

Fonctionnalité des ripisylves pour les Chiroptères dans la moyenne vallée du Rhône

Alice BAUDOUIN **, Arthur VERNET **, Stéphane VINCENT**, Kévin BARRE*, Vicky LOUIS **, Thomas DEANA **

** : LPO Auvergne Rhône-Alpes, 4 Place Génissieu 26120 Chabeuil

stephane.vincent@lpo.fr

* : Muséum National d'Histoire Naturelle - Département Homme et Environnement, Centre d'écologie et des sciences de la conservation - UMR 7204, Place de la Croix 29900 Concarneau

kevin.barre@mnhn.fr

Introduction

Les activités humaines affectent le fonctionnement des habitats naturels. Pour répondre aux besoins en eau douce, en électricité et de navigation, les rivières font partie des habitats les plus fortement modifiés (Nilsson et al. 2005; Young et al. 2007). Au-delà d'une perte de surface nette, les écosystèmes riverains vont également être soumis à une forte pression de fragmentation, conséquence de l'expansion urbaine ou agricole qui vont modifier l'occupation des sols. La fragmentation des habitats conduit à l'isolement des populations animales et végétales dans des parcelles de plus petites tailles, ne renfermant pas les ressources nécessaires à la survie et au renouvellement des individus. La conservation des connectivités entre les différents fragments résiduels va alors être essentielle afin d'assurer des échanges de ressources et de gènes. Une étude portant sur le réseau d'espaces labelisés Natura 2000 a mis en évidence l'importance des ripisylves comme corridors prioritaires (de la Fuente et al. 2018). Les auteurs mettent en lumière le besoin d'assurer une connectivité entre les espaces protégés pour avoir des mesures de protection efficaces. Ils montrent également que cette connectivité se fait plus naturellement par des ripisylves que par un autre type de milieu. En effet, de nombreuses espèces animales vont préférer les ripisylves pour effectuer des déplacements journaliers ou migratoires (Hilty et Merenlender 2004; Sabo et Power 2002).

Indépendamment de cet aspect de connectivité, les ripisylves remplissent de nombreuses fonctions indispensables au fonctionnement des écosystèmes aquatiques et terrestres comme la régulation du cycle de l'eau, la régulation de la température, la stabilisation des berges ou encore la dépollution des sols (Naiman et Décamps 1997). Ces habitats remplissent un rôle de refuge pour la biodiversité animale, notamment comme zones d'alimentations et de reproduction. La présence d'une grande diversité de micro-habitats ainsi que de ressources trophiques sont favorables à de nombreux groupes taxonomiques, ce qui se traduit par une richesse spécifique globale plus forte dans les habitats riverains que dans les habitats adjacents (Naiman et Décamps 1997).

En France métropolitaine, plus de la moitié des espèces de chauves-souris réalisent une partie de leur cycle de vie en milieu forestier (Arthur et Lemaire 2009). Les abords des rivières et les ripisylves sont des zones de chasse privilégiées pour un grand nombre d'espèces à travers le monde supposément grâce à l'abondance de proies (Akasaka, Nakano, et Nakamura 2009). Les chauves-souris sont également fortement influencées par la présence d'éléments linéaires arborés telles que des lisières ou ripisylves qui leur apportent des routes de vol bien définies, abrités du vent et des prédateurs (Boughy et al. 2011). Les études sur l'utilisation des ripisylves par les chauves-souris sont souvent faites par comparaison directe entre deux types d'habitats

et dans des ripisylves bien conservées (Buono et al. 2019). Notre étude a consisté à observer l'utilisation qui est faite des ripisylves dans la globalité de la mosaïque paysagère, en prenant en compte tous les habitats présents, qui plus est dans une zone anthropisée où les pressions sont fortes et les comportements des animaux parfois modifiés.

Nous avons souhaité vérifier si les ripisylves fragmentées et altérées de la moyenne vallée du Rhône étaient encore fonctionnelles restent-elles des habitats attractifs voire préférés aux autres, avec l'hypothèse que l'activité des chauves-souris, toutes espèces confondues, serait plus forte lorsque la surface de ripisylves augmente dans le paysage. Mais également jouent-elles encore leur rôle de corridor biologique, puisque dans la zone d'étude concernée les ripisylves des cours d'eau secondaires sont relictuelles et souvent discontinues. Or, on sait que les interruptions dans les éléments linéaires peuvent impacter leurs déplacements (Pinaud et al. 2018). Nous avons émis l'hypothèse qu'une interruption de la continuité entraverait la bonne circulation des animaux, impliquant une diminution du nombre d'individus la franchissant si la longueur de l'interruption augmente. Enfin, nous avons souhaité évaluer l'effet de la largeur des ripisylves sur l'activité des Chiroptères, à savoir la largeur influence-t-elle la diversité ou l'abondance des espèces observées.

Matériel & Méthodes

a) Influence de quantité de ripisylves et comparaison avec les autres habitats

Site d'étude

L'étude a été réalisée en Drôme et en Ardèche, sur les berges du Rhône et de l'Isère sur un territoire d'environ 440 km². Les plaines alluviales sont constituées d'une mosaïque d'habitats anthropisés présentant des zones urbaines importantes (agglomérations de Valence et Romans-sur-Isère), une culture intensive de plantes annuelles, des grandes zones de vignes et vergers ainsi que des boisements rivulaires ou d'autre nature.

Au sein de cette zone, six différents types d'occupation du sol ont été identifiés à partir des cartographies de l'Observatoire des Surfaces à l'Echelle COMMunale (OSCOM, DREAL Auvergne-Rhône-Alpes) : zones urbaines, cultures annuelles, cultures permanentes, landes et pelouses, forêts sèches et enfin ripisylves. L'étude a porté sur ces différents habitats.

Echantillonnage acoustique

Le suivi a été réalisé par inventaire acoustique passif, avec le SM4BAT (Wildlife Acoustics Inc. USA), calibré selon les réglages conseillés par le Muséum National d'Histoire Naturelle (protocole point fixe de Vigie-Chiro). Les enregistrements ont été réalisés entre mai et juin 2019, lorsque les conditions météo le permettaient (recommandations Vigie-Chiro, <http://www.vigienature.fr/fr/chauves-souris>). Cette période a été sélectionnée pour maximiser le nombre de contacts en évitant la période de vol des juvéniles. Les sites ont été échantillonnés une seule nuit et chaque type d'occupation du sol a été étudié au cours d'une même nuit avec au minimum 500 mètres de distance entre deux sites réalisés dans la nuit, cela afin de limiter l'autocorrélation spatiale. Au total 208 sites ont été échantillonnés, sélectionnés de manière aléatoire et équilibrée parmi les différents types d'occupation du sol. Aussi, afin d'éviter un biais lié à la distance des points au milieu aquatique sur l'activité des chiroptères, les enregistreurs ont été tous disposés à 60 mètres du point d'eau le plus proche.

L'activité des espèces a été définie en nombre de contacts par nuit. Un contact correspond à une séquence de 5 secondes pendant laquelle des cris de l'espèce sont identifiés (Barataud 2012; Kerbiriou et al. 2018). L'identification acoustique a été réalisée de manière automatisée par le logiciel *Tadarida* (Bas, Bas, et Julien 2017) qui permet une identification spécifique des séquences et associe une probabilité d'erreur d'identification. La précision de détermination a été limitée au genre pour les *Myotis*, *Nyctalus*, *Plecotus* et *Rhinolophus* et à l'espèce pour les autres genres. La méthode de Barré et al. (2019) a été utilisée afin de renforcer la robustesse des résultats en comparant ceux obtenus avec une probabilité de 0,8 et 0,5.

Analyse statistique

Pour observer l'impact de l'habitat sur l'activité des chiroptères nous avons mis en relation l'abondance de chaque espèce ou groupe d'espèces en fonction de proportions de surface de variables d'occupation du sol et de distance à des éléments linéaires (chemin, réseau ferré, routes et lisières). Concernant les variables de surface d'occupation du sol, plusieurs échelles spatiales ont été étudiées (entre 100 et 5000 mètres) dans le but de sélectionner l'échelle répondant le mieux à l'activité de chaque espèce (sélection par AIC), (Bellamy, Scott, et Altringham 2013; Grindal et Brigham 1999; Lacoeuilhe et al. 2016).

Des modèles linéaires mixtes généralisés (GLMM) ont été réalisés avec un effet aléatoire sur la date pour prendre en considération un effet de la météo sur la zone d'étude pour chaque nuit.

Toutes les variables fixes ont été centrées et réduites afin que leur magnitude et leur effet soient comparables. La multicollinéarité entre variables et la surdispersion ont été vérifiées pour chaque modèle.

b) Etude de la connectivité des ripisylves

Sites d'étude

Cette étude a été réalisée sur 14 rivières, dans la plaine de Valence et en Drôme des collines (Drôme). Les sites ont été sélectionnés de sorte à avoir une ripisylve étroite et linéaire, avec une matrice environnante agricole, afin de réduire les biais environnementaux et de maximiser le nombre d'individus empruntant la ripisylve (Figure 1 A). Parmi ces ripisylves, les secteurs avec des interruptions de continuité ont été recherchés. Ces critères ont permis la sélection de 31 sites, avec une longueur de trouée variant de 6 mètres à 82 mètres. Pour 10 sites, la trouée n'était que sur une seule berge, pour 17 sur les deux berges et 4 sites ne présentaient pas de trouées afin de servir de témoins.

Echantillonnage acoustique

Le suivi a été réalisé par inventaire acoustique passif avec deux SM2BAT+ (Wildlife Acoustics Inc. USA) par site, enregistrant en stéréo. Le suivi acoustique a été réalisé entre juillet et septembre 2019, chaque site a été suivi une seule nuit et deux à trois sites étaient réalisés par nuit. Un dispositif de trajectographie en une dimension a été mis en place afin de pouvoir déterminer le nombre d'individus traversant une trouée. Un enregistreur stéréo était disposé au début de la trouée, l'autre était disposé 100 mètres plus loin, qu'elle que soit la longueur effective de la trouée (Figure 1). Au niveau d'un même enregistreur, les deux microphones étaient séparés de deux mètres l'un de l'autre. Les microphones étaient placés au plus près du

lit de la rivière. Les SM2 étaient paramétrés selon les recommandations Vigie-Chiro (<http://www.vigienature.fr/fr/chauves-souris>). Nous avons utilisé une méthode de reconstruction des routes de vol par l'acoustique (AFPR, Claireau et al. 2019) afin de quantifier le nombre d'individus traversant les trouées dans les ripisylves. Cette reconstruction permet de connaître le nombre d'individus ayant effectués des traversées du plan médian séparant les deux micros d'un même enregistreur (traversées latérales) puis du plan médian séparant les deux enregistreurs (traversées totales) grâce à l'identité de l'espèce et à la vitesse minimale de traversée attendue des 100 mètres (Figure 1 B).

Les enregistrements ont été analysés et traités par le logiciel d'identification automatique *Tadarida* (Bas et al. 2017). Pour cette étude, nous avons considéré tous les sons, quelle que soit l'espèce et le taux d'erreur associé. Nous avons regroupé les espèces détectées en groupes acoustiques : groupe A : pipistrelles *spp.* et minioptère de Schreibers, groupe B : noctules *spp.*, sérotine *spp.* et molosse de Cestoni, groupe C : murins *spp.*, oreillards *spp.* et barbastelle.

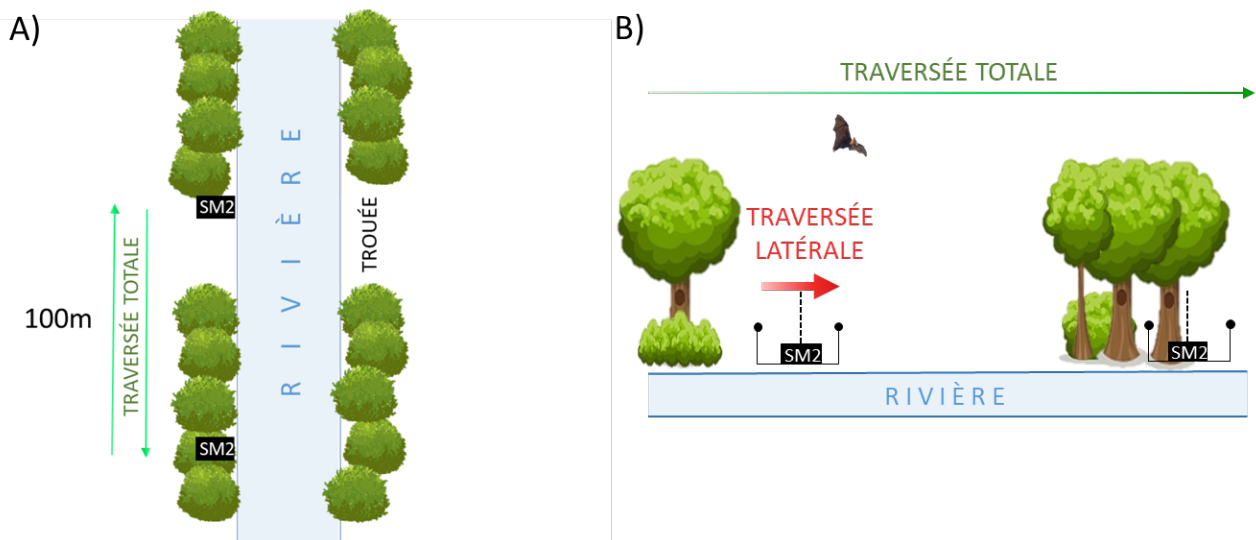


Figure 1 : Représentation du dispositif d'enregistrement pour le protocole de trajectographie.

Analyse statistique

Nous avons utilisé des modèles linéaires mixtes généralisés (GLMM), avec en variable réponse le rapport entre le nombre de traversées latérales sur le nombre de traversées totales. Ce rapport exprime la probabilité pour un animal de traverser, tout en prenant en compte l'activité globale sur le site. Comme variables explicatives nous avons intégré la longueur de la trouée et la proportion de boisements dans un rayon de 300 mètres ainsi que l'interaction entre ces deux variables. Nous avons également ajouté un effet aléatoire sur la date. Plusieurs vitesses minimales de vol attendues ont été testées, de 1 à 4 m.s⁻¹, de 4 à 7 m.s⁻¹ et de 7 à 10 m.s⁻¹ afin de différencier les traversées issues de différents comportements de vol (en chasse, en transit).

c) Etude de l'effet de la largeur de la ripisylve

Sites d'étude

L'étude a été réalisée sur plusieurs ripisylves du bord du Rhône à l'amont de Valence (Drôme et Ardèche). 40 points d'enregistrements acoustiques ont été réalisés dans différentes ripisylves de boisements matures plus ou moins larges (entre 10 et 400 mètres). L'objectif de cet échantillonnage était de pouvoir analyser l'effet de la largeur de la ripisylve sur l'abondance et

la richesse spécifique. Les sites échantillonnés sont similaires entre eux avec des paysages aux alentours à la fois urbains et agricoles (vergers) et une gestion forestière de ces ripisylves identique.

Echantillonnage acoustique

Le suivi a été réalisé par inventaire acoustique passif, avec le SM4BAT (Wildlife Acoustics Inc. USA), calibré selon les réglages conseillés par le Muséum National d'Histoire Naturelle (protocole point fixe de Vigie-Chiro). Les enregistrements ont été réalisés en juin 2020. A chaque largeur de ripisylve étudiée, deux enregistreurs étaient disposés à environ 10 mètres l'un de l'autre : l'un en lisière de ripisylve et l'autre au sein du boisement de ripisylve afin d'étudier l'effet de la largeur de la ripisylve en fonction de différents comportements des espèces (transit, chasse en lisière, chasse au sein du boisement, etc.). Les données acoustiques ont été analysées sous Tadarida et les contacts avec une probabilité d'identification correcte supérieure à 0,5 ont été conservés pour l'analyse.

Analyse statistique

Des tests de relations entre l'abondance des espèces et la largeur ont été effectués via des modèles de type modèles linéaires généralisés mixtes (GLMM) en considérant les 2 points échantillons de chaque largeur étudiée comme une paire. La largeur de la ripisylve a été testée statistiquement sur deux types de métriques : l'abondance d'espèce ou de groupe d'espèce et la richesse spécifique. Les analyses ont été traitées pour des largeurs comprises entre 0 et 100 mètres car il y avait trop peu de points sur les largeurs plus importantes et cela ne représentait pas assez de variabilité (4 paires de points ont été supprimées de l'analyse).

Résultats

a) Influence de quantité de ripisylves et comparaison avec les autres habitats

Un total de neuf espèces et quatre groupes d'espèces ont été identifiés. Avec une probabilité d'identification à 0,5, nous disposons d'un total de 340851 contacts de chauves-souris pour l'ensemble des espèces ou groupes d'espèces détectés sur les points d'enregistrement. A l'exception du groupe des rhinolophes spp., les douze autres espèces ou groupes d'espèces sont présentes sur plus de 50% des sites. Les trois espèces de pipistrelles représentent plus de 87% des contacts enregistrés (Tableau 1).

L'augmentation de la probabilité de succès de l'identification automatisée pour le tri des données induit une diminution du nombre de contacts pour toutes les espèces/groupe d'espèces. Ainsi, le passage de la probabilité 0,5 à 0,8 a provoqué la perte de 6% des contacts de rhinolophes spp. mais plus de 56% des contacts pour la pipistrelle de Nathusius.

Le processus de modélisation a été réalisé avec les contacts identifiés avec une probabilité à 0,5 ainsi qu'avec les contacts identifiés avec une probabilité de 0,8. Les résultats des deux jeux de données ont été comparés. En passant de la probabilité 0,5 à 0,8, il y a une perte de la significativité de l'effet des ripisylves sur l'activité des rhinolophes et molosses, soit à cause d'un trop grand nombre d'erreurs au seuil 0,5, soit une suppression trop importante de vrais positifs au seuil 0,8. Dans la suite de cet article, seuls les résultats obtenus avec le jeu de données dont les identifications ont une probabilité de 0,8 seront présentés.

Tableau 1. Résumé des résultats du suivi des chiroptères selon la probabilité de succès d'identification automatique issue de Tadarida.

Espèce	Nombre de contacts			% du total des contacts			Occurrence (%)		
	brut	0,5	0,8	brut	0,5	0,8	brut	0,5	0,8
<i>P. kuhlii</i>	138738	127888	108531	41,22	37,48	42,28	100,00	99,52	98,56
<i>P. pipistrellus</i>	90772	85753	79304	26,97	25,13	30,89	99,04	98,08	96,15
<i>P. pygmaeus</i>	47660	85753	38688	14,16	25,13	15,07	97,12	95,67	95,67
<i>Nyctalus spp.</i>	16643	14170	12432	4,95	4,15	4,84	95,19	93,75	91,35
<i>P. nathusii</i>	12330	8599	3719	3,66	2,52	1,45	93,75	88,94	73,56
<i>Myotis spp.</i>	10670	6224	4520	3,17	1,82	1,76	95,19	82,21	72,60
<i>T. teniotis</i>	6593	3427	2956	1,96	1,00	1,15	89,42	64,90	49,52
<i>H. savii</i>	5107	3918	2549	1,52	1,15	0,99	86,54	79,33	72,60
<i>E. serotinus</i>	2979	1895	1176	0,89	0,56	0,46	87,02	75,00	65,38
<i>Plecotus spp.</i>	1435	883	594	0,43	0,26	0,23	76,92	56,25	40,87
<i>B. barbastellus</i>	1396	1190	1109	0,41	0,35	0,43	53,37	42,31	37,98
<i>M. schreibersii</i>	1170	770	420	0,35	0,23	0,16	68,75	58,65	42,79
<i>Rhinolophus spp.</i>	528	381	358	0,16	0,11	0,14	42,79	28,85	25,48

Influence du type d'habitat sur l'activité des chiroptères

Bien que les modèles soient multifactoriels, nous ne présenterons ici que les résultats de l'activité des chiroptères liés à la proportion de ripisylves (Tableau 2). Les résultats complets sont présentés en annexe 1.

Notre analyse montre un effet significatif positif de la proportion de ripisylves sur quatre des treize espèces ou groupes d'espèces étudiés. Pour la barbastelle, le minioptère, les pipistrelles commune et pygmée, une augmentation de la proportion de ripisylve induit une augmentation de leur activité. Le minioptère de Schreibers est l'espèce avec la réponse la plus forte, donc le plus influencé par la présence de ripisylves (Figure 2). Nous observons aussi un effet significatif négatif des proportions de surfaces de ripisylves pour trois espèces. Pour le vespère de Savi, la pipistrelle de Nathusius et le groupe des noctules spp., une augmentation de la proportion de ripisylves conduit à une réduction de leur activité. C'est la pipistrelle de Nathusius qui est impactée le plus négativement par l'augmentation de la proportion de ripisylves.

Tableau 2 : Effet de la proportion de ripisylve sur l'activité des chiroptères issus d'une moyenne des meilleurs modèles linéaires mixtes. L'absence de valeur estimée indique une absence de ce facteur dans les meilleurs modèles.

Espèce	Ripisylve						Résumé de l'effet	
	Effet linéaire			Effet quadratique				
	Estimate	SE	P-value	Estimate	SE	P-value		
<i>B. barbastellus</i>	4,69E-02	1,13E-02	3,79E-05	***			+	
<i>E. serotinus</i>							0	
<i>H. savii</i>	-1,17E-02	4,85E-03	1,62E-02	*			-	
<i>M. schreibersii</i>	8,91E-02	3,45E-02	1,02E-02	*			+	
<i>Myotis spp.</i>	1,74E-03	2,13E-03	4,16E-01				0	
<i>Nyctalus spp.</i>	-1,90E-03	3,78E-04	6,00E-07	***			-	
<i>P. kuhlii</i>							0	
<i>P. nathusii</i>	-1,82E-02	3,73E-03	1,20E-06	***			-	
<i>P. pipistrellus</i>	1,89E-03	4,57E-04	4,02E-05	***	-1,37E-03	4,58E-04	2,88E-03	**
<i>P. pygmaeus</i>	4,01E-03	1,11E-03	3,29E-04	***	-3,43E-03	1,07E-03	1,43E-03	**
<i>Plecotus spp.</i>	1,77E-02	2,04E-02	3,88E-01				0	
<i>Rhinolophus spp.</i>	-3,99E-02	2,11E-02	6,03E-02	.			0	
<i>T. teniotis</i>	2,64E-03	2,98E-03	3,78E-01				0	

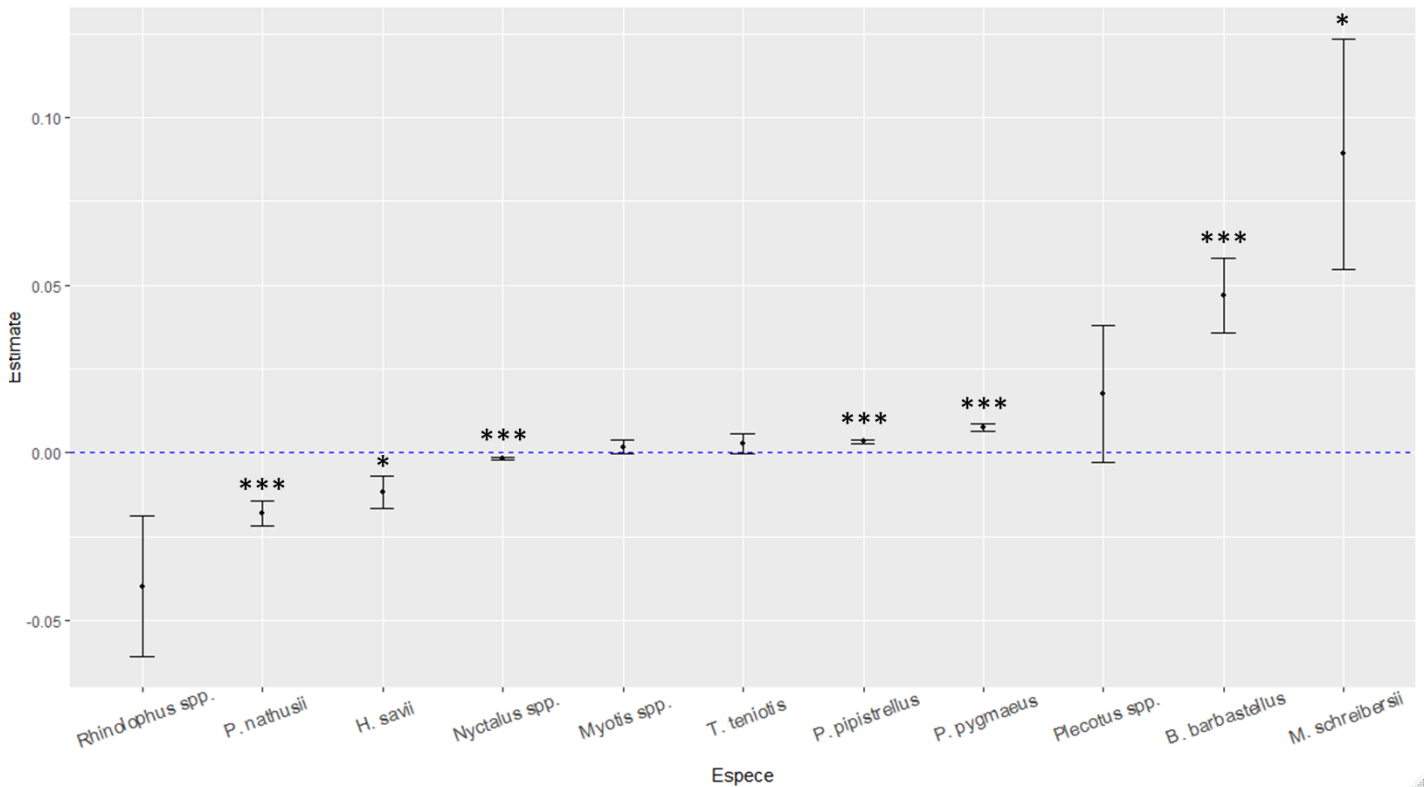


Figure 2 : Valeurs estimées de l'effet de la proportion de ripisylve sur l'activité des chiroptères pour les espèces dont ce facteur est dans les meilleurs modèles. Les étoiles indiquent le niveau de significativité * <0.5, ** <0.01, ***<0.001.

b) Etude de la connectivité des ripisylves

Les trois groupes acoustiques ont été détectés sur la totalité des sites, avec un total de 198001 contacts pour le groupe A (pipistrelles spp./minioptère), 27563 contacts pour le groupe B (murins spp./oreillards spp./barbastelle), et 24612 contacts pour le groupe C (noctules/sérotines/molosse) (Tableau 3). Le nombre de contacts bruts est élevé pour les trois groupes acoustiques mais du fait de la méthode de reconstruction des trajectoires de vol, pour les groupes B et C le nombre de traversées reconstruites est faible. Pour le groupe A, moins de 5% des contacts permettent de reconstruire des traversées latérales et moins de 1% des traversées totales.

Tableau 3 : Nombre de contacts et de traversées obtenus lors de l'étude de trajectographie pour les trois groupes acoustiques A) pipistrelles et minioptère, B) murins, oreillards et barbastelle, C) noctules, sérotines, molosse.

	A	B	C
Nombre de contacts	198001	27563	24612
Nombre de traversées latérales	9393	1489	514
Nombre de traversées totales	1-4 m.s ⁻¹ 4-7 m.s ⁻¹ 7-10 m.s ⁻¹	1309 463 187	160 61 40

Impact des trouées sur la trajectoire des chiroptères

Pour le groupe acoustique A, quelle que soit la vitesse de vol considérée, le meilleur modèle est le modèle complet prenant en compte la longueur de la trouée, la proportion de forêt et l'interaction entre ces deux variables. Les valeurs pour chaque variable sont présentées dans le tableau 4. Nos résultats montrent un effet significatif négatif de l'interaction entre la longueur de la trouée et la proportion de forêt plus fort que les effets des autres variables du modèle. L'effet de l'interaction est représenté dans la figure 3. Ces graphiques représentent la proportion d'individus traversant la trouée en fonction de la longueur de la trouée en abscisse. Afin de construire ces graphiques, les quartiles des proportions de forêts sur les sites étudiés ont été calculés. Ainsi, un quart de nos sites présentent moins de 2% de forêt dans les 300 mètres autour du point d'écoute, il s'agit de la courbe rouge, qui représente l'effet de la longueur d'une trouée sur l'activité pour les sites les moins boisés. Quant à la courbe grise, elle représente ce même effet mais pour les sites plus boisés, c'est-à-dire avec plus de 15% de forêt dans le tampon de 300 mètres alentour. Ce graphique est représenté pour trois vitesses de vol différentes pouvant refléter une activité de chasse à vitesse lente ou bien de déplacement à vitesse rapide.

Quelles que soient la longueur de la trouée, la matrice paysagère ou la vitesse de vol, la proportion d'individus qui traversent une trouée est étonnamment faible puisqu'elle ne dépasse pas 10% pour une vitesse moyenne ou forte, et atteint au maximum 80% à vitesse faible et une faible proportion de forêt. On constate ainsi que dans un paysage boisé et présentant des lisières, plus une trouée est importante, moins les chauves-souris ont tendance à la franchir. A contrario, dans un paysage dégradé ou les ripisylves constituent des routes de vol préférentielles, les chauves-souris peuvent franchir des ruptures de continuité importantes. La valeur de 40 mètres semble être charnière puisqu'à partir de cette longueur, la proportion d'individus franchissant la trouée est divisée par deux sur les sites boisés (courbes grises), et multipliée par deux sur les sites non boisés (courbes rouges).

Tableau 4 : Effets de la longueur de la trouée, de la proportion de forêt et de l'interaction de ces deux facteurs sur l'activité des chiroptères, à différentes vitesses de vol, pour le groupe acoustique des pipistrelles et minioptère. Les valeurs estimées sont issues du meilleur modèle d'après la procédure de sélection de modèle.

Vitesse de vol		A		
		Estimate	SE	P-value
1-4 m.s ⁻¹	Longueur	0,69	0,24	3,14E-03 **
	Proportion de forêt	1,11	0,44	1,21E-02 *
	Interaction longueur forêt	-1,74	0,50	5,34E-04 ***
4-7 m.s ⁻¹	Longueur	0,17	0,18	3,46E-01
	Proportion de forêt	0,57	0,30	5,65E-02 .
	Interaction longueur forêt	-0,89	0,37	1,54E-02 *
7-10 m.s ⁻¹	Longueur	-0,04	0,10	6,97E-01
	Proportion de forêt	0,30	0,15	4,61E-02 *
	Interaction longueur forêt	-0,63	0,17	2,71E-04 ***

Pour les groupes acoustiques B et C, les meilleurs modèles issus de la procédure de sélection sont les modèles nuls ce qui signifie que les variables explicatives n'influencent pas la probabilité des individus de ces groupes d'espèces de traverser.

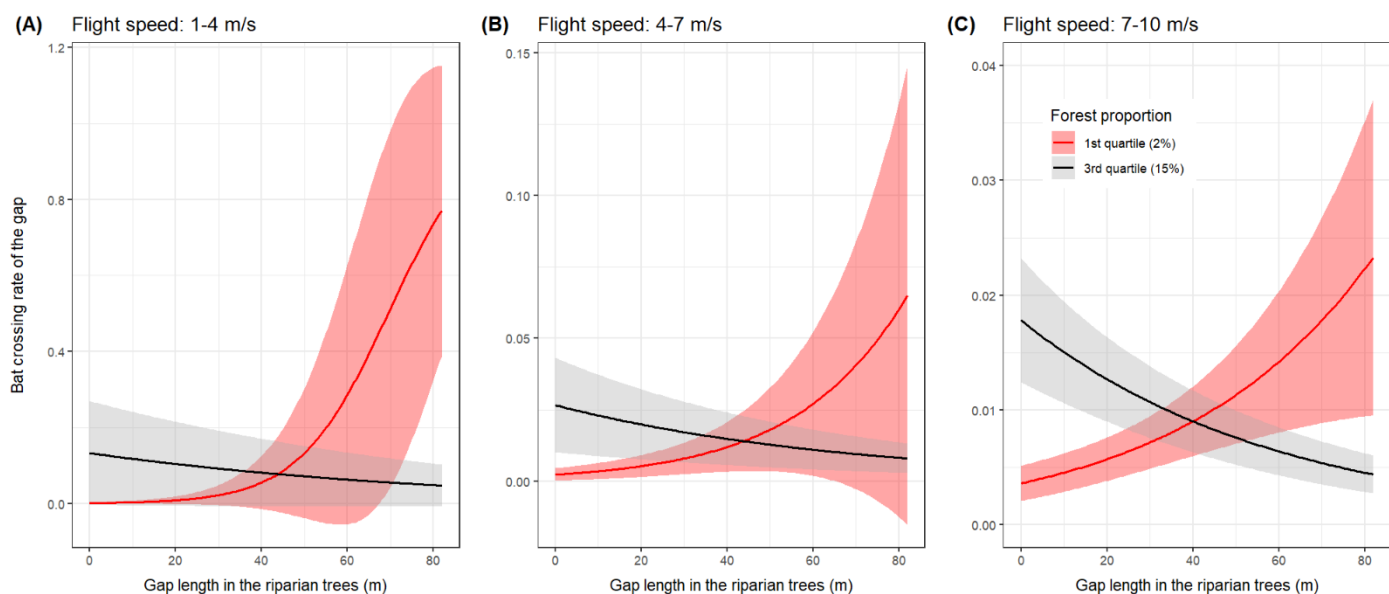


Figure 3 : Effet de l'interaction entre la longueur de la trouée avec la proportion de forêt dans un tampon de 300m, avec plus de 15% de forêt (gris) et avec moins de 2% de forêt (rouge) ainsi que l'intervalle de confiance à 95%, sur la proportion d'individus traversant la trouée par rapport au nombre d'individus contactés, pour le groupe acoustique pipistrelles/miniopère à différentes vitesses de vol : A) faible vitesse, B) vitesse moyenne, C) vitesse élevée.

c) Etude de l'effet de la largeur de la ripisylve

Suivi spécifique

15 espèces ou groupes d'espèces ont été contactées durant ce suivi. Les pipistrelles sont les espèces les plus contactées (Tableau 5).

Tableau 5 : Résumé des résultats du suivi des chiroptères selon la probabilité d'identification automatique issue de Tadarida.

Espèce	Nombre de contacts	% du total des contacts	Occurrence (%)
<i>P. pipistrellus</i>	101904	46,33	100
<i>P. kuhlii</i>	42323	19,24	100
<i>P. pygmaeus</i>	35359	16,07	100
<i>Myotis spp.</i>	16489	7,50	100
<i>P. nathusii</i>	14580	6,63	92,5
<i>N. leisleri</i>	3959	1,80	97,5
<i>H. savii</i>	2474	1,12	97,5
<i>R. ferrumequinum</i>	1149	0,52	32,5
<i>M. schreibersii</i>	583	0,27	75
<i>E. serotinus</i>	484	0,22	95
<i>N. noctula</i>	336	0,15	67,5
<i>B. barbastellus</i>	142	0,06	55
<i>Plecotus spp.</i>	118	0,05	60
<i>T. teniotis</i>	57	0,03	35
<i>R. hipposideros</i>	19	0,01	20

Influence de la largeur

Cette analyse montre des résultats significatifs seulement sur l'abondance de certaines espèces. Pour l'analyse sur la richesse spécifique, le nombre d'espèces est supérieur à 15 car le détail de l'identification des murins a été pris en compte alors que dans le reste de l'étude tous les murins ont été regroupés. L'effet sur la richesse spécifique ne ressort pas statistiquement (Figure 4).

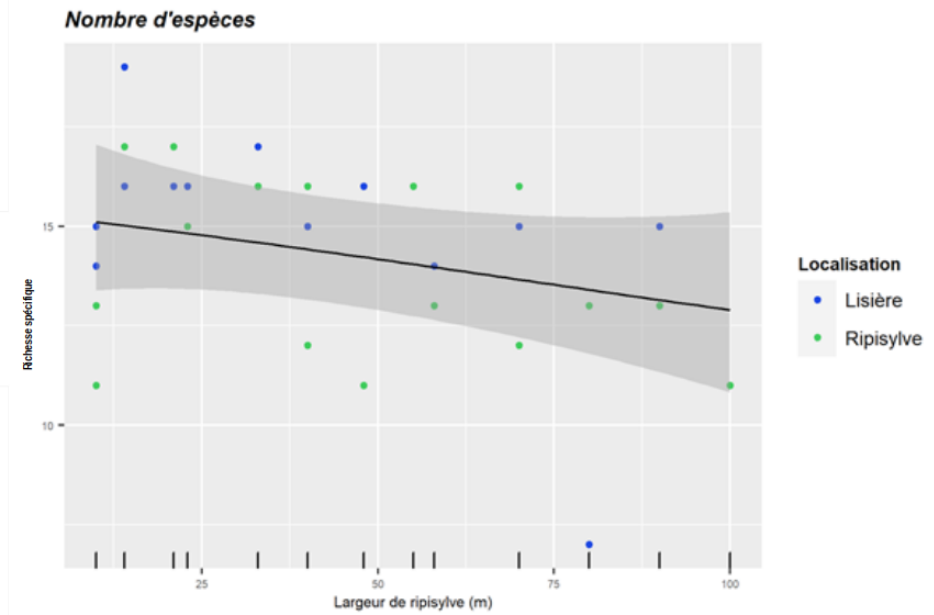


Figure 4 : Relation entre la richesse spécifique et la largeur de ripisylve.

Concernant l'abondance, l'augmentation de la largeur de la ripisylve a un effet positif significatif sur la pipistrelle commune ($0,2812 \pm 0,13$; $p\text{-value}=0,037$) et la noctule de Leisler ($1,008 \pm 0,29$; $p\text{-value}=0,0007$). On remarque pour ces deux espèces que l'effet de l'augmentation de l'abondance est surtout fort entre 0 et 50 mètres. Au-delà de cette largeur, l'augmentation n'est plus significative. Cela semble donc signifier qu'à partir de 50 mètres, l'augmentation de la largeur aurait moins d'impact sur l'abondance et ce seuil semble intéressant pour favoriser certaines espèces. Les figures 5 et 6 montrent pour chaque espèce l'abondance en fonction de la largeur et selon la position de l'enregistreur (lisière ou au sein de la ripisylve). Pour les autres espèces aucun résultat significatif n'est noté, la largeur de ripisylve ne semble pas les influencer.

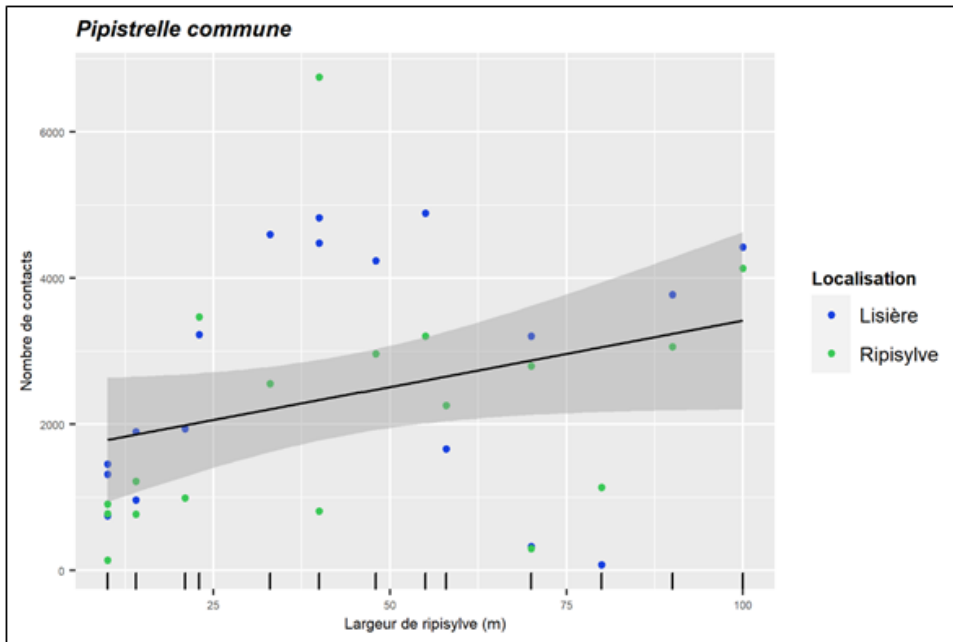


Figure 5 : Relation entre l’abondance de la pipistrelle commune et la largeur de ripisylve

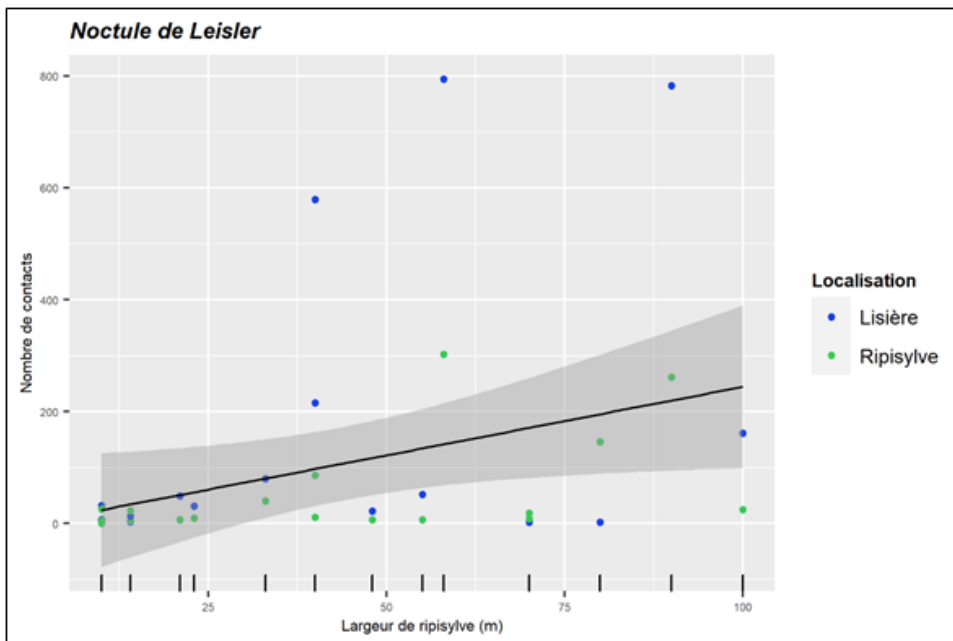


Figure 6 : Relation entre l’abondance de la noctule de Leisler et la largeur de ripisylve

Discussion

Toutes les espèces de chiroptères sont protégées en France et cela inclut également la protection de leurs habitats de gîtes, de reproduction ou de repos. Par conséquent, les résultats de notre étude, qui montrent l’effet positif de la surface de ripisylve pour au moins quatre des espèces étudiées, confirment que ces milieux devraient bénéficier d’une meilleure protection et d’une prise en considération systématique dans les projets susceptibles de les impacter (dossier de dérogation « espèce » et séquence « éviter-réduire-compenser »).

Pour le minioptère et les pipistrelles pygmée et commune, il s'agit même du type d'occupation du sol ayant le plus d'influence sur leur activité. Pour ces espèces, les ripisylves jouent un rôle primordial dans des paysages dégradés, comme ceux de notre site d'étude. Une augmentation de la proportion de ripisylves dans ces paysages conduit à augmenter leur activité et donc *a priori* à favoriser leur survie ou leur taux de reproduction et ainsi leur conservation. A l'exception de la pipistrelle pygmée, les espèces mises en avant dans notre étude ne sont pas celles connues pour leur spécialisation écologique envers les ripisylves. En effet, les pipistrelles sont des espèces généralistes, qui se sont bien adaptées à l'anthropisation des paysages, avec une capacité à chasser en milieu urbain ou agricole. Il est donc intéressant de constater que ces espèces pourraient bénéficier d'une meilleure conservation des ripisylves notamment au regard du déclin des populations de pipistrelle commune sur le territoire français (Bas et al. 2020). L'intérêt des ripisylves pour les pipistrelles s'explique probablement par l'importante ressource trophique qu'elles procurent.

Le minioptère de Schreibers est une espèce au statut de conservation « vulnérable » à l'échelle mondiale ainsi qu'en France. En complément de la protection des gîtes existants, la conservation des zones de chasse et de déplacements est primordiale et fait des ripisylves un habitat à fort enjeu pour cette espèce en mauvais état de conservation. Il en est de même pour la barbastelle, espèce dont l'état de conservation n'est pas bon sur plusieurs zones biogéographiques françaises (UMS Patrinat 2019). Il est intéressant de noter que la barbastelle et le minioptère de Schreibers sont deux espèces aux régimes alimentaires spécialisés sur les lépidoptères nocturnes (Arthur et Lemaire 2009). Les ripisylves constituent probablement des réservoirs importants pour cette ressource trophique.

Au vu de la littérature existante et de l'importance des milieux boisés pour les chiroptères, nous avons émis l'hypothèse que la proportion de ripisylves dans le paysage aurait un impact positif pour de nombreuses espèces. Cependant, pour la pipistrelle de Nathusius, le vespère de Savi et le groupe des noctules un effet négatif est observé entre la proportion de ripisylves dans le paysage et l'activité. Cela ne signifie pas que ces milieux ont un impact négatif sur ces espèces, mais qu'ils sont moins visités que les autres types d'habitat du paysage. Nous émettons plusieurs hypothèses pour expliquer ces résultats. La première est liée à l'homogénéité des paysages. En effet, ces trois espèces affectionnent les milieux hétérogènes, avec une diversité de milieux et de nombreuses lisières. Or, dans la zone étudiée, lorsqu'elles sont présentes, les ripisylves peuvent être très homogènes du fait de la perte de dynamique des milieux alluviaux. Ainsi, les chiroptères ne retrouvent pas des conditions de chasse optimales. Une deuxième hypothèse peut être proposée pour le groupe des noctules et la pipistrelle de Nathusius qui sont des groupes d'espèces migratrices de haut vol. Pour ces dernières, une trop grande proportion de ripisylves pourraient entraver le captage des sons par les micros et donc créer un effet négatif artificiel. Enfin, cette étude a été menée sur une période de deux mois, en fin de printemps et il est possible que les espèces concernées fréquentent préférentiellement les ripisylves à d'autres périodes, notamment pendant les mouvements migratoires. Une observation saisonnière de l'activité peut fausser la réalité de l'utilisation qui est faite de ce milieu.

Les ripisylves peuvent être utilisées par les chiroptères pour la chasse, le gîte ou le transit. Les premiers résultats discutés indiquent une utilisation préférentielle de ces habitats par plusieurs espèces, mais il est difficile de déterminer quel en est leur usage précis. De par l'utilisation de

la trajectographie en une dimension selon le protocole établi par Claireau et al. (2019) nous avons cherché à distinguer l'importance de la fonction de corridor biologique des ripisylves pour les chiroptères. La standardisation de cette méthode en fait un protocole facilement reproductible, dans de multiples contextes. Ce deuxième protocole nous a permis de montrer que la présence de trouées dans les ripisylves implique une modification du comportement de vol des pipistrelles et des minioptères. C'est à dire qu'une rupture de continuité altère leur rôle en tant que zone de transit. La proportion de forêts à proximité de ces ruptures de corridors va impacter la capacité des chiroptères à franchir une trouée. Plus un environnement est forestier moins la proportion d'individus franchissant une forte discontinuité sera grande. Les chauves-souris prennent donc en compte le paysage dans leur choix de déplacement et la ripisylve n'est pas forcément la meilleure solution si celle-ci est interrompue. L'itinéraire de moindre cout est ainsi plus complexe que celui imaginé.

L'importance des continuités pour les chiroptères est souvent constatée par les experts lors de suivis télémétriques, avec des individus faisant des détours de plusieurs kilomètres pour éviter des ruptures de corridors et rejoindre leur territoire de chasse (Quekenborn 2013). Cependant, c'est une problématique complexe à étudier car multi-factorielle et les données empiriques sont difficiles à obtenir. Notre travail s'inscrit dans la lignée des études de connectivité paysagère par « gap-crossing » (Pinaud et al. 2018), c'est-à-dire que nous cherchons à établir le degré de connectivité d'un élément paysager par la difficulté qu'une rupture implique pour les animaux. Les résultats obtenus dans le cadre de cette étude corroborent ceux obtenus par Pinaud et al., avec une valeur seuil autour de 40 mètres pour la longueur des trouées qui impactent le déplacement des chiroptères. Dans leur travail sur les grands rhinolophes, Pinaud et al. ont montré qu'une trouée de plus de 38 mètres dans les haies réduit fortement le nombre d'individus la traversant. Cette valeur a été intégrée dans un modèle de connectivité par chemin de moindre cout, qui a pu être validé par deux analyses empiriques permettant d'obtenir une matrice de résistance du paysage très proche de la réalité. Il serait intéressant de poursuivre notre travail afin d'intégrer les résultats obtenus en tant que valeur de résistance dans un modèle de connectivité pour appuyer l'importance des ripisylves comme éléments de connectivités lors de l'aménagement du territoire.

Les ripisylves sont des milieux privilégiés pour le transit, mais également pour la chasse. Le protocole de trajectographie utilisé permet d'obtenir le nombre d'individus traversant les trouées selon plusieurs vitesses de vol, avec l'hypothèse sous-jacente que des individus en chasse auront une vitesse lente, tandis que des individus en transit auront une vitesse rapide. Les pipistrelles sont des espèces qui exploitent des terrains de chasses variés notamment des milieux ouverts ou semi-ouverts. On pourrait donc s'attendre à ce que ces dernières ne soient pas mises en difficultés par les ruptures de continuité. Mais nos résultats montrent que quelle que soit la vitesse de vol et leur comportement, les espèces de ce groupe d'espèces sont impactées par la présence de trouées (Figure 3, A,B,C).

La largeur des bandes de ripisylves présente le long des cours d'eau influence significativement l'abondance de plusieurs espèces de chiroptères. Les résultats obtenus dans le cadre de cette étude corroborent ceux de Buono et al. menés en Provence Alpes Côte d'Azur (2019). En effet, selon eux, les pipistrelles spp. et les murins spp. ont une activité plus importante dans les ripisylves de plus de 40 mètres de large. Ce lien entre abondance de certaines espèces et largeur des ripisylves peut s'expliquer par l'hétérogénéité accrue des boisements larges (stratification des peuplements, mosaïque de faciès, effet de lisières internes au peuplement forestier, diversité

d'essences...). L'on peut aussi supposer que ces boisements, notamment dans des contextes paysagers comme celui de la vallée du Rhône, constituent des habitats offrant une meilleure ressource trophique que la plupart des autres habitats (Cf. utilisation de la mosaïque d'habitats). Le seuil des 40 à 50 mètres de largeur semble ainsi être une composante importante qui rend les ripisylves plus attractives pour les chauves-souris en activité de chasse. Cette valeur, que l'on pourrait appeler « largeur fonctionnelle minimale » est un objectif vers lequel tendre lors d'actions de gestion ou de restauration des zones alluviales.

Dans notre hypothèse de départ nous pensions mettre en évidence un lien entre largeur des ripisylves et diversité spécifique des chauves-souris, tout comme l'ont montré de Ramos et dos Anjos (2014) pour les communautés aviaires au Brésil. Nous n'avons toutefois pas validé statistiquement cette hypothèse. Cependant, il ressort que la diversité des chiroptères contactés dans les ripisylves, quelle que soit leur largeur, est importante. Cela sous-entend que les ripisylves maintiennent un rôle fonctionnel fort pour la plupart des espèces comme couloirs de déplacements quelles que soient leurs largeurs.

Conclusion

Les ripisylves constituent des habitats « clés » pour les populations de chiroptères en leur procurant de la ressource en nourriture, des gîtes ou des zones essentielles à leurs déplacements. Ces boisements sont d'autant plus intéressants pour les chiroptères qu'ils sont matures (Buono et al. 2019). Ces rôles fonctionnels pour les chiroptères sont aujourd'hui avérés et doivent être pris en considération. Les ripisylves nécessitent donc d'être connectées entre elles et avec les habitats environnants (continuités longitudinale et latérale), laissées en libre évolution pour favoriser l'apparition des stades matures de la série de végétation et d'avoir une largeur minimale de 50 mètres.

Cependant, ces milieux sont bien souvent relictuels au regard des diverses pressions qui s'exercent sur eux depuis de nombreuses années déjà (aménagement et endiguement des cours d'eau, défrichements à des fins agricoles ou d'artificialisation des sols...) et représentent des surfaces faibles. On considère qu'à l'heure actuelle, les forêts alluviales recouvrent seulement 1,6 % de la zone biogéographique méditerranéenne française (Copernicus programme 2015). Or, depuis quelques années, nous observons la montée en puissance d'une nouvelle menace. Des prélèvements massifs de bois en ripisylves sont observés sur l'ensemble de la zone méditerranéenne, voire au-delà, et les pratiques d'exploitations (coupes à blanc) sont désastreuses pour le maintien de la fonctionnalité écologique de ces milieux. A titre d'exemple, nous estimons que sur le seul département de la Drôme près de 80 hectares de ripisylves ont été rasés entre 2014 et 2021. Ces exploitations « sauvages » ont pour objectifs d'alimenter la filière « bois-énergie » mais aussi les plateformes de compostage ou la production de bois déchiqueté pour le paillage horticole.

Bien trop peu de surfaces de forêt alluviales bénéficient d'un statut réglementaire fort les préservant de ces prélèvements. De nombreuses coupes ont été réalisées au sein même de zones désignées au titre du réseau européen Natura 2000 et la réglementation française s'avère permissive au regard de ces exploitations. Hors du cadre de règlements spécifiques (décret de Réserve naturelle, arrêté préfectoral de protection...), leur régulation ou leur encadrement n'est possible ni au titre du code de l'environnement, ni des codes forestier ou de l'urbanisme.

Afin de garantir la pérennité de forêts alluviales fonctionnelles et accueillantes pour les chiroptères, et plus globalement pour la biodiversité, l'urgence est d'encadrer les pratiques de prélèvements dans ces peuplements et de leur offrir un classement réglementaire les soustrayant des menaces. En Drôme, un travail a été engagé avec les services de la Préfecture pour instruire des arrêtés préfectoraux de protection d'habitats naturels sur les secteurs les plus remarquables. En parallèle, l'abaissement des seuils de surface en matière d'obligation de demande d'autorisation de coupes d'arbres de futaie (L124-5 et L124-6 du code forestier) à 0,5 hectare en ripisylve est une manière d'encadrer les pratiques hors des espaces protégés. Les Préfets de Vaucluse et de la Drôme sont actuellement en train de réviser leurs arrêtés.

L'information et la sensibilisation sur les enjeux de ces milieux et les espèces associées restent essentiels pour leur reconnaissance collective. Les services rendus par les forêts alluviales étant particulièrement nombreux cela permet de faciliter l'acceptation de l'impérativité de leur protection. Le travail avec les collectivités en charge de la compétence GEMAPI ou de la mise en œuvre de Plans Climat Air Energie territoriaux est indispensable pour faire converger les dynamiques pour garantir l'avenir de ces habitats.

Remerciements :

Ce programme d'étude sur les liens fonctionnels entre les ripisylves et les chiroptères a été soutenu financièrement par le fonds européen de développement régional (FEDER) et la Région Auvergne Rhône-Alpes dans le cadre du Contrat Corridor du Grand Rovaltain. Nous souhaitons aussi remercier CNR (direction territoriale Rhône-Isère) et EDF Hydro Alpes (basse Isère) pour leur appui technique. Le travail sur la largeur fonctionnelle des ripisylves a été réalisé avec le soutien d'ARCHE Agglo, collectivité gestionnaire de l'ENS des Lônes du Rhône.

Bibliographie :

- Akasaka, Takumi, Daisuke Nakano, et Futoshi Nakamura. 2009. « Influence of prey variables, food supply, and river restoration on the foraging activity of Daubenton's bat (*Myotis daubentonii*) in the Shibetsu River, a large lowland river in Japan ». *Biological Conservation* 142(7):1302-10.
- Arthur, Laurent, et Michèle Lemaire. 2009. *Les Chauves-souris de France Belgique Luxembourg et Suisse*. BIOTOPE.
- Barataud, Michel. 2012. *Ecologie acoustique des chiroptères d'Europe : Identification des espèces, étude de leurs habitats et comportements de chasse*. Biotope. Paris.
- Barré, Kévin, Isabelle Le Viol, Romain Julliard, Julie Pauwels, Stuart E. Newson, Jean-François Julien, Fabien Claireau, Christian Kerbiriou, et Yves Bas. 2019. « Accounting for automated identification errors in acoustic surveys - Barré - 2019 - Methods in Ecology and Evolution - Wiley Online Library ». *Methods in Ecology and Evolution* 10(8):1171-88.
- Bas, Yves, Didier Bas, et Jean-François Julien. 2017. « Tadarida: A Toolbox for Animal Detection on Acoustic Recordings ». *Journal of Open Research Software* 5(1):6.

- Bas, Yves, Christian Kerbirou, Charlotte Roemer, et Jean-François Julien. 2020. « Bat populations trends. » *Muséum national d'Histoire naturelle*.
- Bellamy, Chloe, Christopher Scott, et John Altringham. 2013. « Multiscale, Presence-Only Habitat Suitability Models: Fine-Resolution Maps for Eight Bat Species ». *Journal of Applied Ecology* 50(4):892-901.
- Boughey, Katherine L., Iain R. Lake, Karen A. Haysom, et Paul M. Dolman. 2011. « Improving the Biodiversity Benefits of Hedgerows: How Physical Characteristics and the Proximity of Foraging Habitat Affect the Use of Linear Features by Bats ». *Biological Conservation* 144(6):1790-98.
- Buono, Lorenza, Lionel Bruhat, Alexandra Acca, et Emmanuel Cosson. 2019. *Ripisylves méditerranéennes et chauves-souris, enjeux et conservation*. Groupe Chiroptères de Provence.
- Claireau, Fabien, Yves Bas, Julie Pauwels, Kévin Barré, Nathalie Machon, Benjamin Allegrini, Sébastien J. Puechmaille, et Christian Kerbirou. 2019. « Major Roads Have Important Negative Effects on Insectivorous Bat Activity ». *Biological Conservation* 235:53-62.
- Copernicus programme. 2015. Riparian zones (en ligne). land.copernicus.eu/local/riparian-zones.
- de la Fuente, Begoña, María C. Mateo-Sánchez, Gema Rodríguez, Aitor Gastón, Ramón Pérez de Ayala, Diana Colomina-Pérez, María Melero, et Santiago Saura. 2018. « Natura 2000 Sites, Public Forests and Riparian Corridors: The Connectivity Backbone of Forest Green Infrastructure ». *Land Use Policy* 75:429-41.
- Grindal, Scott D., et R. Mark Brigham. 1999. « Impacts of forest harvesting on habitat use by foraging insectivorous bats at different spatial scales ». *Écoscience* 6(1):25-34.
- Hilty, Jodi A., et Adina M. Merenlender. 2004. « Use of Riparian Corridors and Vineyards by Mammalian Predators in Northern California ». *Conservation Biology* 18(1):126-35.
- Kerbirou, Christian, Yves Bas, Isabelle Le Viol, Romain Lorrilliere, Justine Mougnot, et Jean-François Julien. 2018. « Potential of bat pass duration measures for studies of bat activity: Bioacoustics: Vol 28, No 2 ». *Bioacoustics* 28(2):177-92.
- Lacoeuilhe, Aurélie, Nathalie Machon, Jean-François Julien, et Christian Kerbirou. 2016. « Effects of Hedgerows on Bats and Bush Crickets at Different Spatial Scales ». *Acta Oecologica* 71:61-72.
- Naiman, Robert J., et Henri Décamps. 1997. « The Ecology of Interfaces: Riparian Zones ». *Annual Review of Ecology and Systematics* 28(1):621-58.
- Nilsson, Christer, Catherine A. Reidy, Mats Dynesius, et Carmen Revenga. 2005. « Fragmentation and Flow Regulation of the World's Large River Systems ». *Science* 308(5720):405-8.

- Ramos de Olivera, Camila Crispim, et Luiz dos Anjos. 2014. « The width and biotic integrity of riparian forests affect richness, abundance, and composition of bird communities ». *Natureza & Conservação* 12:59-64.
- Pinaud, David, Fabien Claireau, Maxime Leuchtman, et Christian Kerbiriou. 2018. « Modelling Landscape Connectivity for Greater Horseshoe Bat Using an Empirical Quantification of Resistance ». *Journal of Applied Ecology* 55(6):2600-2611.
- Quekenborn, Delphine, 2013. « Action A5-2012 : synthèse finale des suivis par télémétrie des colonies G01 et G03. » *Rapport final d'action LIFE+ Chiro Med* 22p.
- Sabo, J. L., et M. E. Power. 2002. « River–Watershed Exchange: Effects of Riverine Subsidies on Riparian Lizards and Their Terrestrial Prey ». *Ecology* 83(7):1860-69. doi: 10.1890/0012-9658(2002)083[1860:RWEEOR]2.0.CO;2.
- UMS Patrinat. 2019. *Résultats synthétiques de l'état de conservation des habitats et des espèces, période 2013-2018*. Rapportage article 17 envoyé à la Commission européenne.
- Young, Juliette, Caspian Richards, Anke Fischer, Lubos Halada, Tiiu Kull, Antoni Kuzniar, Urmas Tartes, Yordan Uzunov, et Allan Watt. 2007. « Conflicts between Biodiversity Conservation and Human Activities in the Central and Eastern European Countries ». *AMBIO: A Journal of the Human Environment* 36(7):545-50.

