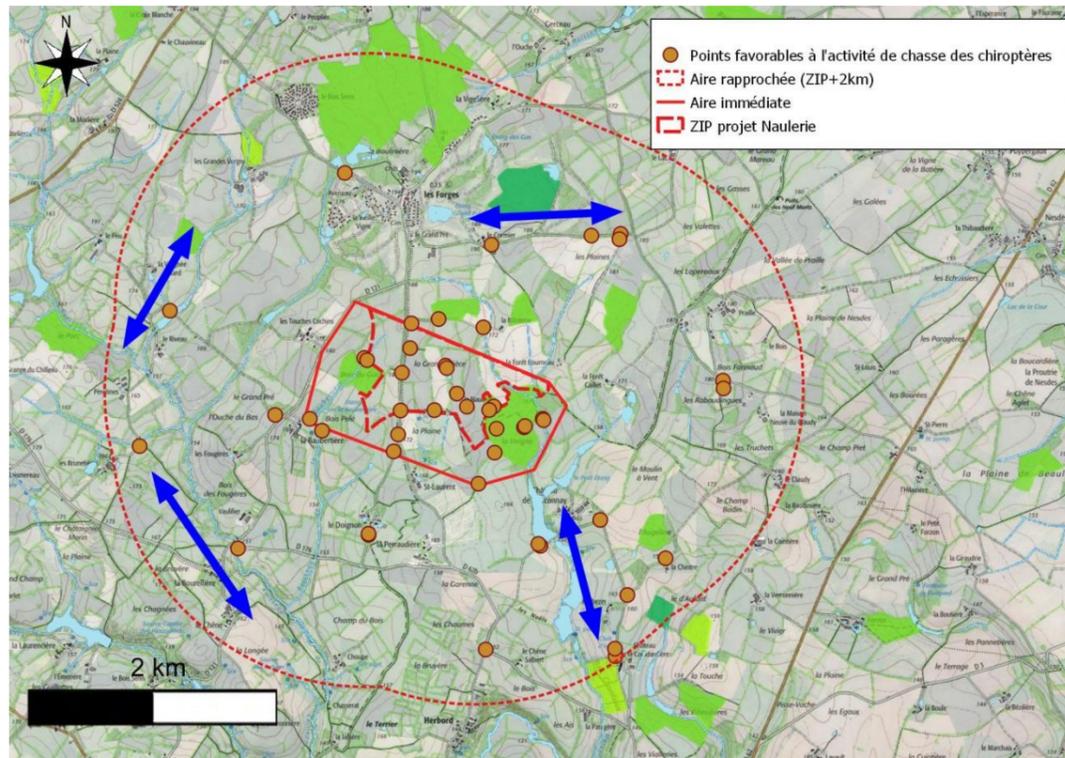


- Au sein de l'aire rapprochée (carte 18) :

- ✓ L'axe du ruisseau le Chilleau, à l'ouest de l'aire rapprochée, parallèlement à la limite de la zone des 2 km autour de la ZIP.
- ✓ L'axe formé par les étangs qui alimentent le ruisseau du Marconnay, au sud-est de l'aire rapprochée, au droit du château du même nom.
- ✓ L'axe secondaire qui longe la partie sud du golf, avec ses plans d'eau artificiels, et qui suit le chemin vicinal orienté est-ouest au sur des Forges.

Ces principaux axes propices à l'activité de chasse et aux déplacements des chiroptères sont symbolisés par des flèches bleues sur la carte ci-dessous :



1.3.3- Conclusion

L'analyse des potentialités du site pour les chiroptères, en termes de gîtes, de territoire de chasse ou d'axes de déplacements, a permis de localiser les points les plus intéressants pour détecter l'activité des chiroptères :

- ✓ **Au niveau de l'aire immédiate**, les potentialités en gîte sont très limitées, à l'exception de deux ruines qui semblent cependant en trop mauvais état pour pouvoir accueillir des chiroptères, et de quelques arbres potentiels, surtout localisés au sein du bois de la Vergne (sud-est du projet). En revanche, plusieurs zones apparaissent comme favorables pour l'activité de chasse des chiroptères : la lisière du bois du Gain et sa mare associée à l'ouest du site, le réseau de petits plans d'eau de la Naulerie, au centre, et l'ensemble du bois de la Vergne, au sud de la zone du projet.

- ✓ **Au niveau de l'aire rapprochée**, les potentialités en gîtes sont surtout significatives au sein des habitats urbanisés (bourg des Forges, château du Marconnay), mais restent assez réduites au niveau des ponts et ouvrages d'art, pour la plupart localisés le long du ruisseau le Chilleau, à l'ouest de l'aire rapprochée. Ce dernier, ainsi que le petit chapelet d'étangs du Marconnay constituent en revanche les principaux axes de déplacement favorables pour les chiroptères dans un rayon de 2 km autour du projet.

1.4- Mise en place du dispositif de suivi et pression d'observation

Le choix de l'emplacement des points d'écoutes s'est d'abord appuyé sur l'analyse préliminaire du site, en privilégiant les habitats à fortes potentialités pour les chiroptères (cf. supra). Un maillage complémentaire de points a ensuite été effectué sur le reste du site afin de garder une bonne représentativité des habitats présents sur l'aire d'étude immédiate.

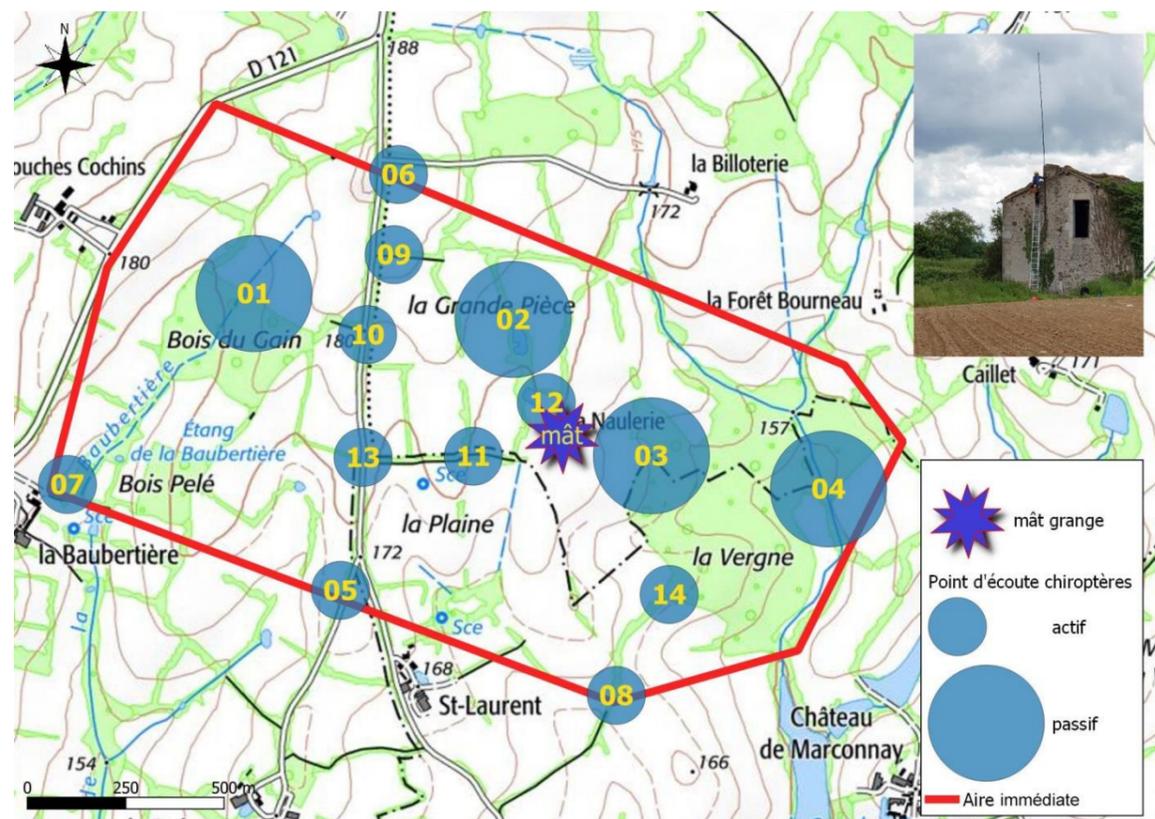
Au total, 14 points d'écoutes ont été positionnés sur l'ensemble de l'aire immédiate, et 10 autres au niveau de l'aire rapprochée, soit **un dispositif global de 24 points d'écoute**. Au sein de l'aire immédiate, deux types de points d'écoutes ont été mis en œuvre :

- **Les points d'écoutes passifs** : ils sont réalisés à l'aide de détecteurs autonomes (SM2bat et SM4bat de Wildlife Acoustics), capables de se déclencher automatiquement au passage des chiroptères, en enregistrant l'intégralité du spectre ultrasonore (type « full spectrum »). Ces détecteurs sont positionnés en fin d'après-midi puis relevés le lendemain matin, afin de couvrir l'ensemble du cycle nocturne. Quatre détecteurs autonomes ont été utilisés sur le site à chaque campagne de terrain (mars et octobre). Ces détecteurs ont été positionnés sur les secteurs présentant les plus fortes potentialités pour les chiroptères : lisière du bois du Gain, plans d'eau du secteur de la Naulerie, et lisières nord et est du bois des Vergnes.

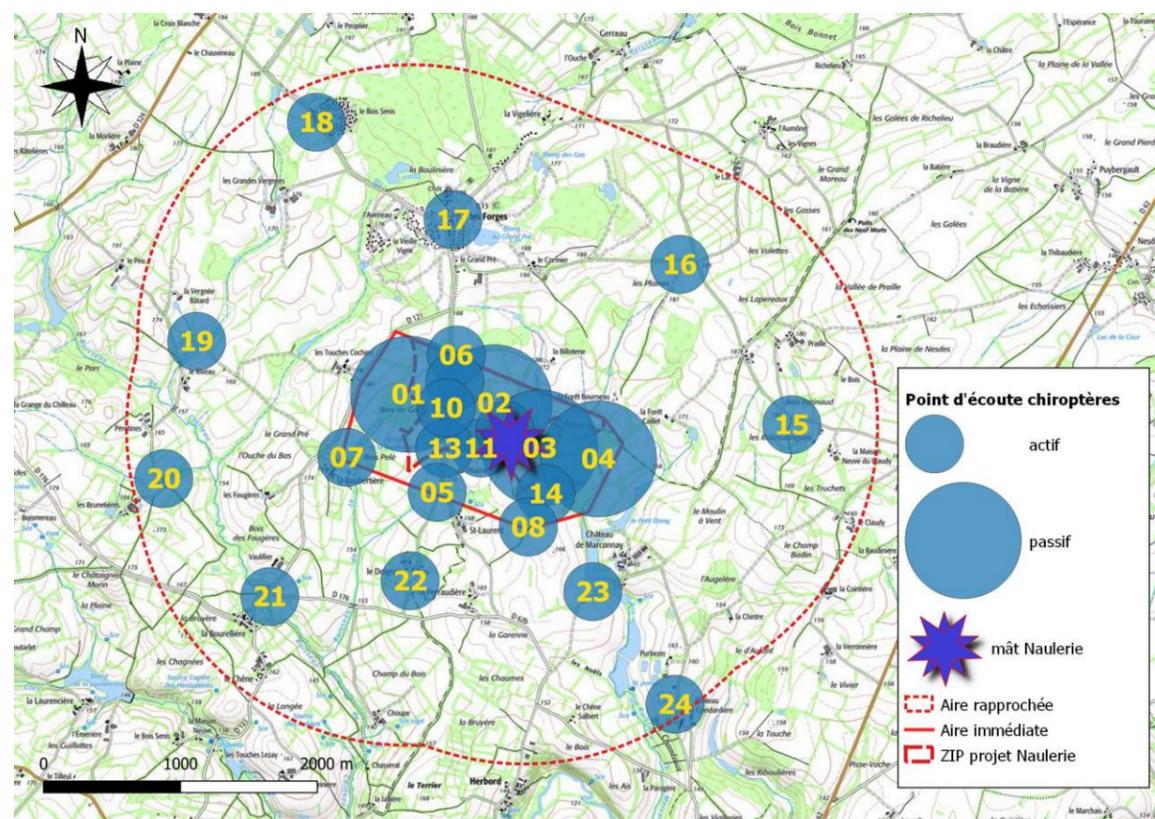
- **Les points d'écoutes actifs** : ils sont réalisés à l'aide d'un détecteur manuel (modèle Pettersson D240X) fonctionnant en mode hétérodyne et en expansion de temps, relié à un enregistreur numérique (modèle Edirol R09) pour la sauvegarde des séquences ultrasonores. Ces points d'écoutes sont effectués sur des points fixes à partir de la tombée de la nuit pendant une durée de 10 minutes. Dix points d'écoutes actifs ont été répartis sur le site, en ciblant préférentiellement les habitats propices à l'activité des chiroptères identifiés précédemment.

Pour les 14 points d'écoutes de l'aire immédiate, 9 campagnes de terrain ont été effectuées au cours du cycle annuel, réparties entre les semaines 12 (mi-mars) et 44 (fin octobre). Les 10 points d'écoutes supplémentaires de l'aire rapprochée ont fait l'objet d'une pression d'observation moindre, basée sur un total de 3 campagnes, répartie sur chaque période du cycle des chiroptères, l'objectif de ce dispositif complémentaire étant d'analyser le transit saisonnier sur les marges éloignées du projet.

En parallèle au maillage de 24 points d'écoute, un enregistreur autonome a été mis en place pour étudier **l'activité des chauves-souris en continu** au niveau du bâtiment en ruine de la Naulerie. Un mât d'environ 18 mètres de hauteur a été installé fin mai sur ce bâtiment, qui correspond à un point relativement central par rapport au projet. L'activité des chiroptères a été enregistrée en continu entre le 27 mai (date de l'installation) et le 7 octobre, date de l'arrachage accidentel du câble du micro par l'exploitant au cours d'une opération de débroussaillage.



Carte 19 : plan d'échantillonnage mis en œuvre pour l'étude des chiroptères sur l'aire immédiate



Carte 20 : plan d'échantillonnage mis en œuvre pour l'étude des chiroptères sur l'aire rapprochée

Les tableaux suivants donnent les principales caractéristiques des points d'écoutes en termes d'habitats et d'intérêt potentiel pour les chiroptères.

Tableau IX : caractéristiques des points d'écoutes pour l'étude des chiroptères (aire immédiate)

N° Point d'écoute	Descriptif	Habitats dominants	Chasse	Gîte	Corridor
LF01	Mare en bordure du bois du Gain	Mare, lisière, zone humide, prairie	Très favorable	Potentiel très faible (bois = taillis jeune)	Axe du ruisseau + lisières
LF02	Queue d'un petit étang entouré de haies relié à un second plan d'eau	Zone humide, étang, bocage	Très favorable	Potentiel faible à moyen (arbres creux à proximité)	Haies avec axe d'écoulement temporaire
LF03	Lisière ouest du bois de la Vergne	Bois, lisière	Très favorable	Potentiel faible à moyen (quelques arbres à cavités)	Bordure du bois, layons
LF04	Lisière est du bois de la Vergne	Bois, lisière, zone humide	Très favorable	Potentiel moyen (plusieurs arbres à cavités)	Bordure du bois, chemin forestier, axe hydraulique secondaire
LF05	Secteur bocager avec mare pastorale proche	Haie, prairie	Favorable	Potentiel négligeable	Axe boisé
LF06	Croisement de haies bien conservées	Haie, prairie, culture	Favorable	Potentiel faible à moyen (quelques arbres à cavités)	Deux axes perpendiculaires (haies)
LF07	Chemin creux et mare proche d'un hameau	Zone humide, bocage, bâti	Favorable	Potentiel faible à moyen (quelques arbres à cavités, bâti proche)	Axe hydraulique secondaire, trame bocagère
LF08	Chemin bordé de haies, proche boisement	Haies, lisières, cultures	Favorable	Potentiel ponctuel (un vieux chêne à cavités)	Trame bocagère reliée à une matrice boisée
LF09	Croisement de haies bien conservées	Haie, prairie, culture	Favorable	Potentiel faible à moyen (quelques arbres à cavités)	Deux axes perpendiculaires (haies)
LF10	Double haie bien conservée en bord de chemin vicinal	Haie, prairie, culture	Favorable	Potentiel ponctuel (un vieux chêne à cavités)	Axe bocager inter-communal
LF11	Croisement de haies moyennement conservées	Haies, culture	Favorable	Potentiel ponctuel (un vieux chêne à cavités)	Deux axes perpendiculaires (haies)
LF12	Mare avec haies périphériques	Zone humide, haies, culture	Très favorable	Potentiel ponctuel (un vieux chêne à cavités)	Haies avec axe d'écoulement temporaire
LF13	Haie en bordure de chemin vicinal	Haie, culture	Favorable	Potentiel négligeable	Axe bocager inter-communal
LF14	Lisière sud-ouest du bois de la Vergne	Lisière, culture, haie	Favorable	Potentiel faible à moyen (quelques arbres à cavités)	Matrice boisée reliée à la trame bocagère

Tableau X : caractéristiques des points d'écoutes pour l'étude des chiroptères (aire rapprochée)

N° Point d'écoute	Descriptif	Habitats dominants	Chasse	Gîte	Corridor
LF15	Sentier bordé d'une double haie	Bocage, haies	Favorable	Potentiel négligeable	Zone de trame bocagère dense
LF16	Chemin vicinal bordé d'une double haie	Bocage, haies	Favorable	Potentiel très faible	Zone de trame bocagère dense
LF17	Zone urbanisée (église)	Bâti, golf à proximité	Favorable	Potentiel moyen (grands édifices)	-
LF18	Zone urbanisée (cité pavillonnaire)	Bâti, jardins	Favorable	Potentiel moyen (bâti moderne)	Lisière du bois Senis proche
LF19	Etangs bocagers	Zone humide, haies	Favorable	Potentiel ponctuel (un chêne avec trous de pic)	Axe hydraulique avec trame bocagère réticulée
LF20	Axe hydraulique secondaire au sein d'une trame bocagère dégradée	Zone humide, haies	Favorable	Potentiel négligeable	Axe hydraulique avec trame bocagère dégradée
LF21	Ruisseau le Chilleau	Zone humide, haies	Très favorable	Potentiel ponctuel (ouvrage d'art peu propice)	Axe hydraulique bordé d'une zone bocagère
LF22	Hameau Le Doignon	Hameau, mare, bocage	Favorable	Potentiel moyen (bâti traditionnel)	Trame bocagère assez dense
LF23	Grand étang, proche château	Zone humide, haies	Très favorable	Potentiel significatif (grand édifice)	Axe hydraulique avec trame bocagère résiduelle
LF24	Lisière boisée proche bâti traditionnel	Lisière, haie, culture	Favorable	Potentiel moyen (bâti traditionnel)	Lisière entre zones boisées

Tableau XI : caractéristiques du point d'écoute permanent (mât de la Naulerie)

N° Point d'écoute	Descriptif	Habitats dominants	Chasse	Gîte	Corridor
mât	Ruine isolée, localisée entre une zone de petits plans d'eau et le bois de la Vergne	Culture, haies	Favorable	Potentiel faible (bâti traditionnel très dégradé)	Zone de passage potentiel vers le bois de la Vergne

En résumé, le dispositif de suivi mis en œuvre correspond à un total de 12 campagnes de terrain réparties sur l'ensemble du cycle annuel, ce qui correspond à une pression d'observation importante, en comparaison des recommandations du guide de l'étude d'impacts du Ministère de l'Environnement (MEEM, 2016) qui préconise un minimum de 2 sorties par saison (soit 6 sorties par an) pour les chiroptères.

Panorama des habitats autour des points d'écoutes :



Photo 16 : point d'écoute LF01



Photo 17 : point d'écoute LF02



Photo 24 : point d'écoute LF09



Photo 25 : point d'écoute LF10



Photo 18 : point d'écoute LF03



Photo 19 : point d'écoute LF04



Photo 26 : point d'écoute LF11



Photo 27 : point d'écoute LF12



Photo 20 : point d'écoute LF05



Photo 21 : point d'écoute LF06



Photo 28 : point d'écoute LF13



Photo 29 : point d'écoute LF14



Photo 22 : point d'écoute LF07



Photo 23 : point d'écoute LF08



Photo 30 : point d'écoute LF15



Photo 31 : point d'écoute LF16



Photo 32 : point d'écoute LF17



Photo 33 : point d'écoute LF18



Photo 34 : point d'écoute LF19



Photo 35 : point d'écoute LF20



Photo 36 : point d'écoute LF21



Photo 37 : point d'écoute LF22



Photo 38 : point d'écoute LF23



Photo 39 : point d'écoute LF24



Photo 40 : installation du micro sur la ruine de la Naulerie

Pour suivre au mieux les recommandations du protocole Eurobats, **12 soirées d'écoutes** ont été effectuées sur le site, dont 9 au niveau de l'aire d'étude immédiate et 3 sur l'aire d'étude rapprochée (rayon de 2 km autour du projet). La répartition des campagnes nocturnes entre les trois périodes clés du cycle des chiroptères s'est faite de façon homogène :

- 4 soirées en période de transit printanier (mi-mars à fin mai), dont 3 sur l'aire immédiate et 1 sur l'aire rapprochée.
- 4 en période de mise bas et d'élevage des jeunes (juin à début août), dont 3 sur l'aire immédiate et 1 sur l'aire rapprochée.
- 4 en période automnale (accouplements et transit vers les sites d'hibernation), de mi-août à fin octobre, avec la même répartition entre les aires d'études que pour les autres périodes (3 + 1).

1.5- Méthode d'inventaire des chiroptères

1.5.1- Matériel utilisé

- Points d'écoute actifs :

Le modèle utilisé est un détecteur Petterson D240X (ci-contre), fonctionnant à la fois en mode hétérodyne et expansion de temps et équipé d'une sortie « tape » pour l'enregistrement des séquences ultrasonores. En pratique, les séances de détection sont effectuées à partir de la nuit tombée, pendant une durée de 10 minutes pour chacun des points d'écoutes. Les contacts sont sauvegardés sur un enregistreur numérique (modèle Edirol R09), en format « wav » non compressé (44.1 kHz). Lors des relevés, le nombre de contacts (séquence différenciée d'une durée inférieure à 5 secondes) est comptabilisé, et rapporté à une durée standard d'une heure.



- Points d'écoute passifs :

Ils sont basés sur l'emploi de détecteurs autonomes fonctionnant toute la nuit. Deux modèles de détecteurs ont été utilisés :

- Le SM2bat de Wildlife Acoustics, équipé d'un micro ultrasonore SMX-U1 : ce détecteur n'a été employé que sur le point d'écoute lf01 lors des premières campagnes du 21/03 et du 16/04/2019.

- Le SM4bat de Wildlife Acoustics, équipé d'un micro ultrasonore SMM-U2 : il s'agit du successeur du SM2bat, plus compact, le micro SMM-U2 étant plus performant et résistant aux intempéries. 4 détecteurs SM4bat ont été utilisés sur le site (3 SM4 et 1 SM2 les 21/03 et 16/04), à chacune des campagnes de terrain. Ils possèdent des programmes internes permettant de régler la mise en service du détecteur en fonction des heures de coucher (environ 1/2 heure avant) et de lever (environ 1/2 après) du soleil (à partir des coordonnées géographiques du lieu). Ils couvrent l'ensemble du spectre ultrasonore susceptible d'être utilisé par les chauves-souris (0-256 kHz, avec un filtre passe-haut réglé à 10 kHz).



Figure 9 : SM2bat (à gauche) et SM4bat de Wildlife acoustics (à droite) utilisés pour les points d'écoute passifs

La durée de chaque enregistrement est limitée à 5 secondes, de façon à pouvoir comptabiliser directement le nombre de contacts recueilli, selon le même protocole que pour les points d'écoute actifs.

Certains auteurs recommandent de corriger cet indice d'activité en fonction de la détectabilité des espèces, qui peut varier d'une dizaine de mètres pour les Rhinolophes et pour certains Murins à plus de 100 mètres pour les Noctules. Ces facteurs de correction sont intéressants à appliquer dans le cas des échantillonnages de type systématiques, ou qui suivent un maillage régulier, de façon à prendre en compte le biais induit par les variations d'environnement autour des points d'écoutes. Dans le cas d'un échantillonnage subjectif ou raisonné, comme c'est le cas ici, les points d'écoutes sont délibérément positionnés sur des axes de chasse préférentiels pour les chiroptères, le principe étant d'avoir une détectabilité maximale, quelles que soient les espèces. Il n'est donc pas opportun d'appliquer ce type de correctif pour évaluer l'activité des chiroptères, dès lors que le positionnement des points d'écoutes suit une logique d'échantillonnage stratifiée.

1.5.2- Traitement des données acoustiques

L'analyse des séquences enregistrées est effectuée à l'aide des logiciels « Batsound » et « Adobe audition », qui permettent de visualiser les spectrogrammes et d'analyser les pics d'intensité par fréquence. L'identification des chiroptères repose sur la méthode mise au point par Michel Barataud (2012), sur la base de l'analyse des signaux en mode hétérodyne et expansion de temps. Plusieurs critères acoustiques sont pris en compte, au sein d'une séquence : le type de signal (fréquence constante, fréquence modulée, fréquence abrupte), la fréquence terminale, la largeur de la bande de fréquence, le rythme, la présence de pic d'énergie, l'évolution de la structure des signaux à l'approche d'obstacle...



Pour les enregistrements issus des détecteurs autonomes (points d'écoute passifs et mât de la Naulerie), les séquences sont d'abord analysées à l'aide de plusieurs logiciels de traitement de sons (Sonochiro, Scan'R et Kaléidoscope). Les résultats de ces traitements sont comparés de façon à faire ressortir plus facilement les séquences parasites et obtenir une image statistique des déterminations proposées par les logiciels. Une

analyse manuelle des séquences ultrasonores est ensuite effectuée **pour toutes les espèces autres que la Pipistrelle commune**, qui est généralement dominante dans les lots de données des batcorders. Pour les enregistrements rapportés à cette espèce, un échantillonnage est effectué par classe de fiabilité pour vérifier les interprétations fournies par les logiciels d'analyse.

1.5.3- Limites de la méthode et problèmes rencontrés

La principale difficulté rencontrée a été de traiter un très grand nombre de signaux issus des détecteurs autonomes, avec des lots particulièrement importants pour l'enregistreur situé sur le mât de la Naulerie (fonctionnement continu). L'assistance fournie par les logiciels de traitement de sons est en effet toute relative, car les algorithmes de ces logiciels ne sont pas encore suffisamment élaborés pour proposer des identifications fiables au sein des groupes suivants :

- Le groupe des *Myotis* : il est courant d'obtenir des identifications automatisées portant sur 3 ou 4 espèces différentes de *Myotis* au fur et à mesure que l'individu se rapproche puis s'éloigne du micro. Il est ainsi fréquent de voir un Murin à oreilles échancrées se transformer en Murin à Moustaches puis en Murin d'Alcathoé sur des enregistrements séparés d'à peine quelques secondes...

- Le groupe des « Sérotules » (Sérotine et Noctule) : pour ce groupe d'espèces, les logiciels de traitements de sons s'avèrent souvent peu opérants pour distinguer les signaux des Sérotines en transit, de ceux des Noctules, notamment pour la Noctule de Leisler (recouvrement entre les spectres ultrasonores). L'analyse chronologique des séquences enregistrées permet bien souvent de trancher en examinant l'évolution du signal dans le temps, la portée des signaux de Noctule étant généralement suffisante pour déclencher plusieurs enregistrements successifs.

- De même, la distinction entre les Pipistrelles de Kuhl et de Nathusius reste difficile à établir, ces deux espèces ayant des signaux ultrasonores très proches lorsqu'elles évoluent dans des milieux très ouverts. Dans de nombreux cas en effet, les signaux enregistrés correspondaient à des émissions caractéristiques de vols de transit, avec des spectrogrammes très aplanis et des intervalles entre signaux assez longs indiquant un vol rectiligne en milieu très ouvert. Lorsque ce type de vol est pratiqué par la Pipistrelle de Kuhl, ces signaux deviennent difficiles à distinguer de ceux de la Pipistrelle de Nathusius. Pour ne pas risquer de sous-estimer la fréquence de la Pipistrelle de Nathusius, qui présente une plus grande vulnérabilité que la Pipistrelle de Kuhl dans le contexte éolien, toutes les séquences indifférenciables entre les deux espèces ont été rapportées par défaut à la Pipistrelle de Nathusius. Il est donc possible que la fréquence de cette dernière ait été surestimée au cours de l'étude.

En dehors des difficultés liées à l'identification des espèces, deux problèmes techniques mineurs ont été rencontrés au niveau du suivi d'activité des chiroptères : un défaut de la carte mémoire (carte SD) sur le SM4 positionné sur le point d'écoute lf02 lors de la soirée du 12 mai 2019, et la rupture accidentelle du câble reliant le micro du mât de la Naulerie dans la journée du 7 octobre 2019.

1.6- Estimation de l'activité des chiroptères

L'analyse quantitative du peuplement de chiroptères repose sur l'estimation de l'activité des individus détectés en vol, leur dénombrement par observation directe n'étant pas possible. Cette activité est estimée par espèce et par point d'écoute sur la base du nombre de contacts rapporté à une unité de temps standard d'une heure, un contact correspondant à l'occurrence d'une espèce par tranche de 5 secondes (méthode « Barataud »). Il existe une autre méthode, moins employée, qui consiste à comptabiliser l'occurrence des espèces par tranche d'une minute, puis de rapporter cette activité à une durée standard d'une heure (l'activité variant alors de 0 à 60).

Cette seconde méthode est surtout employée dans les suivis d'activité en nacelle, lorsqu'il n'est pas possible d'obtenir des enregistrements d'une durée fixe de 5 secondes (cas de certains batcorders limités à 800ms).

Pour l'analyse de l'activité au sol, la méthode « Barataud » (1 contact par tranche de 5 secondes) est généralement la norme. En revanche, l'appréciation de l'activité cumulée sur un point d'écoute, sur une saison ou sur un site entier reste le plus souvent basée sur une échelle qualitative, qui peut varier légèrement d'un bureau d'étude à l'autre. L'échelle d'appréciation qui est proposée ici s'appuie sur des intervalles d'activité fréquemment employés dans le milieu associatif ou en bureau d'études :

Tableau XII : échelle d'appréciation qualitative de l'activité des chiroptères utilisée dans le rapport

Nombre de contacts / heure	0	<20	21-60	61-250	>250
Appréciation qualitative de l'activité :	nulle	faible	modéré	forte	très forte

Il existe également un référentiel d'activité proposé par le Muséum National d'Histoire Naturelle dans le cadre du programme « Vigie-chiro », avec une déclinaison par espèce, basée sur les statistiques internes du Muséum. Ce référentiel est difficilement applicable dans le cas des études de projets éoliens, car il implique de recourir à un plan d'échantillonnage basé sur un tirage aléatoire d'une maille cartographique de prospection, avec des positions de points d'écoute imposées par le Muséum, et un protocole de seulement deux campagnes espacées d'un mois entre le 15/06 et le 30/09. Dans le cas des projets éoliens, l'échantillonnage est de type « subjectif », avec des points d'écoute placés délibérément dans les endroits les plus favorables pour la détection des chiroptères, avec des campagnes réparties sur l'ensemble de la période d'activité (mars à octobre), et combinant plusieurs approches méthodologiques complémentaires (points d'écoute passifs et actifs et enregistrement en continu). Dès lors, l'emploi des indicateurs statistiques proposés par le Muséum, propres au programme Vigie-chiros et basés sur un échantillonnage de type « systématique » ou « raisonné » ne semble pas pertinent dans le cadre des investigations menées pour les projets éoliens. Inversement, l'usage des protocoles du programme Vigie-chiros (protocoles routiers, pédestres et points fixes) seraient vraisemblablement insuffisants pour caractériser de façon satisfaisante le peuplement de chiroptères à l'échelle d'un projet éolien (nombre de passages trop faible, pas d'observation en période de transit printanier et en fin d'automne, faible représentativité des milieux les plus attractifs...), la vocation de ce programme de sciences participatives étant surtout d'obtenir des indicateurs de suivis à l'échelle nationale.

En résumé, l'échelle d'appréciation qualitative de l'activité des chiroptères qui est proposée a pour but de donner des ordres de grandeur sur la répartition spatiale et temporelle de l'activité, en l'absence de référentiel officiel directement applicable. Cette échelle d'appréciation permet surtout de comparer les niveaux d'activités par point d'écoute, et de définir ainsi les zones les plus fréquentées par les chiroptères.

1.7- Synthèse sur la pression d'observation mise en œuvre pour l'étude des chiroptères

En résumé, l'étude des chiroptères s'est appuyée sur une combinaison de trois principales méthodes d'investigations :

- ✓ **Les points d'écoutes actifs**, réalisés sur des temps brefs (10 mn) en début de nuit (dans les trois premières heures après le crépuscule), mais répartis sur un vaste périmètre (10 points sur l'aire immédiate et 10 sur l'aire rapprochée). Cette technique permet d'étudier la répartition spatiale des chiroptères au sein des aires d'études, et ponctuellement d'effectuer des observations sur les comportements des chauves-souris (affût en sortie de gîte potentiel, observations crépusculaires, appréciation des hauteurs de vol...).

- ✓ **Les points d'écoutes passifs**, basés sur l'emploi de détecteurs autonomes, fonctionnant sur des cycles nocturnes complets (du crépuscule à l'aube). 4 points d'écoute passifs ont été positionnés sur l'aire immédiate, au droit des secteurs identifiés comme étant les plus favorables pour les chiroptères à l'issue de la phase d'étude préalable. Cette technique permet d'augmenter significativement la pression d'observation sur les points d'écoute, de mieux cerner les variations d'activités au cours des cycles nocturnes, et de détecter des espèces de faibles fréquences.
- ✓ **L'enregistrement en continu au niveau du mât de la Naulerie**, localisé dans la partie centrale de l'aire d'étude, entre une petite zone humide et le principal boisement du site. Cette technique permet d'étudier en détail les variations journalières d'activité des chiroptères, et permet d'avoir une approche qualitative et quantitative pertinente du peuplement sur un point précis de l'aire d'étude.

Le tableau ci-dessous compare les différentes méthodes d'investigations mises en œuvre pour l'analyse du peuplement de chauve-souris :

Tableau XIII : comparaison des méthodes d'investigation mises en œuvre pour l'étude des chiroptères

Points d'écoutes	actif	passif	mât Naulerie
Matériel	D240X	SM4 (+ SM2)	SM4
Nombre de points d'écoute	10 (aire immédiate) + 10 (aire rapprochée)	4 (aire immédiate)	1 (aire immédiate)
Nombre de campagnes	9 (aire immédiate) + 4 (aire rapprochée)	9 (nuit entière)	Continu (du 27/05 au 06/10)
Temps total d'enregistrement (h)	16 heures	361 heures	1282 heures

Globalement, l'étude des chiroptères a donc représenté **un total de 1659 heures d'investigations**, réparties entre la mi-mars et la fin octobre.

2- Résultats de l'étude de terrain

Les données brutes recueillies au niveau de chaque relevé (chiroptères et autres observations) sont reportées en **annexe**, afin d'autoriser de futures comparaisons avec l'état initial du site, notamment dans le cadre de suivis post-constructions.

A- Suivi au sol sur l'aire immédiate

1- Caractéristiques du peuplement

Au total, **18 espèces** ont été recensées sur l'aire immédiate au cours des différentes campagnes de terrain, en totalisant les apports des points d'écoute actifs et passifs (enregistrements manuels et automatiques). Le nombre d'espèces détectées au niveau de chaque point d'écoute, pour l'ensemble de la période de suivi (mars à octobre 2019), varie de 4 à 15 espèces (**tab. XIV**) :

Tableau XIV : nombre de contacts par espèce et par points d'écoutes sur l'aire immédiate pour toute la période de suivi (mi-mars – fin-octobre) et caractérisation de l'activité moyenne (échelle qualitative inspirée de Barataud, 2012)

Nom français	LF 01	LF 02	LF 03	LF 04	LF 05	LF 06	LF 07	LF 08	LF 09	LF 10	LF 11	LF 12	LF 13	LF 14
Barbastelle d'Europe	84	11	17	87	1	7	19	0	1	1	4	0	3	41
Grand Murin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Grand rhinolophe	2	0	0	10	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0
Murin à moustaches	0	0	11	43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Murin à oreilles échancrées	0	2	63	83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Murin d'Alcathoe	0	0	17	78	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Murin de Bechstein	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
Murin de Daubenton	24	45	65	133	5	1	0	5	2	3	3	7	2	2
Murin de Natterer	9	1	3	14	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Noctule commune	10	2	13	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Noctule de Leisler	14	1	78	56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Oreillard gris	7	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Oreillard roux	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Petit rhinolophe	3	3	6	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Pipistrelle commune	1440	2023	3106	3391	94	132	119	42	255	138	35	710	80	248
Pipistrelle de Kuhl	83	269	326	104	29	71	25	113	74	28	3	24	7	26
Pipistrelle groupe Kuhl/Nathusius	1	4	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sérotine commune	26	23	173	327	0	18	9	3	0	9	1	3	3	101
_total espèces	12	12	13	15	4	5	4	4	4	8	6	4	7	6
_total contacts	1703	2387	3879	4384	129	229	172	163	332	185	47	744	97	419
_temps (mn)	5593	5612	4907	4922	90	90	90	90	90	90	90	128	90	825
activité/h	18	26	47	53	86	153	115	109	221	123	31	349	65	30

Nombre de contacts / heure	0	<20	21-60	61-250	>250
Appréciation qualitative de l'activité :	nulle	faible	modéré	forte	très forte

Au cours des 9 soirées d'inventaire effectuées sur l'aire immédiate, **14870 contacts de chiroptères** ont été totalisés, pour une **durée d'enregistrement de 22707 minutes**, en prenant en compte les écoutes manuelles et les enregistrements automatiques, soit une activité moyenne, toutes espèces confondues, de **39 contacts par heure**.

$$\text{Activité moyenne} = 14870/22707 \times 60 = 39 \text{ contacts/heure}$$

La composition du peuplement fait apparaître une nette dominance de la Pipistrelle commune, qui totalise près de 80% du nombre total de contacts enregistrés. La Pipistrelle de Kuhl et la Sérotine commune forment un groupe d'espèces secondaires, dont l'activité globale représente environ 13% du nombre total de contacts. Les 15 autres espèces représentent ensemble les 7% restant de l'activité totale (**fig. 10**).

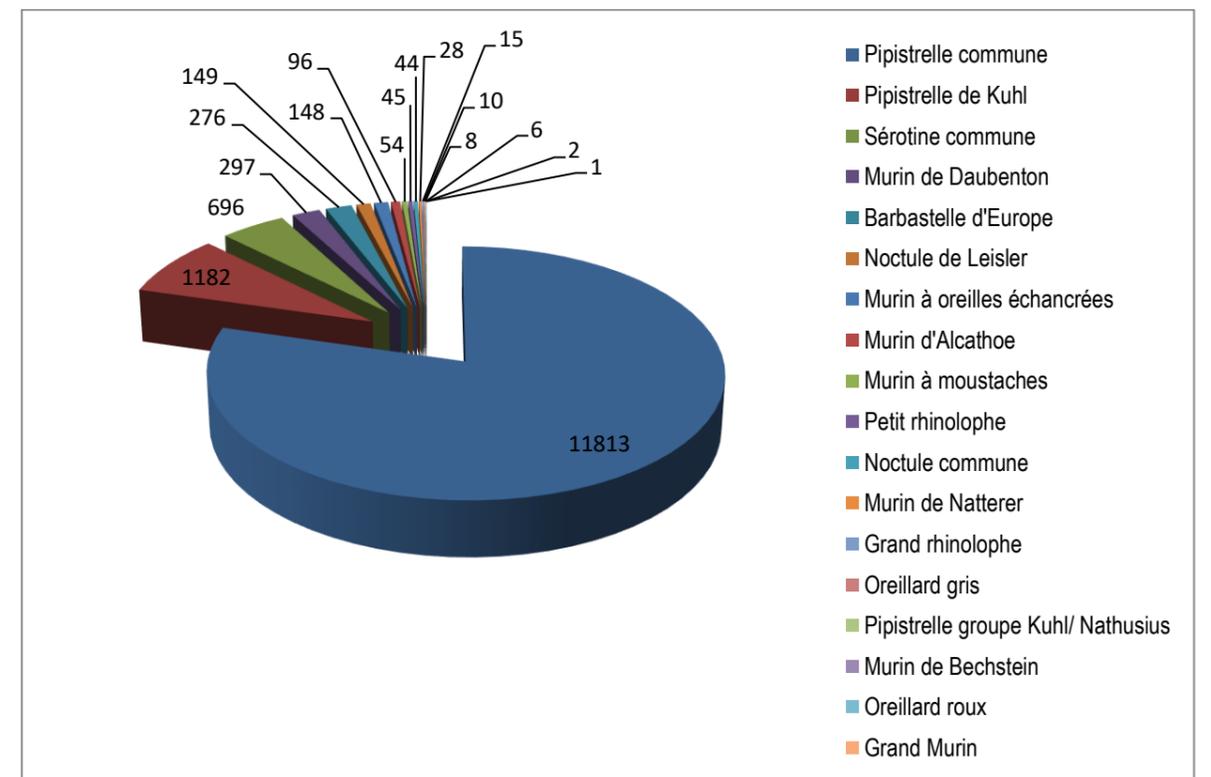


Figure 10 : répartition par espèces des contacts de chiroptères recensés sur l'aire immédiate

Le peuplement de chiroptères de l'aire immédiate comprend donc une espèce principale (Pipistrelle commune), deux espèces secondaires (Pipistrelle de Kuhl et Sérotine commune), les 15 autres espèces ayant un caractère plus ou moins occasionnel sur le site.

Les variations de l'activité des chiroptères au cours du cycle annuel peuvent être analysées en examinant les indices moyens obtenus pour chaque session (**fig. 11**). Au niveau de l'aire immédiate, l'activité s'accroît à partir du milieu du printemps (en vert sur la figure 11) pour devenir maximale en milieu d'été (en jaune sur la figure 11), puis décroît en fin d'été et en automne (période de transit automnal). Ce type de répartition saisonnière tend à indiquer que l'essentiel du peuplement est constitué par une fraction sédentaire, les niveaux d'activité en période de transit printanier et automnal étant relativement modérés par rapport à la période de reproduction et de mise bas des jeunes (fin mai à début août).

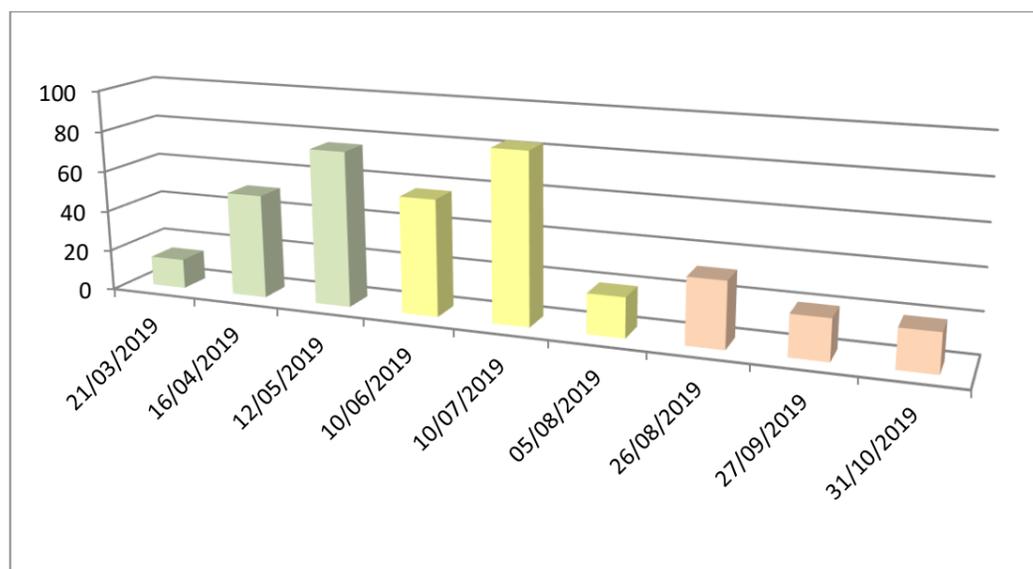


Figure 11 : variation de l'indice d'activité des chauves-souris au cours du cycle annuel sur l'aire immédiate (nombre de contacts / heure pour chaque campagne)

Les variations nyctémérales de l'activité des chiroptères peuvent également être approchées en étudiant la distribution des contacts au cours de périodes nocturnes complètes, pour les enregistrements issus des points d'écoutes passifs (fig. 12). Pour l'ensemble de la période de suivi, l'activité nocturne reste assez homogène tout au long du cycle nyctéméral, avec toutefois un premier pic légèrement marqué autour de 23h, puis un second plus modeste vers 4h du matin. Le caractère plutôt homogène de la distribution des contacts au cours de la nuit indique une exploitation régulière du site pour l'alimentation des chauves-souris, mais aussi une faible probabilité de gîtes importants à proximité du site. Dans ce cas, en effet, des pics significatifs sont généralement notés en tout début et toute fin de nuit, au moment des départs et retours aux gîtes diurnes.

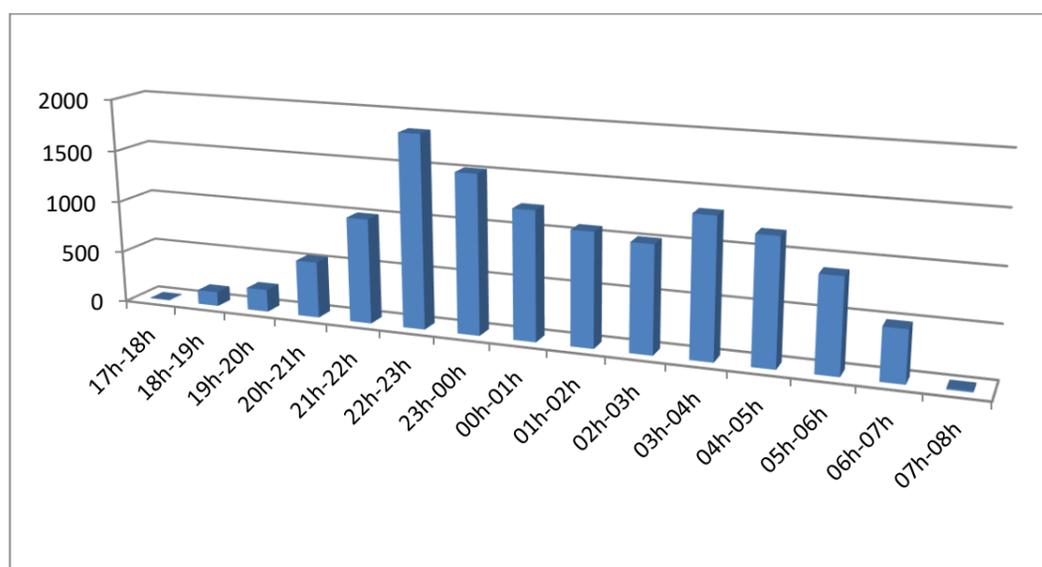
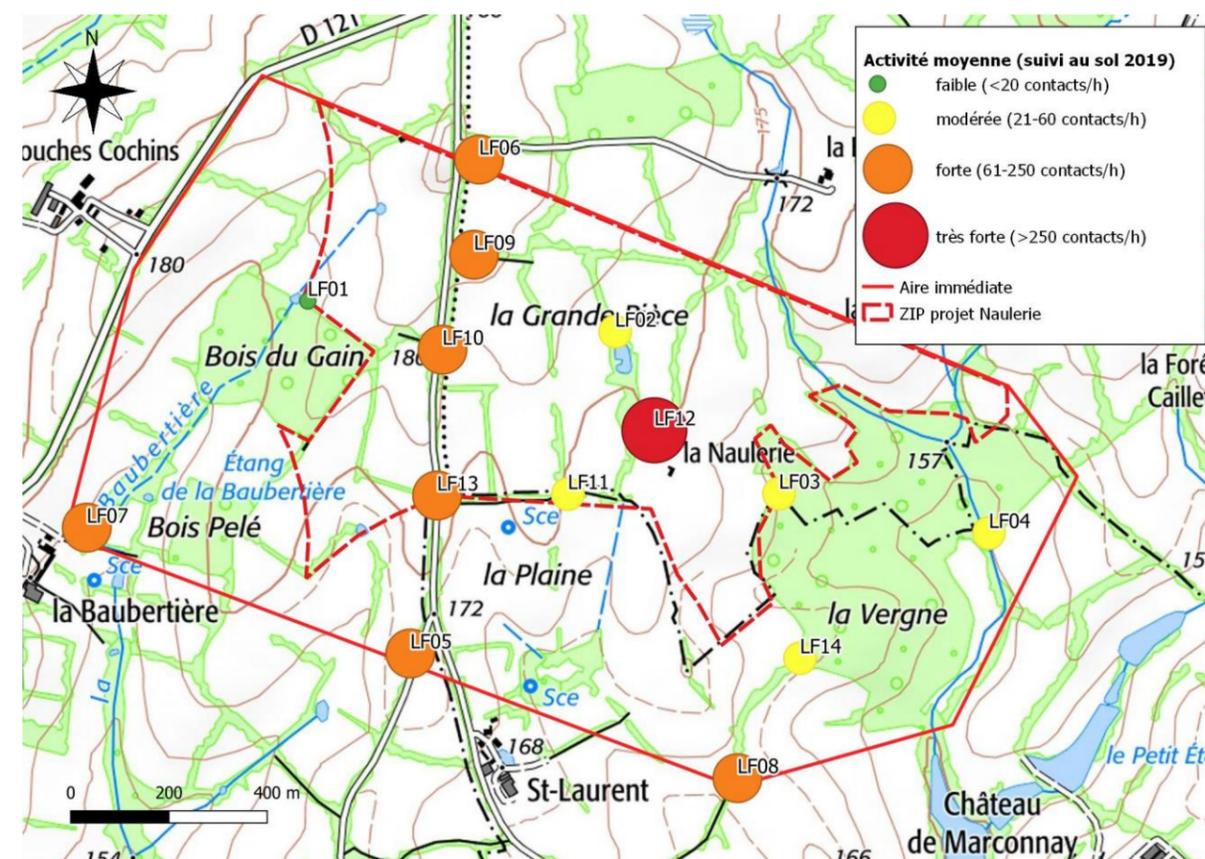


Figure 12 : distribution nocturne des contacts pour l'ensemble de la période de suivi (points d'écoute passifs)

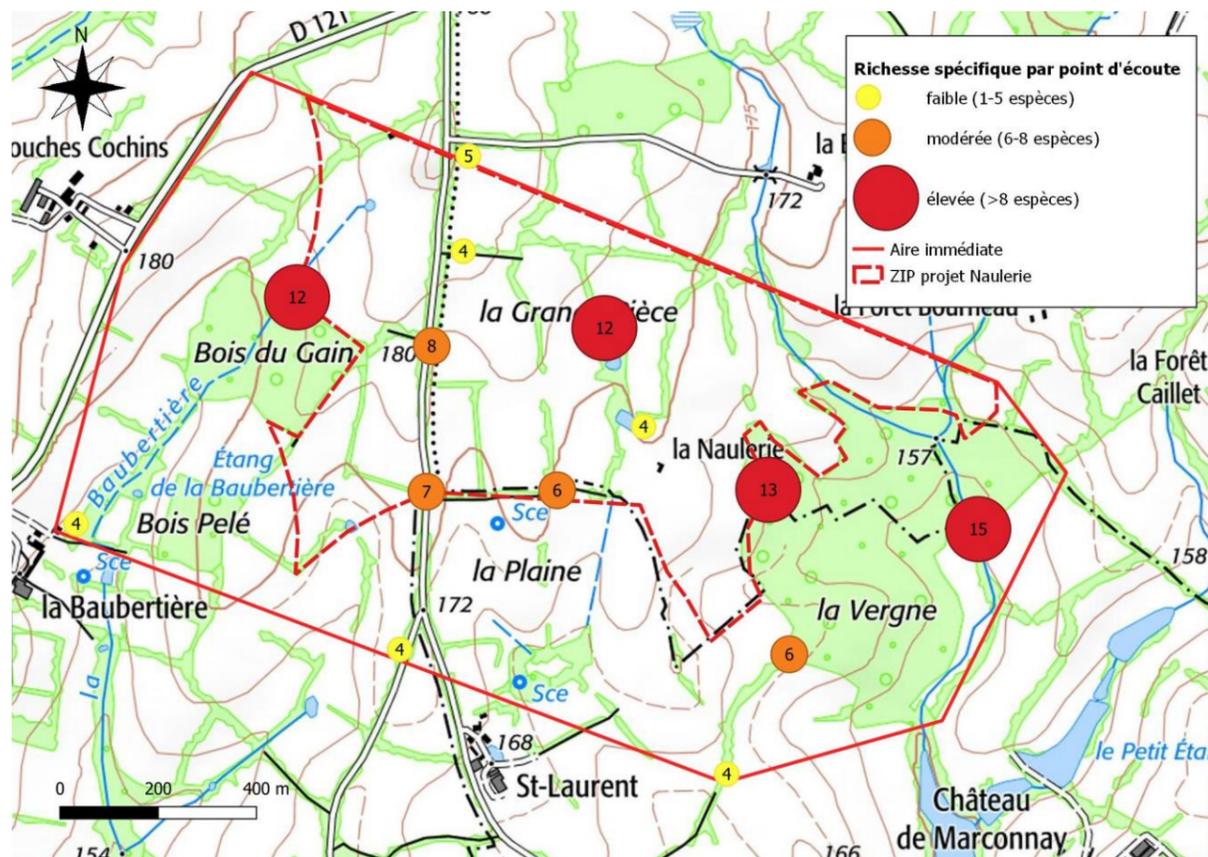
La répartition des contacts enregistrés au cours du suivi de l'aire immédiate est indiquée sur la carte 21.



Carte 21 : activité moyenne des chiroptères sur les points d'écoutes de l'aire immédiate

Globalement, l'activité apparaît répartie sur l'ensemble du site, puisqu'aucun des 14 points d'écoute ne se caractérise par une activité nulle. Elle est minimale au niveau du point d'écoute LF01, sur la marge du bois du Gain, malgré des potentialités apparentes significatives (mare, lisière boisée et axe hydraulique secondaire). Elle est maximale, en revanche, au niveau du point d'écoute LF12, qui correspond à un petit plan d'eau à vocation piscicole au lieu-dit La Naulerie. Ce petit spot de chasse est assidûment fréquenté par la Pipistrelle commune, avec une activité souvent continue en début de soirée. Sur le reste du site, l'activité est plus significative le long des haies qui bordent les voies de communication, au centre et au sud de l'aire immédiate. En comparaison des haies bocagères de bordures de parcelles cultivées, ces haies de bords de routes sont plutôt bien conservées, avec bien souvent d'anciens têtards qui ne sont plus exploités depuis longtemps et dont le port est très ramifié. Comparativement, les points d'écoutes localisés dans le bois de la Vergne, au sud-est du site, se caractérisent par des niveaux d'activités plus faibles, sans doute en rapport avec la chute habituelle de l'intérêt trophique des habitats forestiers en cours d'été.

Par comparaison, la richesse spécifique enregistrée pour chaque point d'écoute pour l'ensemble du suivi de 2019 montre une situation inverse (carte 22) : richesse spécifique maximale au niveau du bois de la Vergne (points d'écoute LF13 et LF15), de la lisière du bois du Gain (LF01) et de la queue du petit étang au nord de la Naulerie (LF02). Inversement, la richesse spécifique est faible à modérée le long des haies qui bordent le chemin vicinal central et le long des marges sud de l'aire immédiate. Il y a donc une relation inverse entre le niveau d'activité sur un point d'écoute et sa richesse spécifique, relation qui s'explique en partie par la forte dominance de la Pipistrelle commune sur l'ensemble du site, mais aussi par la meilleure capacité de détection des espèces de faibles fréquences au niveau des points d'écoute passifs.



Carte 22 : nombre d'espèces de chiroptères par points d'écoute pour l'ensemble du suivi de 2019

2- Distribution saisonnière des espèces

L'analyse de la présence des espèces au cours des différentes dates de suivi permet d'appréhender le statut biologique des espèces fréquentant l'aire immédiate, pour les trois périodes clés du cycle annuel (**tab. XV**) :

- ✓ Période de **transit printanier** : inventaires de mars à mai 2019.
- ✓ Période de **reproduction** (mise bas et élevage des jeunes) : inventaires de juin à début août 2019.
- ✓ Période de **transit automnal** (accouplements et migrations vers les gîtes d'hiver) : inventaires de fin août à fin octobre 2019.

Parmi les 18 espèces de chiroptères détectées sur l'aire immédiate, 10 sont présentes aux différentes périodes du cycle annuel, les 8 autres espèces ayant uniquement une présence saisonnière sur le site, avec des niveaux d'activités très faibles. En termes de populations, les effectifs des espèces dominantes chutent sensiblement en automne pour la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Kuhl. La Sérotine commune, en revanche, présente une activité significativement plus forte au printemps par rapport aux autres périodes du cycle.

Tableau XV : activité moyenne (contacts/h) par espèces et par période du cycle annuel sur l'aire immédiate

Nom français	Transit printanier (mars-mai)	Reproduction (juin-début août)	Transit automnal (début août-octobre)	Synthèse
Pipistrelle commune	108.6	123.9	71.7	
Pipistrelle de Kuhl	11.8	11.0	7.6	
Sérotine commune	12.6	2.7	2.7	
Murin de Daubenton	2.8	2.0	2.8	
Barbastelle d'Europe	3.8	1.3	2.0	
Grand rhinolophe	0.6	0.2	0.1	
Murin à oreilles échancrées	<0.1	2.9	0.9	
Noctule commune	0.5	0.2	0.4	
Murin de Natterer	0.3	0.1	0.3	
Oreillard gris	0.1	0.1	0.2	
Murin d'Alcathoe	0.5	2.0		
Murin à moustaches		1.4		
Murin de Bechstein		0.2		
Oreillard roux	0.1			
Noctule de Leisler	3.5		0.4	
Petit rhinolophe	0.5		0.2	
Pipistrelle de Kuhl/Nathusius	0.2		0.1	
Grand Murin			<0.1	

: transit printanier : reproduction (été) : transit automnal

B- Suivi au sol sur l'aire rapprochée

1- Caractéristiques du peuplement

Au niveau de l'aire rapprochée (rayon de 2 km autour du projet), **8 espèces** ont été recensées au cours des 3 campagnes complémentaires de terrain, réparties sur l'ensemble du cycle annuel (17/04, 11/07 et 28/09/2019). Le nombre d'espèces détectées au niveau de chaque point d'écoute varie de 1 à 5 espèces (**tab. XVI**) :

Tableau XVI : nombre de contacts par espèce et par points d'écoutes sur l'aire rapprochée pour toute la période de suivi (mars – octobre) et caractérisation de l'activité moyenne (échelle qualitative inspirée de Barataud, 2012)

Nom français	LF15	LF16	LF17	LF18	LF19	LF20	LF21	LF22	LF23	LF24
Barbastelle d'Europe	0	3	0	0	1	0	1	0	0	0
Sérotine commune	1	23	13	0	0	0	2	1	1	0
Murin de Daubenton	1	0	0	0	2	0	1	0	7	0
Noctule commune	0	0	79	1	0	0	0	0	1	0
Pipistrelle de Kuhl	5	19	23	0	0	0	0	0	6	3
Pipistrelle gr. Kuhl/ Nathusius	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Pipistrelle commune	5	5	9	101	22	23	33	11	73	30
Oreillard roux	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
_total espèces	4	4	4	3	3	1	4	2	5	3
_total contacts	12	50	124	103	25	23	37	12	88	34
_temps (mn)	30	30	45	30	30	30	30	30	35	30
activité/h	24	100	165	206	50	46	74	24	151	68

Nombre de contacts / heure	0	<20	21-60	61-250	>250
Appréciation qualitative de l'activité :	nulle	faible	modéré	forte	très forte

Au cours des 3 soirées d'inventaire, **508 contacts de chiroptères** ont été totalisés, pour une **durée d'enregistrement de 320 minutes**, soit une activité moyenne, toutes espèces confondues, de **95 contacts par heure**.

Activité moyenne = $508/320 \times 60 = 95$ contacts/heure

Le niveau d'activité moyen mesuré sur l'aire rapprochée est nettement plus élevé que sur l'aire immédiate (95 contre 39 contacts par heure). Cette différence s'explique en partie par le choix délibéré favorable des points d'écoutes supplémentaires positionnés au droit des secteurs à plus fortes potentialités pour l'activité de chasse des chiroptères, mais aussi par le fait que seuls des points d'écoutes actifs ont été mis en œuvre sur l'aire rapprochée. Ce type de points d'écoute, réalisés en début de nuit, conduit généralement à surestimer l'activité des chiroptères, en comparaison des points d'écoutes passifs, qui fonctionnent toute la nuit et intègrent des périodes de chasse moins actives. Pour comparaison, la moyenne de l'activité calculée sur les 10 points d'écoute actifs de l'aire immédiate est de 90 contacts par heure, alors qu'elle chute à 39 contacts par heure si l'on intègre les données des points d'écoutes passifs. Au total, les activités relevées sur les aires immédiates et rapprochées apparaissent donc du même ordre de grandeur une fois déduit les biais liés aux différences d'échantillonnage.

La composition spécifique du peuplement fait apparaître, comme précédemment, une dominance assez marquée de la Pipistrelle commune, puisque celle-ci totalise 61,5% du nombre total de contacts enregistrés (contre 79,5% sur l'aire immédiate). En revanche, la Noctule commune apparaît comme la principale espèce secondaire (fig. 13), alors qu'elle n'arrivait qu'au 11^{ème} rang au sein de l'aire immédiate. Dans le détail, cette espèce n'a été détectée, au sein de l'aire rapprochée, que lors de la campagne automnale du 28/09, avec un total de 79 contacts enregistrés au niveau du bourg des Forges, à proximité immédiate de l'église (point d'écoute LF17), et seulement deux autres contacts isolés, sur deux autres des points d'écoute de l'aire rapprochée. Cette activité ponctuelle très inhabituelle pouvant indiquer la présence d'un gîte proche, une session d'écoute supplémentaire a été effectuée fin octobre près de l'église des Forges, à l'occasion de la dernière campagne sur l'aire immédiate. Aucun contact supplémentaire de Noctule commune n'a été noté lors de ce passage complémentaire. L'activité très forte notée en septembre correspondait donc à des individus en transit automnal, exploitant les zones urbanisées des Forges de façon plus ou moins éphémère.

En dehors de l'abondance ponctuelle de la Noctule commune, la Pipistrelle de Kuhl et la Sérotine commune sont, comme sur l'aire immédiate, des espèces d'importance secondaire, avec respectivement 11% et 8% du nombre total de contacts, les 4 autres espèces ayant un caractère plus ou moins occasionnel.

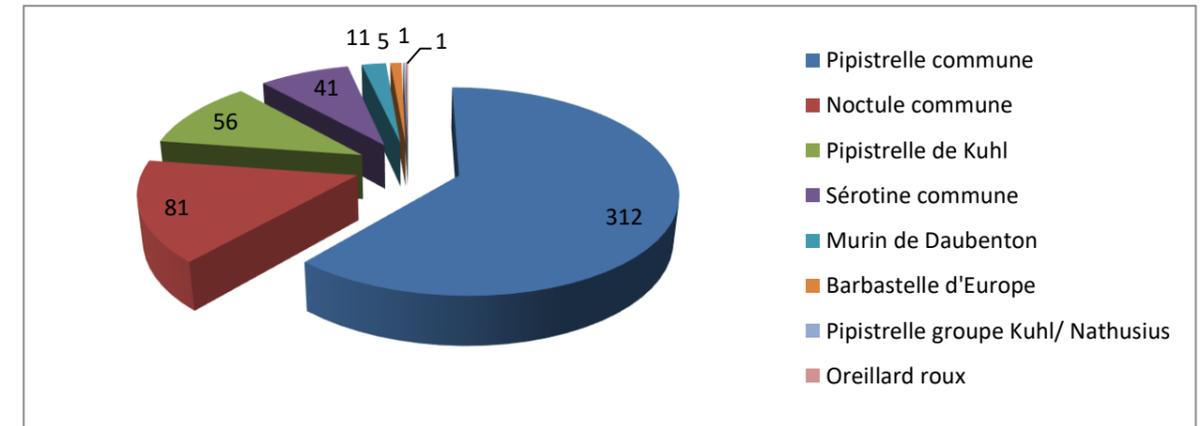


Figure 13 : répartition par espèces des contacts de chiroptères recensés sur l'aire rapprochée

2- Distribution saisonnière des espèces

Comme précédemment, l'activité saisonnière des espèces peut être examinée en fonction des dates de suivi, afin d'appréhender le statut biologique des chiroptères fréquentant l'aire rapprochée, pour les trois périodes clés du cycle annuel (tab. XVII) :

- ✓ Période de **transit printanier** : inventaires de mars à mai 2019.
- ✓ Période de **reproduction** (mise bas et élevage des jeunes) : inventaires de juin à début août 2019.
- ✓ Période de **transit automnal** (accouplements et migrations vers les gîtes d'hiver) : inventaires de fin août à fin octobre 2019.

Tableau XVII : activité moyenne (contacts/h) par espèces et par période du cycle annuel sur l'aire rapprochée

Nom français	Transit printanier (mars-mai)	Reproduction (juin-début août)	Transit automnal (début août-octobre)	Synthèse
Pipistrelle commune	89.4	55.4	37.7	
Pipistrelle de Kuhl	28.8	2.9	0.6	
Sérotine commune	22.2	1.1	1.1	
Murin de Daubenton	1.2	2.3	2.9	
Barbastelle d'Europe	1.8		1.1	
Noctule commune			46.3	
Oreillard roux			0.6	
Pipistrelle gr. Kuhl Nathusius			0.6	

: transit printanier : reproduction (été) : transit automnal

Seulement 4 espèces de chiroptères sont présentes aux différentes périodes du cycle annuel, les 4 autres espèces ayant uniquement une présence saisonnière sur le site. En termes de populations, les effectifs des espèces dominantes (Pipistrelle commune, Pipistrelle de Kuhl, Sérotine) sont plus élevés au printemps qu'en été et en automne, ce qui contraste avec les résultats obtenus au niveau de l'aire immédiate où