



Évaluation de l'efficacité des dispositifs de protection routière pour les amphibiens et identification des zones à enjeux dans le Haut-Rhin



Couple de crapauds communs, Ammerschwihr, 28 mars 2012 © J.-P. Vacher

Décembre 2012



Association pour l'étude et la protection des Amphibiens et des Reptiles d'Alsace

Siège social:

Musée d'histoire naturelle et d'ethnographie 11 rue de Turenne 68000 COLMAR

Siège administratif:

8 rue Adèle Riton 67000 STRASBOURG

Tél: 03 88 22 11 76 Email: bufo@9online.fr

Rédaction, cartes, photographies : Anne Ganet, chargée de mission **Compléments et relecture :** Jean-Pierre Vacher, chargé d'études

TABLE DES MATIÈRES

Introduction	1
Quelques généralités sur les amphibiens	3
Aire d'étude	5
Sources des données et méthodes d'investigations sur le terrain	6
Analyse des données	9
Résultats	16
Discussion	26
Propositions d'aménagements sur les sites de protection existants	38
Conclusion	45
Références	48
ANNEXES	51

INTRODUCTION

De tous les impacts induits par les routes sur la faune (collisions, piégeage, fragmentation, pollution...), les collisions avec les véhicules constituent la principale cause de mortalité aussi bien chez les vertébrés que chez les invertébrés (Forman & Alexander, 1998). Les amphibiens sont les vertébrés les plus touchés par les écrasements routiers, avec de 60 % à 90 % des cadavres récoltés dans la plupart des études qui traitent du sujet (Fahrig *et al.*, 1995 ; Garriga *et al.*, 2012, Glista *et al.*, 2007, Gryz & Krauze, 2008).

De plus, les amphibiens représentent le groupe de vertébrés le plus menacé à l'échelle de la planète (Stuart et al., 2008). La raison de ce déclin généralisé est l'interaction de plusieurs facteurs (perte d'habitats, maladies, surconsommation...) couplée à un mode de vie le plus souvent complexe, qui inclut pour un grand nombre d'espèces une phase larvaire aquatique et une phase adulte terrestre. Sous nos latitudes, une des menaces identifiées est l'écrasement sur les routes des amphibiens migrants (Fahrig et al., 1995). En effet, lors de la migration pré-nuptiale, certaines espèces comme le crapaud commun ou la grenouille rousse n'hésitent pas à s'aventurer sur la chaussée lorsqu'une route traverse l'axe migratoire. Comme ces espèces migrent de façon synchrone, leur effectifs migratoires peuvent être très importants, de l'ordre de plusieurs centaines, voire des milliers d'individus en quelques jours. De plus, les amphibiens ont tendance à s'aplatir sur le sol et à rester immobile en cas de danger. Ces deux derniers facteurs impliquent que lorsque les amphibiens traversent les routes, ils sont souvent victimes d'écrasements en masse. Dans certains cas, la mortalité induite est si importante qu'elle peut avoir un impact significatif sur la survie des populations (Fahrig et al., 1995; Fahrig & Rytwinski, 2009). En effet, ce sont les individus adultes reproducteurs qui sont prélevés dans les populations, ce qui a pour effet de diminuer à terme le recrutement, et peut dans certains cas causer un déclin, voire une disparition des populations (Fahrig et al., 1995). Afin de sauvegarder les amphibiens, des opérations de protection routière sont parfois mises en place, dans plusieurs pays.

Il existe plusieurs solutions adaptées à la sauvegarde des amphibiens le long des routes (Percsy, 2005). L'une d'elles consiste à mettre en place des filets provisoires conduisant les amphibiens qui veulent traverser dans des seaux de capture d'où ils sont transportés de l'autre côté de la route. Une autre solution est de construire sous la route des passages permanents (passages à petite faune), vers lesquels les amphibiens sont conduits par des barrières fixes. C'est en Alsace, et plus précisément dans le Haut-Rhin à Kruth, qu'a été construit en 1983 l'un des premiers passages de ce type en France. Même si ces mesures permettent de sauver des milliers d'amphibiens tous les ans,

l'efficacité de ces initiatives n'est souvent pas évaluée alors que c'est un excellent moyen pour récolter des informations scientifiques pour enrichir les connaissances sur les mœurs des amphibiens, et également pour améliorer les dispositifs de protection qui leurs sont destinés.

Dans le Haut-Rhin, c'est le Conseil général qui coordonne depuis une vingtaine d'années les campagnes de protection des amphibiens le long des routes départementales. Plus de 20 sites sont équipés tous les ans par des dispositifs temporaires, filets et seaux, sur des distances variables selon les contextes. Cette campagne de protection mobilise des moyens humains importants, dont un réseau de bénévoles qui se relaient tous les matins, et parfois même le soir, pour faire traverser les amphibiens tombés dans les seaux.

Dans le cadre de la reconduite de cette vaste opération annuelle de protection des amphibiens le long des routes, le présent travail s'est efforcé de répondre à différentes questions, dont : l'identification des points faibles des dispositifs temporaires actuellement en place dans ce département et comment les réduire ? Quels sont les facteurs qui influencent la taille des populations utilisant les dispositifs ? Quels aménagements temporaires (filets + seaux) serait-il pertinent de transformer en dispositifs pérennes (passages à faune) ? Quel type de suivi et d'entretien doit-on mettre en place pour garantir l'efficacité des passages à petite faune sur le long terme ?

1 QUELQUES GÉNÉRALITÉS SUR LES AMPHIBIENS

Les amphibiens sont des vertébrés répartis sur l'ensemble de notre planète, à l'exception des régions polaires. Leur diversité actuelle est évaluée à environ 6770 espèces (données 2012), dont la plupart vivent dans la zone intertropicale. En France, ce sont 35 espèces qui sont recensées, dont 18 en Alsace (18 dans le Haut-Rhin et 17 dans le Bas-Rhin, le crapaud accoucheur n'étant pas présent dans ce département).

La plupart des amphibiens ont un cycle de vie biphasique, c'est-à-dire à la fois aquatique et terrestre. En effet, durant leur développement, beaucoup d'espèces passent par un stade larvaire aquatique. Les femelles déposent les œufs dans l'eau, et les larves, qui possèdent une respiration branchiale, se développent dans le milieu aquatique jusqu'à la métamorphose. Les jeunes amphibiens métamorphosés deviennent alors terrestres, avec une respiration pulmonée. La plupart des espèces d'amphibiens européens possèdent ce mode de vie biphasique, sauf quelques salamandres alpines et d'autres cavernicoles.

Les amphibiens sont des vertébrés très particuliers et intéressants à plusieurs titres, notamment par leur grande diversité de modes et de stratégies de reproduction. Par exemple, certaines espèces se reproduisent de manière synchrone durant une très courte période (de quelques jours à deux semaines) juste à la sortie de l'hiver. Les larves passent alors plusieurs mois à l'eau avant d'atteindre la métamorphose. Ces espèces sont qualifiées de précoces. Ce sont notamment le Crapaud commun, la Grenouille rousse et la Grenouille agile. À la sortie de l'hivernage qui a lieu sur terre, les animaux se dirigent vers les sites de reproduction, et entament alors une migration qui les amènent parfois à traverser les routes. C'est la migration prénuptiale.

Les espèces concernées par les écrasement et que l'on rencontre dans notre région sont les suivantes¹ :

¹ Voir photographies des espèces à l'annexe 5

Nom français	Nom scientifique
Grenouille rousse	Rana temporaria
Grenouille agile	Rana dalmatina
Crapaud commun	Bufo bufo
Triton palmé	Lissotriton helveticus
Triton alpestre	Ichthyosaura alpestris

Chez les espèces citées, le phénomène de migration prénuptiale est assez synchrone, et concerne l'ensemble des individus reproducteurs. Beebee et Griffiths (2000) ont par exemple observé chez le Crapaud commun une distance maximale de trois kilomètres entre le site d'hivernage et le site de reproduction. Plusieurs types de migrations ont été décrits. En plus de la migration prénuptiale, la migration postnuptiale relie le lieu de reproduction à l'habitat d'estivage. Certaines espèces, comme le Crapaud commun, effectuent une troisième migration qualifiée d'automnale, au cours de laquelle ils retournent dans leur habitat d'hivernage (fig. 1). Il existe une dernière sorte de déplacement, la dispersion, qui s'applique sur de plus longues distances et qui permet des échanges entre les populations ou encore de coloniser de nouveaux milieux.

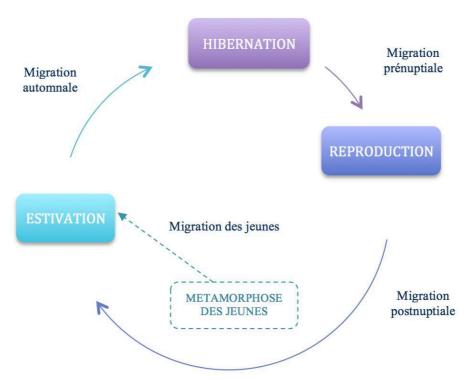


Figure 1 : Schéma illustrant le cycle de vie annuel des amphibiens, avec les différents types de migrations.

2 AIRE D'ÉTUDE

Le présent travail s'est attaché à analyser les vingt-huit sites de protection routière pour les amphibiens, dans le Haut-Rhin (fig. 2), comprenant vingt-quatre équipements temporaires (filets et seaux) et quatre dispositifs pérennes, c'est-à-dire des tunnels sous la route destinés à être empruntés par la petite faune terrestre.

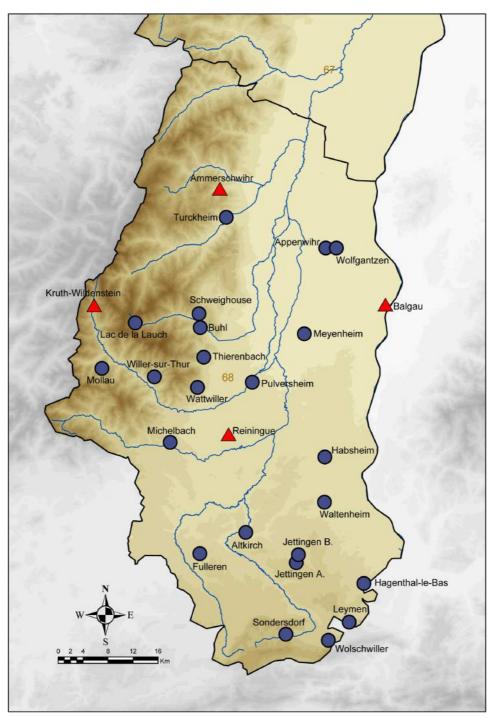


Figure 2 : Carte de localisation des sites de protection routière pour les amphibiens dans le Haut-Rhin. Les points correspondent au dispositifs temporaires et les triangles aux dispositifs pérennes.

3 SOURCES DES DONNÉES ET MÉTHODES D'INVESTIGATIONS SUR LE TERRAIN

Dispositifs temporaires

Nous avons visité les vingt-quatre dispositifs temporaires de protection mis en place en 2012 (fig. 1). Lors de chaque visite, un certain nombre de caractéristiques, comme la longueur des filets, le type de filets, le nombre de seaux ou encore l'occupation du sol à proximité de la route ont été consignés dans une fiche terrain (annexe 1). La désignation "amont" est utilisée pour qualifier tout ce qui se trouve avant la route dans le sens de la migration pré-nuptiale (ex. "filet amont") et "aval" pour ce qui se trouve après. Les positions GPS des filets ont aussi été relevées pour pouvoir les situer ultérieurement et le plus précisément possible, dans le logiciel Google Earth ou dans un système d'informations géographiques (SIG). De plus, une personne responsable du ramassage, soit bénévole, soit membre des brigades vertes, était présente au cours de chacune des visites pour apporter leur point de vue sur le fonctionnement du dispositif, les problèmes rencontrés, etc. Cette première phase de terrain représente six jours complets de terrain. Elle s'est déroulée de la mi-mars à la mi-avril 2012, au cours de la période de migration des amphibiens et en fonction des disponibilités des différentes personnes sollicitées.

Un second passage sur les sites, le 27 et 28 juin 2012, pour relever certaines caractéristiques de l'habitat aquatique a été nécessaire pour compléter les données de chaque site. Albinet (2001), dans son rapport de DEA sur l'utilisation du paysage par les amphibiens, a réalisé une grille d'inventaire des caractéristiques paysagères intrinsèques aux habitats aquatiques d'intérêt batrachologique en se basant sur de nombreuses références de la littérature scientifique. Nous nous sommes basés sur cette liste et l'avons simplifiée pour ne conserver que les éléments qui nous semblaient les plus pertinents pour notre étude. Nous avons choisi des caractéristiques assez globales. Un relevé plus précis aurait nécessité des connaissances avancées en botanique, plus de temps pour remplir la feuille de terrain (annexe 2) et les détails auraient été complexes à traiter statistiquement sans forcement apporter plus d'explications. Nous n'avons réalisé ce second relevé que sur 14 sites car l'accès à certains points d'eau est impossible (propriétés privées, clôtures).

Dispositifs pérennes

Les quatre sites équipés de tunnels à petite faune ont également fait l'objet d'une visite, au cours de la journée du 21 mars 2102, avec une fiche (annexe 3) permettant de récapituler les caractéristiques des dispositifs (nombre de tunnels, longueur, forme,

etc.). Les points GPS des entrées et sorties de tunnels ont été enregistrés pour les mêmes raisons que celles expliquant le relevé GPS de la position des filets. De plus, nous avons mis en place un dispositif de capture à la sortie de trois tunnels du site d'Ammerschwihr afin de mesurer l'efficacité du dispositif (fig. 3). Les trois tunnels sélectionnés, parmi les onze en place, sont ceux qui canalisent le plus grand effectif migrant (Philippe Mercklé, com. pers.). Le principe d'un tel dispositif de capture est de contraindre les amphibiens ayant traversé le tunnel à tomber dans un seau dont ils ne peuvent plus ressortir. À Ammerschwihr, le substrat à la sortie des tunnels ne permet pas de placer les sceaux directement à la sortie des tunnels, un filet est donc venu compléter le dispositif de façon à guider les amphibiens dans le seau (fig. 3). Ce piège a été relevé par nos soins, tous les matins du 28 Mars au 9 Avril 2012. Le même protocole a été appliqué sur le site de Balgau-Nambsheim du 12 au 16 Avril 2012.



Figure 3 : Dispositifs de catpure des amphibiens à la sortie des tunnels sous la route. © Anne Ganet.

Tous les matins pendant la saison de migration des amphibiens, des bénévoles ainsi que des salariés des brigades vertes ou encore de l'Office national des forêts (ONF) effectuent les relevés des amphibiens dans les seaux situés le long des filets des dispositifs temporaires. Le nombre de chaque espèce d'amphibiens collectée est reporté dans un document standard (annexe 4). À la fin de chaque saison de migration, l'ensemble de ces données est centralisé par le Service de l'environnement et de l'agriculture du Conseil général du Haut-Rhin (CG68) dans un tableur Excel. Ce service nous a fourni les données dont il dispose depuis 1990. Ce n'est qu'à partir de l'année 2002 que les effectifs sont précisés par espèces (tab. 1 et annexe 5).

Le service des routes du CG68, nous a fourni une carte du trafic routier de l'année 2011, sur les axes dont il a la compétence. Ce document nous a permis de connaître le nombre de véhicules qui circulent quotidiennement sur les routes qui nous intéressent. Ce service nous a aussi communiqué les coûts liés à l'installation des filets.

		Statut				
Nom vernaculaire	Nom scientifique	Protection nationale	Directive habitats - faune - flore	Convention de Berne	Liste rouge France ¹	Liste orange Alsace ²
Salamandre tachetée	Salamandra salamandra	Article 3	-	Annexe 3	Préoccupation mineure	À surveiller
Triton alpestre	Ichthyosaura alpestris	Article 3	-	Annexe 3	Préoccupation mineure	Patrimoniale
Triton palmé	Lissotriton helveticus	Article 3	-	Annexe 3	Préoccupation mineure	-
Triton ponctué	Lissotriton vulgaris	Article 3	-	Annexe 3	Préoccupation mineure	À surveiller
Crapaud commun	Bufo bufo	Article 3	-	Annexe 3	Préoccupation mineure	-
Grenouille agile	Rana dalmatina	Article 2	Annexe 4	Annexe 2	Préoccupation mineure	À surveiller
Grenouille rousse	Rana temporaria	Article 5	Annexe 5	Annexe 3	Préoccupation mineure	-
Grenouille de Lessona	Pelophylax lessonae	Article 2	Annexe 4	Annexe 3	Quasi menacée	Patrimoniale
Grenouille verte	Pelophylax kl. esculentus	Article 5	Annexe 5	Annexe 3	Préoccupation mineure	-
Grenouillle rieuse	Pelophylax ridibundus	Article 3	Annexe 5	Annexe 3	Préoccupation mineure	-

Tableau 1 : Statuts de protection et de conservation des amphibiens que l'on peut rencontrer sur les sites de migration du Haut-Rhin. Les statuts de protection à l'échelle nationale sont définis par l'arrêté du 19 novembre 2007 et ceux de la directive « Habitats-Faune-Flore » par la directive européenne 92/43/EEC. Les espèces notées en gras sont celles les plus fréquemment rencontrées dans les dispositifs.

¹Comité français de l'UICN (2009)

²ODONAT (2003)

4 ANALYSE DES DONNÉES

L'ensemble des données ont été traitées statistiquement avec le logiciel libre R v. 2. 2. 0 et avec le logiciel Microsoft Excel 2007.

<u>Note</u>: pour les régressions linéaires simples et multiples, la distribution des résidus en fonction des valeurs prédites a été évaluée *a posteriori*. En effet, pour qu'un modèle soit valide, ses résidus doivent avoir les propriétés suivantes : normalité (test de Kolmogorov et Smirnov), linéarité ou non prédictibilité (diagramme de dispersion), homoscédasticité² (test de Bartlett) et indépendance (dépend du protocole de récolte des données).

Analyse des facteurs qui influencent les effectifs et les variations d'effectifs des populations

Influences de facteurs d'origine naturelle à un niveau local

- <u>Périmètre des étangs de reproduction</u>

Le périmètre des étangs de reproduction a été calculé grâce à l'outil de calcul géométrique du Système d'information géographique (SIG) ArcGIS (version 9.3). L'importance de cette caractéristique sur les effectifs d'amphibiens capturés a été testée avec une régression linéaire. Il a été relativement courant que plusieurs étangs correspondent à un seul site de migration. Dans ces cas, nous avons additionné les périmètres des étangs pour n'obtenir qu'une seule donnée de périmètre par site car nous avons estimé que les amphibiens se répartissent de manière uniforme dans des étangs très proches les uns des autres. La régression linéaire entre le nombre moyen annuel d'amphibiens collectés et le périmètre des étangs de reproduction a donc été appliquée pour 21 sites de reproduction.

Influences au niveau du paysage

- L'occupation du sol

Afin d'examiner les effets du paysage à différentes échelles, nous avons cartographié l'occupation des sols dans des cercles concentriques (zones tampons) de 100, 200, 400, 1000, 2000 et 3000 mètres centrés autour des sites de reproduction (fig. 4). Ces valeurs proviennent du travail sur la dispersion des amphibiens réalisé par Sébastien Albinet (2001).

²Homogénéité des variances.

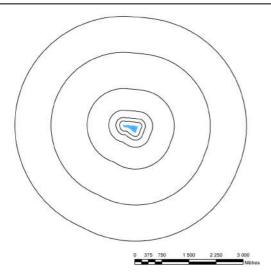
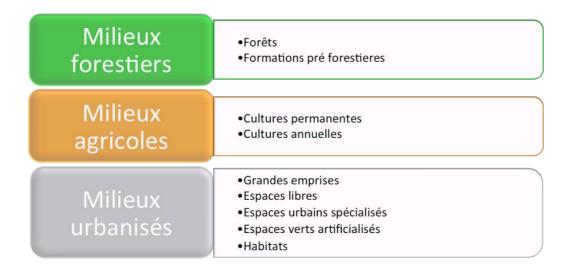


Figure 4 : cercles concentriques de différents diamètres centrés autour des étangs de reproduction

Pour cela, nous avons regroupé certaines des neuf catégories de la couche « occupation du sol » (métadonnées dans l'annexe 6). La topologie d'occupation des sols ainsi simplifiée présente les trois modalités suivantes, les couleurs correspondent à celles qui seront utilisées pour réaliser la carte :



Nous avons choisi de réunir certains sites du fait de leur importante proximité. Il s'agit de sites Jettingen Allmend et Jettingen Bergmatten, Appenwihr et Wolfgantzen, Schweighouse et Buhl ainsi que Leymen et Wolschwiller. Les zones tampons sont centrées sur les étangs de reproduction car ce sont les seuls endroits, facilement identifiables où l'on est sûr que les amphibiens effectuent une partie de leur cycle vital (Albinet, 2001).

Nous avons effectué une régression linéaire multiple sur les effectifs et le pourcentage de type d'occupation du sol par taille de zone tampon. Nous avons utilisé les effectifs rapportés à la taille des filets puisque nous montrerons par la suite qu'il existe, dans notre étude, une corrélation entre ces deux variables. Pour le pourcentage

de type d'occupation du sol, trois modes d'occupation du sol sont possibles (milieux forestiers, agricoles et urbanisés) et six tailles de zones tampons ont été définies (100, 200, 400, 1000, 2000 et 3000 mètres), ce qui fait 19 variables par site. Toutes les surfaces ont été calculées à l'aide de l'outil de calcul géométrique du SIG.

Ensuite, ces valeurs ont permis de calculer un indice d'intensité par zone tampon. Cet indice est calculé de la façon suivante:

100

Le choix des pondérations en fonction du type d'occupation du sol permet d'ordonner les modalités du moins intensément exploité (milieux forestiers) au plus intensément exploité (milieux urbanisés). Ce choix est subjectif mais déjà utilisé dans le cadre d'une étude similaire (Boissinot, 2009). Nous obtenons ainsi un éventail de valeurs caractérisant les zones tampons du moins intensément au plus intensément exploité.

Pour finir, une régression linéaire multiple a permis d'étudier l'effet de l'intensité de la perturbation du milieu sur l'effectif moyen d'amphibiens capturés. Le choix des paramètres à intégrer dans les modèles est souvent complexe. Nous avons procédé par la méthode de « *stepwise regression* » et en utilisant l'*Akaike Information Criterion* (AIC). Ce critère permet de mesurer la qualité de l'ajustement du modèle tout en tenant compte du nombre de paramètres utilisés (Burnham et Anderson 1998 cité par Albinet, 2001). La sélection du modèle repose sur la comparaison d'AIC calculé pour chacun selon la formule suivante (Akaike, 1974):

$$AIC = -2 \ln(L) + 2K$$

Avec K, le nombre de paramètres estimés et L, le maximum de vraisemblance du modèle

La constitution du modèle va se faire pas à pas ("stepwise regression"). Le paramètre avec la plus faible valeur d'AIC est retenu comme le plus pertinent, c'est-à-dire qu'il présente le meilleur "compromis entre le biais (qui diminue avec le nombre de paramètres) et la parcimonie (nécessité de décrire les données avec le plus petit nombre de paramètres possibles)" (Lancelot, R. et Lesnoff, M. (2005), Sélection de modèles avec l'AIC et critères d'information dérivés, document non publié). L'opération va être répétée plusieurs fois jusqu'à ce que l'on n'obtienne plus qu'un écart supérieur à 2 par rapport à la constante.

- Surface en eau

Dans ArcGIS, une sélection par entités sur la couche « surfaces en eau » (métadonnées dans l'annexe 6) répertoriant les surfaces en eau a permis de

sélectionner uniquement les polygones contenus dans les zones tampons. Ensuite, une jointure spatiale a permis de faire concorder chaque site de migration avec les polygones précédemment identifiés. Pour finir, l'outil « fréquences et sommes » permet de connaître pour chaque site et par zone tampon le nombre de surfaces en eau et leur surface cumulée.

Influences de facteurs d'origine artificielle

- Taille des filets

Les traces des filets enregistrées par le GPS sont au format .kml. Pour les afficher dans ArcGIS il est nécessaire de les convertir en .shp à l'aide de la "boîte à outils kml_to_shp" téléchargeable sur Internet. L'outil de calcul du SIG permet d'obtenir la longueur des filets.

Cependant, nous avons choisi de travailler sur les données fournies par le Conseil général. Nous avons travaillé avec la moyenne des effectifs "aller" et "retour" relevés chaque année et la moyenne du linéaire total de filets. L'utilisation de la moyenne des effectifs d'amphibiens permet de minimiser les fluctuations annuelles qui peuvent êtres très importants.

Nous avons cherché à savoir s'il existait une relation entre la taille des filets et le nombre d'amphibiens capturés. Pour cela une régression linéaire puis un test de corrélation (cor.test) ont été effectués sur le jeu de données.

- Trafic routier

Nous avons localisé sur la carte fournie par le CG68 les tronçons de route qui sont équipés de dispositifs temporaires pour connaître le nombre de véhicules qui empruntent quotidiennement ces axes. La réalisation d'un modèle linéaire a permis de mettre en évidence s'il existe une relation significative entre l'importance du trafic routier et le nombre d'amphibiens collectés.

Analyse et définition des critères pour hiérarchiser les priorités d'intervention sur le sites

Nous avons retenu différents critères que nous avons jugés d'importance décroissante pour établir un classement des sites de migration sur lesquels intervenir serait le plus intéressant en terme d'efficacité.

La tendance évolutive globale de la population nous semble être la première composante à prendre en compte. Pour cela, nous avons tracé les courbes de tendance des nuages de points représentants les effectifs d'amphibiens au cours du temps pour chaque site avec le logiciel Excel 2007 (Microsoft) (Annexe 7). En fonction des

situations, la courbe de tendance qui s'adapte le mieux a été choisie entre une courbe de type exponentielle et de type linéaire (r² le plus proche de 1). La priorité a été donnée aux sites dont la population tend à augmenter ou est stable. En effet, nous estimons que pour les sites dont la tendance des populations diminue malgré la mise en place de dispositifs de protection, les causes du déclin ne sont pas liées à la mortalité routière. Ces sites ne doivent donc pas être prioritaires en termes d'aménagements routiers.

Ensuite, nous avons estimé que le second élément le plus important à considérer est la surface totale d'habitat que les amphibiens peuvent coloniser à partir de leur lieu de reproduction. Nous avons tracé une zone tampon autour des étangs de reproduction correspondant à la distance maximale de migration empirique des anoures qui est de trois kilomètres. Cet espace correspond à une aire d'environ 28 km², théoriquement accessible par les amphibiens. En réalité, cette surface peut être réduite par la présence de certains éléments pouvant s'avérer être des obstacles aux déplacements. Nous avons fait le postulat que la probabilité, pour un amphibien, de traverser des axes routiers de deux fois deux voies et plus, est extrêmement faible. Decout et Luque (2010), dans leur rapport d'étude, ont également fait cette hypothèse. Le nombre de voies n'est pas indiqué dans la couche « route » du SIG (métadonnées dans annexe 6), dont nous disposons. Par contre, la nature de la route est référencée. Ce champ est composé des quatre catégories suivantes : « autoroutière » regroupe uniquement des autoroutes, « principale » correspond à la fois à des routes nationales et départementales et « régionale » comprend uniquement des départementales. Nous sommes partis du principe que les routes de type « autoroutière » et « principale » sont les axes les plus larges et plus fréquentés, par conséquent les plus difficiles à franchir par les amphibiens.

Pour ce qui est des cours d'eau, il n'existe pas de données sur la largeur maximale d'une rivière infranchissable par les amphibiens. Néanmoins, il semble improbable qu'un amphibien entreprenne la traversée d'une rivière à haut débit (P. Joly cité par Ray, 2003). Nous sommes donc partis du principe que les rivières de plus de 50 mètres de large ont un courant important et sont le plus souvent canalisées ce qui les rend infranchissables. La largeur des cours d'eau a été identifiée dans ArcGIS à partir de la couche « cours d'eau » (métadonnées dans annexe 6). Ce paramètre est répertorié en 3 catégories "0 à 15 m" "de 15 à 50 m" et "plus de 50 m".

Nous avons classé les sites en trois catégories (tab. 2) en fonction du type de route ou cours d'eau qui traversent les zones tampons de 3 kilomètres autour des étangs de reproduction et de la surface d'habitat qui sont susceptibles d'empêcher l'accès aux amphibiens.

CATEGORIES	ELEMENTS LINEAIRES			
CALEGORIES	ROUTES	COURS D'EAU		
Catégorie 1	Routes uniquement « autoroutière » limitant l'accès à presque la moitié de la surface théorique			
Catégorie 2	Routes « principale » limitant l'accès à une partie de la surface théorique	Cours d'eau de plus de 50 mètres de large limitant aussi l'accès à une partie de l'aire théorique disponible		
Catégorie 3	Routes uniquement de type « régionale »	Cours d'eau de moins de 50 mètres de large		

Tableau 2 : Caractéristiques des catégories traduisant une réduction de l'aire théorique accessible par les amphibiens.

L'indice d'intensité est le troisième élément qui nous a paru le plus pertinent à retenir. Plus celui-ci est faible, moins la zone tampon est perturbée, ce qui est plutôt favorable aux amphibiens. En termes d'occupation du sol, la surface moyenne des étendues d'eau, considérés comme des sites de reproduction potentiels, est aussi à retenir.

Enfin, la dangerosité du site du point de vue des ramasseurs est la dernière composante que l'on a conservée pour organiser notre classement. La présence d'un ou plusieurs virages ainsi que des bas-côtés étroits (catégorie 3) rendent les opérations de ramassage d'autant plus dangereuses que si seulement une des deux conditions (catégorie 2) est vérifiée. La configuration la moins risquée étant quand le dispositif est installé sur une section de route droite avec des bas-côtés suffisamment larges (catégorie 1) pour se protéger lors du passage de véhicules (fig. 5).

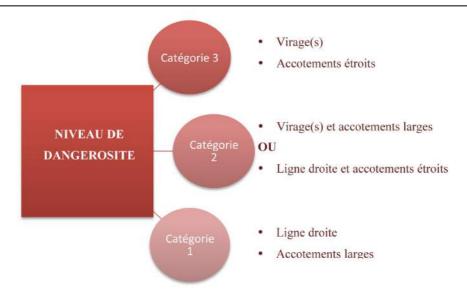


Figure 5 : Critères définissant les différentes catégories de dangerosité.

5 Résultats

Effectifs d'amphibiens sauvés

Le nombre d'amphibiens sauvés dans le cadre de la campagne de protection annuelle est conséquent. Toutes espèces confondues, ce sont 52 843 amphibiens qui ont été sauvés dans les dispositifs temporaires en 2011 (tab. 3), soit un effectif moyen de 2 201 amphibiens par site (min. 118; max. 9023) en 2011. Toujours en 2011, cinq sites sur 23 avaient un effectif inférieur à 1 000 amphibiens (dont deux, Leymen et Wolfgantzen, avec seulement un peu plus de 100 amphibiens sauvés). Neuf sites avaient des effectifs compris en 1 000 et 2 000 amphibiens, et neuf autres avec des effectifs supérieurs à 2 000 individus (fig. 6). En moyenne, sept sites ont un effectif inférieur à 1 000 individus sauvés. Le site de Leymen est particulièrement préoccupant car les effectifs sur ce site sont très faibles en comparaison des autres sites (tab. 3). La question se pose donc de garder le dispositif de protection sur ce site dans les années à venir.

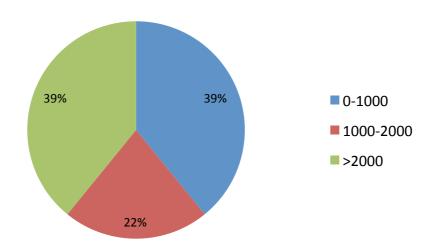


Figure 6 : Répartition des sites de protection par classes d'effectifs.

En ce qui concerne les sites dont l'effectif est inférieur à 1 000 amphibiens sauvés en 2011, nous pensons qu'hormis le site de Leymen évoqué plus haut, les sites dont la tendance est en progression doivent être maintenus. Il s'agit d'Altkirch, de Michelbach. Pour les autres sites, nous proposons de maintenir les systèmes de filets sur les sites de Mollau, de Waltenheim et Wolschwiller, car les effectifs moyens sur l'ensemble de la période de suivi sont aux alentours de 1 000 individus (respectivement 879, 1461 et 1152). De plus, dans le cadre de la sensibilisation à la biodiversité (voir page 34), nous proposons de maintenir le site de Wattwiller, puisqu'une bénévole active s'occupe du site. Par contre, nous posons la question du maintien du site d'Appenwihr, qui lui voit l'effectif baisser tous les ans avec une moyenne à 423 amphibiens. Dans le cas où les

moyens, aussi bien humains que financiers, viendraient à manquer, nous pensons que l'opération de sauvetage pourrait être arrêtée sur ce site, au même titre qu'à Leymen.

En termes de bilan global, l'opération de protection routière dans le Haut-Rhin est très positive, avec 16 sites dont les effectifs moyen globaux sont supérieurs à 1 000 individus. Chaque année, ce sont en moyenne un peu plus de 35 000 amphibiens qui sont ainsi sauvés le long des routes départementales (tab. 3). Ce résultat montre l'intérêt de l'opération pour la préservation de la faune et justifie les moyens financiers et humains déployés chaque année.

SITES	2011	TOTAL	MOYENNE
Altkirch- St Morand	510	1163	387
Ammerschwihr-Labaroche	-	104610	8717
Appenwihr (carrière Kleinhurst)	286	6385	425
Buhl	2602	23924	1594
Fulleren-Carspach	5143	5143	-
Habsheim	7468	36667	3666
Hagenthal le Bas	3213	34520	1816
Jettingen (Allmend)	1724	30193	1589
Jettingen (Bergmatten)	1243	19062	1003
Jungholtz - Tierenbach	2971	57108	2719
Lac de la Lauch	9023	54781	4980
Leymen-Rodersdorf	118	346	115
Maison Forestière de Wolfgantzen	126	3870	387
Meyenheim (carrière Nieder)	5146	159723	8406
Michelbach	407	2283	326
Mollau	513	6159	879
Pulversheim-Bollwiller	1128	3302	1100
Schweighouse - Gangolphe	3329	32258	1697
Sondersdorf (Hippoltzkirch)	1737	14417	1029
Turckheim - Zimmerbach	2637	30622	1458
Waltenheim- Geispitzen	740	4383	1461
Wattwiller-Route des crêtes	395	4911	491
Willer s/ Thur	1807	9886	1098
Wolschwiller	577	23042	1152
Total	52843	736172	35055

Tableau 3 : Récapitulatif des effectifs totaux d'amphibiens sauvés sur les différents dispositifs temporaires en 2011, puis au total depuis le début de l'opération de protection sur chaque site, puis de la moyenne des effectifs sauvés sur chaque site et au total (toutes espèces confondues).

Suivi des sites pérennes

Ammerschwihr

Les conditions climatiques durant la saison de migration 2012 n'ont pas été idéales pour les amphibiens. Il a fait particulièrement froid et sec aux mois de mars et avril. Ainsi, contrairement aux autres années, il n'y a pas eu de véritables pics de migration. De plus, en raison d'un début d'activité précoce cette année, notre suivi a été réalisé un peu tard dans la saison, il a donc concerné à la fois la migration aller et la migration retour et les effectifs sont plutôt faibles (tab. 4).

	MIGRATION ALLER		MIGRATION RETOUR		
DATE	Nombre d'amphibiens dans le ^{1er} seau	Nombre d'amphibiens dans le 2 ^e seau	Nombre d'amphibiens dans le 3 ^e seau	Nombre d'amphibiens dans le 1 ^{er} seau	Nombre d'amphibiens dans le 2 ^e seau
28/03/2012			1 CC		
29/03/2012	2 CC				
30/03/2012	8 CC	4 CC	2 CC		
31/03/2012	4 CC		2 CC		
1/04/2012	1 CC	2 CC	1 CC		
2/04/2012					
3/04/2012					
4/04/2012	1 CC		1 CC	7 CC + 1 G	5 CC + 1 G
5/04/2012			2 CC	1 CC	1 CC
6/04/2012				2 CC	1 CC
7/04/2012					1 CC
8/04/2012					
9/04/2012					
TOTAL	16	6	9	11	9

Tableau 4: Bilan 2012 du suivi du passage à faune d'Ammerschwihr. CC = Crapaud commun ; GR = Grenouille rousse

Balgau-Nambsheim

Le passage à petite faune sur ce site est constitué uniquement de buses circulaires, et il n'existe aucun dispositif de guidage vers les tunnels. Comme nous nous y attendions, nous n'avons piégé aucun amphibien. Les tunnels doivent tout de même être empruntés relativement fréquemment par certains animaux (micromammifères, renards, ...) autres que des amphibiens car on observe des sillons de végétation aplatie par des piétinements.

Analyse des facteurs d'influence de présence et d'abondance des amphibiens sur les sites

Facteurs d'origine naturelle au niveau local

- Périmètre des étangs de reproduction

Nous remarquons qu'il semble exister une corrélation forte entre le périmètre des étangs (en mètres) et les effectifs recensés ($r^2 = 0.1641$, p = 0.039). Cette observation reste vraie lorsque les points aberrants (5 sites) sont retirés du jeu de données ($r^2 = 0.649$, p = 0.0001, fig. 7).

L'indice de corrélation (cor.test) sur les données sélectionnées est égal à 0,82.

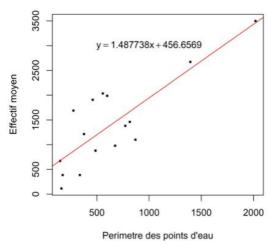


Figure 7 : Régression linéaire entre l'effectif d'amphibiens et le périmètre des points d'eau de reproduction.

- Caractéristiques du biotope de reproduction

Les caractéristiques des étangs des 13 sites qui ont fait l'objet d'un second passage sont assez semblables. La quasi-totalité de ces zones de reproduction sont des étangs de pêche donc avec des poissons. Leur contour est régulier avec une pente des berges majoritairement abrupte. La végétation arborée est peu présente et la végétation arbustive presque absente. Le pourtour des étangs est assez bien occupé par les plantes hélophytes (jonc, carex, roseaux...). A contrario, les hydrophytes sont peu fréquentes et la turbidité y est plutôt élevée.

Facteurs d'origine naturelle au niveau du paysage

- L'occupation du sol

Les cartes produites à partir du SIG (fig. 8 et 9), présentent l'occupation du sol à l'intérieur des zones tampons concentriques de différents diamètres pour chaque site.

Aucune des 19 variables possibles par site ne s'est révélée significative. Cependant, en utilisant l'indice d'intensité qui témoigne de l'intensité de la perturbation du paysage liée à l'activité humaine, les résultats sont différents. À la suite de l'analyse par « *stepwise regression* », le modèle choisi (effectif \sim ii_400 + ii_200) nous indique que les variables « indice d'intensité dans une zone tampon de 400 mètres autour des étangs de reproduction » et « 200 mètres » ont une influence sur l'effectif d'amphibiens récoltés lors de la saison de migration ($r^2 = 0.58$ et p = 0.0015).

- Nombre de points d'eau par zone tampon

Les effectifs moyens d'amphibiens ne semblent pas être corrélés ni au nombre de points d'eau contenus dans les zones tampons de différents diamètres ($r^2 = 0.3055$ et p = 0.1013), ni à leur surface cumulée ($r^2 = -0.07935$ et p = 0.6016).

Facteurs d'origine artificielle

- Taille des filets

Nous remarquons qu'il existe une corrélation importante entre le linéaire de filets et les effectifs recensés ($r^2 = 0.193$, p = 0.0088). Cette observation reste vraie lorsque les points aberrants (6 sites) sont retirés du jeu de données ($r^2 = 0.299$ et p = 0.0033, fig. 8). L'indice de corrélation (cor.test) sur les données sélectionnées est égal à 0.57.

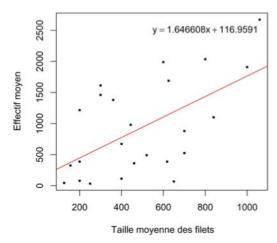


Figure 8 : Régression linéaire entre l'effectif d'amphibiens et la taille moyenne des filets.

- Trafic routier

L'intensité du trafic sur les sites de migration d'amphibiens est assez variable (tab. 5). C'est sur la D13 bis IV, au niveau du site de Mollau que le nombre de voitures par heure est le plus faible, en moyenne 22,42. À l'inverse, Altkirch est l'axe le plus fréquenté avec presque 200 véhicules par heure.

Évaluation de l'efficacité des dispositifs de protection routière pour les amphibiens et identification des zones à enjeux dans le Haut-Rhin - 2012.

Sites	Trafic (nb véhicules/ heure)	Sites	Trafic (nb véhicules/ heure)
Altkirch	192,08	Mollau	22,42
Ammerschwihr	50,29	Pulversheim	144,13
Appenwihr	54,38	Reiningue	95,29
Buhl	40,38	Schweighouse	39,54
Fulleren	57,25	Sondersdorf	34,38
Habsheim	46,50	Thierenbach	48,33
Hagenthal	163,46	Turckheim	105,17
JettingenAllmend	56,33	Waltenheim	55,67
JettingenBergmatten	56,33	Wattwiller	28,46
Lac de la Lauch	44,75	Willer	45,88
Leymen	108,46	Wolfgantzen	54,38
Meyenheim	57,50	Wolschwiller	57,67
Michelbach	69,33		

Tableau 5 : Bilan du trafic routier (nb véhicule/heure) sur les tronçons de route équipés d'un dispositif de protection en 2012.

D'après la position de la droite de régression dans le nuage de points, il semble qu'il existe un effet négatif de l'intensité du trafic sur l'effectif de la population d'amphibiens. Cependant les tests statistiques ne permettent pas de confirmer cette tendance ($r^2 = -0.01529$ et p = 0.4324), il n'y a pas de corrélation entre l'intensité du trafic et l'effectif d'amphibiens (cor = -0.16).

Ordre de priorité d'intervention

Nous n'avons pas retenu, comme nous le pensions, le nombre et la surface de points d'eau dans les zones tampons puisque ces paramètres ne se sont pas révélés statistiquement significatifs.

- <u>Tendance évolutive des populations</u>

Les populations de 13 sites parmi 22 suivis tendent à augmenter. Pour huit sites, les populations présentent plutôt une dynamique décroissante et dans seulement un des cas, le site de Habsheim, la population montre une tendance stable (fig. 9, tab. 6 et Annexe 8).

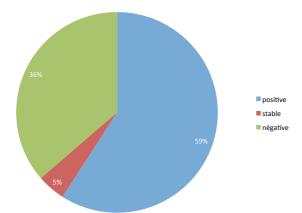


Figure 9 : Répartition des tendances sur l'ensemble des sites jusqu'en 2011 (n=22)

- Éléments linéaires susceptibles de réduire l'aire vitale théorique

L'A35 est la seule autoroute qui passe à moins de 3 kilomètres d'un site de reproduction (fig. 12). Elle traverse la zone tampon de Habsheim et de Meyenheim. Le tracé de l'autoroute coupe quasiment la zone tampon du premier site en son milieu ce qui pourrait empêcher les amphibiens d'accéder à l'ensemble de la surface dont ils disposent théoriquement. Habsheim est donc l'unique site classé en catégorie 1 pour ce critère. Willer, Pulversheim, Turckeim, Jettingen, Altkirch, Meyenheim, Mollau, Wolfgantzen et Appenwihr appartiennent à la seconde catégorie puisqu'une route de type « autoroutière » ou « principale » et/ou un cours d'eau de plus de 50 mètres de largeur passe à moins de 3 kilomètre d'un étang de reproduction, réduisant ainsi la surface d'habitat potentiellement colonisable par les amphibiens. Tous les sites qui ne répondent pas aux critères précédemment cités sont en catégorie 3 (Tableau 5).

- Indice d'intensité de la perturbation

Nous avons choisi d'utiliser l'indice d'intensité dans les zones tampons de 400 mètres autour des étangs puisque c'est à cette distance que l'intensité de la perturbation s'est avérée être la plus significative. Le site du lac de la Lauch est le moins perturbé avec un indice d'intensité de 1 qui témoigne de l'occupation du sol exclusivement de type forestier dans cette zone tampon (fig. 10). À l'opposé, Waltenheim est le site le plus impacté par l'homme, selon nous, avec un indice de 2,17 qui traduit la prépondérance des milieux agricoles intensifs et une utilisation de l'espace non négligeable par les milieux urbanisés (fig. 11).

- Dangerosité

Les sites sont répartis de façon suivante dans les trois classes de dangerosité que nous avons établies. Quatre sites sont classés comme très dangereux (catégorie 3), sept comme assez dangereux (catégorie 2) et huit autres sont moins dangereux (catégorie 1) (tab. 6).

Rang	Site	Tendance évolutive	Réduction aire théorique	ii_400	Dangero sité
1	Lac de la Lauch	+	3	1	3
2	Sondersdorf	+	3	1.38	3
3	Buhl et Schweighouse	+	3	1.77	3
4	Michelbach	+	3	1.77	2
5	Hagenthal-le-Bas	+	3	2.01	1
6	Willer-sur-Thur	+	2	1.02	1
7	Pulversheim (3 années de suivi)	+	2	1.44	1
8	Turckheim	+	2	1.72	1
9	Jettingen (B et A)	+	2	1.89	3
10	Altkirch (3 années de suivi)	+	2	2.07	1
11	Habsheim	=	1	1.75	1
12	Jungholtz - Thierenbach	-	3	1.26	2
13	Wattwiller	-	3	1.55	2
14	Wolschwiller	-	3	1.82	2
15	Waltenheim	-	3	2.17	1
16	Wolfgantzen et Appenwihr	-	2	1.22	1
17	Mollau	-	2	1.53	2
18	Meyenheim	-	2	1.52	2
19	Fulleren (1 année de suivi)		3	1.51	2

Tableau 6 : Classement des sites selon les quatre critères d'importance décroissante. Les sites notés en gras sont ceux pour lesquels nous formulons des propositions d'aménagements.

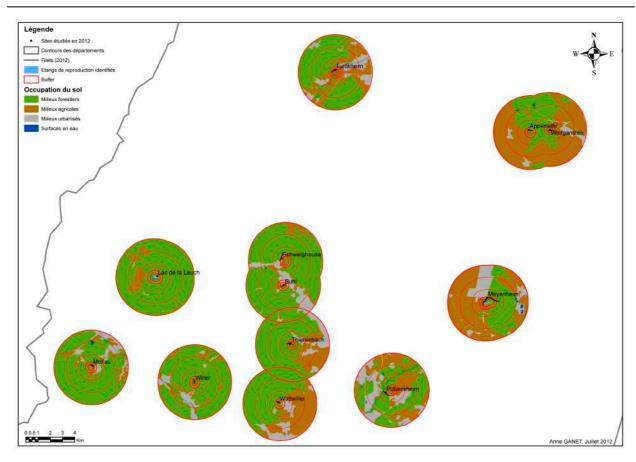


Figure 10 : Carte de l'occupation du sol des sites situés dans la partie nord du département

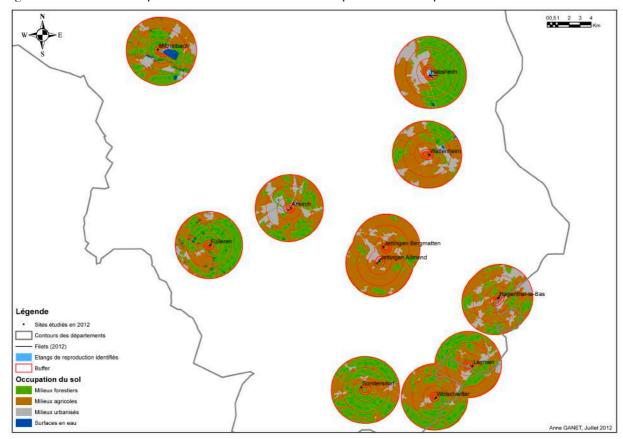


Figure 11 : Carte de l'occupation du sol des sites situés dans la partie sud du département

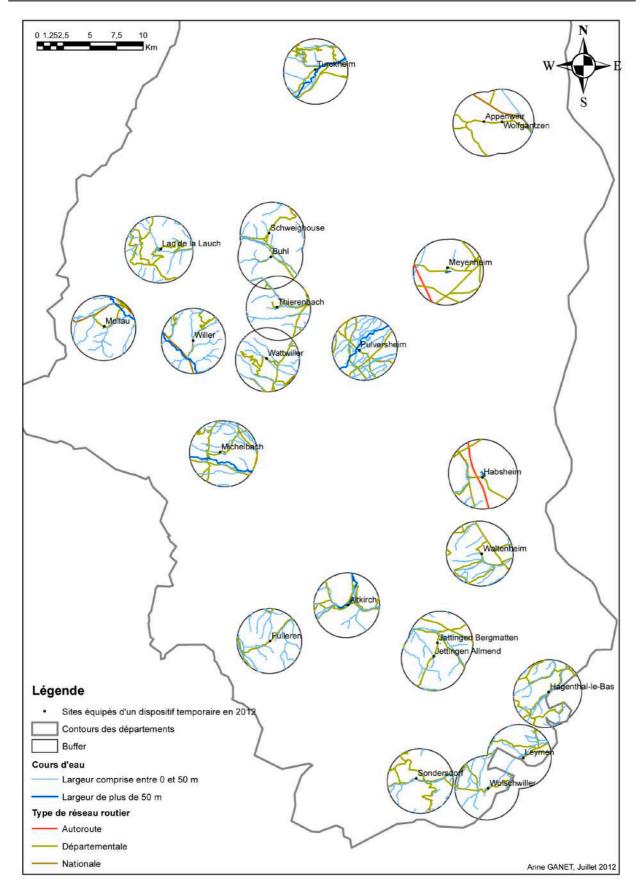


Figure 12 : Routes et cours d'eau présents dans un rayon de 3 km autour des sites de reproduction

6 Discussion

Les sites de migration avec dispositif temporaire

L'impression qui s'est dégagée de la rencontre avec les personnes impliquées dans les actions de ramassage a été plutôt positive, et aucun problème particulier n'a été relevé. L'organisation des roulements pour le ramassage fonctionne bien. Le nombre d'amphibiens tout de même écrasés malgré les dispositifs est relativement faible. Sur certains sites il existe un conflit avec le gros gibier. En effet, il arrive que les filets se trouvent sur le passage des animaux qui arrachent donc les filets régulièrement. La conséquence est d'autant plus dramatique si le franchissement s'effectue à la tombée de la nuit en plein pic de migration des amphibiens. Positionner une barrière rigide à l'endroit de circulation du gibier serait une solution plus efficace. Par contre, il est possible que les animaux contournent cette barrière et continuent à passer où il n'y a qu'un simple filet. Un autre type de dommage constaté est la destruction intentionnelle des installations. La communication sur l'utilité des actions est la seule manière pour prévenir ce genre d'incivilité. La visite des sites de migration nous a permis de constater qu'un certain nombre de recommandations techniques garantissant une efficience maximale des deux types de structures de franchissement des routes ne sont pas toujours respectées. Ces lacunes s'expliquent le plus souvent par un manque de connaissances de la part des maîtres d'ouvrages au sujet des exigences des amphibiens vis-à-vis de ces dispositifs. Nous avons synthétisé les différents retours d'expériences techniques publiés à ce sujet sous la forme d'un cahier de recommandations donné en annexe 9. De plus, nous avons également proposé un cahier de recommandations pour la mise en place de dispositifs pérennes en annexe 10.

Influence des facteurs d'origine naturelle

Au niveau local

Les caractéristiques du biotope de reproduction sont primordiales pour expliquer la présence ou l'absence des différentes espèces d'amphibiens. Nous avons pu remarquer, au cours des visites de terrain, que c'est à proximité des berges que l'on observe le plus d'amphibiens. La régression linéaire effectuée entre ces deux paramètres a permis de confirmer cette hypothèse. De plus, la surface est un élément qui s'avère significative pour Desfossez et Vanderbecken (1994) (cité par Albinet, 2001). Ils estiment que la surface minimale favorable aux amphibiens est comprise entre 500 et 1000 m².

Dans le cas de notre étude, les étangs visités sont assez semblables. La majorité des sites sont des étangs de pêche. Pourtant, la présence de poissons n'est généralement

pas favorable aux amphibiens (ACEMAV, 2003). En effet, la richesse spécifique ainsi que le nombre d'espèces d'amphibiens sont inférieurs dans des plans d'eau occupés par des poissons prédateurs que lorsqu'il n'y a pas de poissons prédateurs ou pas de poissons du tout (Porej et Hetherlington, 2005). Cependant, certaines espèces sont plus sensibles que d'autres. Le Triton crêté par exemple disparait rapidement alors que les espèces munies de glandes venimeuses cutanées dès le stade larvaire, comme le Crapaud commun, coexistent plus facilement avec les poissons. De plus, l'introduction de poissons peut être source de maladies fongiques, dont les agents pathogènes sont mortels pour les amphibiens (« Poissons et amphibiens ou poissons ou amphibiens ? » synthèse Karch, document non publié). Ce phénomène peut expliquer en partie pourquoi il y a souvent peu ou pas d'amphibiens dans les mares empoissonnées.

La structure de la pièce d'eau est aussi très importante. La présence de pentes douces favorise le développement de plantes hélophytes et hydrophytes. Porej et Hetherington (2005) ont montré que la richesse spécifique en amphibiens est plus importante lorsque la pente des berges est progressive. Les différentes hauteurs d'eau permettent à un ensemble de plantes aux besoins différents de s'implanter, ce qui constitue un gradient de niches écologiques pour les amphibiens à leurs différents stades de développement.

Au niveau du paysage

Nous attendions que le type de paysage compris dans le domaine vital³ des amphibiens ait une importance sur leur effectif. Nous pensions que plus le niveau d'anthropisation des milieux est élevé, moins le paysage est favorable aux amphibiens donc moins leur abondance lors de la saison de migration est importante. De plus, plusieurs auteurs (Decout et Luque, 2010 ; Joly *et al.*, 2003 ; Zanini, 2006) ont montré que pour les amphibiens, il est plus coûteux en énergie de se déplacer en milieu agricole que forestier mais moins qu'en milieu urbain. Ceci s'explique par un gradient d'humidité décroissant du milieu forestier au milieu urbain, facteur fondamental pour la survie des amphibiens. Nous avons traduit ce fait par l'indice d'intensité qui varie à l'inverse de la proportion d'espaces perturbés par l'homme. C'est-à-dire que plus cet indice est important plus la part de milieux forestiers diminue et plus celle des milieux urbanisés augmente. Sur une zone tampon de maximum 3 kilomètres autour des étangs de reproduction, notre étude a montré que la composition du paysage joue un rôle significatif sur l'effectif d'amphibiens seulement dans un rayon de 400 mètres, au-delà cette influence s'amenuise.

Joly et al. (2003) expliquent que le coût des déplacements entre 2 patches

³ Il comprend tous les habitats indispensables pour effectuer le cycle vital d'une population (territoires de reproduction, de chasse, d'hibernation, de nourrissage, de repos...) (Ramade, 2009).

d'habitats n'est pas uniquement proportionnel à la distance mais est modulé par la résistance de la matrice. Dans notre étude, il aurait été plus pertinent de corriger le diamètre des zones tampons en fonction de la perméabilité des unités paysagères traversées. Cette méthodologie a été appliquée par Albinet (2001) mais cela aurait nécessité l'utilisation d'outils géographiques dont la maîtrise aurait requis plus de temps. La valeur relative du coût de déplacement d'une espèce donnée à travers une unité de distance d'un type d'occupation du sol déterminé est exprimé par un indice, appelée "indice de perméabilité". Ce coût est exprimé par une dépense énergétique qui est fonction de la nature du type d'occupation du sol traversé et de l'espèce considérée. Cela permet de tracer un quadrillage où on attribue à chaque pixel un coût inversement proportionnel à la facilité de passage des espèces.

La réalisation d'une telle étude permet d'identifier les habitats théoriques des amphibiens. Ainsi, Le but étant dans ce périmètre de limiter les conversions de forêts et/ou terres agricoles en zones urbaines et/ou terres arables. Il est aussi important de prévoir des axes de gestion spécialisés des forêts pour préserver leur potentiel d'accueil comme habitat d'hibernation (vieux bois et tas de branchages). De la même façon, en cas de projets d'axes routiers qui traverseraient les zones tampons ainsi définies, des études approfondies doivent être réalisées pour mettre en place les mesures d'atténuation de la mortalité routière les plus adaptées.

La destruction d'habitats forestiers et le trafic routier sont deux facteurs connus comme ayant des effets négatifs sur les anoures. Cependant, Eigenbrod *et al.* (2008) affirment que l'importance relative de chacun des facteurs est très peu étudiée puisque la perte d'habitats forestiers est bien souvent corrélée négativement avec la densité de routes et le trafic. La circulation a un effet globalement négatif sur les populations d'anoures au moins aussi important que l'effet négatif de la déforestation. De plus, l'effet relatif de ces deux effets prédictifs sur l'abondance d'anoures varie en fonction des espèces ce qui rend les recherches d'autant plus difficiles.

Nous avions également imaginé que le nombre de points d'eau contenus dans les différentes zones tampons ainsi que leur surface cumulée pouvaient influencer positivement la taille de la population d'amphibiens présente. En effet, une surface en eau importante peut signifier une mosaïque d'habitats plus diversifiée ainsi qu'une source d'alimentation plus importante. Les ressources en nourriture constituent un facteur limitant de l'accroissement des populations. De plus, une fréquence importante de mares à une distance inférieure à 3 kilomètres des étangs de reproduction implique d'autres habitats potentiels de reproduction et peuvent servir de « sites relais » pour la dispersion des juvéniles et des adultes. La structuration avec un point d'eau principal et d'autres secondaires relativement proches spatialement correspond au schéma de métapopulation très courant chez les amphibiens. Le fonctionnement de type

métapopulationnel est assuré par un ensemble de populations structurées spatialement, se composant d'unités distinctes, séparées par la distance ou des barrières infranchissables et connectés par des mouvements de dispersion (Opdam, 1991). Les hypothèses formulées précédemment n'ont pas été vérifiées dans notre étude. Néanmoins, Desfossez et Vanderbecken (1994) (cités par Albinet, 2001) ont montré que la capacité d'accueil de chaque tache du paysage est déterminée, entre autres, par la taille de la tache. Ils ont pu estimer que la surface minimale d'une mare favorable aux amphibiens est comprise entre 500 et 1000 m². Hastings et Wolin (1989) (cités par Albinet, 2001) ajoutent que plus la taille du point d'eau est importante, moins la population qui y vit est vulnérable aux phénomènes aléatoires qui contrôlent la démographie (climat, perturbation du milieu...). Cependant, il faut trouver un compromis entre taille importante du plan d'eau et d'autres facteurs limitant associés (présence de poissons, température de l'eau ...)

Influence de facteurs d'origine artificielle

Les filets

Nous avons voulu savoir si le linéaire de filets installés avait une incidence sur le nombre d'amphibiens capturés. Notre postulat était que plus la longueur des filets augmente, plus l'effectif d'amphibiens augmente de façon linéaire jusqu'à atteindre un seuil à partir duquel l'ajout de filets ne permet plus d'accroître suffisamment la population. Dans notre étude, ce plateau n'est pas atteint puisque l'installation des filets est adaptée à la situation d'une année sur l'autre. Par exemple, si pendant une ou deux années de suite il n'y a plus d'amphibiens collectés dans les seaux situés à une extrémité du filet, cette section de filet sera, à terme, supprimée. Cependant, la relation linéaire annoncée est effectivement vérifiée avec un coefficient directeur égal à 1,6.

Le trafic routier

Les amphibiens adultes migrent approximativement entre 19h et 4h et lorsque le taux d'humidité de l'air est élevé (Jolivet *et al.*, 2008). Les routes sont des habitats ouverts dont la traversée n'est pas très coûteuse en énergie (Joly *et al.*, 2003) mais qui s'avère très dangereuse. Plusieurs caractéristiques des amphibiens peuvent expliquer leur vulnérabilité aux écrasements. Tout d'abord, ils ont tendance à s'immobiliser lorsqu'ils entendent le bruit d'un moteur (Mazerolle *et al.*, 2005; Puky, 2006). Ils sont aussi extrêmement sensibles à la lumière et aux vibrations (Andrews *et al*, 2006). De plus, leur lenteur de déplacement augmente la probabilité de mortalité (Jochimsen *et al.*, 2004; Puky, 2006).

Un faible trafic peut suffire à causer un haut niveau de mortalité mais généralement ce taux augmente avec l'intensité du trafic. Jochimsen *et al.* (2004) rapportent par exemple que dix véhicules par heure suffisent à tuer 30 % de femelles de

Crapauds communs. Les taux de mortalité en fonction de l'intensité du trafic varient selon les études (tab. 7).

TRAFIC	TAUX DE MORTALITE	AUTEURS	
10 véhicules par heure	30% des femelles dans une population de crapauds communs (<i>Bufo bufo</i>)	Van Gelder, 1973 (cité par Jochimsen <i>et al.</i> , 2004)	
3207 véhicules par jour	Entre 0,34 et 0,61		
		Hels et Buchwald, 2001	
Plus de 15000 véhicules par jour	0,98		
Entre 24 et 40 voitures par heure	0,5	Kuhn, 1987 (cité par Andrews, & Jochimsen 2007)	
26 voitures par heure	Réduction du taux de survie des crapauds traversant la route proche de zéro	Heine, 1987 (cité par Andrews, & Jochimsen 2007)	
A partir de 5000 – 6000 véhicules par jours (24h)	Proportion de crapauds et grenouilles mortes proche de 1	Fahrig <i>et al.</i> , 1995	

Tableau 7 : Exemples de résultats d'études au sujet de l'impact de l'intensité du trafic routier sur le taux de mortalité des amphibiens.

Les divergences s'expliquent le plus souvent par une différence de méthodologie (heures de relevé, moyens de locomotion, etc). D'autant plus que le nombre d'animaux écrasés est souvent sous estimé puisque pas plus de 24 % des animaux tués sur la route entre le coucher du soleil et tôt le matin persistent sur la chaussée assez longtemps pour être observés (Hels et Buchwald, 2001 ; Jochimsen *et al.*, 2004).

L'intensité du trafic sur les axes routiers est une information très importante. Néanmoins, la structuration de la circulation au cours de la journée est essentielle, ce qui implique que le risque d'écrasement en traversant une route évolue dans le temps. Hels et Buchwald (2001) ont démontré ce phénomène (fig. 13). La fluctuation reflète la variation du trafic, la vitesse de déplacement (vélocité) propre à chaque espèce mais surtout la période d'activité des amphibiens. La probabilité d'être écrasé est la plus importante juste après le coucher du soleil (19-20~h), puis juste avant l'aube (5-6~h). Ces périodes correspondent à la superposition entre le pic d'activité des amphibiens et un trafic relativement important.

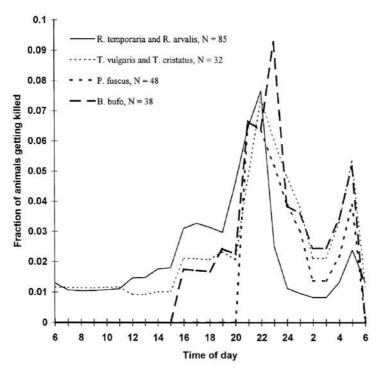


Figure 13 : Variations journalières de la probabilité d'être écrasé pour quatre espèces d'amphibiens (tiré de Hels & Buchwald, 2001).

La mortalité due au trafic est non compensée, c'est-à-dire que le taux est indépendant de la densité (Puky, 2006) mais il y a peu de recherches au sujet des effets de la mortalité routière sur la dynamique des populations. Il serait intéressant de connaître le seuil de mortalité à partir duquel la sauvegarde d'une population est menacée. De plus, il est important de se demander si la mortalité routière constitue un effet additif ou compensatoire sur la mortalité. En général, pour les anoures adultes, les facteurs de mortalité densité indépendants semblent être le plus important tandis que pour les larves, les facteurs dépendants et indépendants de la densité semblent être d'importance similaire (Duellman et Trueb 1994; Hels et Buchwald, 2001). Si la population en question est principalement régulée par des mécanismes densité indépendants, tels que la variabilité climatique, la mortalité routière sera un effet additif et constituera donc un facteur important de régulation de la population. Cependant, si la population est régulée par les facteurs dépendants de la densité (principalement la compétition intraspécifique chez les larves, la mortalité routière pourra être compensée par une survie des larves élevées et l'impact sur la population ne sera pas très important (Hels et Buchwald, 2001). Un exemple concret avec une population de pélobate brun (Pelobates fuscus) étudiée au Danemark par Hels et Buchwald (2001). Cette population semble être régulée à l'état larvaire par des mécanismes densités dépendants. La mortalité sur les routes ne devrait donc pas avoir un effet important sur la régulation. Cependant, si l'intensité du trafic ne cesse d'augmenter, la mortalité routière va aussi augmenter ce qui peut éventuellement réduire la taille de la population avec pour conséquence de ne pas atteindre la capacité de charge des étangs de reproduction. Dans cette situation, les processus stochastiques démographiques (natalité, mortalité, climat, perturbations du milieu, etc.) deviennent importants pour la survie de la population (Hels et Buchwald, 2001). L'étude du fonctionnement démographique des populations semble de ce fait très importante pour évaluer l'impact réel de la mortalité routière, mais cela n'est quasiment jamais mis en place car difficile à réaliser. En effet, de nombreux paramètres entrent en jeu parmi lesquels se trouvent, par exemple, la taille de la population, sa répartition en classes d'âge, le nombre de pontes qui arrivent à éclosion, le taux de survie des têtards, etc. Actuellement, la dynamique de la population n'est pas prise en compte dans la décision de mise en place de mesures d'atténuations de la mortalité routière. Ces dispositifs sont mis en place sur le seul critère d'observation d'écrasement sur la chaussée mais sans la moindre idée de ce que représente ce taux de mortalité sur l'ensemble de la population. Nous pouvons seulement supposer que les actions de protections routières mises en place sont bénéfiques pour les populations d'amphibiens puisque nous n'avons pas mis en évidence une influence significative de l'intensité du trafic routier sur les effectifs d'amphibiens récoltés dans les seaux. La mise en place d'études approfondies sur un ou deux sites témoins serait très intéressante pour expliquer et prévoir les effets attendus des protections routières.

Dynamique des populations, dispositifs de protection, suivis et mares de substitution

L'augmentation de la mortalité et une barrière aux mouvements peuvent influencer la démographie des espèces et les flux de gènes (Jochimsen et al., 2004). C'est pourquoi, des structures de franchissement sont de plus en plus utilisées pour permettre la conservation des populations d'amphibiens. Peu d'études sont menées sur les facteurs qui affectent l'utilisation des passages par les amphibiens (Jochimsen et al., 2004) mais la vitesse de migration est légèrement ralentie par ces passages (rapport d'observation ALTHIS). Malgré tout, Jolivet et al. (2008) ont montré une augmentation transitoire des effectifs d'amphibiens dans les quatre années qui suivent l'installation de mesures de réduction de la mortalité routière. À long terme, cette augmentation ne perdure pas chez les amphibiens au stade adulte à cause de la compétition pour les ressources qui limite la croissance de population. Cependant les juvéniles profitent de ces mesures même sur le long terme. Il est donc important lorsque l'on décide de mettre en place des passages à petite faune que la quantité de ressources soit la plus importante possible pour accueillir une grosse population d'amphibiens. Les ressources sont à la fois de la nourriture mais aussi des habitats de reproduction et d'hibernation. Dans de nombreuses situations l'installation des passages à petite faune intervient trop tard après la réduction importante des habitats limitant fortement l'efficacité des dispositifs. Avant l'installation des passages à petite faune, il faut prendre en compte la taille et la qualité potentielle des sites d'hibernation. Et une fois les tunnels implantés, il faut instaurer des mesures de conservation des habitats proches, en particulier des forêts ou zones arbustives (bocages, haies, bois, friches). Enfin des suivis doivent être mis en place pour

déterminer leur valeur de conservation et leurs performances écologiques (source) (Jochimsen *et al.*, 2004). De plus, dans le cadre de ces bilans, il faut garder à l'esprit que les dispositifs fonctionnent très bien pour d'autres animaux (reptiles, petits mammifères, ...) (Puky, 2006). La surveillance induite par le suivi écologique va aussi permettre de faire la maintenance et de s'assurer qu'il n'y a pas de défauts de construction. Ces deux derniers éléments sont fondamentaux pour s'assurer du bon fonctionnement des structures de franchissement. En effet, en Hongrie, seulement la moitié des mesures d'atténuation fonctionnent du fait d'un manque d'entretien (fig. 14) et d'une construction déficiente (Puky, 2006).





Figure 14: Illustration du manque d'entretien sur le dispositif de Reiningue. © Anne Ganet.

Dans le Haut-Rhin, la mise en place de mesures de gestion conservatoire des habitats aux alentours des sites de reproduction est possible par le biais, par exemple, d'une gestion par le Conservatoire des sites alsaciens (CSA), d'un classement de certains espaces en Réserve naturelle régionale (RNR) ou en Réserve biologique forestière (RBI) ou encore par l'acquisition foncière de terrains par le Conseil général lui même pour créer des Espaces naturels sensibles (ENS).

Enfin la construction d'étangs de substitution comme seule solution aux écrasements routiers n'est à notre sens pas une mesure d'atténuation à part entière. Les amphibiens présentent une affinité importante aux sites de pontes, c'est-à-dire qu'ils ont tendance à venir pondre là où ils sont nés (ACEMAV, 2003). Les étangs nouvellement créés vont rapidement être colonisés par des amphibiens mais rien ne les empêche de continuer à traverser la route à moins de poser une barrière le long de la route. Cette technique peut être utilisée pendant les trois années qui suivent la production de nouveaux lieux de reproduction. Cependant, dans l'objectif d'interconnexion entre entités naturelles, il est souhaitable que cette mesure soit couplée à un passage à petite faune. Creuser de nouvelles mares ne sert en fait qu'à compenser la mortalité routière mais ne permet pas de la prévenir (Schmidt, 2008).

Participation du public

Réduire les effets négatifs de routes et la circulation n'est possible que si le dialogue est établi entre la communauté scientifique, les planificateurs et les décideurs politiques. La majorité des personnes dans le monde vit dans les villes et de plus en plus, leurs rencontres avec la faune sauvage impliquent des animaux qui sont morts après une collision avec des véhicules (Van der Ree *et al.*, 2011). De nouvelles approches pour faire participer le public, et indirectement, les gouvernements, sont donc nécessaires. Nous pouvons citer à titre d'exemples une exposition de photographies datant de 2006 de la faune utilisant les viaducs et passages souterrains dans le parc national Banff au Canada (quelques unes des photos sont visibles sur le site web de Parcs Canada) ainsi qu'un concours de dessins illustrant les passages à faune dans le monde (fig. 15). Un concours de création artistique a aussi été organisé dans le cadre de la conférence de 2010 IENE (Infra Eco Network Europe) pour les enfants d'écoles hongroises, le thème était de représenter les conflits et les solutions, entre les routes et la faune.

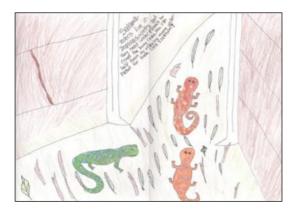




Figure 15 : Exemples de dessins réalisés par des écoliers dans le cadre d'un concours artistique organisé au Canada. Source : http://www.pc.gc.ca.

La communication et l'éducation sont aussi les clés pour faire accepter les dépenses en faveur de la protection de la biodiversité et prévenir les actes d'incivilité. Cependant, Puky (2006) révèle les effets contrastés de l'utilisation des panneaux « ralentir » et d'information des usagers de la route. Au Pays de Galles, la signalisation avertissant du passage d'amphibiens a encouragé certains automobilistes à tuer délibérément des Crapauds (Slater 1994, cité par Puky, 2006). En Australie, la vitesse des véhicules n'a pas été réduite malgré l'utilisation de panneaux de limitation de vitesse sur un site de passages de marsupiaux (Coulson 1982, cité par Puky, 2006).

Dans le Haut-Rhin, de nombreuses animations pour faire connaître la migration annuelle des amphibiens sont organisées et en particulier sur les sites d'Hagenthal, Willer ou encore Thierenbach dont la configuration est optimale pour l'accueil du public. Les actions sont actuellement menées soit par les bénévoles soit par les brigades vertes. Il serait envisageable d'effectuer un partenariat avec les Centres d'initiation à la

nature et à l'environnement (CINE) ou les Centres permanents d'initiatives pour l'environnement (CPIE) présents dans le département dont l'éducation à la nature et à l'environnement est leur principale mission. De plus, des panneaux de signalisation routière temporaires et spécifiques à la migration des amphibiens sont mis en place sur plusieurs sites pour alerter les usagers de cette problématique.

Coût de l'installation des filets

Les dispositifs temporaires sur les routes départementales du Haut-Rhin sont équipés chaque année de filets en grillage à mailles plus ou moins fines. Cela représente, d'après le service de l'équipement du conseil général un linéaire total de 21 640 mètres pour 2012. Onze centres routiers sont concernés par la pose de ces filets et sur ces onze, seul deux fortement sollicités font partiellement appel à une entreprise privée pour ces travaux (pour une valeur de 30 000 euros TTC). Le renouvellement des filets est estimé à 10 % par an soit un linéaire de 2200 mètres à un prix d'environ 3,60 euros TTC le mètre linéaire (prix moyen d'achat de filets standards et de filets très fin pour tritons, plus chers), d'où un investissement annuel de 8000 euros TTC. En ce qui concerne le temps passé pour la pose, la maintenance et la dépose des filets ainsi que pour la pose de la signalisation adéquate, représentent un total de 2442 heures (bilan 2011) pour un coût total moyen de 47 000 euros TTC (sans compter le temps passé par l'encadrement pour planifier cette activité, ainsi que pour la prise des quinze à vingt arrêtés de réglementation de la circulation). Pour résumer, le coût total de cette activité est de l'ordre de 85 000 euros TTC par an.

Ainsi, il apparaît cohérent d'aménager de dispositifs pérennes de type passage à petite faune d'un point de vue économique sur le long terme, car si ces dispositifs sont très coûteux à la construction, l'investissement de départ sera amorti assez rapidement en comparaison au coût des opérations temporaires qui doivent être renouvelées tous les ans.

Suivi et aménagement des sites pérennes

Nous n'avons pu récolter en 2012 assez de données sur les sites pérennes pour en tirer des conclusions. Cependant, nos observations de terrain nous ont permis de formuler des recommandations pour les quatre sites pérennes du département.

Ammerschwihr-Labaroche

Le suivi avec piège photographique ne semble pas satisfaisant, car les amphibiens ont plus ou moins la même température que leur environnement, et ne sont donc de ce fait pas détectés par la cellule de l'appareil photographique automatisé. Idéalement, il serait intéressant de poursuivre un suivi de la population migrante qui emprunte ces passages à l'aide d'un dispositif de seaux comme nous l'avons mis en place en 2012. Cependant, le terrain n'est pas propice à la mise en place chaque année de seaux à la

sortie des buses. De plus, un tel suivi impliquerait qu'une personne vienne tous les jours compter et ramasser les amphibiens, ce qui est contraignant. Ainsi, nous proposons d'une part de poursuivre le comptage des amphibiens dans les étangs du golf. Ces effectifs constituent un bon indicateur de l'utilisation du dispositif par les animaux. Nous recommandons d'ailleurs de ne considérer que l'effectif des crapauds communs, car une partie des grenouilles rousses hivernent sous l'eau, et donc n'empruntent par les tunnels pour se rendre au site de reproduction. De plus, nous préconisons la mise en place de caméra vidéos automatisées qui filment une minute par heure ou par demiheure la sortie des tunnels, durant toute la journée, sur une période de quelques jours, durant le pic de migration. Un tel dispositif permettrait d'avoir un bon retour sur l'utilisation de ces tunnels par la petite faune, et en particulier par les amphibiens. Les contraintes sont de deux ordres, la première concerne le vol possible du matériel mis en place, et la seconde le dépouillement des données qui est fastidieux. Pour le premier problème, des solutions sont possibles (camouflage, boîte cadenassée). Pour la seconde contrainte, la mise en place d'un partenariat avec un organisme externe intéressé par l'analyse de telles données pourrait être une solution. Par exemple, une prise de contact avec l'équipe du DEPE-CNRS de Strasbourg pourrait permettre la mise en place d'un partenariat dans le cadre d'un sujet lié à l'utilisation des tunnels routiers par la petite faune, et les données pourraient ainsi être dépouillées et analysées par une personne du laboratoire.

Balgau

Pour le site de Balgau, nous préconisons dans un premier temps une étude sur la présence d'amphibiens sur le tronçon de route concerné, avec la mise en place d'un dispositif temporaire de type filets/seaux durant une saison. Cette phase permettra de savoir si des amphibiens sont présents sur le site, cherchent à traverser, quelles espèces, et en quels effectifs. Suite aux résultats, il sera alors possible de choisir d'aménager ou non le site par la pose de murets pour relier les tunnels existants.

Kruth-Wildenstein

La situation actuelle du site est difficile à analyser. Nos observations sur le terrain tendent à nous faire penser que le dispositif n'est actuellement pas fonctionnel par manque d'entretien, et l'accumulation de divers matériaux dans les tunnels qui en résulte n'est pas favorable au passage de la petite faune. Dans un premier temps, un nettoyage des buses serait envisageable. Suite à cette opération, un suivi permettrait de savoir si les tunnels redeviennent fonctionnels pour les amphibiens.

Reiningue

Sur ce site, le dispositif mis en place paraît fonctionnel, malgré tous les problèmes affairants aux écroulement miniers et au changement de l'axe migratoire des amphibiens. Un entretien plus régulier des murets et des tunnels est à envisager,

Évaluation de l'efficacité des dispositifs de protection routière pour les amphibiens et identification des zones à enjeux dans le Haut-Rhin - 2012.

notamment au niveau de la végétation qui bloque le passage des amphibiens. De plus, la mise en place de filets supplémentaires semble pour l'instant une solution à maintenir sur le site pour contenir le flux migratoire qui passe en dehors des limites du dispositif actuel.

7 Propositions d'aménagements sur les sites de protection existants

Il n'est pas possible de construire systématiquement des passages à petite faune dès qu'il existe un conflit entre les usagers de la route et les amphibiens, que ce soit pour des raisons économiques ou techniques. Pour que les opérations de ramassages puissent perdurer dans de bonnes conditions, il faut faciliter la mise en place des dispositifs. Cela passe par des éléments de guidages fixes pour profiter des éléments déjà présents (buses d'évacuation d'eau, ponts, ...) ou la création de systèmes ingénieux qui permettent de laisser en place les seaux pièges d'une année sur l'autre, comme par exemple sur le site de Turckheim. D'après notre étude six sites avec un potentiel herpétologique important (Tableau 5), ont retenu notre attention en termes d'aménagements particuliers.

Lac de la Lauch

Le lac de la Lauch est le site qui ressort comme le plus intéressant à améliorer selon notre système de hiérarchisation. L'agriculture et les constructions urbaines sont inexistantes dans un rayon de 3 kilomètres autour des sites de reproduction. Les points d'eau pour la reproduction sont pérennes depuis plusieurs années. En effet, des mares ont été creusées de façon à retenir l'eau au cas où le gestionnaire du lac effectuerait des baisses artificielles de niveau d'eau. Ce site est situé en montagne (environ 900 mètres) la route est donc relativement étroite avec de nombreux virages. Il existe actuellement des passages sous la route pour évacuer l'eau de ruissellement. Cependant leur aménagement pour permettre le passage des amphibiens nous semble difficile. Les buses sont circulaires et de petit diamètre ce qui n'est pas préconisé dans la littérature technique. En cas de fortes pluie l'évacuation des eaux se fera au dépend des amphibiens. De plus, la typologie du site risque de poser des problèmes techniques pour la pose de barrières de guidage. En effet le dimensionnement des bas côtés est relativement étroit et présente par endroits un fort dénivelé. Actuellement, le maintien de l'opération de sauvetage par le système filets et seaux reste la meilleure solution. Cependant, la réalisation d'un suivi plus précis est à prévoir puisque la mise en place d'un dispositif pérenne pourra de nouveau être envisagée lors de travaux de réfection de la voirie.

Sonderdorf

Le site de Sondersdorf comptabilise environ 34 véhicules par heure. Il serait intéressant de connaître la répartition journalière de cette circulation et faire un sondage des usagers de cette route pour savoir s'ils seraient d'accord pour fermer cet axe la nuit en période de migration, soit durant quatre semaines par an au maximum. Plusieurs

itinéraires de déviation sont possibles sans faire de détours très importants (fig. 16). De Hippoltskirch à Ligsdorf par la route la plus courte (bleue puis violet dans le sens Hippoltskirch - Ligsdorf) il y a 3 km. En passant par la déviation 1 représentée en violet, l'itinéraire mesure 4 km et par la déviation 2 (violet puis rose dans le sens Hippoltskirch - Ligsdorf) 7 km.

La déviation 1 engendre un détour de seulement 1 kilomètre mais il est possible que la portion de route entre Muchlengrund et Ligsdorf coupe d'autres axes de migration puisque cette route sépare de nombreux étangs de massifs forestiers. Cependant aucun signalement d'écrasements massifs d'amphibiens n'a encore été enregistré sur cette portion. La déviation 2 engendre un détour de 4 km.

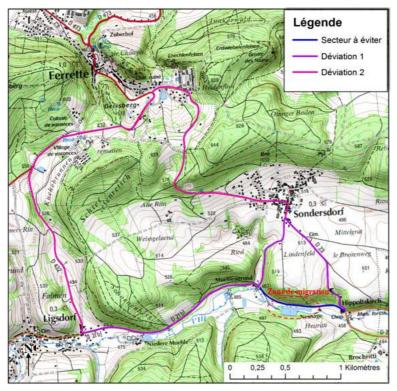


Figure 16: Propositions de déviations possibles sur le site de Sondersdorf.

Buhl et Schweighouse

Il n'y a pas d'aménagements simples à réaliser pour améliorer ces sites. Le problème majeur rencontré est la dangerosité du ramassage avec des bas côtés étroits et la présence de virages. Les contraintes topographiques importantes rendent la création d'un passage à petite faune difficile. Le maintien de l'opération de sauvetage par le système de filets et de seaux reste cependant préconisé.

Michelbach

La migration à Michelbach a été identifiée sur un tronçon de route mesurant environ 150 mètres. Un pont est situé sur ce linéaire (fig. 17). Il serait envisageable de construire des banquettes sous le pont (fig. 18) d'une largeur minimale de 20 cm

(Percsy, 2005) et un dispositif de guidage de chaque côté pour contraindre les amphibiens à utiliser ce passage. De plus, un tel dispositif bénéficierait à d'autres animaux, notamment les micromammifères et les petits carnivores tout au long de l'année.

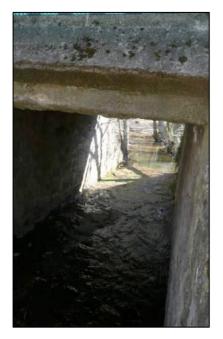
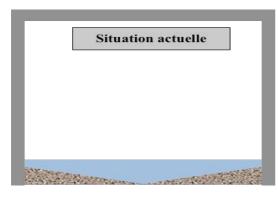




Figure 17 : Pont susceptible d'être aménagé pour le passage des amphibiens sur le site de Michelbach.



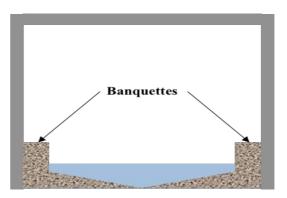


Figure 18 : Schéma représentant l'aménagement en banquettes permettant le passage de la petite faune sous le pont sur le site de Michelbach.

Fulleren

Le site de Fulleren n'est équipé que depuis 2011. Il n'est donc pas possible de connaître la tendance évolutive de la population. Néanmoins, ce site a permis le sauvetage de plus de 5000 amphibiens en 2011, ce qui est un nombre très important. La création de passages à petite faune semble réalisable sur ce site. Nous conseillons donc de commencer dès à présent un suivi plus détaillé de la migration pour imaginer le positionnement des buses. Une grosse buse circulaire donnant dans l'étang est déjà installée, il devrait être facile et peu coûteux d'aménager ses abords pour la rendre efficace lors de la migration « aller » avant même la construction d'éventuels passages à

petite faune (fig. 19).



Figure 19 : Situation des filets et de la buse par rapport au site de reproduction de Fulleren. Les photos A et B montrent en détail l'entrée (A) et la sortie (B) de la buse.

Thierenbach

À Thierenbach, la population présente d'importantes fluctuations mais semble avoir tendance à diminuer. Malgré cela, le site reste intéressant pour l'animation pédagogique puisqu'une partie de la migration s'effectue aux alentours d'une basilique. Malheureusement le parking a été réaménagé en 2010 sans prendre en compte la problématique amphibiens. De plus, il y a quelques années l'hôtel de luxe « Les Violettes » n'existait pas, la route était donc fermée en période de migration, ce qui limitait considérablement les écrasements. Toutefois, pour limiter le temps de pose des filets, il serait possible de construire un muret fixe au niveau du parking (en jaune) et un filet permanent (en brun) sur le grillage de l'étang du côté de la route qui mène à l'hôtel (fig. 20). Un tel dispositif permettrait de réduire l'écrasement sur cette portion de route lié au trafic des clients de l'hôtel. Il serait également intéressant d'installer des panneaux de signalisation routière pour signaler la présence d'amphibiens et limiter la vitesse à 20 ou 30 km/heure sur la section de route qui mène à l'hôtel, sur le modèle des panneaux mis en place à Ammerschwihr par exemple. Sur cette même zone, il serait éventuellement possible d'installer des ralentisseurs amovibles assez rapprochés (50 à 60 mètres) pour forcer les automobilistes à réduire leur vitesse. Le but étant que même si le conducteur ne fait pas l'effort d'éviter les animaux, ces derniers ne sont pas projetés contre le soubassement de la voiture par le déplacement d'air dû à la vitesse.

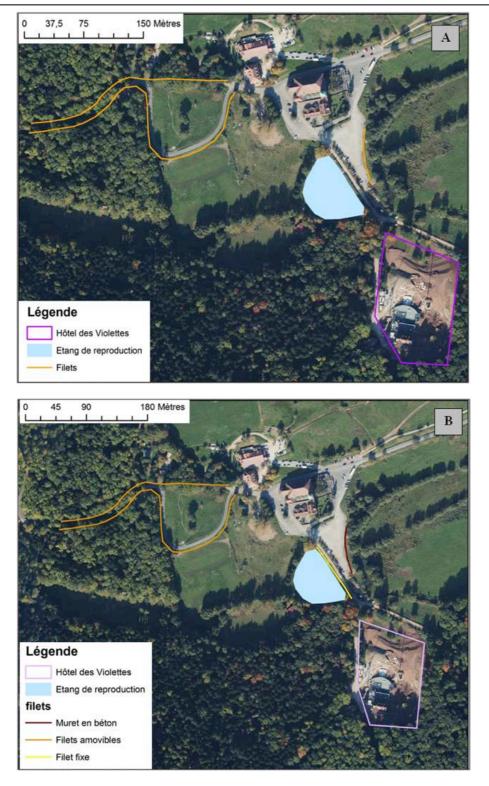


Figure 20 : Situation actuelle (A) et propositions (B) pour le site de Thierenbach.

Autres sites

Bien que nous n'ayons pas analysé finement les caractéristiques des autres sites, nous formulons tout de même des propositions qui pourraient être appliquées pour améliorer ou pour pérenniser les actions de protections.

Mise en place de passages à petite faune

D'après le résultat de l'analyse exposé dans le tableau 6, nous pensons qu'idéalement, il serait favorable de mettre en place des passages à petite faune (sur les modèles donnés en annexe 10) sur les sites suivants :

- Hagenthal-le-Bas
- Habsheim
- Jettingen Allmend et Bergmatten
- Meyenheim
- Pulversheim
- Turkheim
- Willer-sur-Thur

Notons que les effectifs moyens de tous ces sites sont supérieurs à 1 000 amphibiens, et qu'hormis Meyenheim, tous ont un tendance évolutive positive ou stable (Habsheim). Ces critères seuls, liés aux effectifs d'amphibiens et leur tendance, permettent de justifier la mise en place de dispositifs pérennes.

Maintien du dispositif en place

Nous préconisons de maintenir le dispositif temporaire sur le site d'Altkirch, car le tronçon de route est très court et l'implantation de gros arbres le long de la chaussée rendrait certainement la pause de tunnels et de caniveau collecteurs difficiles.

Enfin, pour tous les autres sites dont la tendance est négative, nous préconisons également de maintenir les dispositifs temporaires en place, ce qui permet de continuer le suivi de la tendance des populations. Si la tendance négative se confirme sur l'ensemble de ces sites, nous pensons que la problématique routière n'est pas la cause principale du déclin des amphibiens sur ces secteurs et qu'il serait intéressant de chercher les causes et de mettre en place d'autres types de mesures conservatoire pour sauvegarder ces populations.

Synthèse

Les propositions formulées ci-dessus découlent de l'analyse qui prend en compte plusieurs facteurs pour déterminer les sites actuellement équipés de dispositifs temporaires. Ces éléments servent d'exemple, et il est tout à fait envisageable de mettre en place des aménagements sur d'autres sites qui n'ont pas été sélectionnés par notre méthode d'analyse. Cependant, nous tenons à souligner que nous ne nous sommes pas limités à la seule prise en compte de l'effectif d'amphibiens migrants, mais aussi à la tendance de l'effectif, et d'autres critères techniques liés aux routes elles-même. Nous pensons que le choix de la mise en œuvre de passages à petite faune sur des routes existantes dans le Haut-Rhin est délicat car il existe beaucoup de sites (>20) et dans l'absolu, chacun mériterait ce type d'installation. Les contraintes économiques et techniques ne permettent pas l'installation de buses et dispositifs de guidages partout, de ce fait il faut trouver des critères pour faire ressortir les sites prioritaires dans le cas où il

Évaluation de l'efficacité des dispositifs de protection routière pour les amphibiens et identification des zones à enjeux dans le Haut-Rhin - 2012.

serait possible d'engager des aménagements.

Par contre, nos propositions et recommandations (voir en plus annexe 10) sont tout à fait applicables pour toutes les routes qui sont en projet et qui seront construites dans le futur.

8 Conclusion

Cette étude démontre la complexité de la problématique des amphibiens et des routes. Il existe en effet une multitude de facteurs, qui interagissent certainement en synergie de surcroît, qui entrent en jeu pour comprendre les relations entre une population migrante d'amphibien, l'impact des écrasements, et les techniques à disposition pour sauvegarder les populations. Il n'existe pas de solution universelle, car en fonction de la topographie, de la typologie du point d'eau, de la pente, de la courbe de la route, etc., les problématiques doivent être traitées différemment, et au final au cas par cas. Néanmoins, il existe des recommandations générales qui peuvent s'appliquer sur le terrain et qui permettent d'optimiser les mesures de protection mises en place, qu'elles soient pérennes ou temporaires (annexes 9 et 10).

Un passage à petite faune bien conçu est une bonne solution pour réduire la mortalité routière des amphibiens et réduire l'effet fragmentant des routes sur les populations. Le fonctionnement pendant la saison de migration est autonome aussi bien pour les adultes lorsqu'ils vont et ont fini de se reproduire que pour les jeunes qui se dispersent. Bien que la mise en place de ce type de dispositif est de plus en plus fréquente, nous craignons que les passages pérennes soient une façon de se « dédouaner » des questions de biodiversité et de continuité écologique. En effet, leur mise en place fait bonne impression et peut permettre de faire accepter un projet d'aménagement urbain ou d'infrastructure impactante pour la biodiversité, malgré une efficacité sur le long terme qui n'est pas toujours garantie. Des études préalables rigoureuses, un suivi pour s'assurer de l'efficacité ainsi qu'un entretien annuel sont les garants d'une efficacité optimale sur le long terme. De plus, il faut noter que même s'il existe des études et quelques retours d'expérience, ce type d'aménagements est encore récent, et nous manquons de données et de recul pour bien appréhender leur efficacité et leur intégration au sein de la dynamique des populations. Ainsi, la seule mise en place de buses sous la route ne nous paraît pas suffisant, il faut l'accompagner de suivi sur le long terme et d'un entretien régulier.

Ce type d'aménagement présente une seconde limite. Les campagnes de ramassages à l'aide de filets et de seaux, constituent une dimension sociale et éducative que n'ont pas les passages pérennes. Éduquer à la protection de l'environnement de proximité est essentiel, surtout dans notre société où les citoyens connaissent de moins en moins les éléments qui constituent la biodiversité. De plus, les espèces qui traversent ne sont pas spécialement menacées, elles font parties de la biodiversité ordinaire que l'on peut donc observer assez facilement. Comme souvent c'est le mélange entre différentes solutions qu'il faut appliquer pour profiter des avantages de chacune.

Enfin, il est également important de s'intéresser à une échelle plus large qui est celle du paysage. Les mesures d'atténuation de la mortalité routière des amphibiens sont restreintes si l'habitat nécessaire à la survie des espèces ainsi que les corridors pour se déplacer entre ces habitats ne sont pas conservés.

Les principaux points qui ressortent de ce travail sont les suivants :

- Il est difficile de prévoir des aménagements pérennes de type buses sous la route sur les sites actuels qui ressortent comme prioritaires pour les populations d'amphibiens. D'un point de vue technique, il serait certainement possible de mettre en place des tunnels à petite faune sur d'autres tronçons actuellement équipés temporairement, mais ces sites ne ressortent pas comme prioritaires et il existe un risque que de tels aménagements n'améliorent pas la situation actuelle des populations.
- L'aménagement de passages à petite faune sous des routes en projet est par contre tout à fait possible et doit intégrer en plus des critères biologiques (sens et localisation des axes de migration, effectifs...) des critères techniques stricts pour rendre ces dispositifs efficaces (voir annexe 10).
- Pour la plupart des sites, le maintien de dispositifs temporaires est certainement la meilleure solution, même si dans certains cas cette solution est contraignante.
- L'implication des bénévoles dans la campagne de protection et les sorties avec les enfants est un point très positif pour la sensibilisation à l'environnement. De plus, l'information à propos de l'opération relayée dans les médias locaux permet d'élargir le spectre du public touché. C'est un bon moyen pour faire connaître notre biodiversité locale et somme toute assez commune, bien que rarement observée du fait du caractère très discret des amphibiens.

Enfin, se pose la question du maintien des dispositifs sur des sites avec moins de 1 000 amphibiens capturés chaque année. Cette question mérite discussion et réflexion. Nous pensons qu'au moins, les sites dans cette catégorie mais qui présentent une tendance des effectifs positive doivent être maintenus. Par contre, pour les autres, comme à Leymen par exemple, il ne serait pas choquant d'abandonner l'opération et d'allouer les moyens de ces "petits" sites à d'autres sites qui nécessitent des améliorations, ou même à des nouveaux sites.

Le Conseil général du Haut-Rhin est conscient des enjeux liés à la problématique des écrasements d'amphibiens sur ses routes et œuvre depuis une vingtaine d'années pour réduire cette mortalité grâce à l'installation de dispositifs pérennes et temporaires. Au fil des années, le nombre de sites équipés et le linéaire de filet augmente. Nous

avons eu la chance de rencontrer des personnes intéressées par les amphibiens et convaincues de l'utilité des actions menées en leur faveur dans le département. Le bilan des campagnes de sauvegarde est plutôt positif en termes d'effectif d'amphibiens sauvés. Cependant un certain nombre d'améliorations pourraient tout de même être apportées sur certains sites. L'étroite collaboration entre les services du Conseil général, les brigades vertes, les élus, les bénévoles et les associations est un vrai atout pour une meilleure prise en compte de la biodiversité dans le Haut-Rhin.

9 Références

- ACEMAV Duguet, R. & Melki, F., ed. (2003), Les Amphibiens de France, Belgique et Luxembourg, Biotope.
- Albinet, S. (2001), 'Amphibiens et paysages: méthode d'étude de la répartition spatiale des populations d'amphibiens dans le paysage', Master's thesis, Université de Toulouse, DEA environnement et paysage.
- Andrews, K. M.; Gibbons, J. W. & Jochimsen, D. M. (2006), 'Literature Synthesis of the Effects of Roads and Vehicles on Amphibians and Reptiles', Technical report, Federal Highway Administration (FHWA), U.S. Department of Transportation.
- Andrews, K. M. & Jochimsen, D. M. 'Ecological effects of roads infrastructure on herpetofauna: understanding biology and increasing communication'. In proceedings of the 2007 international conference on ecology and transportation, edited by C. Leroy Irwin, Debra Nelson, and K.P. McDermott Raleigh, NC: Center for transportation and the environment, North Carolina State University. pp 567-582.
- Ashley, P. E & Robinson, J. T. (1996), 'Road mortality of amphibians, reptiles and other wildlife on the Long Point causeway', Lake Erie, Ontario. *Canadian Field Naturalist*. 110(3): 403-412.
- Beebee, T. & Griffiths, R. (2000), *Amphibians and Reptiles*, HarperCollins Publisher.
- Berger, L. (1982), 'Hibernation of the European water frogs (*Rana esculenta complex*)'. *Zoologica poloniae* **29**, 57 72.
- Bielsa, S. & Pineau, C. (2007), 'Inventory and typology of fauna passages on french transport infrastructures'. In proceedings of the 2007 International conference on ecology and transportation, edited by C. Leroy Irwin, Debra Nelson, and K.P. McDermott Raleigh, NC: Center for transportation and the environment, North Carolina State University. pp 401-408
- Boissinot, A. (2009), 'Influence de la structure du biotope de reproduction et de l'agencement du paysage, sur le peuplement d'amphibiens d'une région bocagère de l'ouest de la France', Ecole Pratique des Hautes Etudes.
- Carr, L. W. & Fahrig, L. (2001), 'Effect of road traffic on two amphibian species of differing vagility', *Conservation biology* **15**, 1071 1078.
- Decout, S. & Luque, S. (2010), 'ECOTRAM Comparaison de méthodes pour l'application de la trame verte et bleue en Région Rhône-Alpes : Approche intégrée de diagnostic de connectivité appliqué aux amphibiens', Technical report, Cemagref

- et Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement.
- Duellman, W. E. & Trueb, L. (1986), *Biology of amphibians*. McGraw-Hill, New York. pp 670.
- Eigenbrod, F.; Hecnar, S. J. & Fahrig, L. (2008), 'The relative effects of road traffic and forest cover on anuran populations', *Biological conservation* **141**, 35-46.
- Fahrig, L. & Rytwinski, T. (2009), 'Effects of road on animal abundance: a empirical review', *Ecology and Society* **14(1)**, 21.
- Fahrig, L.; Pedlar, J. H.; Pope, S. E.; Taylor, P. D. & Wegner, J. F. (1995), 'Effect of road traffic on amphibian density', *Biological Conservation* **73**, 177-182.
- Forman, R. T. & Alexander, L. E. (1998), 'Roads and their major ecological effects', *Ann. Rev. of Ecol. and Syst.* **29**, 207-231.
- Garriga, N.; Santos, X.; Montori, A.; Richter-Boix, A.; Franch, M. & Llorente, A. (2012), 'Are protected areas truly protected? The impact of road traffic on vertebrate fauna', *Biodiversity Conservation* **21**, 2761-2774.
- Glista, D. J.; DeVault, T. L. & Dewoody, J. A. (2007), 'Vertebrate road mortality predominantly impacts amphibians', *Herpetological Conservation Biology* **3**, 77-87.
- Gryz, J. & Krauze, D. (2008), 'Mortality of vertebrates on a road crossing the Biebrza Valley (NE Poland)', *European Journal of Wildlife Research* **54**, 709-714.
- Hels, T. & Buchwald, E. (2001), 'The effect of road kills on amphibian populations', *Biological Conservation*, chapter IV-A, pp. 331-340.
- Herbouiller, A. (2009), 'Rapport d'observation : étude sur l'efficacité des passages inférieurs pour la petite faune', ALTHIS.
- Jochimsen, D. M.; Peterson, C. R.; Andrews, K. M. & Whitfield Gibbons, J. (2004),
 'A Literature Review of the Effects of Roads on Amphibians and Reptiles and the Measures Used to Minimize Those Effects', Technical report, Idaho Fish and Game Department USDA Forest Service.
- Jolivet, R.; Antoniazza, M.; Strehler-Perrin, C. & Gander, A. (2008), 'Impact of road mitigation measures on amphibian populations: a stage-class population mathematical model'.
- Joly, P.; Morand, C. & Cohas, A. (2003), 'Habitat fragmentation and amphibian conservation: building a tool for assessing landscape matrix connectivity'.
- Lesbarrères, D.; Lodé, T. & Merilä, J. (2004), 'What type of amphibian tunnel could reduce road kills?', *Oryx* **38**, 220-223.
- Mazerolle, M. J.; Huot, M. & Gravel, M. (2005), 'Behavior of amphibians on the road in response to car traffic', *Herpetologica* **61**(4), 380-388.

- Normand, F. (2009), 'Contribution à l'étude des amphibiens de l'estuaire de la Loire'. Réserve de Chasse et de Faune Sauvage du Massereau, Technical report, ONCFS.
- Opdam, P. (1991), 'Metapopulation theory and habitat fragmentation a review of holarctic breeding bird studies', *Landscape Ecology* **5**, 93-106.
- Percsy, C. (2005), 'Les batraciens sur nos routes', Technical report, Region Wallonne.
- Porej. D. & Hetherington T. E. (2005) 'Designing wetlands for Amphibians: the importance of predatory fish and shallow littoral zones in structuring of amphibian commutaties'. *Wetlands Ecology and Management* **13**, 445-455.
- Puky, M. (2006), 'Amphibian road kills: a global perspective', *Proceedings of the 2005 International Conference on Ecology and Transportation*, 325 338.
- Puky, M. (2003), 'Amphibian mitigation measures in central-europe', *Ecotoxicology Lead Campus Program Publications*.
- Ramade, F. (2009), *Eléments d'écologie: Ecologie fondamentale*, Dunod.
- Ray, N. (1999), 'Etude de la migration des amphibiens et de la connectivité à l'aide d'un Système d'information géographique'. Master thesis (DESSNE). Université de Genève / Université de Lausanne, Genève.
- Schmidt, B. R. & Zumbach, S. (2008), 'Amphibian road mortality and how to prevent it: a review of literature', *in* J C Mitchell; R E Jung Brown & B Bartolomew, ed., 'Urban Herpetology', Society for the Study of Amphibians and Reptiles, St. Louis, Missouri, pp. 157-167.
- Smith, L. L. & Dodd, C.K. Jr. (2003), 'Wildlife mortality on U.S. highway 441 across Paynes Prairie', Alachua Country, Florida. Florida Scientist 66: 128-140
- Stuart, S.; Hoffmann, M.; Chanson, J.; Cox, N.; Berridge, R.; Ramani, P. & Young B. (2008), 'Threatened Amphibians of the World', Lynx Edicions, IUCN, Conservation International.
- Van der Ree, R.; Jaeger, J. A. G.; Van der Grift, E. A. & Clevenger, A. P. (2011), 'Effects of roads and traffic on wildlife populations and landscape function: road ecology is moving towards larger scales'. *Ecology and Society* 16(1): 48
- Zanini, F. (2006), 'Amphibian conservation in human shaped environments: landscape dynamics, habitat modeling and metapopulation analyses', Ecole polytechnique fédérale de Lausanne.

ANNEXES

ANNEXE 1 : FICHE A REMPLIR LORS DE LA PREMIERE VISITE DES SITES DE MIGRATION

- Nom commune Nom de la route Autre nom particulier - Jour de la visite (heure) - Personnes présentes
- Site reproduction ☐ public ☐ privé, personne à contacter:
- Longueur des filets en mètres (TRACE GPS) Amont: Aval: Type de filet: plastique plein; maille, h x l:; hauteur:
- Nombre de sceaux (point GPS du premier saut et du dernier):
- Distance, en mètres, entre la route et le lieu de reproduction:
- Route: plane; déblai ; remblai (hauteur) - Présence de buse(s): NON; OUI (nombre:) (point GPS) - Dimensionnement bas côtés (place pour guidage amphibiens vers passages à petite faune: filets murets) Amont: Aval:
- Présence de bouche d'évacuation (piège) : NON; OUI (point GPS)
- Occupation du sol de chaque côté de la route Amont: foret privé; publique; prairie; champ cultivé; vignes; urbain; autre Aval: foret privé; publique; prairie; champ cultivé; vignes; urbain; autre
- Présence zone humide en amont? NON; OUI (point GPS)
- Historique salariés (BV):lun ;mar ;mer ;jeu ;vend ;sam ;dim bénévoles :lun ;mar ;mer ;jeu ;vend ;sam ;dim
- Espèce(s) remarquable(s):

ANNEXE 3 : FICHE A REMPLIR LORS DE LA VISITE DES PASSAGES A PETITE FAUNE

- Nom commune Nom de la route
Autre nom particulier
- Jour de la visite, heure
- Personnes présentes
- 1 croomics presentes
- Année de mise en service:
- Suivi NON; OUI; en quelles années?:
- Site reproduction
public
privé, personne à contacter:
- Nombre de tunnels (traces GPS):
- Espace en chaque tunnel:
- Type de tunnel
Longueur
Forme circulaire, diamètre:
en U, hauteur X largeur:
autre
Système de guidage: muret; filet; autre
Matériel
Longueur
Hauteur
Extrémités pour empêcher les amphibiens d'aller sur la route: NON; OUI
SCHEMA
SCHEWA
- Ecrasements observés en dehors des crapauducs?
NON
OUI
De quel côté?
Quantité?
Espèces en particuliers?
Régulier (depuis quelle année)?
- Distance, en mètres, entre la route et le lieu de reproduction:
- Occupation du sol de chaque côté de la route
Amont: foret privé; foret publique; prairie; champ cultivé; urbain;
autre
Aval: foret privé; foret publique; prairie; champ cultivé; urbain;
autre
CCITEMA

SCHEMA

ANNEXE 4 : EXTRAIT D'UNE FICHE DE NOTATION QUOTIDIENNE UTILISEE PAR LES RAMASSEURS LORS DE CAMPAGNES DE PROTECTION

Campagne de protection des batraciens 2012

		indiv	idus ram	assés					
		Crapauds		Autres sp.			température	climat	REMARQUES
		aller	retour	aller	retour	TOTAL			
FEVRIER									
lundi	13								
mardi	14								
mercredi	15								
eudi	16								
vendredi	17								
samedi	18								
dimanche	19								
lundi	20								
mardi	21								
mercredi	22								
eudi	23								
vendredi	24								
samedi	25								
dimanche	26								
undi	27								
mardi	28								
mercredi	29								
MARS									
jeudi	1								
vendredi	2								
samedi	3								
Etc									

Remarques, commentaires, illustrations, propositions:

ANNEXE 5 : PHOTOS DES PRINCIPALES ESPÈCES RENCONTRÉES DANS LES DISPOSITIFS



Triton alpestre © Jean-Pierre Vacher



Triton palmé © Jean-Pierre Vacher



Crapaud commun © Jean-Pierre Vacher

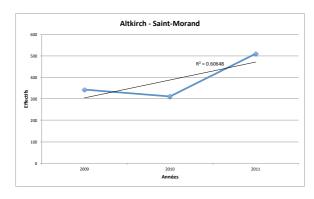


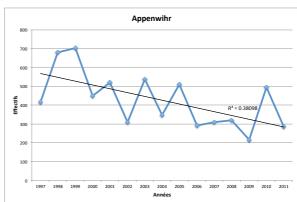
Grenouille rousse © Jean-Pierre Vacher

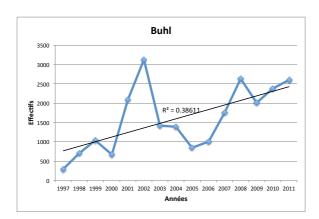


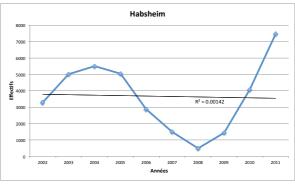
Grenouille agile © Jean-Pierre Vacher

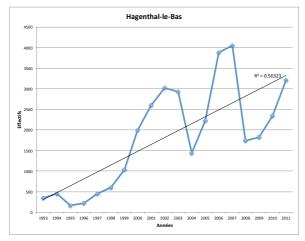
ANNEXE 8 : TENDANCE EVOLUTIVE DES POPULATIONS DE CHAQUE SITE DE MIGRATION

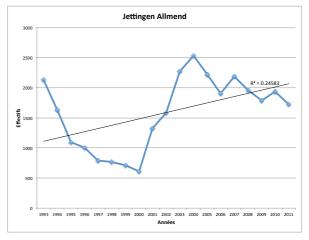


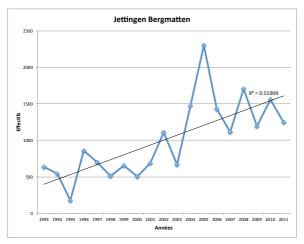


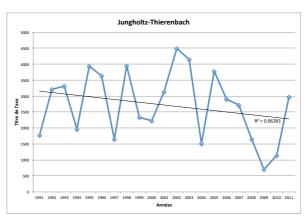


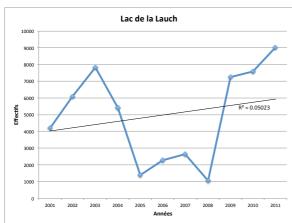


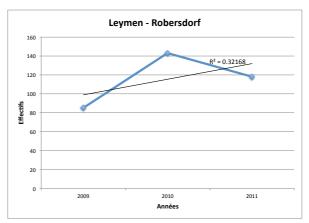


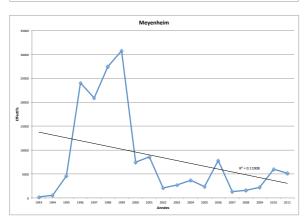


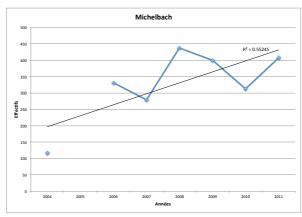


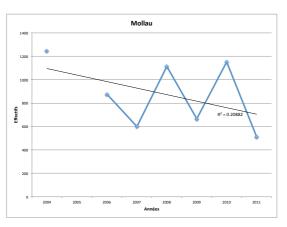


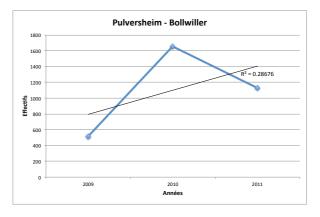


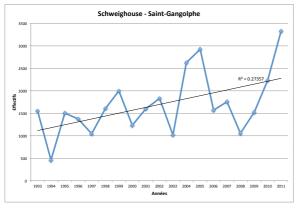


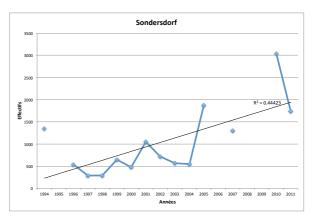


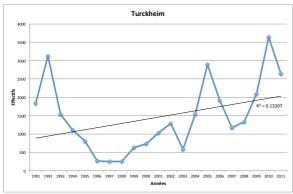


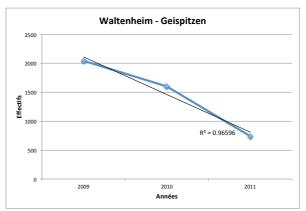


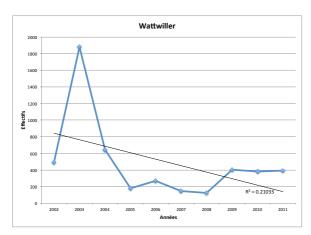


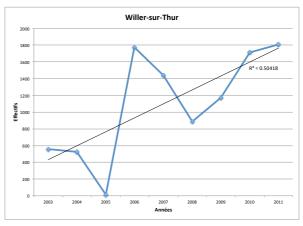


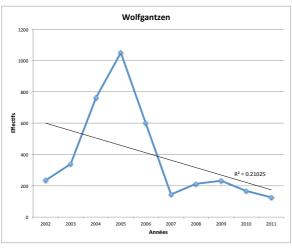














ANNEXE 9

RECOMMANDATIONS POUR L'INSTALLATION DE DISPOSITIFS DE PROTECTION TEMPORAIRE DES AMPHIBIENS

- Bien enterrer les filets à une dizaine de centimètres de profondeur pour ne laisser aucun espace entre le sol et le filet (Puky, 2003).
- Les mailles du filet ne doivent pas mesurer plus de 4 millimètres (Puky, 2003) mais elles doivent être adaptées aux espèces présentes sur le site. Lorsque la présence de tritons est avérée il faut prévoir des mailles encore plus fines, ou mieux des bâches pleines (filets « Zieger⁴ » par exemple, fig. a).
- La hauteur minimum du filet doit être de 40 cm (Jochimsen *et al.*, 2004). Son sommet doit être plié dans le sens d'arrivé de la migration, de sorte que les amphibiens ne puissent pas les escalader (Puky, 2003).
 - Les seaux doivent être positionnés de façon à être tangent au filet.
- À chaque extrémité du dispositif, le filet doit être recourbé et un seau doit être placé à cet endroit pour que le dispositif soit opérationnel sur toute sa longueur (fig. b).



Figure a: Filet « Zieger », optimum pour les tritons. © Anne Ganet.

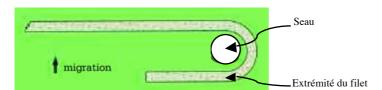


Figure b : Schéma de l'extrémité d'un filet, vue de dessus.

- Les seaux doivent être enterrés parfaitement pour qu'il n'y ait aucun espace entre la terre et le seau afin d'éviter que des animaux se retrouvent coincés dans cet interstice (exemple de ce qu'il ne faut pas faire fig. c).
 - L'espace entre deux seaux consécutifs ne doit pas être trop important (environ 20 mètres)

⁴ http://www.zieger-amphibienschutz.com

pour éviter que les animaux quittent le site avant de tomber dans un seau.

- Des petits trous doivent être percés dans le fond des seaux pour que l'eau de pluie puisse s'infiltrer mais que les amphibiens ne puissent pas se faufiler.
- Un tapis de feuilles mortes au fond des seaux va limiter le dessèchement des amphibiens (fig. d)
- Un bâton doit être placé dans les seaux pour permettre aux invertébrés et micromammifères piégés de ressortir (fig. d).



Figure c : Exemple de dispositif où les seaux sont mal positionnés et peuvent entraîner une mortalité des amphibiens. © Anne Ganet.



Figure d : Exemple de seau avec feuilles mortes au fond pour éviter la dessication des crapauds et un bâton pour permettre aux insectes et micromammifères d'en sortir. © Anne Ganet.

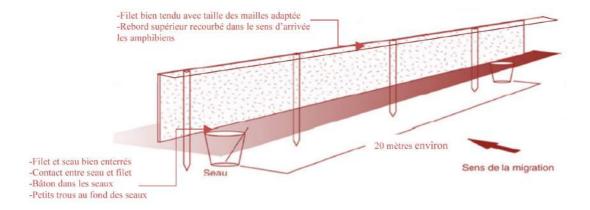


Figure e : Schéma résumant les principales caractéristiques à respecter lors de la mise en place d'un dispositif temporaire de protection.

ANNEXE 10

RECOMMANDATIONS POUR UN PASSAGE A PETITE FAUNE

Il existe plusieurs types de dispositifs. Les tunnels à double sens de petit (inférieur à 1 mètre) ou grand diamètre (1 mètre ou plus) et les paires de tunnels (chacun à sens unique) de petits diamètres (fig. f). Chacun a des avantages et inconvénients. Le choix s'effectue souvent en fonction des contraintes techniques liées à la configuration des lieux mais dans tous les cas un certain nombre d'exigences fondamentales sont à respecter.

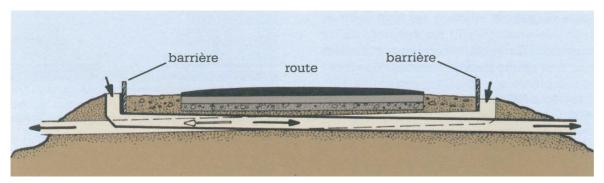


Figure f : Schéma d'un passage à petite faune, avec tunnel simple. Tiré de Percsy (2005).

- Un suivi de la migration des amphibiens sur trois années au moins doit être effectué au préalable de la construction des tunnels. Cela permet de connaître les axes de migration et de placer les tunnels où le passage est le plus dense.
- La distance entre les tunnels ne doit pas être trop élevée, entre 50 et 100 mètres (Puky, 2003). La capacité de déplacement latéral des amphibiens est généralement assez faible. À l'aide de marquages, il a été constaté que chez la grenouille rousse, 30 % des individus sont capables de se déplacer latéralement de 50 mètres, alors que chez le crapaud commun, seulement 20 % des individus franchissent cette même distance. Si les anoures et les urodèles n'ont pas la possibilité de contourner l'obstacle, ils vont s'acharner pendant plusieurs heures à le franchir en escaladant. Les amphibiens peuvent essayer de franchir l'obstacle pendant plusieurs nuits consécutives, jusqu'au moment où ils décident de repartir en arrière vers leur terrain de chasse sans se reproduire (Berthoud, cité par Berger, 1982).
- Il est préférable que la section des tunnels soit carrée ou rectangulaire car les amphibiens sont mieux guidés par les parois verticales (rapport d'observation ALTHIS). Les buses de sections ronde sont donc à proscrire pour les passages à petite faune.
- Le dimensionnement des tunnels doit tenir compte de « l'effet tunnel », c'est-à-dire que plus le tunnel est long, plus la section devra être large. Un manque de lumière peut induire une hésitation à traverser (Jochimsen *et al.*, 2004). Le tableau suivant présente des préconisations issues d'une synthèse d'informations de divers auteurs réalisée par Herbouiller dans son rapport d'observation ALTHIS (tab. a).

	BUSES	CADRES		
Longueur Section	Diamètre (mm)	Longueur X hauteur en cm		
< à 19 m	600	100X100 (STRADAL / CHAPSOL)		
	000	100X75 (BONNA SABLA)		
20 à 29 m	800	100 X 100		
30 à 39 m	1000	100 X 100		
40 à 49 m	1200	100 X 150 (STRADAL / CHAPSOL)		
	1200	100 X 125 (BONNA SABLA)		
50 à 59 m	1400	150 X 150 (STRADAL / CHAPSOL)		
	1700	125 X 125 (BONNA SABLA)		
>à 60 m	1600	150 X 150		

Tableau a : Dimensions recommandées pour tenir compte de « l'effet tunnel » lors de la construction de passages à petite faune.

- Le béton dégage des composés chimiques irritants pour la peau des amphibiens. De ce fait, l'intérieur des tubes doit être recouvert de terre (Lesbarrères, 2004).
- Des barrières de guidage doivent être mises en place entre chaque tunnel pour diriger les amphibiens vers leur entrée, tout au long du dispositif (fig. g). Ce système peut prendre différentes formes, soit des canaux collecteurs enterrés soit des murets. L'important est que l'obstacle mesure au minimum 40 centimètres de hauteur (Percsy, 2005) et présente un petit rebord sur la partie supérieure pour s'assurer que les amphibiens ne puissent pas escalader (fig. g). Les murets en béton dont le haut arrive au niveau de la chaussée sont les plus efficaces et les plus pérennes dans le temps (fig. g). De plus, un espace libre doit être laissé à la base des murets afin de permettre aux animaux de se déplacer le long (fig. g).





Figure g : Exemples de bordures en béton avec rebord dans le Bade-Wurtemberg. © Jean-Pierre Vacher.

- Les raccords de l'ensemble du dispositif doivent êtres parfaitement réalisés. Le plus petit interstice constitue un passage pour les amphibiens vers la route ou être source d'eau stagnante si cela se situe à l'intérieur d'un tunnel.
- Une surveillance par piégeage à la sortie des tunnels durant les trois années suivant la construction des aménagements puis tous les cinq à dix ans permet de s'assurer du bon fonctionnement des structures ainsi que prévoir les éventuelles corrections à apporter.
- Un entretien régulier est à planifier pour garantir l'utilité des passages sur le long terme. Les actions à réaliser, chaque année, sont la coupe de la végétation environnante pour bien dégager les entrées et sorties des tunnels ainsi que les barrières de guidage et le nettoyage de l'intérieur des tunnels à l'aide d'un jet haute pression pour évacuer une éventuelle accumulation de débris végétaux (Puky, 2003).

Différents types de filets peuvent être utilisés pour guider les amphibiens. Le choix s'effectue en fonction des avantages et inconvénients de chacun des systèmes. Puky (2003) a réalisé une synthèse des différents types de filets qui sont utilisés dans les dispositifs de l'Europe centrale entre 1985 et 2003. Il est ressorti de cette étude que les éléments en béton sont les plus durables et nécessitent également le moins d'entretien mais ils sont de loin les plus chers c'est pourquoi ils ne sont installés que dans 22,5 % des sites sélectionnés pour cette étude. Les clôtures grillagées en plastique ou en métal ont une durabilité et un coût moyen. Les bâches plastiques pleines doivent être posées à chaque saison de migration. Dans près de 20 % des cas, aucune clôture n'est installée ce qui limite sensiblement l'efficacité de la mesure d'atténuation.