

L'influence des facteurs environnementaux sur la répartition de *Lissotriton vulgaris* en Vallée de la Loire



Stage effectué du 04/03 au 30/08/2019

CPIE LOIRE ANJOU

sous la direction scientifique de TOURNEUR Jérôme



Résumé

Le Triton ponctué est actuellement considéré comme une espèce quasi-menacée sur le territoire national. A l'échelle régionale, c'est une espèce qualifiée de « rare » qui se cantonne majoritairement dans les vallées alluviales dans les Pays de la Loire. L'écologie de cette espèce septentrionale, ici au sud de son aire de répartition atlantique, reste un mystère pour les naturalistes de la région. Pour cela le CPIE porte une étude dans le but d'améliorer les connaissances sur les facteurs environnementaux qui conditionnent la présence de *Lissotriton vulgaris* en Vallée de la Loire.

Dans le cadre de cette étude pilote, la création d'un protocole spécifique utilisant une méthode peu mise en œuvre a été effectuée. Le traitement statistique s'est porté sur l'analyse des facteurs influençant la probabilité de détection ainsi que de l'occurrence de l'espèce.

Il en ressort que la date est un facteur déterminant dans la probabilité de détection. A l'issue de cette analyse du jeu de données l'occurrence $\Psi = 0.318$ et la probabilité de détecter l'espèce de 0.455, sont à relativiser au vu d'une erreur standard élevée.

Des améliorations portées sur le protocole, le choix des variables et le traitement statistique auraient pu permettre d'améliorer la précision des résultats.

Mots clés : Maine-et-Loire, Urodèles, vallée alluviale, logiciel PRESENCE, paysage

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Olivier GABORY, directeur du CPIE LOIRE ANJOU et responsable du secteur Biodiversité, ainsi que toute l'équipe pour leur accueil, leur convivialité et surtout leur bonne humeur, qui ont permis mon épanouissement au sein de cette structure.

Mes remerciements se destinent plus particulièrement à Dorian ANGOT, coordinateur du projet Triton ponctué pour m'avoir épaulée sur le projet et soutenue sur le volet naturaliste.

Je remercie également Jérôme TOURNEUR, maître de stage et chargé d'action biodiversité, pour ses conseils scientifiques et son aide sur le volet statistique.

Merci à Ludovic AUBRY, Baptiste GABORIAU, Loïc BEILLON (Bénévoles du CPIE Loire Anjou) et toutes les personnes qui m'ont accompagné lors des prospections pour le temps qu'ils ont mis à contribution pour l'étude.

Je remercie également les exploitants agricoles et les propriétaires pour leurs accords et leurs courtoisies lors de la campagne de terrains.

La chambre d'agriculture des Pays de la Loire et le Conservatoire d'Espaces Naturels des Pays de la Loire pour leurs implications auprès des exploitants agricoles.

La DREAL, le conseil départemental de Maine-et-Loire pour le financement du projet, sans qui l'étude n'aurait pu voir le jour.

Avant-propos

Le CPIE (Centre Permanent d'Initiatives pour l'Environnement) LOIRE ANJOU est une association loi 1901 qui s'intègre à un réseau national : l'Union Nationale des CPIE, qui compte 78 autres structures de ce label, réparties sur le territoire en 12 Unions Régionales.

Les missions que peuvent conduire ces associations sont très variées d'une structure à l'autre.

Le CPIE LOIRE ANJOU compte 6 pôles de compétences dont le secteur « Biodiversité ». Les missions réalisées par celui-ci sont diverses : plans de gestion, suivis/expertises, assistances à maîtrise d'ouvrage, **amélioration des connaissances scientifiques**, ABC (Atlas de la Biodiversité Communales), études d'impact,

Le projet Triton ponctué a été déposé auprès de la DREAL Pays de la Loire et le conseil départemental de Maine-et-Loire pour une période de 3 ans (2019-2022) dans l'objectif d'améliorer les connaissances scientifiques et de communiquer localement sur cette espèce au vu des résultats.

Plusieurs partenaires s'articulent autour de ce projet : La DREAL et le Département du Maine-et-Loire en tant que partenaires financiers, la Chambre d'Agriculture et le CEN Pays de la Loire en tant que partenaires techniques pour la prise de contacts et la communication auprès des exploitants agricoles.

Table des matières

1	Introduction.....	5
2	Matériel et méthodes.....	7
2.1	Une identification délicate de <i>L. vulgaris</i>	7
2.2	Standardisation/Elaboration du protocole d'échantillonnage.....	8
2.2.1	La vallée de la Loire	8
2.2.2	Contacts auprès des propriétaires	10
2.2.3	Sélection des sites d'échantillonnage	10
2.2.1	Une conception optimale	10
2.3	Méthodes d'échantillonnage	11
2.3.1	Recherche bibliographique.....	11
2.3.2	Utilisation d'un couple de méthodes recommandées	12
2.4	2 types de variables relevés à trois niveaux.....	13
2.4.1	Présentation des variables	13
2.4.2	Déroulement de la campagne de relevés.....	16
2.5	Traitement des données	16
2.5.1	Prétraitement du jeu de données	16
2.5.2	Analyse Factorielle de Données Mixtes.....	16
2.5.3	Logiciel PRESENCE	16
3	Résultats.....	18
3.1	Analyse mixte/AFDM.....	19
3.2	Modélisation avec le logiciel PRESENCE.....	20
4	Discussion.....	21
4.1	Evolution de la répartition de l'espèce	21
4.2	Des analyses statistiques peu concluantes	21
4.2.1	Une raison écologique.....	21
4.2.2	Des raisons méthodologiques	21

1 Introduction

Depuis des dizaines d'années les populations d'amphibiens chutent drastiquement. La principale cause de ces déclin est la dégradation voire la destruction de leurs habitats. On estime qu'un tiers des espèces seront menacées d'extinction ou éteintes d'ici 2030 au niveau mondial (af).

Selon la liste rouge française, 8 espèces d'amphibiens sur 35 sont menacées (ag). Outre les espèces menacées, une douzaine d'amphibiens se classent aujourd'hui dans la catégorie "quasi menacée" comme le Triton ponctué.

Protégé au Niveau national, ce triton est qualifié en préoccupation mineure sur les Liste Rouge Européenne et Mondiale. Cependant cette espèce est déclarée de quasi menacée au niveau National et fait partie des espèces déterminantes ZNIEFF pour la Région

Cette espèce continentale, très répandue dans le Nord de la France, trouve en Pays de la Loire, la limite Sud-Ouest de son aire de répartition. Peu connu en Mayenne et en Sarthe, elle est totalement absente de Vendée. Cependant quelques populations éparses sont connues en Loire-Atlantique et en Maine-et-Loire.

Depuis 4 ans, une dynamique d'Atlas Herpétologique s'est mise en place en Pays de la Loire. Cela s'est traduit par une forte implication du tissu associatif et surtout bénévole dans tous les départements pour actualiser les cartes de répartition de chacune des espèces sur le territoire.

Cette démarche a permis de mieux cerner la répartition de *L. vulgaris* (cf. Figure 1). Dans la Région, les populations sont dispersées en Sarthe et Mayenne et se concentrent dans les vallées alluviales et les marais en Loire-Atlantique et Maine-et-Loire. Dans ce dernier département, les populations se cantonnent majoritairement en vallée de la Loire.

Peu d'études ont été menées sur l'espèce à l'échelle nationale. Elle reste une énigme pour de nombreux naturalistes de la Région.

Une étude fait principalement figure de bibliographie. Cette dernière, conduite par 2 naturalistes Loirains a été lancée en 2017. L'objectif était d'améliorer les connaissances sur la répartition de l'espèce (ae).

Plus localement en 2009, Aurélie Johanet a effectué une thèse sur les flux de gènes entre les Triton palmés et ponctués en vallée de la Loire (h). Cette étude a nettement renforcé les connaissances sur la répartition locale.

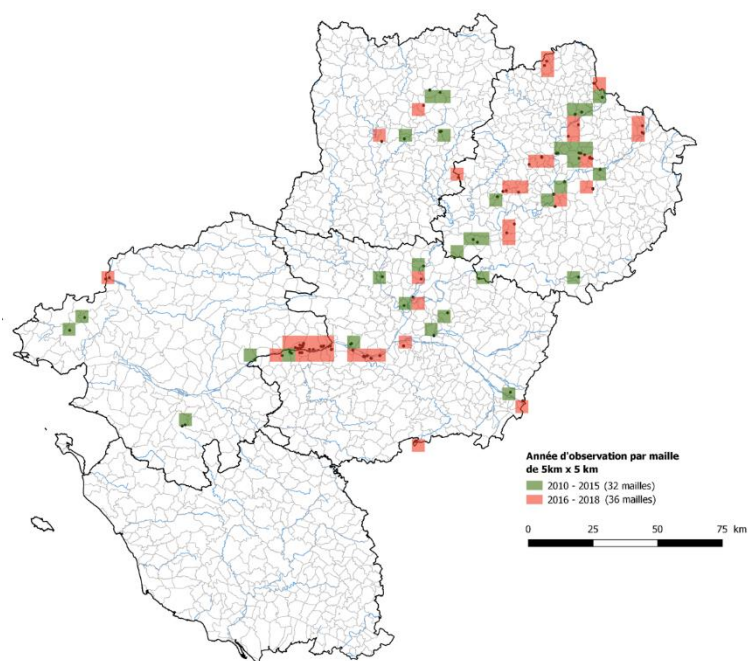


Figure 1: Carte répartition *L. vulgaris* (2018), Source: Groupe Herpétologiques des Pays de la Loire

Cependant aucune étude ne s'est intéressée à l'écologie de l'espèce. Avec les contraintes climatiques et anthropiques actuelles, ce triton septentrional pourrait repousser sa limite de répartition méridionale et progressivement disparaître du Sud de son aire.

C'est dans ce contexte particulier que s'inscrit la présente étude avec pour objectif d'améliorer les connaissances sur la répartition et l'écologie de l'espèce en vallée alluviale. Un protocole spécifique a été défini pour optimiser la capture et déceler les paramètres influençant la présence de l'espèce.

A l'issue des prospections, l'histoire de détection unique à chaque site échantillonné permettra d'estimer deux paramètres : la probabilité d'occupation et de détectabilité de l'espèce.

2 Matériel et méthodes

2.1 Une identification délicate de *L. vulgaris*

La région Pays de la Loire, est une zone de chevauchement d'aires de répartition de deux espèces proches : le Triton palmé (*Lissotriton helveticus*) et le Triton ponctué (*Lissotriton vulgaris*). Considéré comme ubiquiste, le Triton palmé occupe une niche écologique plus large que celle du ponctué. Les deux espèces sont de tailles similaires même si l'on constate que les individus de *Lissotriton vulgaris* sont en moyenne légèrement plus grands (t). Les deux espèces peuvent être facilement confondues pour une personne peu avertie.

Les critères d'identification ci-dessous sont issus du document édité par le groupe herpétologique des Pays de la Loire (t et u):

			<i>Lissotriton helveticus</i>	<i>Lissotriton vulgaris</i>
Mâle	Pattes		Palmure	Lobes cutanés
	Filament		X	
	Bourrelet glandulaire		X	
	Liseré sombre jointure flanc/dos		X	X
	Crête festonné			X
	Grande ponctuation			X
Femelle	Couleur	Gorge/ventre	Chair, unie, peu de taches (petites taille)	Gris clair-cendré, ponctuation noire
		Flancs	Tâches blanche au-dessus insertion pattes arrières	Série de taches en bas du flanc
		Queue	Bord inférieur queue comprend une bande claire à jaunâtre	Bord inférieur jaune clair ou jaune orangé
		Cloaque	Pigmentation du cloaque claire	Pigmentation du cloaque foncée
	Forme de la tête		1 sillon sur le haut du crâne, et zone entre l'œil et la narine plate ou à peine concave	Tête plus ou moins marquée par 3 sillons sur le haut du crâne
	Tubercules plantaires		2 petits tubercules clairs sous le pied	Pas de tubercule mais 1 ergot à la base du petit orteil



Figure 2: Vue ventrale *L. vulgaris* (mâle), Source : CPIE LOIRE ANJOU



Figure 3: Vue ventrale *L. vulgaris* (femelle), Source : CPIE LOIRE ANJOU

2.2 Elaboration du protocole d'échantillonnage

2.2.1 La vallée de la Loire

La zone d'étude se cantonne à la Vallée de la Loire en Maine-et-Loire, de La Varenne à l'Ouest à Varennes-sur-Loire à l'Est. Elle compte 20 aires, dont 10 dites « historiques » (présence avérée de l'espèce antérieure à 2019) et 10 aires « aléatoires » (espèce non connue).

Un nombre d'aire supérieur à la pression d'échantillonnage effective ($n=20$) a été tiré au sort pour pallier les besoins d'autorisation et être sûr de disposer d'un nombre d'échantillons suffisant en cas de nombreux refus (cf. carte secteur aval et amont d'Angers).

Les aires historiques sont sélectionnées selon une stratification Est/Ouest, dans la vallée de la Loire au regard des données saisies dans les bases de données (5 aires à l'Ouest/ 5 à l'Ouest). La seule condition était la présence d'au moins 6 sites aquatiques dans un rayon d'un kilomètre autour du site de présence. Cette sélection permet une uniformisation d'échantillonnage et géographique dans le choix des secteurs. Le périmètre retenu pour l'intégration des données correspond à la ZNIEFF de la Vallée de la Loire. Ce zonage permet une délimitation cohérente du périmètre d'étude.

La sélection des aires aléatoires s'est effectuée à partir d'un découpage de la ZNIEFF en maille Lambert 93 d'1 km. Dix mailles sont ensuite sélectionnées aléatoirement selon la même stratification que précédemment. Les seules conditions nécessaires à la sélection sont les suivantes : au moins 6 sites aquatiques dans un rayon d'1 km ainsi que l'indépendance des mailles entre elles pour éviter les chevauchements.

Ces 20 mailles ont été transformées en buffer d'1 km de diamètre. Le centre des buffers « historiques » est défini par la mare dont est issue la donnée. Pour les buffers « aléatoires », la mare centrale est choisie arbitrairement au cœur de l'aire de façon à ce que le buffer comporte un minimum de 6 mares échantillonnables. Cela représente un total de 120 mares réparties sur l'ensemble de la vallée. Le nombre de six mares correspondant à l'effort de capture réalisable en une session de piégeage qui est d'une nuit.

Les données historiques sont issues de la base de données de l'Union Régionale des CPIE de Pays de la Loire et des relevés effectués par Aurélie Johannet dans le cadre de sa thèse en 2009.

2.2.2 Contacts auprès des propriétaires

Les exploitants agricoles ayant des parcelles concernées par la campagne de prospections ont été avertis de l'étude par le biais d'un courrier nominatif et d'une présentation de l'étude lors des réunions MAEC concernant la zone Natura 2000 de la « Vallée de la Loire de Nantes aux Ponts-de-Cé et ses annexes ». Ces derniers étaient amenés à se signaler s'ils s'opposaient à la campagne d'inventaire ou souhaitaient des informations complémentaires sur la démarche. Le courrier spécifiait qu'en l'absence de retour, les mares concernées pouvaient être prospectées. L'adressage du courrier s'est effectué via la chambre régionale d'agriculture.

Les propriétaires privés et publics ont quant à eux été contactés au cas par cas par l'intermédiaire du cadastre. Aucune pièce d'eau n'a été prospectée dans le cadre de l'étude sans l'aval de son propriétaire.

2.2.3 Sélection des sites d'échantillonnage

Au sein de chacune de ces aires, 6 mares sont tirées au sort sur l'ensemble de celles recensées, dont on a l'accord. Concernant les buffers historiques la mare centrale est automatiquement sélectionnée pour les prospections et 5 autres mares au sein de ce même buffer seront tirées aléatoirement pour arriver à un total de 6 mares. Pour les buffers non historiques l'ensemble des 6 mares sont tirées au sort.

L'ordre de passages sur chacun des buffers a été défini aléatoirement, l'ensemble des tirages ont été exécutés à partir de fonctions issues du logiciel EXCEL.

2.2.1 Une conception optimale

Il est convenu dans les méthodes de site occupancy de mettre en place un plan d'échantillonnage adapté à l'espèce ciblée dans le but d'évaluer son occupation et sa détection de la façon la plus fiable. Il faut alors estimer deux éléments quantitatifs relatifs à la mise en œuvre du modèle d'occupation de site : le nombre de sites à retenir et le nombre de visites pour chacun d'entre eux.

Ces deux éléments quantitatifs sont examinés dans la logique d'optimiser le protocole dans l'objectif d'atteindre le meilleur compromis entre un effort de suivi minimal et une qualité maximale (biais, précision & exactitude) des deux estimateurs que l'on souhaite obtenir (l'occupation et la détection) (x).

Se trouvant dans les cas d'un petit échantillon ($n=120$), la simulation s'est révélée nécessaire pour permettre de quantifier les propriétés des estimateurs. La simulation est faite au moyen d'un script R(ai).

Pour mettre en place la méthode de site occupancy, il est nécessaire d'effectuer à minima 2 visites par site (w). Mais pour cela il faut que la probabilité d'occupation soit > 0.7 et celle de détection > 0.3 (au prix d'une précision très faible).

Si la probabilité de détection est > 0.5 , il est alors préférable que le nombre de visite (K) soit au minimum de 3 (si cette probabilité est < 0.5 , il est nécessaire d'augmenter K).

Dans le cas présent, d'après la bibliographie consultée $\Psi = 0.334$ et $p=0.426$

Cette étape a été exécutée de manière à optimiser le plan d'échantillonnage en prenant en compte les différentes contraintes imposées par la phénologie de l'espèce, la période de stage, l'écologie de l'espèce et le matériel disponible.

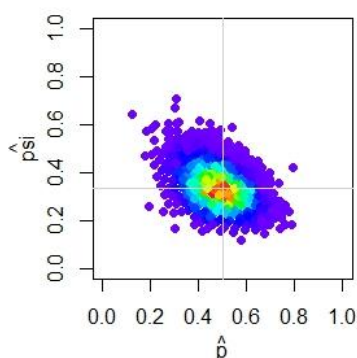


Figure 4: Représentation graphique des biais, précisions et exactitudes, R

La simulation ayant le meilleur compromis entre le biais, la précision (SE) et l'exactitude (MSE) est :

$$p=0.5 \text{ et } E=216$$

Ce qui revient admettre que pour obtenir cet effort de prospection de 216 en partant d'une probabilité de détection de l'espèce de 0,5, il faut réaliser quatre sessions par semaine sur six mares pendant trois passages sur 12 aires.

(6 mares prospectées * 3 passages * 12 aires potentielles * 4 sem/passage = 216).

Ψ	p				Biais	Variance	SE	MSE
		S	K	E				
0.334	0.5	72	3	216	0.0072	0.0045	0.06708204	0.0046

La probabilité de détectabilité de l'espèce n'étant pas connue, elle a été estimée à partir de données répertoriées par Gaëlle CAUBLOT(b), qui l'estimait à 0.426. Cette valeur étant obtenue par les méthodes de prospection classiques (lampe et troubleau) et moins efficaces que les nasses, il a été jugé cohérent de retenir la valeur seuil de 0,5 dans le cas présent.

Pour respecter la stratification uniforme de l'échantillonnage répartition, les 12 aires ont été tirées au sort parmi les 20 présélectionnées : 6 aires d'étude à l'Est et autant à l'Ouest comprenant chacune 3 aires historiques et 3 aires aléatoires.

2.3 Méthodes d'échantillonnage

2.3.1 Recherche bibliographique

Un des premiers travaux consiste à la réalisation de recherches bibliographiques sur l'espèce. Ces recherches ont été couplées à une synthèse des connaissances sur l'espèce et ont permis de définir le plan de prospection. Cependant, les recherches ont été peu fructueuses, peu d'études ont été menées spécifiquement sur cette espèce. En ALSACE, Gaëlle CAUBLOT, stagiaire de l'association BUFO à étudier plusieurs espèces d'amphibiens dont *Lissotriton vulgaris*, ce qui a permis d'obtenir une estimation de l'occurrence et de détectabilité de l'espèce (b).

De plus, à l'initiative de 2 naturalistes, une étude récente (2017-2018) sur le Triton ponctué s'est déroulée en Loire-Atlantique. Malgré qu'elle soit très limitée d'un point de vue du protocole, cette étude a permis de comparer différentes méthodes d'échantillonnage et de soulever différentes pistes de réflexions sur cette espèce (ae).

Les informations issues de ces études ont orienté les choix sur le nombre de sites à échantillonner et les méthodes de prospections à mettre en œuvre dans le cas présent.

2.3.2 Utilisation d'un couple de méthodes recommandées

Afin d'acquérir des connaissances fines sur l'espèce, la mise en place d'un protocole standardisé est nécessaire. Le Triton ponctué ayant une écologie particulière, les méthodes d'inventaire classiquement utilisées lors des prospections d'amphibiens (lampe torche et troubleau) ne semblent pas adaptées en l'état (a, m et ae). Le protocole à mettre en place doit donc prendre en compte ces paramètres.

D'après la bibliographie et les expériences locales, le couplement de méthodes, apparait comme le plus efficace : la pose de nasses avec pêche au troubleau. Les deux ont été retenues dans le cas présent.

Ces méthodes sont standardisées selon la taille des pièces d'eau pour que la pression d'échantillonnage soit homogène selon les sites (a).

2.3.2.1 Des nasses flottantes

Chaque nasse sera agrémentée d'une bouteille d'eau d'un litre, ce qui leur permet d'être flottante et ainsi limiter la mortalité potentielle des amphibiens (cf. Figure 5). Grâce à cette précaution elles peuvent être posées en fin de journée, laissées une nuit entière et relevées le lendemain matin. Les nasses ne sont pas capturantes durant la journée (car hors période d'activité de l'espèce). On peut ainsi obtenir le même effort de capture pour chaque mare piégée.

2.3.2.2 Pêche au troubleau

Les coups de troubleau sont complémentaires des nasses, ils sont effectués dans des zones dépourvues de nasses pour homogénéiser les surfaces échantillonnées sur le site aquatique. Les prospections au troubleau sont réalisées le matin avant le relevé des nasses pour éviter un biais lié à la recapture d'individus.

2.3.2.3 Autorisation de capture

Ces deux méthodes faisant appel à la capture d'espèces protégées, deux autorisations de capture ont été délivrées dans le cadre de ce projet ; la première pour la capture avec relâché immédiat sur place de l'ensemble des amphibiens. (Autorisation déléguée spécifiquement par la DREAL pour le projet)

La seconde correspondant à une espèce exotique envahissante appelée *Xenopus laevis*, plus communément Xénope lisse. Cette autorisation permet la capture, le transport et la destruction d'espèces exotiques envahissantes. Elle a été déléguée dans le cadre du LIFE CROAA porté par le Parc Naturel Régional LOIRE ANJOU-Touraine.



Figure 5: Nasses flottantes, Source: CPIE LOIRE ANJOU



Figure 6: Etiquette nasse structure et arrêté préfectoral, Source: CPIE LOIRE ANJOU

	Nasses flottantes	Troubleau
Effectif	36 nasses + 36 bouteilles d'un litre	1 troubleau
Maille	5 mm	4mm
Disposition	Périphérie herbiers aquatiques (espace de minimum 3m)	Périphérie et au cœur des herbiers aquatiques
Effort de capture	Surface < 10 m ² = 1 nasse 10 m ² < Surface < 100 m ² = 3 nasses 100 m ² < Surface > 200 m ² = 5 nasses Surface > 200 m ² = 6 nasses (concentré sur une même surface de 200 m ²)	3 points de pêche pour 50 m ² Un point de pêche correspond à trois directions rayonnantes du large vers l'observateur

Dans le cas où les sites aquatiques piégés ne comportent aucun herbier aquatique, les nasses sont déposées uniformément sur une des bordures de la mare.

2.4 2 types de variables relevés à trois niveaux

2.4.1 Présentation des variables

Le tableau ci-dessous reprend l'ensemble des 32 paramètres relevés, dont 5 variables de détectabilité et 23 de site.

Les deux types de variables utilisées pour programmer le logiciel PRESENCE sont appelées « Site-specific covariates » et « Sampling-occasion covariates » autrement dit les variables sites et de détectabilité (v).

Les variables de sites sont relevées une seule fois sur l'ensemble des sessions alors que celles de détectabilité sont relevées à chaque passage.

	<i>Nom des variables</i>	<i>Code variable</i>	<i>Signification</i>	<i>Unités de mesure ou modalités</i>
Relevés	Date	DT	Numéro du jour du passage	N°85 à 141
	Observateur	OB	Nom de l'observateur principal	-
	Autres observateurs	O+	Personne(s) présente lors du passage en plus de l'observateur principal	-
	Identifiant buffer	IB	Numéro du secteur de prospections	N°1 à 20
	Identifiant mare	IM	Numéro de mares	N° 1 à 465
	Température air	TA	Moyenne sur une nuit de 20h à 8h, relevé toutes les heures	En °C, précision de 2 chiffres après la virgule
	Pluviométrie	PV	Moyenne sur une nuit de 20h à 8h, relevé toutes les heures	En mm, précision de 2 chiffres après la virgule
	Humidité	HM	Moyenne sur une nuit de 20h à 8h, relevé toutes les heures	En %, précision de 2 chiffres après la virgule
	Lune	LU	Phase lunaire	5 modalités (Pleine lune, gibbeuse, quartier, croissant, nouvelle lune)
Pièce d'eau	Type de site	TYP	Nature de la pièce d'eau en fonction de la connexion à un cours d'eau	3 modalités (Stagnante, Boire, Cours d'eau)
	PPRI	PPRI	Niveau de classification du zonage PPRI	2 modalités (Risques fort ou très fort)
	Profondeur	PRO	Profondeur estimé	4 modalités, de peu (<80 cm) à très profonde (>200cm)
	Surface	SUR	Surface de le masse d'eau	5 modalités, de très petite (< 150m²) à très grande (>1000m²)
	Berges accessible	BPD	% de berges en pentes douces	4 modalités, de un peu (<25%) à beaucoup (>75%)
	Hélophytes	RHL	Présence d'hélophyte	2 modalités (ABS ou présence)
	Hydrophytes flottantes	RHF	Présence d'hydrophyte flottante	2 modalités (ABS ou présence)
	Hydrophytes en racinés	RHR	% de recouvrement en hydrophyte en raciné	3 modalités, de peu (<25%) à beaucoup (>50%)
	Algues	ALG	% de recouvrement en algues	3 modalités, d'absente (<0%) à moyen (>25%)

Variable paysagère - Tampon 1 km	Animaux	ANI_P ou ANI_E	Occupation du site par les poissons (P) ou les écrevisses (E)	2 modalités (ABS ou présence)
	Turbidité	TUR	Clarté de l'eau	3 modalités, de limpide à trouble
	Berge dégagée	BDSL	% de berges constitué exclusivement de sol nu et/ou de la strate herbacée	4 modalités, de un peu (<25%) à beaucoup (>75%)
	Gîtes de surfaces	GITE	Linéaire de gîtes (talus, murets, arbres têtards,...) dans un tampon de 20 m autour de la pièce d'eau	m
	Prairies	SURF_P	Surface de prairies	m ²
	Cultures	SURF_C	Surface de cultures	m ²
	Milieux urbanisé	SURF_U	Surface de milieux urbanisé hormis les infrastructures linéaires	m ²
	Boisement	SURF_B	Surface de boisement	m ²
	Loire	SURF_L	Surface de la Loire	m ²
	Infrastructures linéaires	INFR_L	Linéaire de routes et de chemins	m
	Haies	HAIE_L	Linéaire de haies	m
	Proximité mare	MARE_A	Distance à la mare la plus proche	m
	Nombre de mares	NOMB_M	Nombre de mares	Effectif

2.4.2 Déroulement de la campagne de relevés

Cette étape s'est découpée en 2 phases : une phase d'échantillonnage sur le terrain puis d'une période de relevés au bureau.

La campagne de terrain a duré deux mois (du 25/03 au 22/05). Cette approche a permis de relever les variables afin de caractériser l'ensemble des sites aquatiques piégés.

La phase de bureau, quant à elle, a permis de relever les variables concernant l'analyse paysagère et les relevés météorologiques. Pour ce qui de l'étude du paysage, un traitement cartographique a été effectué à l'aide de couches existantes de diverses origines : OSO CESBIO 2017 pour les variables paysagères, BD TOPO 2014 pour les infrastructures linéaires, SIG LOIRE 2017 pour la variable « PPRI ». Les données concernant le linéaire de haies et les mares sont issues d'une collaboration entre l'IGN et la FRC (Fédération Régionale des Chasseurs des Pays de la Loire) datant de 2012.

Les variables météorologiques ont été relevées à partir du site Infoclimat en prenant comme référence la station météo d'Angers-Beaucouzé (al).

La variable Lune a été relevée à l'aide d'un calendrier lunaire, les qualificatifs « croissante » et « décroissante » non pas été dissociés au sein d'une même modalité (am).

2.5 Traitement des données

Les données ont été mises en forme à l'aide des Logiciels Excel 2016 et R 3.5.3. Les tests statistiques ont été effectués avec le logiciel R 3.5.3 à l'aide des packages ADE4, FactoMineR, MASS, Rcmdr, RVAideMemoire et Vegan.

Avant d'intégrer le jeu de données au logiciel PRESENCE, un prétraitement à l'aide d'une AFDM a dû s'imposer pour diminuer le nombre de variables et ainsi simplifier le nombre de combinaison possible pour la construction des modèles.

2.5.1 Prétraitement du jeu de données

Pour pouvoir réaliser une AFDM, il a fallu définir le type de chacune des variables et transformer les valeurs numériques (aa).

Comme l'ACP, l'analyse mixte fonctionne d'autant mieux quand les variables quantitatives du jeu de données ont une distribution symétrique. Une transformation logarithmique a donc été opérée $\log(x + 1)$ sur chaque variable.

Cette analyse est aussi sensible aux faibles effectifs, lorsqu'une modalité de variable qualitative est représentée par un nombre restreint d'individus. Pour pallier à cette problématique il est préférable de regrouper les modalités peu représentées pour obtenir des effectifs plus élevés. Le seuil minimum fixé est $n=10$ (ad).

2.5.2 Analyse Factorielle de Données Mixtes

Cette méthode a l'avantage d'établir une ACP et une AFC simultanément (z et ac) et de déterminer quelles sont les variables les plus structurantes dans la construction des axes. Celles qui sont mieux représentées sont retenues pour la suite de l'analyse.

2.5.3 Logiciel PRESENCE

Le programme PRESENCE permet de mettre en place la méthode « site occupancy ». Elle permet de calcul l'occurrence (ψ) et de la probabilité de détection (p).

Les conditions d'application de cette méthode résident sur un principe et une hypothèse (ab):

- Les sites sont suivis plusieurs fois au cours de chaque session.
- Les sites sont considérés comme « clos » au cours d'une session, c'est-à-dire qu'un site occupé reste occupé et qu'un site non-occupé reste non-occupé entre deux passages.

Ces conditions d'applications sont toutes deux respectées dans le cadre de cette étude.

Pour cela l'ensemble des modèles testés sont classés en fonction de l'AIC («Akaike Information Criterion»), le delta d'AIC (ΔAIC) de chaque modèle. L'AIC est utilisé dans le but de limiter les erreurs de suggestion dans un modèle mathématique. Plus cet indice d'Akaike est faible, plus un modèle est robuste. De plus, l'ensemble des modèles ayant un $\Delta AIC < 2$ doivent être pris en compte car ils sont qualifiés d'équivalent d'un point de vue statistique.

Ce classement établi, il est ensuite possible d'apprécier les variables influençant la présence de l'espèce pour cela il faut analyser les coefficients Beta dans les sorties de chaque modèle (cf.Figure 7).

Untransformed Estimates of coefficients for covariates (Beta's)

=====

		estimate	std.error
A1	psi.a1	: 2.240572	0.337783
A2	psi.IL	: -0.000177	0.000196
B1	P[1].b1	: 6.672709	1.771776
B2	P[2].b2	: 9.094854	2.272946
B3	P[3].b3	: 8.404364	2.322973
B4	P[1].DT	: -0.070900	0.017805

Figure 7: Coefficient Beta Ψ (INFR_L) $p(DT)$, PRESENCE

L'estimate de psi A1 représente une valeur de référence et les estimate A2 et A3 représente la pente d'influence des co-variables en question (A2 : INFR_L et B4 : DT).

On peut dès à présent voir que :

- les infrastructures linéaires ne sont favorables à *Lissotriton vulgaris* (car A2 est négatif),
- la date ne favorise pas non plus la présence de cette espèce (car B4 est négatif).

Cependant pour considérer qu'une variable à une influence significative que ce soit sur la probabilité d'occupation ou de détection, il faut calculer l'intervalle de confiance de cette valeur (A2) avec une fiabilité de 95% :

Valeur A ou B +/- 1.96*erreur standard

	Valeur A ou B	Erreur standard	Borne Inférieure	Borne supérieure	Significativité
IL	-0.000177	0.000196	-0.00056116	0.00020716	Non
DT	-0.0709	0.017805	-0.1057978	-0.0360022	Oui

Dans le cas présent les bornes inférieures et supérieures de la variable DT sont négatives, on peut donc en conclure que ce paramètre a une influence significative sur la présence de l'espèce. De plus au vu de la valeur B4 par rapport à la valeur de référence A1, l'influence de cette variable est négative.

3 Résultats

L'ensemble des 72 mares préconisées n'ont pu être prospectées étant donné les niveaux anormalement bas dès le début des prospections. Cette contrainte a impacté le nombre d'échantillons prospectables tout au long des prospections : 69 mares prospectées lors 1^{er} passage, seulement 63 l'ont été au 2^{ème} passage et 51 au 3^{ème}.

Des problèmes liés au refus de certains propriétaires et exploitants agricoles ont engendré le tirage de 2 nouveaux buffers. De plus, le buffer n°17 n'a pu être prospecté que durant les deux premiers passages du fait d'un désaccord entre la chambre d'agriculture et des exploitants qui se sont opposés à la prospection du 3^{ème} passage.

Dans certains cas, les propriétaires et exploitants ont suivi les inventaires. C'était alors l'occasion de les sensibiliser aux richesses et la protection du patrimoine naturel existant sur les parcelles.

Le tableau ci-dessous présente les résultats généraux en raisonnant par nombre de buffer.

	<i>Ouest</i>	<i>Est</i>	<i>Total</i>
<i>Positif</i>	5	3	8
<i>Négatif</i>	1 (n°4)	3	4
<i>Confirmé</i>	2	3	5
<i>Non confirmé</i>	1 (n°4)	-	1
<i>Nouveaux</i>	3	-	3

La présence de *L. vulgaris* dans les buffers « historiques » n'a pu être confirmée uniquement sur le n°4, car la mare historique du buffer se situe dans une zone d'expansion de crue d'un cours d'eau : l'Evre. Cette rivière étant associée avec un ensemble de prairies inondées lors des prospections n'a pu être échantillonnée et d'autres mares proches ont été retenues.

En considérant qu'une population est un groupe d'individus d'une même espèce, occupant une même zone géographique spécifique à une même période et qui partagent certaines propriétés biologiques. Plus de 80% des sites à l'Ouest d'Angers se sont révélés positifs avec 3 populations trouvées sur les buffers n°3,5 et 6. Il existe en revanche des suspicions sur la présence d'une population sur le buffer n°8 avec 3 individus capturés. Le buffer n°9 est positif cependant un seul individu a été capturé sur l'ensemble des 3 passages.

A l'Est d'Angers 50% des buffers sont positifs. Ce sont presque exclusivement des buffers historiques (n°11, 18 et 20) mais seulement une seule population a été décelée (n°20) sur ces 3 secteurs.

3.1 Analyse mixte/AFDM

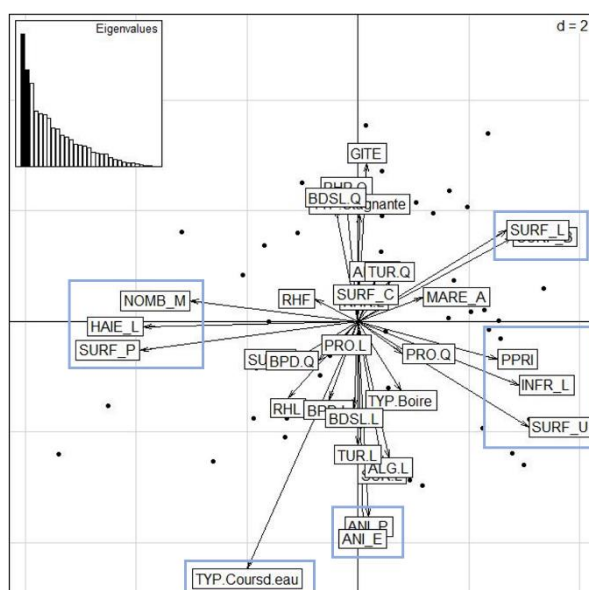


Figure 8: AFDM occupation, R

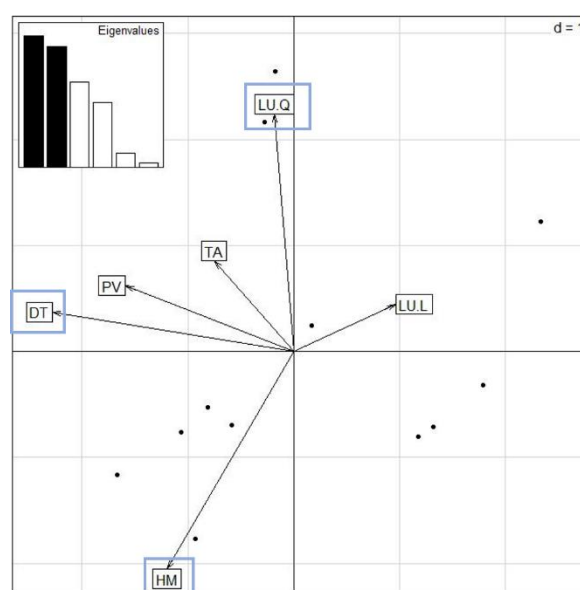


Figure 9: AFDM détectabilité, R

De nombreuses corrélations ont pu être constatées parmi les variables. Certaines ont plus de poids dans la construction des axes. Les choix des variables à sélectionner pour les modèles se sont portés sur la robustesse et la cohérence liée à l'écologie de l'espèce.

Le choix des variables retenues est détaillé ci-après (cf. Figure 8):

- SURF_P/HAIE_L/NOMB_M : Le linéaire de haies a été retenu dans l'optique d'étudier l'offre de gîtes arborés et/ou des connectivités potentielles pouvant être présent dans les buffers.

- ANI_P/ANI_E : La variable évaluant la présence d'écrevisse est peu fiable, ce taxon étant qualifié d'espèce de fond, seules les nasses en contact direct avec le fond des pièces d'eau ont permis d'estimer cette variable. De plus, de nombreux naturalistes estiment que la présence de *Lissotriton vulgaris* semble corrélée aux masses d'eau poissonneuses. La variable ANI_P a donc été retenue au détriment d'ANI_E.

- PPRI/INFR_L/SURF_U : Le paramètre PPRI est peu fiable, plusieurs modalités ont été regroupées lors du prétraitement faute d'un nombre d'échantillons estimé trop faible ($n < 10$). Des buffers situés à proximité directe de commune à forte densité urbaines (ex : Saumur et Les Ponts de Cé) ont été positif à l'espèce. Pour ces raisons, les infrastructures linéaires ont été retenues pour mettre l'accent sur la possible fragmentation des habitats.

- SURF_L/SURF_B : La variable SURF_L est peu fiable car elle prend en compte la surface de masse d'eau de la Loire mais aussi des d'étangs mais ne prend pas en compte les boires et mares. Etant peu régulière il est préférable d'exclure cette dernière pour favoriser la SURF_B.

Pour les paramètres de détectabilité aucune variable semble corrélée, se sont donc les 3 plus significatives qui ont été retenues (cf. Figure 9).

Le nombre de modèles devant être construit par la suite dans le logiciel PRESENCE est lié au nombre de variables retenues. Pour cela 7 variables sélectionnées, ce qui induit $2^7 = 128$ modèles à tester.

Les 7 variables retenues pour être analysées par PRESENCE sont donc pour l'occupation : les infrastructures linéaires (INFR_L), les haies (HAIE_L), la connexion au cours d'eau (TYP) et la présence de poissons (ANI_P). Pour les variables de détectabilité se sont la date (DT), l'humidité (HM) et la lune (LU).

3.2 Modélisation avec le logiciel PRESENCE

Seulement 9 modèles retenus sur les 128 ont été testés. Les 9 modèles ci-dessous ont permis d'évaluer l'occurrence et la probabilité de détectabilité de l'espèce en Vallée de la Loire :

$$\Psi_{\text{moyenne}} = 0.318 \pm 0.706 \text{ et } p_{\text{moyenne}} = 0.455 \pm 0.109$$

Modèles	AIC	ΔAIC	Wgt AIC	Ψ	Se Ψ	p	Se p
$\Psi(INFR_L)p(DT)$	142.2	0	0.074	0.319	0.609	0.454	0.105
$\Psi(INFR_L)p(.)$	142.5	0.29	0.064	0.322	0.603	-	-
$\Psi(HAIE_L+INFR_L)p(DT)$	143.2	1.02	0.044	0.317	0.974	0.456	0.108
$\Psi(HAIE_L+INFR_L)p(.)$	143.3	1.18	0.041	0.321	0.961	-	-
$\Psi(INFR_L)p(DT+HM)$	144.1	1.90	0.028	0.317	0.608	0.456	0.115
$\Psi(INFR_L+TYP)p(DT)$	144.1	1.91	0.028	0.318	0.61	0.455	0.106
$\Psi(INFR_L+ANI_P)p(DT)$	144.1	1.92	0.028	0.319	0.611	0.454	0.106
$\Psi(INFR_L)p(DT+LU)$	144.1	1.23	0.028	0.317	0.611	0.457	0.12
$\Psi(HAIE_L)p(DT)$	144.2	1.99	0.027	0.32	0.771	0.454	0.104

Parmi ces modèles équivalents ($\Delta AIC < 2$), 3 variables semblent ressortir du lot régulièrement : INFR_L, DT et HAIE_L. Les paramètres HM, TYP, ANI_P et LU, ne ressortent qu'une seule fois.

Influence	INFR_L	HAIE_L	ANI_P	TYP	DT	HM	LU
+		X	X			X	
-	X			X	X		X

D'après l'ensemble des modèles sélectionnés, seule la variable DT témoigne une influence significative sur la détectabilité de l'espèce. Ainsi, même avec une incertitude, la pente B₄ est toujours négative, c'est-à-dire que la probabilité de présence de *Lissotriton vulgaris* est toujours moins bonne dans le temps entre fin Mars et fin Mai.

On ne peut donc rien conclure de manière significative sur l'influence des 6 autres variables sur la probabilité d'occupation ou de détection de l'espèce.

4 Discussion

4.1 Evolution de la répartition de l'espèce

Les prospections ont permis de répondre à l'objectif général, l'amélioration des connaissances de l'espèce sur la Vallée de la Loire. Les données de présence de l'espèce contribueront à l'actualisation des cartes de répartition de l'espèce. Elles seront transmises pour être prises en compte dans le cadre de la démarche d'Atlas Herpétologique Régional.

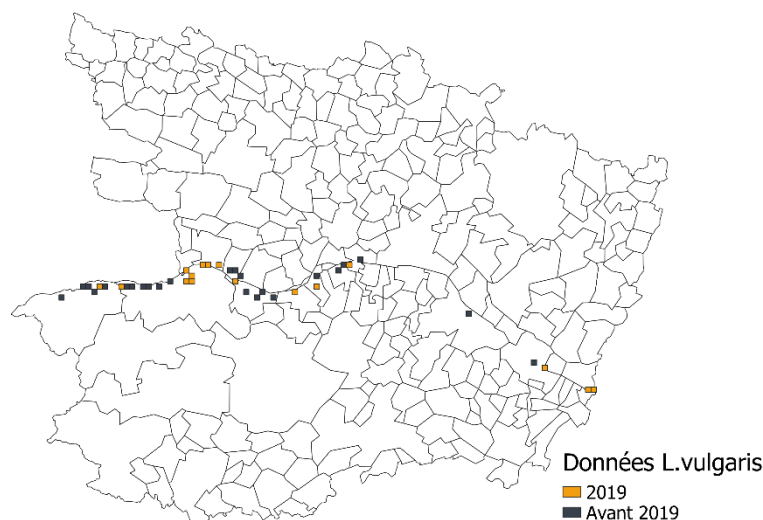


Figure 10: Répartition des données de *L.vulgaris* avant et après l'étude

A travers cette actualisation, cette étude a permis de confirmer la présence de l'espèce sur sites historiques et de découvrir de nouveaux sites où l'espèce n'était pas connu à ce jour.

4.2 Des analyses statistiques peu concluantes

4.2.1 Une raison écologique

Le pic de reproduction de l'espèce se situe de Février à Avril mais la période en phase aquatique est variable d'une année à l'autre, influencée par les conditions climatiques, elle peut alors s'étendre de Janvier à Juin (ak). Il aurait été intéressant de décaler la période de prospections plus en amont pour couvrir le pic d'activité. De plus, décaler la période de prospection, plus tôt dans la saison aurait permis d'augmenter la pression d'échantillonnage sur les 12 secteurs en rajoutant un passage supplémentaire, ce qui serait cohérent au vu des résultats obtenus $p < 0.5$.

4.2.2 Des raisons méthodologiques

4.2.2.1 Un résultat cohérent

Au terme des analyses, l'occurrence et la probabilité de détection ont pu être obtenues au détriment d'une précision faible : $\Psi_{\text{moyenne}} = 0.318 \pm 0.706$ et $p_{\text{moyenne}} = 0.455 \pm 0.109$. Malgré les simulations K et S pour éviter d'être confronté à cette problématique, d'obtenir une erreur standard élevée, n'a pu être évité. Cela peut être dû aux faibles effectifs de sites échantillonnés sur les 3 passages ($n=51$) contrairement aux 72 préconisés. Ces résultats sont donc à nuancer et ne peuvent servir de base solide pour pouvoir estimer la présence de l'espèce en contexte ligérien.

La variable date (DT) est la seule variable ayant une influence significative sur la présence de *Lissotriton vulgaris* parmi les 7 retenues. Ce résultat semble pertinent au vu de l'écologie de l'espèce. Chaque espèce possède une phénologie propre. La période de reproduction de l'espèce étant de Février à Avril, il est pertinent que la probabilité de détecter l'espèce diminue d'Avril à Mai.

Parmi les 7 paramètres testés, seule la variable DT pourrait influencer la détectabilité mais aussi l'occurrence. Au vu de la significativité des résultats obtenus, il serait adéquat de tester l'influence de cette dernière sur l'occurrence ; même si l'on pourrait déjà l'affirmer car cette influence serait directement corrélée à la phénologie de l'espèce.

4.2.2.2 Une méthode inadaptée

La méthode de pêche à l'aide d'un troubleau s'est révélée peu efficace, 9.4 % de capture, ce qui représente seulement 11 individus sur le total des 117 individus capturés. Ce faible résultat peut être expliqué, par le fait que les coups d'épuisette soient exécutés durant la matinée, hors période de pleine activité journalière du Triton, qui est une espèce nocturne. Cependant, suite aux retours émis, cette technique a pu se révéler efficace si elle se déroule au cœur des pièces d'eau (). Dans ce cas, l'impact sur le milieu aquatique est important et sa mise en œuvre peut être vite limitée en fonction des types des sites (boire, étangs).

De plus, des limites liées aux nasses (n=36), n'ont pas permis d'échantillonnées homogènement l'ensemble des pièces d'eau. Les surfaces échantillonnées sont trop faibles au regard de la taille des sites notamment sur les pièces d'eau ayant une surface > 200 m² (56/69 des sites échantillonnés). Malgré les solutions mises en place pour pallier ce biais au niveau du protocole d'échantillonnage, il est plausible qu'il est pu induire des faux négatifs.

4.2.2.3 Les variables : des choix décisifs

Dès le départ, le choix des variables a été la source de nombreux débats, notamment sur la nature des variables et donc de leurs unités, (binaire ?, classes ?, valeurs réelles?) et leurs traitements statistiques.

D'autant plus que de nombreuses variables qualitatives ont subi un prétraitement, qui pour certaines d'entre elles ont nettement diminué la qualité et ainsi remis en cause la pertinence d'utiliser ces dernières dans la suite de l'analyse.

Le contexte particulier de l'étude, lié à la vallée de la Loire a posé quelques difficultés notamment sur l'estimation de certaines variables de par les variations régulières des niveaux d'eau. Plusieurs interrogations sont survenues pour prendre en compte les variables PRO, SUR, TYP, ANI_P et E.

4.2.2.4 Etude du contexte paysager

Les variables paysagères ont été relevées dans un rayon de 500 m autour de chaque mare. L'ajustement de cette distance à 200 aurait permis d'obtenir une analyse plus finie de contexte dans lequel l'espèce évoluait. Le rayon moyen de dispersion autour d'une mare, chez les grands tritons, est de 400 m et des records sont connus à 1 km.

De plus, pour mieux prendre en compte le contexte paysager il pourrait être approprié d'effectuer une analyse diachronique pour mettre en avant la stabilité du contexte paysager à travers l'évolution des linéaires de haies et des surfaces agricoles depuis les années 1970, période du remembrement. Cette notion de « stabilité » de milieu est une des hypothèses mise en avant par les 2 naturalistes Loirains. En ayant pris en compte ce paramètre pour définir certains de leurs sites d'échantillonnage, ils ont pu découvrir de nouveaux secteurs où l'espèce était présente.

4.2.2.5 Prétraitement statistique

Pour ce qui est des variables quantitatives, suite à une recherche bibliographique à posteriori, la transformation logarithmique ne s'est pas révélée être la méthode la plus adaptée étant donné que le jeu de données contient des valeurs nulles. Il aurait été plus cohérent d'utiliser une autre alternative au logarithme qui est la racine quadratique (aa). Elle est préférable au classique $\log(x + 1)$, car l'ajout d'une constante n'a pas le même effet sur les petites et les grandes valeurs. Cela pourrait expliquer le poids des variables paysagères dans les sorties de l'AFDM.

Suite à l'AFDM, des choix ont été opérés pour sélectionner une variable parmi celles étant corrélées. Certaines de ces décisions ont été émises de façon assez arbitraire et mériteraient d'être revues, en renouvelant les mêmes analyses mais avec les variables corrélées non retenues : SURF_P/NOMB_M, ANI_E et SURF_U.

4.2.2.6 Des analyses statistiques peu concluantes

Pour pallier au manque de précision décelée durant cette phase d'analyse, il pourrait être envisagé de refaire les analyses à l'aide du logiciel PRESENCE en traitant de manière indépendante les deux niveaux d'analyses : « paysager » et « site » pour estimer l'occurrence. Cette disjonction pourrait permettre de mettre en avant l'influence potentielle de variables « site » jusqu'à lors non ressorties.

De plus, le jeu de données pourrait être traité de manière à prendre en compte les 2 gradients géographiques présent sur la vallée de la Loire, en le divisant en 2, Ouest et Est d'Angers. Cette scission pourrait permettre de mettre en avant des différences de conservation des structures paysagères et ainsi révéler des différences d'estimation de l'occurrence et peut être aussi des disparités au sein des paramètres l'influençant la présence de l'espèce.

Une comparaison des résultats obtenus sur la significativité des variables de PRESENCE avec des Generalized Linear Model pourrait être intéressante. Cette approche permettrait de confronter une méthode innovante et peu connue : les modèles de site occupancy avec un procédé plus standard, les GLM.

Références bibliographiques

Recherche bibliographique :

- (a)- Barrioz M. & Miaud C. (coord.) 2016 – *Protocoles de suivi des populations d'amphibiens de France, POPAmphibien*. Société Herpétologique de France.
- (b)- Caublot G., 2007. *Mise en place du programme MARE en Alsace : Modélisation de la probabilité de détection et de l'occurrence de 6 espèces d'amphibiens*. Rapport stage M2, Université Paul Sabatier, France. 74p.
- (c)- INSITU faune et flore, 2015. *Inventaire des populations d'amphibiens sur le plateau agricole de Saint Pierre du Perray – Commune de Saint Pierre du Perray (Essonne), ZAC de la Clé de Saint Pierre*. 43p.
- (d)- G.Hallart., 2010. *Etude des Amphibiens du bassin versant du Goujon*. Société d'Etude et de PROtection de la NAture en Thiérache (SEProNaT). 25p.
- (e)- Ugnon-Coussioz E., 2017. *Le Triton crêté en basse vallée du Rhône- Recherche de populations, méthodes de suivi et caractérisation des habitats*. Rapport stage M2, Université de Lyon, France. 77p.
- (f)- 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*. Mémoire, UMR5175-Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive, France. 249p.
- (g)- Caillé A., 2013. *Etude batrachologique des mares bocagères en bordure du Marais poitevin-Impacts des travaux de restauration sur les amphibiens*. Rapport de stage Licence professionnelle, Université de Franche-Comté, France. 37 p.
- (h)- Aurélie Johanet. Flux de gènes inter- et intra-spécifiques chez des espèces de vallées alluviales : cas des tritons palmés et ponctués en vallée de la Loire. Interactions entre organismes. Université d'Angers, 2009. Français. <tel-00477761>
- (i)- Jacob, J.-P., Percsy, C., de Wavrin, H., Graitson, E., Kinet, T., Denoël, M., Paquay, M., Percsy, N. & Remacle, A. (2007) : *Amphibiens et Reptiles de Wallonie*. Aves – Raîenne et Centre de Recherche de la Nature, des Forêts et du Bois (MRW - DGRNE), Série « Faune - Flore - Habitats » n° 2, Namur. 384 pp.
- (j)- Mermod M., & al. 2010. *Notice pratique pour la conservation du triton crêté et du triton lobé*. Centre de coordination pour la protection des amphibiens et des reptiles de Suisse. 24 p.
- (k)- Angot D., 2015. *Résultats de prospections Triton ponctué (Lissotriton vulgaris) en vallée de la Loire - L'exemple de Chalonnes sur Loire*. Chalonnes sur Loire. 3 p
- (l)- Schmitt, V., 2011. *Inventaire des populations du triton crêté (Triturus cristatus Laurenti, 1768), répartition et fréquence des tritons (Caudata, Salamandridae) dans les mares agricoles de la partie française de la Chiers*. Bulletin de la Société des naturalistes luxembourgeois 112 : 91-96.
- (m)- Bellenoue S., 2012. *Techniques de suivis des urodèles à l'aide de nasses*. Centre Permanent d'Initiative pour l'Environnement du Pays de Soulaines. 7p.
- (n)- Besnard A. & J.M. Salles, 2010. *Suivi scientifique d'espèces animales. Aspects méthodologiques essentiels pour l'élaboration de protocoles de suivis. Note méthodologique à l'usage des gestionnaires de sites Natura 2000*. Rapport DREAL PACA, pôle Natura 2000. 62 pages.

- (o)- ICHTER J., PONCET L., TOUROULT J., 2014. *Catalogues des méthodes et des protocoles. Phase 1 : Etude de définition et proposition d'une démarche*. Rapport MNHN-SPN 2014-52. Service du Patrimoine Naturel, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris. 30 pages.
- (p)- Bouvet N.,(2012). *Suivi des amphibiens du SMIRIL*. LPO du Rhône. 55p.
- (k)- Reynaud J.,(2014). *Participation à l'élaboration du statut de conservation du Triton crêté (Triturus cristatus) en Alsace*. Rapport de stage M2, Université d'Aix Marseille, France. 67p.
- (r)- Jean P.,(2013) *La détection des espèces par l'ADN environnemental : vers un nouvel outil de veille écologiques des milieux aquatiques stagnants*. Rapport de stage M2, Université de Lyon, France. 72p.
- (s)- Boissinot A.,(2018). *Les amphibiens dans les espaces agricoles : influence de la structure du biotope de reproduction et du paysage*. CEBC – CNRS & Univ. Rochelle UMR 7372, France. 21 p.
- (t)- Evrard P., & Montfort D., (2016). *Distinction des deux espèces de Lissotriton Triton palmé (L.helveticus), Triton ponctué (L.vulgaris)*. Groupe Herpétologique des Pays de la Loire. 9p.
- (u)- Montfort D., (2008). *Comment éviter la confusion Triton palmé femelle – Triton ponctué femelle*. GNLA, 1p.
- (v)- D'Amico F.,(2019) *Chapitre 1 : Généralités sur l'échantillonnage et la conception d'un protocole de suivi d'une espèce*. Université de Pau et des Pays de l'Adour, France & Université of Canterbury, New Zealand. 38p.
- (w)- D'Amico F.,(2019) *Eléments pour la conception d'un protocole optimal de suivi d'une espèce dans le cadre de la mise en œuvre du modèle simple et standard d'occupation : nombre de sites et de visites répétées*. Université de Pau et des Pays de l'Adour, France & Université of Canterbury, New Zealand. 31p.
- (x)- D'Amico F.,(2019) *Les modèles d'occupation de site-Théorie et utilisation étape par étape* . Université de Pau et des Pays de l'Adour & CNRS, France. 81p.
- (y)- Pagès J., *Analyse Factorielle de Données Mixtes : principe et exemple d'application*. Laboratoire de mathématiques appliquées, Agrocampus Rennes. 7p.
- (z)- J. PAGÈS., *Analyse factorielle de données mixtes Revue de statistique appliquée*, tome 52, no 4 (2004), p. 93-111
- (aa)- Hervé M., (2016) *Aide-mémoire de statistique appliquée à la biologie-Construire son étude et analyser les résultats à l'aide du logiciel R*. 203p.
- (ab)- Gourmand A-L., (2013). *Comment analyser des données STELLI ? Tutoriel du logiciel « PRESENCE » Calcul des probabilités d'occupation des sites et des probabilités de détection des espèces*. MNHN, CESCO Vigie-Nature. 86p.
- (ac)- Rakotomalala R., *Analyse Factorielle de Données Mixtes-AFDM-Principes et pratiques de l'AFDM*. Université de Lyon, France. 42p.
- (ad)- Bolker et al., 2009. Generalized linear mixed models : a practical guide for ecology and evolution. *Trends in Ecology and Evolution*, 24(3) : 127-135.
- (ae)- Gouret L. & Touzé H., (2018). *Regard contemporain sur les populations de Triton ponctué de la Loire-Atlantique – Premiers résultats des prospections menées en 2017 et 2018 sur des secteurs connus historiquement*. 53p.

(af)- Jean-Christophe Vié, Craig Hilton-Taylor, Simon N. Stuart (2008). Wildlife in a changing world. An analysis of the 2008.

(ag)- Seghier C.,(2008). *Les reptiles et amphibiens de France sont de plus en plus menacés*. Actu environnement.

(ah)- R. Jehle and J. W. Arntzen (1999). *Post-breeding migrations of newts (Triturus cristatus and Triturus marmoratus) with contrasting ecological requirements*. Institute of Zoology, University of Vienna, Autriche. 10p

(ai)- Guillera-Arroita, G. et al (2010) *Design of occupancy studies with imperfect detection*. Methods in Ecology and Evolution, 1, 131-139

Ouvrages :

(aj)- Gouret, L.& Montfort, D (2011) – Le Triton ponctué, p114-115. In : Grosselet, O., Gouret, L. & Dusoulier, F.(coord.) - *Les Amphibiens et les reptiles de la Loire-Atlantique à l'aube du XXIe siècle : identification, distribution, conservation*. Editions De mare en mare, Saint-Sébastien-sur-Loire. 207p.

(ak)- ACEMAV coll., Duguet R. & Melki F. ed., 2003 – *Les amphibiens de France, Belgique et Luxembourg*. Collection Parthénope, éditions Biotope, Mèze (France). 480p.

Site internet :

(al)- <https://www.infoclimat.fr/observations-meteo/tempsreel/angersbeaucouze/07230.html>

(am)- <http://www.calendrier-lunaire.net/calendrier-lunaire>

(an)- https://carto.sigloire.fr/1/r_risques_naturels_r52.map