)
- Erstein (67)
- Fort Louis (67)
- Bernardswiller (67)
- Robertsau (67)
- Dietwiller (68)
- Gerstheim (67)
- Lauterbourg (67)
- Munchhausen (67)
- Bisel (68)
- Geiswasser (68)
- Illkirch-  
Graffenstaden (67)
- Mothern (67)

Les données ont été récoltées sur 17 sites et les prospections ont été réparties du 1<sup>er</sup> Avril 2014 au 31 Mai 2014. Sur certains sites, plusieurs mares ont parfois été caractérisées (**Annexe 9**).

## IV.2. Caractérisations écologiques

### IV.2.1. Caractérisation des habitats de reproduction

#### IV.2.1.1. Choix et récolte des critères

Un travail de recherche bibliographique a été mené afin de définir les paramètres environnementaux ayant une influence sur l'occupation des milieux par le Triton crêté (**Kupfer & Kneitz 2000, Jehle & Arntzen 2000, Jehle 2000, Oldham 2000, Langton 2001, Joly 2001, English Nature 2001, Müllner 2001, Rannap 2006, Edgar & Bird 2006, Damm 2007, Maletzky 2007**). Au final, 12 variables déterminantes pour le Triton crêté ont été relevées. Les variables sont soit 1) binaires, soit 2) définies par trois ou quatre classes. Un passage a été réalisé sur chaque site en journée de manière à noter les caractéristiques du milieu (**Annexe 10**). Le protocole a été réalisé par une seule personne pour éviter le biais liés à l'observateur.

#### IV.2.1.2. Analyse générale des données

Les variables environnementales ont d'abord été rangées en classes puis utilisées pour observer les liens entre les différents critères et ceux entre les sites. Le traitement a été réalisé par le biais d'une ACM (Analyse des Correspondances Multiples) à l'aide du Logiciel R (**R Development Core Team 2005**) (package ade4).

#### IV.2.1.3. Indicateurs d'évaluation des habitats de reproduction

Les variables associées à la mare de reproduction ont ensuite été notées. Le tableau suivant présente les notes attribuées à chaque critère pour les variables choisies : plus la note est élevée, plus elle correspond à une mare regroupant les critères idéaux pour l'espèce (**Tableau 3**).

Tableau 3 : Notation des critères de typologie des mares.

Variables	Classes	Note	Variables	Classes	Note
<b>La taille de la mare (note/3)</b>	▪ 20 – 100 m <sup>2</sup>	▪ 2	<b>Le pourcentage d'hydrophytes dans l'eau (note/3)</b>	▪ 0 – 25 %	▪ 1
	▪ 100 – 500 m <sup>2</sup>	▪ 3		▪ 25 – 50 %	▪ 2
	▪ > 500 m <sup>2</sup>	▪ 1		▪ 50 – 75 %	▪ 3
		▪ 75 – 100 %		▪ 3	
<b>La profondeur moyenne de la mare (note/3)</b>	▪ < 0,5 m	▪ 1	<b>Le type de substrat de fond de la mare (note/3)</b>	▪ argileux	▪ 3
	▪ 0,5 – 1 m	▪ 3		▪ sableux	▪ 2
	▪ 1 – 1,5 m	▪ 2			
	▪ 1,5 – 2 m	▪ 1			

<b>La pente des berges de la mare (note/3)</b>	▪ 0 – 30 °	▪ 3	<b>La présence de poissons ou d'écrevisses (note/3)</b>	▪ absence de poissons	▪ 3
	▪ > 30°	▪ 1		▪ présence de poissons	▪ -4
<b>Le pourcentage d'ensoleillement (note/3)</b>	▪ 0 – 40 %	▪ 1	<b>La présence d'oiseaux d'eau (note/3)</b>	▪ absence d'oiseaux	▪ 3
	▪ 40 – 70 %	▪ 3		▪ présence d'oiseaux	▪ -2
	▪ 70 – 100 %	▪ 2			
<b>Temporarité (note/2)</b>	▪ supposé	▪ 1	<b>La transparence de l'eau (note/3)</b>	▪ trouble	▪ 0
	▪ temporaire			▪ assez claire	▪ 2
	▪ permanent	▪ 2		▪ claire	▪ 3
<b>Le taux de végétalisation des berges par les hélrophytes (note/3)</b>	▪ 0 – 25 %	▪ 0	<b>L'accessibilité au site (note/2)</b>	▪ difficilement accessible	▪ 0
	▪ 25 – 50 %	▪ 1		▪ accessible	
	▪ 50 – 75 %	▪ 2		▪ accessible	▪ 2
	▪ 75 – 100 %	▪ 3			

#### ***IV.2.2. Caractérisation des habitats terrestres***

##### *IV.2.2.1. Analyse cartographique des zones tampons*

Le travail de cartographie a été réalisé à l'aide du logiciel ArcView 10.2 (© **Esri**) et en utilisant le système de coordonnées Lambert 93. Dans un premier temps, trois zones tampons ont été définies autour des sites de reproduction. Ces zones tampon ont été recoupées en fonction des données d'occupation du sol provenant de la Bd OCS (2011-2012 niveau 3-4 ©**CIGAL**) Elles ont permis de calculer les surfaces de chaque ensemble dans le but d'observer la proportion des différents habitats autour de la mare. Les zones tampons sont :

- 50 mètres : zone particulièrement importante pour l'espèce qui l'utilise comme zone de refuge et de nourrissage à proximité du site de reproduction (**Jehle 2000, Mullner 2001, Rannap 2006**).
- 250 mètres : zone d'habitat terrestre à proximité du site de reproduction. L'activité des tritons dans cette zone dépend des qualités de l'habitat et reflète une flexibilité d'adaptation en fonction des conditions locales (**Kupfer & Kneitz 2000**).
- 1000 mètres : zone de dispersion maximale permettant de mettre en évidence les corridors potentiels de déplacement de l'espèce et les barrières aux échanges populationnels (**Kupfer 1998**).

#### IV.2.2.2. Indicateurs d'évaluation des habitats terrestres

Le tableau suivant présente les notes attribuées à chaque critère : plus la note est élevée plus elle correspond à des habitats regroupant les critères idéaux pour l'espèce (**Tableau 4**).

Tableau 4 : Notation des critères d'habitats autour des mares à Triton crêté.

Zone tampon	Variables	Classes	Note
Habitats 50 mètres	Présence humaine (note/3)	▪ 0 – 20%	▪ 3
		▪ 20 – 50 %	▪ 2
		▪ > 50 %	▪ 1
Habitats 50 mètres	Présence de forêts (note/3)	▪ 0 – 5 m (dans la forêt)	▪ 1
		▪ 5 – 20 m	▪ 3
		▪ 20 – 50 m	▪ 2
Habitats 50 mètres	Présence de cultures (note/3)	▪ 0 – 20%	▪ 3
		▪ 25 – 50 %	▪ 1
		▪ > 50%	▪ 0
Habitats 250 mètres	Présence 1 mare alentours (note/3)	▪ 0 – 50 m	▪ 3
		▪ 50 – 100 m	▪ 2
		▪ 100 – 250 m	▪ 1
Habitats 250 mètres	Réseau de corridors écologiques/passages (note/3)	▪ Absence de mare	▪ 0
		▪ Très peu	▪ 1
		▪ Moyen	▪ 2
Habitats 250 mètres	Présence d'une route (note/3)	▪ Nombreux	▪ 3
		▪ Fréquentée	▪ 0
		▪ Moyennement fréquentées	▪ 1
Habitats 250 mètres	Présence cours d'eau « rapide » (note/3)	▪ Peu fréquentée	▪ 2
		▪ Absence de route	▪ 3
		▪ Oui	▪ 1
Habitats 250 mètres	Diversité d'habitats/ensembles (note/3)	▪ Non	▪ 3
		▪ 1 – 2 ensembles	▪ 1
		▪ 2 – 4 ensembles	▪ 2
Habitats 1 kilomètre	Présence d'un réseau de mares (note/3)	▪ > 4 ensembles	▪ 3
		▪ 1 – 4	▪ 1
		▪ 0	▪ 0
Habitats 1 kilomètre	Présence de corridors (note/3)	▪ Oui	▪ 3
		▪ Non	▪ 0

### IV.3. Notation de l'état de conservation des habitats

L'addition des notes obtenues lors de l'évaluation des habitats terrestres et de reproduction permet d'obtenir une note finale comprise entre 9 (minimum) et 64 (maximum). Cette note finale permet de catégoriser chaque site sur une échelle de conservation de l'espèce selon quatre niveaux :

- Bon état de conservation = [50 – 64[
- Etat de conservation moyen = [42 – 50[
- Etat de conservation assez moyen = [30 – 42[
- Mauvais état de conservation = < 30

## RESULTATS

Lors de l'ensemble de la durée d'échantillonnage, 226 individus ont été capturés, dont 104 femelles, 107 mâles et 15 juvéniles. Le sex ratio (rapport du nombre mâles sur le nombre de femelles) est de 1,02. L'ensemble des données de captures sont disponibles dans l'**Annexe 10**.

### I. Evaluation de l'état de conservation des populations par CMR

#### I.1. Estimation des paramètres démographiques

**Résultat 1** (*Etape 2. GOF sur le modèle de base*) :

Les GOF n'ont pas pu être calculées car les données n'étaient pas assez robustes et suffisantes. Ce premier résultat signifie que les tests permettant l'estimation de la taille des populations sont compromis par le manque d'informations, lié à un déficit de recapture. Par conséquent, les modèles ont été construits en utilisant uniquement la variable « temps ». Cet ajustement permettra d'observer des tendances dans les résultats.

*Remarque : Le site de Bisel n'a pas été pris en compte dans l'analyse des données car seulement quatre individus ont été capturés lors des dix sessions. Cet effectif n'est pas suffisant pour réaliser des tests statistiques.*

Le taux de recapture étant trop faible pour estimer les paramètres démographiques, les histoires de captures ont été modifiées en regroupant la série de dix en une série de cinq chiffres. Cette méthode est fréquemment utilisée dans les études dans le cas où les données de recaptures sont insuffisantes (**Pollock 1990**). Par exemple, lorsqu'une histoire correspondait à 0001011010, elle était modifiée pour obtenir : 01111 (**Annexe 11**).

**Résultat 2** (*Etape 4. Résultats et validation des meilleurs modèles*) :

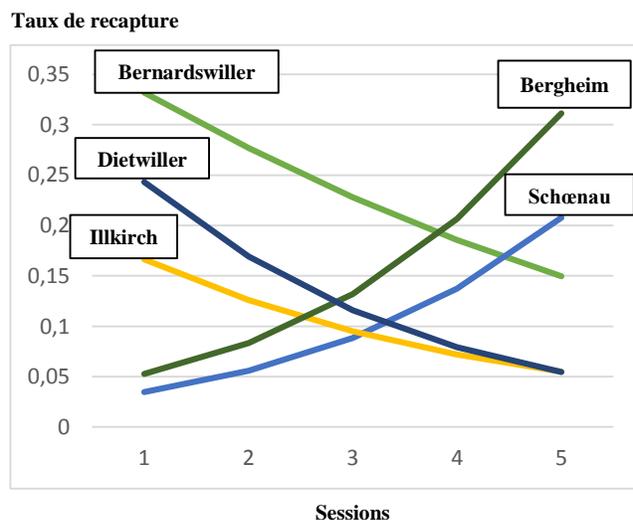
Dans un premier temps, les meilleurs modèles ont été retenus pour chacun des sites en fonction de leur AICc (**Tableau 5**). D'après ces résultats, les paramètres de survie ( $\Phi_i$ ) et de capture ( $p$ ) sont dépendants du temps alors que la probabilité d'entrée et la taille de population sont constantes. Ces modèles ont ensuite permis d'estimer la taille des populations (**Tableau 6**). Le ***N gross*** correspond à l'estimation de la population, le ***SE*** est l'erreur et l'***IC*** est l'intervalle comprenant le ***N gross*** et le nombre de paramètres correspond au nombre de variables estimées. A première vue, les intervalles de confiance sont assez larges et comprennent toujours le nombre d'individus capturés initialement, sauf dans le cas de Schoënau.

Tableau 5 : Sélection des modèles moyens pour chaque site.

Site	Meilleur modèle	Nb de paramètres	AICc	Poids	Déviance
<b>Bernardswiller</b>	Phi(~Time)p(~Time)pent(~1)N(~1)	6	66.01655	0.94653066	8.555205
<b>Schœnau</b>	Phi(~Time)p(~Time)pent(~1)N(~1)	6	162.1233	0.7275835	0
<b>Bergheim</b>	Phi(~Time)p(~Time)pent(~1)N(~1)	6	73.88432	0.6666556	0
<b>Dietwiller</b>	Phi(~Time)p(~Time)pent(~1)N(~1)	6	59.56464	0.6547594	0
<b>Illkirch</b>	Phi(~Time)p(~Time)pent(~1)N(~1)	6	48.83051	0.827069	0

Tableau 6 : Estimation des paramètres démographiques pour chaque site.

Sites	<i>N</i> <i>capturés</i>	<i>N gross</i>	<i>SE</i>	<i>IC</i>
<b>Bernardswiller</b>	10	14	6	3 : 26
<b>Schœnau</b>	116	391	84	147 : 511
<b>Bergheim</b>	48	32	11,5	4 : 57
<b>Dietwiller</b>	18	31	14,2	0 : 107
<b>Illkirch</b>	26	98	85	0 : 241

Figure 2 : Evolution du taux de recapture  $p$  sur les différents sites (les intervalles de confiance ne sont pas affichés pour une meilleure lecture du graphique mais sont disponibles dans l'Annexe 11).

Ensuite, les paramètres démographiques ont été estimés (Annexe 12) (Etape 5. Valeurs des paramètres estimés). Le paramètre « *survie* » n'est pas estimable sauf dans le cas de Schœnau, où une diminution de la survie est observée après la première session de capture. Peu de recaptures ont été enregistrées au cours de l'étude (Annexe 10). En effet, le taux de recapture n'excède jamais les 35%. Au cours des sessions, une diminution de la recapture est observée sur les sites de Bernardswiller, Dietwiller et Illkirch. Au contraire, une augmentation de la recapture est observée sur les sites de Bergheim et de Schœnau (Figure 2).

Le paramètre de probabilité d'entrée dans la population « *pent* », est très faible et reste constant tout au long de l'échantillonnage sur les sites de Schœnau, Bernardswiller et Bergheim. Sur le site d'Illkirch, ce paramètre est plus grand que sur les autres sites et reste constant tout au long de l'étude. Enfin, sur le site de Dietwiller, ce paramètre augmente juste avant la dernière session.

## I.2. Influence des covariables sur les paramètres démographiques

Pour tester l'influence des covariables, un calcul de GOF a également été réalisé (*Etape 1. GOF sur le modèle de base*). Le programme utilisé génère trois «tests» standards : « test 1 », « test 2 » et « test 3 ». Le premier test est une étape de vérification des données. Le second test vérifie « l'égalité de capture ». Enfin le troisième test traite des « problèmes de survie » (**Cooch & White 2001**). Ce calcul n'a pas abouti durant le traitement des données et signifie que la survie est impactée lorsque des covariables rentrent en compte. La suite de l'analyse permettra d'observer comment ces covariables : la température, la pluviométrie, l'IMC, le site et le sexe peuvent influencer les paramètres démographiques de survie, de capture et de migration.

**Résultat 3** : Le « *model averaging* » ou modèle « moyen » a ensuite donné les quatre modèles qu'il considèrerait comme les meilleurs (*Etape 3. Sélection des meilleurs modèles*) (**Tableau 7**). Leurs AICc sont très proches et indiquent qu'ils sont équivalents. Cet outil permet de pondérer l'effet de chaque variable en fonction du nombre de fois où celles-ci apparaissent.

Tableau 7 : Sélection des meilleurs modèles moyens d'influence des covariables sur les paramètres démographiques.

Meilleur modèle	AICc	Delta AICc	Nb de paramètres	Déviante
<b>Phi(~imc + P)p(~site)pent(~temp + gp)N(~1)</b>	395.8339	379.0720	9	376.8764
<b>Phi(~imc + P)p(~site)pent(~temp)N(~1)</b>	395.8605	379.0986	8	379.0986
<b>Phi(~imc + P)p(~site)pent(~temp + P)N(~1)</b>	397.9795	381.2176	9	379.0220
<b>Phi(~imc + P)p(~site)pent(~temp + Time)N(~1)</b>	398.0355	381.2736	9	379.0781

Les variables qui ressortent le plus souvent sont l'IMC et la pluviométrie influençant la survie. De manière générale, la survie est affectée par un faible IMC et une forte pluviométrie.

Dans tous les modèles, la variable « site » interagit avec le taux de recapture « *p* », ce qui signifie qu'elle a une influence sur ce paramètre.

La présence de la covariable « température » dans tous les modèles comprenant le paramètre « *pent* » suggère une influence des températures sur les déplacements des individus. Les autres covariables (IMC, pluviométrie, sexe, site) ne semblent pas avoir d'incidence sur ce paramètre.

## II. Analyse des données biométriques

*Remarque : Sur le site de Bergheim, le protocole de CMR a été réalisé par une autre personne lors des trois premières sessions de capture et les mesures biométriques n'ont pas été prises. Elles ont ensuite été prises lors des sessions suivantes. Les données utilisées pour l'analyse des données biométriques correspondent donc seulement aux 14 individus renseignés durant la suite du protocole.*

Tableau 8: Tableau récapitulatif des mesures biométriques en fonction des sexes et tous sites confondus. Les données individuelles sont disponibles *Annexe II*.

	Mâles (n=107)		Femelles (n=104)	
	<i>Longueur SVL</i>	<i>Poids</i>	<i>Longueur</i>	<i>Poids</i>
<b>Moy</b>	47,5	9,7	49,6	10,6
<b>Min</b>	28	6	18	3,5
<b>Max</b>	62	14	70	19
<b>Ecart type</b>	7,7	2,5	7,6	2,5
<b>Variance</b>	59,4	6,1	57,6	6
<b>IC 95%</b>	[46,3 ; 48,5]	[9,2 ; 9,9]	[48,1 ; 50,4]	[9,3 ; 11,5]

### II.1. Influence des variables « sexes », « site » et « altitude » sur l'IMC

Dans un premier temps, les variables « Longueur SVL » et « Poids » sont fortement corrélées (Pearson = 0,85). Cela permet de réaliser une régression linéaire sur l'ensemble des données en prenant en compte le ratio poids/taille (p-value < 0,001, R<sup>2</sup>=0,724).

**Résultat 4 :** Une influence générale du sexe (Test Student t = 2.6799, p-value < 0.05) a été observée sur l'IMC des individus (**Figure 3**). Les résultats indiquent que les femelles sont généralement plus corpulentes que les mâles (Test Student t = -2.9489, p-value < 0.05). Les mâles ont une corpulence proche de celle des juvéniles (Test Student t = 2.0562, p-value > 0.05).

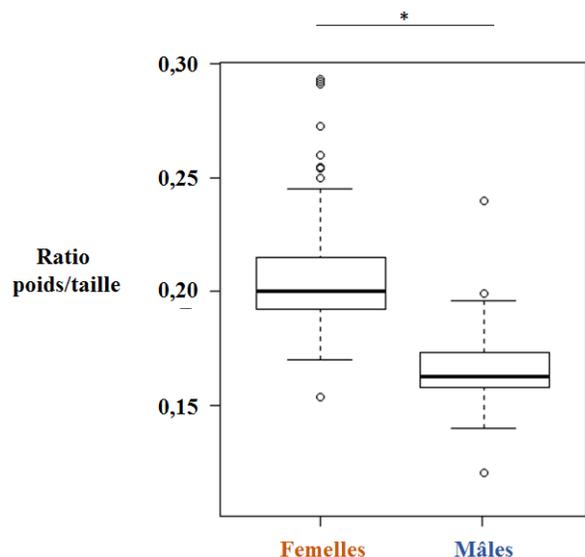


Figure 3 : Représentation de l'IMC en fonction des sexes

**Résultat 5 :** Une influence générale du « site » (ANOVA p-value < 0.001) a été observée sur l'IMC des individus (**Figure 4**). Les tritons capturés sur les sites de Bernardswiller et de Bisel semblent avoir des conditions corporelles similaires et respectivement différentes par rapport aux autres (tous  $p < 0.05$ ). Les sites de Dietwiller, Schoenau et Bergheim ont quant-à eux des conditions corporelles similaires (Test Student  $p > 0.05$ ).

**Résultat 6 :** La variable « altitude » possède une faible influence sur l'IMC des individus (Test Student p.value < 0.01\*). En effet, elle varie uniquement d'une centaine de mètres entre les sites (sauf le site de Bisel où se trouve la seule population à une altitude supérieure à 200 m).

*Remarque : Le nombre de tritons capturés n'est pas le même au sein des différents sites, les tests statistiques permettent donc seulement d'avoir une tendance.*

## II.2. Structuration des populations en classes d'âges

**Résultat 7 :** L'utilisation des courbes de croissance issues de l'étude de Arntzen (2000) a permis d'établir des classes d'âges au sein des populations, d'une part en fonction du sexe et d'autre part en fonction du site.

### En fonction du sexe (Figure 5) :

D'après les résultats, 60% des tritons capturés se trouvent dans la classe d'âge 1 à 2 ans, 23% sont âgés de 2 – 3 ans et 14% ont moins de 1 an. La classe d'âge de 3 – 4 ans est représentée seulement par des femelles.

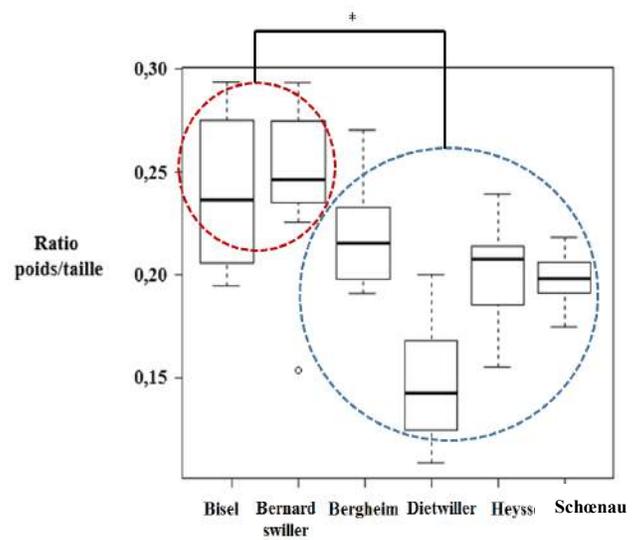


Figure 4 : Représentation de l'IMC en fonction des sites

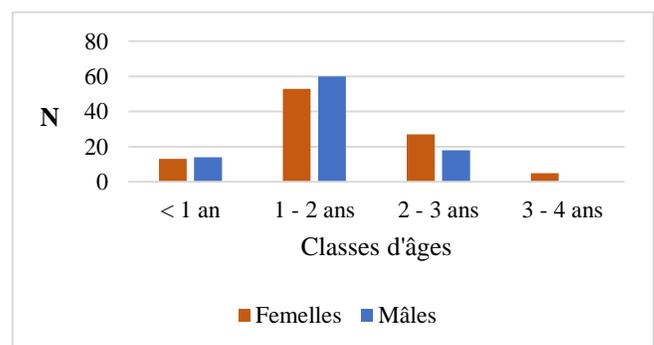


Figure 5 : Classes d'âges en fonction des sexes

### En fonction des sites (Figure 6) :

La population de Bernadswiller est composée d'individus matures âgés de 2 à 4 ans et aucun d'individus de moins de 2 ans n'a été capturé. Les populations de Schoenau et d'Illkirch se distinguent par une majorité d'individus âgés de 1 à 2 ans. Les différentes classes d'âges sont réparties de manière homogène au sein des populations

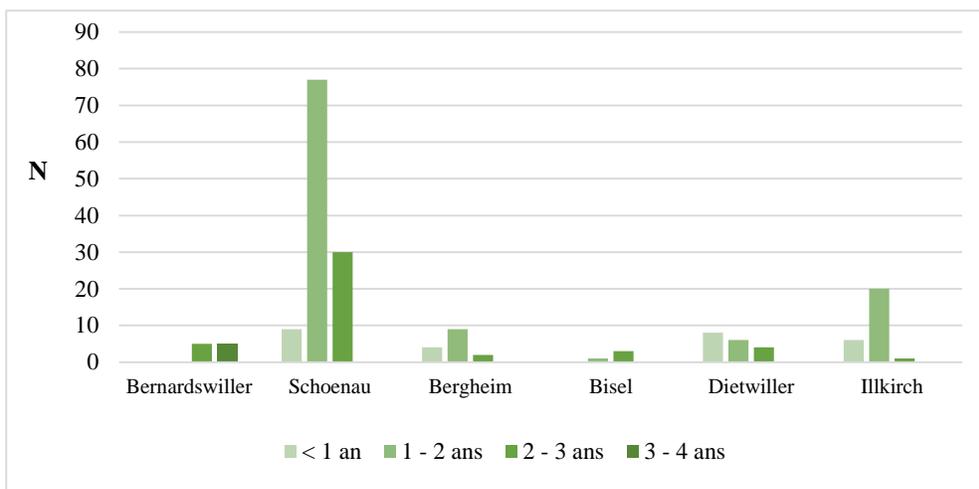


Figure 6 : Classes d'âges en fonction des sites.

de Bergheim et Dietwiller. Les individus capturés à Bisel ont entre 2 et 4 ans.

## III. Évaluation de l'état de conservation des habitats du Triton crêté

### III.1. Typologie générale des sites

#### III.1.1. Typologie des mares

Au total, 27 mares ont été prospectées et caractérisées sur les 16 sites sélectionnés. L'ACM permet de visualiser les résultats obtenus suite à la prospection de terrain (Figure 1). Les contributions relatives des variables indiquent que deux axes principaux sont à conserver pour l'analyse. Le premier axe est expliqué par la profondeur et l'ouverture de la mare et le second par le pourcentage d'hydrophytes et le type de milieu dans lequel est située la mare.

**Résultat 7 :** Un lien est généralement observé entre le type de mare, la couverture en hélophytes, l'ouverture, la pente et la profondeur. Les hélophytes semblent plus présents dans les mares situées en lisière de forêt, lorsque celle-ci est ensoleillée, que la pente est faible et que la profondeur est plus importante.

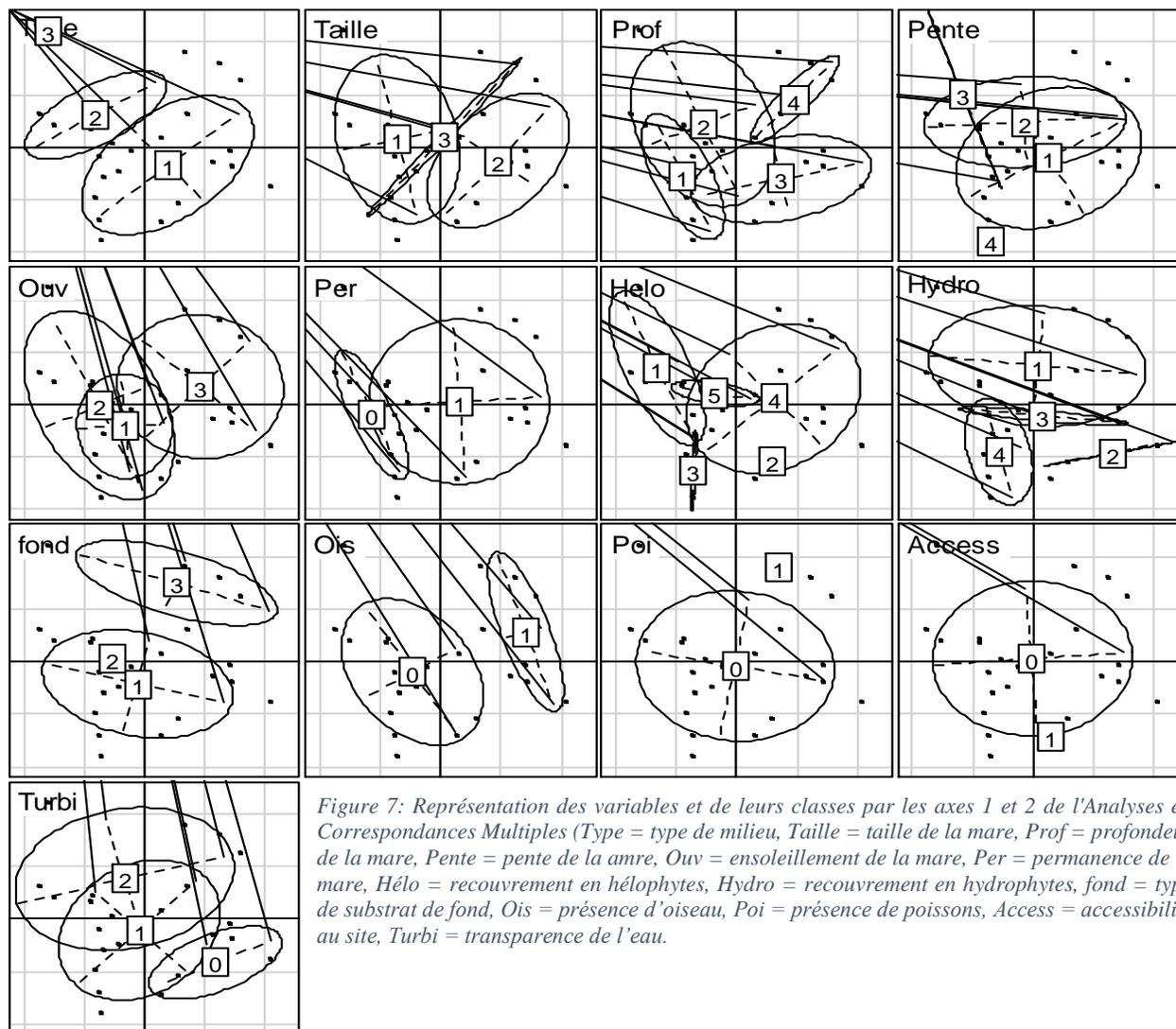


Figure 7: Représentation des variables et de leurs classes par les axes 1 et 2 de l'Analyses en Correspondances Multiples (Type = type de milieu, Taille = taille de la mare, Prof = profondeur de la mare, Pente = pente de la mare, Ouv = ensoleillement de la mare, Per = permanence de la mare, Hélo = recouvrement en hélophytes, Hydro = recouvrement en hydrophytes, fond = type de substrat de fond, Ois = présence d'oiseau, Poi = présence de poissons, Access = accessibilité au site, Turbi = transparence de l'eau.

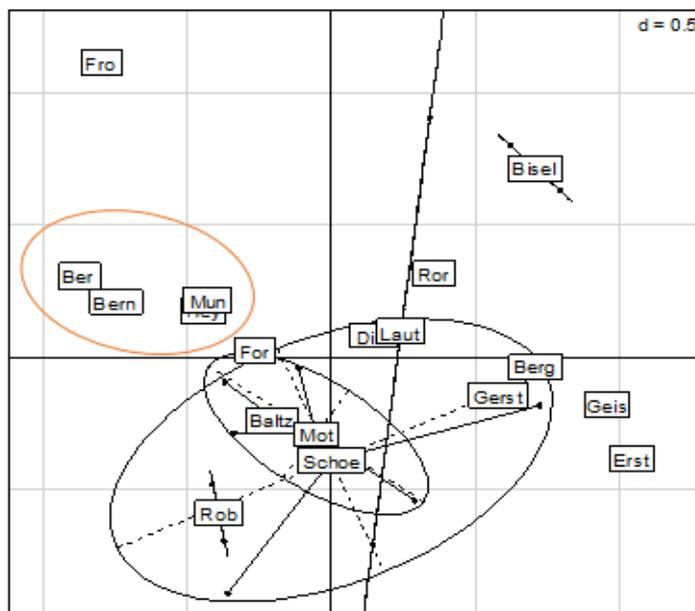


Figure 8 : Représentation des sites d'après l'Analyse en Correspondances Multiples

Certains sites possédant des caractéristiques similaires ressortent de l'analyse comme (**Figure 7**) Baltzenheim, Mothern, Schœnau, Robertsau, situés en forêts ou en lisière de forêt. Les sites de Munchhausen, Illkirch, Bernardswiller, Bergheim sont eux caractérisés par des mares d'assez petite taille, de profondeur moyenne, ensoleillées, de pente moyenne et avec peu d'hélophytes. Deux sites semblent se détacher respectivement des autres (**Figure 8**) : Bisel qui correspond au seul étang dans un contexte agricole et Frohmuhl qui est le seul site étudié en carrière.

### III.1.2 Habitats terrestres

L'utilisation de l'occupation du sol a permis de déduire les proportions des différents habitats autour de la mare et en fonction des trois zones tampons.

**Résultat 8** : D'après l'analyse de l'occupation du sol sur l'ensemble des sites, les proportions d'habitats autour des mares sont variables en fonction des zones tampons (50 m, 250 m et 1

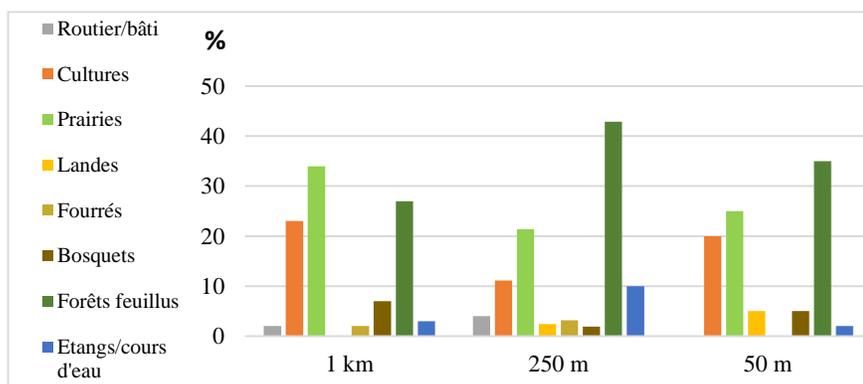


Figure 9 : Proportion des occupations du sol dans les rayons de 50 m, 250 mètres et 1 km autour des mares à Triton crêté en Alsace.

km) (**Figure 9**). Les ensembles les plus représentés à différentes échelles sont les forêts de feuillus,

les prairies et les cultures. D'après la **Figure 5**, plus la zone tampon est grande, plus les habitats sont diversifiés. De plus, sur les sites étudiés, il n'y a pas de présence de construction humaine directement dans la zone tampon de 50 m mais seulement à partir de 250 m.

### III.2. Evaluation finale l'état de conservation de l'ensemble des sites

Les sites les mieux conservés ont généralement une typologie de mare et des habitats se rapprochant des caractéristiques idéales pour l'espèce (**Annexe 2**). Les sites présentant le meilleur état de conservation sont : Illkirch-Graffestaden, Robertsau, Bergheim, Lauterbourg (mare n°2), Mothern (mare n°1) et Schœnau. Les sites dont l'état de conservation est considéré comme moyen ne remplissent pas tous les critères que ce soit en termes de typologie de mare ou au niveau des habitats compris dans les zones tampons. Ce sont les sites de Rohrschollen, Erstein, Bisel, Bernardswiller, Baltzenheim, Mothern (mare n°2) et Munchhausen. Les sites présentant un état de conservation assez moyen sont Gerstheim, Geiswasser, Fort Louis et Dietwiller. Enfin les sites possédant un mauvais état de conservation sont Lauterbourg (mare n°1) et Frohmuhl, qui présentent des caractéristiques telles que la présence de poissons et l'absence de végétation aquatique (**Tableau 9**).

*Remarque : Les notes de chaque site associées à chaque variable sont visibles en **Annexe 10**. Certaines mares sur un même site ont été rassemblées lorsqu'elles étaient très similaires et situées dans un rayon inférieur à 1 km.*

Tableau 9 : Récapitulatif des états de conservation des sites.

Site	N capturés	N estimés	Note typologie de la mare (note/34)	Note habitats zone tampon 50 m (note/9)	Note habitats zone tampon 250 m (note/15)	Note habitats zone tampon 1 km (note/6)	Note totale (note/64)	Etat de conservation
Illkirch	26	98	33	7	11	4	55	Bon
Bergheim	48	32	30	6	13	4	53	Bon
Mothern (mare n°1)	–	–	29	7	11	6	53	Bon
Erstein	–	–	30	7	9	6	52	Bon
Lauterbourg (mare n°2)	–	–	29	7	11	4	51	Bon
Robertsau	–	–	29	7	11	6	51	Bon
Schœnau (mare n°1)	116	391	30	7	7	4	48	Bon
Mothern (mare n°2)	–	–	28	4	11	6	49	Moyen
Bisel (mare n°1)	4	–	25	6	12	4	47	Moyen
Bisel (mare n°2)	–	–	23	6	12	4	45	Moyen
Rohrschollen	–	–	29	7	9	2	47	Moyen
Schœnau (mare n°2)	–	–	27	7	7	4	45	Moyen

Bernardwiller	10	14	25	5	11	4	45	Moyen
Munchhausen	–	–	28	7	7	4	46	Moyen
Baltzenheim	–	–	28	6	5	6	45	Moyen
Gerstheim	–	–	26	5	6	2	39	Assez moyen
Fort Louis	–	–	21	5	9	4	39	Assez moyen
Geiswasser (mare n°1)	–	–	26	7	3	2	38	Assez moyen
Geiswasser (mare n°2)	–	–	25	7	3	2	37	Assez moyen
Dietwiller	18	31	24	6	4	4	38	Assez moyen
Lauterbourg (mare n°1)	–	–	14	8	6	2	30	Mauvais
Frohmuhl	–	–	19	2	5	1	27	Mauvais

## DISCUSSIONS

### I. Etat de conservation des populations par CMR

#### I.1. Paramètres démographiques

**Résultat 1 :** D'un point de vue général, le sex-ratio des individus est constant et ne montre pas de biais en faveur d'un des deux sexes, comme c'est souvent le cas d'après la bibliographie chez le Triton crêté (**Hagström 1979, Verrell & Halliday 1985, Oldham 1994**). Cependant, au sein de certaines populations les femelles sont plus nombreuses, c'est le cas par exemple à Bergheim (sex ratio = 2 biaisé en faveur des femelles). Il serait donc possible que sur ce site, les mâles aient été présents au début de la période de reproduction et qu'ils soient déjà partis au moment de la capture, contrairement aux femelles qui ont tendance à rester plus longtemps dans la mare (**Verrell & Halliday 1985**). Il serait envisageable de poser des clôtures autour des mares associées à des seaux de récupération pour observer les schémas de migrations des tritons et une éventuelle influence du sexe et des classes d'âges sur ces déplacements (**Malmgren 2002**).

**Résultat 2 :** Les meilleurs modèles sélectionnés sont les mêmes pour tous les sites. Ce résultat signifie que les tendances qui ressortent de l'analyse sont constantes. Pourtant, les paramètres de survie et le taux de recapture varient au cours de l'étude. Les tests issus des GOF dans la suite de l'étude ont montré un impact sur ces deux paramètres et la prise en compte des covariables indique que la capturabilité varie entre les sites. Le peu de recaptures ne permet pas d'obtenir des résultats précis et robustes d'estimation des paramètres démographiques mais seulement d'observer des tendances qui semblent cohérentes.

Dans cette étude, même si les zones d'études restent constantes, la détectabilité des individus n'est pas parfaite. Il se peut que durant l'étude, certains individus – pourtant présents sur

les sites – n’aient jamais été détectés. Cette hétérogénéité de capture peut être à l’origine d’une estimation biaisée de la taille de population (**Williams 2002**). Par ailleurs, il existe peut être également un phénomène de « trap-shyness », traduisant une réponse comportementale d’apprentissage de la part des animaux, induisant une sous-estimation de la taille de la population. Dans ce cas, les hypothèses sous-jacentes au modèle de population ouverte (**Tableau 1**) ne sont pas entièrement respectées, notamment : **4. La détectabilité est la même pour tous les animaux (marqués et non marqués) à chaque session.**

### **I.2. Influence des covariables sur les paramètres démographiques**

**Résultat 3 :** L’utilisation de covariables permet de prendre en compte des facteurs sous-jacents qui peuvent avoir des conséquences sur les traits d’histoire de vie et la dynamique de population (**Grobois 2008**). Cependant, ils dépendent d’un nombre considérable de données et d’une estimation préalable correcte des paramètres démographiques. Même si dans cette étude les paramètres démographiques n’ont pas été estimés précisément, l’influence des covariables a tout de même été testée.

D’après les résultats, la variable « pluviométrie » aurait un impact négatif sur la survie des tritons. **Griffiths** (2010) indique que de fortes précipitations peuvent menacer la survie des individus, principalement durant la période terrestre. D’autre part, il semble que « l’IMC » ait une également une influence sur la survie. En effet, les petits tritons ont généralement un taux de survie inférieur à celui des adultes plus corpulents, comme le confirme **Karlsson** (2004).

Le taux de recapture dépend généralement de plusieurs critères : l’effort de capture, les propriétés de mares ainsi que la fidélité au site de ponte (**Schmidt & Anhold 1999**). Ici, la capturabilité semble être influencée par la variable « site ». Bien que le même protocole ait été appliqué à tous les sites, le nombre de pièges a été adapté en fonction de la taille des mares. Bien entendu, plus le nombre de pièges augmente, plus grand sera le taux de capture. Il se pourrait également que ce paramètre soit influencé par la densité de population de chaque site ainsi que la nature plus ou moins fermée de ce dernier. Par exemple sur le site de Dietwiller, seule une partie des berges est accessible et la pose de pièges ne peut s’effectuer que dans ce secteur, diminuant les chances de capturer les individus présents sur la partie non équipée de pièges. Ce problème d’accessibilité est également présent sur le site de Bergheim, cependant, la présence de nombreux abris aquatiques dans la zone échantillonnée est très favorable à l’espèce et le taux de recapture a augmenté tout au long de l’étude.

Enfin, la plupart des études montrent que le Triton crêté a tendance à se déplacer la nuit lorsque la température est supérieure à 5°C (**Jehle 2000**). En effet, les résultats montrent une influence de la variable « température » sur le paramètre « *pent* » suggérant que les déplacements sont plus fréquents lorsque les températures s'élèvent.

### I.3. Structuration des populations en classes d'âges

**Résultat 4, 5, 7 :** D'après les résultats, les données de classes d'âges peuvent être reliées avec les tailles des individus. Cependant, l'estimation des classes d'âges en utilisant le modèle de Von Bertalanffy n'est pas toujours précise et les résultats sont donc à prendre en compte avec précaution (**Arntzen 2000**).

Les données confirment que le sexe et le site influencent la taille et le poids du Triton crêté (**Francillon-Vieillot 1990**). En effet plusieurs études montrent la présence d'un dimorphisme sexuel : les femelles sont généralement plus imposantes que les mâles (**Arntzen & Teunis 1993**), phénomène d'autant plus observé durant la période de reproduction où les femelles portent les œufs (**Arntzen 2000**). Cette constatation se fait également en observant les courbes de croissance utilisées comme référence en début d'étude (**Matériels et méthodes**) (**Arntzen 2000**). D'autre part, l'influence du site sur l'IMC a déjà été relevée et associée à une densité-dépendance due à la compétition pour les ressources (**Arntzen & Teunis 1993**).

Concernant la structure des populations en classes d'âges, une première constatation indique que peu d'individus capturés sont âgés de plus de 3 ans (hormis à Bernardswiller), caractérisant des populations jeunes. A noter que les jeunes individus assurent un renouvellement de la population et également une colonisation de nouveaux sites, au vue de leur facilité de dispersion (**Kupfer & Kneitz 2000, Oldham 2000**). La plupart des études fixent la maturité moyenne du Triton crêté à 3 ans (**Hagström 1984, Francillon-Vieillot & al. 1990, Arntzen & Teunis 1993, Miaud & al. 1993, Baker 1999**). D'autres précisent qu'en France et dans l'Est de l'Europe, le Triton crêté devient mature plus tôt (**Arntzen 2000**). Par ailleurs, en conditions naturelles, le Triton crêté est une espèce généralement longévive (14 ans en France, 15 ans en Suède, 16 ans au Portugal **Francillon Vieillot 1990**). Pourtant ici, l'absence de classes d'âges supérieures à 3 ans soulève l'influence d'une stochasticité<sup>4</sup> environnementale qui pourrait être à l'origine d'une diminution du taux de survie ou un échec de reproduction propre à cette période

---

<sup>4</sup> Influence des aléas climatiques ou des catastrophes sur les populations animales (**Danchin 1998**).

(Cooke 1995, Baker 1999 et Karlsson 2004). Il semblerait donc que la survie soit directement affectée et que le risque d'extinction augmente dans un contexte d'épisodes climatiques défavorables. En outre, il est également possible que des animaux ratent une opportunité de reproduction certaines années (Arntzen & Teunis 1993) ou qu'ils changent de mare de reproduction suite à un échec de reproduction (Danchin 1998).

Sur le site de Bernardswiller la population est faible mais semble se maintenir depuis de nombreuses années. Il est possible que l'absence d'individus âgés de moins de 2 ans reflète un éventuel échec de reproduction lié au caractère temporaire des mares. A Illkirch, de forts effectifs dans la classe d'âge 1-2 ans traduisent potentiellement un bon succès de reproduction en 2012-2013, cependant aucun individu de plus de 2 ans n'a été capturé alors que les mares existent depuis de nombreuses années. Ce résultat peut être lié à une prospection tardive de la mare durant la période de reproduction. Sur les sites de Bergheim, Dietwiller et Schœnau, les différentes classes d'âges sont assez bien représentées et témoignent que les populations semblent en bon état de conservation.

#### I.4. Synthèse

La mare de Schœnau abrite la plus importante population échantillonnée au cours de cette étude ; la présence de plusieurs points d'eau à proximité, de corridors de dispersion et la diversité des classes d'âges permettront d'assurer la pérennité de la population.

La population et les habitats de Bergheim semblent être en bon état de conservation depuis de nombreuses années. En effet, il est possible que les résultats concernant la taille de population soient sous-estimés à cause d'une période assez longue entre plusieurs sessions de capture.

A la limite des collines sous-vosgiennes et de la plaine, le site de Bernardswiller représente une des populations de Triton crêté située à plus haute altitude (230 m) (Thiriet & Vacher 2010). Elle comprend deux mares très proches où des échanges sont assurés par des corridors écologiques. Cette petite population semble se maintenir depuis de nombreuses années (Thiriet & Vacher 2010) cependant les gestionnaires doivent rester vigilants car la temporarité des mares semblent affecter le succès reproducteur de l'espèce depuis quelques années.

D'après un suivi semi-quantitatif réalisé par BUFO depuis 2003 la population de Triton crêté sur le site de Bisel semble en bon état de conservation. Cependant lors de l'échantillonnage, seulement cinq individus ont été capturés, et aucun résultat n'a pu être obtenu concernant cette population. Pourtant, la période de prospection coïncide avec les observations des années

précédentes. Il est donc possible que cette population ne constitue pas la population principale et que des individus se trouvent dans des pièces d'eau alentours. De plus les tritons sont très répartis dans ce type de plan d'eau très large et que la capturabilité y soit par conséquent plus faible.

## **II. Etat de conservation des sites et mesures de gestion**

L'objectif de l'étude est d'évaluer l'état de conservation des habitats de reproduction et terrestres afin d'effectuer une évaluation de l'état de conservation des sites de présence du Triton crêté en Alsace. Lorsque des mesures de gestion sont à mettre en place sur des sites dont l'état de conservation est mauvais, celles-ci doivent privilégier la mare et les habitats à proximité directe. Lorsque la distance à la mare augmente, les habitats jouent un rôle moins important pour la présence Triton crêté mais interviennent dans la dispersion de l'espèce.

### **II.1. Sites en bon état de conservation**

Le site CSA<sup>5</sup> du Heyssel (Illkirch-Graffenstaden) possède des habitats et une population en bon état de conservation. En effet, ce site est situé en prairie, à proximité de la forêt et offre un réseau de mares favorables à l'espèce. Par ailleurs, une estimation d'une centaine d'individus, un flux de déplacement assez important et la présence de nombreuses larves confirmant le succès reproducteur, permettent à la population de se maintenir. Le respect d'une distance de fauchage et une signalétique autour de la mare font partie des mesures déjà entreprises et permettant d'assurer les connexions entre les habitats et diminuer les risques de mortalité. Le respect d'une zone tampon autour de la mare lors du fauchage facilite le déplacement des tritons et leur offre des zones de refuge. Ce site est un bon exemple pour montrer l'intérêt de délimiter une zone d'entretien autour des mares en laissant les débris végétaux et bois morts qui constituent des habitats d'hivernage (**English Nature 2001, Edgar & Bird 2006**).

Les mares présentes dans les forêts de Mothern, de Robertsau et d'Erstein sont des bons exemples de mares forestières favorables au Triton crêté. En effet elles sont espacées de moins d'un kilomètre les unes des autres et constituent un réseau potentiel pour l'espèce. Cette caractéristique paysagère est importante pour le Triton crêté qui s'organise en métapopulations d'un minimum de quatre mares séparées par des distances inférieures à un kilomètre. La création

---

<sup>5</sup> *Conservatoire des Sites Alsaciens : association créée en 1976 qui consiste à protéger les milieux naturels au moyen de la maîtrise foncière, c'est-à-dire, par l'acquisition, la location ou des accords pour la gestion d'espaces naturels.*

et la restauration d'un réseau de plusieurs mares dans un rayon inférieur à 1 km doit dans ce cas être préféré à plusieurs ou à un seul grand point d'eau (**Langton 2001, Rannap 2006**).

La présence du Triton crêté sur différents sites le long de la bande rhénane indique que le site de Schœnau ferait partie des principales sources populationnelles (**Vacher & Ursenbacher 2014**). La mare de reproduction est très favorable à l'espèce grâce à des critères importants comme la taille, la présence d'hélophytes et d'abris aquatiques ainsi que l'ensoleillement. Parallèlement, l'état de conservation moyen des habitats est ici expliqué par la présence de barrières importantes : d'un côté, la route et de l'autre, un annexe du Rhin. Les tritons sont capables de traverser des obstacles tels que les routes peu fréquentées. Cependant sur ce site, la route est assez fréquentée et il existe donc un risque de mortalité. Les déplacements sont donc ici plus faciles pour eux sur l'axe vertical qui longe le cours d'eau. De manière générale, sur ce site, malgré des habitats en état de conservation moyen, la mare est favorable au Triton crêté et l'estimation de taille de population très élevée permet de conclure à un site en bon état de conservation global.

## **II.2. Sites avec un état de conservation moyen**

Le site de Bernardswiller possède une population en bon état de conservation mais le degré d'isolement des mares par rapport à des points d'eau périphériques et des facteurs limitant de déplacement tels que les routes et les cultures pourraient rendre cette population vulnérable. Le caractère temporaire de la mare peut affecter la reproduction du Triton crêté certaines années cependant il permet à d'autres groupes faunistiques (odonates) de se développer. Il serait donc intéressant de créer une nouvelle mare à proximité de celles déjà existantes. Cette mare devra être construite de manière à être permanente durant la saison de reproduction mais potentiellement temporaire pour éviter la colonisation et le maintien d'espèces prédatrices (poissons) (**Langton 2001, Rannap 2006**). Le Triton crêté est une espèce qui colonise généralement une mare dans l'année qui suit sa création et lorsqu'elle se trouve à moins d'un kilomètre de la mare principale (**Arntzen & Teunis 1993, Langton 2001**).

A Bisel, la population est connue en bon état de conservation mais la présence de zones cultivées à proximité directe des points d'eau est à l'origine de la dégradation de la qualité du site et cela pourrait impacter la population sur le long terme. En effet, il semblerait que les zones cultivées aient un impact négatif sur la présence de Triton crêté en France (**Joly 2001**). Il est important de conserver une distance minimale entre les zones agricoles et les mares à Triton crêté

afin de limiter l'impact d'éventuels polluants et faciliter la dispersion des individus (**Mullner 2001, Langton 2001**).

La mare située à Munchhausen se situe dans un milieu ouvert favorable au Triton crêté pourtant elle est caractérisée par un état de conservation moyen. En effet, le manque de corridors écologiques permettant à l'espèce de se déplacer et les nombreuses barrières telles que les cours d'eau rapides, sont des freins à l'utilisation des milieux autour de la mare. Dans ce cas, il est donc particulièrement intéressant de conserver des zones refuges non fauchées au sein de la prairie, qui favoriseraient la dispersion de l'espèce.

### **II.3. Sites avec un état de conservation assez moyen**

Sur le site de Dietwiller, la présence d'individus de plusieurs classes d'âges permet de considérer la population comme en bon état de conservation pourtant les habitats alentours ne semblent pas refléter les critères requis par le Triton crêté. En effet, la zone humide tend à se refermer et la présence de champs cultivés à proximité n'est pas favorable. Elle nécessite une meilleure ouverture pour permettre un ensoleillement optimal (coupe des arbres). Il serait également intéressant de retravailler les berges afin qu'elles soient plus douces et permettent le développement d'hydrophytes qui constitueraient des supports de ponte favorables. Un projet de restauration écologique des deux sites est actuellement en cours et devrait permettre de rendre les mares plus favorables pour l'espèce.

Sur d'autres sites tels que Gerstheim ou Geiswasser, malgré la présence de forêts et de zones de ripisylves favorables à la dispersion des individus le long de l'axe, de nombreuses barrières physiques ont tendance à restreindre le déplacement latéral. Les mares sont situées dans des zones très artificialisées et caractérisées par des réseaux routiers, ferrés et des infrastructures. Il est donc important de limiter la construction de barrières infranchissables autour des points d'eau pour favoriser le déplacement et diminuer le risque d'isolation des populations par la fragmentation du paysage. De manière générale et à plus large échelle, il faut assurer une meilleure connexion entre les points d'eau et les grands ensembles en développant les corridors déjà existants dans une réflexion de trame verte et bleue.

### **II.4. Sites en mauvais état de conservation**

Le site de Frohmuhl, où la découverte de la présence de Triton crêté est récente (2014) apparaît en mauvais état de conservation d'après les critères suivant : la petite taille de la mare, l'absence de végétation et la présence d'une carrière, milieu habituellement peu fréquenté par

l'espèce en Alsace. Dans ce cas, la typologie de la mare comme les habitats présents autour ne remplissent pas les critères favorables à l'espèce. De plus, les alentours peu diversifiés et la fréquentation d'une route à proximité liée à l'exploitation, laissent à penser que les individus peuvent être menacés. Il serait intéressant de rechercher des mares au sein de la forêt à proximité directe. Un suivi de l'espèce comme celui qui a été réalisé pour les sites de CMR permettrait de mieux connaître l'état de conservation de cette population et de prendre des mesures adaptées à l'espèce.

Le site de Lauterboug ne possède pas une typologie de mare favorable au Triton crêté. La présence de poissons a été notée alors qu'elle est peu compatible avec celle de l'espèce. L'une des priorités des gestionnaires est donc d'éviter l'introduction de poissons (**Edgar & White 2006**) et dans certains cas, de les éliminer. Cependant ce site peut être entièrement inondé et la colonisation de poissons et d'autres espèces ne peut pas être évitée. Il serait donc pertinent de favoriser la création de points d'eau déconnectés entre eux pour éviter les échanges d'espèces non voulues, de privilégier une faible profondeur et d'assurer leur temporarité. Une profondeur d'environ 1 m permet de maintenir la température de l'eau suffisamment élevée pour les tritons. Un assec occasionnel assure le maintien des populations de tritons tout en diminuant le nombre de prédateurs tels que les poissons (**Langton 2001**).

#### **IV. Critique des méthodes et perspectives**

##### **IV.1. Période d'échantillonnage**

En Alsace, l'observation du Triton crêté et des autres espèces de tritons, se fait principalement durant la période de reproduction qui se déroule en milieu aquatique (**Thiriet & Vacher 2010**). L'activité annuelle commence dès le début du printemps où un pic est observé puis diminue au cours de l'été lorsqu'ils reprennent une activité terrestre. Sur certains sites, cette période de reproduction est plus ou moins tardive et dépend notamment des conditions climatiques. D'un point de vue pratique, les prospections n'ont pas pu avoir toujours lieu simultanément et il n'est pas possible de prévoir à l'avance la période optimale d'échantillonnage. Il se pourrait donc que sur certains sites, l'estimation des tailles de populations soit sous-estimée.

##### **IV.2. Technique de capture**

Cette première expérience de CMR permet d'avoir un aperçu des tendances et donc d'affiner le protocole. Dans un premier temps, le parti-pris de réaliser une dizaine de sessions

relevait des exigences de la méthode de CMR. Pourtant, le nombre de recaptures reste très faible et une remise en question du nombre de pièges peut être envisagée. Sur les mares les plus grandes, il serait nécessaire de poser un plus grand nombre de pièges pour assurer une meilleure efficacité de la capture. L'ajout de sessions nocturnes en utilisant des lampes torches complèterait également le protocole en apportant une information en termes d'abondance.

Pour pallier à un éventuel phénomène de « trap-shyness » (évoqué dans la discussion), il faudrait envisager de tester l'attractivité et l'efficacité des pièges sur plusieurs sessions en conditions de laboratoire dans un premier temps, avant de l'adapter sur le terrain.

### **IV.3. Identification**

L'identification des individus aux moyens de reconnaissances des patrons ventraux est une technique jugée fiable, non invasive et exigeant peu de moyens financiers et humains. Cependant des alternatives peuvent être préférées pour éviter un biais éventuel, telles que l'utilisation d'implants sous cutanés (Arntzen 2004) ou de transpondeurs (Jehle 1998). Ces méthodes peuvent être assez coûteuses et chronophages sur le terrain mais le traitement est ensuite beaucoup plus rapide et elles sont idéales pour un suivi multi-années. Elles évoquent également des préoccupations éthiques liées à la manipulation et à l'implantation de corps étrangers dans des animaux, qui peuvent avoir des conséquences sur le long terme (Jehle 1998).

### **IV.4. Connaissances des habitats**

Dans l'optique d'avoir une idée plus précise de l'état de conservation de l'espèce, un affinement de la connaissance des habitats terrestres serait intéressant. Cela passerait par un suivi de l'espèce en utilisant par exemple le radiotracking<sup>6</sup> (Jehle 2000) pour suivre les déplacements du Triton crêté à travers les différents habitats ; ou encore en réalisant des tests comportementaux sur leurs préférences en termes d'habitats et de refuges, dans un premier temps en laboratoire.

## **CONCLUSION**

Cette étude a permis de déduire l'état de conservation global des sites où le Triton crêté est présent en Alsace. Pour cela, les paramètres démographiques et les classes d'âges de plusieurs populations ont été estimés d'une part. D'autre part, les mares et les habitats terrestres, représentant

---

<sup>6</sup> Le radiotracking est le nom donné aux systèmes de suivi ou de repérage à distance d'un animal ou objet mobile équipé d'un émetteur radio (Jehle 2000).

respectivement le lieu de reproduction et les zones d'hivernage, ont été caractérisés. Plusieurs informations ressortent clairement de cette étude. La répartition du Triton crêté s'étend sur l'ensemble de l'Alsace cependant elle est assez hétérogène. Il se retrouve dans des milieux assez fragmentés sous forme de petites populations et celles-ci sont caractérisées par des individus jeunes et possédant une longévité faible (inférieure à 3 ans). Malgré cela, certaines populations semblent se maintenir depuis de nombreuses années. De manière générale, à la vue de ces résultats l'état de conservation du Triton crêté en Alsace peut donc être considéré comme « moyen ». Ce résultat est en adéquation avec le statut de conservation actuel du Triton crêté, qualifié de « Quasi menacé » (**BUFO 2014**) (« il ne remplit pas, pour l'instant, les critères des catégories *En danger critique*, *En danger* ou *Vulnérable* mais il est près de remplir les critères correspondant aux catégories du groupe *Menacé* ou il les remplira probablement dans un proche avenir » **IUCN 2011**). La liste rouge stipule également que le critère associé au statut du Triton crêté correspond à un « déclin continu de la superficie, de l'étendue et/ou de la qualité de l'habitat » (**BUFO 2014**), en accord avec de nombreux sites possédant des habitats en état de conservation moyen à mauvais.

Cependant, un suivi sur un plus long terme permettrait de répondre également aux autres critères concernant l'évolution des populations et éventuellement reconsidérer le statut de conservation du Triton crêté d'ici quelques années. En effet, malgré sa répartition large à l'échelle en l'Alsace, si une preuve du déclin de plusieurs populations est avérée, il pourrait devenir « menacé ».

Sur certains sites, des mesures ont déjà été mises en place pour maintenir les populations et leurs habitats. Dans d'autres cas, une concertation sera nécessaire pour une meilleure prise en compte du Triton crêté dans la gestion des espaces naturels. La gestion passe ici par l'utilisation d'outils tels que la mise en place de sites Natura 2000 dans la continuité de la Directive Habitat appliquée à l'espèce. Mais elle passe également par la création d'Espaces Naturels Sensibles et la maîtrise foncière (Conservatoire des Sites Alsaciens) pour conserver les habitats à proximité directe des mares (zone tampon 50 m). A une échelle plus large, la prise en compte de la Trame Verte et Bleue à l'échelle communale est essentielle pour la dispersion du Triton crêté.

Cette étude représente la première application de la technique CMR sur le Triton crêté en Alsace. Elle fait partie des démarches pour l'approfondissement des connaissances sur le Triton crêté, entreprises depuis quelques années, en parallèle notamment de l'étude génétique (**Vacher & Ursenbacher 2014**). Parmi les mesures à envisager, la réalisation du protocole sur d'autres sites

d'intérêt permettra de mieux connaître la dynamique et la structure des populations. De plus, la réflexion autour des méthodes utilisées ici mènera à l'amélioration du protocole et à son application sur le long terme.

## BIBLIOGRAPHIE

### Généralités sur les amphibiens :

- Beebee, T. J. C. & R. A. Griffiths** (2005) : The amphibian decline crisis : A watershed for conservation biology. *Biological Conservation*. 125 : 271-285.
- Blaustein, A. R. & J. M. Kiesecker** (2002) : Complexity in conservation : lessons from the global decline of amphibian populations. *Ecology Letters* 5 : 597-608.
- BUFO** (2014) : La Liste rouge des Amphibiens menacés en Alsace. Coord. BUFO, ODONAT. 9p.
- Danchin E., T. Boulinier & M. Massot** (1998) : Conspecific reproductive success and breeding habitat selection : Implications for the study of coloniality. *Ecology* 79 : 2415-2428.
- GAA (IUCN)** (2004) : Conservation International and Nature Serve - Global Amphibian Assessment. <http://www.globalamphibians.org/>
- Gardner, T.** (2001) : Declining amphibian populations : a global phenomenon in conservation biology. *Animal Biodiversity and Conservation* 24 : 25-44.
- Griffiths, R. A., D. Sewell & R. S. McCrea** (2010) : Dynamics of a declining amphibian metapopulation : Survival, dispersal, and the impact of climat. *Biological Conservation* 143 : 485-491.
- Grosbois V., O. Gimenez, J. M. Gaillard, R. Pradel, C. Barbraud, J. Clobert, A. P. Moller & H. Weimerskirch** (2008) : Assessing the impact of climate variation on survival in vertebrate populations. *Biological Reviews* 83 : 357-399.
- UICN France, MNHN & SHF** (2009) : La Liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre Reptiles et Amphibiens de France métropolitaine. Paris, France. 8 p.
- UICN** (2011) : Catégories et critères de l'UICN pour la Liste rouge : Version 3.1. *Commission de la sauvegarde des espèces de l'UICN*. 32 p.
- Sell Y., J. P. Berchtold, H. Callet, M. Hoff, J. C. Gall & J. M. Walter** (1998) : L'Alsace et les Vosges. La bibliothèque du naturaliste. *Delachaux & Niestlé*, Paris. 352 p.
- Sodhi, N. S., D. Bickford, A. C. Diesmos, T. M. Lee, L. P. Koh et al.** (2008) : Measuring the meltdown : drivers of global amphibian extinction and decline. *Plos One* 3 : 1636.
- Thomsen, P.F., J. Kielgast, L.L. Iversen, C. Wiuf, M. Rasmussen, M.T.P. Gilbert, L. Orlando & E. Willerslev** (2011) : Monitoring endangered freshwater biodiversity using environmental DNA. *Molecular Ecology* 21 : 2565-2573.
- Wake, D. B.** (1991) : Declining amphibian populations. *Science* 253 : 860.

### Généralités sur le Triton crêté :

- ACEMAV, R. Duguet & F. Malki** (2003) : Les Amphibiens de France, Belgique et Luxembourg. *Collection Parthénope, éditions Biotope, Mèze* (France). 480 p.
- Arnold, N. & D. Oviden** (2010) : Le guide herpéto : 228 amphibiens et reptiles d'Europe. Collection : Les guides du naturaliste, *Delachaux et Niestlé* 3e édition, 290 p.
- Arntzen, J. W. & S. F. M. Teunis** (1993) : A six year study on the population dynamics of the crested newt (*Triturus cristatus*) following the colonization of a newly created pond. *Herpetological Journal* 3 : 99-111.
- Arntzen, J. W.** (2000) : A growth curve for the newt *Triturus cristatus*. *Journal of Herpetology* 34 : 227-232.

- Arntzen, J. W., R. S. Oldham & D. M. Latham** (1995) : Cost effective drift fences for toads and newts. *Amphibia-Reptilia* 16 : 137-145.
- Arntzen, J. W., I. B. J. Goudie, J. Halley & R. Jehle** (2004) : Cost comparison of marking techniques in long-term population studies : PIT-tages versus pattern maps. *Amphibia-Reptilia* 25 : 305-315.
- Baker, J.** (1999) : Abundance and survival rates of Great Crested Newts (*Triturus cristatus*) at a pond in central England : monitoring individuals. *Herpetological Journal* 9 : 1-8.
- Jehle, R. & W. Hödl** (1998) : PITs versus patterns ; effects of transponders on recapture rate and body condition of Danube Crested Newts (*Triturus dobrogicus*) and common spadefoot toads (*Pelobatus fuscus*). *Herpetological Journal* 8 : 181-186.
- Jehle, R.** (2000) : Terrestrial habitat exploitation of radio tracked crested and marbled newts : implications for site protection. *Herpetological Journal* 10 : 137-142.
- Jolly, G. M.** (1965) : Explicit estimates from capture-recapture data with both death and immigration - stochastic model. *Biometrika* 52 : 225-247.
- Joly, P., C. Miaud, A. Lehmann & O. Grolet** (2001) : Habitat matrix effects on pond occupancy in newts. *Conservation Biology* 15 : 239-248.
- Karlsson, T., P.-E. Betzholtz & J. C. Malmgren** (2007) : Estimating viability and sensitivity of the Great Crested Newt *Triturus cristatus* at a regional scale. *Web Ecology* 7 : 63-79.
- Collins, J. P. & A. Storfer** (2003) : Amphibian Declines Global amphibian declines : sorting the hypotheses. *Diversity and Distributions* 9 : 89-98.
- Cooke, A. S.** (1995) : A comparison of survey methods for Crested Newts (*Triturus cristatus*) and night counts at a secure site (1983-1993). *Herpetological Journal* 5: 221-228.
- Damm, N., L. Briggs, W. De Vries & F. Bibelriether** (2007) : Action plan for *Triturus cristatus* in the former Vejle County. Protection of *Triturus cristatus* in Eastern Baltic Region. 47 p.
- Dolmen, D.** (1983b) : Growth and size of *Triturus vulgaris* and *T. cristatus* (Amphibia) in different parts of Norway. *Holarctic Ecology* 6 : 356-371.
- Edgar, P. & D. R. Bird** (2006) : Action plan for the conservation of the Crested Newt *Triturus cristatus* species complex in Europe. *Convention on the conservation of European wildlife and natural habitats*. 33p.
- English Nature** (2001) : Great Crested Newt mitigation guidelines. *English Nature*, Peterborough. 77 p.
- Francillon-Vieillot, H., J. W. Arntzen & J. Géraudie** (1990) : Age, growth and longevity of sympatric *Triturus cristatus*, *Triturus marmoratus* and their hybrids (Amphibia, Urodela). A skeletochronological comparison. *Journal of Herpetology* 5 : 695-699.
- Hagström, T.** (1973) : Identification of newt specimens (Urodela, *Triturus*) by recording the belly pattern and a description of photographic equipment for such registrations. *British Journal of Herpetology* 12 : 321-326.
- Hagström, T.** (1979) : Population ecology of *Triturus cristatus* and *T. vulgaris* (Urodela) in Sweden. *Holarctic Ecology* 2 : 108-114.
- Jehle, R. & J. W. Arntzen** (2000) : Post-breeding migrations of newts (*Triturus cristatus* and *T. marmoratus*) with contrasting ecological requirements. *Journal of Zoology* 251 : 297-306.
- Kröpli, M., P. Heer & J. Pellet** (2010) : Cost-effectiveness of two monitoring strategies for the Great Crested Newt (*Triturus cristatus*). *Amphibia-Reptilia* 31 : 403-410.

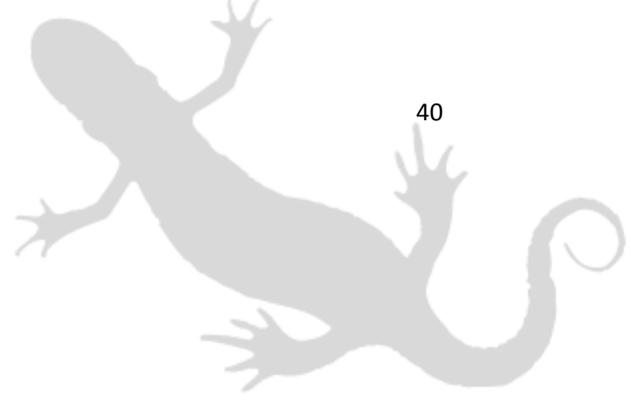
- Kupfer, A. & S. Kneitz** (2000) : Population ecology of the Great Crested Newt (*Triturus cristatus*) in an agricultural landscape : Dynamics, pond fidelity and dispersal. *Herpetological Journal* 10 : 165-171.
- Langton, T., C. Beckett and J. Foster** (2001) : Great Crested Newt Conservation Handbook. *Froglife*. 60 p.
- Malmgren, J. C.** (2002) : How does newt find its way from a pond ? Migration patterns after breeding and metamorphosis in Great Crested Newts (*Triturus cristatus*) and smooth newts (*T. vulgaris*). *Herpetological Journal* 12 : 29-35.
- Maltetzky, A., M. Kyek & A. Goldschmid** (2007) : Monitoring status, habitat features and amphibian species richness of Crested Newt (*Triturus cristatus* superspecies) ponds at the edge of the species range (Salzburg, Austria). *Journal of Limnology* 43 : 107-115.
- McNeill, D. C.** (2010) : Translocation of a population of Great Crested Newts (*Triturus cristatus*) : A Scottish case study. PhD thesis, University of Glasgow. 192 p.
- Müllner, A.** (2001) : Spatial patterns of migrating Crested Newts and smooth newts : The importance of the terrestrial habitat surrounding the breeding pond. *Rana* 4 : 279-293.
- Oldham, R. S., J. Keeble, M. J. S. Swan & M. Jeffcote** (2000) : Evaluating the suitability of habitat for the Great Crested Newt (*Triturus cristatus*). *Herpetological Journal* 10 : 143-155.
- Oldham, R.S.** (1994) : Habitat assessment and population ecology. *English Nature Science* 20 : 45-67.
- Rannap, R. & L. Briggs** (2006) : The characteristics of Great Crested Newt *Triturus cristatus*' breeding ponds. Protection of the Great Crested Newt. Project Report. The experiences of LIFE-Nature project « Protection of *Triturus cristatus* in the Eastern Baltic Region » LIFE04NAT/EE/000070. Tallinn (Ministry of the Environment of the Republic of Estonia). 27 p.
- Schwizer, T.** (2007) : Population dynamics of a subdivided population of the Crested Newt (*Triturus cristatus*). Institute of Zoology, University of Zurich, Switzerland. 67 p.
- Vacher, J. P. & S. Ursenbacher** (2014) : Structuration et diversité génétiques du Triton crêté, *Triturus cristatus*, en Alsace. Rapport intermédiaire année 1. 20 p.
- Vacher, J. P.** (2005) : Fiche espèce le Triton crêté (Diagnostic écologique pour le document d'objectif Rhin Ried Bruch de l'Andlau Tome 2 : les Amphibiens). BUFO/ODONAT. 12 p.
- Verrell, P. & T. Halliday** (1985) : The population dynamics of the Crested Newt *Triturus cristatus* at a pond in southern England. *Holarctic Ecology* 8 : 151-156.
- Wedelling, K., M. Hachtel, U. Sander & D. Tarknishvili** (2004) : Bias in estimation of newt population size : a field study at five ponds using drift fences, pitfalls and funnel traps. *Herpetological Journal* 14 : 1-7.

### Méthodologie :

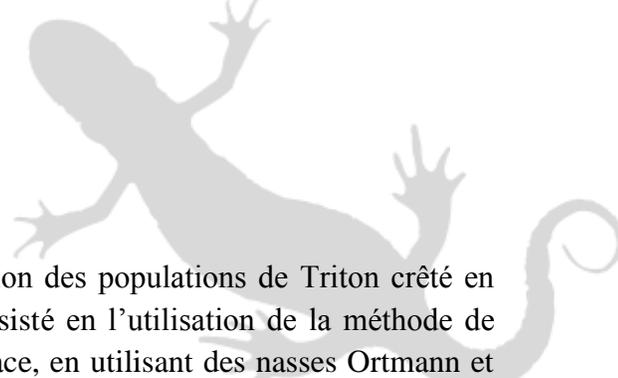
- Besnard, A.** (2010) : Suivi scientifique d'espèces animales : Aspects méthodologiques essentiels pour l'élaboration de protocoles de suivis. *DREAL PACA – Pôle Natura 2000*. 62 p.
- Bock D., V. Hennig & S. Steinfartz** (2009) : The use of fish funnel traps for monitoring Crested Newts (*Triturus cristatus*) according to the Habitats Directive. *Journal of Herpetology* 15: 317-326.
- Drechsler, A., D. Ortmann & S. Steinfartz** (2010) : Ortmann's funnel trap – a highly efficient tool for monitoring amphibian species. *Herpetology Notes* 3 : 13-21.
- Schmidt, B. R., M. Schaub & B. R. Anholt** (2002) : Why you should use capture-recapture methods when estimating survival and breeding probabilities: on bias, temporary emigration, overdispersion, and common toads. *Amphibia Reptilia* 23 : 375-388.

**Statistiques :**

- Akaike, H.** (1973) : Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. Second International Symposium on Information Theory. *Akademiai Kiado*, 267-281.
- Arnason, A. N. & C. J. Schwarz** (1995) : POPAN-4 Enhancements to a system for the analysis of mark recapture data from open populations. *Journal of Applied Statistics* 22 : 785-800.
- Boulinier, T., J. D. Nichols, J. R. Sauer, J. E. Hines & K. H. Pollock** (1998) : Estimating species richness : the importance of heterogeneity in species detectability. *Ecological Society of America* 79 : 1018-1028.
- Burnham, K. P. & D. R. Anderson** (2004) : Multimodel inference - understanding AIC and BIC in model selection. *Sociological Methods & Research* 33 : 261-304.
- Cooch, E. & G. White** (2001) : A gentle introduction Program MARK. Analysis of data from marked individuals. <http://www.phidot.org/software/mark/docs/book>. 690 p.
- Kendall W.L., S. J. Converse, P. F. Doherty, M.B. Naughton, A. Anders, J. E. Hines & E. Flint** (2009) : Sampling design considerations for demographic studies : a case of colonial seabirds. *Ecological Applications* 19 : 55-68.
- Lebreton, J. D., K. P. Burnham, J. Clobert & D. R. Anderson** (2010) : Modeling survival and testing biological hypotheses using marked animals: a unified approach with case studies. *Ecological Society of America* 62 : 67-118.
- Pradel, R., J. D. Lebreton & P. M. North** (1993) : Flexibility in survival analysis from recapture data : handling trap dependence. *Marked Individuals in the Study of Bird Populations* 29-37.
- Pollock K. H., J. D. Nichols, C. Brownie & J. E. Hines** (1990) : Statistical-Inference for capture-recapture experiments. *Wildlife Monographs* 1-97.
- Seber, G. A. F.** (1965) : A note on the multiple recapture census. *Biometrika* 52 : 249-259.
- White, G. C. & K. P. Burnham** (1999) : Program MARK: survival estimation from populations of marked animals. *Bird Study* 46 : 120-139.
- Williams B. K., J. D. Nichols & M. J. Conroy** (2002) : Analysis and management of animal populations, San Diego, California, USA.



## **ANNEXES**



## Résumé

Cette étude a permis d'établir l'état de conservation des populations de Triton crêté en Alsace grâce à deux volets principaux. Le premier a consisté en l'utilisation de la méthode de Capture Marquage Recapture sur six sites répartis en Alsace, en utilisant des nasses Ortmann et des nasses à poissons. Le principe du marquage ici est la photoidentification des patrons ventraux des tritons. De manière générale les populations sont jeunes (moins de 3 ans) et les femelles sont plus corpulentes que les mâles. Les tailles de populations sont estimées en moyenne entre 14 et 391 individus ( $IC = [0-511]$ ). La recapture diminue au cours du temps et elle varie en fonction des sites. La température influence les migrations des individus. Le protocole de CMR a été établi de manière à couvrir la période de reproduction du Triton crêté mais le manque global de recaptures représente un biais dans l'estimation de certains paramètres comme la survie.

Dans le second volet, les habitats de 16 sites ont été notés pour obtenir différents niveaux de conservation : bon, moyen, assez moyen et mauvais. Les habitats généralement présents dans une zone de moins d'un kilomètre autour de la mare sont des forêts de feuillus, des prairies et des zones cultivées. Cependant les barrières physiques telles que les routes et les cours d'eau rapides ne sont pas favorables aux individus. De même, l'isolation de certains points d'eau représente une menace pour les populations. Cette étude permet d'affiner les connaissances sur le Triton crêté en Alsace et sur le long terme d'adapter les mesures de gestion au Triton crêté et sur les sites en moins bon état de conservation.

**Mots clés :** Amphibiens, Triton crêté, Capture Marquage Recapture, estimation de la taille de population, état de conservation, Alsace.

## Abstract

This study has established the conservation status of the Great Crested Newt populations in Alsace with two main components. The first consisted of the using Capture Recapture method on six locations in Alsace, using Ortmann traps and fish traps. The photoidentification of belly patterns is used as a mark. This method was used to estimate population sizes, demographic parameters, variables which influence these parameters and populations age structure. Populations are mostly young (under 3 years) and females are bigger than males. Population sizes are estimated between 14 and 391 individuals ( $CI = [0-511]$ ). Capture decreases over time and changes depending on the site and temperature influences migration. CMR protocol was established to cover the Crested Newt breeding period of but the overall lack of recaptures represent a bias in the estimation of some parameters such as survival.

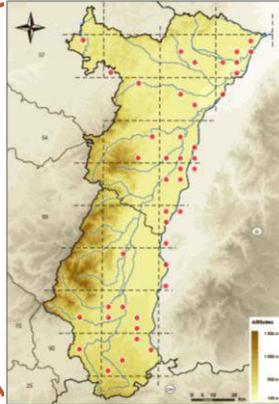
In the second part, the habitats of 16 sites were recorded and ranked by different conservation levels : good, intermediate, middling and bad. Habitats found less than a mile around the pond are generally deciduous forests, meadows and cultivated areas. However physical barriers such as roads and fast streams are not favorable to newts. Similarly, the isolation of some ponds represent a threat to populations. This study helps to refine the Crested Newt knowledge in Alsace and adapt management measures in the long term considering the species and the site conservation status.

**Key words :** Amphibians, Great Crested Newt, Capture Recapture, population size estimation, conservation status, Alsace.

# Le Triton crêté (*Triturus cristatus*) Laurenti 1768



Répartition du triton crêté en France (Carte IUCN)



• Points de présence (Carte BUFO)

Protection	Annexe
Convention de Berne	Annexe II
Directive Habitats	Annexes II et IV
Législation française	Art. 2 arrêté du 19.11.2007
Liste Rouge IUCN Monde	Préoccupation mineure
Liste Rouge IUCN Europe	Préoccupation mineure
Liste Rouge IUCN France	Préoccupation mineure
Liste Rouge Région Alsace	Quasi-menacé

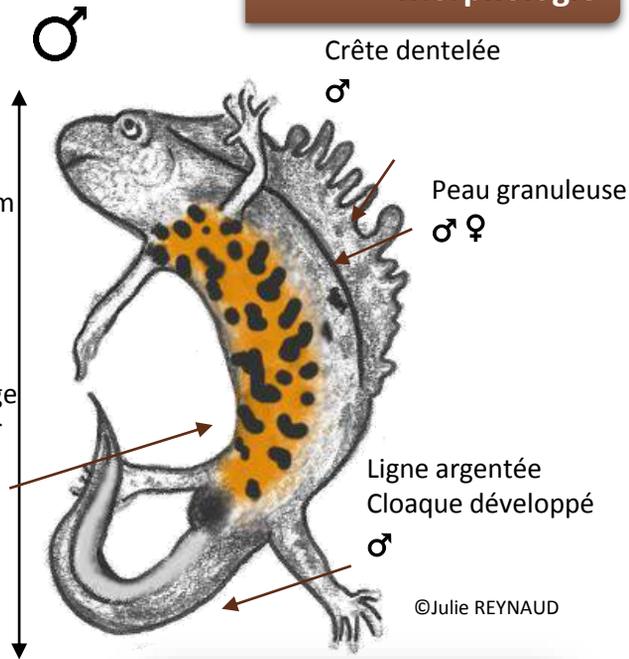
## Informations

**Poids :** 6 à 15 g  
**Longévité :** 7 à 8 ans  
**Habitats :** mares et autres pièces d'eau en milieux ouverts avec nombreux éléments structurant le paysage (haies, lisières...)  
**Maturité sexuelle :** 2 – 3 ans  
**1 ponte / an**  
**Nombre d'œufs :** 200 à 400  
**Alimentation :** invertébrés (insectes, vers, mollusques, têtards...)

Adultes : 13 à 17 cm  
 ♂ ♀

Face ventrale orange et ponctuée de noir  
 ♂ ♀

## Morphologie



©Julie REYNAUD

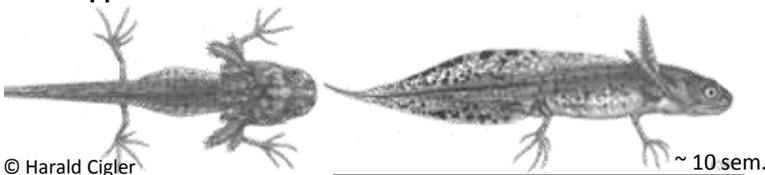
## Phénologie

**Mars** Migration vers sites de ponte

**Mars à Août** Reproduction phase aquatique

**Octobre à Mars** Hivernage phase terrestre

**Développement larvaire :** 8 à 16 semaines **Taille larve :** 45 à 80 cm

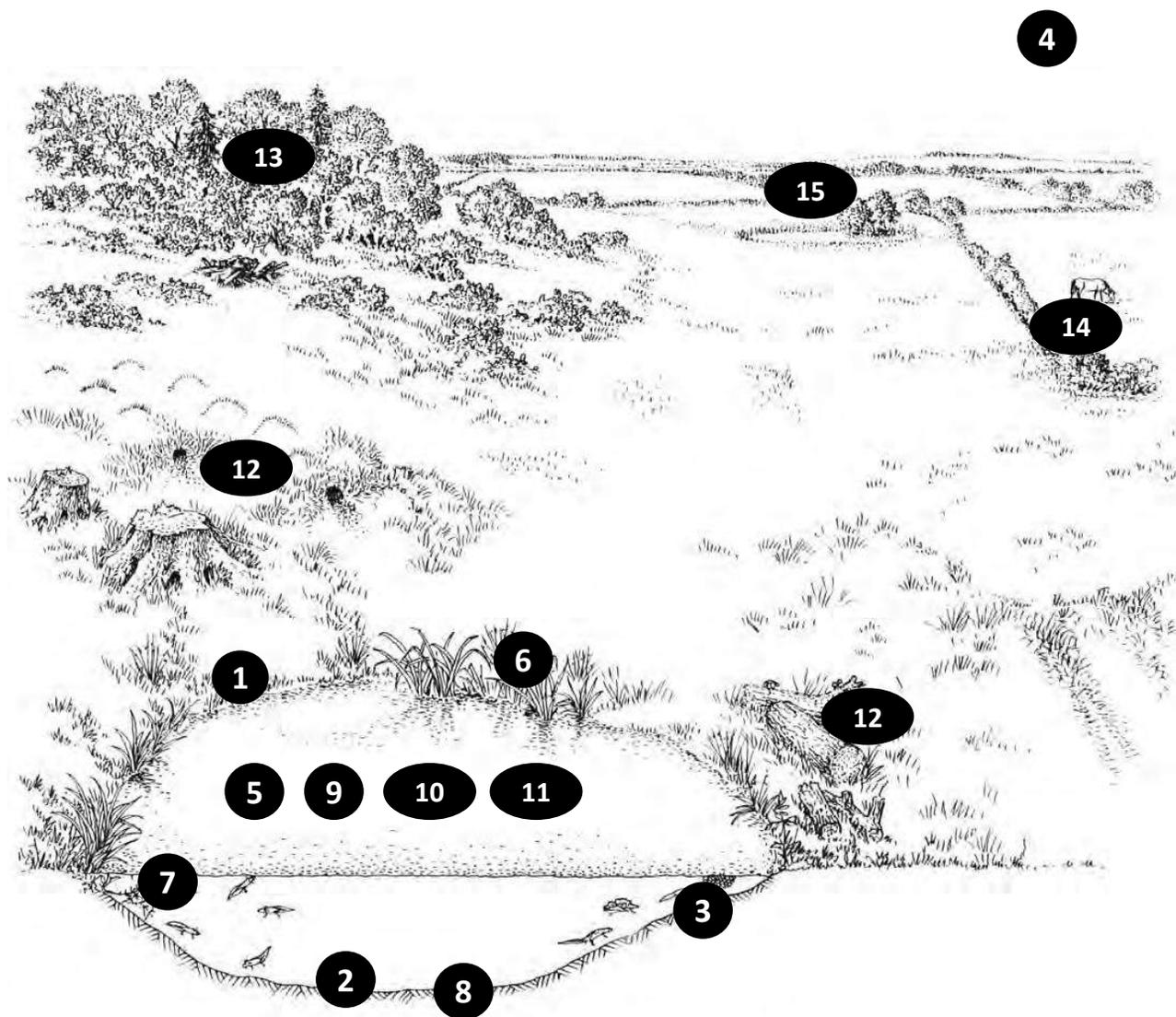


© Harald Cigler

~ 10 sem.

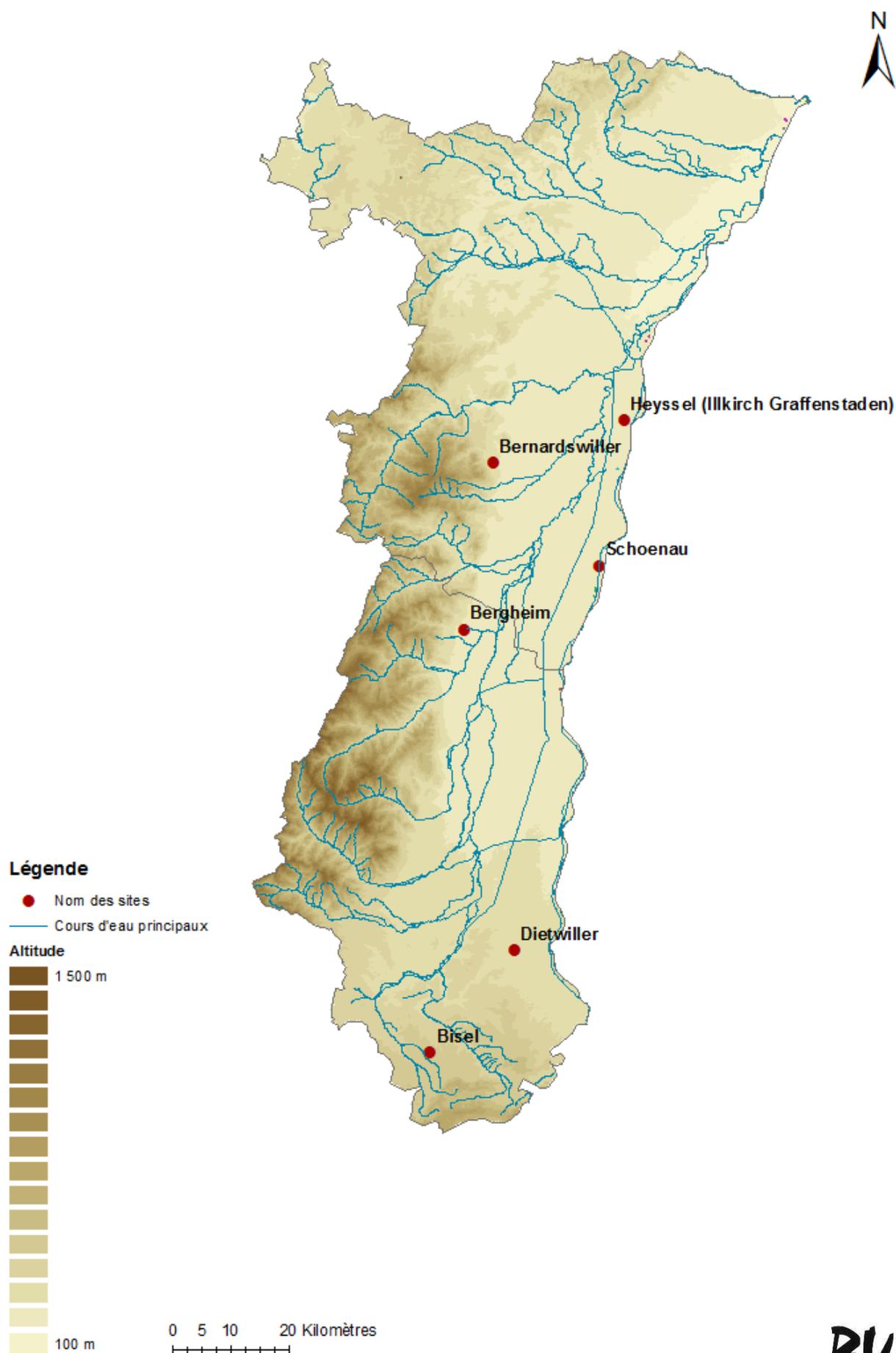


Site de reproduction

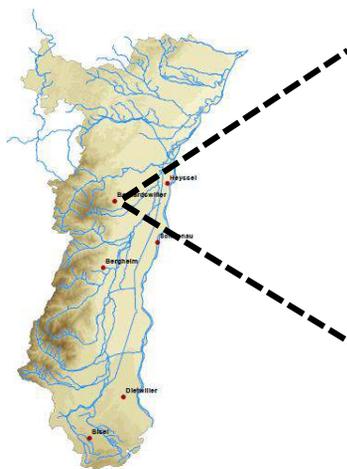


**Topologie d'une mare favorable au Triton crêté**

1. Taille = 50 à 750 m<sup>2</sup> (Maletzky 2007, Langton et al. 2001, English Nature 2001)
2. Profondeur = 0,5 – 1 m (Maletzky 2007, Damm et al. 2007, Griffiths 2010)
3. Pente < 40° (Langton et al. 2001, Rannap 2006, Damm et al. 2007)
4. Ensoleillement > 60% (Cooke 1995, Maletzky 2007)
5. Permanence du point d'eau pendant la reproduction (Langton et al. 2001)
6. Végétalisation des berges (hélophytes) (Rannap 2006)
7. Végétation aquatique (hydrophytes) = recouvrement = 75% (Oldham et al. 2000, Langton et al. 2001, Maletzky 2007, Rannap 2006, Edgar & Bird 2006)
8. Type de substrat de fond = argileux (Damm et al. 2007, Rannap 2006, Edgar & Bird 2006)
9. pH eau = neutre à alcalin (Langton et al. 2001, Oldham 2000)
10. Absence de poissons (Baker 1999, English Nature 2001, Maletzky 2007, Oldham 2000, Edgar & Bird 2006)
11. Transparence de l'eau (Rannap 2006, Damm 2007,)
12. Présence de refuges autour de la mare (bois mort, souches...) (English Nature 2001)
13. Présence de forêt à moins de 50 m (Rannap 2006)
14. Présence de bosquets, haies (Damm et al. 2007)
15. Présence d'un réseau de mare dans un rayon de 1 km (Oldham 2000, Joly 2001, Malmgren 2002)



## Bernardswiller



Dép. 67

Altitude 230 m

Longitude 7.44677

Latitude 48.444244

Gestion CSA

Taille 20 m<sup>2</sup>

3 Ortmann

Pièges 3 Nasses à poissons

N capturés 10

Type mare Mare lisière forêt

Prof. 0,5 – 1 m

Pente 20°

Ensoleill. 45%

Hélophytes 25%

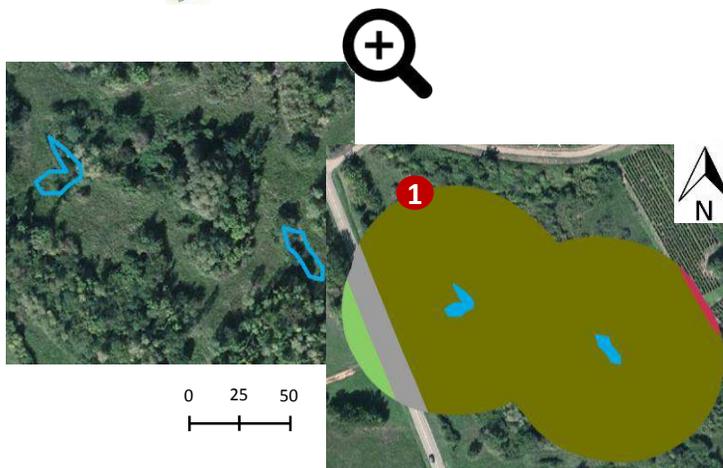
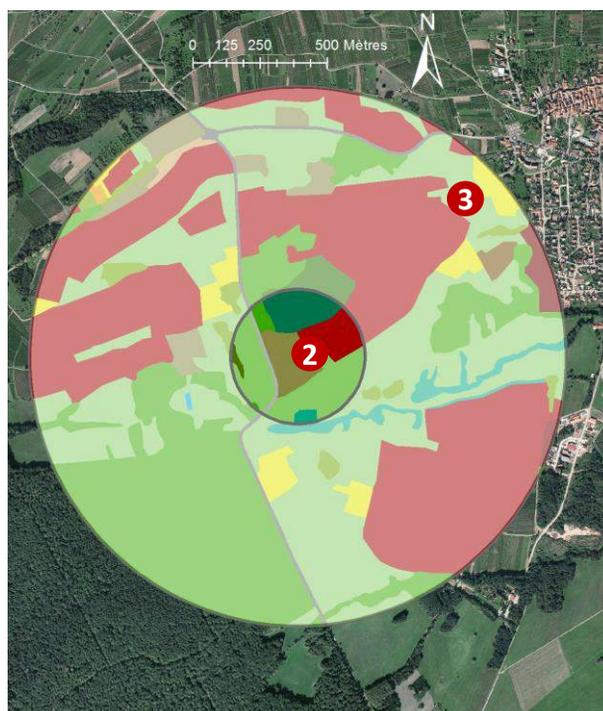
Hydrophytes 25%

Type fond Terre

Transp. Assez claire

## Date de pose des pièges

30/03 – 31/03	16/04-17/04
2/04-3/04	20/04-21/04
6/04-7/04	23/04-24/04
9/04-10/04	27/04-28/04
13/04-14/04	30/04-1/05

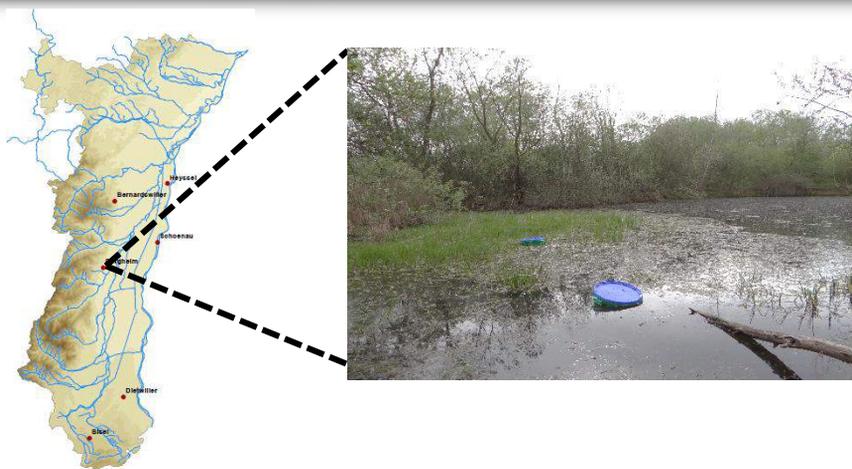
**1** Zone tampon 50 m**2** Zone tampon 250 m

- Vignes
- Prairies
- Forêts de feuillus
- Forêts de résineux
- Fourrés, fructifères et ligneux
- Bosquets et haies
- Vergers traditionnels
- Ripisylves
- Emprise réseau routier

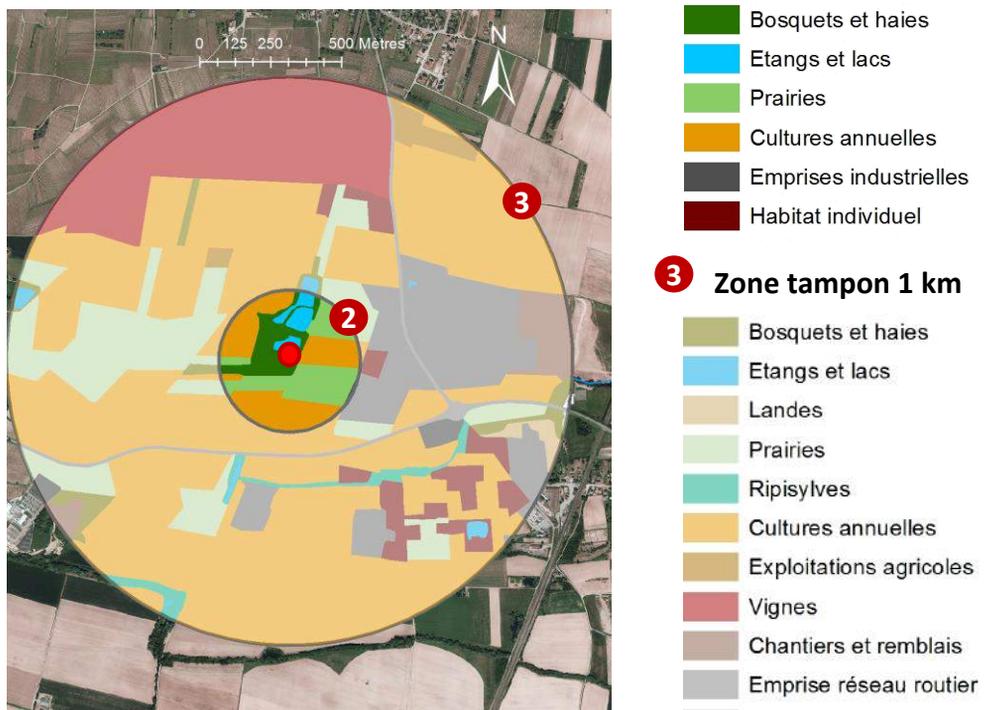
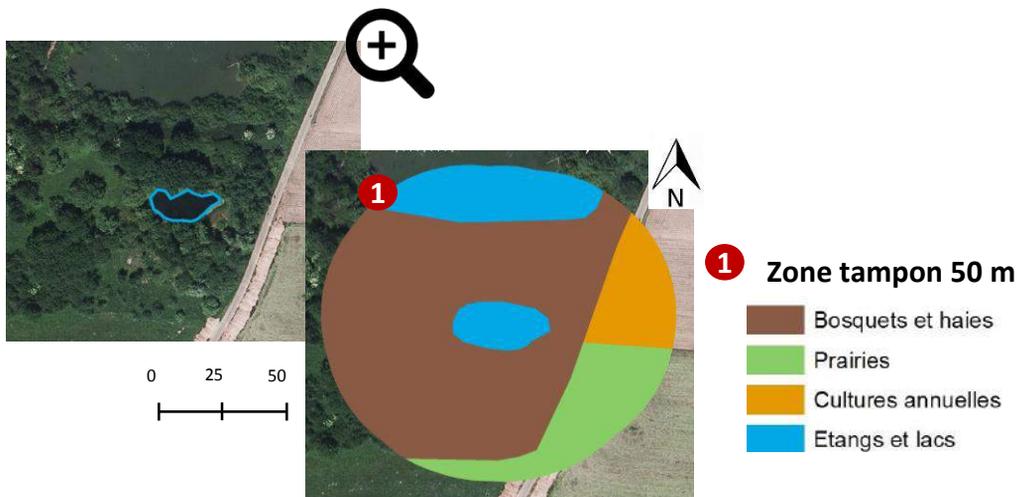
**3** Zone tampon 1 km

- Vignes
- Prairies
- Forêts de feuillus
- Forêts de résineux
- Fourrés, fructifères et ligneux
- Bosquets et haies
- Vergers traditionnels
- Cultures annuelles
- Etangs et lacs

# Bergheim



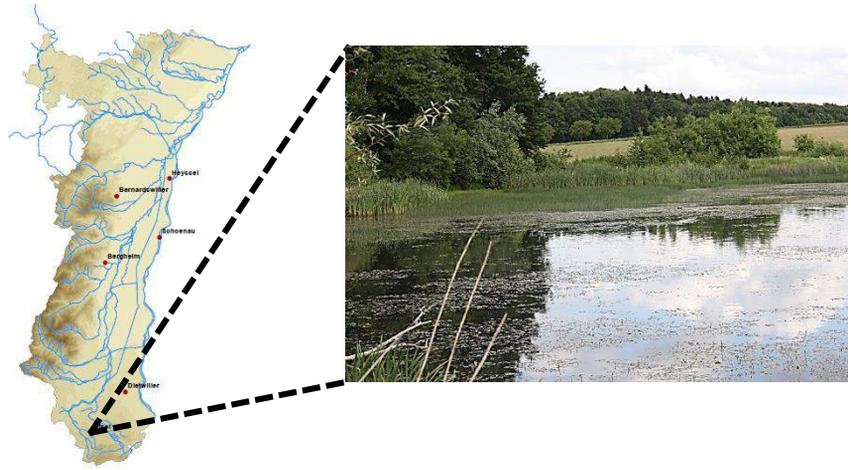
Dép.	67
Altitude	191
Longitude	7.214395
Latitude	48.113020
Gestion	CSA
Taille	300 m <sup>2</sup>
Pièges	3 Ortmann
N capturés	48
Type mare	Mare lisière forêt
Prof.	1 – 1,5 m
Pente	< 20°
Ensoleill.	70
Hélophytes	80
Hydrophytes	25
Type fond	terre
Transp.	Assez claire



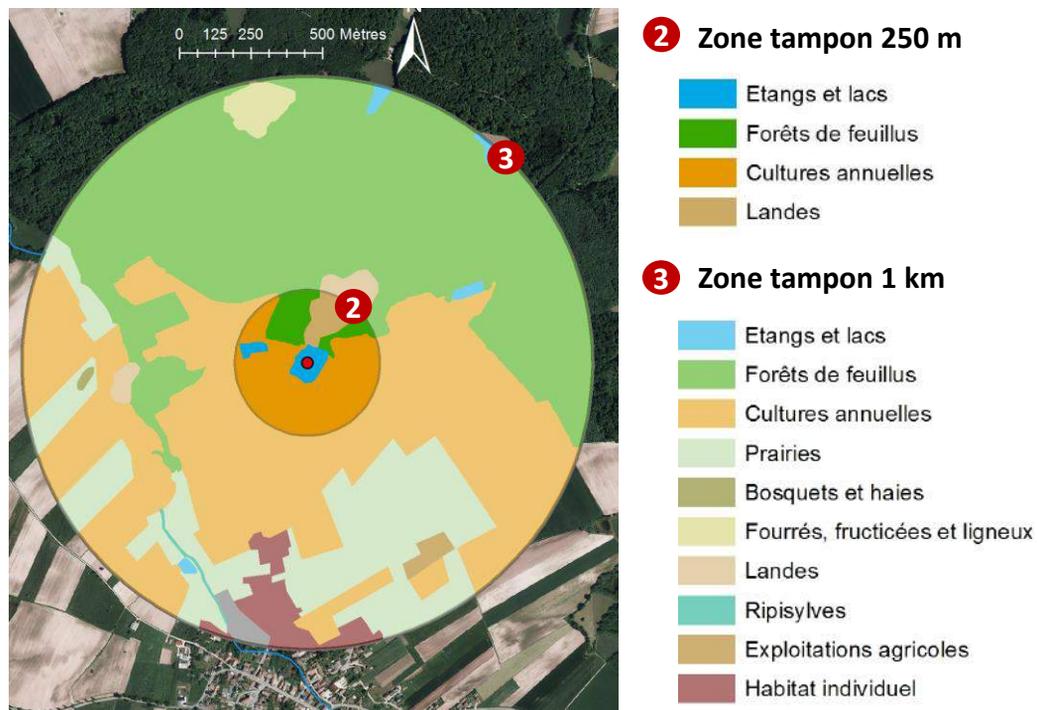
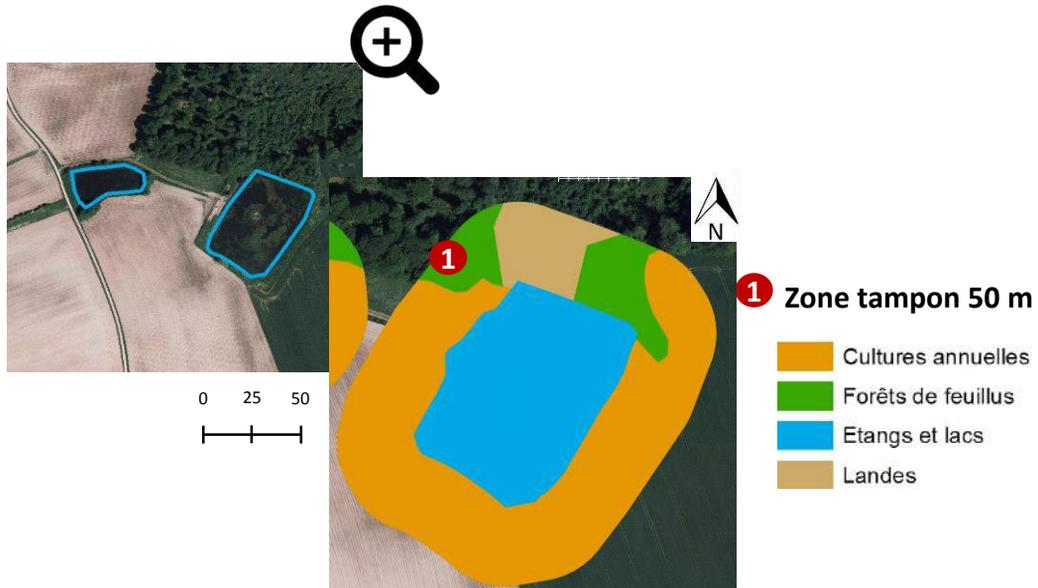
## Date de pose des pièges

8/04	22/05
9/04	23/05
10/04	24/05
20/05	25/05
21/05	26/05

# Bisel



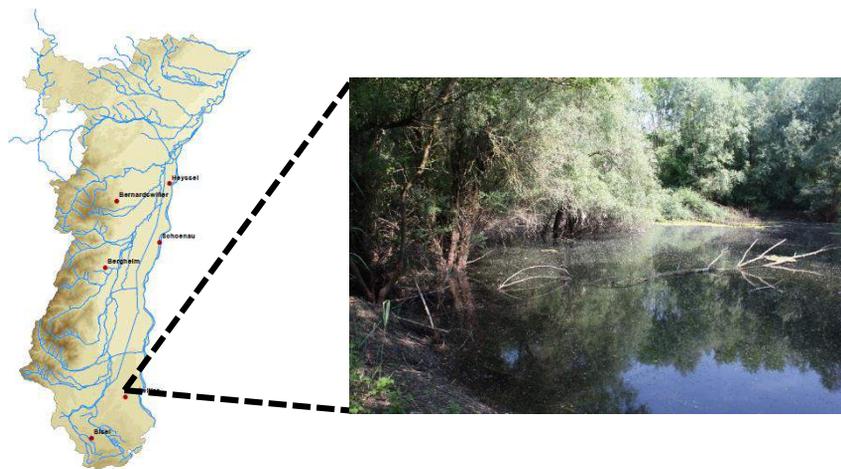
Dép.	68
Altitude	410 m
Longitude	7.217691
Latitude	47.546152
Gestion	CG68
Taille	13 000 m <sup>2</sup>
Pièges	6 Ortmann 3 Nasses à poissons
N capturés	4
Type mare	Mare lisière forêt
Prof.	> 2 m
Pente	40°
Ensoleill.	100%
Hélophytes	80%
Hydrophytes	30%
Type fond	argile
Transp.	claire



## Date de pose des pièges

5/05-6/05	22/05-23/05
8/05-9/05	26/05-27/05
12/05-13/05	29/05-30/05
15/05-16/05	05/06 - 08/06
19/05-20/05	

## Dietwiller



Dép.	68
Altitude	244 m
Longitude	7.261024
Latitude	47.4154
Gestion	Commune
Taille	400

Pièges 3 Ortmann

N capturés 18

Type mare Mare lisière forêt

Prof. 1,5 – 2 m

Pente 40°

Ensoleill. 40%

Hélophytes 50%

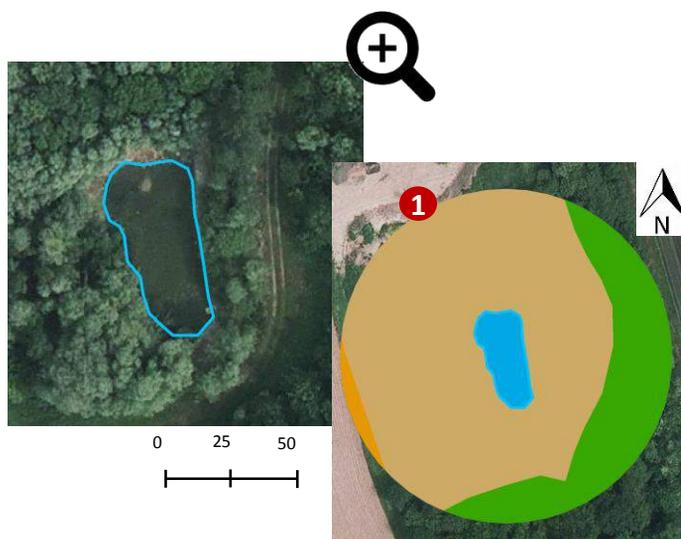
Hydrophytes 25%

Type fond Terre

Transp. Assez claire

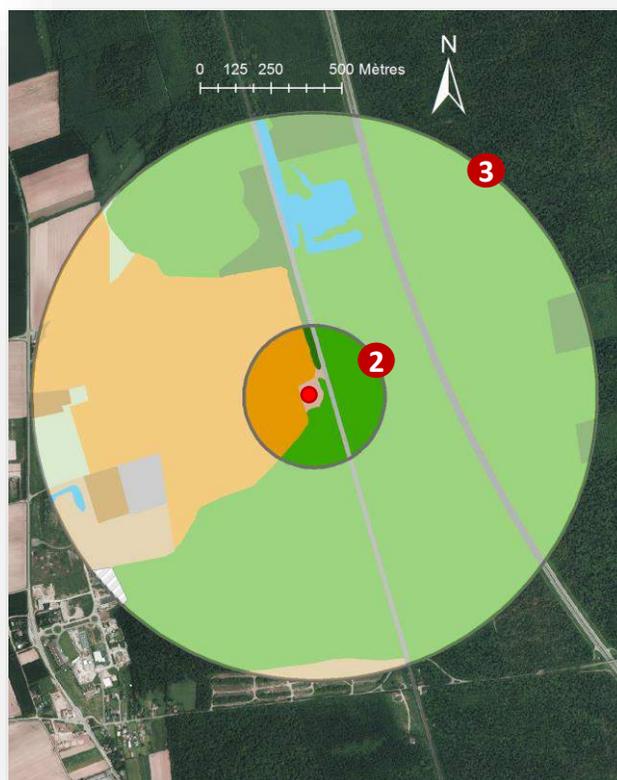
Date de pose des pièges

27/05	01/05
28/05	02/05
29/05	03/05
30/05	04/05
31/05	05/05



## 1 Zone tampon 50 m

- Landes
- Cultures annuelles
- Forêts de feuillus



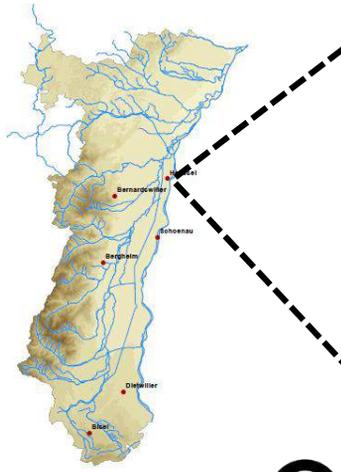
## 2 Zone tampon 250 m

- Forêts de feuillus
- Cultures annuelles
- Forêts de résineux
- Landes
- Emprise réseau ferré

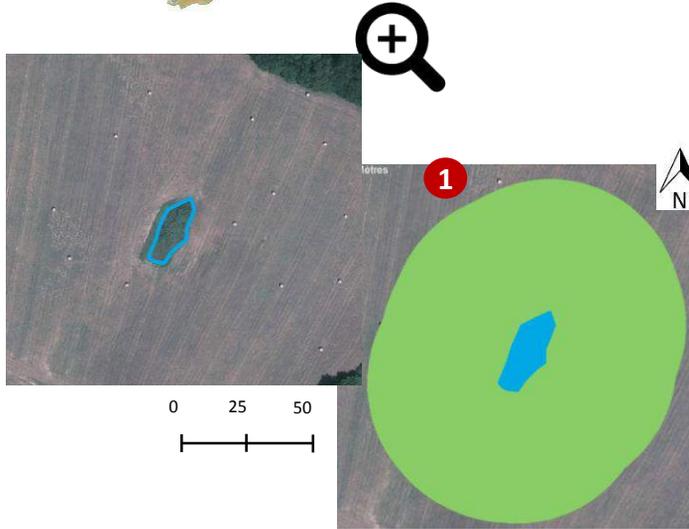
## 3 Zone tampon 1 km

- Forêts de feuillus
- Cultures annuelles
- Forêts de résineux
- Etangs et lacs
- Landes
- Exploitations agricoles
- Prairies
- Chantiers et remblais
- Emprise réseau ferré
- Emprise réseau routier

# Heyssel (Illkirch Graffenstaden)

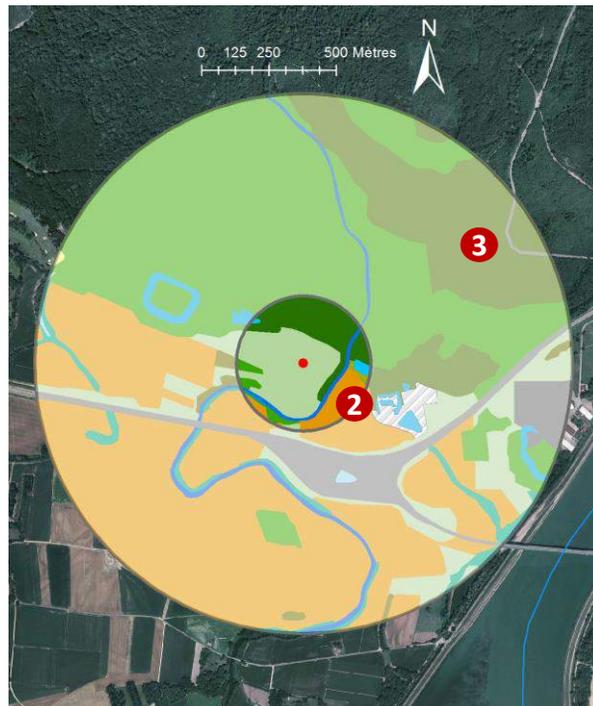


Dép.	67
Altitude	142 m
Longitude	7.757125
Latitude	48.498155
Gestion	CSA
Taille	100
Pièges	3 Ortmann 3 Nasses à poissons
N capturés	26
Type mare	Mare prairiale
Prof.	0,5 – 1 m
Pente	< 20°
Ensoleill.	100%
Hélophytes	100%
Hydrophytes	80%
Type fond	terre
Transp.	claire



## 1 Zone tampon 50 m

Prairies



## 2 Zone tampon 250 m

Prairies  
 Forêts de feuillus  
 Bosquets et haies  
 Cours d'eau principaux  
 Cultures annuelles  
 Etangs et lacs  
 Fourrés, fructifères et ligneux  
 Ripisylves

## 3 Zone tampon 1 km

Forêts de feuillus  
 Fourrés, fructifères et ligneux  
 Cultures annuelles  
 Bassins artificiels  
 Bosquets et haies  
 Prairies  
 Etangs et lacs  
 Cours d'eau principaux  
 Ripisylves  
 Golfs  
 Emprise réseau routier

### Date de pose des pièges

17/06	22/06
18/06	23/06
19/06	24/06
20/06	27/06
21/06	28/06

# Schoenau



Dép. 67

Altitude 167 m

Longitude 7.3953

Latitude 48.1415

Gestion ONCFS

Taille 350 m<sup>2</sup>

3 Ortmann

Pièges 3 Nasses à poissons

N capturés 116

Type mare Mare  
Lisière  
Forêt

Prof. 1 – 1,5 m

Pente > 20°

Ensoleill. 100%

Hélophytes 100 %

Hydrophytes 50%

Type fond terre

Transp. claire

Date de pose des pièges

7/04-8/04

10/04-11/04

14/04-15/04

17/04-18/04

21/04-22/04

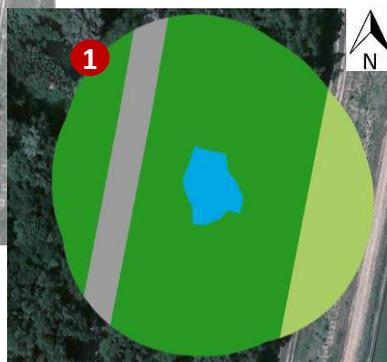
24/04-25/04

28/04-29/04

1/05 – 2/05



0 25 50



## 1 Zone tampon 50 m

- Emprise réseau routier
- Etangs et lacs
- Forêts de feuillus
- Prairies



## 2 Zone tampon 250 m

- Forêts de feuillus
- Prairies
- Etangs et lacs
- Canaux principaux
- Cours d'eau principaux
- Emprise réseau routier

## 3 Zone tampon 1 km

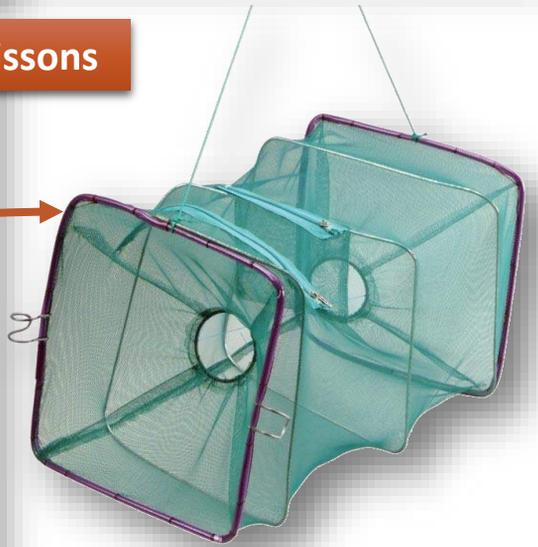
- Forêts de feuillus
- Prairies
- Etangs et lacs
- Canaux principaux
- Cours d'eau principaux
- Fourrés, fructifères et ligneux
- Landes
- Cultures annuelles
- Ripisylves
- Bassins artificiels
- Tourbières et marais
- Autres espaces urbains spécial
- Emprise réseau routier
- Equipements sportifs



Nasse Ortmann



Nasse à poissons





### 5) Photographie



### 6) Pesée



### 7) Mesure





- 2 → Numéro du site (Schœnau)
- 1 → Mâle
- 2804 → Date de capture 28 Avril
- 16 → Seizième individu capturé lors de cette session

Code individuel : 21280416



1. Recadrage
2. Saturation (+) (Accentuation des niveaux d'orange)
3. Accentuation des niveaux de noirs
4. Filtre anti-poussière
5. Retouche manuelle (si nécessaire)
6. Sélection du haut du ventre
7. Application du filtre « niveaux de gris »
8. Traçage de la marque caractéristique en rouge

2



3



Tâche remarquable permettant la reconnaissance

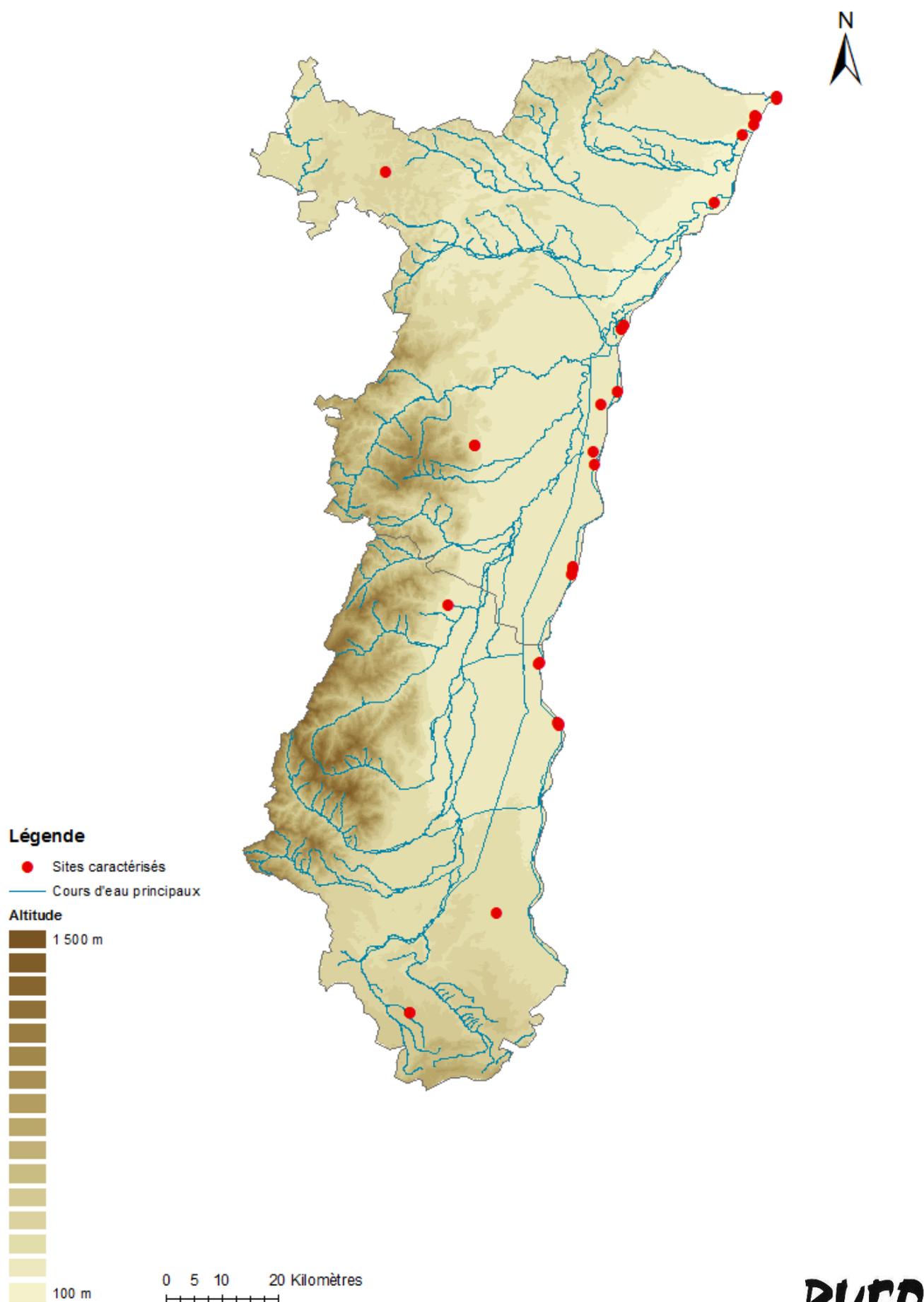


Tableau a) Résultats des captures et recaptures des Femelles (F) et des Mâles (M) en fonction des sessions sur le site de Bernardswiller.

Bernardswiller					N=10
Session	Date	Nb F capturées	Nb F recapturées	Nb M capturés	Nb M recapturés
1	30/03/2014	2	0	1	0
2	03/04/2014	1	0	0	0
3	07/04/2014	1	1	1	1
4	10/04/2014	1	0	0	0
5	14/04/2014	2	1	0	0
6	17/04/2014	1	0	1	0
7	21/04/2014	0	0	0	0
8	24/04/2014	1	0	1	0
9	28/04/2014	1	1	0	0
10	01/04/2014	0	0	0	0
Total		7	3	3	1

Tableau b) Résultats des captures et recaptures des Femelles (F) et des Mâles (M) en fonction des sessions sur le site de Bergheim.

Bergheim					i = 44
Session	Date	Nb F capturées	Nb F recapturées	Nb M capturés	Nb M recapturés
1	08/04/2014	7	0	8	0
2	09/04/2014	3	0	1	0
3	10/04/2014	8	0	5	0
4	20/05/2014	1	1	0	0
5	21/05/2014	1	0	0	0
6	22/05/2014	4	0	0	0
7	23/05/2014	2	0	1	0
8	24/05/2014	1	2	0	0
9	25/05/2014	2	0	1	0
10	26/05/2014	5	2	0	1
Total		29	5	15	1

Tableau c) Résultats des captures et recaptures des Femelles (F) et des Mâles (M) en fonction des sessions sur le site de Bisel.

Bisel					N = 4
Session	Date	Nb capturées	Nb recapturées	Nb M capturés	Nb M recapturés
1	06/05/2014	0	0	1	0
2	09/05/2014	3	0	0	0
3	13/05/2014	0	0	0	0
4	16/05/2014	0	0	0	0
5	18/05/2014	0	0	0	0
6	20/05/2014	0	0	0	0
7	23/05/2014	0	0	0	0
8	25/05/2014	0	0	0	0
9	27/05/2014	0	0	0	0
10	30/05/2014	0	0	0	0
Total		3	0	1	0

Tableau d) Résultats des captures et recaptures des Femelles (F) et des Juvéniles (J) en fonction des sessions sur le site de Dietwiller.

Dietwiller					N = 18
Session	Date	Nb F capturées	Nb F recapturées	Nb J capturés	Nb J recapturés
1	27/05/2014	1	0	0	0
2	28/05/2014	1	0	5	0
3	29/05/2014	0	0	4	0
4	30/05/2014	0	0	2	0
5	31/05/2014	0	0	1	1
6	02/06/2014	1	1	1	0
7	03/06/2014	0	0	1	0
8	04/06/2014	0	0	1	1
9	05/06/2014	1	0	1	0
10	06/06/2014	1	0	0	0
Total		4	1	14	2

Tableau e) Résultats des captures et recaptures des Femelles (F) et des Mâles (M) en fonction des sessions sur le site de Heyssel (Illkirch).

Heyssel					i = 27
Session	Date	Nb F capturées	Nb F recapturées	Nb M capturés	Nb M recapturés
1	17/06/2014	1	0	2	0
2	18/06/2014	1	0	0	0
3	19/06/2014	0	0	0	0
4	20/06/2014	3	0	1	0
5	21/06/2014	1	0	3	0
6	22/06/2014	2	0	1	0
7	23/06/2014	5	0	1	0
8	24/06/2014	3	2	0	0
9	27/06/2014	2	0	1	0
10	28/06/2014	0	0	2	0
Total		16	2	11	0

Tableau f) Résultats des captures et recaptures des Femelles (F) et des Mâles (M) en fonction des sessions sur le site de Schœnau.

Schœnau					N = 116
Session	Date	Nb F capturées	Nb F recapturées	Nb M capturés	Nb M recapturés
1	04/04/2014	2	0	5	0
2	08/04/2014	4	0	14	0
3	11/04/2014	14	1	9	0
4	15/04/2014	6	0	13	0
5	18/04/2014	2	0	3	0
6	22/04/2014	4	0	19	1
7	25/04/2014	1	0	14	4
8	29/04/2014	3	0	6	3
9	02/05/2014	4	2	4	4
10	05/05/2014	5	1	2	2
Total		41	4	75	14

Bernardswiller				
Code	Sexe	Longueur	Poids	Histoire
1130031	1	62	14	10100
1030032	0	65	10	10010
1030033	0	64	16	10101
1010041	0	58	17	10100
1003041	0	68	16	10000
1014041	0	66	16	10000
1117041	1	51	14	00100
1017041	0	55	14	00100
1024041	0	65	19	00001
1024042	0	54	13	00001

Dietwiller				
Code	Sexe	Longueur	Poids	Histoire
50050601	0	54	9.8	00001
52050601	2	50	8.4	00001
52280501	2	50	8	10000
52280502	2	46	5.5	10000
52280503	2	52	6.5	10000
52280505	2	55	6	10000
50280501	0	68	12.5	10000
52290501	2	30	4	10000
50270501	0	50	10	10100
52290503	2	28	4	10000
52290504	2	35	4	10000
52300501	2	36	5	01000
52280504	2	52	7.5	10100
52300502	2	33	4	01000
52290502	2	35	5	10010
52020601	2	40	6	00100
52030601	2	40	5.5	00010
50060601	0	53	9.8	00001

Bergheim				
Code	Sexe	Longueur	Poids	Histoire
31080402	1	NA	NA	10000
31080403	1	NA	NA	10000
31080404	1	NA	NA	10000
31080406	1	NA	NA	10000
31080407	1	NA	NA	10000
31080408	1	NA	NA	10000
31080401	1	NA	NA	10001
30080401	0	NA	NA	10000
30080402	0	NA	NA	10000
30080403	0	NA	NA	10000
31080405	1	NA	NA	10010
30250501	0	31	6	00001
31250501	1	47	11	00001
31100401	1	NA	NA	10001
30080404	0	NA	NA	10000
30080405	0	NA	NA	10000
30080406	0	NA	NA	10000
30080407	0	NA	NA	10000
31090401	1	NA	NA	10000
30090401	0	NA	NA	10000
30090402	0	NA	NA	10000
30090403	0	NA	NA	10000
30220503	0	39	8	00101
31100401	1	NA	NA	10000
31100401	1	NA	NA	10000
31100401	1	NA	NA	10000
31100401	1	NA	NA	10000
30100401	0	NA	NA	10000
30250502	0	35	7	00011
30100402	0	NA	NA	10000
30100403	0	NA	NA	10000
30100404	0	NA	NA	10000
30100405	0	NA	NA	10000
30100406	0	NA	NA	10000
30220504	0	35	7	00100
30230501	0	55	15	00010
31230501	1	50	11	00010
30230502	0	58	12	00010
30240501	0	50	10	00001
30260501	0	50	13	00001
30260502	0	51	11	00001
30260503	0	53	12	00001
30260504	0	51	12	00001
30260505	0	49	12	00001

Heysse (Illkirch Graffenstaden)				
Code	Sexe	Longueur	Poids	Histoire
60270601	0	46	11	00001
61270601	1	39	9	00001
60270602	0	47	11	00001
61170601	1	43	9	10000
61170602	1	55	10	10000
60170601	0	50	8.5	10000
60180601	0	47	10	10000
61200601	1	45	7	01000
60200601	0	52	11	01000
60200603	0	51	11	01000
61210601	1	40	8	01000
61210602	1	49	11	00100
61210603	1	36	8	00100
60210601	0	35	6	00100
60220601	0	37	7	00100
61220601	1	48	10	00100
60200602	0	47	9	01010
61230601	1	50	10.5	00010
60230601	0	43	10	00010
60230602	0	37	7.5	00010
60230603	0	53	11	00010
60230604	0	48	9	00010
60220602	0	50	9	00101
60230605	0	47	8.5	00010
60240601	0	57	12	00001
61280601	1	49	9	00001
61280602	1	51	10	00001

Schœnau														
Code	Sexe	Longueur	Poids	Histoire	Code	Sexe	Longueur	Poids	Histoire	Code	Sexe	Longueur	Poids	Histoire
20080401	0	18	3.5	10000	21150404	1	43	8.5	00100	20180401	0	47	9	00010
21080402	1	32	6	10000	21150405	1	43	8.5	00100	20180402	0	47	9	00010
21080403	1	36	6.5	10000	21150406	1	44	8.5	01010	20180403	0	47	9	01001
21080404	1	36	7	10010	21150407	1	44	8.5	00100	20180404	0	47	9	00010
21080405	1	37	7	10000	21150408	1	44	8.5	00100	20180405	0	47	9	00010
21080406	1	37	7	10000	21150409	1	44	8.5	00100	21220401	1	48	9	00001
20080407	0	37	7	10000	20150401	0	44	8.5	00100	21220402	1	48	9.5	00001
21110401	1	38	7	10010	20150401	0	44	8.5	00100	21220403	1	48	9.5	00001
21110402	1	38	7	10001	20150401	0	45	9	00100	20220401	0	48	9.5	00001
21110403	1	40	7	01000	20150401	0	45	9	00100	20220402	0	48	10	00001
21110404	1	41	7.5	01000	20150401	0	45	9	00100	20280401	0	48	10	00100
21110405	1	41	7.5	01000	20150401	0	45	9	00100	20280402	0	48	10	00100
21110406	1	41	7.5	10100	20150401	0	45	9	00100	20280403	0	48	10	00100
21110407	1	41	8	01000	20150401	0	45	9	00100	20280404	0	48	10	00100
21110408	1	41	8	01000	20150401	0	45	9	00100	21280401	1	48	10	00100
21110409	1	41	8	10001	20150401	0	45	9	00100	21280402	1	48	10	00100
21110410	1	41	8	01000	20150401	0	45	9	00100	21280403	1	48	10	00101
21110411	1	42	8	01000	20150401	0	45	9	00100	21280404	1	48	10	00100
21110412	1	42	8	01000	20150401	0	45	9	00100	21280405	1	48	10	00100
21110413	1	42	8	01000	20150401	0	45	9	00100	21280406	1	49	10	00100
21110414	1	42	8	01000	20150401	0	45	9	00100	21280407	1	49	10	00100
20110401	0	43	8	01000	20150401	0	45	9	01001	21280408	1	49	10	00100
20110402	0	43	8	01000	20150401	0	45	9	00100	21280409	1	49	10	00110
20110403	0	43	8	01000	20150401	0	45	9	00100	21280410	1	49	10	00100
22110401	2	43	8	01000	21180401	1	45	9	00010	21280411	1	50	10	00100
21150401	1	43	8	00100	21180402	1	46	9	00010	21280412	1	50	10	00110
21150402	1	43	8	10001	21180403	1	46	9	00010	21280413	1	50	10	00100
21150403	1	43	8.5	01011	21180404	1	46	9	00010	21280414	1	50	10	00110
					21180405	1	46	9	00010	21280415	1	50	10	00100
					21180406	1	46	9	00010	21280416	1	50	10	00100
					21180407	1	46	9	00010	21280417	1	50	10	00100
					21180408	1	46	9	00010	21280418	1	51	10.5	00100
					21180409	1	46	9	00010	20290401	0	51	11	00010
					21180410	1	46	9	00010	21290401	1	51	11	00010
					21180411	1	46	9	00010	21290402	1	51	11	00010
					21180412	1	47	9	00010	21290403	1	52	11	00010
					21180413	1	47	9	00010	21290404	1	52	11	00010
										21290405	1	52	11	00010
										21290406	1	52	11	00010
										21290407	1	52	11	00010
										21290408	1	52	11	00101
										21290409	1	52	11	00010
										21290410	1	53	11	00010
										21020501	1	54	11	00001
										21020502	1	55	11.5	00001
										21020503	1	55	12	00001
										20020501	0	56	12	00001
										20020502	0	57	12	00001
										20020503	0	58	12	00001
										20020504	0	58	12	00010
										20020505	0	60	12.5	00010
										20020506	0	60	13	00001
										20020507	0	64	13	00001
										20020508	0	66	13	00001
										20020509	0	70	13.5	00001

Bergheim					
par	nom	estimate	se	lcl	ucl
1	Phi	0,043365558	0,032223568	0,009793807	0,1720242
2	Phi	0,999999991	1,19E-08	0,999999991	1
3	Phi	1	0	1	1
4	Phi	1	0	1	1
5	p	0,052637208	0,071521841	0,003330267	0,4802227
6	p	0,083277087	0,074388187	0,01327598	0,3801694
7	p	0,131984542	0,074308446	0,040902992	0,3515437
8	p	0,20641243	0,085277018	0,085720995	0,4191321
9	p	0,311304046	0,131050705	0,120036877	0,5996533
10	pent	0,000201774	0,002133294	2,01E-13	0,9999951
11	pent	0,000859484	0,006579118	2,59E-10	0,9996501
12	pent	0,003661091	0,018281197	1,99E-07	0,9854638
13	pent	0,015594926	0,051246773	2,28E-05	0,9166451
14	N	623,5823395	571,1919456	103,5632979	3754,7542

Estimation des paramètres démographiques : par = nombre de paramètres, Phi = survie, p = taux de capture, pent = probabilité d'entrée (migrations), estimate = valeur du paramètre, se = erreur standard, lcl = intervalle inférieur, ucl = intervalle supérieur.

Remarque : En rouge, les paramètres ne sont pas calculables et les valeurs aberrantes.

Bernardswiller					
par	nom	estimate	se	lcl	ucl
1	Phi	0,999999	0,00008	0,00000	1,00000
2	Phi	0,999999	0,00003	0,00000	1,00000
3	Phi	0,999999	0,00000	1,00000	1,00000
4	Phi	0,999999	0,00000	1,00000	1,00000
5	p	0,331802	0,19440	0,08177	0,73468
6	p	0,2769064	0,13013	0,09677	0,57785
7	p	0,2280049	0,08920	0,09860	0,44366
8	p	0,1856149	0,07891	0,07573	0,38802
9	p	0,1496971	0,08724	0,04393	0,40285
10	pent	0,0206608	0,13518	0,00000	0,99990
11	pent	0,0206608	0,13518	0,00000	0,99990
12	pent	0,0206608	0,13518	0,00000	0,99990
13	pent	0,0491275	0,19330	0,00002	0,99422
14	N	4,0916557	5,90623	0,24166	69,27746

Heyssel (Illkirch Graffenstaden)					
par	nom	estimate	se	lcl	ucl
1	Phi	8,71E+05	8,55E-09	7,64E-09	4,58E-08
2	Phi	0,905908554	0,725775687	5,44E-07	1
3	Phi	1	1,41E-10	1	1
4	Phi	1	0	1	1
5	p	0,166365944	0,158512177	0,020801221	0,6521523
6	p	0,126070983	0,111733605	0,019382593	0,5128719
7	p	0,095061375	0,07829962	0,017339066	0,3847614
8	p	0,071911044	0,056718163	0,014437935	0,2906885
9	p	0,05505461	0,045381799	0,010430467	0,2435961
10	pent	0,264139601	0,169527804	0,060995109	0,6648318
11	pent	0,191742297	0,1712691	0,026474732	0,6742072
12	pent	0,180570178	0,095384074	0,058636996	0,4380658
13	pent	0,178846133	0,084130586	0,066175822	0,4009769
14	N	132,0691146	114,4842908	24,15105344	722,21501

Dietwiller					
par	nom	estimate	se	lcl	ucl
1	Phi	0,5182478	0,319222567	0,080692651	0,929499112
2	Phi	0,9999999	0,000180191	0	1
3	Phi	1	1,79E-15	1	1
4	Phi	1	0	1	1
5	p	0,2432673	0,178939458	0,045651432	0,683584811
6	p	0,1693844	0,108574463	0,043003386	0,480641589
7	p	0,1158737	0,07502648	0,030252204	0,355092076
8	p	0,0792404	0,061726208	0,016129157	0,311190569
9	p	0,0546394	0,054569571	0,007236139	0,314273236
10	pent	0,0291451	0,076099262	0,000154202	0,853873036
11	pent	0,0302207	0,076442135	0,000187659	0,838025523
12	pent	0,0455296	0,104723641	0,000423727	0,842958763
13	pent	0,2634154	0,367786575	0,00863316	0,936248649
14	N	60,135255	90,22995422	3,176462004	1138,451848

Schoenau					
par	nom	estimate	se	lcl	ucl
1	Phi	0,995755	0,011931989	0,481293925	0,9999831
2	Phi	0,969717679	0,056317987	0,427401561	0,9992726
3	Phi	0,813438107	0,160641892	0,353837562	0,972002
4	Phi	0,370765738	0,112091975	0,186846991	0,6017501
5	p	0,034824898	0,016078841	0,01393177	0,08437
6	p	0,055754227	0,016601498	0,030843626	0,0987341
7	p	0,088327474	0,021163216	0,054715758	0,1395388
8	p	0,137422719	0,041233032	0,074562315	0,2395597
9	p	0,207801302	0,081589173	0,090328525	0,4093073
10	pent	0,059178638	0,20692245	4,32E-05	0,9892073
11	pent	0,009789783	0,059745669	5,61E-08	0,9994264
12	pent	0,001619502	0,016712381	2,58E-12	0,999999
13	pent	0,000267912	0,003973439	6,32E-17	1
14	N	275,0543559	87,03179826	147,9395301	511,39087

Site	taille	prof	pent	%ensol	tempo	%Helo	%Hydro	fond	poiss	ois	transp	access	hum	foret	cult	mare	corri	route	c_eau	diver	reseau	TVB	Tot	mare	ZT50	ZT250	ZT1	
Baltz	1	1	3	3	3	2	3	3	3	3	2	1	2	1	3	3	3	2	0	0	0	3	3	45	28	6	5	6
Schoe1	2	2	3	2	3	3	3	3	3	3	2	2	3	1	3	1	1	2	2	1	1	1	3	48	30	7	7	4
Schoe2	2	1	1	3	2	2	3	3	3	3	2	2	3	1	3	1	1	2	2	1	1	1	3	45	27	7	7	4
Gerst	3	1	1	3	3	3	1	3	3	3	0	2	1	1	3	0	2	2	0	2	2	1	1	39	26	5	6	2
Rob1	2	3	3	1	1	3	3	3	3	3	2	2	3	1	3	1	3	3	3	3	1	3	53	29	7	11	6	
Rob2	2	3	3	1	1	3	3	3	3	3	2	2	3	1	3	1	3	3	3	3	1	3	53	29	7	11	6	
Ror	3	1	3	2	3	3	1	3	3	3	2	2	3	1	3	2	2	3	3	1	1	1	47	29	7	9	2	
Hey	3	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3	2	3	1	3	2	2	3	1	3	1	3	55	33	7	11	4	
Erst	3	3	3	3	2	3	2	3	3	3	0	2	3	1	3	1	3	3	1	1	1	3	52	30	7	9	6	
Berg	3	3	3	3	2	3	1	3	3	3	2	2	2	3	1	3	2	3	3	2	1	3	53	31	6	13	4	
Bisel1	3	2	3	3	2	3	1	3	1	0	2	2	3	3	0	2	2	3	3	2	1	3	47	25	6	12	4	
Bisel2	1	2	3	3	2	3	1	3	1	0	2	2	3	3	0	2	2	3	3	2	2	1	3	45	23	6	12	4
Bern1	2	3	3	3	2	1	1	1	3	3	3	0	2	2	1	3	2	2	1	3	1	3	45	25	5	11	4	
Bern2	2	3	3	3	2	1	1	1	3	3	3	0	2	2	1	3	2	2	1	3	1	3	45	25	5	11	4	
Laut1	2	1	3	3	2	1	1	3	-2	-2	0	2	3	2	3	0	2	1	1	2	1	1	30	14	8	6	2	
Laut2	2	2	3	2	2	2	3	3	3	3	2	2	3	1	3	2	3	3	1	2	2	3	51	29	7	11	4	
Mot1	2	3	3	1	2	2	2	3	3	3	2	2	3	1	0	3	3	1	3	1	3	3	49	28	4	11	6	
Mot2	2	3	3	1	2	2	2	3	3	3	2	2	3	1	0	3	3	1	3	1	3	3	49	28	4	11	6	
Mot3	2	3	3	1	2	3	2	3	3	3	2	2	1	3	3	2	3	3	2	3	1	3	53	29	7	11	6	
Mun	1	3	1	3	2	2	2	3	3	3	3	2	3	1	3	1	1	1	1	1	1	3	46	28	7	7	4	
For	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	0	2	1	1	3	1	2	0	3	3	1	3	39	21	5	9	4	
Diet	3	1	1	1	1	2	1	3	3	3	3	2	3	2	1	0	0	0	1	3	1	3	38	24	6	4	4	
Fro	2	2	1	3	0	0	0	3	3	1	2	2	-1	2	1	0	1	0	3	1	0	1	27	19	2	5	1	
Geis1	2	2	1	3	2	3	2	3	2	2	1	2	3	2	2	0	0	1	1	1	1	1	37	25	7	3	2	
Geis2	2	2	3	1	2	3	2	3	2	2	1	3	3	2	2	0	0	1	1	1	1	1	38	26	7	3	2	