

Carte 11 : plan d'échantillonnage global pour l'étude des chiroptères (hors transects)

Le tableau suivant donne les principales caractéristiques des points d'écoutes en termes d'habitats et d'intérêt potentiel pour les chiroptères.

Tableau VII : caractéristiques des points d'écoutes pour l'étude des chiroptères

N° Point d'écoute	Descriptif	Habitats dominants	Chasse	Gîte	Corridor
PE01	Point d'enregistrement continu, partie centrale de la ZIP	Bocage avec haie +/- continue	Favorable	Potentiel faible à moyen (arbres creux à proximité)	Axe bocager secondaire
PE02	Angle bois – prairie semi-humide bocagère	Lisière, haies, prairie semi-naturelle	Très favorable	Potentiel faible à moyen (arbres creux à proximité)	Bordure du bois, axe bocager
PE03	Secteur bocager avec haie favorable (perpendiculaire vents dominants)	Bocage, haie	Favorable	Potentiel faible (proximité relative ferme de St-Louis)	Axe bocager
PE04	Réunion de deux doubles haies en bordure de chemins	Haies, chemin	Très favorable	Potentiel négligeable	Deux axes confluents (haies)
PE05	Secteur bocager avec cours d'eau temporaire	Haie, chemin, bois proche	Favorable	Potentiel faible (bois, arbre à cavités)	Chemin creux, lisière, axe hydraulique
PE06	Angle bois – prairie semi-humide bocagère	Lisière, haies, prairie semi-naturelle	Très favorable	Potentiel moyen (bois, quelques arbres à cavités)	Lisière, trame bocagère

N° Point d'écoute	Descriptif	Habitats dominants	Chasse	Gîte	Corridor
PE07	Principal boisement de la ZIP	Bois, lisière	Favorable	Potentiel moyen (bois, quelques arbres à cavités)	Lisière
PE08	Chemin bordé de haies,	Haies, cultures	Favorable	Potentiel négligeable	Trame bocagère
PE09	Seule mare permanente de la ZIP	Mare, haie, culture	Favorable	Potentiel négligeable	+/- isolé avec haies en retrait
PE10	Etang en bordure de boisement important (aire rapprochée)	Plan d'eau, boisement, haies	Très favorable	Potentiel faible à moyen (boisement adjacent)	Axe hydraulique, lisières
PE11	Axe hydraulique, bocage (aire rapprochée)	Haies, bocage, ruisseau	Très favorable	Potentiel ponctuel (ouvrage d'art, arbre à cavités)	Axe hydraulique, trame bocagère
PE12	Zone urbaine (aire rapprochée)	Bâti traditionnel, jardins	Favorable	Potentiel ponctuel (grand édifice, bâti ancien)	Axe du ruisseau l'Argent proche

En résumé, le dispositif de suivi mis en œuvre correspond à un total de 9 campagnes de terrain réparties sur l'ensemble du cycle annuel, effectuées pour la plupart sur des nuits complètes (du crépuscule à l'aube), et couplées à un point d'enregistrement en continu des chiroptères, localisé dans la partie centrale de la ZIP. En termes d'heures cumulées d'enregistrement (2335 heures au total), ce dispositif correspond à une pression d'observation importante, en comparaison des recommandations du guide de l'étude d'impacts du Ministère de l'Environnement (2016 et 2020), dont l'ordre de grandeur est de quelques centaines d'heures d'écoutes.

Panorama des habitats autour des points d'écoutes :



Photo 7 : point d'écoute PE01



Photo 8 : point d'écoute PE02



Photo 9 : point d'écoute PE03



Photo 10 : point d'écoute PE04



Photo 11 : point d'écoute PE05



Photo 12 : point d'écoute PE06



Photo 13 : point d'écoute PE07



Photo 14 : point d'écoute PE08



Photo 15 : point d'écoute PE09



Photo 16 : point d'écoute PE10



Photo 17 : point d'écoute PE11



Photo 18 : point d'écoute PE12

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

- 3 soirées en période de transit printanier (mi-mars à fin mai).
- 3 en période de mise bas et d'élevage des jeunes (juin à début août).
- 3 en période automnale (accouplements et transit vers les sites d'hibernation) de mi-août à fin octobre.

1.5- Méthode d'inventaire des chiroptères

1.5.1- Matériel utilisé

- Points d'écoute actifs et transects :

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, et en continu pour les transects pendant toute la durée du déplacement. 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 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 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 ½ heure avant) et de lever (environ ½ 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).

- Le SM-mini de Wildlife acoustics : sorti en 2020, cette version miniaturisée du SM4bat reprend les mêmes caractéristiques techniques que son prédécesseur avec un micro de type SMM-U2 intégré et une interface gérable depuis un téléphone portable, ce qui lui confère une meilleure portabilité (290 grammes, piles incluses). 4 détecteurs SM-mini ont été déployés sur le site en complément des SM4bat, avec les mêmes réglages internes (plage d'enregistrement débutant ½ heure avant le coucher du soleil jusqu'à ½ heure après l'aube).



Figure 3 : SM4bat (à gauche) et SM-mini 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, 2020), 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 point d'enregistrement en continu), 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 le point d'enregistrement en continu (point d'écoute PE01). 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 un petit nombre de 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, un problème technique a été rencontré au niveau du point d'enregistrement en continu (PE01) par suite d'une panne de micro en tout début d'été. Ce dernier a été changé dans la journée du 13/07, mais cette panne a induit une perte de données sur la période du 26/06 au 12/07.

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 »).

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.

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'études 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 VIII : échelle d'appréciation qualitative de l'activité des chiroptères utilisée dans le rapport

Nombre de contacts / heure	0-5	6-20	21-60	61-250	251-500	>500
Appréciation qualitative de l'activité :	Très faible	Faible	Modéré	Assez forte	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) serait vraisemblablement insuffisant 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 (répartition spatiale de l'activité) et par saison (variation temporelle), et de définir ainsi les zones les plus fréquentées par les chiroptères.

1.7- Synthèse sur la pression d'observation mise en œuvre pour les chiroptères

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

- ✓ **Les points d'écoutes actifs et les transects**, réalisés en début de nuit sur des temps brefs (10 mn pour les points d'écoute, 5 à 40 mn pour les transects). 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). 8 détecteurs autonomes ont été utilisés lors du suivi, principalement sur l'aire immédiate, au droit des secteurs identifiés comme étant les plus favorables pour les chiroptères. Cette technique permet d'augmenter significativement la pression d'observation sur les points d'écoute (enregistrement de nuits

entières), de mieux cerner les variations d'activités au cours des cycles nocturnes, et de détecter des espèces de faibles fréquences.

- ✓ **L'enregistrement en continu (point d'écoute PE01)**, localisé dans la partie centrale de la ZIP, dans un secteur globalement représentatif de l'ensemble du périmètre d'étude (zone de bocage plus ou moins altérée). 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, mais représentatif, 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 IX : effort d'échantillonnage en fonction des techniques d'écoute utilisées

Composante du plan d'échantillonnage	Modalités techniques	Nombre d'heures d'enregistrement
Enregistrement continu	Détection passive	1829 heures
Points d'écoutes	Détection passive	497 heures
	Détection active	6 heures
Transects	Détection active	3 heures
Total :	Détection passive + active	2335 heures

Globalement, l'étude des chiroptères a donc représenté **un total de 2 335 heures d'investigations**, réparties entre la mi-mars et la fin octobre.



Photo 19 : dispositif d'enregistrement en continu (point d'écoute PE01) mis en place dans la partie centrale de la Zone d'Implantation Potentielle (ZIP)

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.

2.1- Caractéristiques du peuplement

2.1.1- Activité globale et représentation des espèces

Pour l'ensemble de la période de suivi (mars à octobre), 44 869 contacts de chiroptères ont été enregistrés pour une durée totale d'écoute de 2335 heures, soit une activité globale de 19 contacts par heure, ce qui correspond à **un niveau d'activité faible**.

Le réseau de points d'écoute (actifs et passifs) a permis de comptabiliser 28 020 contacts de chiroptères pour une durée d'enregistrement globale de 503 heures (répartie sur 9 campagnes de terrain), soit une activité moyenne de 56 contacts par heure. Le dispositif d'enregistrement en continu (mât au point PE01) a permis de capter 16 717 signaux supplémentaires pour une durée d'enregistrement de 1 829 heures et 30 minutes, soit une activité de 9 contacts par heure, déduction faite des arrêts pour cause de micro défectueux (26/06 au 12/07). Les transects réalisés sur le site ont apporté 132 contacts supplémentaires pour une durée d'écoute de 160 minutes, soit une activité comparable à celle du réseau de points d'écoute. Ces différents résultats sont détaillés par espèces dans le **tableau X** :

Tableau X : nombre de contacts par espèce de chiroptères pour l'ensemble du suivi

Nom scientifique	Nom français	Total points d'écoutes	Total transects	Total mât (enregistrement continu)	Total général
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune	24930	94	13929	38953
<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Pipistrelle de Kuhl	1590	22	1552	3164
<i>Myotis daubentonii</i>	Murin de Daubenton	614	5	137	756
<i>Eptesicus serotinus</i>	Sérotine commune	546	9	189	744
<i>Barbastella barbastellus</i>	Barbastelle d'Europe	205		372	577
<i>Plecotus austriacus</i>	Oreillard gris	51		265	316
<i>Nyctalus noctula</i>	Noctule commune	5		99	104
<i>Myotis nattereri</i>	Murin de Natterer	12		39	51
<i>Nyctalus leisleri</i>	Noctule de Leisler			36	36
<i>Plecotus auritus</i>	Oreillard roux	13		18	31
<i>Myotis mystacinus</i>	Murin à moustaches	11		19	30
<i>Myotis emarginatus</i>	Murin à oreilles échancrées	13		9	22
<i>Myotis myotis</i>	Grand Murin	4		18	22
<i>Myotis sp</i>	Murin indéterminé			19	19
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	Pipistrelle pygmée	16			16
<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	Grand rhinolophe	9		5	14
<i>Myotis bechsteinii</i>	Murin de Bechstein			8	8
<i>Myotis alcaethoe</i>	Murin d'Alcaethoe			3	3
<i>Pipistrellus gr. kuhlii/nathusius</i>	Pipistrelle gr. kuhli/nathusius	1	2		3
Nombre d'espèces :		15	5	17	19
Nombre total de contacts :		28020	132	16717	44869
temps d'enregistrement (mn) :		30169	160	109770	140099
activité / heure :		56	50	9	19

La répartition par espèces des contacts enregistrés montre une très large dominance de la Pipistrelle commune, qui représente globalement 87% du nombre total de contacts (**fig. 4**). La Pipistrelle de Kuhl arrive en seconde position avec 7% des contacts, suivie par un petit groupe de 4 espèces (Murin de Daubenton, Sérotine commune, Barbastelle et Oreillard gris) qui totalisent ensemble environ 5%

des contacts. Le cumul des contacts de ces 6 espèces atteint 99% du total des contacts enregistrés sur un cycle annuel.

Des résultats tout à fait analogues sont obtenus en comparant la répartition des contacts par espèce en fonction des techniques d'échantillonnage (voir **fig. 5 et 6** : réseau de points d'écoute *versus* enregistrement en continu). Il s'avère donc qu'un seul détecteur positionné sur un point fixe et enregistrant en continu pendant tout le cycle annuel est capable de rendre compte avec une bonne précision des caractéristiques principales du peuplement (composition spécifique, variation saisonnière et nyctémérale...).

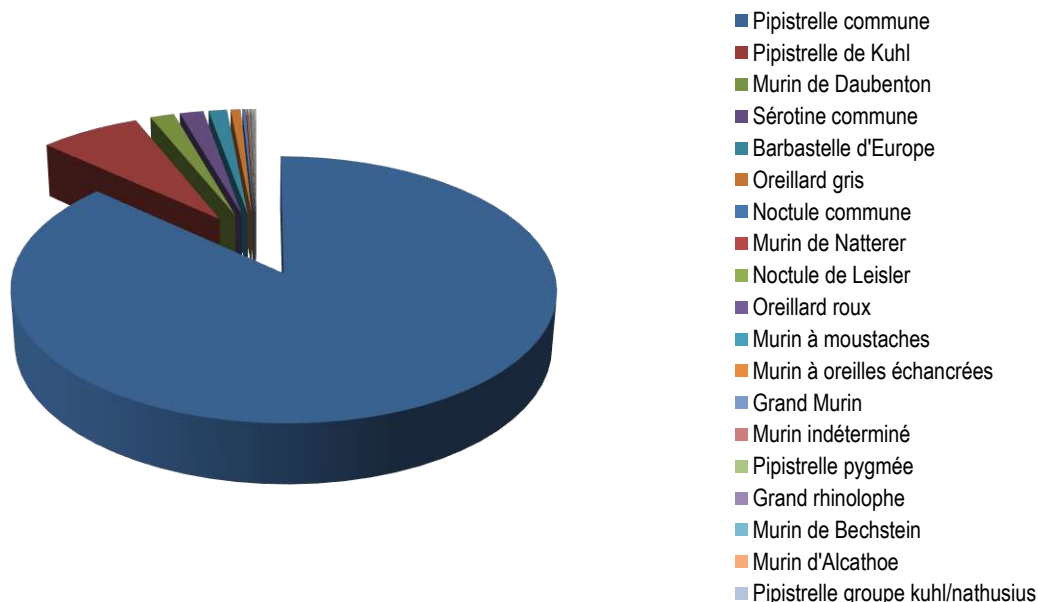


Figure 4 : répartition par espèce des contacts enregistrés sur l'ensemble du suivi (cumul des différentes techniques d'échantillonnage)

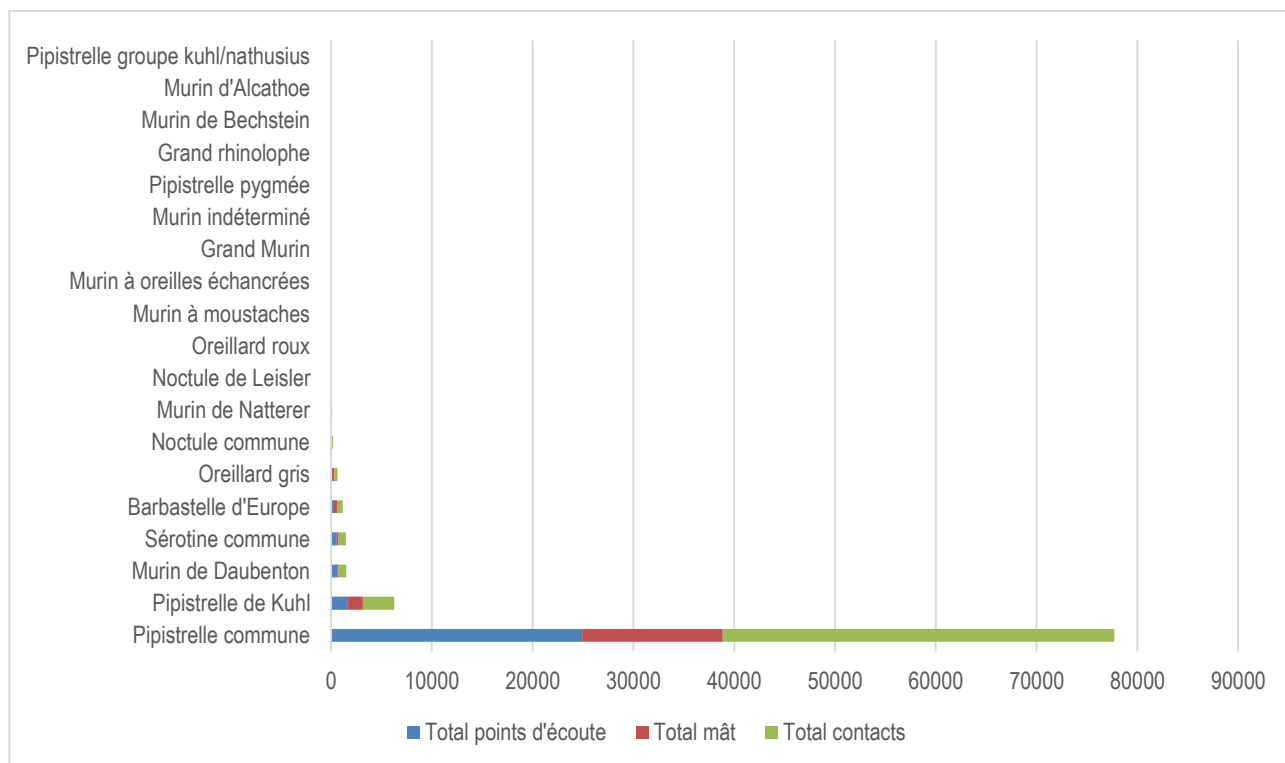


Figure 5 : répartition des contacts par espèce et par technique d'échantillonnage