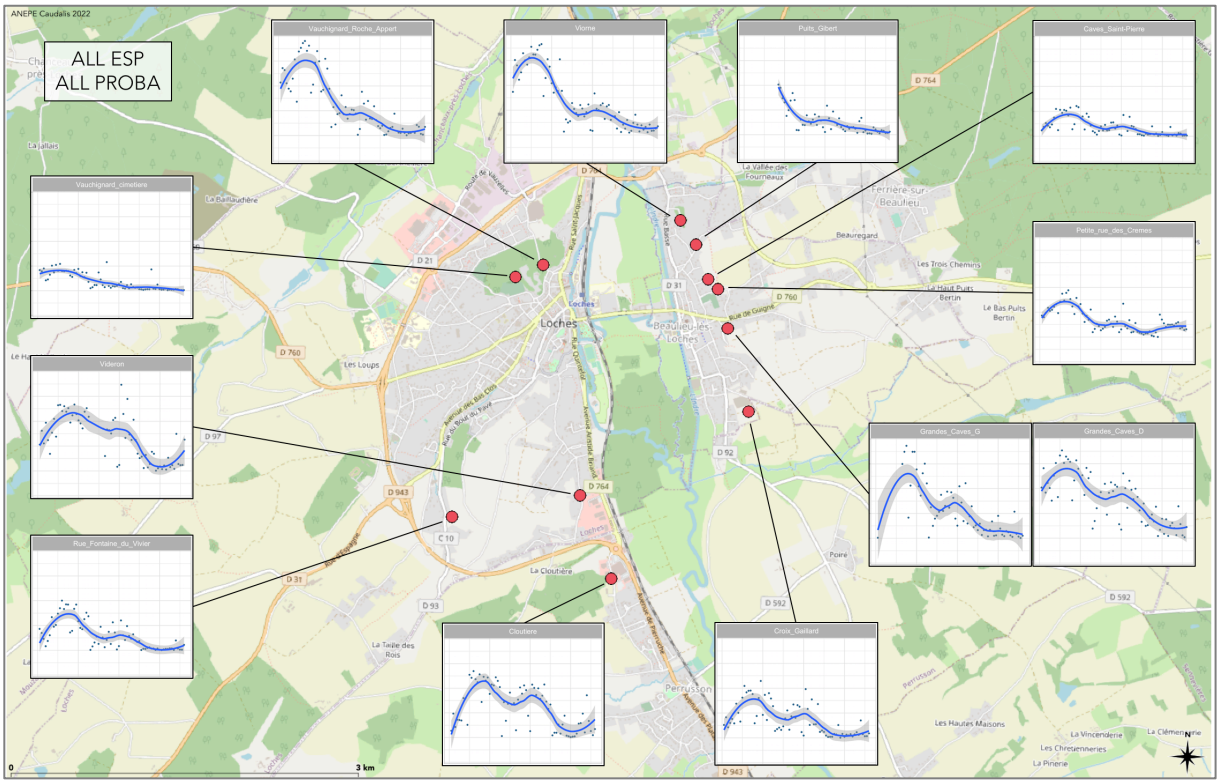
Plan régional d'action en faveur des
Chiroptères

Recherche de sites de swarming en Indre-et-Loire
Saison 2021



CAUDALIS
Association Naturaliste d'Étude et de Protection des Écosystèmes

Liberté • Égalité • Fraternité
République Française
Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
Centre-Val de Loire

Région Centre-Val de Loire

Plan régional d'actions en faveur des Chiroptères

Recherche de sites de swarming en Indre-et-Loire, saison 2021

Table des matières :

I. Introduction et objectifs 4
II. Description succincte de l'activité chiroptérologique associée au swarming 5
III. Méthodologie 6
A. Localisation de l'étude 6
B. Matériel et programmation 7
C. Sites suivis 8
D. Période de suivi 9
E. Analyse des données 9
IV. Résultats 10
A. Résultats généraux 10
1. Concernant le matériel 10
2. Concernant les contacts 10
3. Concernant les sites 11
B. Activité des Chiroptères 12
C. Activité du Murin de Natterer 13
V. Discussion 16
VI. Conclusion 19
VII. Bibliographie 20
VIII. Annexes 21
A. Annexe 1 21
B. Annexe 2 22
C. Annexe 3 23
D. Annexe 4 24
E. Annexe 5 25
F. Annexe 6 26
G. Annexe 7 27
H. Annexe 8 28

Contact :
Eric Sansault
eric.sansault@anepe-caudalis.fr
02 47 67 30 06
Association Caudalis
1 rue de la Mairie, 37520 La Riche

Association bénéficiaire du Cap'Asso.

Citation :
SANSAULT E. & AUBRY R., 2022. Plan régional d'actions en faveur des Chiroptères. Recherche de sites de swarming en Indre-et-Loire, saison 2021. Association Naturaliste d'Étude et de Protection des Écosystèmes CAUDALIS, DREAL Centre-Val de Loire. 28 pages

Plan régional d'action en faveur des Chiroptères

Recherche de sites de swarming en Indre-et-Loire, saison 2021

I. Introduction et objectifs

L'activité de swarming (ou essaimage) chez les Chiroptères est de plus en plus documentée et de plus en plus prise en compte dans la conservation des populations de chauves-souris. Des études comportementales et génétiques ont montré que l'essaimage est le principal vecteur pour la rencontre de partenaires sexuels chez de nombreuses espèces et que les sites de swarming sont des « hotspots » permettant le maintien de flux géniques entre des populations géographiquement isolées (Barclay & Thomas 1979, Barclay et *al.* 1979, Kerth et al. 2003, Kerth & Morf 2004, Veith et al. 2004, Rivers et al. 2005-2006, Glover 2006, etc.). Les fonctions supposées du swarming seraient : l'accouplement (Thomas et *al.*, 1979), l'apprentissage pour les jeunes des sites importants pour la reproduction, le renforcement du succès reproducteur par coopération entre les classes d'âge (Burns & Broders, 2015 ; Hall & Brenner, 1968) et la reconnaissance des sites d'hibernation. Les raisons de ce comportement se précisent au fur et à mesure des études mais la localisation et le nombre de sites de swarming restent encore très mal connus, en particulier en Indre-et-Loire.

En 2018, une première étude d'identification des sites de swarming a permis de montrer que des cavités d'hibernation étaient utilisées pour le swarming par l'Oreillard roux, le Murin à oreilles échancrées et le Murin de Natterer (Sansault et *al.*, 2019). L'activité de ce dernier est très facilement mise en évidence par l'acoustique alors que les deux autres espèces sont plus difficiles à détecter pour cause, respectivement, de la faiblesse de leurs émissions et de la difficulté d'identification certaine par l'algorithme Tadarida de VigieChiro.

Une seconde étude menée en 2019 avait pour objectifs de répondre à quelques-unes de ces questions en augmentant la pression de suivi (tant en termes de phénologie que de nombre de nuits échantillonnées) afin de détecter une activité de swarming sur de nouveaux sites et de nouvelles espèces (Sansault 2020). Outre quelques résultats intéressants comme l'absence d'impact mesurable sur le swarming de la grille posée entre 2018 et 2019 sur le site de Puits Gibert géré par le CEN Centre-Val de Loire, ou l'observation d'une activité de type swarming chez le Murin à oreilles échancrées sur un nouveau site, l'étude de 2019 avait confirmé le rôle très important du site de La Louère pour le swarming du Murin de Natterer.

L'arrivée récente sur le marché du système AudioMoth d'Open Acoustic Devices permet de déployer un certain nombre d'enregistreurs automatiques à moindre frais. L'étude réalisée en 2021 a pour objectif de mesurer l'activité de swarming au sein d'un douzaine de sites du bassin Lochois (communes de Loches, Beaulieu-les-Loches et Perrusson) en utilisant le système AudioMoth. Les résultats permettront de mieux comprendre comment se répartit l'activité automnale des chiroptères au sein d'un vaste secteur (quelles espèces sont détectées, quels sites sont utilisés, etc.).

II. Description succincte de l'activité chiroptérologique associée au swarming

Le swarming est une activité saisonnière visible principalement entre les mois d'août et d'octobre. La période d'essaimage varie d'une espèce à l'autre, avec des espèces plutôt précoces (Pipistrelle commune, Sérotine commune, Barbastelle d'Europe) alors que d'autres sont plus actives à l'automne (Murin à oreilles échancrées et Murin de Natterer par exemple). En Europe, l'activité de swarming est centrée sur le mois de septembre (Figure 1), mais cela peut varier quelque peu en fonction des pays.

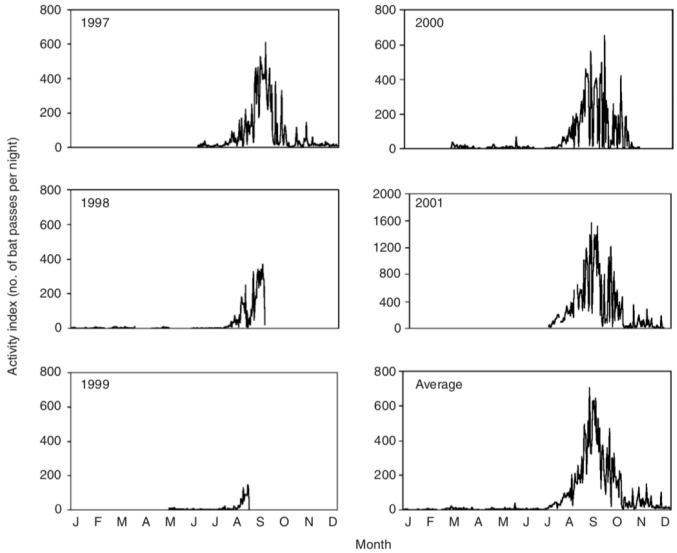


Fig. 1. Activity logger traces of microchiropteran bats compiled from nightly activity indices (number of bat passes) for each year of study and averaged across years. Data runs: 1 July to 30 December 1997 inclusive; 17 January to 26 September 1998; 25 May to 7 September 1999; 18 March to 18 November 2000; 21 July to 21 December 2001. Average chart compiled from mean activity index for each date.

Figure 1 Activité saisonnière de swarming chez les microchiroptères (extrait de Parsons et *al.* 2003).

En termes d'activité nocturne, l'essaimage sur un site se caractérise par l'arrivée croissance et continue de plusieurs dizaines à plusieurs centaines d'individus au cours de la nuit. Ces individus peuvent parfois venir de plusieurs dizaines de kilomètres (Furmankiewicz 2008, Parsons & Jones 2003) et l'activité maximale sur un site est visible en milieu de nuit (Figure 2).

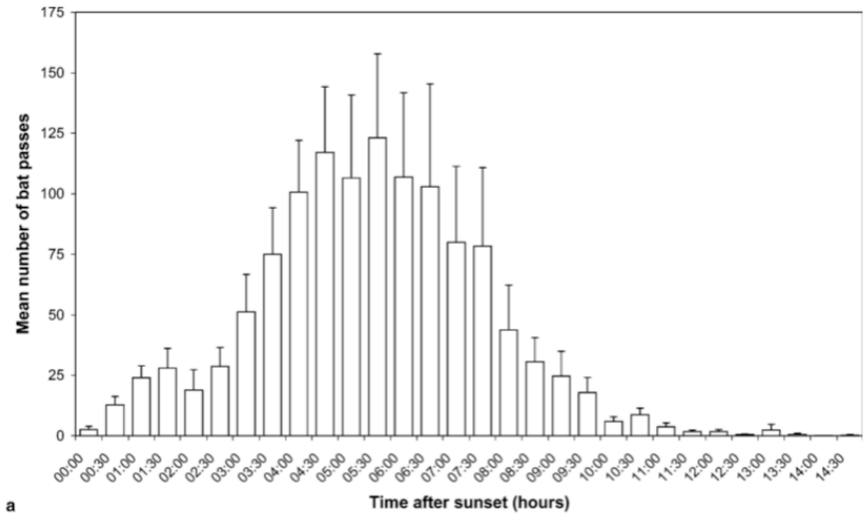


Figure 2 Activité moyenne horaire (intervalles de 30 min) de plusieurs espèces de chiroptères enregistrée au cours de 14 nuits en période de swarming sur un site en Angleterre (extrait de Rivers et *al.* 2006).

III. Méthodologie

A. Localisation de l'étude

La présente étude a été menée au sud-est de l'Indre-et-Loire, dans le bassin Lochois, et plus précisément sur les communes de Loches, Beaulieu-les-Loches et Perrusson. Il s'agit d'un secteur assez hétérogène en termes de paysages qui présente des zones urbanisées, des boisements (principalement de feuillus ou mixtes), des plateaux agricoles et, dans la vallée de l'Indre, des prairies humides, ripisylves et plantations de peupliers.

Le secteur est reconnu pour sa biodiversité patrimoniale à travers les ZNIEFF des Prairies de la vallée de l'Indre, de la Moyenne Vallée de l'Indre et du Massif forestier de Loches ainsi que par la zone Natura 2000 Vallée de l'Indre. Certains sites sont par ailleurs en acquisition ou en gestion pour leur biodiversité (ENS des Prairies du Roy, carrière de Puits Gibert).

La vallée de l'Indre est comprise entre 69 et 73 mètres d'altitude, contre 96 à 113 mètres pour les plateaux situés à l'est et à l'ouest du cours d'eau.

L'extraction de la pierre de tuffeau a donné lieu au creusement de plusieurs milliers de cavités, des petits troglodytes aux carrières et champignonnières immenses dont certaines font partie des plus vastes de la région.

En hiver, le réseau souterrain du bassin Lochois compte plus de 4000 chauves-souris appartenant à une quinzaine d'espèces. Il s'agit d'un secteur d'importance internationale pour la conservation des chiroptères (Baeta & Sansault 2018).

En été, peu de colonies de reproduction sont connues dans le secteur dont l'importance est par conséquent sous-estimée au regard de cet enjeu précis.

A l'automne, l'activité de swarming de l'Oreillard roux et du Murin de Natterer est signalée sur la carrière de Puits Gibert, propriété du CEN Centre-Val de Loire (Sansault *et al.* 2019).

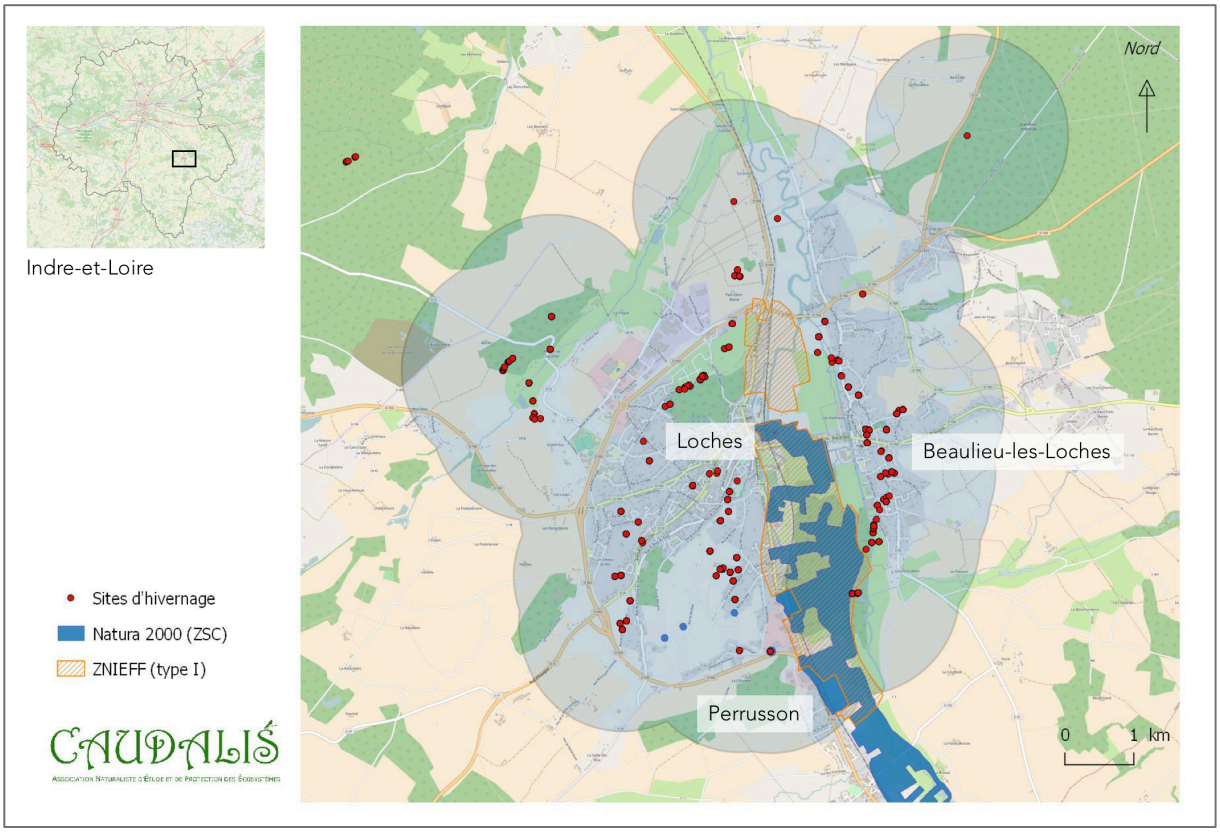


Figure 3 Localisation du bassin Lochois en Indre-et-Loire et emplacement des sites d'hibernation des chiroptères (sources ANEPE Caudalis, d'après Baeta & Sansault 2016, modifié).

B. Matériel et programmation

Afin de mesurer l'activité acoustique sur un aussi vaste secteur, 21 AudioMoth V1.2.0 (Open Acoustic Devices) furent acquis fin 2020. Afin de limiter la détérioration du matériel, des boitiers étanches adaptés furent également achetés (Official Audiomoth OPX7 Waterproof case).

Ils furent programmés à l'aide du programme AudioMoth Configuration App 1.4.1 sur MacOSX. Le firmware fut mis à jour avec la version 1.6.0.

Un jeu de 42 cartes mémoires de 64 Go fut également acquis, soit 2 cartes par Audiomoth (carte A et B). Malgré notre volonté d'homogénéiser le matériel, trois modèles de la marque Samsung nous furent retournés au hasard des commandes : un modèle EvoPlus SCXC UHS-I Class 10 U1 et deux modèles U3. En fonction du modèle et de son année de fabrication, les vitesses d'écriture s'échelonnent de 20 à 90 MB/s. Les cartes mémoires furent formatées en FAT32 et renommées depuis l'utilitaire de disque de MacOSX. Les AudioMoth et les cartes mémoires furent étiquetées afin de conserver le même duo à chaque session d'enregistrment.

Des batteries rechargeables EBL 2800 mAh furent utilisées (il en faut 3 par AudioMoth).

Un programme « 2021_swarming_routine.config » fut créé avec pour objectifs :

- de limiter les déplacements sur le terrain pour le changement de carte mémoire et des batteries à une intervention tous les 15 jours ;
- de permettre les enregistrements durant 15 nuits consécutives au moment du pic d'activité nocturne de swarming, soit entre 23h00 et 02h00 ;
- de respecter les paramètres d'enregistrement du programme Vigie-Chiro (sample rate, gain, filtre, etc.).

Ainsi, pour notre étude, il a été décidé d'échantillonner chaque nuit à raison de 4 tranches de 10 minutes par heure entre 23h00 et 02h00, soit 40 minutes par nuit.

Il s'agit d'une configuration « prudente » qui propose un compromis entre le besoin de stockage sur la carte mémoire et l'usure des batteries. En effet, concernant ces dernières, les taux d'usure sont indiqués à une température de 20°C alors que notre étude, réalisée à l'automne et parfois à l'intérieur même des sites souterrains, impliquait d'exposer le matériel à des températures plus faibles pouvant augmenter cette usure.

Concernant les cartes mémoires, le programme « routine » créé 20 Go de données tous les 15 jours, soit une capacité théorique de 45 jours d'enregistrement avant que la carte ne soit pleine.

Tous les 15 jours, carte mémoire et batteries furent remplacées et l'horloge interne de chaque AudioMoth fut synchronisée grâce à l'app AudioMoth Flash. Les informations sur le voltage restant avant remplacement des batteries ainsi que le volume de fichiers enregistrés furent notées.

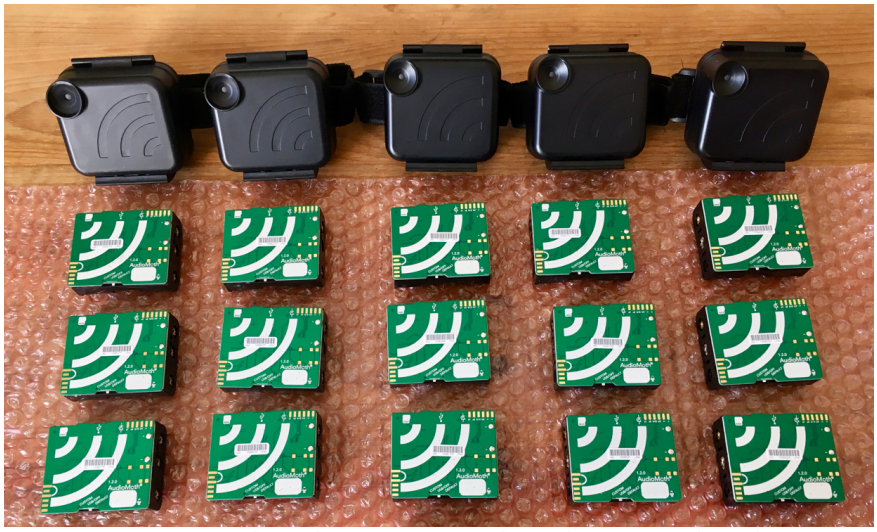


Figure 4 Quinze AudioMoth acquis pour l'étude et 5 boîtiers étanches adaptés.

C. Sites suivis

Les sites suivis au sein du bassin Lochois furent sélectionnés en fonction de leur accessibilité pour la pose et la gestion du matériel. Au total, 12 entrées correspondant à 9 cavités différentes ont été choisies pour ce suivi.

Certaines caractéristiques des sites furent notées :

Taille du site : **de 1 à 5**. La taille des cavités est qualifiée de la manière suivante : troglodytes de petite taille avec une seule pièce (1), troglodyte de deux pièces ou plus, ou grande cave (2), cave de grande taille en plusieurs parties, ou petite carrière/champignonnière (3), carrière (4), carrière géante (5) ;

Taille de l'entrée : **grande / petite**. Une grande entrée mesure >2 m en hauteur comme en largeur, une petite <2 m en hauteur comme en largeur ;

Grille ou porte : présence d'une grille ou d'une porte fermée mais qui permet toutefois aux chauves-souris d'entrer et sortir du site.

Tableau 1 Sites et entrées suivis en 2021 avec l'AudioMoth associé et quelques caractéristiques.

Commune	Site	Entrée	Audiomoth	Taille site	Taille entrée	Grille ou porte fermée
Beaulieu-les-Loches	Puits Gibert	Viorne	AM03	5	Grande	Grille
	Puits Gibert	Puits Gibert	AM01	5	Grande	-
	Caves Saint-Pierre	-	AM02	5	Grande	Grille
	Petite rue des Crèmes	-	AM04	3	Grande	-
	Grandes Caves	Entrée gauche	AM05	2	Grande	-
	Grandes Caves	Entrée droite	AM06	5	Grande	Grille
	Croix Gaillard	-	AM07	4	Grande	Porte
Loches	Videron	-	AM09 puis AM20	5	Grande	Grille
	Rue Fontaine du Vivier	-	AM10	5	Grande	Porte
	Vauchignard	Cimetière	AM11	5	Petite	-
	Vauchignard	Roche Appert	AM12	5	Grande	-
Perrusson	Cloutière	-	AM08	4	Grande	Grille

Les sites suivis en 2021 sont de taille > 3, c'est-à-dire qu'il s'agit de sites de grande taille (de la petite carrière à la carrière géante de plusieurs kilomètres de réseau), les troglodytes et les caves, même grandes, furent évitées. Leur entrée est généralement de grande taille même si la plupart sont fermées par une grille ou une porte ne fermant pas totalement l'entrée aux chiroptères.

Figure 5 Entrée de la cavité de la Croix Gaillard, à Beaulieu-les-Loches.

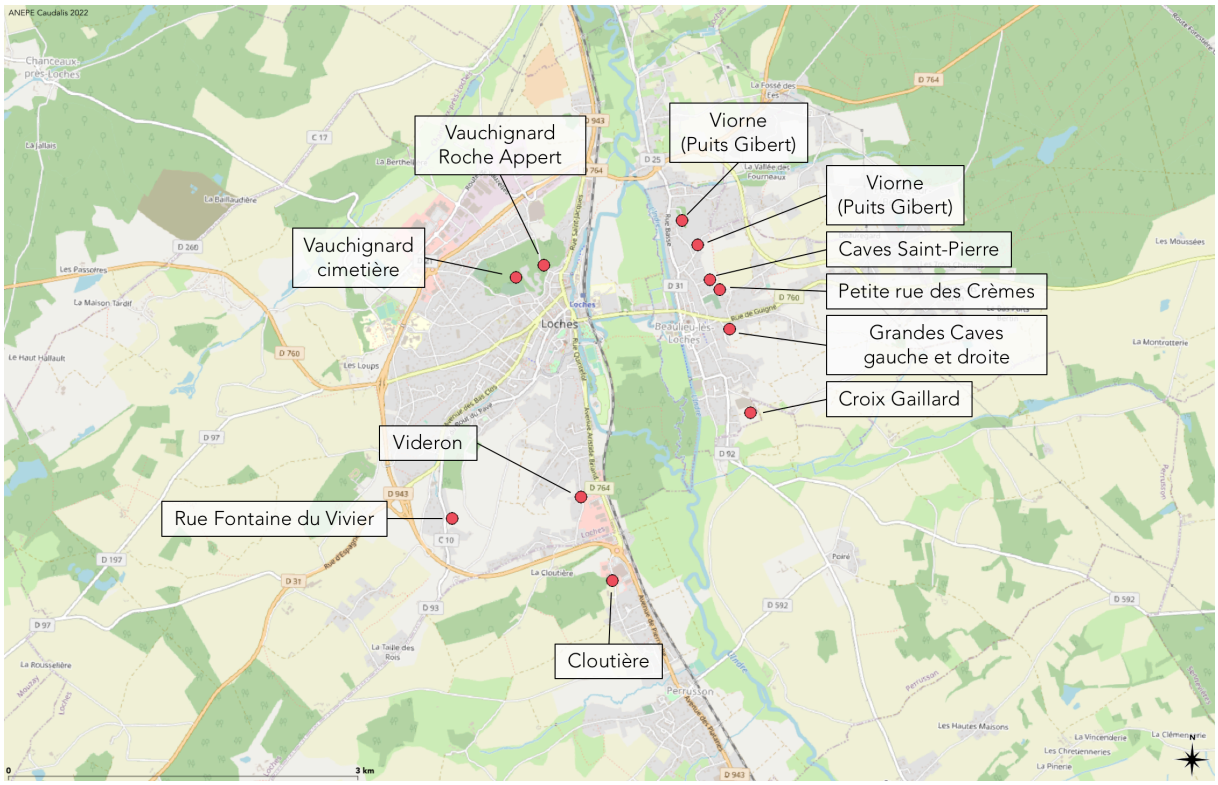


Figure 6 Nom et emplacement des sites suivis en 2021 au sein du bassin Lochois.

D. Période de suivi

Le suivi s'est déroulé du 24 août au 4 novembre 2021. Durant cette période, l'organisation fut répartie en 5 sessions continues d'une quinzaine de nuits chacune : du 24/08 au 09/09 (session 1), du 09/09 au 24/09 (S2), du 24/09 au 07/10 (S3), du 07/10 au 21/10 (S4) et du 21/10 au 04/11 (S5). Comme écrit plus haut, carte mémoire et batteries furent remplacées entre chaque session.

E. Analyse des données

Les données acoustiques furent analysées via le portail VigieChiro du MNHN, en protocole Point Fixe (algorithme Tadarida). L'objectif de cette étude étant de mesurer l'activité des différentes espèces au sein d'un site afin de déterminer la présence d'une activité de swarming, le nombre de contacts de chiroptères, toute espèce comprise, a constitué une donnée suffisante qui n'a pas impliqué de reprendre chaque enregistrement manuellement (contrairement à une étude sur la richesse spécifique ou sur les comportements sociaux par exemple). L'envoi des fichiers sons vers Vigie-Chiro doit suivre un protocole strict de décompression, découpage et renommage des fichiers et la création d'une « participation » unique à la maille, au point, à la période et à l'enregistreur utilisé. Une fois les fichiers analysés par Tadarida, les données furent traitées à partir des fichiers csv renvoyés par le portail VigieChiro. Dans un premier temps, les données brutes ne correspondant pas à des chiroptères furent supprimées et une variable de validité fut attribuée à chaque donnée selon les probabilités renvoyées par Tadarida (contacts non validés : 0 à 98 % de probabilité ou contacts certains : = 99 % de probabilité).

Les analyses statistiques ainsi que les graphiques furent réalisés à l'aide des logiciels R 4.0.4 et R Studio 1.3.1093 et du package Esquisse 0.3.1.

IV. Résultats

A. Résultats généraux

1. Concernant le matériel

Avec des batteries pleinement chargées, le voltage disponible en début de session est de 4,2 V pour chaque AudioMoth. En fin de session, et avant remplacement des batteries, celui-ci varie de 3,8 V à 4,0 V en fonction des appareils, pour une moyenne de 3,89 V (n=27).

Le volume de données enregistré varie également entre les sessions car ces dernières ne comptent pas exactement le même nombre de nuits. En général, il faut compter entre 16 Go et 19 Go de données par session de deux semaines environ avec le programme « routine ».

Seul l'appareil AM05, installé sur le site des Grandes Caves (entrée gauche) a semble-t-il connu un problème de fonctionnement temporaire lors de la première session puisqu'aucun contact n'a été enregistré entre le 24/08 à 23h00m20s (soit 20 secondes après le tout premier lancement et les premiers enregistrements) et le 05/09 à 23h04m15s, heure à laquelle des contacts ont de nouveau été enregistrés. Des fichiers audios existent bel et bien durant ces 12 jours mais ils semblent ne contenir aucun son. De fait, la première session des Grandes Caves gauche est quasi vide d'enregistrement (hormis quelques contacts durant les 20 premières secondes et les 4 dernières nuits de la session). L'appareil AM05 n'a pas connu d'autre dysfonctionnement par la suite.

2. Concernant les contacts

Entre le 24 août et le 4 novembre 2021, 72 nuits ont été échantillonnées au sein de 12 sites. Il faut toutefois signaler que le site de Puits Gibert n'a pas été suivi lors de la première session (nombre de nuits suivies = 56), qu'un dysfonctionnement est survenu aux Grandes Caves gauche durant 11 nuits (nombre de nuits suivies = 61) et que l'enregistreur AM06 a été retiré sur Videron puis remplacé par l'AM20 entre les sessions 2 et 3 (nombre de nuits suivies = 66). Finalement, l'échantillonnage mis en place correspond à 830 nuits-sites.

Ce suivi a nécessité la création et la gestion de 64 participations sur le portail Vigie-Chiro afin de traiter les 335 548 fichiers audio produits. L'algorithme Tadarida a pu extraire de ces fichiers 637 685 contacts de trois grands « groupes » : 48 % de contacts divers (bruit, oiseaux, mammifères, etc.), 33,2 % de contacts de Chiroptères et 18,8 % de contacts d'Orthoptères.

Parmi les 211 683 contacts de Chauves-souris, 37 793 (soit 17,8 %) ont été identifiés spécifiquement avec une probabilité de 0,99. Au final, sur l'ensemble des contacts, tout « groupe » et toute probabilité confondus, 5,9 % sont des contacts certains de Chiroptères.

Les chauves-souris sont représentées dans les résultats de Tadarida par 27 espèces, mais seulement 5 d'entre elles ont été identifiées avec une probabilité de 0,99 par l'algorithme : le Murin de Natterer, le Grand Rhinolophe, la Barbastelle d'Europe, la Pipistrelle commune et le Petit Rhinolophe (Tableau 2).

Tableau 2 Nombre de contacts certains (p=0,99) par espèce et part de l'espèce dans le nombre total de contacts certains.

Espèce	Nombre de contacts (p=0,99)	Pourcentage de contacts
Murin de Natterer	31 238	82,66 %
Grand Rhinolophe	6 368	16,85 %
Barbastelle d'Europe	181	0,48 %
Pipistrelle commune	5	0,01 %
Petit Rhinolophe	1	0,00 %
Total	**37 793**	**100,00 %**

3. Concernant les sites

L'activité des Chiroptères varie d'un site à l'autre. Par exemple, les sites de la Cloutière (Clt), les Grandes Caves gauche (GCg), Videron (Vid), la Viorne (Vio) et Vauchignard Roche Appert (VRA) comptent plus de 20 000 contacts (certains et probables) de chauves-souris durant la période de suivi.

En revanche, les sites des Caves Saint-Pierre (CSP), de Puits Gibert (PG) et de Vauchignard cimetière (Vc) en comptent autour de 7000, soit plus de trois fois moins (voir Annexe 3).

L'analyse du nombre de contacts certains (p=0,99) montre également de fortes différences d'activité entre les sites (voir Annexe 4). Cette fois-ci, c'est le site de la Cloutière qui présente l'activité la plus forte avec plus de 7000 contacts certains. Les sites de Videron et des Grandes Caves droite montrent également une activité intéressante avec plus de 4000 contacts certains enregistrés durant le suivi.

Relativement au nombre de nuits suivies par site, et en prenant en compte tous les contacts indépendamment de leur probabilité, les sites des Grandes Caves gauche, de Videron, de la Viorne, de Vauchignard Roche Appert et de la Cloutière sont les plus actifs avec entre 300 et 400 contacts de Chiroptères en moyenne chaque nuit et des pics compris entre 700 et 1000 contacts lors des nuits les plus actives (voir Annexe 5).

Toujours relativement au nombre de nuits suivies, les sites de la Cloutière et de Videron restent les plus actifs avec respectivement un nombre moyen de contacts certains par nuit de 101 et 82. Ces deux sites montrent également le pic d'activité le plus élevé avec presque 300 contacts enregistrés durant la nuit la plus active (encore une fois, il s'agit du nombre de contacts enregistrés durant 4 tranches de 10 minutes entre 23h00 et 02h00) (Figure 7).

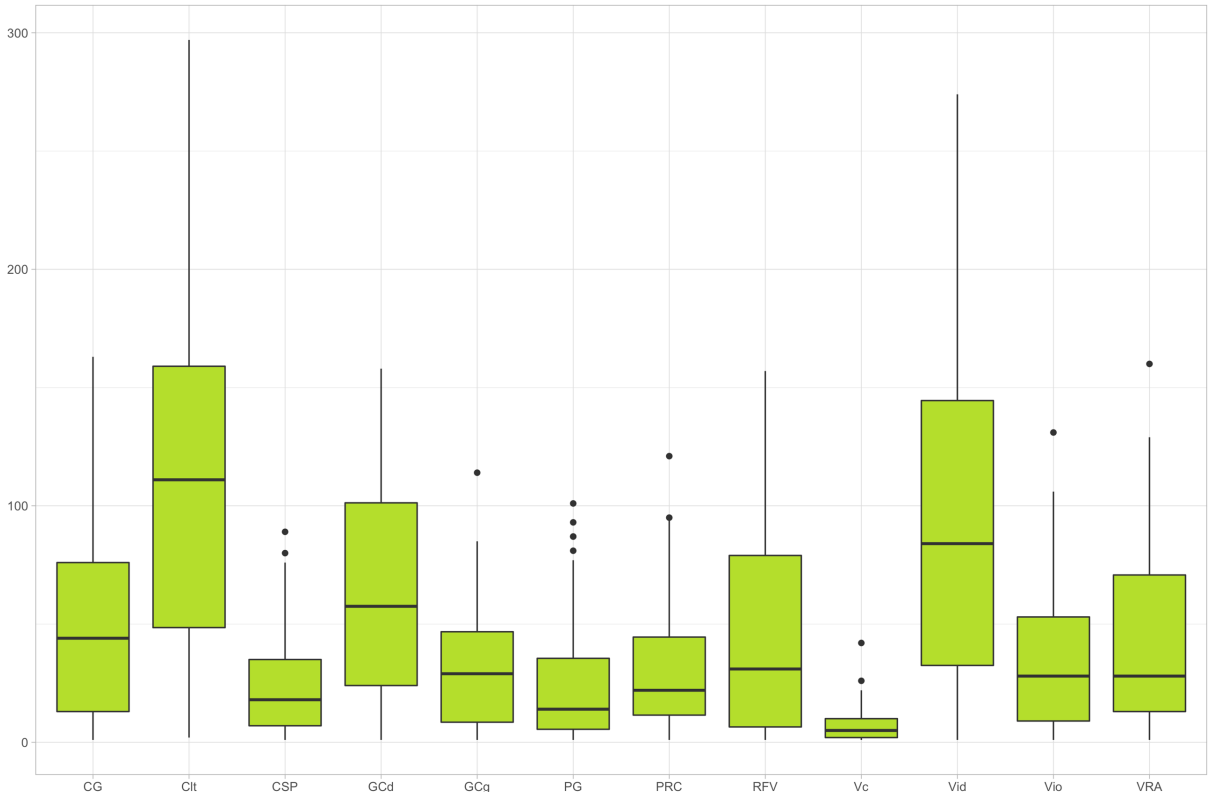


Figure 7 Nombre de contacts certains (p=0,99) de Chiroptères par nuit et par site. De gauche à droite : Croix Gaillard (CG), Cloutière (Clt), Caves Saint-Pierre (CSP), Grandes Caves droite (GCd), Grandes Caves gauche (GCg), Puits Gibert (PG), Petite Rue des Crèmes (PRC), Rue Fontaine du Vivier (RFV), Vauchignard cimetière (Vc), Videron (Vd), Viorne (Vio) et Vauchignard Roche Appert (VRA).

B. Activité des Chiroptères

Le début du suivi intervient alors que l'activité automnale est déjà assez élevée au sein du bassin Lochois. En effet, les premières nuits permettent d'enregistrer en moyenne environ 3000 contacts de Chiroptères (contacts certains et probables, toutes espèces comprises) (Figure 8). Il est impossible de dire s'il s'agit d'une activité « de base » au sein du secteur, c'est-à-dire ayant également court les semaines précédentes, ou si notre suivi intervient en phase ascendante de l'activité des chauves-souris.

Le nombre total de contacts est maximal entre la 10ème et la 25ème nuit de suivi, soit entre le 2 septembre et 18 septembre.

Ensuite, on observe une baisse importante et brutale du nombre de contacts le 18 septembre. Cette baisse est visible sur tous les sites (Figure 9) et est accentuée par l'arrêt intempestif de l'enregistreur sur le site de Videron.

L'activité remonte ensuite mais connait de nouveau un fort creux durant les nuits 39 et 40 (nuits du 1er et 2 octobre) avant de reprendre de plus belle la nuit du 3 octobre avec plus de 5000 contacts enregistrés contre à peine 700 la nuit précédente.

Après ce dernier pic, l'activité globale diminue lentement, avec toutefois quelques sursauts, jusqu'à la fin du suivi.

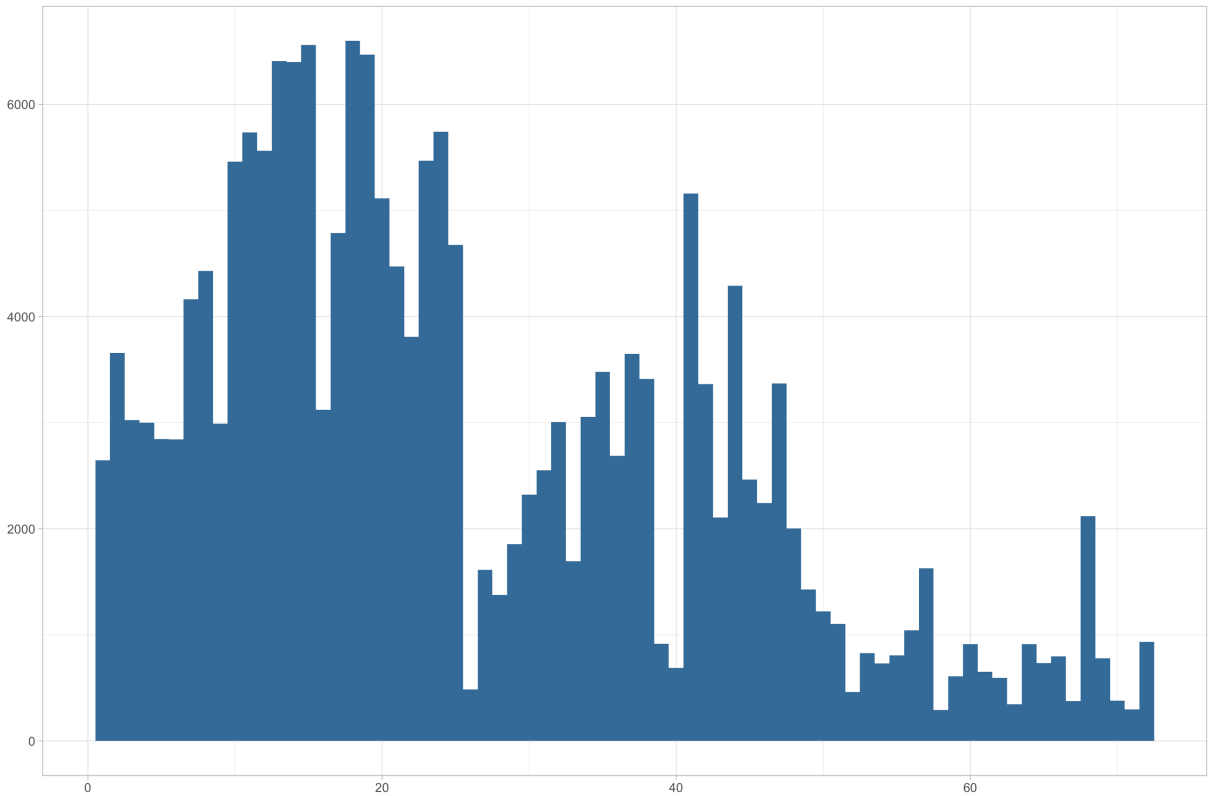


Figure 8 Total des contacts de Chiroptères certains et probables au sein du bassin Lochois par nuit (72 nuits).

On retrouve un patron d'activité globale plus ou moins similaire à l'échelle des sites, avec une activité maximale durant les trois premières semaines de septembre (Figure 9). L'activité brute est toutefois très variable d'un site à l'autre comme nous l'avons vu précédemment. Sur certains sites (Puits Gibert, Vauchignard Roche Appert et Viorne par exemple) deux phases d'activité sont bien visibles : une forte activité avant le 18 septembre (nuit 25), puis une activité plus faible ensuite. Sur d'autres sites (Cloutière, Croix Gaillard, Grandes Caves droite, Videron), la différence d'activité entre l'avant et l'après 18 septembre est moins marquée et semble se maintenir (Cloutière) voire parfois devenir maximale après la 25ème nuit (Videron).

Figure 9 Total par nuit des contacts de Chiroptères certains et probables sur chacun des 12 sites suivis. L'absence de contacts en début de saison sur les sites des Grandes Caves gauche et de Puits Gibert mais également, durant 5 jours autour de la trentième nuit sur Videron, est liée à l'absence ou au dysfonctionnement du matériel.

C. Activité du Murin de Natterer

Avec 91 398 contacts sur 211 693, toute probabilité comprise, le Murin de Natterer représente 43,2 % des contacts de Chiroptères. De fait, son activité explique très fortement celle du bassin Lochois (Figure 10), du moins en ce qui concerne les variations du nombre de contacts par nuit (Figure 10). On retrouve par exemple les creux autour des 25ème et 40ème nuits déjà observés Figure 8. Toutefois, la forte activité observée au début du suivi, jusqu'à la 20ème nuit environ, dépend plutôt d'autres espèces (Figure 11).

Environ 34 % des contacts de Murin de Natterer sont des contacts certains (p=0,99) et ces derniers représentent presque 83 % des contacts certains de Chiroptères. Toutefois, ces contacts certains n'expliquent que 15 % de toute l'activité enregistrée au cours du suivi (contacts certains et probables, toute espèce comprise). Il s'agit d'une notion à bien garder à l'esprit si on veut visuellement comparer les graphiques précédents avec ceux qui suivent (regarder également l'échelle des ordonnées...).

De fait, le patron d'activité réalisé à partir des contacts certains est très proche de celui montré précédemment, à l'exception de l'échelle des ordonnées (Figure 12 gauche). L'activité maximale se situe entre les 20ème et 40ème nuits, soit entre le 12 septembre et 3 octobre 2022 (Figure 12 droite).

Des contacts certains de Murin de Natterer sont enregistrés sur tous les sites, dans des proportions très variables (Figure 13). Les sites les plus actifs pour l'espèce sont la Cloutière et Videron qui représentent près de 41 % des contacts certains de l'espèce. Le patron d'activité sur ces deux sites est assez similaire, avec un maximum d'activité enregistré entre les 20ème et 40ème de suivi, soit entre le 12 septembre et 3 octobre 2022. Une activité notable, bien que moindre, est visible sur d'autres sites comme la Croix Gaillard, les Grandes Caves (gauche et droite), Rue Fontaine du Vivier, Vauchignard Roche Appert et la Viorne. En revanche, des sites comme les Caves Saint-Pierre, Petite rue des Crèmes, Puits Gibert et Vauchignard cimetière.

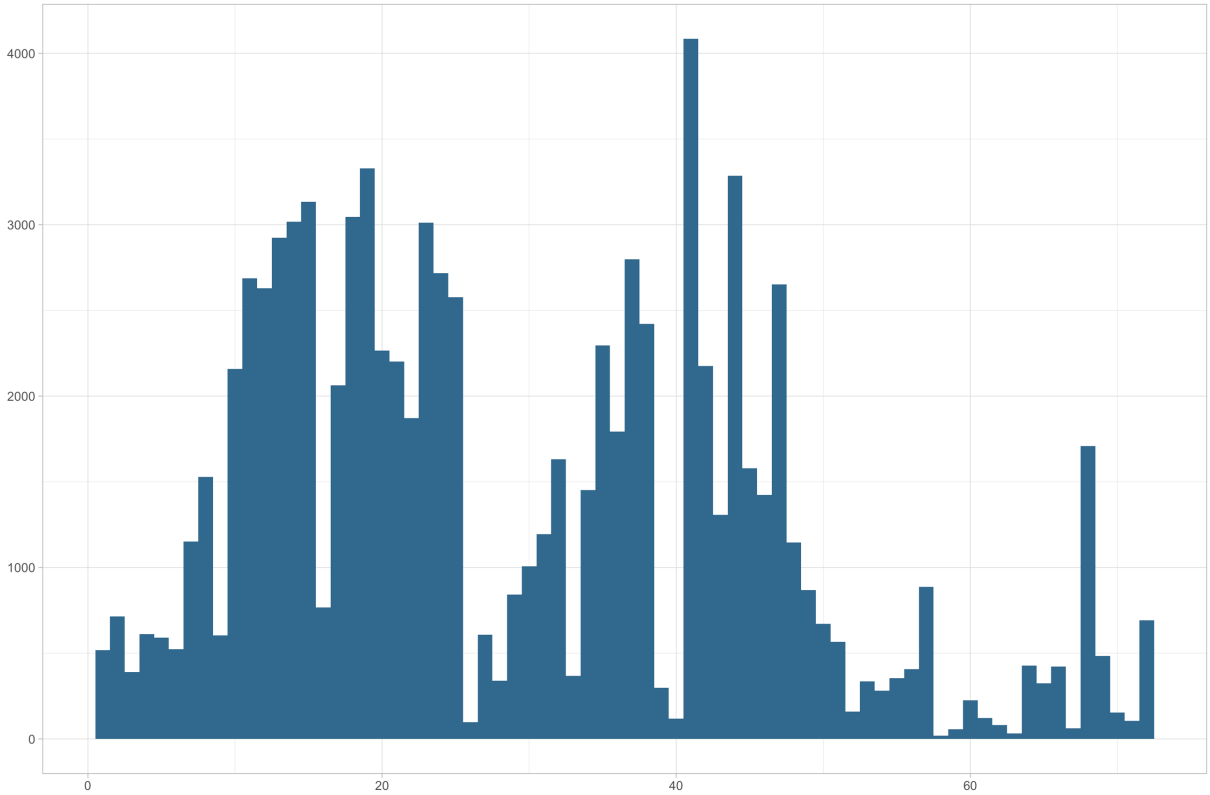


Figure 10 Total par nuit des contacts du Murin de Natterer certains et probables au sein du bassin Lochois.

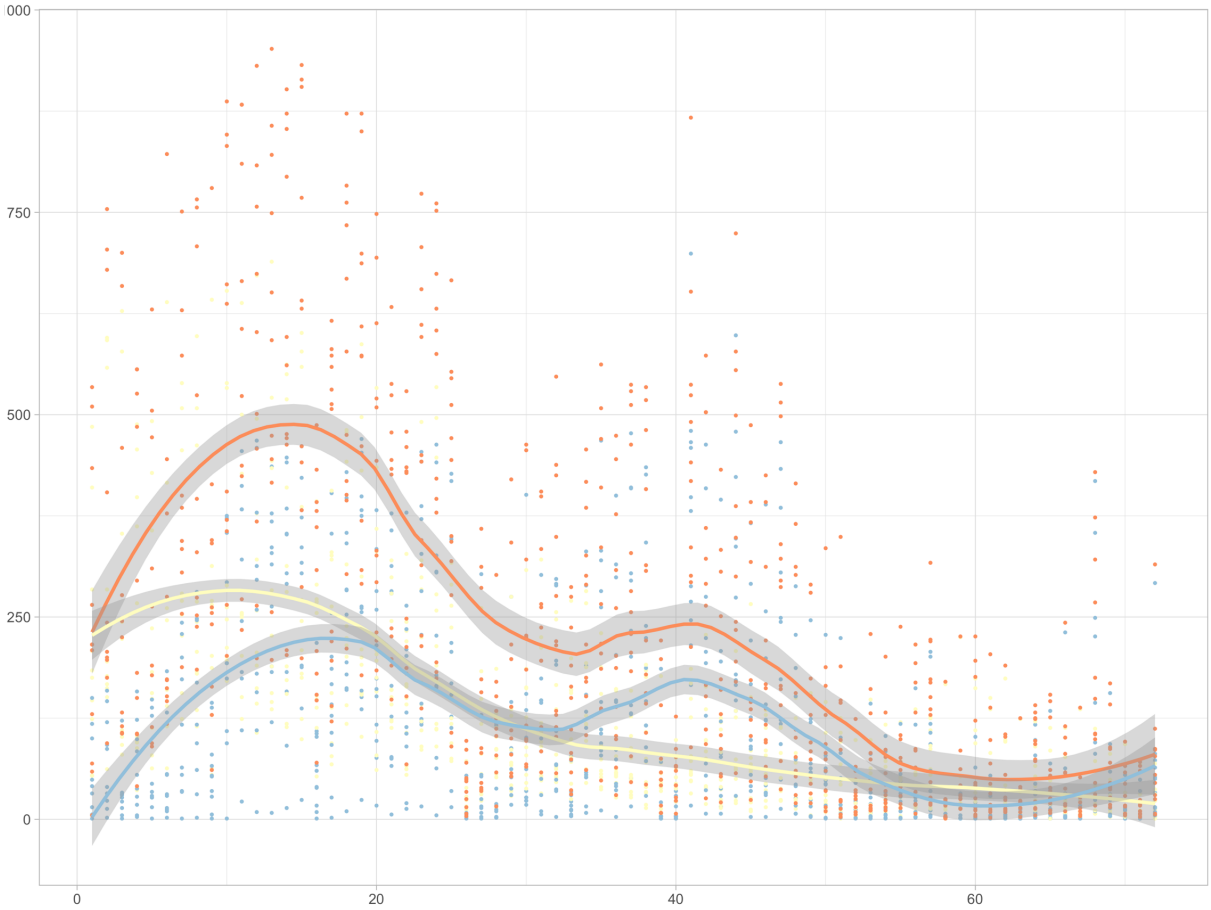


Figure 11 Phénologie d'activité, toute probabilité comprise, du Murin de Natterer (bleu), des autres espèces (jaune) et de toutes les espèces de Chiroptères (Murin de Natterer + autres espèces, en orange) au sein du bassin Lochois.

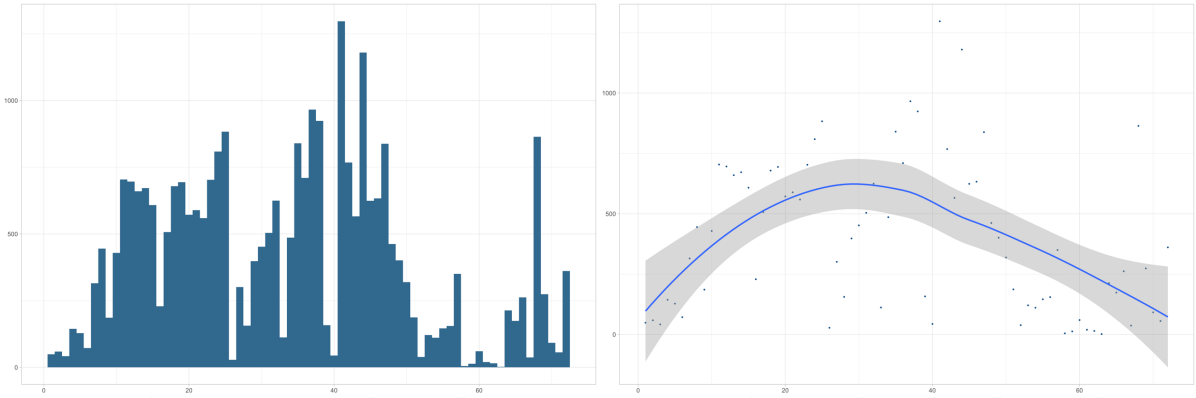


Figure 12 Gauche : Contacts certains de Murin de Natterer par nuit. Droite : phénologie du MN dans le bassin Lochois.

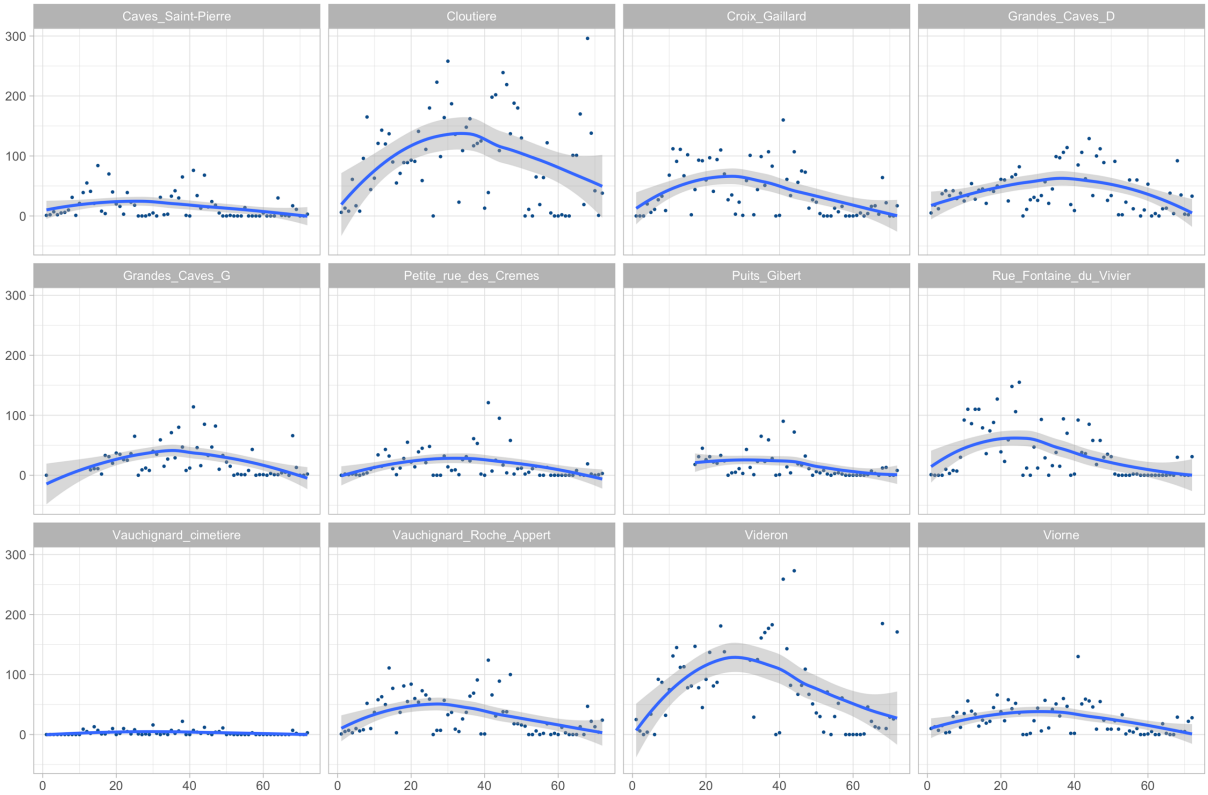


Figure 13 Phénologie du MN par site (p = 0,99)

V. Discussion

Tous les sites ne sont pas utilisés de la même manière par les différentes espèces de Chiroptères en général, et par le Murin de Natterer en particulier. En effet, cinq à six des douze sites suivis montrent donc une activité générale des Chiroptères particulièrement forte et deux d'entre eux semblent très propices à l'activité automnale du Murin de Natterer.

Notre plan d'échantillonnage ne nous permet pas de préciser pourquoi les individus choisissent certains sites plutôt que d'autres. Les effets de la taille du site et de la taille de l'entrée sur l'activité enregistrée ne peuvent être analysés faute d'un nombre de sites suffisamment important par classe de taille. En revanche, la présence d'une porte ou d'une grille semble avoir un effet positif sur l'activité des Chiroptères (Figure 14 gauche). Cet effet positif est même significatif lorsqu'on analyse les contacts certains de Murin de Natterer (Figure 14 droite). Cette relation est certainement due au fait que la protection par une grille est mise en place sur des sites importants que l'hibernation des Chiroptères (sites qui s'avèrent être également intéressants pour l'activité de swarming) mais quid des sites dont l'entrée est fermée par une porte mise en place sans aucun lien avec la protection des chauves-souris.

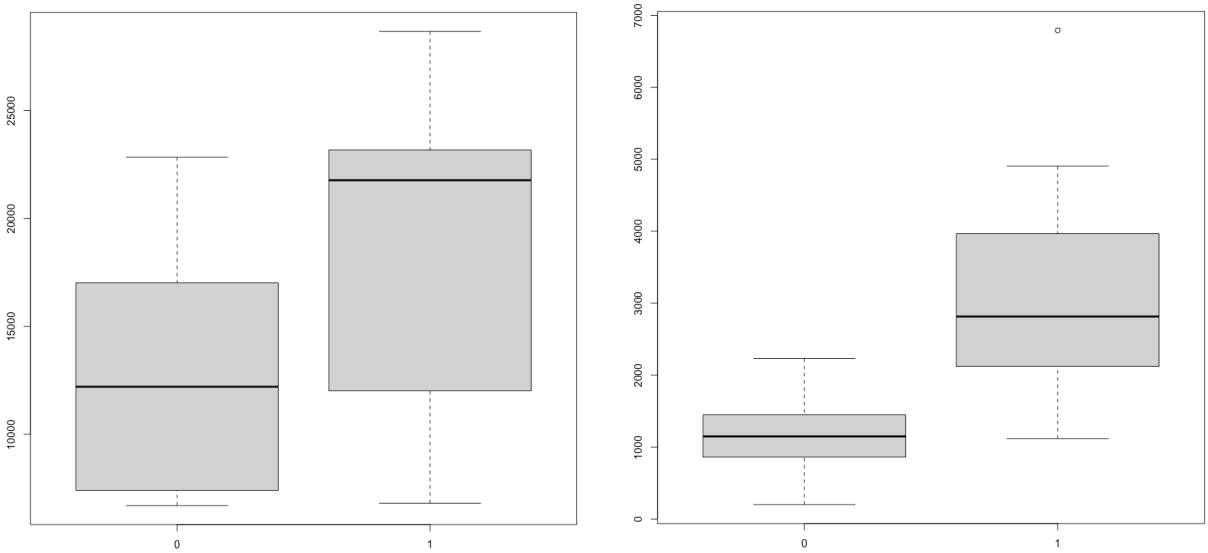


Figure 14 Boxplot de gauche (0) : sites sans porte ni grille (n=5) ; boxplot de droite (1) : sites dont l'entrée présente une porte ou une grille (n=7). Gauche : effet de la présence d'une porte ou d'une grille à l'entrée du site sur le nombre total de contacts de Chiroptères enregistrés par site au cours du suivi. Droite : effet de la présence d'une porte ou d'une grille à l'entrée du site sur le nombre de contacts certains de Murin de Natterer.

En règle générale, le suivi mériterait d'être débuté plus tôt en saison, à partir du début du mois d'août par exemple, afin de vérifier si la forte activité observée fin août en 2021 sur certains sites est liée à un phénomène de swarming ou s'il s'agit d'une activité de « fond » sur ces sites (voir Annexe 6, sites des Grandes Caves, de Puits Gibert, de Vauchignard et de la Viorne par exemple).

Globalement, plus de 80 % de l'activité acoustique des Chiroptères ne peut pas attribuée à une espèce, il s'agit des limites actuelles de la méthodologie (enregistreurs AudioMoth et analyse automatique). Cette activité est particulièrement forte en début de suivi, avant le pic d'activité du Murin de Natterer (Figure 11). Un regard sur les résultats montre que le Murin à oreilles échancrées pourrait être lié à cette forte activité mais la faible probabilité des contacts ne permet pas de conclure.

Concernant les résultats sur toutes les espèces de Chiroptères, la faible activité mesurée sur le site de Vauchignard cimetière peut s'expliquer la petite taille de l'entrée. Des sites comme la Rue Fontaine du Vivier, la Croix Gaillard ou encore les Caves Saint-Pierre présentent une porte ou une grille qui laissent assez peu de place pour la circulation des Chiroptères, ce qui pourrait expliquer une activité

globale moindre. L'activité assez réduite sur le site Petite rue des Crèmes peut s'expliquer par la petite taille du site (classe de taille 3), alors qu'au niveau des Grandes Caves gauche, site encore plus petit (classe de taille 2), la forte activité est plutôt à mettre en relation avec celle enregistrée aux Grandes Caves droite, site immense situé à quelques dizaines de mètres. La position géographique des sites ne semble pas influencer l'activité des Chiroptères (Figure 15) mais on constate que des sites proches possèdent des patrons et des volumes d'activité assez similaires (les deux sites des Grandes Caves par exemple).

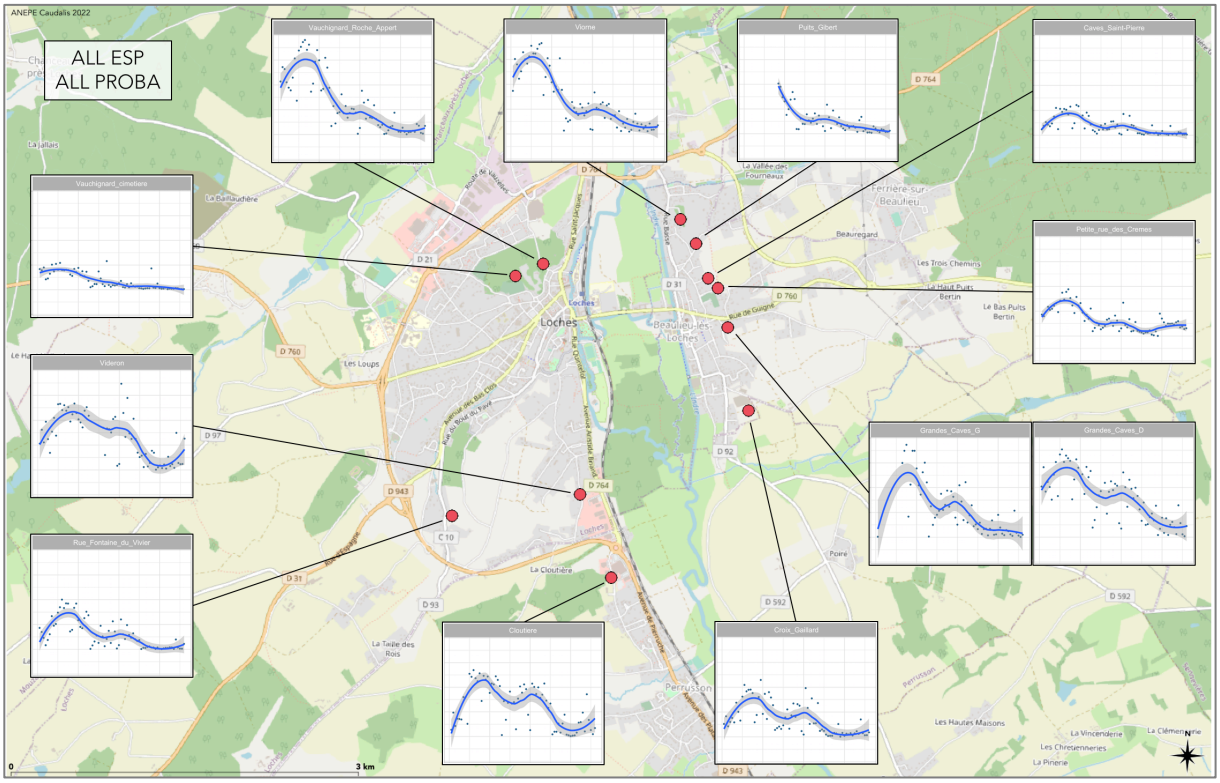


Figure 15 Emplacement des sites et phénologie de l'activité des Chiroptères en fonction des sites (toute espèce et toute probabilité).

Concernant le Murin de Natterer, les deux les plus actifs (Cloutière et Videron) présentent des caractéristiques communes (orientation vers l'Est, présence d'une grille) mais également quelques différences (contexte péri-urbain pour Videron, contexte forestier pour la Cloutière, etc.). Environ 900 m séparent ces deux sites qui peuvent paraître légèrement à l'écart des autres sur la carte mais qui en réalité s'inscrivent au sein d'un réseau de sites proches qui n'ont pas tous été suivis en 2021 (Figure 16).

Cela ne signifie pas que l'activité du Murin de Natterer est négligeable sur les autres sites. En effet, le référentiel d'activité national (lien) considère que l'activité du Murin de Natterer mesurée en protocole point fixe est très forte et particulièrement notable à partir de 77 contacts lors d'une nuit complète (Tableau 3). Or, le nombre moyen de contacts par nuit sur le site de la Cloutière est de 94, pour seulement 40 minutes enregistrées par nuit ! Presque tous les sites montrent d'ailleurs au moins une nuit durant laquelle l'activité est très forte (à l'exception de Vauchignard cimetière).

En extrapolant ces résultats (voir Annexe 8), il s'avère que tous les sites montrent une activité moyenne sur les 72 nuits de suivi qui est forte à très forte et que tous les sites montrent au moins une nuit dont l'activité est très forte ! Même sur Vauchignard cimetière, site au niveau duquel l'espèce est la moins active, la nuit de 4 heures la plus active montre déjà 132 contacts, soit presque le double du nombre de contacts qui nous permet de qualifier l'activité de très forte durant une nuit complète !

Tableau 3 Contacts de Murin de Natterer par nuit et par site. Résultats bruts : premier protocole avec 4 x 10 minutes suivies entre 23h00 et 02h00. Extrapolation des résultats bruts pour la même tranche horaire en multipliant par 6 les résultats bruts (il s'agit donc d'un minimum d'activité, voir Annexe 8 pour plus de détails). En blanc : activité modérée (<4 contacts par nuit) ; en gris clair : activité forte (entre 5 et 77 contacts par nuit) ; en gris foncé : activité forte (>77 contacts par nuit).

Protocole	Résultats	CG	Clt	CSP	GCd	GCg	PG	PRC	RFV	Vc	Vid	Vio	VRA
4 x 10 min entre 23h00 et 02h00	Moyenne par nuit	39	94	15	42	20	12	16	34	3	69	24	31
	Max sur une nuit	160	296	84	129	114	90	121	155	22	273	130	124
Extrapolation entre 23h00 et 02h00	Moyenne par nuit	235	565	93	251	121	72	95	207	17	412	147	185
	Max sur une nuit	960	1776	504	774	684	540	726	930	132	1638	780	744

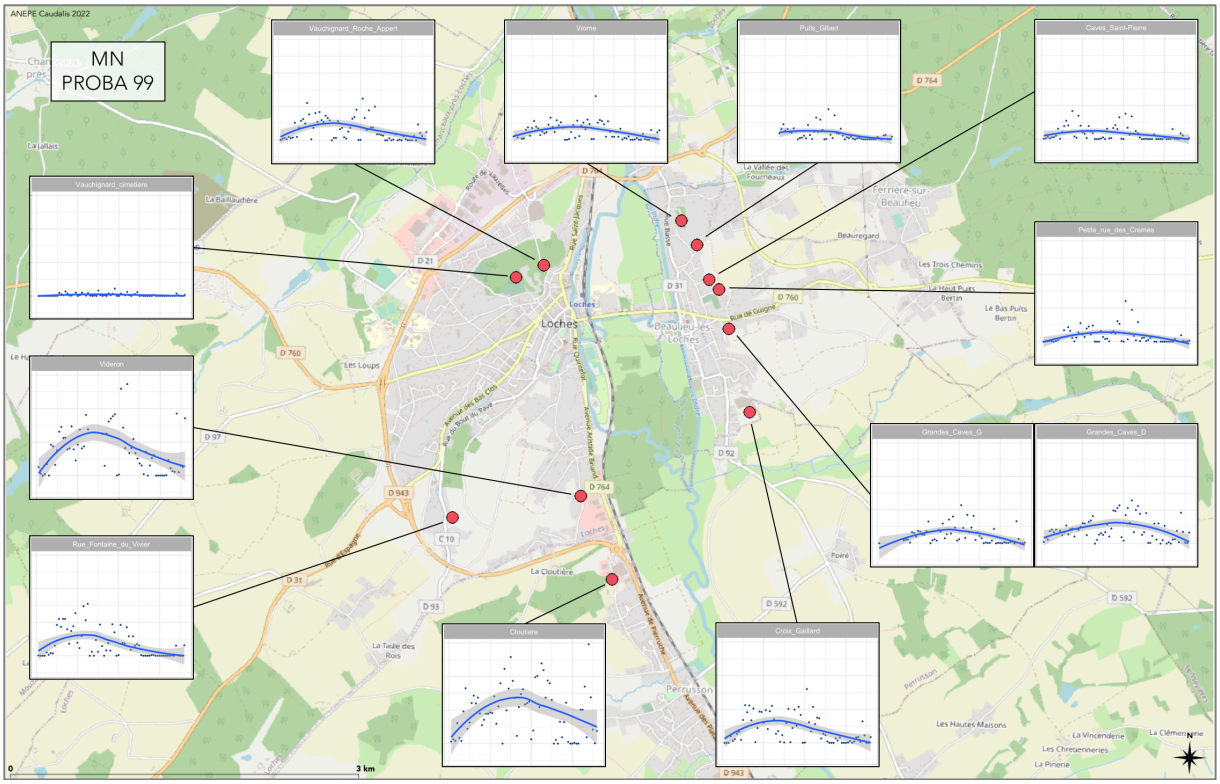


Figure 16 Emplacement des sites et phénologie de l'activité du Murin de Natterer en fonction des sites (contacts certains).

L'activité du Grand Rhinolophe est également très forte sur tous les sites si l'on extrapole les résultats bruts (Tableau 4). L'emplacement des enregistreurs à proximité des entrées de sites peut expliquer ce résultat car quelques individus sont présents toute l'année sur les sites. La phénologie de l'espèce sera discutée lors d'une prochaine étude.

Tableau 4 Contacts de Grand Rhinolophe par nuit et par site. Résultats bruts : premier protocole avec 4 x 10 minutes suivies entre 23h00 et 02h00. Extrapolation des résultats bruts pour la même tranche horaire en multipliant par 6 les résultats bruts (il s'agit donc d'un minimum d'activité, voir Annexe 8 pour plus de détails). En blanc : activité modérée (<3 contacts par nuit) ; en gris clair : activité forte (entre 4 et 6 contacts par nuit) ; en gris foncé : activité forte (>6 contacts par nuit).

Protocole	Résultats	CG	Clt	CSP	GCd	GCg	PG	PRC	RFV	Vc	Vid	Vio	VRA
4 x 10 min entre 23h00 et 02h00	Moyenne par nuit	4	7	3	19	3	8	9	2	2	7	6	8
	Max sur une nuit	44	65	30	96	27	63	68	30	26	68	63	59
Extrapolation entre 23h00 et 02h00	Moyenne par nuit	25	42	21	112	19	48	52	14	12	43	39	46
	Max sur une nuit	264	390	180	576	162	378	408	180	156	408	378	354

VI. Conclusion

Le suivi de l'activité acoustique des Chiroptères au sein du bassin Lochois entre le 24 août et le 4 novembre 2022 montre que tous les sites suivis voient leur activité acoustique augmenter en période de swarming. Cette augmentation varie en fonction des entrées et des sites, avec certains points de suivi beaucoup plus actifs que d'autres. Cette activité généralisée nous confirme que nous devons considérer le bassin Lochois comme une unité à analyser dans son entièreté, et non comme un ensemble de sites déconnectés les uns des autres.

Malgré l'avancée des technologies matérielle et logicielle, plus de 80 % de l'activité acoustique ne peut toujours pas être associée de manière certaine à une espèce, ce qui laisse encore d'intéressantes perspectives d'études à mettre en place dans le secteur, soit par l'acoustique (avec un protocole permettant d'augmenter le taux de contacts certains), soit par l'organisation de sessions de capture. L'évolution de l'algorithme Tadarida permettra sans doute d'obtenir encore plus de contacts certains en analysant une nouvelle fois les contacts enregistrés.

Malgré ses limites, notre méthode permet de suivre l'activité du Murin de Natterer et montre que malgré une activité globale forte à très forte, l'espèce n'utilise pas tous les sites de la même manière. Il sera possible d'en savoir plus sur les préférences de l'espèce en mettant en place un protocole d'échantillonnage adapté intégrant les effets de la taille du site et des entrées, des paramètres paysagers, de l'orientation des entrées, de la présence de fissures à l'intérieur de la cavité, etc.

VII. Bibliographie

Barclay R.M.R. & Thomas D.W., 1979. Copulation call of *Myotis lucifugus*: a discrete situation-specific communication signal. Journal of Mammalogy 60, 632–634.

Barclay, R.M.R., Fenton, M.B., Thomas, D.W., 1979. Social behavior of the little brown bat, *Myotis lucifugus* II. Vocal communication. Behavioral Ecology and Sociobiology 6, 137– 146.

Burns L.E. & Broders H.G., 2015. Maximizing mating opportunities: higher autumn swarming activity in male versus female Myotis bats, Journal of Mammalogy, 96(6): 1326- 1336.

Furmankiewicz J., 2008. Population size, catchment area, and sex- influenced differences in autumn and spring swarming of the brown long-eared bat (*Plecotus auritus*).

Glover, A.M., 2006. The ecology and conservation of cave-roosting bats in the Yorkshire Dales. PhD thesis, University of Leeds, UK.

Hall J.S. & Brenner F.J., 1968. Summer netting of bats at a cave in Pennsylvania, Journal of Mammalogy, 49: 779-781.

Kerth G., Kiefer A., Trappmann C. & Weishaar, M., 2003. High gene diversity at swarming sites suggest hot spots for gene flow in the endangered Bechstein's bat. Conservation Genetics 4, 491– 499.

Kerth G. & Morf L., 2004. Behavioural and genetic data suggest that Bechstein's bats predominantly mate outside the breeding habitat. Ethology 110, 987–999.

Parsons K.N. & Jones G., 2003. Dispersion and habitat use by *Myotis daubentonii* and *Myotis nattereri* during the swarming season: Implications for conservation. Animal Conservation 6, 283– 290.

Parsons K. N., Jones G., Davidson-Watts I. & Greenaway F., 2003. Swarming of bats at underground sites in Britain – implications for conservation. Biol. Conserv. 111: 63– 70.

Rivers N.M., Butlin R.K. & Altringham J.D., 2005. Genetic population structure of Natterer's bats explained by mating at swarming sites and philopatry. Molecular Ecology 14, 4299– 4312.

Rivers N.M., Butlin R.K. & Altringham J.D., 2006. Autumn swarming behaviour of Natterer's bats in the UK: Population size, catchment area and dispersal. Biological Conservation, 127: 215-226.

Sansault E., Bocquier R., Dhuicque V., 2019. Plan régional d'actions en faveur des Chiroptères. Recherche de sites de swarming en Indre-et-Loire, saison 2018. Association Naturaliste d'Étude et de Protection des Écosystèmes CAUDALIS, DREAL Centre-Val de Loire. 26 pp.

Sansault E., 2020. Plan régional d'actions en faveur des Chiroptères. Recherche de sites de swarming en Indre-et-Loire, saison 2019. Association Naturaliste d'Étude et de Protection des Écosystèmes CAUDALIS, DREAL Centre-Val de Loire. 38 pp.

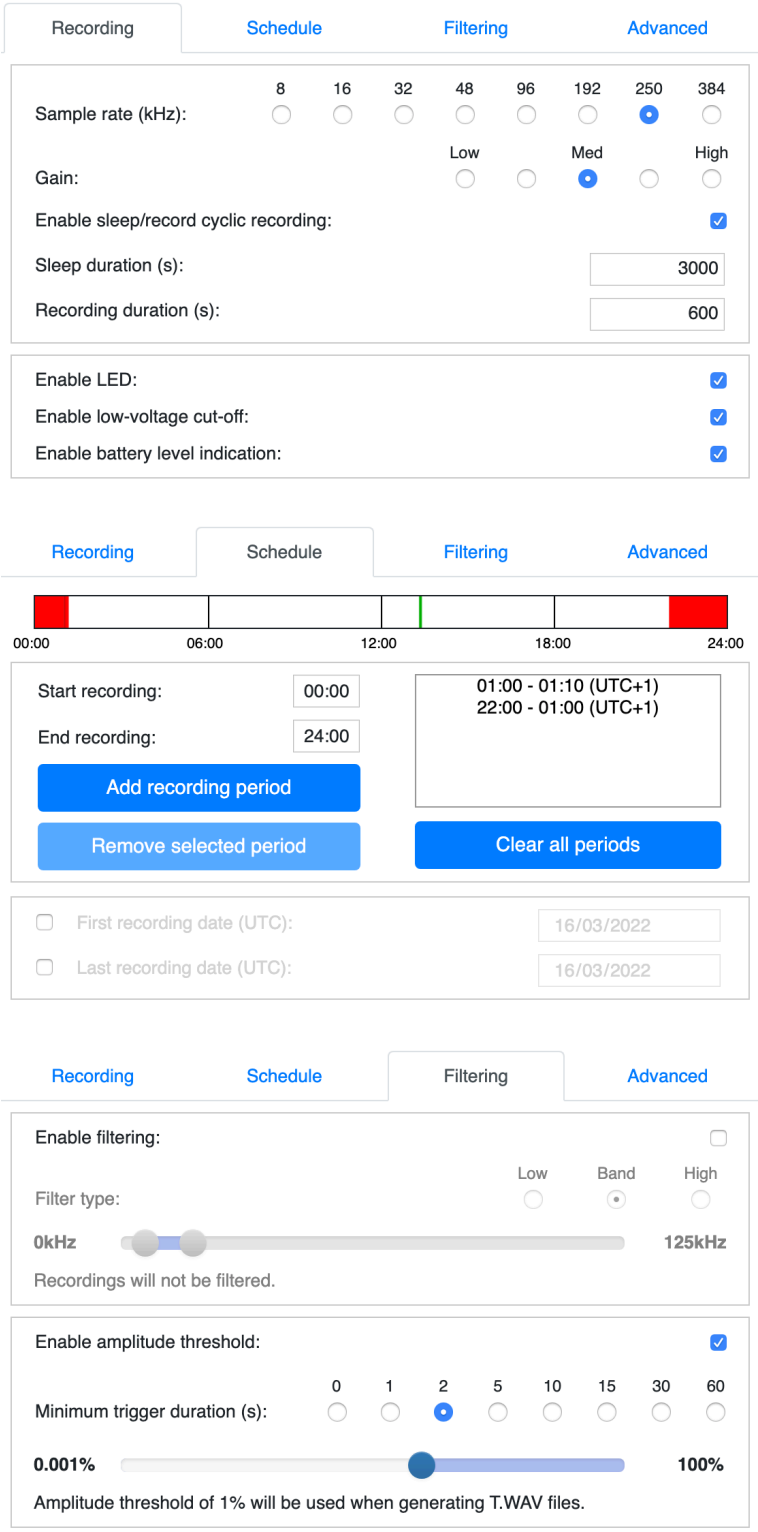
Thomas D.W., Fenton M. & Barclay R.M.R., 1979. Social behavior of the little brow bat, *Myotis lucifugus*, Behavioral Ecology and Sociobiology, 6:129-136.

Veith M., Beer N., Kiefer A., Johannesen J. & Seitz A., 2004. The role of swarming sites for maintaining gene flow in the brown long-eared bat (*Plecotus auritus*). Heredity 93, 342– 349.

VIII. Annexes

A. Annexe 1

Captures d'écran montrant le paramétrage des AudioMoth pour le programme « routine » utilisé lors du suivi 2021.



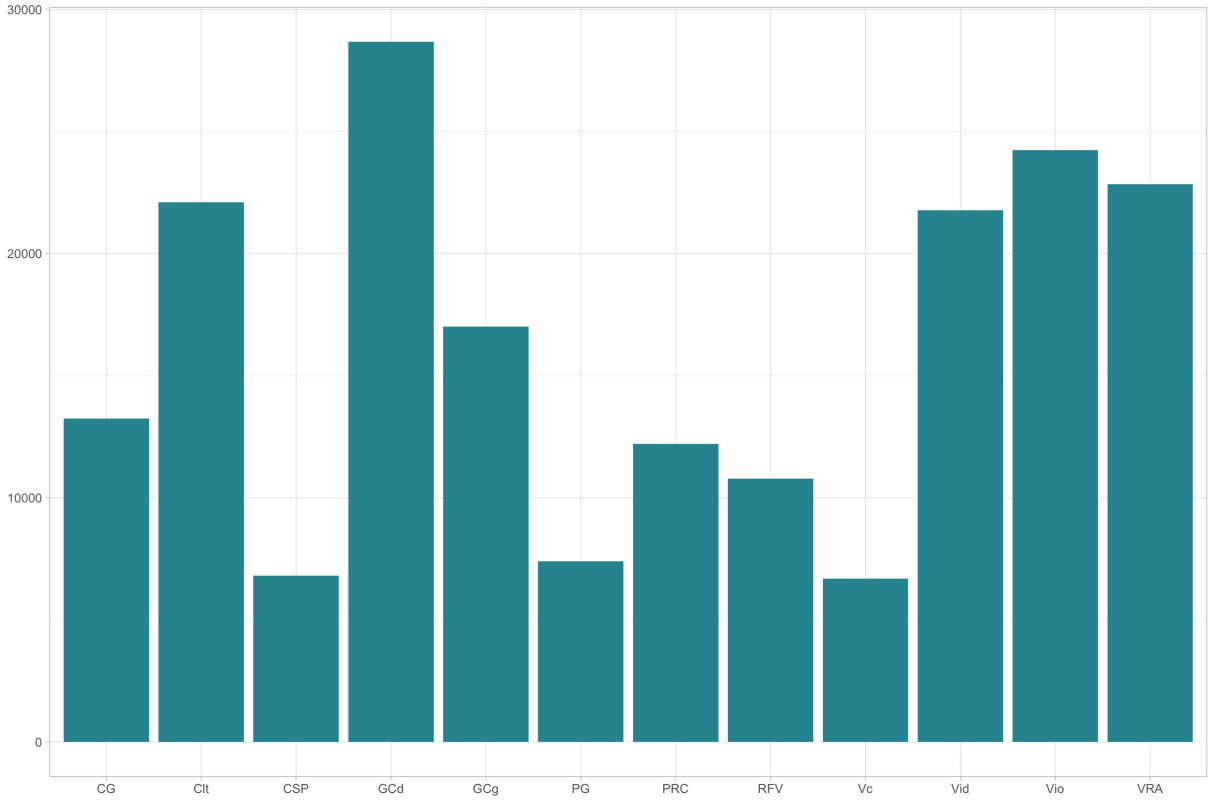
B. Annexe 2

Détail des AudioMoth : identifiant, numéro de série, version du firmware, programme (les résultats du programme « contrôle » ne sont pas traités dans le présent rapport) et site associé.

ID	device_id	firmware	n° boitier	Programme	Site
AM01	24A04F065F7DF742	1.6.0	1	Routine	Puits Gibert
AM02	247AA5015DAEB740	1.6.0	2	Routine	Caves Saint-Pierre
AM03	247AA5015DAEB734	1.6.0	3	Routine	Viorne
AM04	24E144025F7DF884	1.6.0	4	Routine	Petite rue des Crèmes
AM05	248D9B035F7DF891	1.6.0	5	Routine	Grandes Caves gauche
AM06	248D9B035F7DF884	1.6.0	6	Routine	Grandes caves droite
AM07	24F319075F7DF8B7	1.6.0	7	Routine	Croix Gaillard
AM08	24A04F065F7DF891	1.6.0	8	Routine	Cloutière
AM09	247AA5055F77714B	1.6.0	9	Routine	Videron
AM10	24F319075F772C09	1.6.0	10	Routine	Rue Fontaine du Vivier
AM11	248D9B035F772C09	1.6.0	11	Routine	Vauchignard cimetière
AM12	2423C2045F256806	1.6.0	12	Routine	Vauchignard Roche Appert
AM13	24E144085F256812	1.6.0	-	Routine	Viorne
AM14	2423C2045F256812	1.6.0	14	Contrôle	Viorne
AM15	247475055F2567E0	1.6.0	-	Routine	Puits Gibert
AM16	24F319075F7DFA4C	1.6.0	16	Contrôle	Puits Gibert
AM17	242A26045F7DFA90	1.6.0	17	Routine	Backup
AM18	248D9B035F7DFA4C	1.6.0	18	Routine	Backup
AM19	24E144085F256877	1.6.0	19	Routine	Backup
AM20	247AA5015DAEB74C	1.6.0	20	Routine	Videron (remplacement d'AM09)
AM21	248D9B035F7DF837	1.6.0	21	Routine	Backup

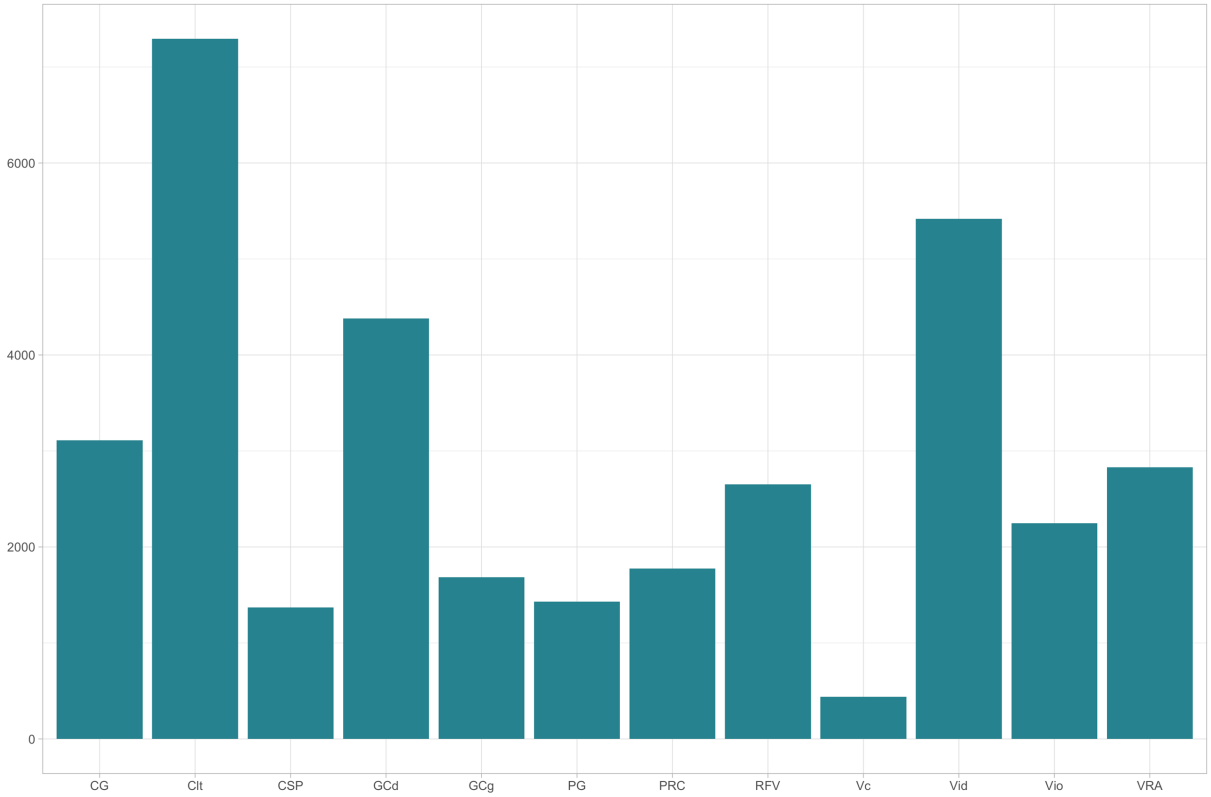
C. Annexe 3

Résultats bruts du nombre total de contacts de Chiroptères par site (toute probabilité) au cours du suivi 2021.



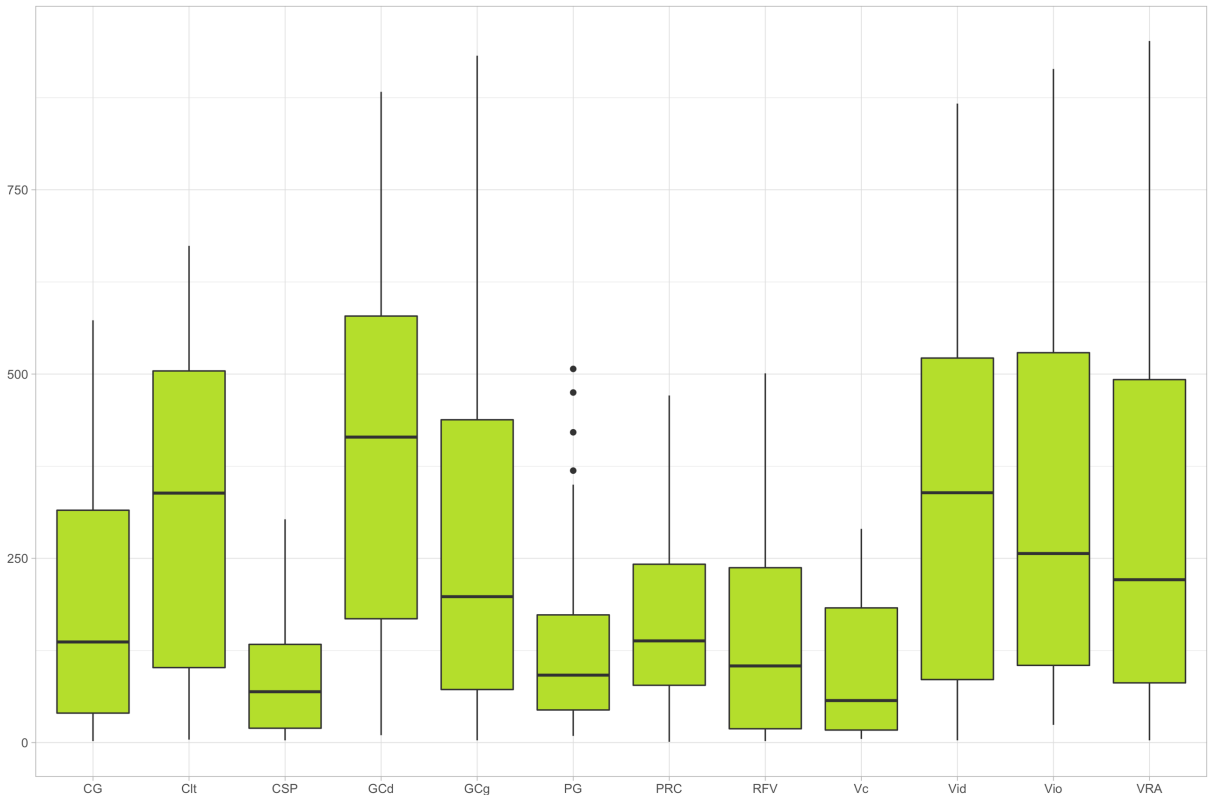
D. Annexe 4

Résultats bruts du nombre total de contacts certains de Chiroptères par site (p=0,99) au cours du suivi 2021.



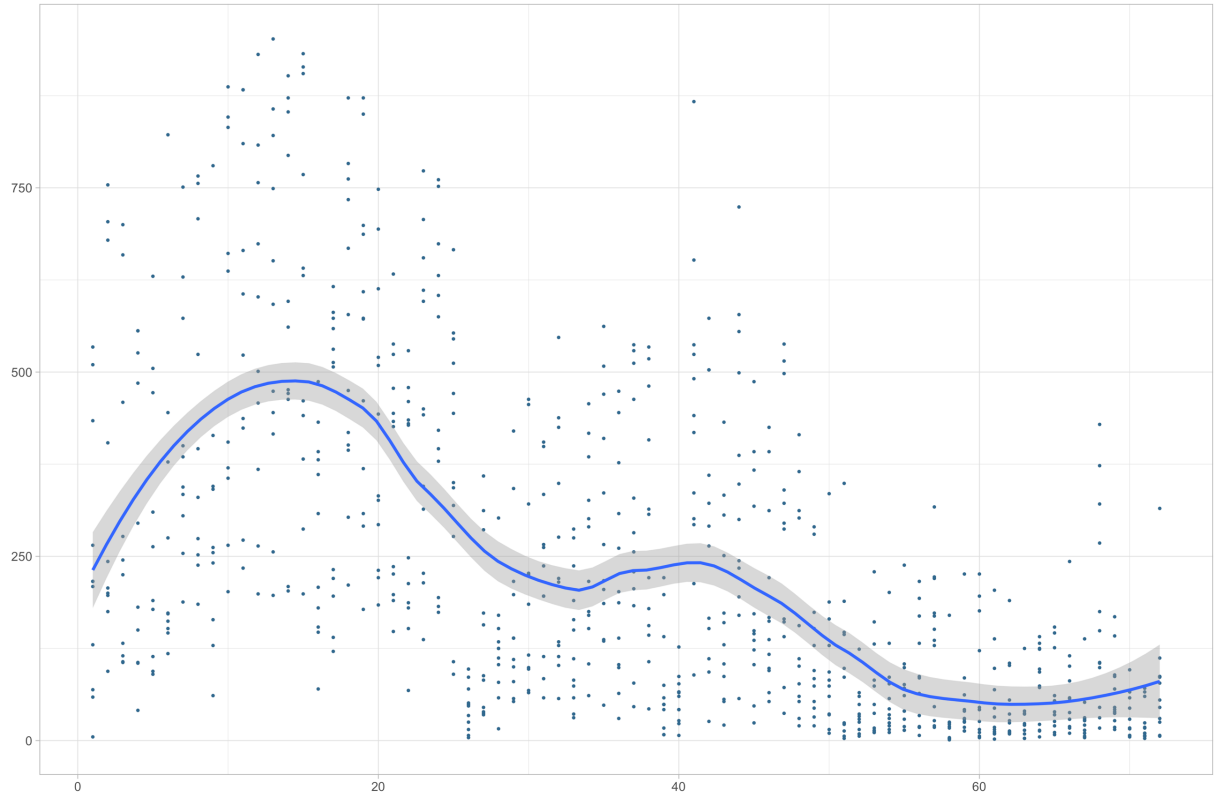
E. Annexe 5

Nombre de contacts de Chiroptères par nuit et par site (toute probabilité).



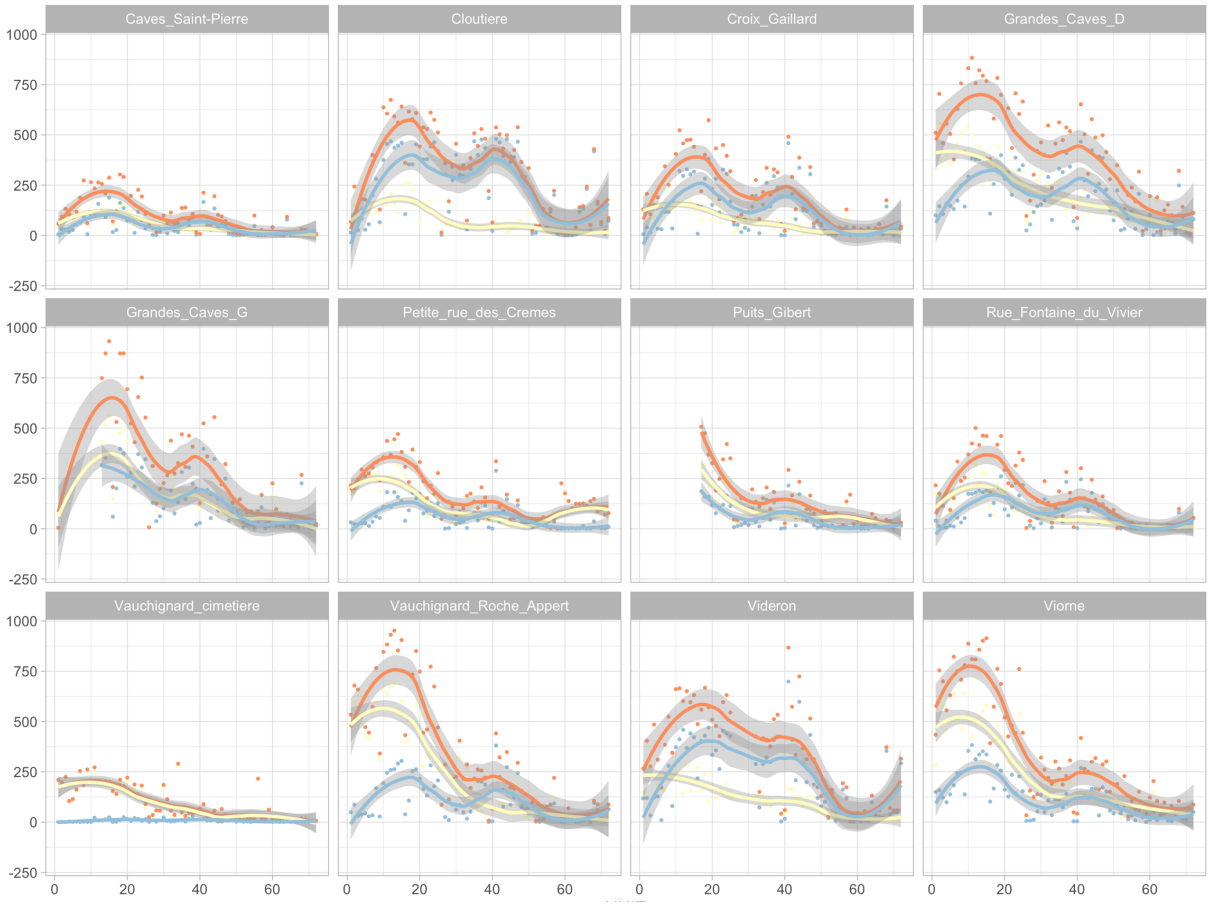
F. Annexe 6

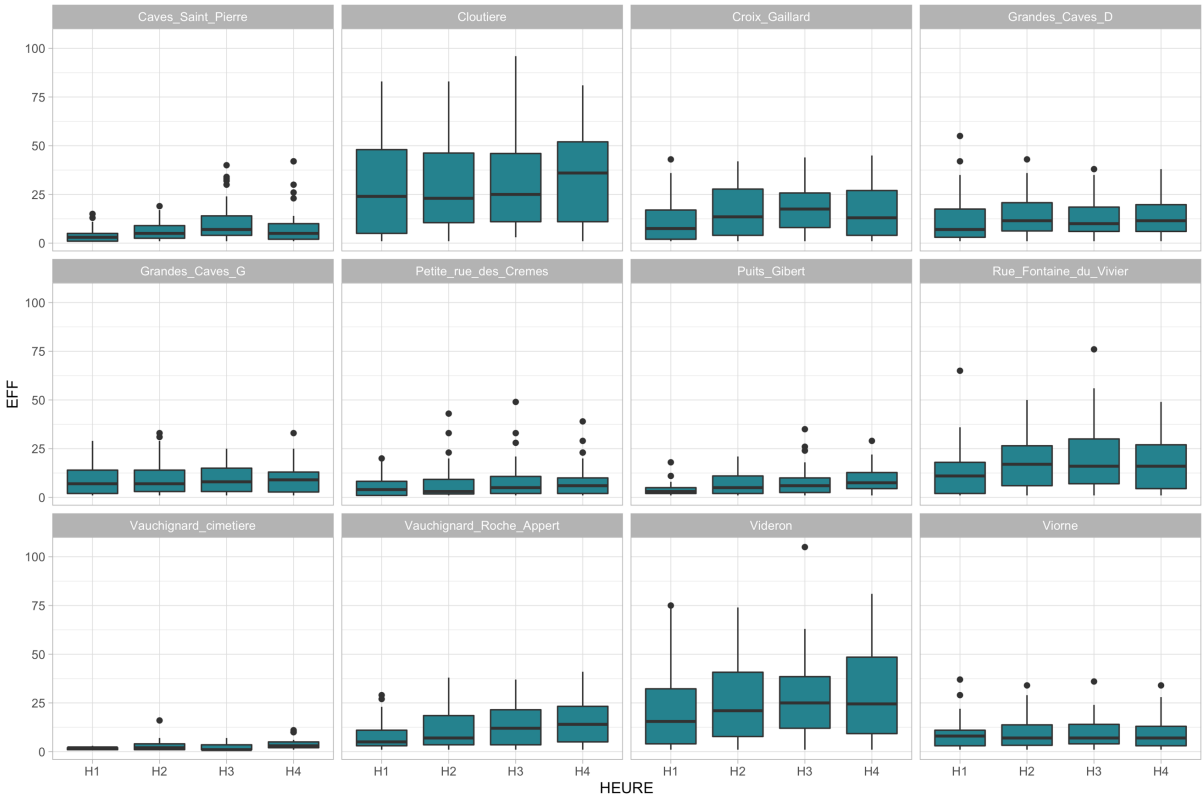
Phénologie des contacts certains et probables de Chiroptères au sein du Bassin Lochois entre le 24/08 et le 04/11/2021.



G. Annexe 7

Phénologie des contacts certains et probables de Chiroptères au sein de chaque site suivi entre le 24/08 et le 04/11/2021. En orange : total des espèces ; en bleu Murin de Natterer ; en jaune : autres espèces.



H. Annexe 8

Contacts certains de Murin de Natterer par heure et par site (entre 23h00 et 02h00, à raison de 10 minutes par heure, soit 40 minutes durant cette tranche horaire). On remarque une certaine stabilité du nombre de contacts horaire durant cette tranche de la nuit, si bien qu'il est possible de multiplier par 6 les résultats obtenus afin d'obtenir un nombre de contacts minimum par nuit. Sachant que les heures précédentes et suivantes à cette tranche horaire sont souvent moins actives, une évaluation plus proche de la réalité serait de multiplier les résultats par 8 à 10.