

Projet de Fin d'Etudes (PFE) 2020-2021

EFFETS DU PAYSAGE SUR LES POPULATIONS DE TRITONS PONCTUÉS D'INDRE ET LOIRE



EFFETS DU PAYSAGE SUR LES POPULATIONS DE TRITONS PONCTUÉS D'INDRE ET LOIRE

Directeur de recherche
Francis Isselin-Nondedeu

Auteur
Antoine Courpon

2021

AVERTISSEMENT

Cette recherche a fait appel à des lectures, enquêtes et interviews. Tout emprunt à des contenus d'interviews, des écrits autres que strictement personnel, toute reproduction et citation, font systématiquement l'objet d'un référencement.

L'auteur (les auteurs) de cette recherche a (ont) signé une attestation sur l'honneur de non plagiat.

Formation par la recherche, Projet de Fin d'Etudes en génie de l'aménagement et de l'environnement

La formation au génie de l'aménagement et de l'environnement, assurée par le département aménagement et environnement de l'Ecole Polytechnique de l'Université de Tours, associe dans le champ de l'urbanisme, de l'aménagement des espaces fortement à faiblement anthropisés, l'acquisition de connaissances fondamentales, l'acquisition de techniques et de savoir faire, la formation à la pratique professionnelle et la formation par la recherche. Cette dernière ne vise pas à former les seuls futurs élèves désireux de prolonger leur formation par les études doctorales, mais tout en ouvrant à cette voie, elle vise tout d'abord à favoriser la capacité des futurs ingénieurs à :

- Accroître leurs compétences en matière de pratique professionnelle par la mobilisation de connaissances et de techniques, dont les fondements et contenus ont été explorés le plus finement possible afin d'en assurer une bonne maîtrise intellectuelle et pratique,
- Accroître la capacité des ingénieurs en génie de l'aménagement et de l'environnement à innover tant en matière de méthodes que d'outils, mobilisables pour affronter et résoudre les problèmes complexes posés par l'organisation et la gestion des espaces.

La formation par la recherche inclut un exercice individuel de recherche, le projet de fin d'études (P.F.E.), situé en dernière année de formation des élèves ingénieurs. Cet exercice correspond à un stage d'une durée minimum de trois mois, en laboratoire de recherche, principalement au sein de l'équipe Dynamiques et Actions Territoriales et Environnementales de l'UMR 7324 CITERES à laquelle appartiennent les enseignants-chercheurs du département aménagement.

Le travail de recherche, dont l'objectif de base est d'acquérir une compétence méthodologique en matière de recherche, doit répondre à l'un des deux grands objectifs :

- Développer toute ou partie d'une méthode ou d'un outil nouveau permettant le traitement innovant d'un problème d'aménagement
- Approfondir les connaissances de base pour mieux affronter une question complexe en matière d'aménagement.

Afin de valoriser ce travail de recherche nous avons décidé de mettre en ligne sur la base du Système Universitaire de Documentation (SUDOC), les mémoires à partir de la mention bien.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier Fanny Gourdon pour m'avoir accompagné dans la première partie de ce projet de fin d'étude, Igor Boyer pour ses réponses, sa sympathie et la petite sortie terrain qu'il m'aura proposé, André Dutertre et la SHT pour avoir fourni les données de présence des tritons, Dominique Andrieu pour m'avoir fourni des fonds de cartes et enfin mon tuteur Francis Isselin-Nondedeu pour m'avoir accompagné sur ce projet et pour avoir répondu à mes questions tout au long de celui-ci.

SOMMAIRE

Table des matières

INTRODUCTION.....	7
MATERIEL ET METHODES	10
Acquisition et sélection des données.....	10
Données de surfaces d'occupation des sols.....	11
Traitement des données	12
Analyse statistique.....	12
RESULTAT	13
Comparaison des trois grandes entités paysagères.....	13
Taux de changement des prairies	13
Taux de changement des cultures.....	14
Autres taux de changement	15
Prise en compte d'un effet retard	16
DISCUSSION	18
Interprétation des résultats	18
Piste de réflexion	19
Limite de la méthode utilisée	20
Conclusion.....	22
BIBLIOGRAPHIE	23
Annexe	27

INTRODUCTION

Les amphibiens font partie des taxons les plus menacés sur terre (Ficetola *et al.*, 2015). La perte et la fragmentation des habitats (Cushman, 2006), les changements climatiques (Carey et Alexander, 2003), la chytridiomycose -maladie infectieuse-(Rosa *et al.*, 2013), le ranavirus (Price *et al.*, 2014), les espèces invasives (Riley *et al.*, 2005), les pesticides (Relyea *et al.*, 2005) ou encore les pollutions (Snodgrass *et al.*, 2008) sont tout autant de facteurs qui sont responsables du déclin de nombreuses espèces d'amphibiens comme les tritons par exemple. Ces derniers appartiennent à l'ordre des Urodèles qui constituent le groupe zoologique le plus menacé du monde (54,7 à 70% des espèces en voies de disparition au niveau international). En France, sur les 12 espèces évaluées par l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN), 8 sont en baisses et 2 en voies de disparition (Serre Collet, 2019).

D'un point de vue biologique, les amphibiens ont la particularité de vivre à la fois en milieu terrestre et aquatique : on parle de cycle de vie biphasique. C'est cette dépendance pour ces deux milieux qui les rend particulièrement vulnérables aux changements en cours et à venir. Les tritons adultes eux sont terrestres mais se reproduisent en milieux aquatiques (en eaux stagnantes) en général entre la fin de l'hiver et le début du printemps (Duguet et Melki, 2003). Ils donnent naissance à des larves aquatiques qui se métamorphoseront pour rejoindre le milieu terrestre puis hiverner avec les adultes entre septembre et décembre. Sa dispersion est rendue difficile par ses capacités locomotrices limitées et par la nécessité de conditions météorologiques optimales (temps chaud et humide). Ainsi la dispersion est limitée chez les tritons (Smith et Green, 2005). Durant l'année, les tritons alterneront donc entre deux milieux bien distincts qui seront connectés et éloignés de quelques centaines de mètres au maximum. De façon générale, le milieu de reproduction associé aux tritons est principalement un plan d'eau stagnante tel qu'une mare, un étang, un bras mort ou encore un fossé de drainage (Duguet et Melki, 2003). Les mêmes auteurs évoquent le terme de "mares à tritons" défini comme des mares de grandes surfaces ($>100\text{m}^2$), bien exposées à la lumière et riches en végétation aquatique bien que les Tritons palmés puissent être trouvés dans de petits points d'eau et à l'ombre. L'habitat de reproduction préférentiel des tritons est aussi défini comme un point d'eau avec une hydro-période assez stable, une végétation aquatique dense, un pH et une concentration ionique intermédiaire et peu ou pas de poisson (Ćirović *et al.*, 2008). Toutefois, bien que l'habitat aquatique soit important, il ne faut pas oublier que les tritons passent plus de temps en phase terrestre (Müllner, 2001). Cette dernière peut d'ailleurs être considérée comme déterminante chez certaines espèces comme chez le Triton marbré dont la phase aquatique assez courte laisse penser que l'habitat terrestre est plus déterminant dans l'occurrence de l'espèce (Finkler, 2018). De plus, comme le rappelle De Wavrin (2003) une approche trop centrée sur le plan d'eau ou leur environnement immédiat rend toute conclusion difficile. Il propose de s'intéresser à une approche plus globale, en distinguant des unités paysagères définies de façon élémentaire comme par exemple les forêts et massifs boisés, les bocages ou encore les plaines cultivées ouvertes. Deux échelles

sont donc à prendre en compte pour caractériser les réponses des tritons à leur environnement.

Notre sujet d'étude porte sur le triton ponctué (*Lissotriton vulgaris*) qui est une espèce septentrionale (à l'échelle de la France) en danger de disparition en région Centre Val de Loire (INPN, 2012). Les espèces situées en limite d'aire de répartition, comme le triton ponctué en Indre et Loire, et les tritons de petites tailles sont particulièrement sensibles aux effets du changements climatiques (Faune-PACA, 2020). Ce dernier est plutôt une espèce de basses altitudes (de Wavrin, 2003) qui peut toutefois atteindre 1050 m dans le Jura (Duguet et Melki, 2003). Il montre une certaine préférence des mares en milieux ouverts notamment en Belgique (de Wavrin, 2003 ; Denoël, 2007 ; Duguet et Melki, 2003 ; Denoël et Ficetola, 2008). L'ouverture de ces milieux permet entre autres de bénéficier d'un bon ensoleillement de la mare, critère non indispensable (Rannap *et al*, 2012), mais souvent les tritons ponctués y sont plus abondants que dans les zones plus ombragées (de Wavrin, 2003 ; Denoël, 2007). Bien qu'il soit moins abondant en milieu forestier, le triton ponctué ne reste pas inhospitalier à ce milieu qu'il favorise parfois dans les limites de son aire dans les pays où le couvert forestier est très varié (Rannap *et al*, 2012). De plus, hors de la période de reproduction il le fréquente pour migrer (Müllner, 2001) et de façon général l'habitat terrestre du triton ponctué inclut généralement des formations arborées bien qu'il puisse se maintenir dans des milieux ouverts riches en abris de toutes sortes (Duguet et Melki, 2003). Ainsi comparé à son proche parent du même sous genre le triton palmé (*Lissotriton helveticus*), plutôt forestier en toute saison (Denoël, 2007), le triton ponctué fréquente une gamme paysagère plus importante. Il est toutefois sensible à l'urbanisation et aux cultures si elles occupent une place importante dans l'environnement paysager autour de la mare (Denoël et Ficetola, 2008) comme la plupart des tritons (Finkler, 2018). La présence de bois mort (sous formes de bûches ou de souches), de pierres et un fort couvert de sous-bois fournissant des abris de qualités est appréciée dans son habitat terrestre (Marnell, 1998 ; Vuorio *et al*, 2015). Toutefois, peu d'informations sont disponibles sur l'habitat terrestre du triton ponctué. Au contraire, l'habitat de reproduction de ce dernier est plus documenté. Les tritons ponctués montrent ainsi une préférence pour les mares assez grandes ($>100\text{m}^2$) et profondes (Cooke et Frazer, 1976 ; Denoël et Ficetola, 2008 ; Rannap *et al*, 2012). Au contraire, les petites mares peu profondes liées à une faible hydro-période, un risque de sécheresse plus important, un manque de proie et une variation importante de la température et de l'oxygène, sont évitées (Rannap *et al*, 2012). De la même façon, les points d'eau de petites tailles comme les ornières sont peu colonisés, au contraire du triton palmé (Denoël, 2007). En ce qui concerne la chimie de l'eau ils évitent les eaux acides et préfèrent des eaux riches en minéraux, en carbonate de calcium et dures (Denoël, 2007 ; Cooke et Frazer, 1976 ; Duguet et Melki, 2003 ; Skei *et al*, 2006). Le pH optimal de l'eau étant aux alentours de 6,5, la concentration en calcium autour de 4 mg.L^{-1} (Skei *et al*, 2006). Les tritons ponctués sont aussi plus fréquents dans les mares avec un substrat constitué de boue, pauvre en algues et une végétation riche qui est avantageuse pour les œufs qui sont enroulés autour des feuilles de plantes aquatiques (Cooke et Frazer, 1976 ; Rannap *et al*, 2012 ; Buono

et al, 2019). La présence de poissons impacte souvent les tritons (Denoël et Ficetola, 2008 ; Denoël, 2007) mais parfois la coexistence est possible (Rannap *et al*, 2012).

Depuis quelques années en Indre et Loire, le déclin du triton ponctué est observé par la Société Herpétologique de Touraine. En effet, cette dernière associée à la SEPANT et l'ANEPE Caudalis ont réalisé un atlas herpétologique en Touraine (annexe 1). Ainsi, on compte environ une dizaine de points où le triton ponctué n'est plus observé depuis plusieurs années (annexe X). Mais ces observations nécessitent confirmations et ce déclin est à nuancer puisqu'il peut être expliqué par divers facteurs. En effet, le manque de suivi, de répétitions des inventaires aux mêmes endroits peut biaiser les données. Cependant, deux problèmes majeurs pourraient expliquer aussi ce déclin : le changement climatique et le changement d'utilisation des sols. Ce dernier est une des causes majeures de la réduction de la biodiversité à l'échelle mondiale, dont les amphibiens font partie. (Meyer et Turner, 1992). Le changement dans l'utilisation des terres a très fortement impacté la distribution des amphibiens en induisant une fragmentation et une destruction de leurs habitats terrestres et aquatiques. (Nori *et al*, 2015). Cette fragmentation des habitats rend les amphibiens considérablement plus vulnérables aux changements climatiques. (Mantyka-Pringle *et al*, 2012).

Cette étude se concentre notamment sur l'Indre et Loire qui fait partie de la région Centre-Val de Loire, 10^{ème} région française en termes de taux d'artificialisation et la 5^{ème} région française pour ses territoires agricoles (Service de l'observation et des statistiques, 2016). L'agriculture représente un poids considérable pour cette région puisqu'elle occupe 2/3 du territoire où la filière "Grande Cultures" est majoritaire (71% de la Surface Agricole Utile) (Région Centre val de Loire, 2020). De plus, l'évolution des techniques et des pratiques agricoles, les changements dans l'occupation des sols, l'utilisation des terres, des parcelles de plus en plus larges entraînent une diminution de la possibilité de dispersion des amphibiens, tout en augmentant leur mortalité. (Trochet *et al*, 2014 ; Arntzen *et al*, 2017). Ces divers facteurs risquent de s'intensifier dans les années à venir, prolongeant le déclin des amphibiens par la perte, la fragmentation et l'altération de leurs habitats (France Nature Environnement, 2020). En nouvelle aquitaine par exemple, l'impact futur des changements climatiques et de l'utilisation des sols a été étudié sur quatre amphibiens. Les tritons crêtés, entres autres, seront potentiellement soumis à une perte de leurs habitats et un déplacement des aires de répartition futures, vers l'est et le nord. (Preau *et al*, 2018).

Finalement, au vu des conséquences des changements d'utilisation des sols déjà en cours et de celles à prévoir, on peut supposer que le triton ponctué va voir ses habitats disparaître en limite d'aire de répartition. A une échelle plus fine, notamment au niveau de la région Centre Val de Loire on peut se demander comment le changement d'occupation des sols va modifier la répartition des populations de tritons ponctués en limite d'aire de répartition. La diminution des prairies au profit des surfaces agricoles ou artificialisées pourrait être une des principales causes de disparition de ces populations. L'objectif de ce projet de fin d'études était d'étudier l'effet du paysage sur les populations de tritons ponctués en Indre et Loire. C'est donc par un

travail de photo interprétation que le travail a été réalisé, le but étant de déterminer si le changement d'occupation des sols pouvait expliquer la disparition de populations connues de tritons ponctués.

MATERIEL ET METHODES

Acquisition et sélection des données

L'objectif de l'étude nécessitait l'utilisation de plusieurs données. Tout d'abord, les données de présence des tritons ponctués qui ont été acquises auprès de la SHT (annexe 1). Ces dernières sont constituées d'observations de tritons ponctués en Indre et Loire, datées (allant de 1982 à 2020) et localisées (coordonnées en Lambert 93). Elles sont qualitatives puisqu'elles ne donnent pas d'information sur l'abondance mais juste sur la présence ou l'absence de l'espèce.

Dans un second temps, ce sont les photos satellites des dernières années qui ont dû être récupérées. Les données disponibles sur le site remonterletemps.ign.fr présentaient deux problèmes majeurs : les photos satellites n'étaient pas géoréférencées et les années les plus récentes (au-delà de 2013) n'étaient pas disponibles. La première contrainte rajoutait une étape de géoréférencement très longue et la deuxième nécessitait tout simplement de rechercher une autre méthode pour les années postérieures à 2013.

Les données ont donc été récupérées auprès de l'IGN via la création d'une clé de géoservices qui permet d'accéder à des données en flux. Ces dernières sont des couches raster (ici des photos aériennes) en WMS que l'on peut charger sur notre SIG. On peut ensuite y superposer des couches mais il est impossible de travailler sur les entités vecteurs de la couche WMS. De plus, la technique nécessite une bonne connexion internet afin d'avoir un minimum de fluidité dans les manipulations. Toutefois, les couches WMS ne nécessitent pas de télécharger les très volumineuses BD ortho et c'est la seule méthode qui a été trouvée pour récupérer tous les fonds de cartes nécessaires. Ainsi, ce sont les orthophotos des années 2002, 2007, 2011, 2014 et 2018 qui ont été acquises (seules années disponibles pour l'Indre et Loire pour la période 2000-2020). Finalement, le registre parcellaire graphique a été récupéré afin d'identifier la nature des sols. Seules les années 2011, 2014 et 2018 ont pu être obtenues.

Après l'acquisition, une sélection des données a été réalisée. Seules les colonnes utiles ont été conservées. Les points de mêmes coordonnées ou de positions très proches ont été rassemblés. Les points trop anciens (dernières observations antérieures à 2002) n'ont pas été retenus puisqu'il n'y avait pas d'orthophotos avant 2002. Enfin, après projection sur SIG certaines mares se sont avérées disparues et ont été écartées. Au total, ce sont 25 mares qui ont été retenues : 15 mares où la population de triton ponctué a disparu (Présence = 0) et 10 où elles sont toujours observées en 2020 (Présence = 1).

Données de surfaces d'occupation des sols

Afin d'obtenir des données quantitatives à exploiter, des mesures de surfaces d'occupation des sols au fil des années ont été réalisées. Sur chaque point et pour toutes les années disponibles en orthophotos, 7 variables ont été prises en compte : la surface de prairie (ha), la surface de forêts (ha), la surface de cultures (ha), le linéaire de haies (m), le linéaire de route (m), la surface de bâti (ha) et la taille moyenne des parcelles agricoles (ha). Ces variables ont été choisies car elles pouvaient potentiellement impacter la présence du triton ponctué et qu'elles étaient adaptées à la technique de photo interprétation. Elles ont été mesurées dans un rayon de 500m autour des points d'observations (figure 1), périmètre dans lequel on retrouve la majorité des déplacements des tritons ponctué puisque Semlitsch (2008) observe 95% des déplacements des adultes amphibiens à moins de 667 mètres de la mare de reproduction et Joly et ses collègues (2001) affirment que la migration moyenne des tritons est de 400 mètres. Les données ont été compilées dans un tableau (annexe 2).



Figure 1 : exemple de mare et du périmètre de 500 mètres :
à gauche, l'image satellite et le buffer ; à droite le RPG avec les prairies (en rouge) et les cultures (en violet)

Traitement des données

Afin d'exploiter les données obtenues, un taux de changement a été calculé :

$$(\text{Surface actuelle} - \text{Surface initiale}) / \text{Surface initiale}$$

Le fait de calculer un taux de changement permet de relativiser le gain ou la perte d'un habitat en fonction de son importance dans le milieu. En effet, le gain de 5 ha de prairies sera perçu différemment dans un milieu qui en comptait 1 ha que dans un milieu qui en comptait 50.

Dans la formule ci-dessus, le taux de changement est calculé entre deux années. Pour les mares où les populations ont disparu, c'est entre la dernière année où la population a été observée (moment où le paysage était encore favorable à l'espèce) et 2018 car on suppose que le changement qui a causé la disparition des tritons s'est produit dans cette période. Pour les mares où les populations de tritons sont encore présentes, un taux de changement entre 2011 et 2018 a été calculé afin de tenir compte des changements qui auraient pu se produire ces dernières années (annexe 3). Un autre taux de changement a été calculé. Ce dernier prend en considération les quelques années avant la disparition de la population de tritons afin de tenir compte d'un potentiel effet de retard du changement de paysage (annexe 4).

On obtiendra des taux de changements positifs lors de gains, négatifs lors de pertes et nuls si aucun changement n'est observé. Un cas particulier est l'apparition d'un type de surface, puisque dans cette situation le taux de changement implique une division par 0 et n'est donc pas possible. Par exemple, si en 2011 il y avait 0 ha de culture puis 15 ha en 2018 le taux de changement n'est pas calculable (« $15-0/0$ »). Dans ces cas-là, la valeur de taux de changement retenue était la surface créée (dans l'exemple précédent 15ha). Cette approximation est obligatoire afin de prendre en compte ces valeurs qui témoignent d'un changement radical dans la structure du paysage. En parallèle, le gain ou la perte brute a aussi été calculé (Surface actuelle - Surface initiale).

Analyse statistique

Afin de comparer les mares où les populations sont présentes de celles où elles ont disparu, le test de Mann-Whitney a été choisi puisqu'il s'agit de comparer deux échantillons quantitatifs non appariés et avec moins de 30 répétitions. Le seuil de significativité a été fixé à 5% et l'hypothèse nulle est que la différence de position des échantillons est égale à 0.

RESULTAT

Comparaison des trois grandes entités paysagères

Dans un premier temps, la comparaison des surfaces d'occupation des sols en 2018 laisse entrevoir des tendances intéressantes (figure 2). En effet, on constate que l'entité forêt est significativement plus présente (p-value = 0,03078 ; $\bar{x}_0 = 17,4\text{ha}^1$, $\bar{x}_1 = 14,7\text{ha}^2$) dans les mares où les populations de tritons sont toujours observées. De façon bien moins marquée on observe la même tendance pour les prairies (p-value = 0,1923 ; $\bar{x}_0 = 22,1\text{ha}$, $\bar{x}_1 = 13,6\text{ha}$). Quant aux cultures, on observe des surfaces plus importantes autour des mares qui ne sont plus fréquentées par les tritons (p-value = 0,2783 ; $\bar{x}_0 = 17,1\text{ha}$, $\bar{x}_1 = 14,2\text{ha}$).

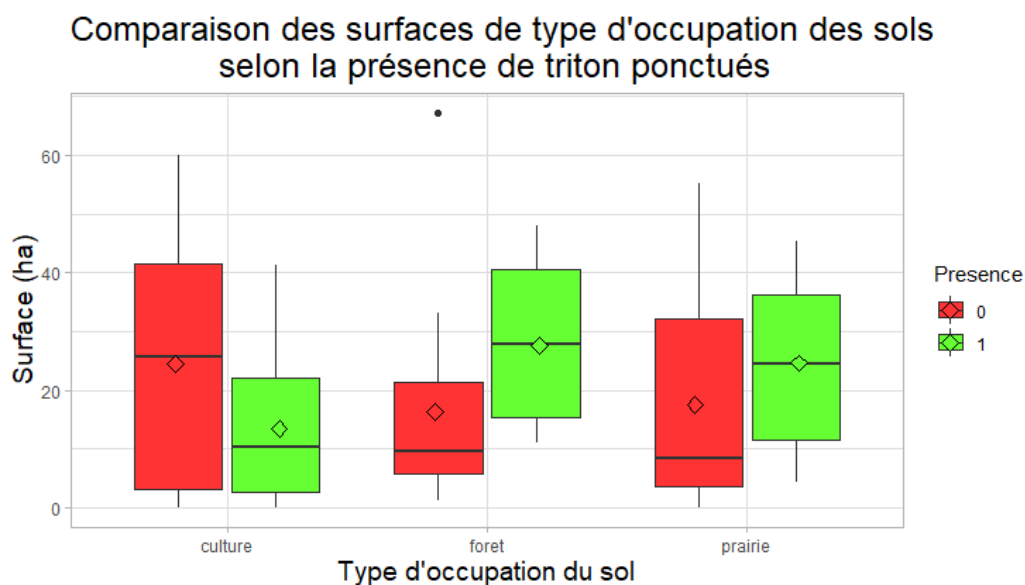


Figure 2 : Box plot comparés des occupations du sol (2018) selon la variable présence (0=population disparue ; 1 = population présente ; les losanges représentent les moyennes)

Taux de changement des prairies

Dans un second temps, c'est l'évolution de ces occupations du sol qui a été étudiée. Pour cela les taux de changements des différentes entités paysagères ont été comparé selon les mares. Ainsi, les prairies semblent diminuer davantage dans les mares où les populations ont disparu (figure 3).

¹ $\bar{x}_0$ désigne la moyenne de l'entité pour les mares où les tritons ponctué ont disparues

² $\bar{x}_1$ désigne la moyenne de l'entité pour les mares où les tritons ponctué sont toujours présents

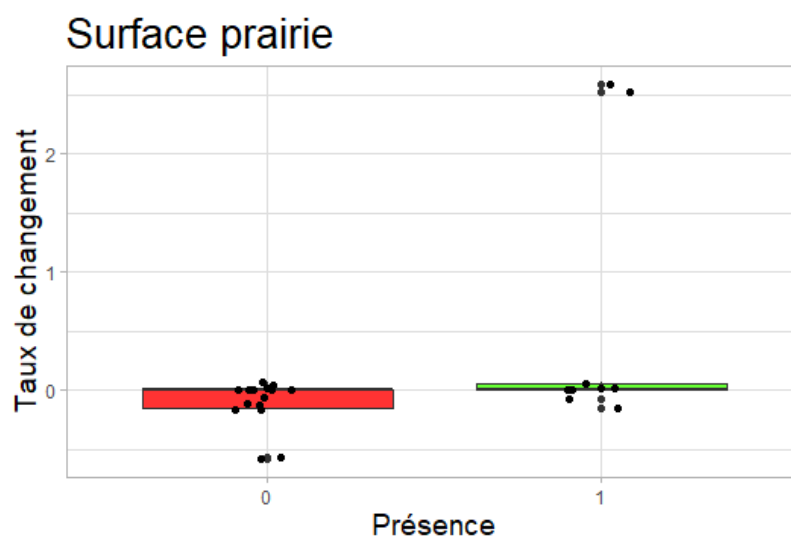


Figure 3 : Taux de changement comparé des surfaces "Prairies"

Le test de Mann-Whitney ne montre pas de différence significative au seuil de 5% ($p\text{-value} = 0,07558$), toutefois la p value reste faible et laisse entrevoir une tendance. Les gains et pertes brutes sont représentés ci-dessous (figure 4).

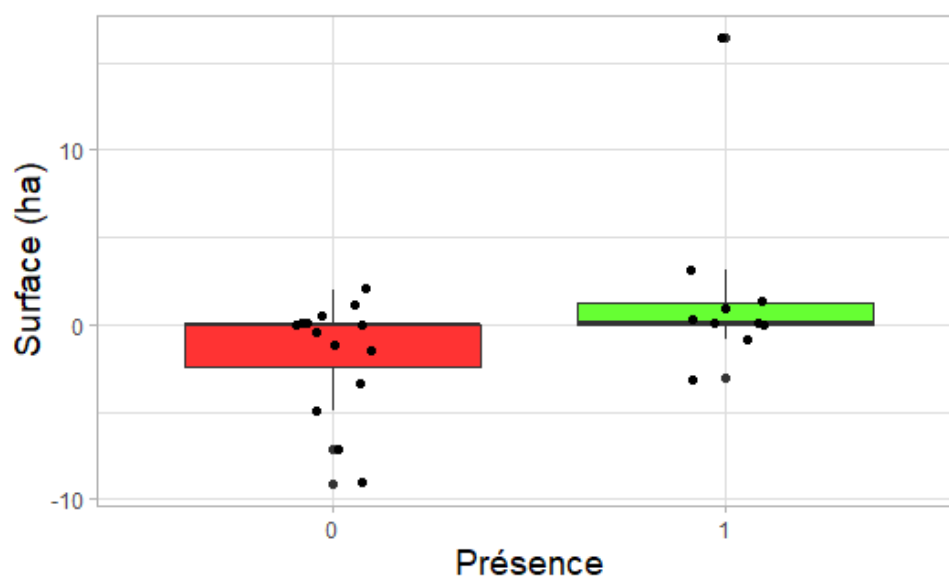


Figure 4: gain et pertes surfaciques des prairies selon les mares

Taux de changement des cultures

De la même façon, on observe une légère différence d'évolution des surfaces agricoles (« cultures ») selon les mares étudiées. En effet, le taux de changement des cultures est globalement plus élevé pour les mares où les populations de tritons ont disparu puisque toutes les valeurs sont supérieures ou égales à zéro. A l'inverse les mares toujours occupées par *Lissotriton vulgaris* sont, à l'exception d'une, toutes dans des milieux qui voient les surfaces agricoles diminuer ou rester constante (figure 5).

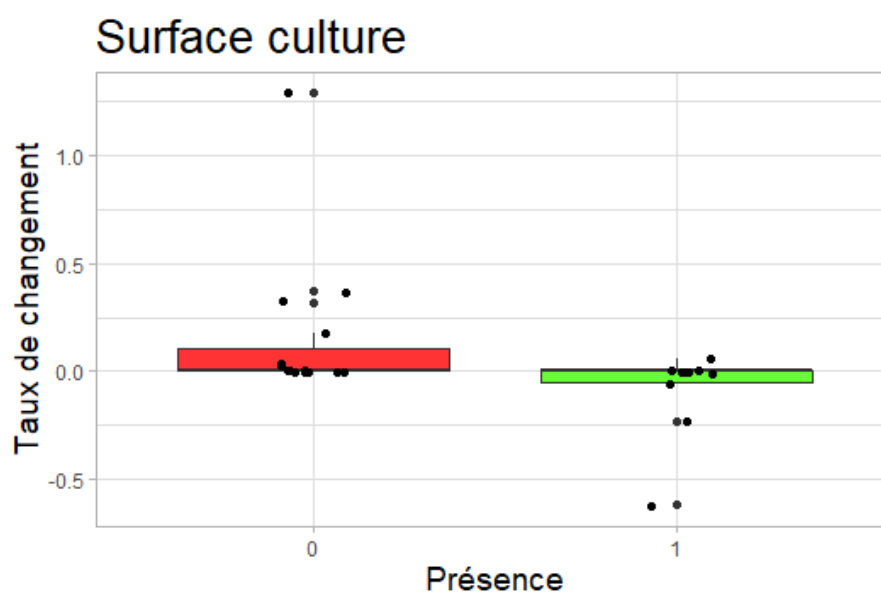


Figure 5 : Taux de changement comparé des surfaces "Cultures"

La tendance observée graphiquement est confirmée par le test de Mann-Whitney qui montre une différence significative au seuil de 5% entre les deux types de mares ($p\text{-value} = 0,01226$). Les gains et pertes brutes sont représentés ci-dessous (figure 6).

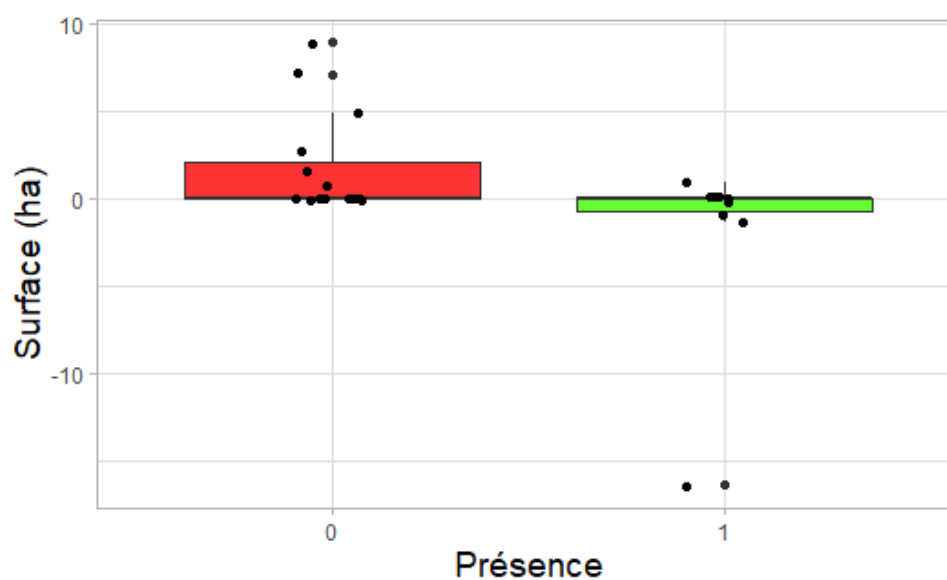


Figure 6 : gain et pertes surfaciques des cultures selon les mares

Autres taux de changement

Les variables linéaires (« linéaire de route » et « linéaire de haies ») n'évoluant que très peu sur les périodes étudiées ($p\text{-value}$ proche de 1) elles ne seront pas représentées

graphiquement. Enfin la surface de forêts, la taille moyenne des cultures sont représentées ci-dessous (figure 7). Les forêts n'évoluent globalement pas autour des mares qui n'abritent plus de tritons et diminuent très faiblement dans le cas des mares avec des tritons, aucune différence n'est observée (p-value = 0,6056). De très faibles variations et différences sont également observées pour la taille moyenne des cultures (p-value = 0,2041) et la surface bâtie (p-value = 0,4274).

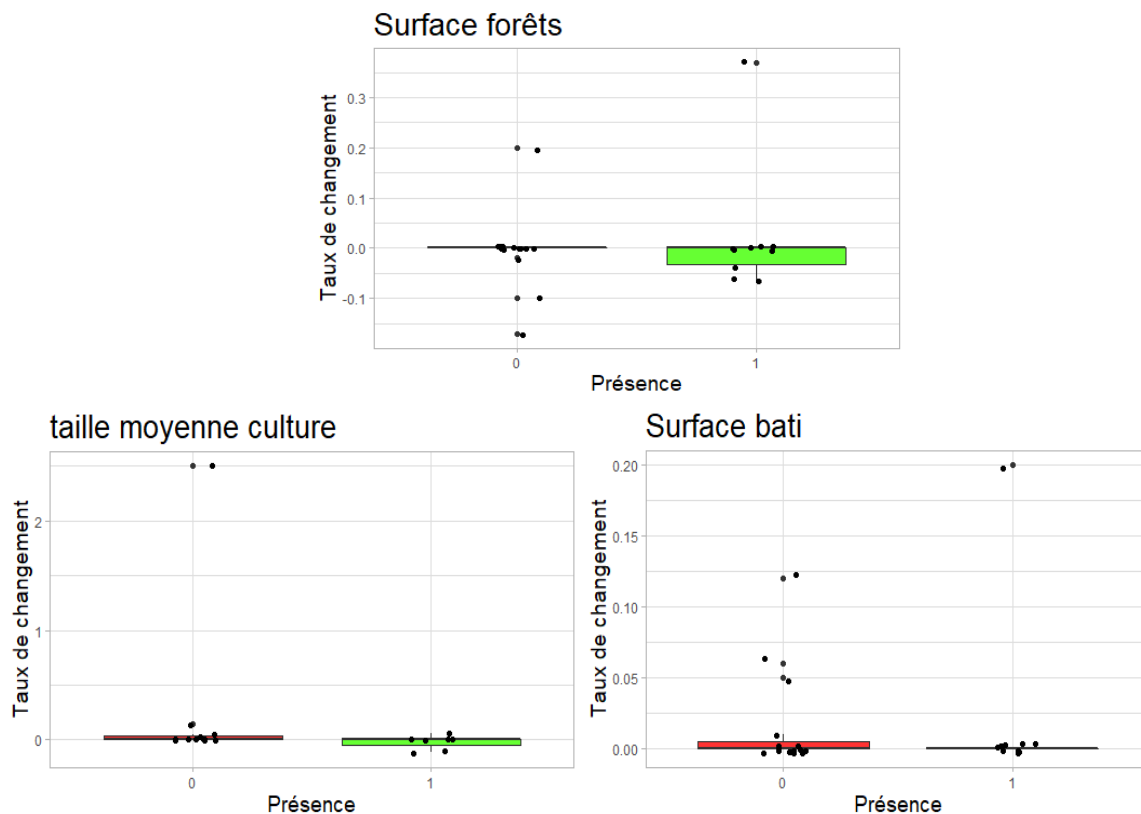


Figure 7 : Taux de changement comparé des surfaces « Forêts », « Taille moyenne des cultures » et « surface de bâti »

Prise en compte d'un effet retard

La prise en compte d'un effet retard, laisse entrevoir les mêmes tendances que précédemment. Les prairies diminuent majoritairement pour les mares '0' alors que pour les mares '1' elles semblent rester globalement stable à l'exception de quelques mares qui voient la proportion de prairies largement augmenter (figure 8). La différence n'est toutefois pas significative (p-value=0,1245).

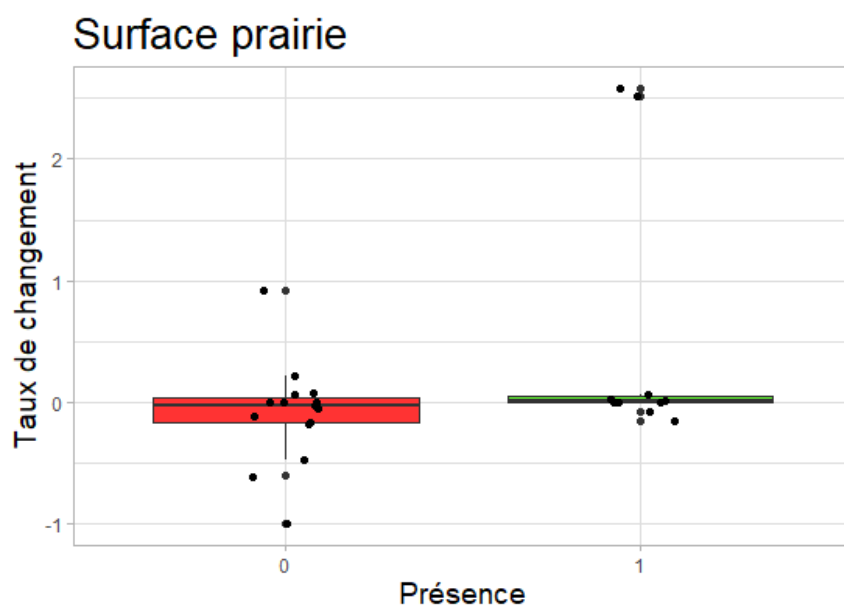


Figure 8 : Taux de changement comparé des surfaces "Prairies"

Les cultures ont quant à elles tendance à augmenter dans les mares '0' alors qu'elles restent stables (voire diminuent) autour des mares '1' (figure 9). Encore une fois la différence est significative (p-value=0,03433).

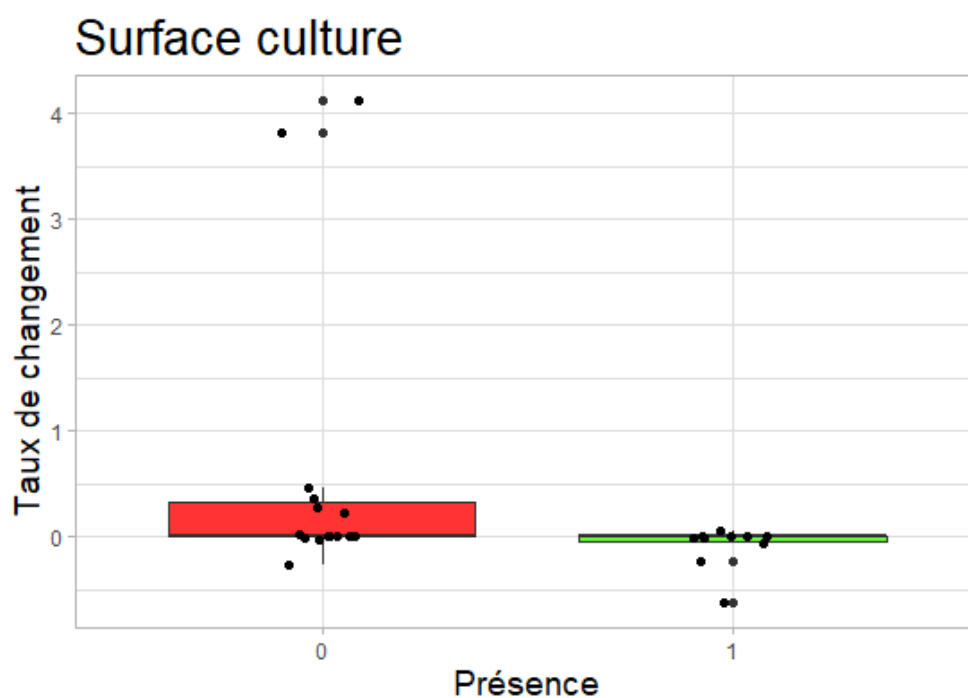


Figure 9 : Taux de changement comparé des surfaces "Prairies"

Enfin, les variables « forêts », « taille moyenne des cultures » et « surface de bâti » varient très peu (figure 10) et ne sont significativement pas différentes selon les mares (respectivement : p-value = 0,5945 ; p-value = 0,629 ; p-value = 0,2831).

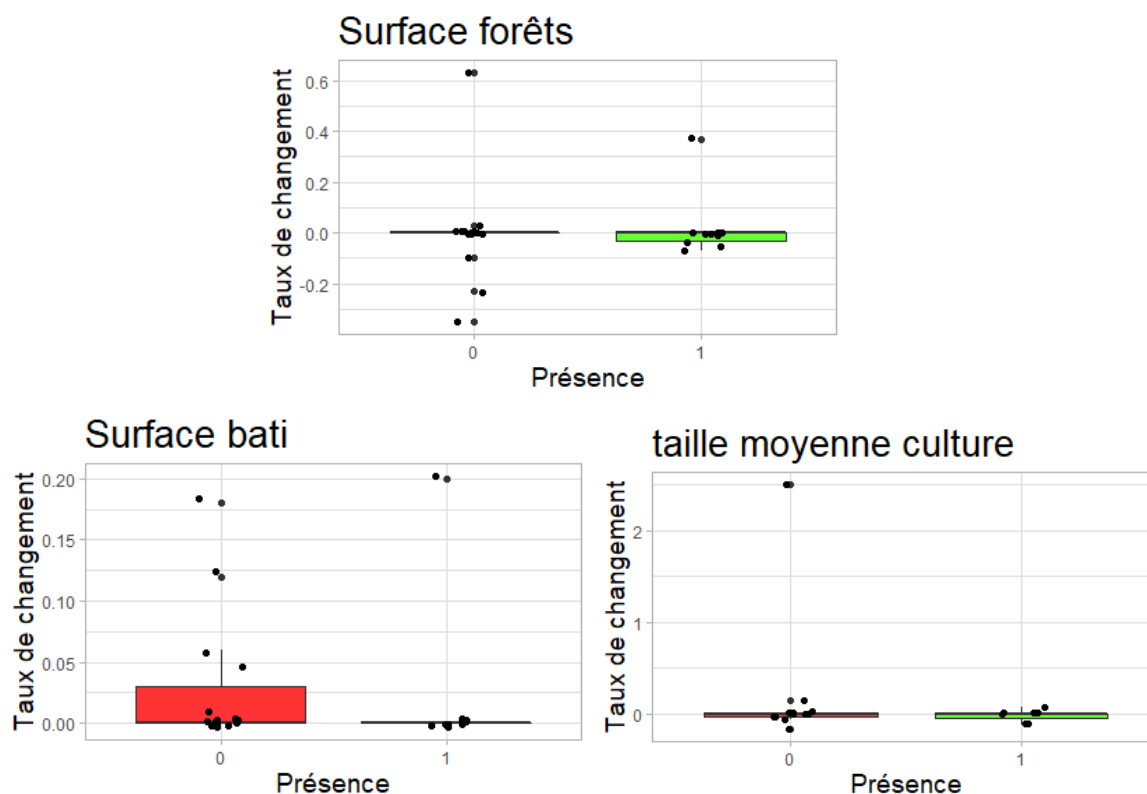


Figure 10 : Taux de changement comparé des surfaces « Forêts », « Taille moyenne des cultures » et « surface de bâti » avec prise en compte d'un effet retard

DISCUSSION

Interprétation des résultats

Tout d'abord, la plus grande importance de forêts autour des mares encore occupées par *Lissotriton vulgaris* est un résultat assez marquant puisque cela souligne l'importance du milieu forestier alors que l'espèce est plutôt caractéristique des milieux ouverts. Comme il a été souligné précédemment, l'entité forêt reste très importante pour la vie du triton ponctué notamment hors de la période de reproduction, puisqu'elle offre un habitat de qualité pour la phase d'hivernage. On peut également penser que les forêts, qui sont des milieux plutôt stables au vu du peu de changements observés, permettent par leur importance de diminuer le risque de modification du paysage. Le milieu forestier a donc un potentiel effet direct (habitat d'hivernage) et indirect (stabilité du milieu) sur le paysage et donc sur les populations de tritons ponctué.

Bien que la différence ne soit pas significative, on peut tout de même souligner le fait que les cultures sont globalement moins présentes autour des mares accueillant encore des tritons. Cette observation va dans le sens du résultat ensuite obtenu. En effet, la comparaison des taux de changements des zones agricoles montre que l'augmentation des cultures est significativement plus importante là où les tritons ont disparu. Si ce résultat ne prouve pas que c'est cette augmentation qui est la cause de la disparition, il constitue un argument

important pour soutenir cette hypothèse. Les surfaces agricoles étant des milieux défavorables aux tritons elles contribuent à diminuer l'habitat des populations de tritons d'une part en constituant des barrières écologiques et d'autres parts en diminuant la surface de milieu favorable. En effet, les zones agricoles sont souvent issues de la conversion de prairies en cultures ce qui peut notamment expliquer la symétrie des évolutions des cultures et des prairies (les prairies diminuant quand les cultures augmentent par exemple).

De ce fait, la quasi-significativité de la différence entre le taux de changement des prairies autour des mares avec ou sans tritons est en partie liée à la conversion des cultures. Comme les surfaces bâties et les forêts peuvent aussi remplacer les prairies, on observe quelques différences au niveau des taux de changements. Ainsi, malgré la non-significativité du test de Mann-Whitney, on peut tout de même souligner la tendance mise en évidence ici.

La prise en compte d'un effet retard ne montre pas de nouvelles tendances. Les résultats sont d'ailleurs assez similaires à ceux obtenus en premier lieu, ce qui peut s'expliquer par la faible évolution des milieux d'une période à une autre.

Les variables « forêts », « taille moyenne des cultures », « bâti », « haies » ou « routes » n'évoluent que très peu sur l'ensemble des sites étudiés. On ne peut donc pas conclure sur les conséquences de leur évolution.

Piste de réflexion

Les principaux résultats de l'étude sont donc la plus grande proportion du milieu forestier autour des mares où les populations de tritons sont encore observées, la différence de taux de changement des cultures et dans une moindre mesure celle des prairies. Bien qu'on ne puisse pas affirmer avec certitude que l'augmentation des surfaces agricoles et la diminution des prairies soient la cause de la disparition des tritons ponctuels, on peut supposer que ces changements y sont liés. En parallèle, divers éléments pourraient causer la disparition des populations de *Lissotriton vulgaris* et s'ajouter aux changements d'occupation des sols. L'existence de mares dont le paysage n'évolue pas du tout sur la période étudiée (2002 à 2018) va dans ce sens puisque dans ces cas-là, la cause de la disparition est différente de l'effet du paysage.

Tout d'abord, le réchauffement climatique qui a pour conséquence d'entraîner une diminution des précipitations ainsi qu'une augmentation de l'intensité et de la longueur de la période sèche. Cela induit un assèchement des mares prématurés et donc une mortalité et une forte réduction des œufs et des têtards (Carey et Alexander, 2003 ; Walls *et al*, 2013). Compte tenu de leurs capacités de dispersion limitées et de la rapidité des changements à venir, les amphibiens pourraient ne pas être en mesure de suivre les changements d'habitats induits (Carey et Alexander, 2003). Les impacts de ce phénomène sont d'ores et déjà observables actuellement comme par exemple dans la réserve naturelle du Pinail, dans la Vienne où les mares se retrouvent asséchées sur des périodes plus conséquentes et plus longues (Finkler, 2018, ; Réserve Naturelle Nationale du Pinail). L'eau douce se retrouve

également acidifiée, ce qui entraîne un milieu et un habitat défavorable pour les diverses espèces d'amphibiens présentes. On y dénombre notamment une chute très importante du nombre de tritons crêtés depuis 2011 associée, selon les spécialistes, à l'intensification des incidents climatiques. Ainsi, on peut aussi se demander de quelle manière une espèce située en limite d'aire de répartition, telle que le triton ponctué, va voir son aire de répartition être impactée par les événements climatiques futurs. Un mémoire portant sur l'effet du changement climatique sur la répartition du triton ponctué a notamment pu indiquer que l'Indre et Loire deviendrait climatiquement défavorable dans le futur (Arfeuillère, 2020). Dans cette étude, le modèle utilisé prédit que l'aire de répartition se déplacerait vers le Nord de l'Europe en perdant, entre autres, des habitats favorables au Sud. Les sites en limite d'aire de répartition comme ceux étudiés ici sont donc actuellement fortement soumis aux changements climatiques en cours.

Par ailleurs, en limite d'aire de répartition où les effectifs sont particulièrement restreints les possibilités et les risques d'hybridation augmentent (Hubbs, 1955 ; Randler 2002 ; Mourgaud & Pailley, 2005 ; Secondi et al, 2006). D'autant plus que le triton ponctué vit fréquemment en sympatrie avec le triton palmé puisque ces deux espèces présentent un large chevauchement géographique, écologique et temporel et leurs périodes de reproductions sont également similaires. (Smith, 1969 ; Wambreuse, 1984 ; Johanet, 2009 ; Chadwick et al, 2006;). Le risque élevé d'hybridation et la proximité des deux espèces pourraient ainsi favoriser les accouplements interspécifiques entre triton ponctué et triton palmé. (Hubbs, 1955 ; Randler, 2002 ; Secondi *et al*, 2006). Johanet (2009) a d'ailleurs détecté lors de sa thèse réalisée en Vallée de la Loire, qu'il y avait cinq fois plus d'hybrides chez le triton ponctué que chez le triton palmé. *Lissotriton vulgaris* pourrait ainsi subir une dilution du génome et voir ses effectifs réduire considérablement.

Enfin, le type de culture et les différents intrants associés pourraient être une piste à envisager dans le futur. Si de tels éléments étaient corrélés à la présence ou l'absence de tritons, des mesures de conservation pourraient donc être adaptés dans les périmètres immédiats des mares. De la même façon, il serait pertinent d'étudier l'habitat à plus petite échelle afin de comparer des variables locales (comme la présence de poissons, la végétation aquatique ou encore la qualité de l'eau) dont certaines études ont pu montrer l'influence (Ćirović, 2008 ; Denoël *et al*, 2013).

Limite de la méthode utilisée

En premier lieu, il est bon d'aborder le principal point faible de l'étude : la faible quantité de données. En effet, avec deux échantillons de 15 et 10 répétitions chacun, il est nécessaire d'utiliser des tests non paramétriques qui sont statistiquement moins puissants que les tests paramétriques. Toutefois, on peut déjà voir apparaître des tendances intéressantes de l'évolution de l'occupation des sols sur les populations de tritons ponctus.

La détermination des types de surfaces par photo-interprétation était délicate pour les années 2002 et 2007 puisque le RPG n'était pas disponible pour ces années. Ainsi, la confusion culture-prairie étant plus grande, les données peuvent être biaisées pour ces années-là.

Si cette technique permet de comparer le paysage de différentes mares sur une même zone d'étude (de 500 mètres), on peut noter qu'elle ne prend pas en compte les potentielles barrières écologiques (routes, autoroutes, activités humaines, cours d'eau) qui existent dans cette zone et qui peuvent isoler certaines parties du paysage. Il y a donc un risque de comptabilisé dans la matrice paysagère des mares, des secteurs qui ne sont pas exploités par le triton.

Finalement, les données utilisées (absence/présence) donnent peu d'informations sur l'état de la population de triton ponctué qui occupent la mare. Il semble évident qu'une population de quelques individus soit plus fragile qu'une population de dizaines de tritons. De plus, la détection des tritons n'est pas assurée et le risque de déclarer une population disparue alors qu'elle est toujours présente existe. Ainsi, la technique de l'ADN environnemental (ADNe) serait particulièrement intéressante pour établir des suivis et des inventaires de population nécessaires à ce type d'étude. En effet, cette technique consiste à identifier les espèces cibles à partir de l'ADN qu'elle laisse dans un milieu donné (féces, urine, débris de peau, gamètes, mucus). Si cette méthode d'identification présente encore des limites techniques et financières, elle a déjà permis d'évaluer avec efficacité la présence d'espèces d'amphibiens en un lieu donné et est particulièrement utile pour identifier les espèces rares (*Ficetola et al*, 2019). Ces mêmes auteurs soulignent que l'innovation pourrait permettre d'avoir des informations sur l'abondance relative (voire absolue) d'une espèce. Smart et ses collègues (2016) ont notamment comparé les méthodes de piégeages traditionnelles avec l'ADNe pour le suivi d'une population de triton ponctué nouvellement introduite en Australie. Les résultats montrent qu'en plus d'être plus efficaces, l'ADNe n'est pas forcément plus coûteuse que la méthode usuelle. La détection d'espèces par l'approche décrite peut ainsi constituer une alternative, ou même une technique complémentaire aux méthodes de suivis déjà existantes.

Conclusion

Les menaces auxquelles doivent faire face les amphibiens et notamment les tritons ponctués sont nombreuses et variées. En se focalisant sur le potentiel effet de la matrice paysagère sur ces derniers, l'étude présentée a permis de souligner des tendances importantes à prendre en compte pour comprendre le déclin du triton ponctué en Indre et Loire. Ainsi, la conversion de prairie en culture pourrait notamment être une des causes de disparition de certaines populations étudiées. L'importance du milieu forestier est un autre élément important qui soulève de nombreuses questions quant à son interprétation. Finalement, l'étude de l'effet du paysage sur les tritons ponctués par photo interprétation permet déjà de donner des pistes à approfondir pour déterminer les causes de la disparition de ces derniers.

BIBLIOGRAPHIE

Arfeuillère N., Modélisation de la niche climatique présente et future du Triton ponctué, *Lissotriton vulgaris* en Europe. Mémoire, Master 2 BEE mention Ecologie Evolutive et Comportementale : Université de Tours, 2020, 38 pages.

Arntzen J.W., Abrahams C., Meilink W.R.M., Iosif R., Zuiderwijk A., 2017. Amphibian decline, pond loss and reduced population connectivity under agricultural intensification over a 38 year period. *Biodiversity and Conservation*, 26 (6) : 1411-1430.

Buono V., Bissattini A. M., Vignoli L., 2019. Can a cow save a newt ? The role of cattle drinking troughs in amphibian conservation. *Aquatic Conservation : Marine and Freshwater Ecosystems*, 29 (6) : 964-975.

Carey C., Alexander M. A., 2003. Climate change and amphibian declines : is there a link ? *Diversity Distributions*, 9(2) : 111-121.

Chadwick EA, Slater FM, Ormerod SJ., 2006. Inter- and intraspecific differences in climatically mediated phenological change in coexisting *Triturus* species. *Global Change Biology*, 12, 1069-1078.

Ćirović R., Vukov T.D., Radović D., Džuki G., Kalezi M. L., 2008. Distribution patterns and environmental determinants of European newts in the Montenegrin karst area. *Biologia*, 63 (5) : 745.

Cooke A.S., Frazer J.F.D., 1976. Characteristics of newt breeding sites. *Journal of Zoology*, 178: 223-236.

Cushman S.A., 2006. Effects of habitat loss and fragmentation on amphibians : A review and prospectus. *Biological Conservation*, 128 (2): 231-240.

Denoël M., 2007. "Le triton ponctué" dans Jacob J.-P. (éd.), *Amphibiens et Reptiles de Wallonie*, Namur, Aves – Raîenne et Centre de Recherche de la Nature, des Forêts et du Bois (MRW - DGRNE), collection "Faune - Flore - Habitats", n° 2, p. 96-103.

Denoël M., Ficetola G. F., 2008. Conservation of newt guilds in an agricultural landscape of Belgium: the importance of aquatic and terrestrial habitats. *Aquatic Conservation : Marine Freshwater Ecosystems*, 18: 714–728.

Denoël M., Perez A, Cornet Y, Ficetola GF, 2013. Similar Local and Landscape Processes Affect Both a Common and a Rare Newt Species. *PLoS ONE* 8(5) : e62727.

De Wavrin H., 2003. Habitats préférentiels des tritons en Moyenne-Belgique. *Les Naturalistes Belges*, 84: 1-14

Duguet. R, Melki F., 2003. Les Amphibiens de France, Belgique et Luxembourg. Mèze, éditions Biotope, Collection Parthénopé, 480p.

Faune-PACA, 2020, Publication n°96 : Inventaire des populations de Triton palmé autour de l'Etang de Berre, www.faune-paca.org , consulté le 23 mars 2020.

Ficetola G.F., Rondinini C., Bonardi A., Baisero D., Padoaschioppa E., 2015. Habitat availability for amphibians and extinction threat: a global analysis. *Diversity and Distributions*, 21 (3) : 302-311.

Ficetola, G. F., Manenti, R., & Taberlet, P. (2019). Environmental DNA and metabarcoding for the study of amphibians and reptiles: species distribution, the microbiome, and much more. *Amphibia-Reptilia*, 40(2), 129-148.

Finkler, M., 2018. *Modélisation des habitats favorables au triton crêté (Triturus cristatus) et au triton marbré (Triturus marmoratus) en Pays de la Loire*. Mémoire de Master, Dynamique des écosystèmes aquatiques, Université de Pau et des Pays de l'Adour, Anglet, 67p.

France Nature Environnement, 2020. Site internet de France Nature Environnement, fédération française des associations de protection de la nature et de l'environnement, <https://www.fne.asso.fr/>, consulté le 20 mars 2020

Gabrion J., Sentein P. & Gabrion C., 1978. Les populations néoténiques de *Triturus heleveticus* RAZ. Des causses et du Bas-Languedoc. *II. Ecologie. Terre & Vie* 32, 577-610.

Hubbs CL. 1955. Hybridization between fish species in nature. *Systematic Zoology*, 4, 1-20

INPN, 2012, Liste rouge des amphibiens de la région Centre, https://inpn.mnhn.fr/espece/listerouge/RG/LRR_Amphibiens_Centre_2012 , consulté le 27 Mars 2020

Johanet A., 2009. Flux de gènes inter-spécifiques chez des espèces de vallées alluviales : cas des tritons palmés et ponctués en vallée de la Loire. Interactions entre organismes. Université d'Angers, 250p. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00477761>

Joly P., Miaud C., Lehmann A. & Grolet O., 2001. Habitat Matrix Effects on Pond Occupancy in Newts. *Conservation Biology*, 15: 239-248.

Mantyka-Pringle C.S., Martin T.G., Rhodes J.R., 2012. Interactions between climate and habitat loss effects on biodiversity : a systematic review and meta-analysis. *Global Change Biology*, 18 : 1239-1252.

Marnell F., 1998. Discriminant analysis of the terrestrial and aquatic habitat determinants of the smooth newt (*Triturus vulgaris*) and the common frog (*Rana temporaria*) in Ireland. *Journal of Zoology*, 244 : 1-6.

Meyer W.B., Turner B.L. 1992. Human population growth and global land-use/cover change. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 23 : 39 –62.

Mourgaud G, Pailley P., 2005. Atlas de répartition des Amphibiens (Urodèles, Anoures) et Reptiles (Chéloniens, Squamates) de Maine-et-Loire (France (1990-2004)). Anjou Nature-Bulletin de l'Association "Les Naturalistes Angevins". pp. 5-53, Angers.

Müllner A., 2001. Spatial patterns of migrating great crested newts and smooth newts: the importance of the terrestrial habitat surrounding the breeding pond. *Rana*, 4: 279-293.

Nori J., Lemes P., Urbina-Cardona N., Baldod D., Lescanoa J., Loyolab R., 2015. Amphibian conservation, land-use changes and protected areas : a global overview. *Biological Control*, 191 : 367-374.

Preau C., Isselin-Nondedeu F., Sellier Y., Bertrand R., Grandjean F., 2018. Predicting suitable habitats of four range margin amphibians under climate and land-use changes in southwestern France. *Regional Environmental Change* 19:27–38
<https://doi.org/10.1007/s10113-018-1381-z>

Price S.J., Garner T.W.J., Nichols R.A., Balloux F., Ayres C., Mora-Cabello de Alba A., Bosh J., 2014. Collapse of Amphibian Communities Due to an Introduced Ranavirus. *Current Biology*, 24 (21) : 2586-2591.

Randler, C. 2002 : Avian hybridization, mixed pairing and female choice. *Anim. Behav.* 63, 103-119.

Rannap R., Lohmus A., 2012. Geographic variation in habitat requirements of two coexisting newt species in Europe. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 58 (1): 69–86.

Région Centre Val de Loire, 2020. Site internet de la région Centre Val de Loire, <http://www.regioncentre-valdeloire.fr/>, consulté le 20 mars 2020

Relyea R.A., Schoeppner N.M., Hoverman J.T., 2005. Pesticides and amphibians : the importance of community context. *Ecological Applications* 15(4) : 1125-1134.

Réserve naturelle du Pinail, 2020. Site internet de la Réserve Naturelle Nationale du Pinail, <http://www.reserve-pinail.org/>, consulté le 23 février 2020

Riley S.P. D., Busteed G.T., Kats L.B., Vandergon T.L., Lee L F.S., Dagit R.G., Kerby J.L., Fisher R.N., Sauvajot R.M., 2005. Effects of Urbanization on the Distribution and Abundance of Amphibians and Invasive Species in Southern California Streams. *Conservation Biology*, 16 (6) : 1894-1907.

Rosa G. M., Anza I., Moreira P. L., Conde J., Martins F., Fisher M. C, Bosch J., 2013. Evidence of chytrid-mediated population declines in common midwife toad in Serra da Estrela, Portugal : *Alytes obstetricans* population declines driven by chytridiomycosis. *Animal Conservation*, 16 (3) : 306-315.

Secondi J, Faivre B, Bensch S.,2006. Spreading introgression in the wake of a moving contact zone. *Molecular Ecology*, 15, 2463-2475

Serre Collet F., 2019. *Salamandre tritons et cie*. Versailles, Editions Quae, 148p.

Semlitsch R.D., 2008. Differentiating Migration and Dispersal Processes for Pond-Breeding Amphibians. *The Journal of Wildlife Management*, 72: 260-267.

Service de l'observation et des statistiques, 2016. Atlas régional pour l'occupation du sol en France, <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2019-01/datalab-2-atlas-regional-de-loccupation-des-sols-en-france%20%28cl%29-octobre2016.pdf>, consulté le 15/03/2020

Site internet de la Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt (DRAAF) du Centre Val de Loire, <http://draaf.centre-val-de-loire.agriculture.gouv.fr/> consulté le 14 février 2020.

Réserve naturelle du Pinail, 2020. Site internet de la Réserve Naturelle Nationale du Pinail, <http://www.reserve-pinail.org/>, consulté le 23 février 2020

Skei J.K., Dolmen Dag. , Rønning L., Ringsby T.H., 2006. Habitat use during the aquatic phase of the newts *Triturus vulgaris* (L.) and *T. cristatus* (Laurenti) in central Norway: proposition for a conservation and monitoring area. *Amphibia-Reptilia*, 27: 309-324.

Smith A.M., Green M.D., 2005. Dispersal and the metapopulation paradigm in amphibian ecology and conservation : are all amphibian populations metapopulations?. *Ecography*, 28: 110-128.

Smith A.M., 1969. *The British amphibians and reptiles*. Collins, London.

Snodgrass J.W., Casey R.E., Joseph D. et Simon J.A., 2008. Microcosm investigations of stormwater pond sediment toxicity to embryonic and larval amphibians: Variation in sensitivity among species. *Environmental Pollution*, 154 (2) : 291-297.

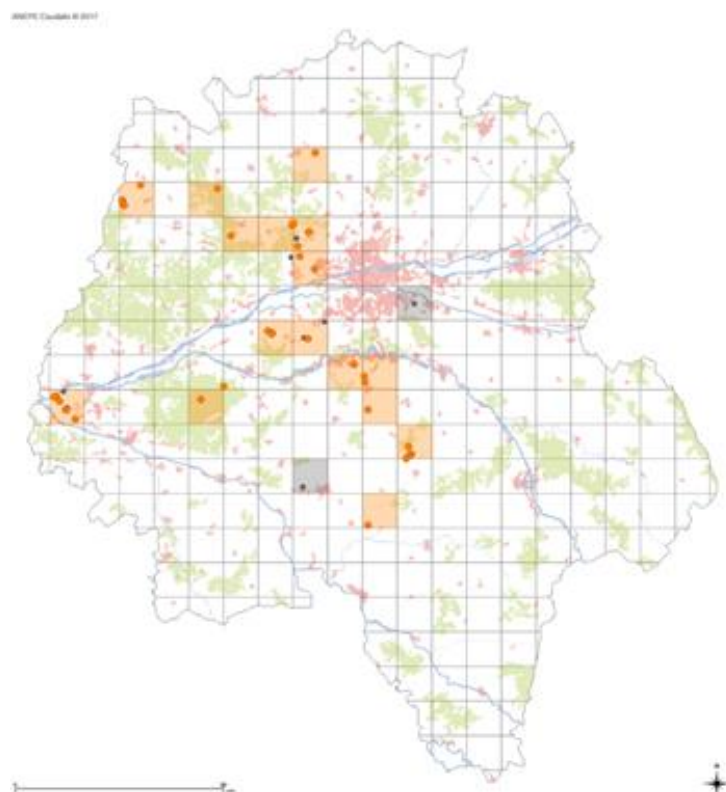
Trochet A., Moulherat S., Calvez O., Stevens V. M., Clobert J., Schmeller D.S., 2014. A database of life-history traits of European amphibians. *Biodiversity Data Journal*, 2 : e4123.

Vuorio V., Tikkanen O.-P., Mehta-talo L., Kouki J., 2015. The effects of forest management on terrestrial habitats of a rare and a common newt species. *European Journal of Forest restoration*, 134 : 377–388.

Walls S.C., Barichivich W.J., Brown M.E., 2013. Drought, Deluge and Declines: The Impact of Precipitation Extremes on Amphibians in a Changing Climate. *Biology*, 2 (1) : 399-418.

Wambreuse P., 1984. *Etude de la parade sexuelle en tant que mécanisme d'isolement des espèces Triturus helveticus (Razoumowsky 1789) et Triturus vulgaris (Linne 1758) (Urodela: Salamandridae)*. Mémoire en vue de l'obtention du grade de licencié, Université de Liège.

Annexe



Annexe 1 : Points de présence du triton ponctué en Indre et Loire en 2019 : en orange les point encore occupés, en bleu ceux où les tritons ont disparu.

Mare ID	Presence	Date	surface prairie	surface culture	surface forêts	linéaire de haies	taille moyenne culture	linéaire route	Bâti
1	0	2002	38,301	0	5,462	0	NA	1,468	0
1	0	2007	38,301	0	5,462	0	NA	1,468	0
1	0	2011	38,301	0	5,462	0	NA	1,468	0
1	0	2014	38,301	0	5,462	0	NA	1,468	0
1	0	2018	38,301	0	5,462	0	NA	1,468	0
2	0	2002	0	72,825	2,338	1,963	9,25	1,73	0
2	0	2007	2,4	37	2,338	1,963	9	2,94	20,17
2	0	2011	2	37	2,338	1,963	9	2,94	20,412
2	0	2014	2	37	2,338	1,963	9	2,94	20,412
2	0	2018	2	37	2,338	1,963	9	2,94	20,412
3	0	2002	0	3,3	67,2	0	4,72	0	0
3	0	2007	0	3,3	67,2	0	4,72	0	0
3	0	2011	0	3,3	67,2	0	4,72	0	0
3	0	2014	0	3,3	67,2	0	4,72	0	0
3	0	2018	0	3,3	67,2	0	4,72	0	0
4	0	2002	8,8	26,8	5,9	0,92	8,2	1,661	9,5
4	0	2007	9,7	25,9	5,9	0,92	8,1	1,661	9,5
4	0	2011	9,7	25,9	5,9	1,25	8,1	1,661	9,5
4	0	2014	9,2	25	5,9	1,25	8,1	1,661	10
4	0	2018	8,5	24,3	5,9	1,25	8	1,661	10
5	0	2002	36,402	6,119	4,962	0,44	3,77	1,468	0,86
5	0	2007	36,402	6,119	4,962	0,44	3,77	1,468	0,86
5	0	2011	40,202	3,8	4,962	0,44	3,5	1,468	0,86
5	0	2014	44,002	9	4,962	0,44	3,5	1,468	0,86
5	0	2018	44,3	8,7	4,962	0,44	3,5	1,468	0,86
6	0	2002	9,2	34,3	8,7	0,51	8,2	1,661	4,3
6	0	2007	9,2	34,3	8,7	0,51	8,2	1,661	4,3
6	0	2011	16	27,7	8,7	0,84	7,9	1,661	4,3
6	0	2014	8,1	35,4	8,7	0,84	8,3	1,661	4,8
6	0	2018	6,9	36,6	8,7	0,84	8,3	1,661	4,8
7	0	2002	2,9	22,7	25,4	0	11,1	0,585	0,3
7	0	2007	9,1	16,5	25,4	0	11,1	0,585	0,3
7	0	2011	20,6	5	25,4	0	15,2	0,585	0,3
7	0	2014	0	25,6	25,4	0	12,6	0,585	0,3
7	0	2018	0	25,6	25,4	0	12,6	0,585	0,3
8	0	2002	16,3	15,8	30,4	3,53	0,74	1,86	1,67
8	0	2007	16,7	7	36,8	3,53	0,65	1,86	1,67
8	0	2011	16,7	7	36,8	3,59	0,65	1,86	1,67
8	0	2014	17,7	7	35,8	3,59	0,65	1,86	1,67
8	0	2018	17,9	9,6	33	3,59	0,74	1,86	1,67

Mare ID	Presen ce	Date	surface prairie	surface culture	surface forêts	linéaire de haies	taille moyenn e culture	linéaire route	Bâti
9	0	2002	13,3	29,5	13,4	8,7	0,9	1,2	0,6
9	0	2007	40,4	2,7	20,4	8,7	0,2	1,2	0,6
9	0	2011	46,5	2,7	13,6	8,7	0,2	1,2	0,6
9	0	2014	46,5	2,7	13,3	8,7	0,2	1,2	0,6
9	0	2018	33,2	13	13,3	8,7	0,7	1,2	0,6
10	0	2002	50,4	0	11,6	8,69	NA	1,21	0
10	0	2007	52	0	12,5	8,39	NA	1,21	0
10	0	2011	53,3	0	11,6	8,39	NA	1,21	0
10	0	2014	53,3	0	11,6	8,39	0,3	1,21	0
10	0	2018	55,3	0	9,6	8,39	1,2	1,21	0
11	0	2002	31,3	2,7	27,5	1,3	NA	3,3	1,7
11	0	2007	31,3	2,7	27,5	1,3	NA	3,3	1,7
11	0	2011	29,8	2,7	29	1,3	NA	3,3	1,7
11	0	2014	29,8	2,7	29	1,3	NA	3,3	1,7
11	0	2018	30,4	2,7	28,4	1,6	NA	3,3	1,8
12	0	2002	12,2	54,9	0,8	1,5	7,5	2	0,7
12	0	2007	18,8	42,9	0,8	1,2	7,9	3,1	0,7
12	0	2011	8,9	52,8	1,3	1,1	7,6	3,1	0,7
12	0	2014	7,2	54,5	1,3	1,3	7,4	3,1	0,7
12	0	2018	7,4	54,3	1,3	1,3	7,6	3,1	0,7
13	0	2002	2,25	60,1	7,25	2,1	8,2	1,2	0,9
13	0	2007	2,25	60,1	7,25	2,1	8,2	1,2	0,9
13	0	2011	2,25	60,1	7,25	2,1	8,2	1,2	0,9
13	0	2014	2,25	60,1	7,25	2,1	8,2	1,2	0,9
13	0	2018	2,25	60,1	7,25	2,1	8,2	1,2	0,9
14	0	2002	7,4	56,1	11,5	0	6,8	1,4	0,25
14	0	2007	0,3	63,2	11,5	0	7,1	1,4	0,55
14	0	2011	13,8	49,4	11,5	0	6,8	1,4	0,65
14	0	2014	10,2	53	11,5	0	6,8	1,4	0,65
14	0	2018	26,5	36,7	11,5	0	6,8	1,4	0,65
15	0	2002	5,7	46,6	17,2	0	6,8	0,9	0
15	0	2007	1,7	50,6	17,2	0	7	0,9	0
15	0	2011	1,7	37,6	17,2	0	6,4	0,9	0
15	0	2014	12,2	38,9	17,2	0	6,7	1,3	0,1
15	0	2018	6,4	47,3	17,2	0	6,9	1,3	0,1
16	1	2002	30,9	1,5	31,6	4,2	NA	0	0
16	1	2007	35,4	0	27,1	4,2	NA	0	0
16	1	2011	36,4	2,4	26,1	4,2	NA	0	0
16	1	2014	36,4	2,4	30,1	3,9	1	0	0
16	1	2018	36,4	2,4	29	3,9	0,9	0	0

Mare ID	Presence	Date	surface prairie	surface culture	surface forêts	linéaire de haies	taille moyenne culture	linéaire route	Bâti
17	1	2002	1,2	25,9	48,2	0,25	16	0	0
17	1	2007	1,2	25,9	48,2	0,25	16	0	0
17	1	2011	1,2	25,9	48,2	0,25	16	0	0
17	1	2014	4,3	25,9	45,1	0,25	16	0	0
17	1	2018	4,3	25,9	45,1	0,25	16	0	0
18	1	2002	29,7	5,4	27,1	1,8	2,9	1	0,25
18	1	2007	35,1	0	27,3	1,8	NA	1,2	0,25
18	1	2011	35,1	0	27,7	1,8	NA	1,2	0,3
18	1	2014	35,1	0	27,3	1,8	5,2	1,2	0,3
18	1	2018	35,1	0	27,3	1,8	4	1,2	0,3
19	1	2002	7	10,9	45,4	0,4	8,5	1,8	2
19	1	2007	8,1	10,2	50,2	0,4	8,5	1,8	2
19	1	2011	8,1	10,2	48,1	0,4	8,5	1,8	2
19	1	2014	7,8	12,5	48,1	0,4	8,5	1,8	2
19	1	2018	8,1	10,2	48,1	0,4	8,5	1,8	2
20	1	2002	17	30,6	15,7	0,9	3,1	1,2	2,7
20	1	2007	14,2	36,7	15,1	0,5	2,9	1,2	3,3
20	1	2011	24,7	25,4	15,7	0,8	2,4	1,2	3,5
20	1	2014	25,1	25,4	15,7	1,4	2,4	1,2	3,5
20	1	2018	26,1	25,4	15,7	1,2	2,4	1,2	3,5
21	1	2002	41,3	0	28,2	0,7	5,9	1	0,3
21	1	2007	41,3	0	28,2	0,7	3,85	1	0,3
21	1	2011	41,3	0	28,2	0,7	4,2	1	0,3
21	1	2014	41,3	0	28,2	0,9	NA	1	0,3
21	1	2018	25	16,3	28,2	0,9	NA	1	0,3
22	1	2002	6,5	26,6	16,3	0,8	6,1	2,2	20,2
22	1	2007	29,8	3,3	16,3	0,8	3,7	2,2	20,2
22	1	2011	6,5	26,6	16,3	0,8	6,1	2,2	20,9
22	1	2014	23,1	10,3	15,2	0,8	6,1	2,2	20,9
22	1	2018	20,9	29,5	15,2	0,8	5,4	2,2	20,9
23	1	2002	45,7	2,7	11,1	0,98	1,3	1,95	0,1
23	1	2007	32,3	16,1	11,1	0,98	3,4	1,95	0,1
23	1	2011	44,4	3,9	11,1	0,88	1,8	1,95	0,1
23	1	2014	44,4	3,9	11,1	0,88	1,3	1,95	0,1
23	1	2018	45,3	4,8	11,1	0,88	1,9	1,95	0,1
24	1	2002	10,6	15,8	44,3	0,35	5,2	2,4	0,5
24	1	2007	10,6	15,8	44,3	0,35	5,2	2,4	0,5
24	1	2011	10,6	15,8	44,3	0,35	5,2	2,4	0,5
24	1	2014	10,6	15,8	44,3	0,35	5,2	2,4	0,5
24	1	2018	9,7	16,7	44,3	0,35	4,6	2,4	0,6
25	1	2002	17,3	46,4	6,8	1,95	5,5	0	0,3
25	1	2007	20,6	40,8	6,8	1,95	6,5	0	0,3
25	1	2011	19,7	41,7	9,1	1,95	6,5	0	0,3
25	1	2014	18,4	40,8	11,3	1,95	7,2	0,59	0,3
25	1	2018	16,6	41,4	12,5	1,95	6,5	0,59	0,3

*Annexe 2 : Tableau des données brutes
(les cellules en orange indiquent que la mare n'existait pas)*

Mare ID	surface prairie	surface culture	surface forêts	linéaire de haies	taille moyenne culture	linéaire route	Bâti
1	0,00	0,00	0,00	0,00	NA	0,00	0,00
2	-0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	-0,12	0,03	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,05
5	-0,13	1,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	-0,57	0,32	0,00	0,00	0,05	0,00	0,12
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	0,07	0,37	-0,10	0,00	0,14	0,00	0,00
9	-0,07	0,00	0,20	0,00	2,50	0,00	0,00
10	0,04	0,00	-0,17	0,00	NA	0,00	0,00
11	0,02	0,00	-0,02	0,23	NA	0,00	0,06
12	-0,17	0,03	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15	-0,58	0,18	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00
16	0,01	0,00	-0,04	-0,07	NA	0,00	0,00
17	2,58	0,00	-0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
18	0,00	0,00	-0,01	0,00	NA	0,00	0,00
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20	0,06	-0,06	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00
21	0,00	0,00	0,00	0,29	NA	0,00	0,00
22	2,52	-0,62	-0,07	0,00	-0,11	0,00	0,00
23	0,02	-0,23	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00
24	-0,08	0,06	0,00	0,00	-0,12	0,00	0,20
25	-0,16	-0,01	0,37	0,00	0,00	0,59	0,00

Annexe 3 : Tableau des taux de changements (sans effet de retard)

Mare ID	Surface prairie	Surface culture	Surface forêts	Taille moyenne culture	Bâti
1	0,00	0,00	0,00	NA	0,00
2	-0,17	0,00	0,00	0,00	0,01
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	-0,05	-0,03	0,00	0,00	0,05
5	0,21	0,47	0,00	-0,07	0,00
6	-0,12	0,03	0,00	0,01	0,12
7	-1,00	4,12	0,00	-0,17	0,00
8	0,07	0,37	-0,10	0,14	0,00
9	-0,18	3,81	-0,35	2,50	0,00
10	0,06	0,00	-0,23	NA	0,00
11	-0,03	0,00	0,03	NA	0,06
12	-0,61	0,27	0,63	-0,04	0,00
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14	0,92	-0,26	0,00	-0,04	0,18
15	-0,48	0,22	0,00	0,03	0,00
16	0,01	0,00	-0,04	NA	0,00
17	2,58	0,00	-0,06	0,00	0,00
18	0,00	0,00	-0,01	NA	0,00
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20	0,06	-0,06	0,00	0,00	0,00
21	0,00	0,00	0,00	NA	0,00
22	2,52	-0,62	-0,07	-0,11	0,00
23	0,02	-0,23	0,00	0,06	0,00
24	-0,08	0,06	0,00	-0,12	0,20
25	-0,16	-0,01	0,37	0,00	0,00

Annexe 4 : Tableau des taux de changements (avec effet retard)

Directeur de recherche :

Francis Isselin-Nondedeu

Antoine Courpon

PFE/DAE5

DAE/ADAGE

2020-2021

Effets du paysage sur des populations de tritons ponctués d'Indre et Loire

Résumé : Les amphibiens sont aujourd'hui l'un des taxons les plus menacés de la planète. Le triton ponctué (*Lissotriton vulgaris*) est une espèce en danger de disparition en région Centre Val de Loire qui constitue sa limite d'aire de répartition. Afin de déterminer l'effet du paysage sur des populations de triton ponctué d'Indre et Loire, un travail de photo interprétation a été réalisé sur des mares occupées ou anciennement occupées par l'espèce. Des variables composant la matrice paysagère ont été relevées pour chacune des 25 mares étudiées et un taux de changement a été calculé. Le premier résultat montre que le milieu forestier est davantage présent dans les mares encore occupées par les tritons ponctués. Dans un second temps, l'étude comparée des taux de changements a montré que les cultures diminuaient autour des mares où les tritons avaient disparu alors que les prairies semblaient augmenter davantage là où les tritons étaient encore présents. Les forêts semblent avoir une importance particulière dans l'habitat du triton, en offrant un habitat d'hivernage et en limitant les changements d'occupations du sol. En parallèle, la conversion de prairies en cultures pourrait constituer une des causes de disparition du triton. L'amélioration des techniques d'inventaires à l'aide d'ADN environnemental et l'étude approfondie des tendances mises en avant dans l'étude pourraient permettre de mieux comprendre le déclin des tritons.

Mots Clés : Triton ponctué, paysage, changement d'occupation des sols, photo interprétation,