

AMI Surveillance nationale du Minioptère de Schreibers

Projet soutenu par



OFB
OFFICE FRANÇAIS
DE LA BIODIVERSITÉ



© Boris Ballot

Rapport final d'activité

Action 1 | Homogénéisation des méthodes de comptage hivernales et estivales

Action 2 | Élaborer et tester une nouvelle méthodologie de suivi du Minioptère de Schreibers par la technique de l'acoustique



Appui technique et scientifique :



Avec le soutien financier :



OFB
OFFICE FRANÇAIS
DE LA BIODIVERSITÉ



Version diffusable

Table des matières

I. Introduction	7
II. Mise en œuvre du projet AMI - Surveillance nationale du Minioptère de Schreibers	10
A. Action 1 : Homogénéisation des méthodes de comptages hivernales et estivales.....	10
1. Protocole national de comptage (2022-2024)	10
2. Résultats de l’Action 1 du projet (2022-2024)	12
3. Tendances des populations de Minioptère de Schreibers en France.....	41
4. Nouveau protocole national de comptage (nouvelles recommandations)	46
B. Action 2 : Elaboration et test d’une nouvelle méthodologie de suivi du Minioptère de Schreibers par la technique de l’acoustique.....	50
1. Matériel et méthodes	50
2. Sites testés	56
3. Résultats et interprétations	58
4. Interprétations & perspectives	71
III. Coordination & communication.....	74
IV. Conclusion	76
V. Bibliographie.....	80
VI. Annexe.....	81

Rédaction du rapport

Rédaction : Pauline Bascole - SFEPM

Co-rédaction Action 2 : Tiphaine Devaux - MNHN

Réalisation des cartographies : Fanny Paperin-Carillo – SFEPM

Production des tendances de populations : Tiphaine Devaux - MNHN

Aide rédaction/relecture : Sébastien Roué, Thomas Cuypers, Paul Hureau, Gabrielle Montier et partenaires.

Crédits photo : Boris Baillat, Bruno Discours et Paul Hureau

Remerciements

Ce projet met en avant la **coopération nationale** et les échanges avec ces nombreux acteurs indispensables, sans qui nous n'aurions pas pu aboutir au présent rapport.

Nous tenons à remercier tous les partenaires du projet AMI Minioptère de Schreibers pour leur contribution, leur bienveillance et leur aide ayant permis le bon déroulement de ce projet. Nous remercions ainsi le CEN PACA, le CEN Occitanie-GCMP, la CPEPESC FC, la FNE NA, le GCC, le GCLR, la LPO Aura, la SHNA-OFAB, la FCEN, et le MNHN.

Un grand merci également aux nombreux producteurs de données de nous avoir transmis leurs données et d'avoir participé activement aux échanges. À savoir, l'Ana-CEN-Ariège, le CCGPSL, le CCVH, le CDS 30, le CD34, le CDS46, le CD30, le CEN Nouvelle Aquitaine, le CEN Occitanie-GCMP, le CEN PACA, Charente Nature, le COGard, la CPEPESC FC, Ecodiv, la Fédération Aude Claire, le GCA, le GCC, le GCLR, le GMHL, NE17, le Groupe Derivaz, la LPO, ALEPE, la LPO Aquitaine, la LPO Auvergne Rhône-Alpes, la LPO Aveyron, l'OFB, l'ONF, le PN des Pyrénées, le CSA, le PNR du Haut Languedoc, le PNR Narbonnaise, SCSP, SEPANLOG, la SHNA-OFAB et SYMBIOSE. Le glossaire des sigles est disponible en annexe 12.

Un grand merci à Tiphaine Devaux (MNHN) pour sa co-rédaction sur l'action 2 de ce projet. Nous tenons également à remercier les relecteurs de ce rapport qui ont apporté des éléments essentiels et pertinents pour la bonne réalisation et rédaction de ce rapport : Sébastien Roué, Thomas Cuypers et Paul Hureau.

Nous remercions également l'OFB et les DREAL qui soutiennent ce projet : la DREAL Auvergne-Rhône-Alpes, la DREAL Bourgogne-Franche-Comté, la DREAL Corse, DREAL Nouvelle Aquitaine, la DREAL Occitanie et la DREAL Provence-Alpes-Côte-d'Azur.

Glossaire

Site d'hibernation : gîte utilisé en période hivernale par les chauves-souris. Ces sites ont des températures et une humidité constante, comme les caves, les cavités souterraines, les arbres, les ponts, viaducs, tunnels (ouvrages d'arts). Pendant l'hibernation, le métabolisme des chauves-souris se ralentit à l'extrême (baisse du rythme cardiaque, ralentissement de la respiration).

Site de parturition : gîte utilisé par les femelles reproductrices pour mettre bas et élever leurs jeunes. Les femelles s'installent en colonie de quelques individus à plusieurs milliers. Ces rassemblements peuvent se faire entre une même espèce ou entre plusieurs espèces. Sans modification du lieu, les femelles restent fidèles à ce gîte et y reviennent chaque année.

Site d'estivage : gîte utilisé par les femelles et mâles non reproducteurs, ils utilisent généralement des réseaux de gîtes. Aucune preuve de reproduction (femelle reproductrice, jeunes) dans ces gîtes.

Site de transit (automnal/printanier) : Gîtes utilisés par les chauves-souris entre la période estivale et la période d'hibernation. Les chauves-souris utilisent généralement des réseaux de gîtes à ces périodes.

Site majeur : Dans ce rapport, un site majeur est un site avec plus de 1 000 individus dans le site. Un site majeur est un site prioritaire à suivre, qui a un enjeu considérable pour la conservation de l'espèce.

Site occasionnel : Dans ce rapport, un site occasionnel est un site avec moins de 1 000 individus dans le site. Un site occasionnel est un site secondaire à surveiller pour comprendre le déplacement et l'utilisation des réseaux de gîtes par les chauves-souris.

Stade juvénile "crevette" : Le stade crevette correspondant aux juvéniles de moins de 10 jours, sans poil et de couleur rose bonbon.

Stade juvénile "grisou" : Le stade grisou correspond aux juvéniles de plus de 10 jours, avec des poils et de couleur gris.

Epizootie : l'épizootie est une maladie frappant, dans une région plus ou moins vaste, une espèce animale ou un groupe d'espèces dans son ensemble. Elle est l'équivalent d'une épidémie chez l'être humain. La plupart des épizooties sont des maladies très contagieuses qui se transmettent directement d'un animal à un autre ou via un vecteur.

Standalone : (anglicisme qui signifie littéralement : « se tenir seul ») est un qualificatif qui indique qu'un produit peut être utilisé seul, c'est-à-dire sans modules ou connaissances complémentaires.

Liste des figures

Figure 1 - Distribution du Minioptère de Schreibers - (Arthur et Lemaire, 2021)

Figure 2 - Carte de localisation des sites hivernaux de Minioptère de Schreibers (2022-2024)

Figure 3 - Répartition des sites d'hivernation suivis par région pendant l'AMI Minioptère (2021-2024)

Figure 4 - Répartition des effectifs de la population de Minioptères de Schreibers dans les sites suivis en période hivernale (2021-2024)

Figure 5 - Carte de localisation des gîtes hivernaux de Minioptère de Schreibers suivis en 2023 localisés à la commune

Figure 6 - carte de localisation des gîtes d'hivernations majeurs (>1000 individus) de Minioptère de Schreibers (2022-2024)

Figure 7 - Répartition des méthodes de comptage utilisées pour les sites d'hivernation inférieurs à 2 000 individus (2022-2024)

Figure 8 - Répartition des méthodes de comptages utilisées pour les sites d'hivernation supérieurs à 2 000 individus (2022-2024)

Figure 9 - Répartition des méthodes de comptages des sites d'hivernations par taille d'effectifs (2022-2024)

Figure 10 - Périodes de réalisation des suivis hivernaux (2021-2024)

Figure 11 - Carte de localisation des sites de Minioptère de Schreibers suivis en été (2022-2024)

Figure 12 - Répartition du nombre de sites d'estivages et de parturitions par région (2022-2024)

Figure 13 - Répartition de l'effectif d'estivage et de parturition national connu par région (2022-2024)

Figure 14 - Répartition des effectifs de population dans les sites d'estivage et de parturition par région en 2024

Figure 15 - Répartition des méthodes de comptages par grande catégorie pour les suivis estivaux (2021-2024)

Figure 16 - Répartition des méthodes utilisées lors des comptages estivaux des sites suivis (2021-2024)

Figure 17 - Répartition des méthodes des comptages estivaux par taille d'effectifs des sites suivis (2021-2024)

Figure 18 - Répartition des périodes de comptages tous passage confondus (2022-2024)

Figure 19 - Répartition des périodes de comptages sur les sites d'estivages et de parturitions (2022-2024)

Figure 20 - Répartition biogéographique de la population de Minioptère de Schreibers en France métropolitaine (2022-2024)

Figure 21 - Pourcentage de répartition des effectifs estivaux et hivernaux en région par rapport à la population nationale (2021-2024)

Figure 22 - Zoom sur les sites majeurs (estivage/parturition/hivernation) de la région Auvergne-Rhône-Alpes (2022-2024)

Figure 23 - Zoom sur les sites majeurs (estivage/parturition/hivernation) de la région Bourgogne-Franche-Comté (2022-2024)

Figure 24 - Zoom sur les sites majeurs (estivage/parturition/hivernation) de la région Corse (2022-2024)

Figure 25 - Zoom sur les sites majeurs (estivage/parturition/hivernation) de la région Nouvelle-Aquitaine (2022-2024)

Figure 26 - Zoom sur les sites majeurs (estivage/parturition/hivernation) de la région Occitanie (2022-2024)

Figure 27 - Représentation graphique du nombre de sites majeurs mis en protection (physique et réglementaire) et du nombre de sites à mettre en protection par région (2022-2024)

Figure 28 - Évolution de l'abondance relative du Minioptère de Schreibers en période hivernale (1995–2024) - MNHN

Figure 29 - Évolution de l'abondance relative estivale du Minioptère de Schreibers (1995–2024) – MNHN

Figure 30 - Évolution de l'abondance relative du Minioptère de Schreibers – Données toutes saisons (1995–2024) - MNHN

Figure 31 - Localisation des sites officiels suivis acoustiquement dans le cadre de l'Action 2

Figure 32 - Histogramme du nombre de contacts acoustiques en fonction du type de nuit, issu du rapport de stage de Cassandra Treyvaud (2022)

Figure 33 - Graphique de dispersion de la relation entre le nombre de Minioptères de Schreibers sortis et les contacts acoustiques enregistrés, issu du rapport de stage de Cassandra Treyvaud (2022)

Figure 34 - Relation entre les prédictions du modèle GLMM et les observations réelles des effectifs de Minioptères de Schreiber, issue du rapport de stage de Jonathan Roussel (2024)

Figure 35 - Relation entre les prédictions du modèle Random Forest et les observations réelles des effectifs de Minioptères de Schreiber, issue du rapport de stage de Jonathan Roussel (2024)

Figure 36 - Comparaison des erreurs absolues moyennes (MAE) pour différentes classes d'effectifs (0-600, 600-1500, 1500-3000, >3000), issue du rapport de stage de Jonathan Roussel (2024)

Figure 37 - Présentation de l'AMI Minioptère lors des Rencontres Chiroptères Nouvelle-Aquitaine à Limoges (28 et 29 novembre 2024)

Liste des tableaux

Tableau 1 - Détails des données collectées et centralisées et des données retenues pour l'analyse sur l'intégralité du projet (2022-2024)

Tableau 2 - Nombre de sites et effectifs des populations dans les sites d'hiver comptés dans le cadre de l'AMI Minioptère de (2021-2024)

Tableau 3 - Nombre de sites majeurs d'hibernation suivis par région couplé au total d'individus comptés (2022-2024)

Tableau 4 - Détail des effectifs et de leur répartition par site d'estivage et de parturition au sein des régions (2021-2024)

Tableau 5 - Sites majeurs d'estivage (>1000 individus) et répartition de la population dans ces sites (2022-2024)

Tableau 6 - Sites majeurs de parturition (>1000 individus) et répartition de la population d'adultes et de jeunes dans ces sites (2022-2024)

Tableau 7 - Répartition biogéographique de la population de Minioptère de Schreibers en France Métropolitaine (2022-2024)

Tableau 8 - Synthèse du nombre de sites majeurs en hiver et en été par région (2022-2024)

Tableau 9 - Classement des sites majeurs d'hibernation connus du Minioptère de Schreibers allant des effectifs les plus importants aux moins importants à l'échelle nationale (2021-2024)

Tableau 10 - Classement des sites majeurs d'estivages connus du Minioptère de Schreibers allant des effectifs les plus importants aux moins importants à l'échelle nationale (2021-2024)

Tableau 11 - Classement des sites majeurs de parturitions connus du Minioptère de Schreibers allant des effectifs les plus importants aux moins importants à l'échelle nationale (2021-2024)

Tableau 12 - Liste des sites qui cumulent un double intérêt pour l'hiver et l'été (Hivernation/parturition ou Hibernation/estivage) (2021-2024)

Tableau 13 - Liste des sites majeurs connus de Minioptère de Schreiber pour la région Auvergne-Rhône-Alpes (2022-2024)

Tableau 14 - Liste des sites majeurs connus pour la région Bourgogne-Franche-Comté (2022-2024)

Tableau 15 - Liste des sites majeurs connus de Minioptère de Schreibers pour la région Corse (2022-2024)

Tableau 16 - Liste des sites majeurs connus de Minioptère de Schreibers pour la région Nouvelle-Aquitaine (2022-2024)

Tableau 17 - Liste des sites majeurs connus de Minioptère de Schreibers pour la région Occitanie (2022-2024)

Tableau 18 - Bilan mise en protection (physique/réglementaire) des sites majeurs connus (2022-2024)

Tableau 19 - Présentation des différents modèles réalisés

Tableau 20 - Sites sélectionnés pour la réalisation du protocole acoustique en 2022 et 2023

Tableau 21 - Résultats de la sélection de modèle sur l'effet de la présence d'observateurs lors des comptages visuels

Tableau 22 - Résultats du meilleur modèle expliquant l'impact de la présence d'observateurs lors des comptages visuels

Tableau 23 - Résultats du modèle quantifiant l'influence de la nuit de comptage sur les sorties de gîtes.

Tableau 24 - Résultats de la sélection de modèle analysant si la relation entre les contacts visuels et les contacts acoustiques enregistrés est mieux expliquée par des durées de 5 secondes ou d'une seconde

Tableau 25 - Résultats de la sélection de modèle analysant la relation entre les contacts visuels et les contacts acoustiques enregistrés sur des durées de 5 secondes. Les variables incluses dans les modèles sont indiquées par un "+".

Tableau 26 - Résultats du modèle averaging analysant la relation entre les contacts visuels et les contacts acoustiques enregistrés sur des durées de 5 secondes

Tableau 27 - Résultats de la sélection de modèle examinant les variables environnementales susceptibles d'affecter les indices de confiance utilisés par le logiciel Tadarida pour l'identification.

Tableau 28 - Résultats du modèle averaging examinant les variables environnementales susceptibles d'affecter les indices de confiance utilisés par le logiciel Tadarida pour l'identification

Tableau 29 - Résumé des 10 variables influençant la relation entre l'abondance et l'activité acoustique selon les modèles statistiques GLMM et Random Forest.

Tableau 30 - Synthèse de la précision des estimations des effectifs des colonies de Minioptères de Schreibers via l'acoustique par le Random Forest

Tableau 31 - Synthèse par région de la pertinence de l'action 2 et des suites à donner

Liste des annexes

Annexe 1 – Description des partenaires du projet

Annexe 2 - Caractéristiques des sites de comptages hivernaux à remplir par les structures régionales

Annexe 3 - Caractéristiques des sites de comptages estivaux à remplir par les structures régionales

Annexe 4 - Cartographies Hiver

Annexe 5 - Cartographies été

Annexe 6 - Sites d'hibernation (2022-2024)

Annexe 7 - Sites d'estivage (2022-2024)

Annexe 8 - Sites de parturition (2022-2024)

Annexe 9 - Fiches comptages/cavités - Action 2

Annexe 10 – Scripts permettant de déterminer l'abondance des Minioptères de Shreibers par l'acoustique en sortie de cavité

Annexe 11 - Résultats du meilleur modèle GLMM

Annexe 12 – Glossaire des sigles des structures cités dans les remerciements

Annexe 13 – Protocole national de suivi du Minioptère de Schreibers

I. Introduction

Contexte du projet

En 2019, suite à de nombreux questionnements sur l'état des populations du Minioptère de Schreibers en France, une synthèse nationale est lancée, coordonnée par la Coordination Chiroptères Nationale (CCN) de la Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères (SFEPM) et diffusée en 2020 (Baillat *et al.*, 2020). Il en ressort que toutes les populations de chauves-souris, toutes espèces confondues, semblent toujours fragiles.

Le Minioptère de Schreibers (*Miniopterus schreibersii*), **espèce d'intérêt communautaire** et ciblée **prioritaire** dans le **3^{ème} Plan National d'Actions** en faveur des Chiroptères fait partie des espèces dont les populations ont chuté. En effet, après avoir subi une épizootie en 2002, le nombre d'individus a diminué de près de 65% au niveau national (Nemoz *et al.* 2003). De plus, l'espèce est dotée d'un statut de conservation « vulnérable » au niveau national (UICN France *et al.*, 2017), « quasi-menacé » au niveau européen (Temple & Terry, 2007).

C'est une espèce grégaire et cavernicole qui fréquente un réseau de gîtes souterrains. Elle est très sensible aux dérangements anthropiques, aux fermetures de cavités inadaptées à son vol et aux modifications des conditions thermiques et hygrométriques internes de ses gîtes. Entre 2000 et 2015, la tendance des populations du Minioptère de Schreibers était à la baisse (-3,9%/an) (Kerbirou C. *et al.*, 2018).

Un effort de compilation de données sur cette espèce a été réalisé, pour réactualiser la synthèse de 2004 en intégrant des données historiques, lors d'une synthèse en 2020, publiée dans Symbioses n°39-40 (Roué S. *et al.*, 2022). Les jeux de données alors recueillis pour cette synthèse étaient incomplets ou non standardisés mais démontrent les conséquences de l'épizootie de 2002 sur les populations. En plus de ces constats, cette synthèse a permis de réunir de nombreux acteurs de la conservation de l'espèce afin d'imaginer des pistes d'actions pour mieux la connaître et la protéger à l'échelle nationale. Considérant son statut préoccupant au niveau national, il a été jugé urgent de **renforcer le système de surveillance du Minioptère de Schreibers afin d'améliorer les connaissances sur ses milieux et comprendre l'évolution observée au niveau national**.

Dans le cadre de l'Appel à Manifestations d'Intérêt (AMI) « Amélioration de la surveillance nationale terrestre des espèces et habitats à enjeux de conservation » lancé au printemps 2021 par l'Office Français de la Biodiversité (OFB), un projet portant sur la surveillance nationale de cette espèce, déposé par un consortium regroupant la SFEPM et neuf associations partenaires, a été retenu par l'OFB et s'est vu également soutenu par les DREAL des régions concernées par ce projet. Le consortium de ce projet est présenté en Annexe 1.

Ce projet « **AMI Minioptère** » est la continuité du travail initié lors de la synthèse de 2020 et a pour objectif de mettre en **place une surveillance nationale permettant d'acquérir des connaissances sur les effectifs et tendances des populations (au travers de différentes méthodologies), mais également d'apporter des éléments tangibles pour améliorer les connaissances sur l'espèce** pour le prochain rapportage Natura 2000, concernant notamment les tendances d'effectifs, dont l'état de conservation a été jugé « défavorable mauvais » (pour les régions biogéographiques alpine et continentale) et « défavorable inadéquat » (pour les régions biogéographiques atlantique et méditerranéenne) lors du rapportage de 2019. (Arthur C.P., 2021).

En France, l'espèce est plutôt méditerranéenne avec des présences de populations remontant jusqu'en région Nouvelle-Aquitaine et dans le Jura pour ses limites nord comme on peut le voir sur la Figure 1 ci-dessous.

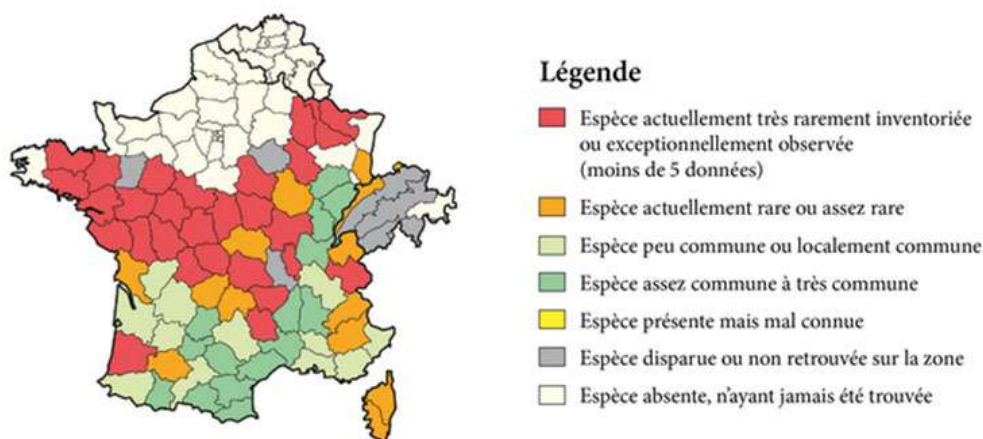


Figure 1 - Distribution du Minioptère de Schreibers - (Arthur et Lemaire, 2021)

Année 2021

Le projet a débuté en novembre 2021, par une réunion de lancement qui s'est tenue les 15 et 16 novembre 2021. L'objectif était de présenter les deux actions du projet auprès des différents acteurs et partenaires du projet, à savoir, l'action 1 « **Homogénéisation des méthodes de comptage hivernales et estivales** » dans l'objectif d'obtenir des tendances d'effectif plus fiables et l'action 2 « **Élaboration et test d'une nouvelle méthodologie de suivi du Minioptère de Schreibers par la technique de l'acoustique** » pour suivre l'occupation des sites avec une nouvelle méthode.

Année 2022

Une réunion intermédiaire concernant l'action 1 a eu lieu le 3 mai 2022 pour échanger auprès des différentes structures dans l'objectif d'améliorer et d'homogénéiser les protocoles de comptages hivernaux et estivaux, à partir d'une synthèse bibliographique et technique. À la suite de cette réunion, une synthèse technique a été produite et transmise le 29 juin 2022 aux partenaires afin de préciser les caractéristiques des sites en vue de définir l'échantillonnage utilisé lors des comptages (Dunand (coord.), 2022).

Les comptages hivernaux et estivaux de la première année de ce projet ont été réalisés par les partenaires lors de l'hiver 2022 (janvier-février) et de l'été 2022 (juin-juillet-août). Ces différents partenaires ont été sollicités afin de récupérer et centraliser toutes ces données de comptage.

L'action 2 a bénéficié de l'appui d'un stage de master 2 de six mois, réalisé par Cassandre Treyvaud au sein du Groupe Chiroptères Languedoc Roussillon (GCLR). Pour mener à bien l'action 2, un protocole a été développé, testé et mis en œuvre sur six sites tests accueillant l'espèce, avec Cassandre en coordination et appui des différentes structures partenaires. Après recalibrage, ce protocole a été mis en place sur 11 sites officiels en 2022 et neuf autres sites ont été suivis en 2023. Ce protocole de comptage acoustique est mis en place pour une durée de deux ans. L'année 2022 correspond à la 1^{ère} année de mise en place de ce nouveau protocole de comptage acoustique qui s'est conclue par une soutenance de stage le 30 septembre 2022.

Année 2023

Un premier rapport intermédiaire a été diffusé en février 2023 permettant **de faire un point d'étape sur les deux actions pour la première année du projet**. Il comprend pour l'action 1 les données de comptages « classiques » hivernaux et estivaux homogénéisés. Pour l'action 2, il s'agit de la présentation du rapport de Cassandre Treyvaud : la méthode utilisée, les résultats, les problèmes rencontrés ainsi que les propositions et recommandations pour améliorer le protocole lors de la prochaine année.

Depuis la mise en place de ce projet, de nombreux échanges ont eu lieu et la coopération entre les différents acteurs et partenaires ont permis d'atteindre les objectifs fixés dès le début du projet pour la première année.

En 2023, un mail mensuel a notamment été mis en place afin de favoriser la communication et le partage d'informations.

Les comptages hivernaux et estivaux de la seconde année de ce projet ont ensuite été réalisés par les partenaires lors de l'hiver 2022/2023 (janvier-février) et de l'été 2023 (mai à août). Ces différents partenaires ont été sollicités afin de récupérer et centraliser toutes ces données de comptages à l'automne 2023.

Année 2024

Un second rapport intermédiaire a été diffusé afin de faire un bilan du projet au 2/3 du parcours. Il comprend pour l'action 1, les données de comptages « classiques » hivernaux et estivaux homogénéisés ; pour l'action 2, la synthèse des sites suivis en 2023.

La réunion annuelle du projet s'est déroulée le 30 janvier 2024, elle a permis de récolter les retours d'expériences des partenaires dans la poursuite des actions.

Dans le cadre de l'action 2, un stage de Master 2, co-encadré par la SFEPM et le MNHN, a été réalisé par Jonathan Roussel de janvier à juillet 2024. Ce stage avait pour objectif d'évaluer la nouvelle méthodologie acoustique de suivi du Minioptère de Schreibers. Les résultats de ce stage sont valorisés dans ce présent rapport (II. Partie B).

En octobre 2024, une réunion de pré-clôture du projet a eu lieu afin de présenter les résultats de stage de Jonathan Rousseau sur l'action 2 du projet ainsi que récolter les attentes des partenaires sur le rapport final du projet. Une seconde réunion technique a été organisée début décembre 2024 pour établir les nouvelles recommandations nationales de comptage. Le travail sur le calcul des tendances de populations est repoussé à 2025 afin de collecter l'ensemble des jeux de données historiques des structures partenaires.

Année 2025

L'année 2025 marque la clôture du projet AMI Minioptère, après trois années d'efforts conjoints. Cette dernière phase a été marquée par un travail approfondi de collecte et de nettoyage des données historiques relatives au Minioptère de Schreibers, mobilisant les jeux de données de l'ensemble des partenaires impliqués.

Dans ce cadre, le MNHN a réalisé une analyse des tendances de population, dont les résultats sont présentés dans le présent rapport.

Grâce à la dynamique collective impulsée par l'AMI, plusieurs suites concrètes voient aujourd'hui le jour :

- Un travail complémentaire est engagé pour approfondir l'analyse des tendances et produire, à terme, une publication scientifique, valorisant les données issues de l'AMI ;
- La rédaction d'un projet LIFE Minio a également été amorcée, avec pour ambition de prolonger et structurer les actions engagées dans une approche opérationnelle, interrégionale et transfrontalière, en s'appuyant sur la fédération d'un vaste réseau d'acteurs associatifs, scientifiques et de collectivités désireux de poursuivre cet effort commun.

IMPORTANT

En l'absence d'un partenaire associatif actif en région Provence-Alpes-Côte d'Azur (Groupe Chiroptères de Provence), les sites d'hibernation et d'estivage de cette région, dont plusieurs sites majeurs connus, n'ont pas pu être intégrés aux analyses menées dans le cadre du projet AMI.

Par conséquent, les résultats présentés ici ne sont pas exhaustifs à l'échelle nationale et ne reflètent pas fidèlement la situation des populations en région PACA. À ce jour, au moins deux sites majeurs pour le Minioptère de Schreibers y sont documentés : l'un pour l'hibernation, l'autre pour la parturition.

La taille réelle de la population régionale est estimée à environ 15 000 individus en hiver comme en été — sans inclure les effectifs en transit.

II. Mise en œuvre du projet AMI - Surveillance nationale du Minioptère de Schreibers

A. Action 1 : Homogénéisation des méthodes de comptages hivernales et estivales

Les protocoles présentés dans la partie *"1. Protocole national de comptage"*, sont les protocoles recommandés et appliqués pendant le projet suite à une réunion technique organisée en mai 2022.

Suite aux analyses des données et aux retours d'expériences en région, **de nouvelles recommandations** de comptages ont émergées en décembre 2024 et sont présentées dans la partie *"4. Nouveau protocole national de comptage (nouvelles recommandation)"*.

1. Protocole national de comptage (2022-2024)

1.1. Comptages hivernaux

1) Méthode

À la suite d'une réunion technique organisée en mai 2022 afin d'harmoniser les méthodes de comptage à l'échelle nationale, il a été convenu que la méthode à privilégier pour les comptages hivernaux consiste d'abord à estimer à **vue la surface de l'essaim en mètres carrés**, puis, lorsque cela est possible, à **extrapoler le nombre d'individus à partir de photographies** (prises au flash ou en infrarouge). **Un facteur de densité** doit être noté (essaim dense ou lâche) afin d'ajuster le calcul, sur la base de l'indice de référence établi en 1999, estimant entre 2 000 et 2 500 individus par mètre carré.

Le rapport intermédiaire 2022 et les échanges entre partenaires ont permis de confirmer que **le comptage à vue est recommandé pour les petits sites**, car il permet une estimation plus exhaustive des effectifs.

À l'issue des campagnes de comptage, les structures partenaires ont transmis leurs résultats à la SFEPM pour centralisation (voir Annexe 2).

2) Nombre de passages

Un seul passage en hiver est avéré suffisant pour assurer la fiabilité du comptage.

3) Période

Pour les comptages hivernaux, il est préconisé de réaliser les comptages entre le **15 et le 25 janvier avec une tolérance pouvant aller jusqu'au 31 janvier**.

1.2. Comptages estivaux

1) Méthode

La méthode recommandée pour les **comptages estivaux** consiste à effectuer un **comptage à vue des adultes à l'envol**, en sortie de gîte, méthode rendue possible sur la majorité des sites. Ce comptage est idéalement complété par une **vérification de la présence de jeunes dans la cavité**, afin de déterminer si une reproduction est toujours en cours sur le site concerné.

Pour les sites qui ne permettent pas un comptage à l'envol, les **méthodes habituelles** doivent être maintenues et précisées lors de la transmission des données de comptage.

Lorsque le comptage se fait à vue à l'intérieur de la cavité, la **prise de photographie** n'est pas toujours réalisable, notamment lorsque la hauteur des plafonds l'empêche. Dans ce cas, l'utilisation d'une **caméra infrarouge** est possible, sous réserve que la structure disposant du matériel puisse la mobiliser.

Suite à la parution de la dernière synthèse technique, il a été jugé pertinent d'**inclure l'ensemble des sites de présence estivale** de l'espèce, sans appliquer de seuil ou d'échantillonnage. En effet, si seuls les sites abritant plus de 1 000 individus étaient retenus, **près de la moitié des sites estivaux** seraient écartés, ce qui représenterait une perte d'information importante. Par ailleurs, cette approche risquerait d'**exclure les sites situés en limite d'aire de répartition**, qui sont souvent les premiers à subir une baisse d'effectifs en cas de déclin global de la population.

À l'issue des campagnes estivales, les structures partenaires ont été invitées à **compléter le tableau figurant en Annexe 3**, puis à le transmettre à la SFEPM pour centralisation.

2) Nombre de passages

Pour réaliser les comptages estivaux, **deux passages sont suffisants** avec deux objectifs :

- **Dénombrement des adultes ;**
- **Preuve de présence de nouveau-nés** avec dénombrement.

3) Période

Pour réaliser les comptages estivaux, la période recommandée est l'avant mise-bas, c'est-à-dire **avant la mi-juin**.

Un second passage pourra être réalisé entre le **25 juin et 5 juillet** afin de compter les jeunes pour évaluer le taux de reproduction, **uniquement sur les sites le permettant**.

À noter qu'une tolérance dans la période de comptage pourra être appliquée selon les secteurs géographiques et selon la météo, des facteurs qui influencent la date de mise bas.

2. Résultats de l'Action 1 du projet (2022-2024)

2.1. Données collectées et centralisées sur la totalité du projet

Au total, **533 données de comptage**, réalisées en périodes **hivernale et estivale**, ont été collectées sur le terrain par les producteurs de données, puis **centralisées par la SFEPM**.

Pour les analyses présentées dans ce rapport, **426 données ont été retenues**, soit **près de 80 % des données récoltées** dans le cadre du projet.

Les données écartées concernaient principalement **des observations de transit**, qui **n'entraient pas dans le périmètre d'analyse défini pour cet AMI**.

Le tableau 1 ci-dessous présente le détail par année et par période des données collectées et des données gardées pour les analyses.

Tableau 1 - Détails des données collectées et centralisées et des données retenues pour l'analyse sur l'intégralité du projet (2022-2024)

Année	Période	Données récoltées et centralisées	Données gardées pour les analyses
2022	ÉTÉ	102	70
	HIVER	79	63
2023	ÉTÉ	85	69
	HIVER	88	77
2024	ÉTÉ	88	70
	HIVER	91	77
Total données		533	426
Pourcentage de données gardées pour l'analyse des données			79,92% Sur la totalité des données collectés et centralisées entre 2022 et 2024

2.2. Comptages hivernaux

Le nombre de sites et les effectifs de Minioptères présentés dans ce rapport ne sont **pas exhaustifs à l'échelle nationale**, mais doivent être considérés comme une **estimation minimale**. En effet, certaines données régionales n'ont pas pu être intégrées, notamment celles issues de **sites majeurs situés en région Provence-Alpes-Côte d'Azur**, non couvertes dans le cadre de ce projet.

1) Résultats bruts de comptages

Sur la période du projet (2022-2024), 110 sites d'hibernation ont été prospectés sur cinq régions : Auvergne-Rhône-Alpes, Bourgogne-Franche-Comté, Corse, Nouvelle-Aquitaine et Occitanie (Cf. Tab 2 et Fig. 2). Le nombre de sites majeurs par région est présenté dans le tableau 3.

La figure 2 ci-dessous représente la répartition géographique des sites d'hibernation suivis entre 2022 à 2024.

L'ensemble des cartes de suivis des sites d'hibernation sont disponibles en annexe 4.

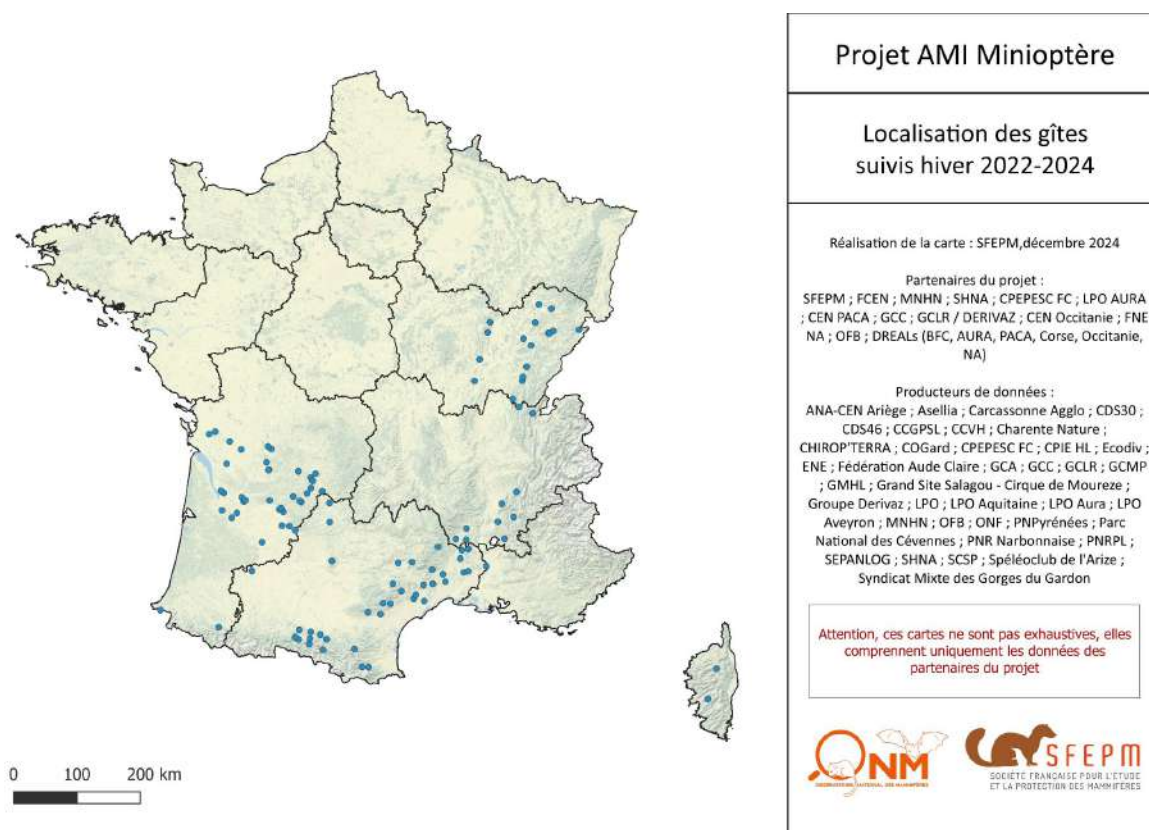


Figure 2 - Carte de localisation des sites hivernaux de Minioptère de Schreibers (2022-2024)

Le tableau 2 ci-dessous détaille les 110 sites d'hibernation suivis ainsi que l'effectif et la répartition des populations par région. Ces résultats sont représentés schématiquement dans les figures 3 et 4.

La liste des sites d'hibernation connus et suivis dans le cadre du projet est disponible en annexe 6.

Tableau 2 - Nombre de sites et effectifs des populations dans les sites d'hiver comptés dans le cadre de l'AMI Minioptère (2021-2024)

	Hiver		
	Nombre de site	Effectif de population par région	% de répartition de la population
Auvergne-Rhône-Alpes	10	17 738	14.3%
Bourgogne- Franche-Comté	18	3 877	3.1%
Corse	2	4 200	4.4%
Nouvelle-Aquitaine	40	16 282	13.2%
Occitanie	40	82 015	66.1%
Provence-Alpes-Côte-D'azur	NA	NA	NA
Total	110	124 112	100%

La **Figure 3** ci-dessous illustre la **répartition en pourcentage des sites d'hibernation** prospectés sur l'ensemble de la période du projet. Les régions **Nouvelle-Aquitaine** et **Occitanie** concentrent à elles seules la plus grande part des sites suivis en période hivernale.

Cependant, il est important de souligner que **la majorité des effectifs de Minioptères de Schreibers sont regroupés dans un nombre restreint de sites (les sites majeurs)**. La plupart des sites d'hibernation actuellement connus ne

présentent **pas un intérêt majeur pour la conservation** de l'espèce. Il s'agit plutôt de **sites secondaires ou occasionnels**, dont les effectifs restent limités, mais qui doivent tout de même faire l'objet d'un **suivi régulier**.

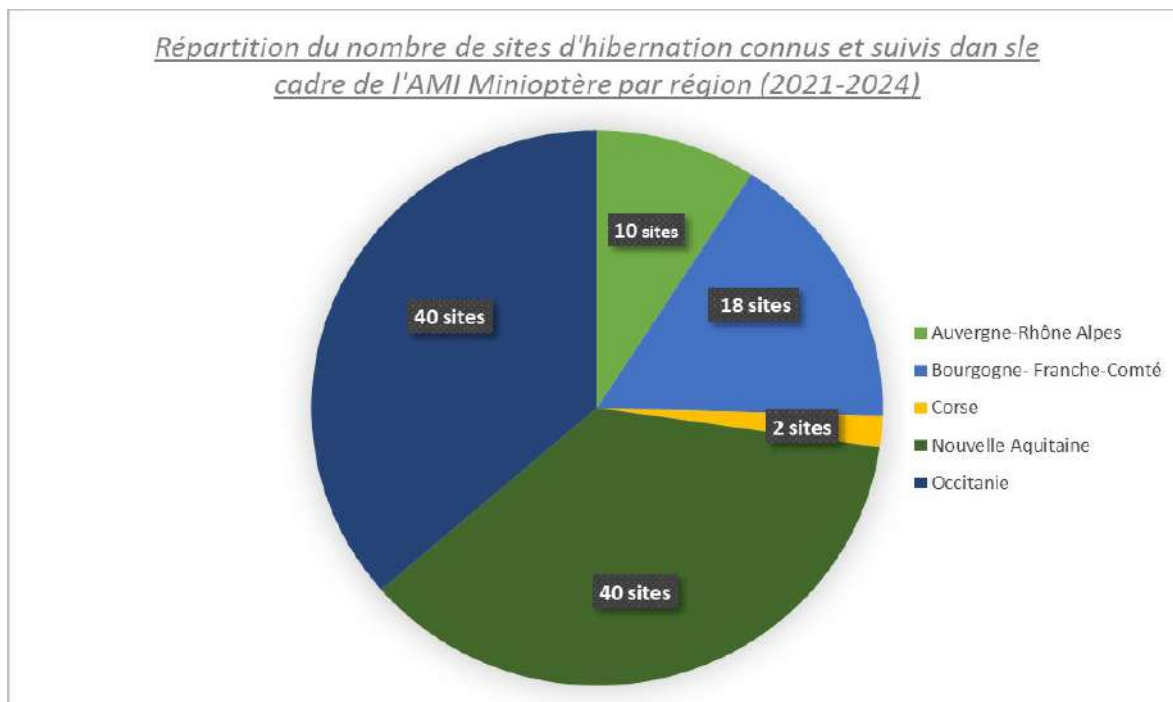


Figure 3 - Répartition des sites d'hivernation suivis par région pendant l'AMI Minioptère (2021-2024)

La **Figure 4** présente la **répartition régionale des sites suivis** ainsi que des **effectifs de Minioptères de Schreibers comptabilisés** durant la période hivernale.

Bien que la **Nouvelle-Aquitaine** affiche un nombre important de sites suivis, ce graphique met en évidence que **l'Occitanie concentre à elle seule près de 66 % des effectifs hivernants** (voir également Figure 3), faisant d'elle la **principale région d'hivernage pour l'espèce**.

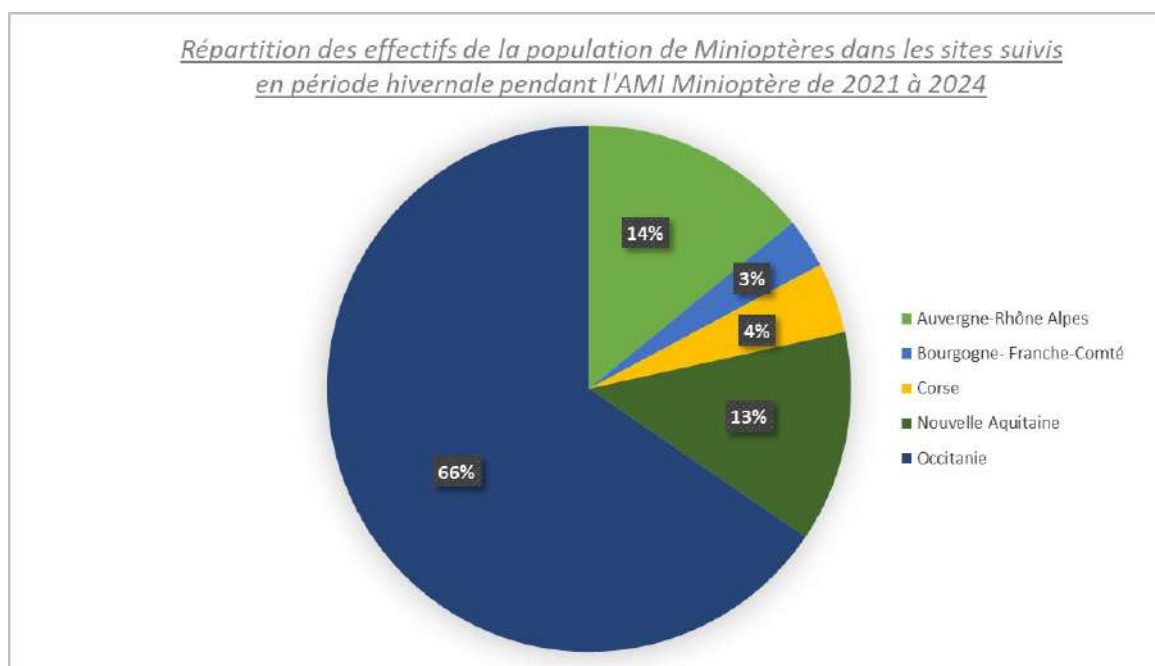


Figure 4 - Répartition des effectifs de la population de Minioptères de Schreibers dans les sites suivis en période hivernale (2021-2024)

2) Les sites majeurs d'hibernation (2021-2024)

Le tableau 3 ci-dessous liste le nombre de sites d'hibernation majeurs par région et leurs effectifs respectifs.

Tableau 3 - Nombre de sites majeurs d'hibernation suivis par région couplé au total d'individus comptés (2022-2024)

HIVER				
	Nombre de sites à > 5 000 individus	Effectif cumulé des sites suivis à > 5 000 individus	Nombre de sites entre 1 000 et 5 000 individus	Effectif cumulé des sites suivis entre 1 000 et 5 000 individus
Auvergne-Rhône Alpes	2	16 000	1	1 705
Bourgogne- Franche-Comté	/	/	1	3 464
Corse	/	/	2	4 400
Nouvelle Aquitaine	/	/	7	15 451
Occitanie	5	65 809	7	12 700
Provence Alpes Côtes d'Azur	/	/	/	/
Total	7	81 809	18	37 720
Total en pourcentage	6,36% Sur la totalité des sites d'hibernations comptés entre 2022 et 2024	65,92% Sur la totalité des effectifs comptés entre 2022 et 202	16,36% Sur la totalité des sites d'hibernations comptés entre 2022 et 2024	30.39% Sur la totalité des effectifs comptés entre 2022 et 2024

Ce tableau met en évidence que **près de 66 % de la population de Minioptère de Schreibers suivie dans le cadre de l'AMI en période hivernale est concentrée sur seulement sept sites**, répartis entre **deux en Auvergne-Rhône-Alpes et cinq en Occitanie**.

En élargissant à l'ensemble des **sites comptant plus de 1 000 individus**, **96 % des effectifs nationaux** se retrouvent dans **seulement 18 sites sur les 110 suivis** (soit **16,3 %** des sites prospectés dans le cadre de l'AMI). Ces sites constituent les **gîtes majeurs pour la conservation de l'espèce à l'échelle nationale**.

La liste complète de ces sites est présentée dans la partie **"2.3. Bilan des sites majeurs pour le Minioptère de Schreibers"** de ce rapport.

Les **sites d'hibernation de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur** n'apparaissent pas dans cette analyse, en raison de l'absence de données disponibles dans le cadre du projet. Toutefois, **au moins un site majeur y est connu** et présente un **intérêt fort pour la conservation** des populations régionales.

Les **92 autres sites** suivis dans le projet sont qualifiés de **sites occasionnels**, accueillant des effectifs plus modestes mais néanmoins importants à surveiller. En particulier, les **sites situés à proximité des gîtes majeurs** constituent un **réseau de gîtes secondaires** intéressant à étudier et à préserver pour mieux comprendre les **flux de déplacement des populations**.

Ces sites majeurs doivent faire l'objet d'une surveillance annuelle, conformément aux méthodes et périodes de comptage détaillées dans la partie "4. Nouveau protocole national de comptage (nouvelles recommandations)" du présent rapport.

La carte ci-dessous (figure 5) présente la répartition géographique des sites d'hivernage suivis en 2024 et les classes d'effectifs associées. Les cartes des sites suivis en 2022 et 2024 sont consultables en annexe 4.

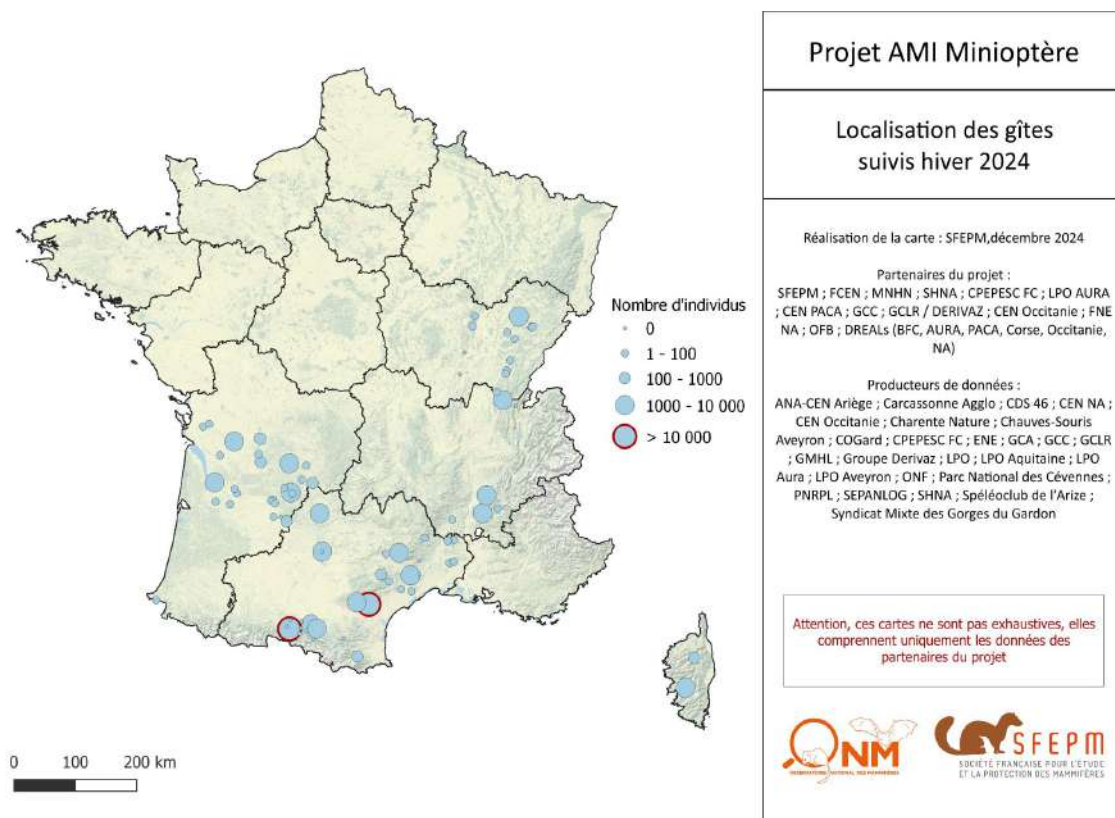


Figure 5 - Carte de localisation des gîtes hivernaux de Minioptère de Schreibers suivis en 2023 localisés à la commune

La figure 6 ci-dessous indique les gîtes d'hivernation majeurs (>1 000 individus) du Minioptères de Schreibers en France métropolitaine.

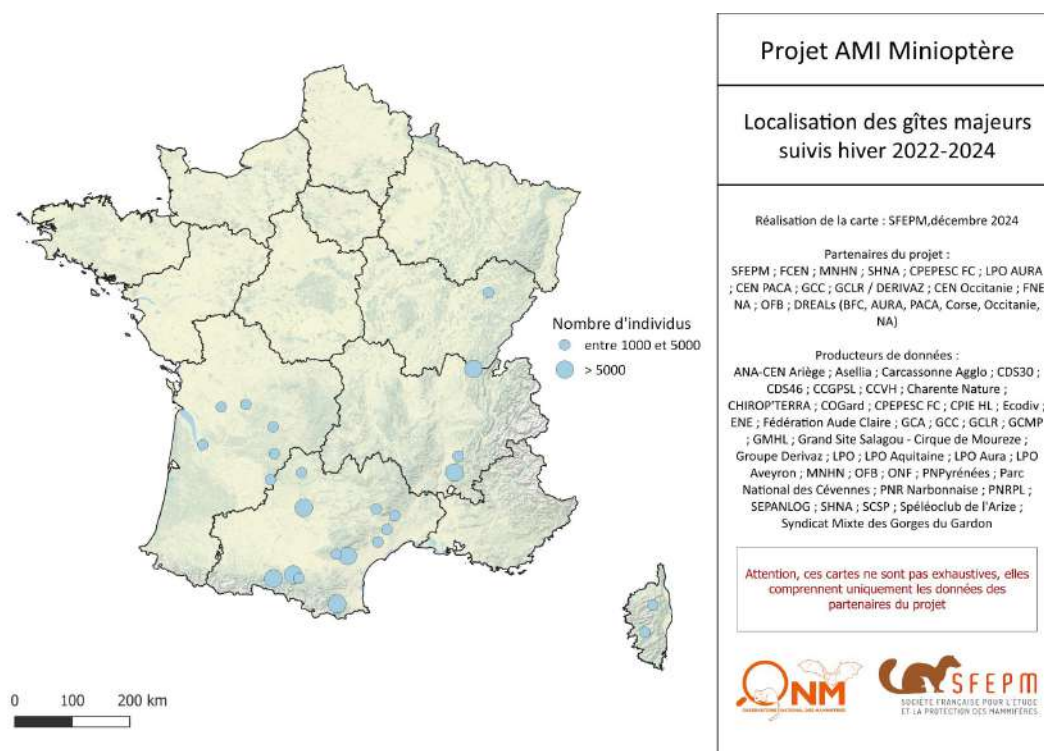


Figure 6 - Carte de localisation des gîtes d'hibernations majeurs (>1 000 individus) de Minioptère de Schreibers (2022-2024)

3) Résultats sur l'harmonisation des méthodes de comptages

Les **méthodes de comptage recommandées à l'échelle nationale** visent à améliorer la **comparabilité et la qualité des données collectées sur le terrain**. Toutefois, selon la **typologie des sites** ou le **comportement spécifique des colonies**, ces recommandations peuvent ne pas toujours être les plus adaptées pour obtenir une estimation fiable des effectifs.

Dans ces situations, la **précision du comptage ou de l'estimation prime sur la stricte application de la méthode** : des ajustements peuvent donc être réalisés localement pour garantir la robustesse des données.

Lors des suivis hivernaux réalisés dans le cadre de l'AMI, la méthode du « **comptage à vue** », particulièrement adaptée aux petits sites, a été la plus utilisée (dans **68 %** des cas), suivie du « **comptage sur photo (flash)** » à **15 %**, et du « **comptage à vue + photo** », également à **15 %** (voir Figure 7).

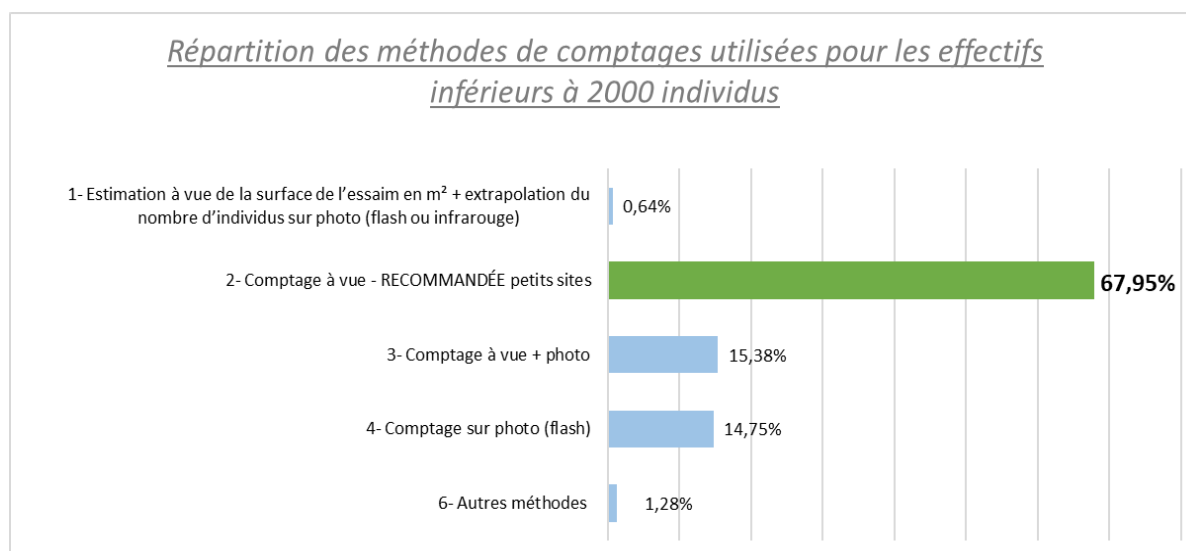


Figure 7 - Répartition des méthodes de comptage utilisées pour les sites d'hibernation inférieures à 2 000 individus (2022-2024)

La **méthode recommandée pour les sites de plus de 2 000 individus** a été principalement appliquée aux sites dont les effectifs se situent entre **2 000 et 10 000 individus** (35 %, voir Figure 8).

Pour cette catégorie, la **méthode de comptage sur photo** est la plus fréquemment utilisée, représentant **41 % des cas**. Plus globalement, cette méthode est également celle qui est **la plus utilisée pour les sites accueillant plus de 100 individus** (voir Figure 9).

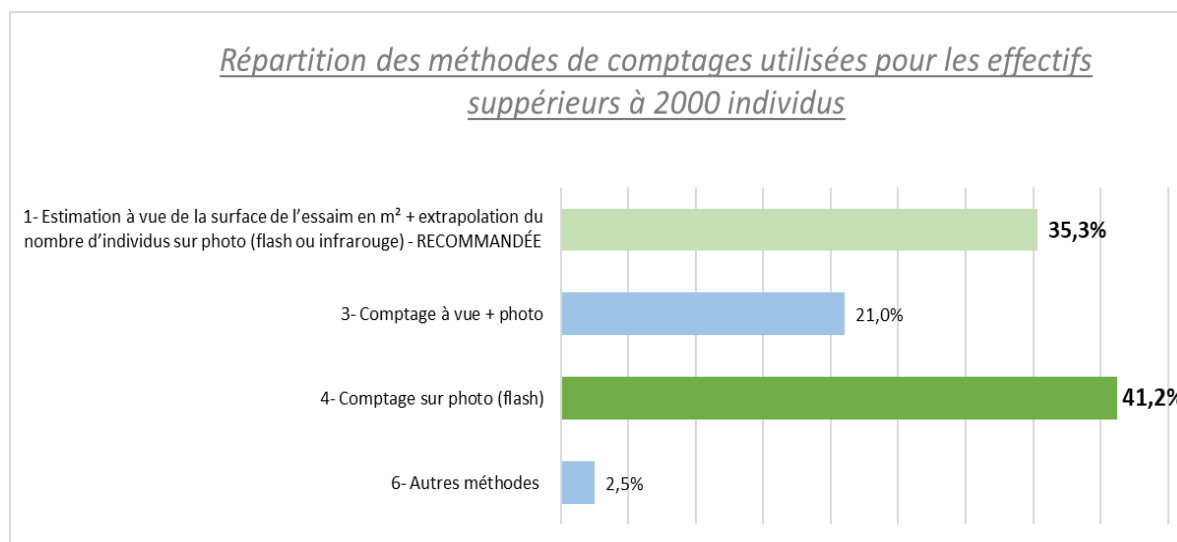


Figure 8 - Répartition des méthodes de comptages utilisées pour les sites d'hibernation supérieurs à 2 000 individus (2022-2024)

Pour affiner l'analyse de l'usage des différentes méthodes de comptage, la **Figure 9** ci-dessous présente la **répartition des protocoles hivernaux selon les classes d'effectifs** des sites suivis.

Ce graphique met en évidence la **diversité des méthodes utilisées** durant la période hivernale, même si les distinctions entre ces protocoles restent parfois subtiles.

Comme le confirment les Figures 7 et 8, en regroupant ces méthodes en grandes catégories, on observe que les **comptages sur photo (flash)**, parfois **couplés à des comptages à vue**, sont les **méthodes les plus fréquemment mobilisées dès que les effectifs dépassent 100 individus**.

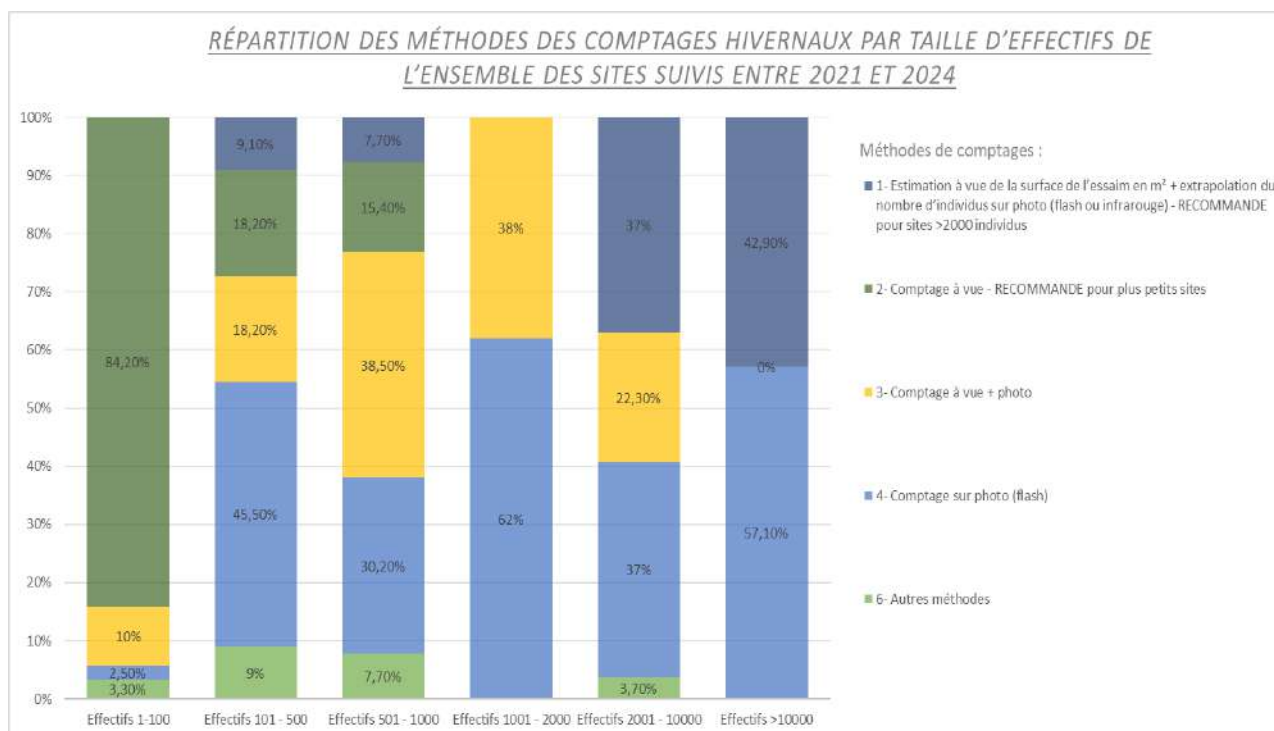


Figure 9 - Répartition des méthodes de comptages des sites d'hibernations par taille d'effectifs (2022-2024)

La Figure 10 ci-dessous illustre la **répartition des périodes de prospection hivernale** pour les sites suivis entre 2021 et 2024. Bien que des comptages aient été réalisés entre le **14 novembre et le 10 mars**, seuls ceux effectués entre le **1er janvier et le 15 février** ont été retenus pour ce graphique, afin d'exclure les périodes susceptibles de correspondre à des phases de **transit**.

Parmi les **258 suivis réalisés**, **217** ont été effectués **pendant la période recommandée**, soit **84 %** des cas. Cette période de référence s'étend du **15 au 31 janvier inclus**.

Sur ces 84 %, **20 passages** (soit environ **10,7 %**) ont été réalisés **en bordure de cette période**, c'est-à-dire entre le **1er et le 14 janvier** ou entre le **1er et le 15 février** (voir Figure 10).

Ces écarts peuvent s'expliquer par des **contraintes liées aux conditions météorologiques, au climat local ou à la topographie**, variables selon les régions.

Toutefois, le **respect de la période cœur du 15 au 31 janvier** demeure essentiel pour permettre une **estimation fiable de la population en hibernation**, tout en assurant la comparabilité des données à l'échelle nationale.

Les suivis réalisés **en dehors de cette période cœur** restent des données intéressantes, notamment pour étudier les **phases de déplacement des populations** en transit automnal ou printanier. Bien que **non analysées dans le cadre de ce projet**, ces données mériteraient à l'avenir **des investigations plus approfondies**, en vue de mieux comprendre les dynamiques spatio-temporelles de l'espèce.

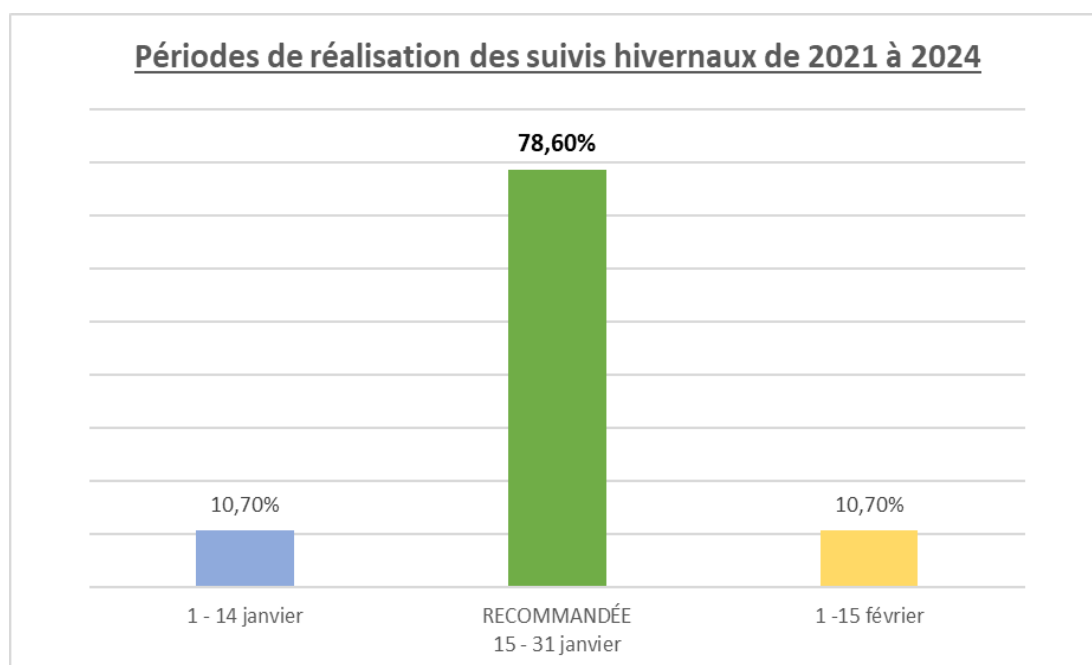


Figure 10 - Périodes de réalisation des suivis hivernaux (2021-2024)

2.3. Comptages estivaux

Le nombre de sites et les effectifs de Minioptères présentés dans ce rapport ne sont pas exhaustifs à l'échelon national mais indiquent plutôt un chiffre minimum à considérer. En effet, ce rapport n'intègre pas toutes les données des régions ni des sites majeurs présents en région Provence-Alpes-Côte-D'azur.

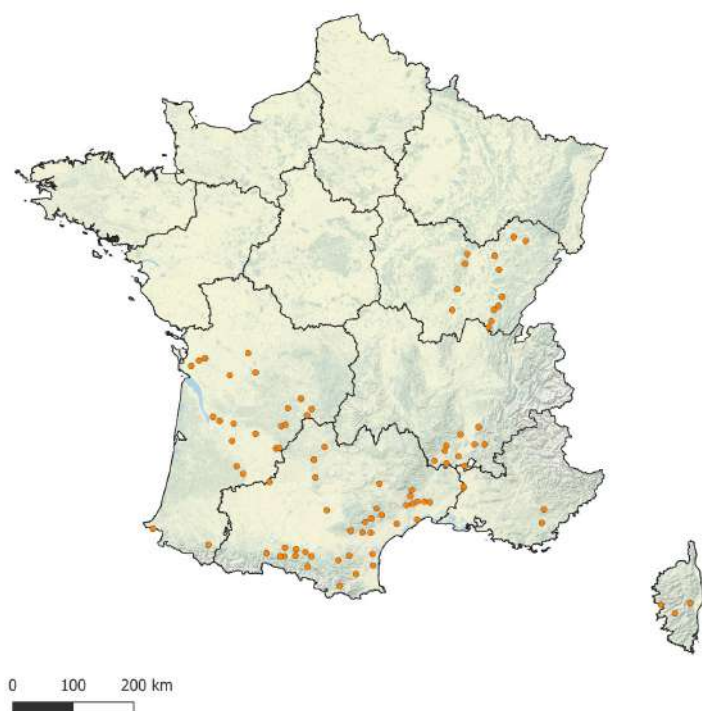
1) Résultats bruts de comptages

Sur la période du projet (2022–2024), **92 sites estivaux** ont été prospectés, dont **50 sites d'estivage** et **40 sites de parturition**, répartis sur **six régions** : **Auvergne-Rhône-Alpes, Bourgogne-Franche-Comté, Corse, Nouvelle-Aquitaine, Provence-Alpes-Côte d'Azur et Occitanie** (voir Tableau 4 et Figure 10).

Le **détail par région**, pour les sites d'estivage et de parturition, est présenté dans le **Tableau 4**.

La **liste complète** des sites suivis au titre de l'AMI, en période estivale, est disponible en **Annexes 7 et 8**.

La **Figure 11** illustre la **répartition géographique des sites estivaux** suivis entre 2022 et 2024.



Projet AMI Miniopère

Localisation des gîtes suivis été 2022-2024

Réalisation de la carte : SFEPM, décembre 2024

Partenaires du projet :
SFEPM ; FCEN ; MNHN ; SHNA ; CPEPESC FC ; LPO AURA ; CEN PACA ; GCC ; GCLR / DERIVAZ ; CEN Occitanie ; FNE NA ; OFB ; DREALs (BFC, AURA, PACA, Corse, Occitanie, NA)

Producteurs de données :
ALEPE ; ANA-CEN Ariège ; Asellia ; Carcassonne Agglo ; CD30 ; CD34 ; CDS 46 ; CEN NA ; CEN Nouvelle-Aquitaine ; CEN Occitanie ; CEN PACA ; Charente Nature ; Chiropterra ; COGard ; CPEPESC FC ; ENE ; Faunae ; GCA ; GCC ; GCLR ; GMHL ; Groupe Derivaz ; LPO ; LPO Aura ; LPO Aveyron ; NE17 ; OFB ; PNPyrénées ; PNR Haut-Languedoc ; PNR du Haut-Languedoc ; SEPANLOG ; SHNA ; Syndicat Mixte Rivage ; SYMBIOSE

Attention, ces cartes ne sont pas exhaustives, elles comprennent uniquement les données des partenaires du projet

Figure 11 - Carte de localisation des sites de Miniopère de Schreibers suivis en été (2022-2024)

L'ensemble des cartes des sites suivis en période estivale est présenté en **Annexe 5**.

Le Tableau 4 ci-dessous détaille, pour chaque région, **le nombre de sites d'estivage et de parturition suivis**, les **effectifs observés**, ainsi que le **pourcentage de répartition de la population estivale** à l'échelle du projet.

Ces résultats sont représentés graphiquement dans les **Figures 12 et 13**.

Tableau 4 - Détail des effectifs et de leur répartition par site d'estivage et de parturition au sein des régions (2021-2024)

	Été								
	Nombre total de site d'estivage et de parturition	Cumul des effectifs connus par région	% de répartition de la population	Nombre site d'estivage	Effectif de la population d'estivage	% de répartition de la population estivage	Nombre site parturition	Effectif de la population de parturition	% de répartition de la population de parturition
Auvergne-Rhône-Alpes	10	12 974	13,10%	8	6 724	26,39%	2	6 250	8,55%
Bourgogne-Franche-Comté	14	8 730	8,43%	7	976	3,83%	7	7 754	10,60%
Corse	3	2 400	2,30%	2	1 400	5,5%	1	1 000	1,37%
Nouvelle-Aquitaine	24	21 764	21,90%	13	2 996	11,76%	11	18 768	25,67%
Occitanie	39	51 124	51,90%	20	13 381	52,52%	19	37 843	51,75%
Provence -Alpes Côtés -d'Azur	2	1 507	1,50%	NA	NA	NA	2	1 507	2,06%
Total	92	98 499	100%	50	25 477	100%	42	73 122	100%

La **Figure 11** ci-dessous présente la **répartition régionale du nombre de sites d'estivage et de parturition** suivis dans le cadre du projet.

Comme pour les sites d'hibernation, les régions **Nouvelle-Aquitaine** et **Occitanie** concentrent le plus grand nombre de sites estivaux connus pour l'espèce.

En **Occitanie**, **39 sites** ont été recensés, dont **20 sites d'estivage** et **19 sites de parturition**.

En **Nouvelle-Aquitaine**, **25 sites** ont été suivis, comprenant **13 sites d'estivage** et **11 sites de parturition**.

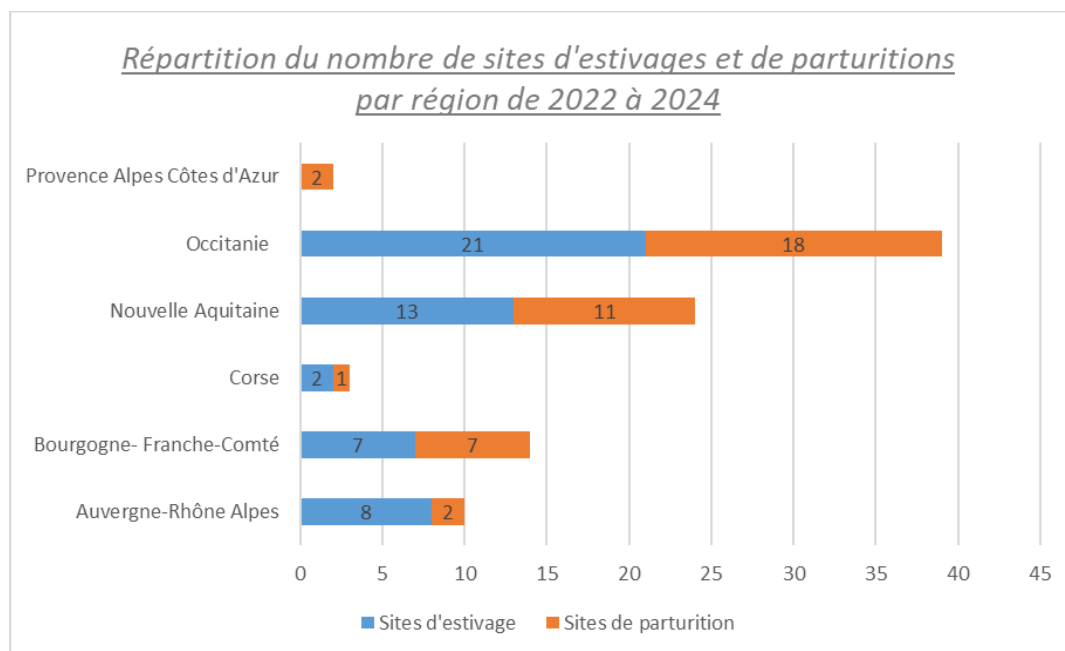


Figure 12 - Répartition du nombre de sites d'estivages et de parturitions par région (2022-2024)

La **Figure 13** ci-dessous illustre la **répartition des effectifs totaux** observés dans les **sites d'estivage et de parturition** entre 2022 et 2024.

Les **sites de parturition en Occitanie** concentrent à eux seuls **plus de 53 % de la population connue** à l'échelle nationale, suivis par la **Nouvelle-Aquitaine**, qui regroupe **près de 27 % des effectifs**.

Concernant les **sites d'estivage**, l'**Occitanie** accueille également une part majeure de la population, avec **près de 50 % des effectifs**, suivie de la région **Auvergne-Rhône-Alpes**, qui représente **environ 25 % du total national**.

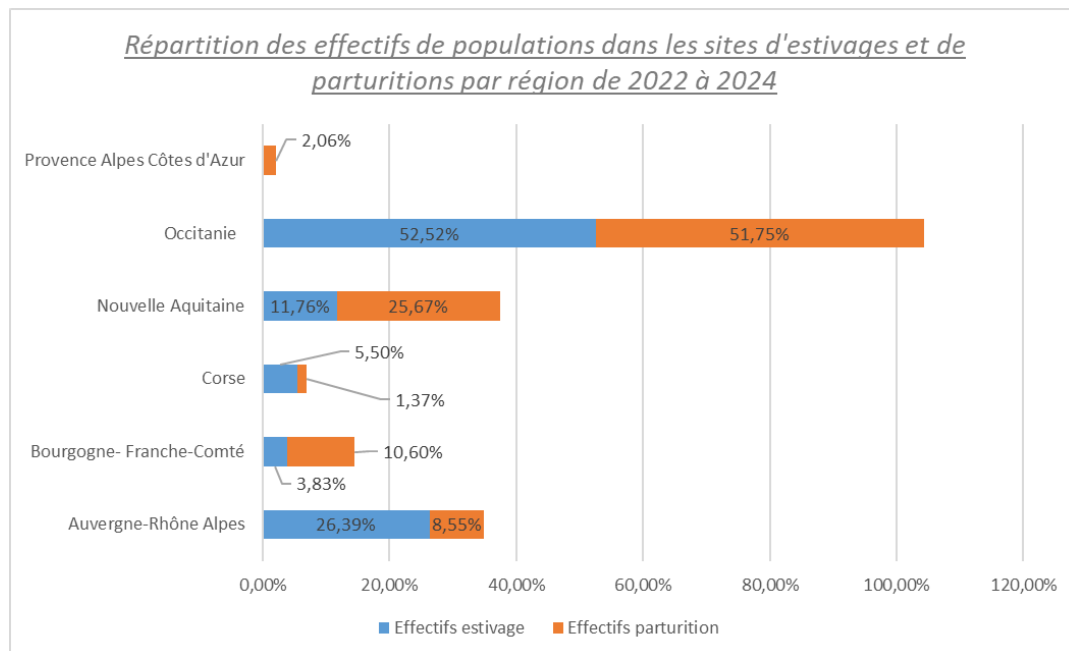


Figure 13 - Répartition de l'effectif d'estivage et de parturition national connu par région (2022-2024)

La carte ci-dessous (figure 14) présente la répartition géographique des sites d'estivage et de parturition suivis en 2024 et les classes d'effectifs associées. Les cartes des sites suivis en 2022 et 2023 sont consultables en annexe 5.

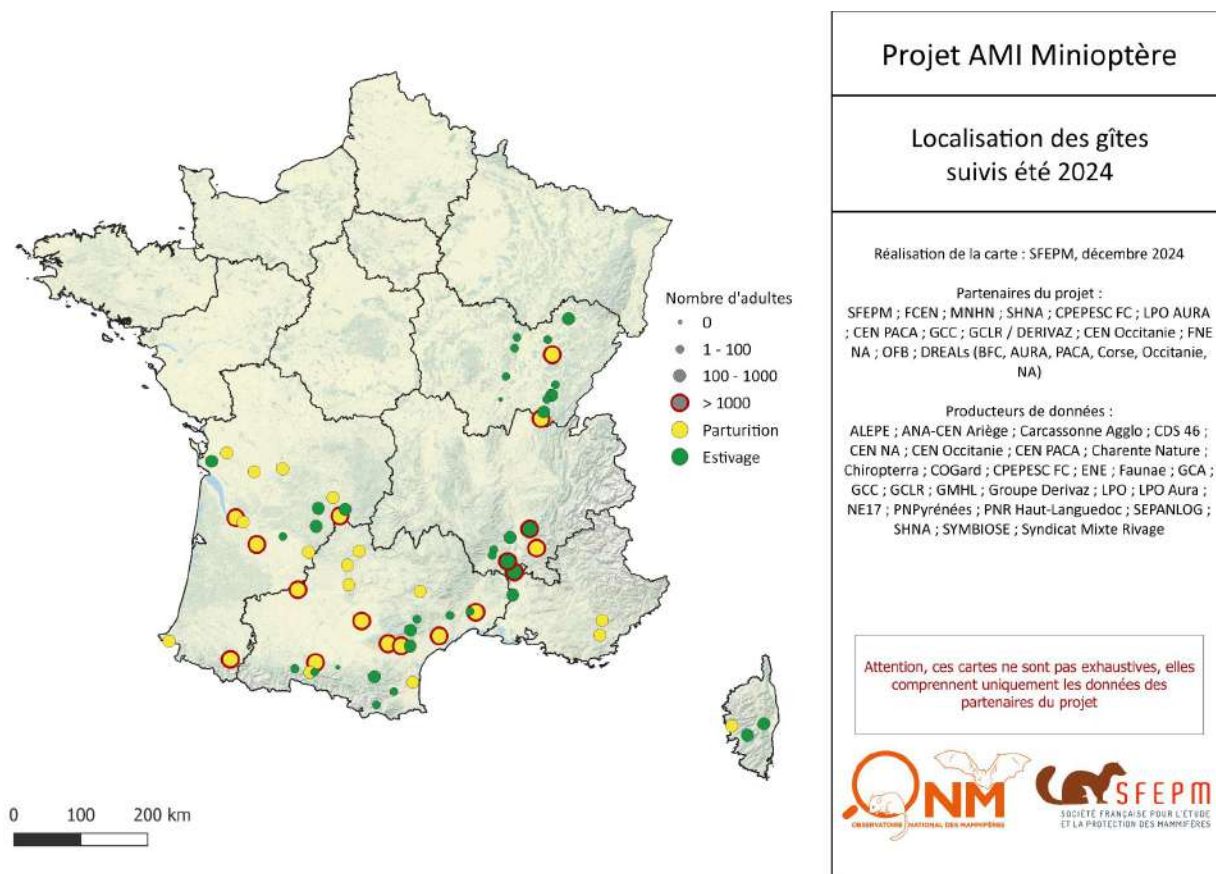


Figure 14 - Répartition des effectifs de population dans les sites d'estivage et de parturition par région en 2024

2) Sites majeurs d'estivages (2022-2024)

Le tableau 5 ci-dessous liste le nombre de **sites majeurs (> 1 000 individus) d'estivages** par région et leurs effectifs respectifs.

Tableau 5 – Sites majeurs d'estivage (>1000 individus) et répartition de la population dans ces sites (2022-2024)

	Nombre de sites >1000 individus	Effectif cumulés
Auvergne-Rhône Alpes	3	6 223
Bourgogne- Franche-Comté	0	0
Corse	1	1 200
Nouvelle Aquitaine	0	0
Occitanie	4	10 755
Provence Alpes Côtes d'Azur	0	0
Total	8	18 178
Total en pourcentage	16% Sur la totalité des sites d'estivages comptés entre 2022 et 2024	71,35% Sur la totalité des effectifs comptés entre 2022 et 2024

Ce tableau met en évidence que **plus de 70 % de la population de Minioptère de Schreibers suivie sur les sites d'estivage dans le cadre de l'AMI est concentrée dans seulement 8 sites sur les 50 prospectés** :

- **3 sites en Auvergne-Rhône-Alpes,**
- **1 site en Corse,**
- **et 4 sites en Occitanie.**

Parmi ces 8 sites, **plus de la moitié des effectifs totaux** sont localisés en **région Occitanie**.

À noter qu'**aucun site d'estivage majeur n'a été identifié** en **Bourgogne-Franche-Comté** ni en **Nouvelle-Aquitaine**.

Par ailleurs, les **sites majeurs d'estivage de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur** ne sont **pas inclus** dans le présent rapport, faute de données disponibles.

Les **8 sites présentant plus de 1 000 individus** constituent les **sites majeurs d'estivage**, prioritaires pour la **conservation** de l'espèce. Ils sont essentiels pour **suivre les variations interannuelles d'effectifs** et doivent faire l'objet **d'un suivi annuel**, conformément aux **méthodes et périodes recommandées** dans la partie *"4. Nouveau protocole national de comptage (nouvelles recommandations)"* du présent rapport.

Les **42 autres sites** sont qualifiés de **sites occasionnels**, principalement occupés par **des individus non reproducteurs (mâles ou femelles)**. Ces sites, insérés dans un **réseau de gîtes plus large**, ne nécessitent pas de suivi annuel systématique, mais doivent faire l'objet **d'une veille régulière**.

3) Sites majeurs de parturitions (2022-2024)

Le tableau 6 ci-dessous liste le nombre de sites majeurs (> 1 000 individus) de parturitions par région et leurs effectifs respectifs.

Tableau 6 - Sites majeurs de parturition (>1000 individus) et répartition de la population d'adultes et de jeunes dans ces sites (2022-2024)

	Nombre de sites >1000 individus	Effectifs cumulés d'adultes	Effectifs cumulés des jeunes
Auvergne-Rhône-Alpes	2	6 250	5 550
Bourgogne- Franche-Comté	3	6 670	1 175
Corse	1	1 000	NC
Nouvelle-Aquitaine	6	16 503	3 581
Occitanie	12	36 550	10 919
Provence-Alpes-Côte d'Azur	NA	NA	NA
Total	24	66 973	21 225
Total en pourcentage	57,14% Sur la totalité des sites de parturitions comptés entre 2022 et 2024	91,60% Sur la totalité des effectifs comptés entre 2022 et 2024	83,30% Sur la totalité des jeunes comptés entre 2022 et 2024

Ce tableau montre que **plus de 90 % de la population de Minioptère de Schreibers suivie sur les sites de parturition dans le cadre de l'AMI est concentrée dans seulement 24 sites sur les 42 prospectés**, répartis comme suit :

- **2 sites en Auvergne-Rhône-Alpes,**
- **1 site en Corse,**
- **3 sites en Bourgogne-Franche-Comté,**
- **6 sites en Nouvelle-Aquitaine,**
- **et 12 sites en Occitanie.**

Ces sites accueillent également **plus de 80 % des juvéniles comptabilisés**, ce qui confirme leur **rôle central pour la reproduction** de l'espèce à l'échelle nationale. Comme pour les sites d'hibernation et d'estivage, **la moitié de la population reproductrice est concentrée en région Occitanie.**

Les **24 sites présentant plus de 1 000 individus** constituent les **sites majeurs de parturition**, à suivre **prioritairement** dans le cadre des actions de conservation.

Les **18 autres sites** prospectés, bien que moins peuplés, représentent également **des gîtes d'importance**, contribuant à la **résilience globale** de la population de Minioptère de Schreibers.

L'ensemble des **sites de parturition** doit faire l'objet **d'un suivi annuel**, conformément aux **méthodes et périodes de comptage** recommandées dans la partie *"4. Nouveau protocole national de comptage (nouvelles recommandations)"* du présent rapport.

4) Résultats sur l'harmonisation des méthodes de comptage

Concernant les **suivis estivaux**, la méthode de **comptage "en sortie de gîte"** a été la plus fréquemment utilisée, représentant **67 % des cas**.

La **Figure 15** présente une **vue d'ensemble des méthodes de comptage estivales**, regroupées en grandes catégories, tandis que la **Figure 16** en détaille la répartition plus précisément.

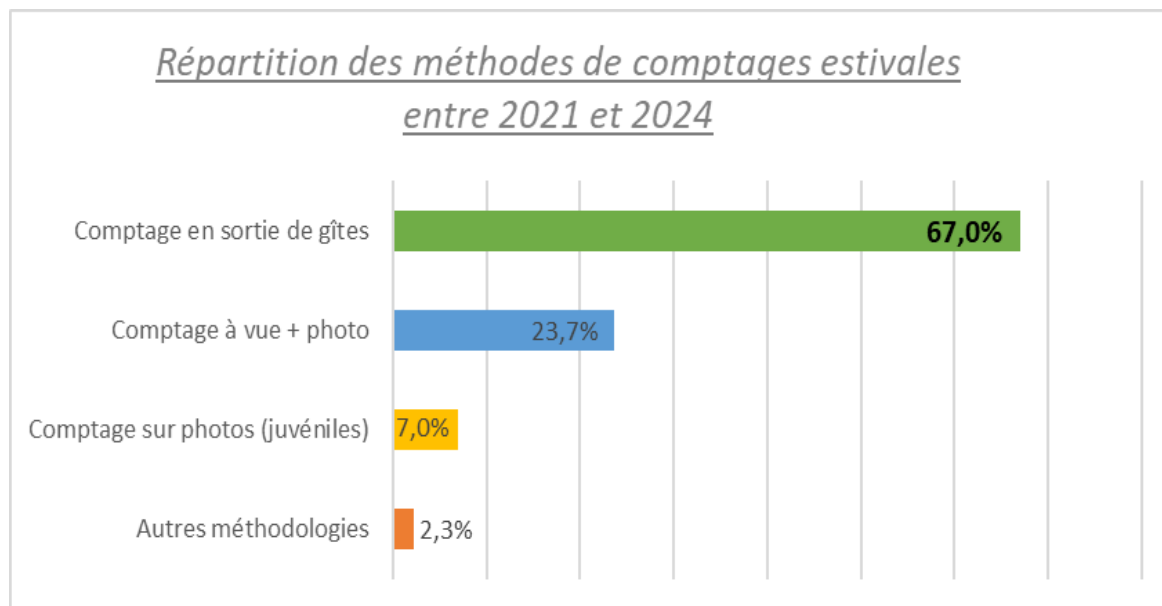


Figure 15 - Répartition des méthodes de comptages par grande catégorie pour les suivis estivaux (2021-2024)

Toutes périodes confondues, la méthode la plus fréquemment utilisée a été le « **comptage en sortie de gîte (adultes) couplé à un comptage sur photo (flash) dans la cavité pour les juvéniles** », représentant **25,6 % des cas**.

Elle est suivie par la méthode recommandée, le « **comptage en sortie de gîte (adultes) seul** », utilisée dans **18,4 % des cas**, puis par le « **comptage à vue dans la cavité associée à une photo (flash)** », représentant **17,7 % des suivis**.

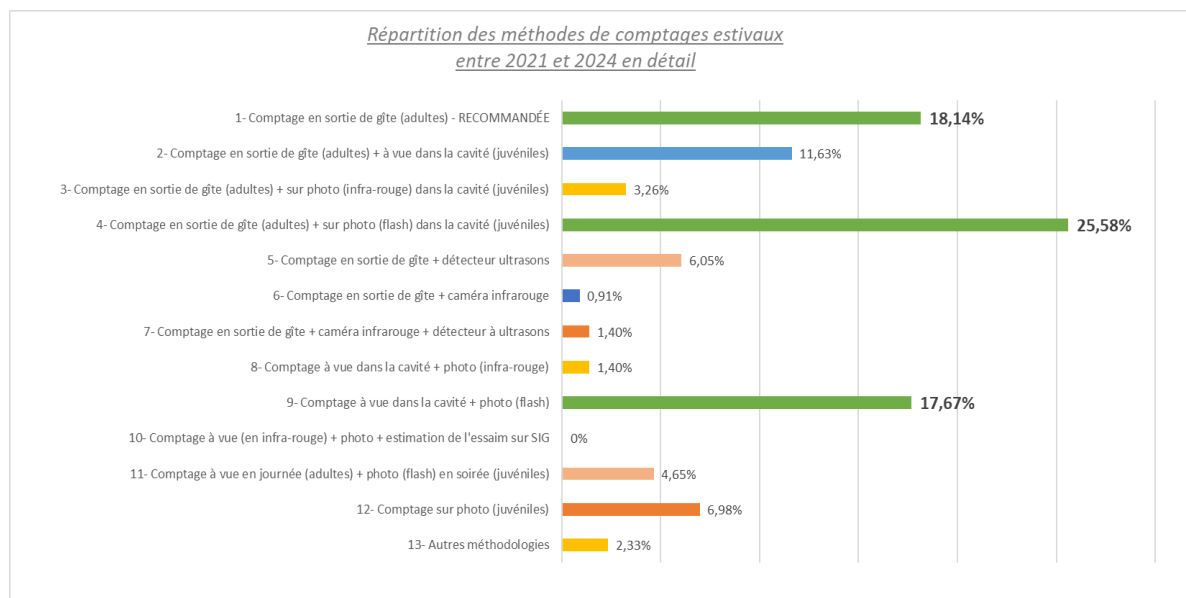


Figure 16 - Répartition des méthodes utilisées lors des comptages estivaux des sites suivis (2021-2024)

Afin de préciser l'analyse, la **Figure 17** présente l'**utilisation des méthodes de comptage estivales en fonction des classes d'effectifs** sur l'ensemble des sites suivis.

La **méthode recommandée** (comptage en sortie de gîte des adultes) a été **majoritairement appliquée aux sites présentant de faibles effectifs** (1 à 100 individus).

Pour les sites hébergeant entre **100 et 5 000 individus**, la méthode la plus utilisée a été le « **comptage en sortie de gîte (adultes) associé à un comptage sur photo (flash) des juvéniles dans la cavité** ».

Enfin, pour les sites de **plus de 5 000 individus**, la méthode dominante est le « **comptage en sortie de gîte (adultes) couplé à une estimation à vue sur photo dans la cavité (juvéniles)** », suivie de près par le **comptage en sortie de gîte + photo flash**.

Ce graphique illustre la **diversité des protocoles mobilisés en période estivale**, bien que les différences entre certaines variantes restent **relativement subtiles**.

Comme le montre également la **Figure 15**, si l'on regroupe ces méthodes en grandes catégories, le **comptage en sortie de gîte reste de loin la méthode la plus utilisée**, toutes classes d'effectifs confondues.

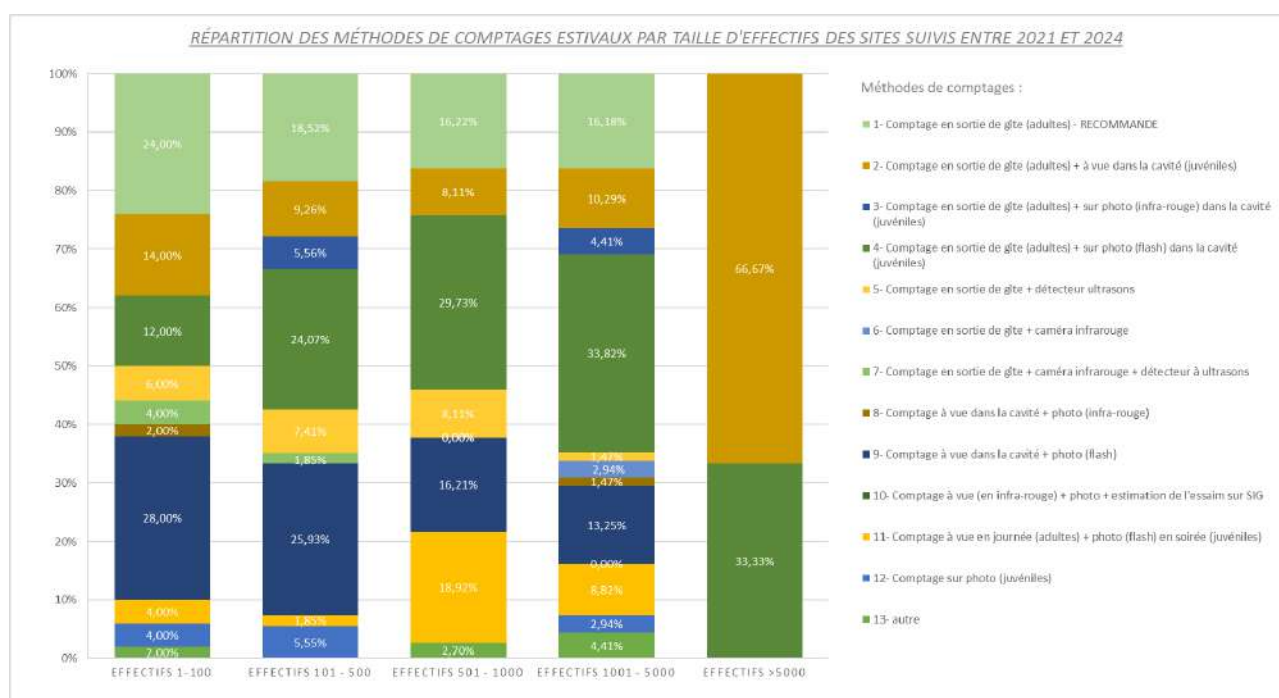


Figure 17 - Répartition des méthodes des comptages estivaux par taille d'effectifs des sites suivis (2021-2024)

Les **méthodes de comptage recommandées à l'échelle nationale** visent à améliorer l'analyse et l'interprétation des données collectées sur le terrain. Toutefois, selon la **typologie des sites** et le **comportement des colonies**, ces recommandations ne sont pas toujours les plus adaptées. Dans certains cas, la **précision du comptage ou de l'estimation prime sur la stricte application de la méthode**, et des **adaptations ponctuelles** peuvent donc être mises en place.

Concernant la **période de réalisation des comptages estivaux**, deux passages avaient initialement été recommandés :

- Un premier **avant le 15 juin** pour dénombrer les adultes avant la mise bas,
- Un second, entre le **25 juin et le 15 juillet**, pour comptabiliser les jeunes dans la cavité.

Cependant, dans la pratique, la majorité des régions ont opté pour un **passage unique**, visant à répondre à ces deux objectifs de manière conjointe.

Comme le montre la **Figure 18**, tous passages confondus, **les comptages estivaux ont été majoritairement réalisés entre le 1er et le 15 juillet**, représentant **52,7 %** des suivis.

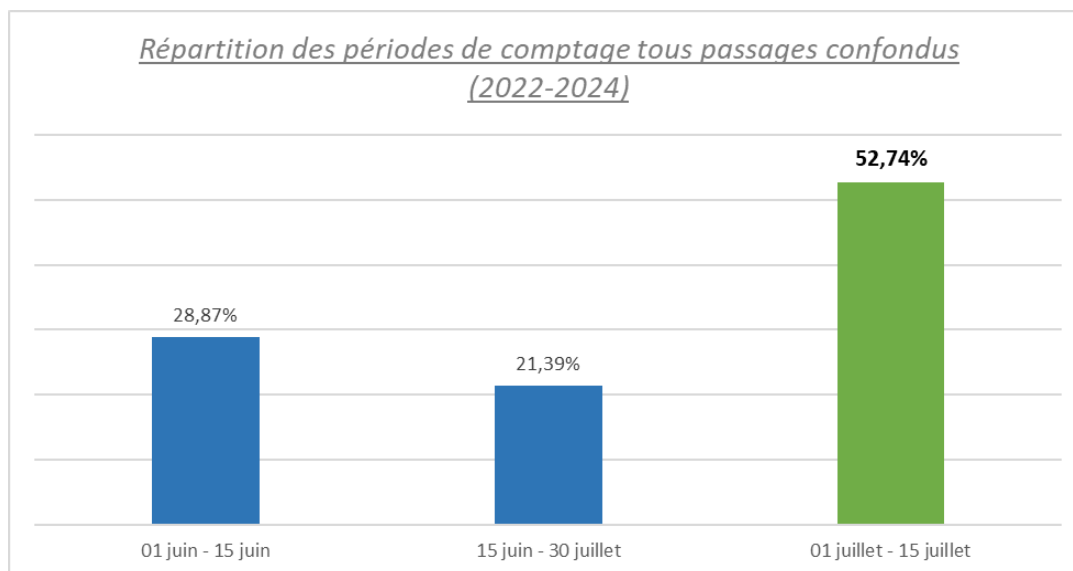


Figure 18 - Répartition des périodes de comptages tous passage confondus (2022-2024)

Afin d’affiner cette représentation en fonction **des objectifs du comptage**, la figure 19 ci-dessous présente la répartition des périodes de comptage sur les **sites d’estivages** et les **sites de parturitions**.

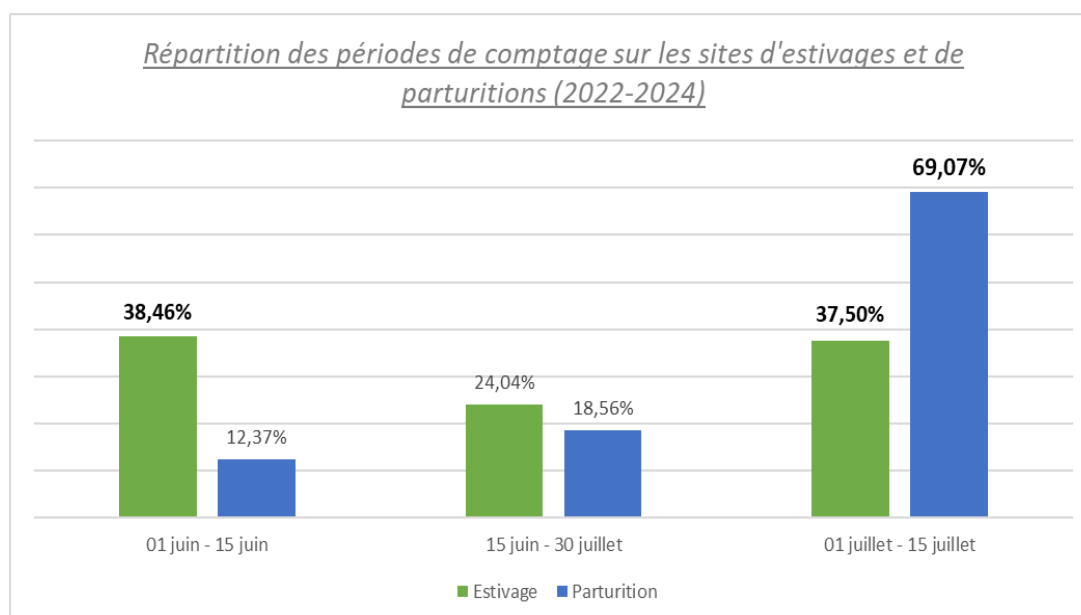


Figure 19 - Répartition des périodes de comptages sur les sites d’estivages et de parturitions (2022-2024)

Concernant les **sites d’estivage** (relevés des effectifs adultes uniquement), les suivis ont été réalisés principalement **au début du mois de juin (38 %)** et **au début du mois de juillet (37 %)**.

Pour les **sites de parturition** (relevés des femelles reproductrices puis des juvéniles), les prospections ont été **majoritairement effectuées début juillet**, avec **69 % des suivis** concentrés sur cette période.

Dans ces sites, la **donnée “stade juvénile”** a été systématiquement renseignée afin de mieux estimer la **date de mise bas** des femelles.

Sur la période 2022–2024, les premiers juvéniles au **stade “crevette”** ont été observés dès le **5 juin** en Franche-Comté, puis autour du **15 juin** dans d’autres régions (Occitanie, Nouvelle-Aquitaine, Auvergne-Rhône-Alpes). Ce même stade

a été observé **le plus tardivement le 8 juillet** en région Provence-Alpes-Côte d’Azur. Les suivis ont également permis de documenter des cas particulièrement tardifs dans certaines zones de montagne, illustrant un décalage notable dans la phénologie selon l’altitude et les conditions locales. Ainsi, dans les Pyrénées ariégeoises, seulement 1 % de juvéniles au stade crevette/grisou étaient présents le 17 juillet 2024 (n ≈ 15), et à peine 0,2 % le 19 juillet 2023 (n ≈ 5). En 2022, le 18 juillet, ce taux était similaire (1 %, n ≈ 15). Toujours dans un site d’Ariège, un seul individu “crevette” très récent a été observé parmi 606 juvéniles le 20 juillet 2023. Ces observations témoignent d’un fort étalement des dates de mise bas, avec une phénologie particulièrement tardive en contexte montagnard.

Toutefois, plus de **80 % des juvéniles au stade “crevette”**, toutes régions confondues, ont été observés **au cours des premiers jours de juillet**.

Ces **variations régionales** dans la période de mise bas peuvent s’expliquer par des **différences de climat**, de **conditions météorologiques** ou de **typologie des sites**. Néanmoins, au vu de ces résultats, une **période cœur située entre fin juin et début juillet** semble la plus adaptée pour les suivis de reproduction à l’échelle nationale.

Ces constats ont conduit à l’élaboration de **nouvelles recommandations**, détaillées dans la partie “4. *Nouveau protocole national de comptage (nouvelles recommandations)*” du présent rapport.

2.4. Répartition biogéographique de la population française connue de *Minioptère de Schreibers*

Les **populations de *Minioptère de Schreibers*** sont réparties en France selon un **gradient Ouest–Est**, de la **Nouvelle-Aquitaine** à l’**Auvergne-Rhône-Alpes**, et du **Nord de la Bourgogne-Franche-Comté** jusqu’au **Sud de l’Occitanie**.

Parmi ces régions, c’est l’**Occitanie** qui se distingue nettement dans le cadre de cet AMI, avec une **forte responsabilité sur la conservation de l’espèce** : **près de 60 % de la population connue en France métropolitaine** y est recensée.

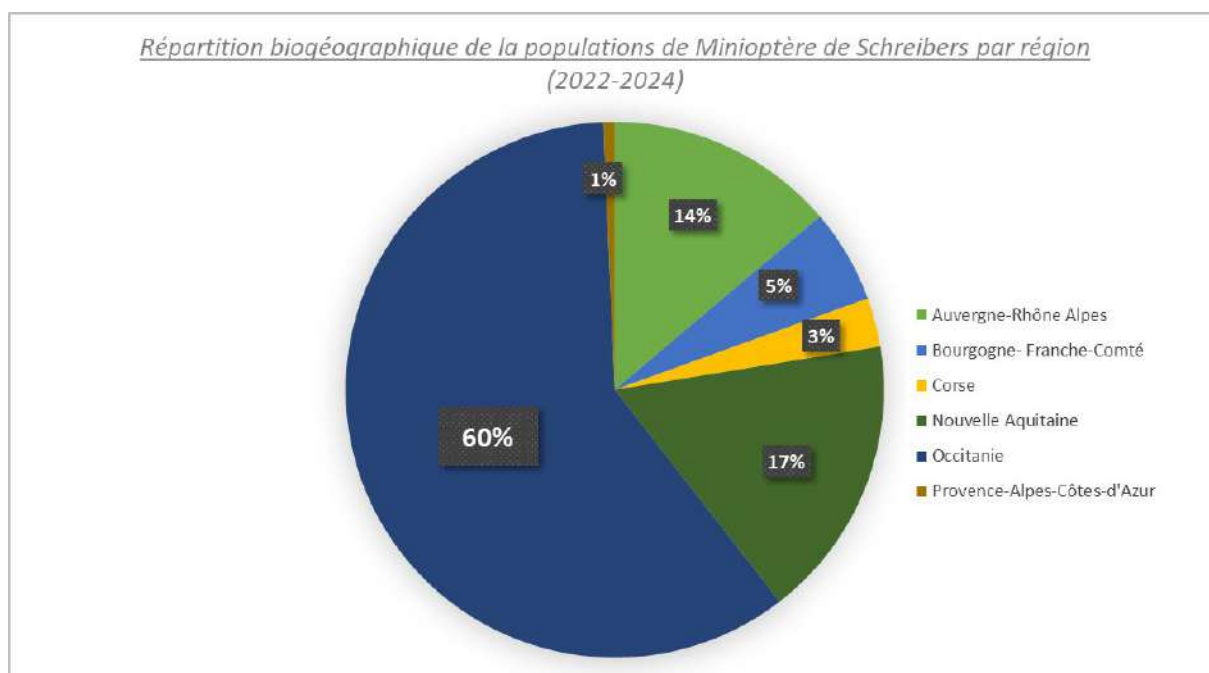


Figure 20 - Répartition biogéographique de la population de *Minioptère de Schreibers* en France métropolitaine (2022-2024)

Afin de mieux appréhender la **phénologie** de l’espèce, la **Figure 21** ci-dessous illustre la **répartition des populations** dans leurs **gîtes d’hiver et d’été**.

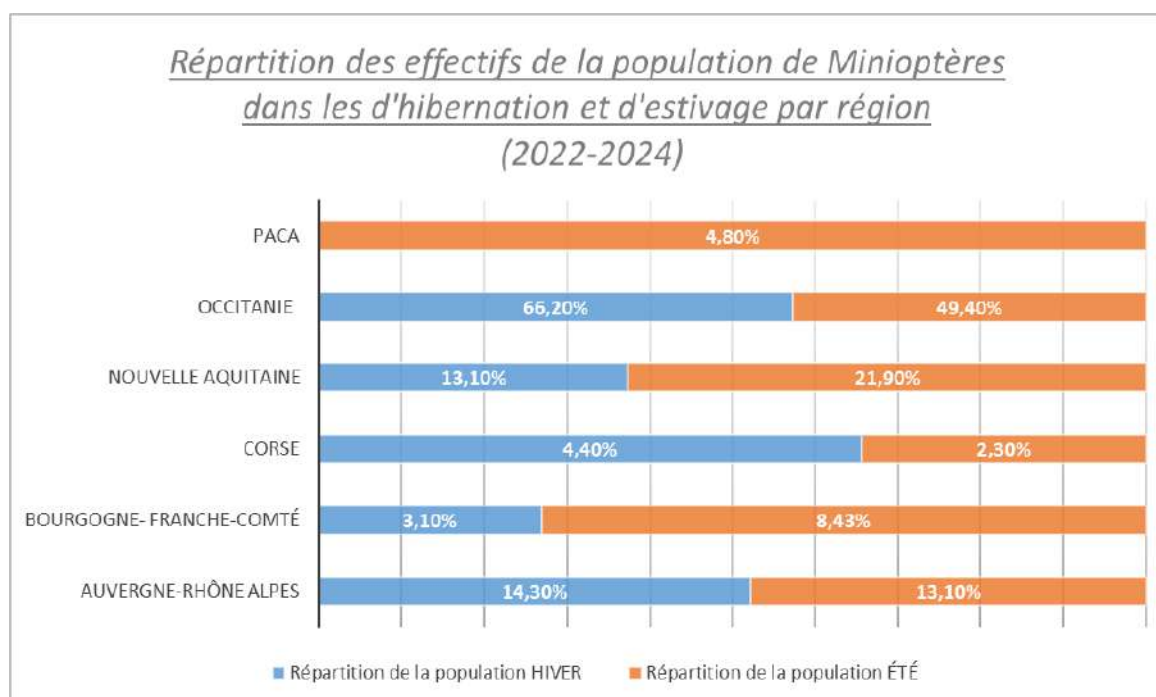


Figure 21 - Pourcentage de répartition des effectifs estivaux et hivernaux en région par rapport à la population nationale (2021-2024)

En région **Auvergne-Rhône-Alpes**, l'utilisation des gîtes d'hiver et d'été par le **Minioptère de Schreibers** apparaît relativement **équilibrée**, en cohérence avec la répartition nationale de la population.

À l'inverse, les régions **Corse** et **Occitanie** présentent des **effectifs plus importants en période hivernale**, tandis que la **Bourgogne-Franche-Comté** et la **Nouvelle-Aquitaine** comptent des **populations plus marquées en période estivale**.

Concernant la **région Provence-Alpes-Côte d'Azur**, les données restent insuffisantes : **aucun site d'hibernation** et **très peu de sites d'estivage** ont pu être suivis dans le cadre de ce projet. Par conséquent, la représentation graphique de cette région **ne reflète pas fidèlement la réalité de la répartition des populations** à l'échelle locale.

2.5. Bilan des sites majeurs pour le Minioptères de Schreibers

Les résultats des suivis de population de Minioptère de Schreibers mettent en évidence la nécessité de **concentrer les efforts de surveillance sur les sites majeurs**, qui accueillent la **grande majorité des effectifs** connus.

Le **Tableau 8** ci-dessous présente une **synthèse des sites majeurs d'hibernation, d'estivage et de parturition**, répartis par région.

Tableau 8 - Synthèse du nombre de sites majeurs en hiver et en été par région (2022-2024)

	Sites majeurs hibernation	Sites majeurs estivage	Sites majeurs parturition	TOTAL	TOTAL réel sites majeurs*
Auvergne-Rhône-Alpes	3	3	2	8	7
Bourgogne-Franche-Comté	1	0	3	4	4
Corse	2	1	1	4	4
Nouvelle- Aquitaine	6	0	6	12	12
Occitanie	12	4	12	28	23
Provence-Alpes-Côte-D'azur	NA	NA	NA	NA	NA
Total sites d'intérêt majeur au niveau national	24	08	24	56	50

*certains sites cumulent un intérêt pour l'hiver et pour l'été

À l'échelle nationale, et hors région Provence-Alpes-Côte d'Azur, 50 sites majeurs ont été identifiés pour la préservation du Minioptère de Schreibers, toutes saisons confondues.

Les Tableaux 9, 10 et 11 détaillent ces sites majeurs en fonction de leur utilisation saisonnière par les populations (hibernation, estivage ou parturition).

Le Tableau 12 présente les sites à double usage, c'est-à-dire ceux qui jouent un rôle à la fois en hibernation et estivage, ou en hibernation et parturition.

Tableau 9 - Classement des sites majeurs d'hibernation connus du Minioptère de Schreibers allant des effectifs les plus importants aux moins importants à l'échelle nationale (2021-2024)

Région	Code site	Effectif maximum
Occitanie	Minio-OCC-Hiv_04	20 000
Occitanie	Minio-OCC-Hiv_33	20 000
Occitanie	Minio-OCC-Hiv_18	12 309
Auvergne-Rhône-Alpes	Minio-AURA-Hiv_02	9 000
Occitanie	Minio-OCC-Hiv_34	7 500
Auvergne-Rhône-Alpes	Minio-AURA-Hiv_05	7 000
Occitanie	Minio-OCC-Hiv_17	6 000
Nouvelle-Aquitaine	Minio-NA-Hiv_38	4 426
Occitanie	Minio-OCC-Hiv_03	4 125
Bourgogne-Franche-Comté	Minio-BFC-Hiv_02	3 464
Nouvelle-Aquitaine	Minio-NA-Hiv_32	3 314
Occitanie	Minio-OCC-Hiv_27	2 500
Nouvelle-Aquitaine	Minio-NA-Hiv_27	2 215
Corse	Minio-COR-Hiv_01	2 200
Corse	Minio-COR-Hiv_02	2 200
Occitanie	Minio-OCC-Hiv_16	1 874
Occitanie	Minio-OCC-Hiv_01	1 768
Auvergne-Rhône-Alpes	Minio-AURA-Hiv_10	1 705
Nouvelle-Aquitaine	Minio-NA-Hiv_28	1 546
Nouvelle-Aquitaine	Minio-NA-Hiv_39	1 382
Nouvelle-Aquitaine	Minio-NA-Hiv_15	1 368
Occitanie	Minio-NA-Occ_41	1 200
Occitanie	Minio-OCC-Hiv_20	1 137
Occitanie	Minio-OCC-Hiv_31	1 100

Tableau 10 - Classement des sites majeurs d'estivages connues du Minioptère de Schreibers allant des effectifs les plus importants aux moins importants à l'échelle nationale (2021-2024)

Région	Code site	Effectif maximum
Occitanie	Minio-OCC-Été_17	4 278
Auvergne-Rhône-Alpes	Minio-AURA-Été_07	2 398
Occitanie	Minio-OCC-Été_22	2 137
Auvergne-Rhône-Alpes	Minio-AURA-Été_04	2 070
Occitanie	Minio-OCC-Été_10	2 000
Auvergne-Rhône-Alpes	Minio-AURA-Été_08	1 755
Occitanie	Minio-OCC-Été_16	1 300
Corse	Minio-COR-Été_03	1 200

Tableau 11 - Classement des sites majeurs de parturitions connues du Minioptère de Schreibers allant des effectifs les plus importants aux moins importants à l'échelle nationale (2021-2024)

Région	Code site	Effectif maximum
Nouvelle-Aquitaine	Minio-NA-Été_18	5 769
Occitanie	Minio-OCC-Été_02	5 289
Occitanie	Minio-OCC-Été_09	4 750
Occitanie	Minio-OCC-Été_21	4 550
Occitanie	Minio-OCC-Été_35	4 500
Nouvelle-Aquitaine	Minio-NA-Été_09	4 468
Occitanie	Minio-OCC-Été_40	3 460
Occitanie	Minio-OCC-Été_18	3 321
Auvergne-Rhône-Alpes	Minio-AURA-Été_10	3 250
Bourgogne-Franche-Comté	Minio-BFC-Été_10	3 149
Auvergne-Rhône-Alpes	Minio-AURA-Été_09	3 000
Occitanie	Minio-OCC-Été_27	2 800
Occitanie	Minio-OCC-Été_08	2 750
Bourgogne-Franche-Comté	Minio-BFC-Été_04	2 330
Nouvelle-Aquitaine	Minio-NA-Été_01	2 000
Nouvelle-Aquitaine	Minio-NA-Été_16	1 800
Occitanie	Minio-OCC-Été_07	1 700
Nouvelle-Aquitaine	Minio-NA-Été_24	1 295
Occitanie	Minio-OCC-Été_31	1 230
Bourgogne-Franche-Comté	Minio-BFC-Été_09	1 191
Nouvelle-Aquitaine	Minio-NA-Été_20	1 171
Occitanie	Minio-OCC-Été_05	1 040
Corse	Minio-COR-Été_02	1 000
Occitanie	Minio-OCC-Été_33	1 000

Tableau 12 - Liste des sites qui cumulent un double intérêt pour l'hiver et l'été (Hivernation/parturition ou Hibernation/estivage) (2021-2024)

Type de site	Région	Code site_Hiver	Code site_Été
Hibernation/Parturition	Nouvelle-Aquitaine	Minio-NA-Hiv_27	Minio-NA-Été_16
Hibernation/Parturition	Occitanie	Minio-OCC-Hiv_03	Minio-OCC-Été_08
Hibernation/Parturition	Occitanie	Minio-OCC-Hiv_04	Minio-OCC-Été_09
Hibernation/Parturition	Occitanie	Minio-OCC-Hiv_16	Minio-OCC-Été_18
Hibernation/Estivage	Auvergne-Rhône-Alpes	Minio-AURA-Hiv_10	Minio-AURA-Été_08
Hibernation/Estivage	Occitanie	Minio-OCC-Hiv_20	Minio-OCC-Été_22

2.6. Bilan des sites majeurs par région

Tableau 13 - Liste des sites majeurs connus de Minioptère de Schreiber pour la région Auvergne-Rhône-Alpes (2022-2024)

Type de site	Code site	Effectif maximum	Protection physique	Protection réglementaire	Site Natura 2000
Hibernation	Minio-AURA-Hiv_02	9 000	Oui	RNR	Oui
Hibernation	Minio-AURA-Hiv_05	7 000	Non	Non	Oui
Hibernation	Minio-AURA-Hiv_10*	1 705	Non	Non	Oui
Estivage	Minio-AURA-Été_07	2 398	Non	Non	Non
Estivage	Minio-AURA-Été_04	2 070	Non	RNN	Oui
Estivage	Minio-AURA-Été_08*	1 755	Non	Non	Oui
Parturition	Minio-AURA-Été_10	3 250	Non	Non	Oui
Parturition	Minio-AURA-Été_09	3 000	Oui	RNR	Oui

*Site qui cumule avec un double intérêt hibernation/estivage

RNR : Réserves Naturelles Régionales

RNN : Réserves Naturelles Nationales

La région **Auvergne-Rhône-Alpes** compte **7 sites majeurs** (accueillant plus de 1 000 individus) : **3 sites d'hibernation**, **2 sites de parturition** et **3 sites d'estivage**, dont **1 site présentant un double intérêt** (hibernation/estivage). Parmi ces 7 sites, **seuls 2 disposent actuellement d'une protection physique**, et **3 bénéficient d'une protection réglementaire**. La majorité d'entre eux sont toutefois **classés en zone Natura 2000**.

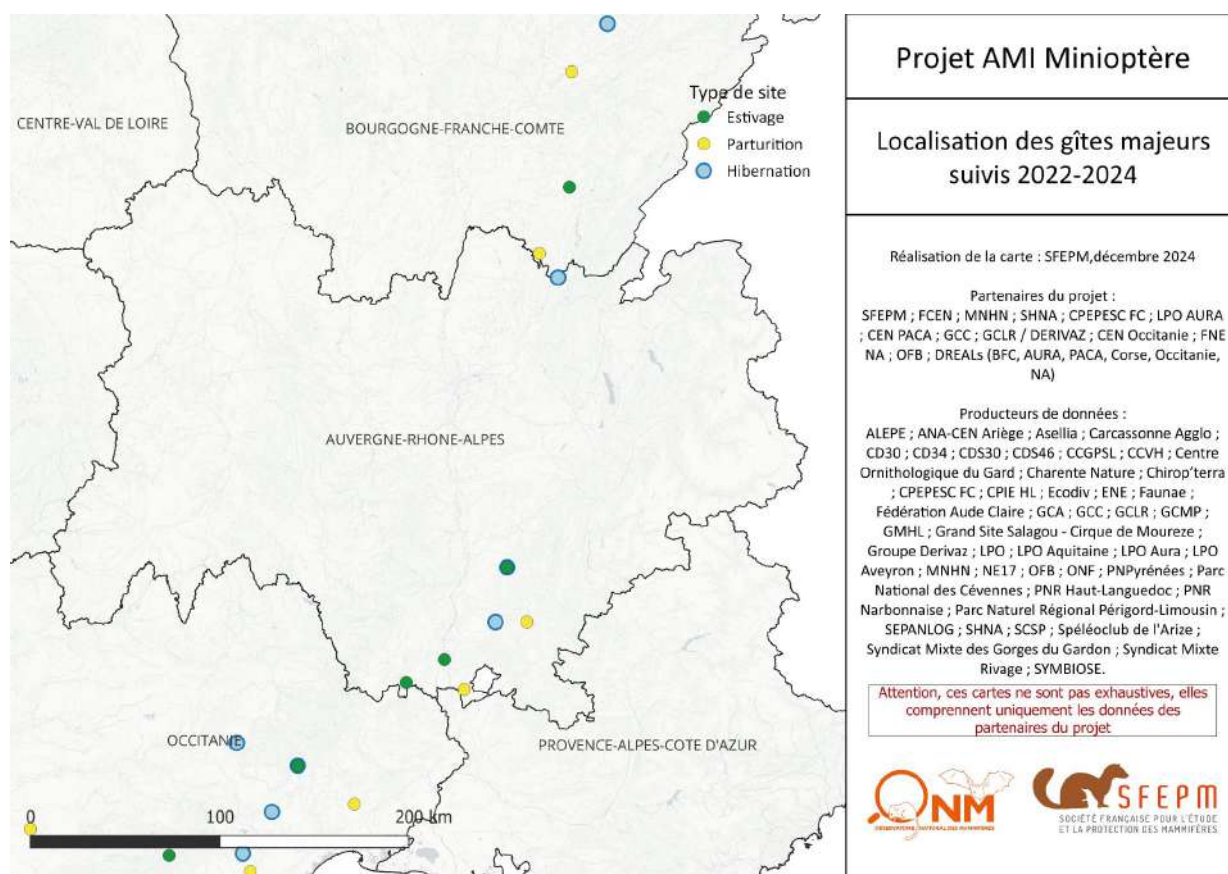


Figure 22 - Zoom sur les sites majeurs (estivage/parturition/hibernation) de la région Auvergne-Rhône-Alpes (2022-2024)

Tableau 14 - Liste des sites majeurs connus pour la région Bourgogne-Franche-Comté (2022-2024)

Type de site	Code site	Effectif maximum	Protection physique	Protection réglementaire	Site Natura 2000
Hibernation	Minio-BFC-Hiv_02	3 464	Non	RNR, APPB	Oui
Parturition	Minio-BFC-Été_09	1 191	Oui	Non	Oui
Parturition	Minio-BFC-Été_10	3 149	Oui	RNN en cours	Oui
Parturition	Minio-BFC-Été_04	2 330	Non	Arrêté municipal + RNN en cours	Oui

RNN : Réserves Naturelles Nationales
APPB : Arrêté Préfectoral de Protection de Biotope

La région **Bourgogne-Franche-Comté** compte **4 sites majeurs** (plus de 1 000 individus), répartis entre **1 site d’hibernation** et **3 sites de parturition**.
Parmi eux, **2 bénéficient d’une protection physique** et **2 d’une protection réglementaire**.
L’ensemble de ces sites est intégré au réseau Natura 2000.

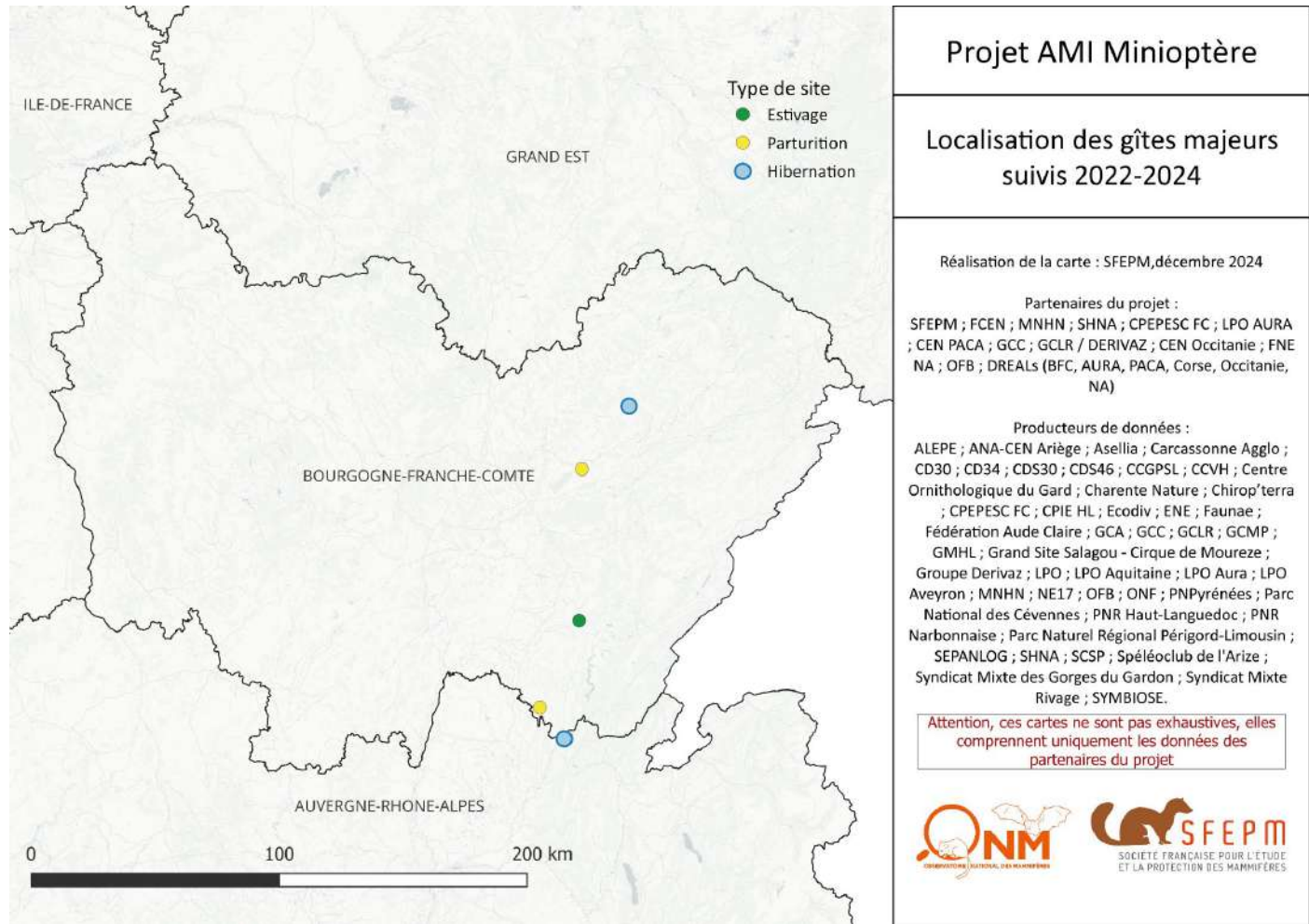


Figure 23 - Zoom sur les sites majeurs (estivage/parturition/hibernation) de la région Bourgogne-Franche-Comté (2022-2024)

Tableau 15 - Liste des sites majeurs connus de Minioptère de Schreibers pour la région Corse (2022-2024)

Type de site	Code site	Effectif maximum	Protection physique	Protection réglementaire	Site Natura 2000
Hibernation	Minio-COR-Hiv_01	2 200	Non	APPB	Oui
Hibernation	Minio-COR-Hiv_02	2 200	Oui	Non	Non
Parturition	Minio-COR-Été_02	1 000	Non	AMP	Oui
Estivage	Minio-COR-Été_03	1 200	Non	Non	Non

APPB : Arrêté Préfectoral de Protection de Biotope

AMP : Aire Marine Protégée

La région Corse compte **4 sites majeurs** (plus de 1 000 individus), répartis entre **2 sites d'hibernation**, **1 site de parturition** et **1 site d'estivage**.

Parmi eux, **1 seul site dispose d'une protection physique**, et **2 bénéficient d'une protection réglementaire**.

La moitié de ces sites sont classés en zone Natura 2000.

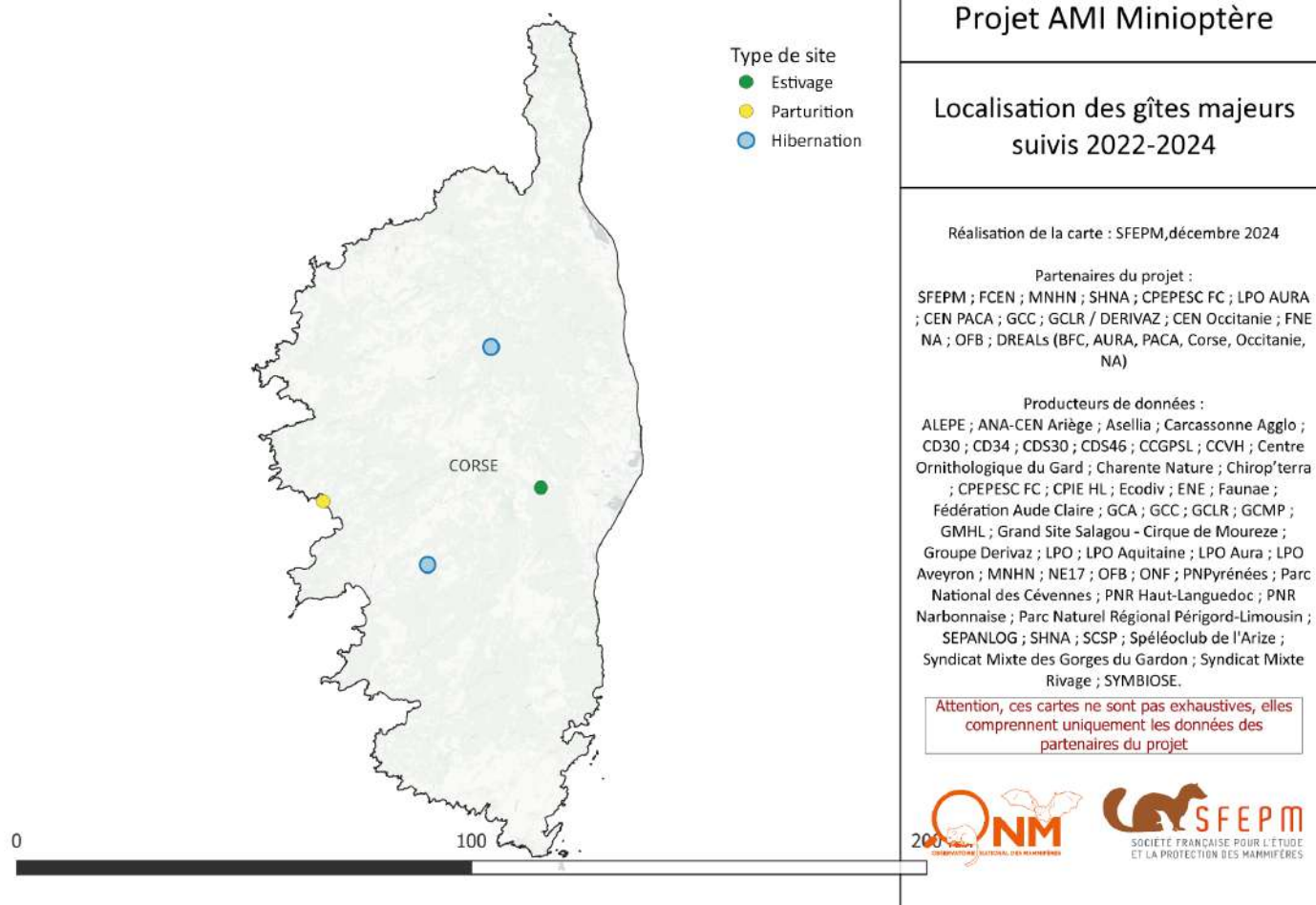


Figure 24 - Zoom sur les sites majeurs (estivage/parturition/hibernation) de la région Corse (2022-2024)

Tableau 16 -Liste des sites majeurs connus de Minioptère de Schreibers pour la région Nouvelle-Aquitaine (2022-2024)

Type de site	Code site	Effectif maximum	Protection physique	Protection réglementaire	Site Natura 2000
Hibernation	Minio-NA-Hiv_38	4 426	Oui	Non	Non
Hibernation	Minio-NA-Hiv_32	3 314	Non	Non	Non
Hibernation	Minio-NA-Hiv_27	2 215	Non	Non	Oui
Hibernation	Minio-NA-Hiv_28	1 546	Oui	Non	Oui
Hibernation	Minio-NA-Hiv_39	1 382	Non	Non	Oui
Hibernation	Minio-NA-Hiv_15	1 368	Oui	Non	Oui
Parturition	Minio-NA-Été_18	5 769	Oui	APPB en prévision	Non
Parturition	Minio-NA-Été_09	4 468	Oui	Non	Oui
Parturition	Minio-NA-Été_01	2 000	Non	Non	Non
Parturition	Minio-NA-Été_16	1 800	Non	Non	Oui
Parturition	Minio-NA-Été_24	1 295	Non	Non	Oui
Parturition	Minio-NA-Été_20	1 171	Non	Non	Oui

APPB : Arrêté Préfectoral de Protection de Biotope

La région **Nouvelle-Aquitaine** compte **12 sites majeurs** (plus de 1 000 individus), répartis équitablement entre **6 sites d'hibernation** et **6 sites de parturition**.

Parmi eux, **5 sites disposent d'une protection physique**, mais **aucun ne bénéficie actuellement d'une protection réglementaire**, bien qu'un **APPB soit en cours de mise en place** sur l'un d'eux.

La **majorité des sites (8 sur 12)** sont inscrits au **réseau Natura 2000**.

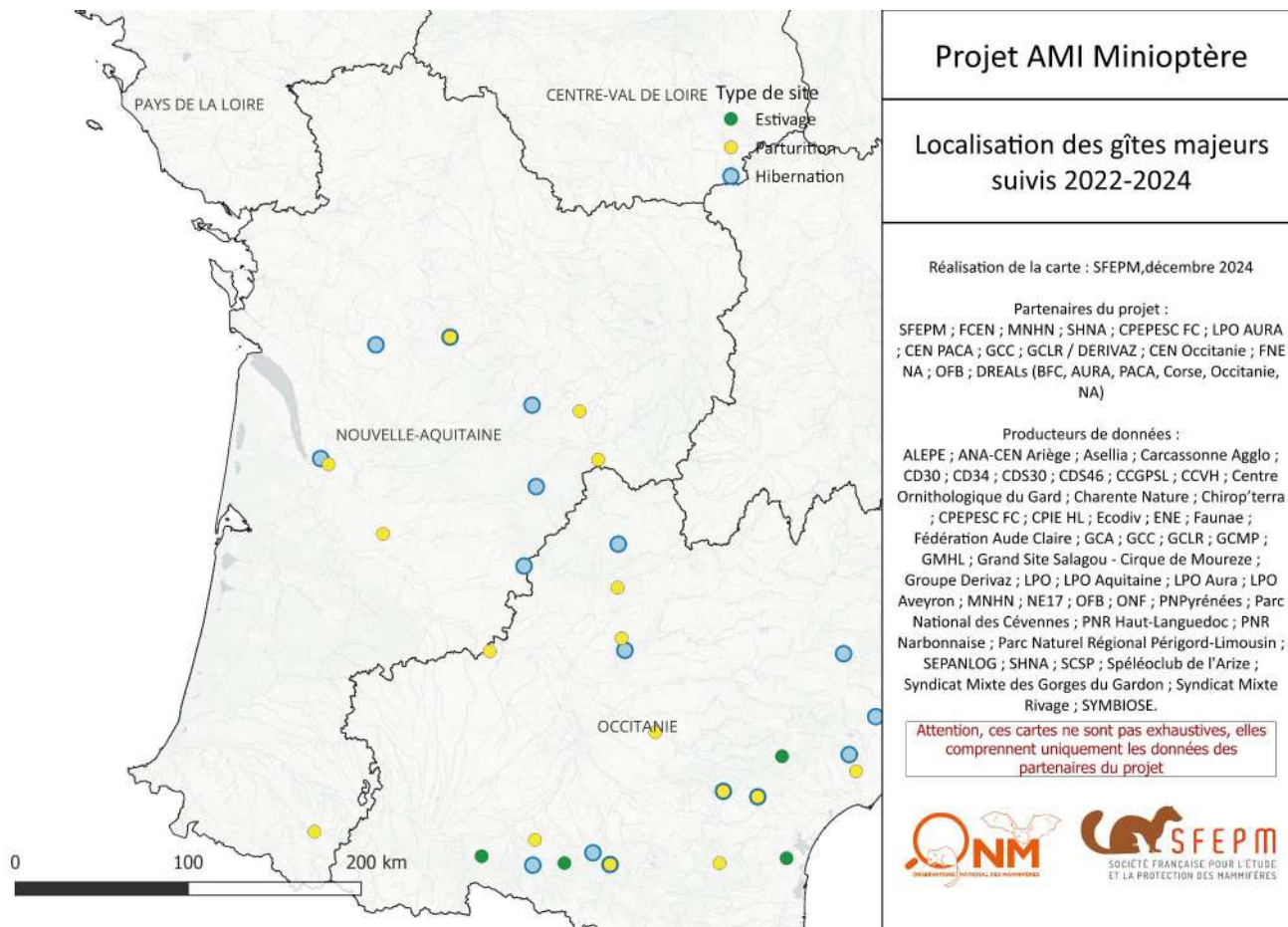


Figure 25 - Zoom sur les sites majeurs (estivage/parturition/hibernation) de la région Nouvelle-Aquitaine (2022-2024)

Tableau 17 - Liste des sites majeurs connus de Minioptère de Schreibers pour la région Occitanie (2022-2024)

Type de site	Code site	Effectif maximum	Protection physique	Protection Réglementaire	Site Natura 2000
Hibernation	Minio-OCC-Hiv_04*	20 000	Oui	Non	Oui
Hibernation	Minio-OCC-Hiv_33	20 000	Oui	Non	Oui
Hibernation	Minio-OCC-Hiv_18	12 309	Oui	APPB + RNN en cours	Oui
Hibernation	Minio-OCC-Hiv_34	7500	Non	RNN en cours	Non
Hibernation	Minio-OCC-Hiv_17	6 000	Oui	Non	Oui
Hibernation	Minio-OCC-Hiv_03*	4 125	Oui	APPB	Oui
Hibernation	Minio-OCC-Hiv_27	2 500	Non	Non	Oui
Hibernation	Minio-OCC-Hiv_16*	1 874	Oui	APPB + RNN en cours	Oui
Hibernation	Minio-OCC-Hiv_01	1 768	Non	Non	Oui
Hibernation	Minio-OCC-Hiv_41	1 200	Non	Non	Oui
Hibernation	Minio-OCC-Hiv_20*	1 137	Non	RNR	Non
Hibernation	Minio-OCC-Hiv_31	1 100	Non	Non	Non
Estivage	Minio-OCC-Été_17	4 278	Oui	APPB + RNN en cours	Non
Estivage	Minio-OCC-Été_22*	2 137	Non	RNR	Non
Estivage	Minio-OCC-Été_10	2 000	Non	Non	Oui
Estivage	Minio-OCC-Été_16	1 300	Oui	Non	Oui
Parturition	Minio-OCC-Été_05	1 040	Non	Non	Non
Parturition	Minio-OCC-Été_02	5 289	Oui	Non	Oui
Parturition	Minio-OCC-Été_09*	4 750	Oui	Non	Oui
Parturition	Minio-OCC-Été_21	4 550	Non	APPB + RNN en cours	Oui
Parturition	Minio-OCC-Été_35	4 500	Non	Non	Non
Parturition	Minio-OCC-Été_40	3460	Non	Non	Non
Parturition	Minio-OCC-Été_18*	3 321	Oui	APPB	Oui
Parturition	Minio-OCC-Été_27	2 800	Oui	Non	Oui
Parturition	Minio-OCC-Été_08*	2 750	Oui	APPB	Oui
Parturition	Minio-OCC-Été_07	1 700	Non	Non	Non
Parturition	Minio-OCC-Été_31	1 230	Oui	Non	Oui
Parturition	Minio-OCC-Été_33	1 000	Oui	Non	Oui

*Site qui cumule avec un double intérêt hibernation/estivage ou hibernation/estivage

APPB : Arrêté Préfectoral de Protection de Biotope

RNR : Réserves Naturelles Régionales

RNN : Réserves Naturelles Nationales

La région **Occitanie** compte **23 sites majeurs** (plus de 1 000 individus), répartis entre **12 sites d'hibernation**, **4 sites d'estivage** et **12 sites de parturition**, dont certains présentent un **double intérêt écologique** :

- **3 sites** combinent **hibernation et parturition**,
- **1 site** combine **hibernation et estivage**.

Parmi ces 23 sites, **13 bénéficient d'une protection physique** et **8 font l'objet d'une protection réglementaire**, dont **6 effectives** et **2 en cours de mise en œuvre**. Enfin, la majorité des sites (**16 sur 23**) sont inscrits au **réseau Natura 2000**.

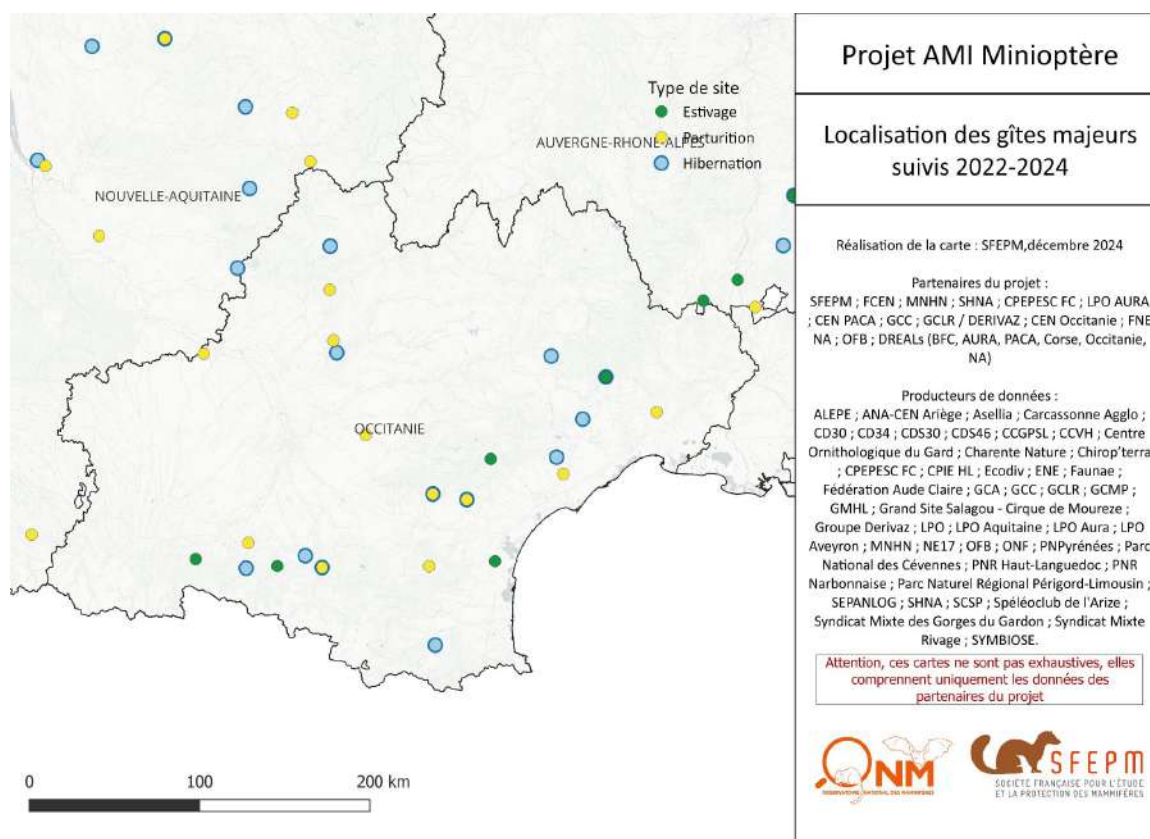


Figure 26 - Zoom sur les sites majeurs (estivation/parturition/hibernation) de la région Occitanie (2022-2024)

2.7. Bilan des protections (physique et réglementaire) sur les sites majeurs

Le **Tableau 18** ci-dessous présente un **bilan de la mise en protection des 50 sites majeurs** identifiés et suivis dans le cadre de l'AMI Minioptère.

La **Figure 27** en propose une **représentation graphique**, illustrant l'état d'avancement de leur protection et les **efforts encore à fournir** pour assurer la conservation de ces sites stratégiques.

Tableau 18 - Bilan mise en protection (physique/réglementaire) des sites majeurs connus (2022-2024)

Région	Protection physique	Protection physique à faire	Protection réglementaire	Protection réglementaire à faire
Auvergne-Rhône Alpes	2	5	3	4
Bourgogne- Franche-Comté	2	2	3	1
Corse	1	3	2	2
Nouvelle Aquitaine	5	7	1	11
Occitanie	13	10	8	15
Provence-Alpes-Côte-D'azur	NA	NA	NA	NA
Nombre total de sites majeurs	23 sites	27 sites	17 sites	33 sites
Total en pourcentage	46% Sites majeurs ont une protection physique	54% Sites majeurs n'ont pas encore de protection physique	34% Sites majeurs ont une protection réglementaire	66% Sites majeurs n'ont pas encore de protection réglementaire

Parmi les **50 sites majeurs** identifiés pour la conservation du **Minioptère de Schreibers** (hors région Provence-Alpes-Côte d’Azur), **54 %** (soit **27 sites**) ne bénéficient **d’aucune protection physique** à ce jour.

La mise en place d’un **dispositif de tranquillité**, comme un **périmètre grillagé adapté à l’espèce**, constitue un levier efficace pour limiter les dérangements. Toutefois, selon la **typologie des cavités** et leurs **conditions d’accès**, cette mesure n’est **pas toujours la plus pertinente**. Dans certains cas, notamment dans les territoires à forte fréquentation ou enjeux multiples, elle peut générer des **tensions d’usage**, en particulier avec les usagers du milieu souterrain. Cela implique une **concertation locale** avec l’ensemble des acteurs concernés avant toute action de protection.

Concernant la **protection réglementaire**, **66 % des sites majeurs** (soit **33 sites sur 50**) ne font pas encore l’objet d’un **dispositif juridique** formel. À l’échelle nationale, la **répartition de l’effort de protection réglementaire** apparaît **très inégale entre les régions** (voir Tableau 18), alors même qu’il s’agit d’un **enjeu prioritaire pour garantir la stabilité des populations**.

La **Figure 27** ci-dessous propose une **synthèse régionale** des protections existantes, et met en évidence **les efforts à poursuivre**, tant sur le plan **physique que juridique**, pour garantir la **préservation à long terme** des sites majeurs de l’espèce.

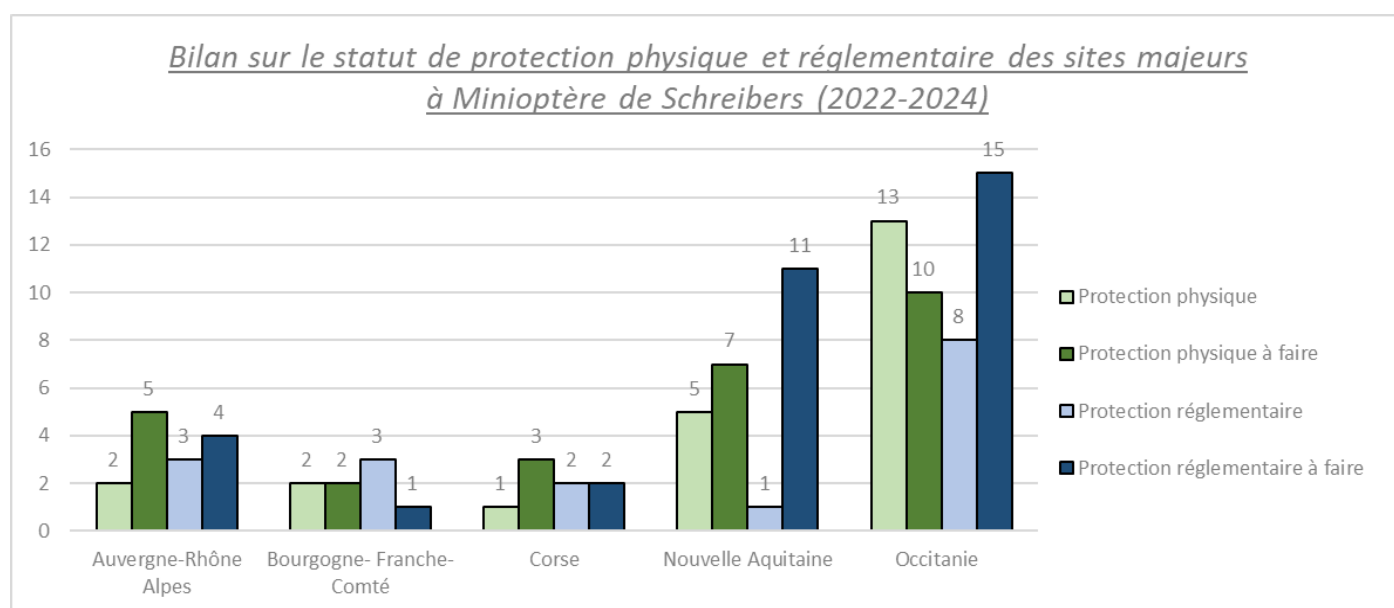


Figure 27 - Représentation graphique du nombre de sites majeurs mis en protection (physique et réglementaire) et du nombre de sites à mettre en protection par région (2022-2024)

Le **déficit de mise en œuvre des protections physiques et réglementaires** observé à l’échelle nationale **reflète à la fois un manque de volonté politique** et un **manque de moyens** – humains comme financiers – dont disposent les acteurs engagés dans la préservation des chiroptères. Dans d’autres cas, ces freins sont liés à des blocages concrets, notamment des **problématiques de maîtrise foncière** ou d’absence de portage local, qui compliquent la mise en œuvre d’aménagements ou de mesures de protection adaptées.

Du côté des **services de l’État**, l’absence d’impulsion claire et structurée en faveur de la protection des gîtes souterrains limite la traduction concrète des priorités de conservation sur le terrain. Parallèlement, les **acteurs territoriaux**, qu’ils soient associatifs ou gestionnaires d’espaces, se heurtent à un **manque de ressources** pour porter, instruire et suivre les démarches de protection, qu’elles soient physiques (mise en tranquillité) ou juridiques (APPB, réserves, conventions...).

Cette situation ralentit la mise en place d’actions pourtant essentielles à la préservation des populations de Minioptère de Schreibers, en particulier sur les **sites identifiés comme stratégiques** dans le cadre de l’AMI. À terme, un **soutien renforcé des pouvoirs publics**, tant en termes d’orientation que de financement, apparaît indispensable pour **traduire les enjeux de conservation en mesures opérationnelles** sur le terrain.

3. Tendances des populations de Minioptère de Schreibers en France

3.1. Méthode

Les données utilisées pour l'analyse des tendances proviennent des **groupes chiroptères régionaux et locaux**, qui suivent les populations de **Minioptère de Schreibers** depuis près de trois décennies. Ces suivis sont réalisés lors des comptages hivernaux (décembre à mars) et estivaux (mai à juillet), sur la période 1947 à 2024. La fréquence moyenne est d'un comptage par site et par saison, bien que certaines régions appliquent un rythme pluriannuel. **Cependant, pour garantir la qualité et la comparabilité des données dans le cadre des analyses de tendances, seules les données collectées à partir de 1995 ont été retenues, les séries antérieures présentant trop d'irrégularités méthodologiques et de lacunes.**

Construction du jeu de données

Le jeu de données a été préparé en respectant plusieurs critères :

- Seuls les **comptages réalisés jusqu'au 10 février** sont conservés pour l'analyse hivernale, afin d'exclure les données potentiellement influencées par le transit.
- Les **comptages fondés sur les captures, baguages ou sur une seule année** ont été exclus.
- Les **données d'absence**, si renseignées, ont été intégrées dans les modèles.
- Les **sites de transit** ont été écartés en raison de leur nombre restreint et de leur forte variabilité interannuelle.

Approche statistique

L'analyse repose sur un **modèle statistique mixte**, intégrant :

- Un **effet aléatoire par site**, afin de modéliser les différences structurelles entre sites et de limiter les biais liés à la redondance des comptages,
- Un **effet temporel**, modélisé de façon **linéaire et non linéaire**, pour identifier les grandes tendances comme les inflexions dans la dynamique des populations.

Cette approche permet de tirer parti de l'ensemble des données disponibles, tout en limitant l'influence des biais connus.

Hypothèses et précautions

Le modèle repose sur l'**hypothèse** selon laquelle les **colonies connues étudiées sont représentatives** de l'ensemble des colonies existantes (Kerbiriou et al., 2018).

Par ailleurs, il convient de souligner que :

- Les **données antérieures à 1999** sont susceptibles de comporter des **artefacts méthodologiques** (irrégularités liées à la collecte ou à la standardisation),
- L'entrée **progressive de nouveaux sites** dans le jeu de données ne constitue pas un biais en soi, dans la mesure où le modèle est conçu pour intégrer cette dynamique,
- L'interprétation des tendances est sensible à la **qualité, la continuité et la représentativité des suivis régionaux**, certaines zones (ex. PACA) étant sous-représentées.

3.2. Résultats

Les résultats présentés ci-après s'appuient sur les données collectées **entre 1947 et 2024** par les partenaires de l'AMI Minioptère (groupes chiroptères régionaux). Toutefois, **seuls les jeux de données allant de 1995 à 2024 ont été utilisés** pour les analyses de tendances, afin **de garantir une homogénéité méthodologique et une robustesse statistique suffisante.**

Ces données ont permis de produire des **modèles de tendance** selon trois axes distincts :

- Les **tendances hivernales**, fondées sur les comptages en gîtes durant l’hibernation,
- Les **tendances estivales**, issues des observations sur les gîtes d’estivage et de reproduction,

Ces tendances apportent un éclairage précieux sur l’évolution des populations de **Minioptère de Schreibers** en France métropolitaine sur près de 30 ans.

Cependant, il est important de souligner un manque de **représentation géographique** dans le jeu de données : les **données de la région Provence-Alpes-Côte d’Azur n’ont pas pu être intégrées** à l’analyse, ce qui constitue une limite notable à l’échelle nationale, d’autant que plusieurs **sites majeurs** y sont connus.

1) Tendances hivernales

Le graphique ci-dessous présente l’évolution de l’**abondance relative des populations de Minioptère de Schreibers en France métropolitaine pendant la période d’hibernation**, sur la période **1995 à 2024**, avec deux périodes d’analyse distinctes : la tendance globale sur 30 ans et une tendance plus récente sur les 10 dernières années.

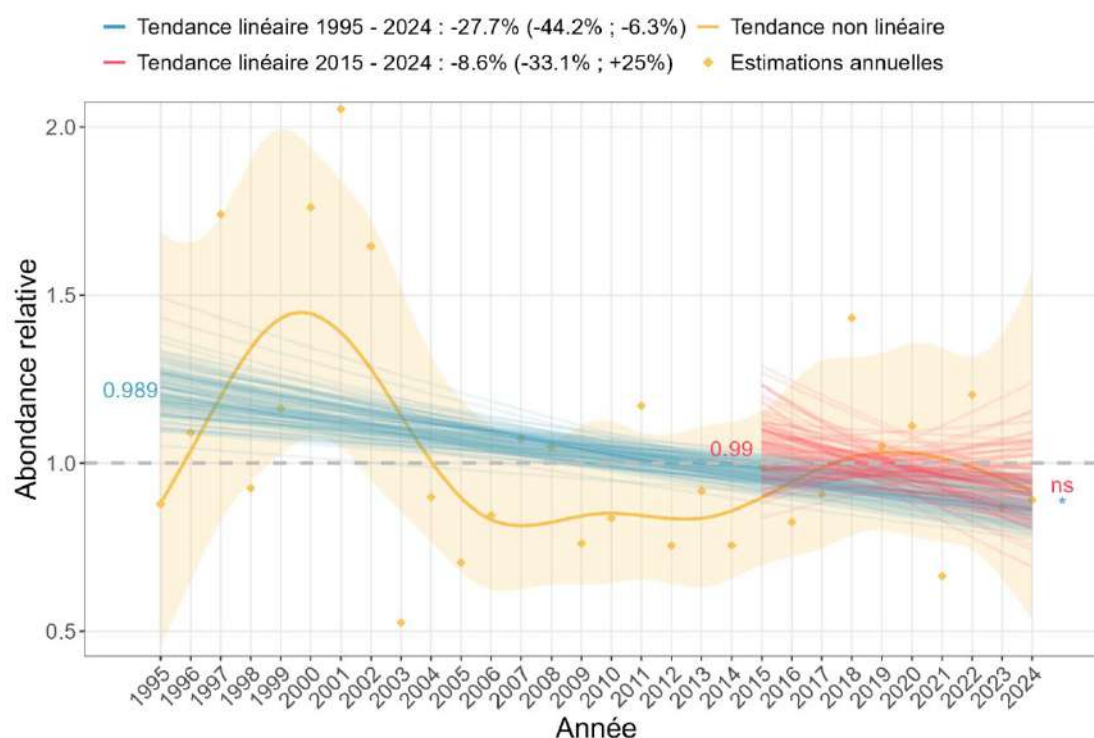


Figure 28 – Évolution de l’abondance relative du Minioptère de Schreibers en période hivernale (1995–2024) -MNHN

Tendance sur le long terme (1995–2024)

La **tendance linéaire** sur l’ensemble de la période (courbe bleue) indique une **baisse significative de -27,7 %** de l’abondance relative, avec un **intervalle de confiance compris entre -44,2 % et -6,3 %**.

Cette tendance confirme un **déclin à long terme** des populations hivernantes, en particulier à la suite du pic observé autour de la fin des années 1990.

Tendance sur la période récente (2015–2024)

La tendance linéaire la plus récente (courbe rouge) montre une **légère baisse de -8,6 %**, mais celle-ci **n’est pas statistiquement significative**, comme l’indique la mention « ns ».

L’**intervalle de confiance très large** (-33,1 % à +25 %) traduit une **incertitude élevée**, rendant cette tendance difficile à interpréter de manière robuste. Cela pourrait suggérer une **stabilisation des effectifs** hivernaux sur la dernière décennie, **sans qu’elle puisse être confirmée statistiquement**.

Tendance non linéaire et observations annuelles

La courbe orange, représentant la **tendance non linéaire**, montre une **progression apparente des effectifs** jusqu'à la fin des années 1990, qui pourrait toutefois **refléter en partie une amélioration des techniques de comptage hivernal** à cette période. Elle est suivie d'un **déclin marqué dans les années 2000**, puis d'une phase de stagnation prolongée jusqu'à aujourd'hui.

Les **estimations annuelles** (losanges jaunes) restent **hétérogènes**, ce qui reflète probablement des **variations interannuelles importantes**, mais aussi des **écarts dans le suivi selon les années et les régions**.

Interprétation générale

Cette analyse hivernale confirme un **déclin marqué dans les années 2000**, suivi d'un **ralentissement de cette baisse** voire d'une **stabilisation récente**, sans amélioration nette des effectifs.

L'interprétation de la tendance récente doit être faite **avec prudence**, compte tenu de la **variabilité interannuelle** et de **l'absence de données sur certains sites ou territoires**, notamment en **Provence-Alpes-Côte d'Azur**, qui reste un réservoir connu mais non inclus dans ce jeu de données.

2) Tendances estivales

Le graphique ci-dessous présente l'évolution de l'**abondance relative des populations de Minioptère de Schreibers** en **France métropolitaine pendant la période estivale**, sur la période **1995 à 2024**, avec deux périodes d'analyse distinctes : la tendance globale sur 30 ans et une tendance plus récente sur les 10 dernières années.

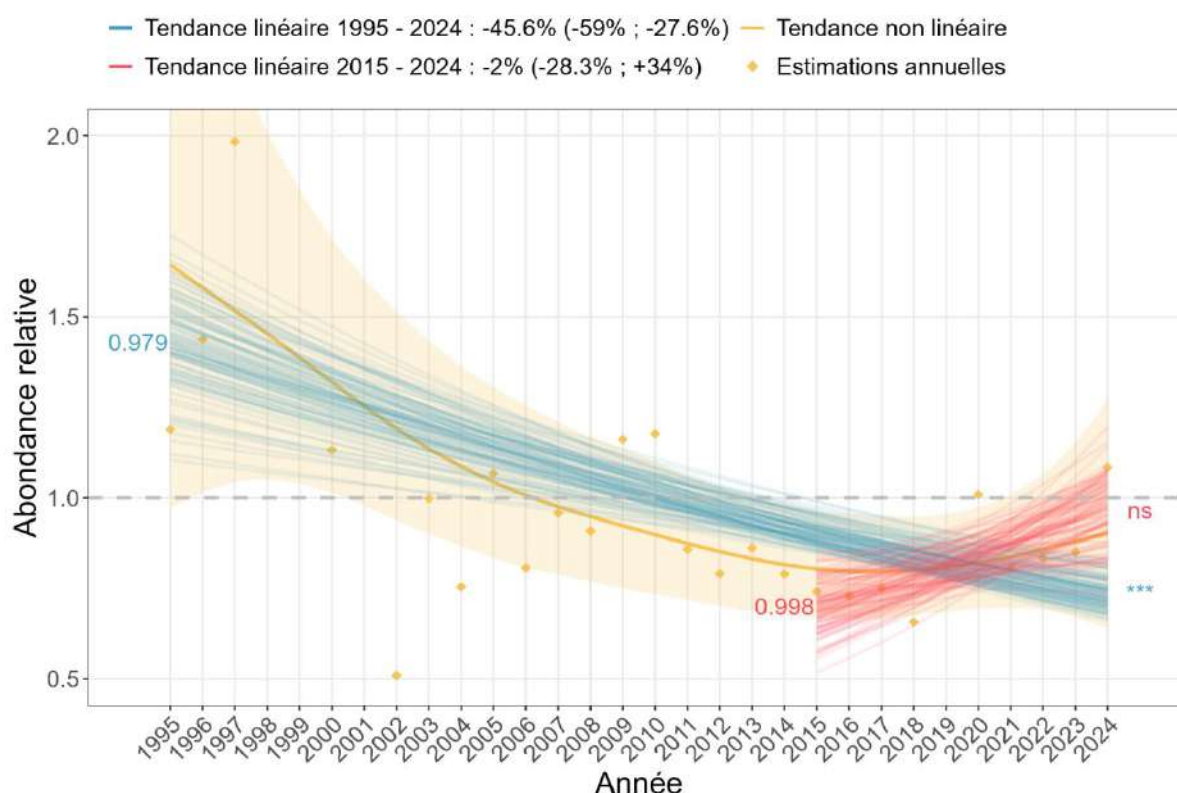


Figure 29 - Évolution de l'abondance relative estivale du Minioptère de Schreibers (1995–2024) - MNHN

Tendance sur le long terme (1995–2024)

La **tendance linéaire** sur l'ensemble de la période (courbe bleue) révèle un **déclin significatif de -45,6 %**, avec un **intervalle de confiance compris entre -59 % et -27,6 %**.

Ce résultat confirme une **réduction nette et continue des effectifs estivaux** sur près de trois décennies.

Tendance sur la période récente (2015–2024)

Sur les 10 dernières années, la tendance linéaire (courbe rouge) indique une **légère baisse estimée à -2 %**, mais cette variation **n'est pas statistiquement significative** (mention « ns »), avec un intervalle de confiance très large (**-28,3 % à +34 %**).

Cette incertitude marque une **stagnation apparente**, mais sans preuve formelle d'amélioration ou d'aggravation des effectifs estivaux.

Tendance non linéaire et observations annuelles

La courbe orange (tendance non linéaire) illustre une **baisse progressive des effectifs dès les années 1990**, sans rebond net, avec un **palier bas maintenu depuis le début des années 2010**.

Les estimations annuelles (points jaunes) restent globalement **homogènes**, bien que certaines années, notamment après 2020, présentent de **légères fluctuations**. Celles-ci peuvent traduire une **variabilité interannuelle naturelle**, des **effets liés au suivi**, ou encore une **amélioration récente des techniques de comptage** ayant affiné la précision des estimations.

Interprétation générale

Les résultats estivaux confirment une **forte régression des populations de Minioptère de Schreibers** depuis 1995, avec une **tendance récente plus stable**, bien que l'incertitude statistique ne permette pas d'en conclure à une véritable stabilisation.

Ces résultats, cohérents avec les observations hivernales, **soulignent l'importance de maintenir un suivi précis des gîtes estivaux**, notamment ceux accueillant des colonies de mise bas.

3.3 Discussions

Les résultats des analyses de tendance hivernale, estivale et toutes saisons confondues confirment un **déclin historique significatif** des populations de Minioptère de Schreibers en France métropolitaine. Sur la période 1995–2024, la **tendance linéaire toutes saisons** montre une **baisse de -35,8 %** (IC95 : -47,7 % à -21,1 %), soit environ **-1,2 % par an**.

Cette dynamique corrobore les synthèses publiées précédemment (Kerbiriou et al., 2012 ; 2018), bien qu'elle apparaisse ici légèrement moins marquée que celle estimée à l'époque (**-3,9 %/an** dans Kerbiriou et al., 2018).

Cependant, cette atténuation apparente doit être interprétée avec **prudence**, car elle peut en partie résulter d'un **déficit de représentativité territoriale** dans les jeux de données utilisés. À titre d'exemple, les données issues de la région **Provence-Alpes-Côte d'Azur** n'ont pas pu être intégrées à l'analyse, alors même que cette région constitue **historiquement un secteur clé** pour l'espèce, et qu'elle a connu ces dernières années la **désertification brutale de plusieurs sites majeurs**. Ce type de lacune n'est pas inédit : la synthèse de **2012** n'avait par exemple pas intégré certains sites **ariégeois**, en raison de difficultés locales à faire remonter les données.

Ces constats rappellent que les **tendances nationales reflètent avant tout l'état des connaissances disponibles**, et qu'elles doivent donc être mobilisées **avec discernement**, en tenant compte des **limites liées à la couverture géographique** et à la **centralisation des informations**.

Au-delà de la seule baisse des effectifs, un phénomène préoccupant réside dans la **perte de certains sites**, notamment de reproduction. Plusieurs gîtes historiquement occupés sont aujourd'hui **désertés**, sans que l'on observe de **recolonisation** ou d'**apparition de nouvelles colonies** ailleurs. Ce manque de redistribution des effectifs accentue la fragilité du réseau de gîtes et confère aux sites encore fonctionnels un **rôle patrimonial majeur**. Leur préservation devient d'autant plus stratégique qu'ils semblent **irremplaçables à court terme**, en l'absence de dynamique compensatoire détectée sur d'autres secteurs.

Un déclin réel, peut-être ralenti, mais toujours préoccupant

Sur la période récente (2015–2024), les tendances hivernales et estivales révèlent des variations **non significatives**, pouvant suggérer une **stabilisation apparente**, voire une **légère reprise**. Toutefois, cette stagnation reste **incertaine** au regard des **intervalles de confiance très larges** et d'une **variabilité interannuelle élevée**. Les auteurs de la synthèse

de 2012 soulignaient déjà qu'un **faible taux de croissance (1–3 % par an)** nécessiterait **plus de 20 ans pour reconstituer les effectifs de 2002**. Les tendances récentes s'inscrivent dans cette hypothèse d'une progression très lente.

Déclin plus marqué en marge d'aire de répartition

La baisse semble particulièrement marquée dans les régions **périphériques au nord de l'aire de répartition**, comme en **Bourgogne-Franche-Comté** ou dans certaines zones de la **Nouvelle-Aquitaine** (Charente, Corrèze, etc.), où le recul des effectifs pourrait atteindre **50 à 70 %**.

Le ressenti de terrain confirme la poursuite du déclin

Au-delà des modélisations statistiques, les **observations de terrain** remontées par les partenaires du projet dans **la quasi-totalité des régions** confirment une impression générale de **déclin constant**. Ce ressenti est partagé par les naturalistes en charge des suivis depuis plusieurs années, et s'expliquerait par la **combinaison de multiples pressions** :

- **Dérangements humains accrus** dans les gîtes,
- **Altération des conditions microclimatiques** (thermiques et hygrométriques),
- **Changements climatiques**, affectant les rythmes biologiques,
- **Problèmes sanitaires potentiels**, difficilement mesurables à ce stade,
- Et un **manque de ressources alimentaires**.

Approche statistique robuste, mais à affiner localement

Le modèle utilisé a permis de corriger plusieurs biais (redondance des données, effets site, exclusions de données bruitées). Néanmoins, certaines limites persistent, comme l'**absence de données en Provence-Alpes-Côte d'Azur**, ou encore la **non-prise en compte de sites désertés** au fil des années.

Vers une analyse régionale et départementale en 2025

L'Appel à Manifestation d'Intérêt (AMI) nous offre l'opportunité de **poursuivre ce travail en 2025**, avec pour ambition de produire une **analyse détaillée par région, voire par département**, en croisant tendances et facteurs explicatifs.

L'objectif est de **construire une publication scientifique robuste**, mobilisant les données historiques et récentes, et reflétant au mieux les dynamiques locales de l'espèce.

Un point d'appui fort pour une stratégie LIFE

Malgré quelques signaux d'espoir, les **tendances restent préoccupantes**, et viennent **conforter la nécessité de mettre en place un programme structurant de conservation**, à l'échelle nationale et transnationale. Ces résultats constituent ainsi une **brique essentielle dans la justification du futur projet LIFE Minio**, dont les grandes lignes seront développées dans la conclusion de ce rapport.

4. Nouveau protocole national de comptage (nouvelles recommandations)

Ce nouveau protocole est présenté en **annexe 13**. Ce document a vocation à être **diffusé largement** auprès de l'ensemble de la communauté chiroptérologique et des acteurs impliqués dans le suivi du Minioptère de Schreibers, au-delà des seuls partenaires de l'AMI. L'objectif principal est de permettre, à terme, une **comparabilité optimale des données** collectées à l'échelle nationale, en **limitant les biais méthodologiques** liés à des pratiques hétérogènes. Afin de garantir la bonne appropriation de ces nouvelles recommandations, ce protocole sera également **valorisé et diffusé de manière indépendante**, en tant que synthèse méthodologique issue du projet AMI Minioptère.

4.1. Comptages hivernaux

1) Méthode

À la suite d'une **réunion technique nationale organisée en décembre 2024**, de nouvelles recommandations ont été définies pour encadrer les **méthodes de comptage hivernal** du Minioptère de Schreibers. Ces recommandations varient selon l'**effectif estimé** dans les sites suivis.

- Pour les **petits sites** (moins de 100 individus), la méthode privilégiée reste le « **comptage à vue** », jugée la plus adaptée à ce type de configuration.
- Pour les **sites de taille intermédiaire** (plus de 100 individus), les méthodes recommandées sont le « **comptage à vue** » et/ou le « **comptage sur photo (flash)** », en fonction des conditions sur le terrain (accessibilité, luminosité, hauteur de plafond, etc.).
- Pour les **sites majeurs**, accueillant **plus de 5 000 individus**, la méthode recommandée repose sur une « **estimation à vue de la surface de l'essaim (en m²)** », à relever en priorité, associée à une « **extrapolation du nombre d'individus à partir de clichés** » (photo flash ou infrarouge), lorsque cela est techniquement possible.

2) Nombre de passage

Un **seul passage** est recommandé pour les **comptages hivernaux**, jugé suffisant pour estimer les effectifs lorsque les conditions de suivi sont respectées.

3) Période

Pour les comptages hivernaux, la **période recommandée se situe entre le 15 et le 25 janvier, avec une tolérance possible jusqu'au 31 janvier** en fonction des contraintes locales.

4) Sites prioritaires à suivre

Les **24 sites majeurs identifiés dans le tableau 9** (voir partie "2.3. Bilan des sites majeurs pour le Minioptère de Schreibers") constituent les **sites prioritaires à suivre** dans le cadre de la conservation de l'espèce.

Cette liste **n'inclut pas les sites de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur**, dont plusieurs gîtes importants restent à intégrer dans les suivis futurs.

5) Sites secondaires à surveiller

Les **86 sites** connus avec des effectifs inférieurs à 1 000 individus, constituent les sites secondaires à surveiller. La liste de tous les sites d'estivage est disponible en annexe 7.

6) Outils recommandés

À la suite des **retours d'expériences des structures productrices de données**, plusieurs **outils et logiciels** ont été testés sur le terrain afin de **faciliter et harmoniser les comptages**.

Pour les **comptages à partir de photographies**, l'outil recommandé est **CountEm**, un logiciel autonome permettant d'**estimer le nombre d'individus présents sur une photo**.

Ce logiciel s'avère particulièrement adapté aux **comptages hivernaux**, lorsque les chauves-souris sont regroupées en essaims compacts. En procédant par **échantillonnage d'une portion de l'image**, CountEm extrapole le total sur l'ensemble de la photo et fournit une **estimation accompagnée d'un taux d'erreur**.

4.2. Comptages estivaux

À la suite de la réunion technique de décembre 2024, le protocole de comptage estival a été revu afin de répondre de manière plus précise aux enjeux de connaissance sur l'utilisation des gîtes par les populations de Minioptères de Schreibers.

Pour les **sites de parturition**, l'objectif principal est de confirmer le statut reproducteur du site (présence avérée de reproduction) et de recenser l'ensemble des individus adultes présents, en distinguant les femelles reproductrices des autres individus. En effet, ces sites peuvent aussi accueillir des mâles ou des femelles non reproducteurs qui se joignent temporairement aux colonies.

Les **sites d'estivage**, quant à eux, sont principalement occupés par des individus non reproducteurs, mâles ou femelles, qui utilisent un réseau de gîtes variables au cours de la saison. Moins essentiels que les sites de parturition pour la conservation à court terme de l'espèce, ils n'en demeurent pas moins importants pour comprendre la dynamique spatio-temporelle des colonies. Certains sites d'estivage pourraient d'ailleurs être fréquentés de manière alternée par des groupes reproducteurs selon les années.

Ces gîtes peuvent également jouer un rôle de **site refuge** en cas de dérangement ou de modification de l'environnement. Ainsi, le suivi de ces réseaux estival est indispensable pour interpréter certaines fluctuations observées dans les effectifs des sites de parturition, et éviter des surestimations d'adultes reproducteurs certaines années.

En résumé, si les **sites de parturition** restent les cibles prioritaires du suivi estival, l'inclusion de certains **sites d'estivage** dans les protocoles permet d'améliorer notre compréhension globale de l'utilisation des gîtes par l'espèce et de mieux appréhender les mouvements intra-saisonniers des individus.

Pour l'ensemble de ces sites (parturition et estivage), il est essentiel que les **données récoltées** soient **communes et harmonisées**.

Données **OBLIGATOIRES** :

- **Reproduction** (Absence/présence/inconnu)
- **Preuve de la donnée de reproduction** (bruit dans la colonie de nuit, cadavres, effectifs et stade des juvéniles)
- **Nombre d'individus adultes comptés** (comptage sortie de gîte quand c'est possible **et/ou** comptage dans la colonie photo ou infrarouge)
- **Fiabilité du comptage d'adultes** (précis, minimum ou estimation)

Données **facultatives** à renseigner si le site le permet :

- **Nombre de jeunes**
- **Stade des juvéniles** (crevette ou grisou)
- **Fiabilité du comptage des juvéniles** (précis, minimum ou estimation)

1) Méthode

Le **comptage en période estivale** doit idéalement se dérouler en **deux temps** :

1. Un **comptage des adultes**,
2. Puis un **contrôle des juvéniles** dans la cavité.

Pour le **dénombrement des adultes**, la méthode privilégiée est le **comptage à vue à la sortie du gîte**, lorsque le site s'y prête (entrée unique, bonne visibilité).

Si ce n'est pas possible (multiples sorties, mauvaise visibilité, etc.), il est recommandé de réaliser un **comptage dans la cavité** à partir de **photos (flash) ou d'imagerie infrarouge**.

Le **contrôle de la reproduction** (présence de jeunes) doit être **systématique**, y compris dans les sites considérés comme "d'estivage".

La méthode recommandée est un **comptage visuel ou photographique des jeunes dans la cavité**, complété le cas échéant par la **recherche de preuves indirectes de reproduction** : bruits caractéristiques dans la colonie, cadavres de jeunes, ou effectifs inhabituels.

2) Nombre de passage

Un seul **passage** est suffisant s'il est réalisé à la bonne période et en suivant les méthodes de comptage recommandées.

3) Période

L'objectif de ce nouveau protocole est de **compter ou estimer avec précision le nombre d'individus adultes**, en particulier les **felles reproductrices**, et de **confirmer la présence ou l'absence de jeunes** sur le site. Pour cela, les comptages doivent être réalisés **au plus près de la période de mise bas**, lorsque les juvéniles sont encore au **stade "crevette"** (cf. description dans les données facultatives à collecter).

Sur la base des retours d'expérience des partenaires, une **"période cœur nationale"** a été définie entre le **25 juin et le 5 juillet**.

Toutefois, pour tenir compte des **variations régionales dans la phénologie de l'espèce**, une **tolérance de ± 10 jours** est prévue, permettant la réalisation des comptages entre le **15 juin et le 15 juillet**, selon les contextes locaux.

4) Sites prioritaires à suivre

Les **sites prioritaires à suivre en période estivale** pour la conservation du Miniopère de Schreibers sont les **38 sites de parturition connus**, recensés dans le **tableau en annexe 8**.

S'y ajoutent les **9 sites majeurs d'estivage**, présentés dans le **tableau 10** de la partie "2.3. Bilan des sites majeurs pour le Miniopère de Schreibers" du rapport, qui doivent également faire l'objet d'un suivi attentif.

Les **sites de parturition récemment désertés ou abandonnés** constituent également des sites stratégiques à suivre, afin d'en comprendre les causes et d'identifier d'éventuelles dynamiques de recolonisation ou de repli.

À noter : **ces listes n'intègrent pas les sites situés en région Provence-Alpes-Côte d'Azur**, dont plusieurs gîtes d'importance sont connus mais non inclus dans le présent rapport, faute de données disponibles.

5) Sites secondaires à surveiller

Les **44 sites d'estivages** connus avec des effectifs inférieurs à 1 000 individus, constituent les sites secondaires à surveiller. La liste de tous les sites d'estivage est disponible en annexe 7.

6) Outils recommandés

À la suite des **retours d'expériences de terrain** des structures productrices de données, plusieurs **outils numériques** ont été testés et utilisés pour **faciliter et harmoniser les comptages estivaux**.

- Pour les **comptages à la sortie des gîtes**, l'application mobile **“Clickr”** est recommandée. Il s'agit d'un **compteur numérique personnalisable** permettant de comptabiliser une ou plusieurs espèces, avec **horodatage intégré**. Les touches de volume du téléphone (+/–) servent à incrémenter les effectifs selon un pas défini à l'avance (ex. : 1, 10, etc.). L'application génère un **histogramme de la phénologie** en fin de session et conserve un **historique des comptages réalisés**.
- Pour le **comptage des juvéniles dans la cavité à partir de photos**, le logiciel **“CountEm”**, déjà recommandé pour les comptages hivernaux, s'est également révélé adapté à la **détection et l'estimation du nombre de jeunes au stade “crevette”** regroupés en essaim.

B. Action 2 : Elaboration et test d'une nouvelle méthodologie de suivi du Minioptère de Schreibers par la technique de l'acoustique

La deuxième action du projet AMI Minioptère concerne la mise en place d'une **méthode de comptage acoustique autonome** ayant pour objectif de suivre les colonies du Minioptère de Schreibers avec une nouvelle méthodologie.

Lors de la première année du projet (2022), un protocole a été défini sur la base des travaux (Revilla-Martin *et al.* 2020 réf des Catalans) et des premiers tests ont été réalisés au cours d'un stage de master réalisé par Cassandre Treyvaud (Treyvaud, 2022). Le détail de cette démarche est disponible dans le rapport 2022.

L'objectif de cette première année du projet était d'atteindre **une calibration globale et compatible avec l'importante diversité des cavités françaises occupées par le Minioptère de Schreibers, tout en corrélant les effectifs comptés visuellement avec le nombre de contacts acoustiques enregistrés sur 11 sites.**

Sur la base du protocole défini en 2022, les suivis et enregistrements acoustiques se sont poursuivis en 2023 et en 2024. La centralisation des différents fichiers a par ailleurs été coordonnée par la SFEPM. Les tableurs de données et les fiches comptage et cavité ont été adressés à la SFEPM tandis que les fichiers acoustiques au MNHN. Comme indiqué en introduction, la rédaction du protocole et l'analyse et la valorisation des données ont fait l'objet de deux stages de Master 2 qui sont présentés dans ce rapport.

1. Matériel et méthodes

1.1. Méthode testée

Le protocole mis en place dans le cadre de cette action 2, s'inspire de celui décrit dans l'étude de Revilla-Martin et ses collaborateurs (Revilla-Martin *et al.* 2020). Ce dernier a été testé sur cinq petites cavités présentant des caractéristiques topographiques similaires et des colonies de petite et moyenne taille, variant de quelques dizaines à plus de 1 500 individus. Les résultats de cette étude ont montré que les estimations du nombre de chauves-souris basées sur les données acoustiques, obtenues à l'aide de modèles statistiques, étaient cohérents avec les données de comptage. La méthodologie s'appuie sur les résultats de cette étude et a été adaptée pour échantillonner une plus grande diversité de sorties de cavités en termes de taille et d'encombrement de végétation.

Le protocole consiste à poser un enregistreur automatique à l'entrée d'une cavité pendant plusieurs nuits afin d'enregistrer les passages des Minioptères à chaque sortie. L'entrée d'une cavité étant définie par l'endroit où est réalisé le comptage des Chiroptères en sortie de gîte.

Un comptage visuel est réalisé en parallèle pour corrélérer les effectifs comptés visuellement avec le nombre de contacts enregistrés.

Une unité de contact correspond à un enregistrement de **5 secondes** contenant un ou plusieurs cris de chauve-souris, durée moyenne d'un passage devant un microphone. Ce format de 5 secondes est également requis par le logiciel d'identification automatique gratuit Tadarida, développé par le MNHN et intégré au programme Vigie-Chiro, pour le traitement des enregistrements générés.

Les passages ont tout d'abord été réalisés dans des cavités tests, avant de réaliser les passages officiels dans les cavités sélectionnées pour concevoir le protocole.

Une **fiche cavité** (description de chaque cavité) ainsi qu'une **fiche comptage** (description de chaque comptage en sortie de gîte) ont été créées et améliorées par les retours des différents partenaires lors des tests du protocole sur le terrain. Ces deux fiches permettent de caractériser les cavités et les paramètres de comptage pour étudier les biais dus à la grande diversité de types de cavités ou climats entre les différentes régions.

Ces fiches de cavités/comptage étaient à remplir à plusieurs (pour limiter la subjectivité) lors de chaque passage et à transmettre au coordinateur Chiroptères pour assurer l'homogénéisation des données.

Ces fiches sont présentées en Annexe 9.

1.1.1 Positionnement du dispositif d'écoute

Pour cette étude, des enregistreurs **SM2bat** et **SM4bat** équipés de microphones **SMX-US** et **SMM-U2** ont été utilisés. Ces dispositifs permettent des enregistrements acoustiques continus et omnidirectionnels. Ils ont été paramétrés selon les recommandations du programme de suivi des chauves-souris Vigie-chiro.

Un enregistreur a été installé à chaque entrée de cavité. En cas d'incertitude sur la position optimale pour obtenir des données acoustiques de qualité, deux appareils ont été installés. Dans ce cas, ils ont été réglés à la même heure, à la seconde près.

Les colonies de Minioptère de Schreibers étant souvent en sympatrie avec d'autres espèces, l'utilisation d'un **détecteur d'ultrasons hétérodyne (Magenta Bat 5, D240X, M500)** a été utilisé pour différencier les espèces présentes.

Les enregistreurs ont été installés directement à l'entrée des cavités, à hauteur où les comptages visuels ont été réalisés. Ils ont été placés là où le flux de Minioptères était relativement étroit, sans comporter trop d'aller-retour.

Les analyses exploratoires menées par Cassandra Treyvaud lors de son stage en 2022 sur l'identification du positionnement optimal des microphones ont montré que ceux placés perpendiculairement à la cavité enregistrent plus efficacement les contacts acoustiques, confirmant ainsi les conclusions des travaux de Revilla-Martin et al. (2020). En conséquence, les microphones ont été **orientés perpendiculairement** au sol, aussi près que possible de **l'entrée des cavités, le long de la paroi**, et positionnés à une **hauteur au plus proche du flux** des chauves-souris. Toutefois, en raison des contraintes environnementales spécifiques à certaines cavités, un certain degré de flexibilité a été autorisé.

1.1.2 Scénarios de comptage

Chaque session dure au minimum 3 à 4 nuits. La 1^{ère} et la 2^{ème} nuit correspondent à un enregistrement en condition réelle sans perturbation humaine. La 3^{ème} nuit correspond à une nuit de comptage. La 4^{ème} nuit est facultative et permet de relever les effets persistants du dérangement.

Il existe 2 scénarios de comptage pour lesquelles les partenaires avaient le choix :

- comptage visuel la 3^{ème} nuit puis récupération du détecteur après la 4^{ème} nuit d'enregistrement ;
- comptage visuel la 3^{ème} nuit et récupération du détecteur juste après le comptage.

L'horodatage des passages des individus est intéressant à mettre en place pour recueillir un maximum d'informations. Les comptages peuvent être décomposés par tranche de 5 min ou par l'utilisation d'un logger automatique.

Les photographies et les vues éclatées du compteur horodaté sont représentées dans la Figure 31 ci-dessous.

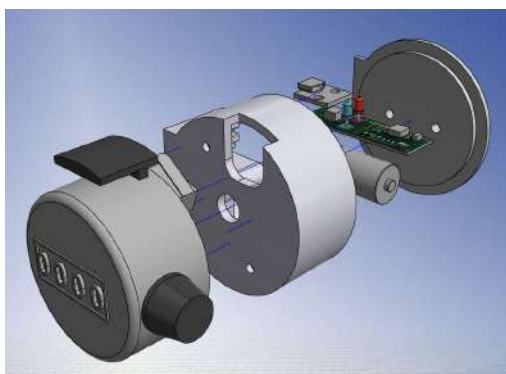
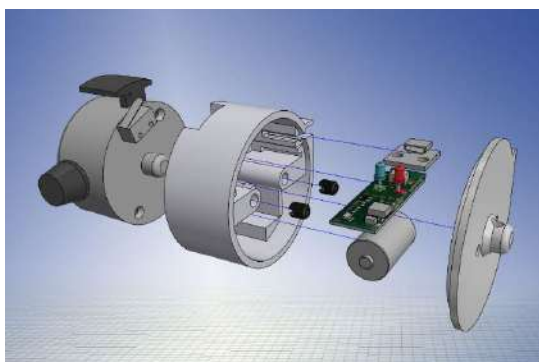


Figure 31 – Photographies et vues éclatées du compteur horodaté – Bruno Discours (CPEPESC Lorraine)

1.1.3 Méthodes de comptage en sortie de gîte et relevé des variables environnementales

Les observateurs doivent être en place avant la sortie des chauves-souris, environ 30 min avant le coucher du soleil, à l'entrée de la cavité de manière à avoir la meilleure visibilité possible du flux d'individus sur fond de ciel. Si le placement ne permet pas de distinguer le flux d'individus sur fond de ciel, le rajout d'une lumière rouge est nécessaire. L'objectif étant de comptabiliser de manière la plus précise possible les effectifs en sortie.

1.1.4 Temporalité de sortie

Le protocole nécessite un relevé précis de l'heure du premier et dernier minioptère sorti.

Le comptage de sortie de gîte est suivi (si possible) d'un passage dans la cavité pour recenser les individus restés à l'intérieur (adulte et/ou juvéniles).

1.1.5 Temporalité des passages

Pour chaque cavité, cinq dates de passages ont dû être déterminées durant la même année, afin d'assurer assez de répétabilité et d'avoir assez de données en cas de soucis d'enregistrement lors d'une session. Chaque passage devant être distant de 15 jours minimum et ne pas comprendre la période du 15 juillet au 15 août, période proscrite car elle correspond à la période d'entraînement au vol des juvéniles et donc à une recrudescence des allers-retours dans la cavité, biaisant les observations.

1.1.6 Traitement des données acoustiques

Tri des contacts selon les espèces

Une fois récoltées, les données acoustiques ont été traitées par le logiciel Tadarida (Bas *et al.* 2017), développé par le Muséum National d'Histoire naturelle, dans le cadre du programme Vigie-chiro, logiciel qui permet d'identifier les espèces de chauves-souris à partir des signaux acoustiques.

Les particularités des sonars des différentes espèces, combinées à l'examen des tableaux de résultats et des fichiers audio, ont montré que le logiciel d'identification commettait fréquemment des erreurs entre le Minioptère de Schreibers et la Pipistrelle pygmée, dont les sonars sont très similaires. Des confusions ont également été observées avec la Pipistrelle commune, dont le sonar peut parfois être proche de celui du Minioptères de Schreibers. Une proportion importante d'enregistrements acoustiques avait été attribuée aux Pipistrelles, alors que le contexte suggère qu'un tel nombre de contacts est peu probable.

Pour les analyses, tous les contacts des trois espèces ont été regroupés. Cette décision introduit un biais, car les vrais contacts de Pipistrelles sont mélangés avec ceux du Minioptères incorrectement identifiés comme Pipistrelles. Cependant, il a été estimé que ce biais est moins problématique que le risque de manquer des contacts de Minioptères. De plus, lors des heures de sortie des Minioptères, on estime que les contacts de Pipistrelles sont limités. Par exemple, la Pipistrelle pygmée, qui a l'habitude de chasser dans des habitats aquatiques et gîte généralement dans des toitures ou des ponts (Dietz & Kiefer, 2015), est peu susceptible d'être présente en grand nombre dans ce contexte.

L'unité standard d'un contact correspond à un enregistrement de 5 secondes contenant au moins un cri de chauve-souris, durée moyenne d'un passage devant un microphone. Ce format de 5 secondes est également requis par le logiciel d'identification automatique gratuit Tadarida. Cette unité a été utilisée dans les analyses. Revilla-Martin et ses collaborateurs (2020) ont testé différentes durées de contact pour déterminer celle qui permettrait d'établir une relation entre le nombre d'individus comptés et le nombre de contacts acoustiques. L'utilisation d'une durée de contact d'une seconde a montré les meilleurs résultats. Cette durée a donc été également testée dans les analyses.

Tri des contacts en fonction de la phénologie de sortie des gîtes

Afin de déterminer les contacts acoustiques correspondant aux contacts durant les heures de sortie de gîte, l'heure de début et de fin de sortie de gîte ont été établies à l'aide d'une courbe de répartition des contacts (en densité de contacts) sur une plage de temps donnée. Il est donc possible de visualiser graphiquement la phénologie d'émergence de chacune des nuits dans chacun des sites. Une courbe d'effectif cumulé a ensuite été créée de chaque côté du pic de sortie et la visualisation des plateaux censés représenter un changement brutal de densité de contacts sur ces deux courbes permet de définir l'heure de début et de fin de sortie de gîte des Minioptères. La fonction *uik* du package *R inflection* (Christopoulos 2019) a été utilisée pour identifier le moment où la courbe commence à augmenter plus rapidement (heure de début) et le point au-delà duquel la courbe s'aplatit (heure de fin). Une fois les horaires définis, le nombre de contacts acoustiques a été calculé pendant les intervalles de temps correspondant à chaque sortie de gîte.

1.1.7 Analyses statistiques

Analyses préliminaires - Stage de Cassandra Treyvaud (2022)

Des analyses préliminaires ont été menées au cours de la première année de collecte des données afin d'ajuster, si nécessaire, certains aspects du protocole. Ces analyses comprenaient l'évaluation du positionnement optimal du microphone (voir section 1.1.1), l'étude de l'impact de la présence d'un observateur lors des comptages, l'analyse de la corrélation entre les contacts visuels et les contacts acoustiques, ainsi que l'examen des variations de l'indice de confiance du logiciel Tadarida pour identifier les variables influençant la qualité des enregistrements et des identifications.

Ces analyses ont été menées à l'aide de modèles linéaires généralisés simples (GLM) et mixtes (GLMM) (Tableau 1). Les variables explicatives ont été standardisées (centrées et réduites) afin que les coefficients de régression soient comparables et interprétables sur le plan biologique (Schielzeth, 2010). Des variations liées aux sites (comme les différences entre observateurs ou les conditions propres à chaque lieu) et aux passages (comme les différentes dates) ont été prises en compte dans les modèles sans qu'elles ne soient directement analysées dans les modèles, en les intégrant comme effets aléatoires. Pour les deux dernières analyses (Tableau 1), ces deux effets n'ont pas pu être inclus, car la quantité de données était insuffisante, ce qui influençait trop fortement les résultats et empêchaient d'obtenir des résultats fiables.

Pour les modèles avec plusieurs variables, une méthode de sélection des variables les plus explicatives a été utilisée avec fonction *dredge* du package R *MuMIn* (Bartoń, 2020) pour déterminer le meilleur modèle. La fonction a été paramétrée de sorte qu'il n'y ait pas plus d'une variable pour 10 données disponibles, pour éviter de trop complexifier les modèles et de risquer d'avoir des résultats peu fiables. Lorsque plusieurs meilleurs modèles étaient possibles, ceux-ci ont été combinés (model averaging) afin d'obtenir des prédictions plus fiables et plus robustes.

Tableau 19 - Présentation des différents modèles réalisés. Les "*" indiquent qu'une démarche de sélection de modèle a été effectuée et que l'ensemble des variables n'ont pas tourné ensemble dans le même modèle.

Analyses	Modèles
Impact du dérangement lors du comptage visuel	GLMM (nombre de contacts (nombre d'enregistrements de 5 sec contenant au moins un cri de chauves-souris) ~ Type de nuit sur un passage : avant le comptage, nuit du comptage et nuit après le passage + Distance des observateurs au flux de minioptère lors de la sortie de gîte + Type d'éclairage lors de la sortie de gîte : Blanc, rouge, aucun + Effets aléatoires du site et du passage, Distribution statistique = poisson)
Impact du dérangement lors du comptage visuel en fonction du moment du comptage	GLMM (nombre de contacts (nombre d'enregistrements de 5 sec contenant au moins un cri de chauves-souris) ~ Type de nuit sur un passage : avant le comptage, nuit du comptage et nuit après le passage + Effets aléatoires du site et du passage, Distribution statistique = poisson)
Relation entre les contacts visuels et acoustiques : choix de la variable	*GLMM (Nombre de minioptère compté visuellement lors de la sortie de gîte ~ nombre de contacts (nombre d'enregistrements de 5 sec contenant au moins un cri de chauves-souris) + nombre de contacts (nombre d'enregistrements de 1 sec contenant au moins un cri de chauves-souris) + Effet aléatoire du site, Distribution statistique = poisson)

acoustique	
Relation entre les contacts visuels et acoustiques	<ul style="list-style-type: none"> *GLM (nombre de contacts (nombre d'enregistrements de 5 sec contenant au moins un cri de chauves-souris) <ul style="list-style-type: none"> ~ Nombre de minioptère compté visuellement lors de la sortie de gîte + Distance du micro au flux de minioptères + Distance du micro à l'entrée de la cavité + Hauteur de la cavité + Largeur de la cavité + Pourcentage de surface de l'entrée recouverte par la végétation + Distance de la végétation à l'entrée, Distribution statistique = poisson)
Variation de l'indice de confiance de Tadarida	<ul style="list-style-type: none"> *GLM (Indice de confiance de Tadarida (moyenne calculé pour chaque nuit) <ul style="list-style-type: none"> ~ Nombre de minioptère compté visuellement lors de la sortie de gîte en interaction avec Durée de la sortie de gîte <ul style="list-style-type: none"> + Distance du micro à l'entrée de la cavité + Distance du micro au flux de minioptères + Hauteur de la cavité + Largeur de la cavité + Pourcentage de surface de l'entrée recouverte par la végétation + Distance de la végétation à l'entrée + Pourcentage de recouvrement d'arbre dans les 30 m autour de la cavité, Distribution statistique = gaussian)

Ces analyses ont été réalisées à l'aide l'interface RStudio, utilisant la version 4.1.1 du logiciel R.

Estimation du nombre de minioptère à partir de l'activité acoustique - Stage de Jonathan Roussel (2024)

En 2024, une seconde phase d'analyses statistiques a été menée dans le but de concevoir un modèle capable de prédire de manière fiable le nombre de Miniopptères de Schreibers en fonction de l'activité acoustique, tout en prenant en compte les variables susceptibles d'influencer cette relation, telles que la typologie des cavités et les conditions météorologiques.

Pour atteindre cet objectif, deux approches statistiques ont été comparées afin d'évaluer leur performance prédictive et de confirmer l'importance des variables prises en compte dans l'analyse : le modèle linéaire généralisé à effet mixte (GLMM) et le modèle Random Forest. Les analyses ont pris en compte plusieurs variables, notamment le nombre de Miniopptères de Schreibers sortis et l'activité acoustique. Cette dernière était définie comme le produit du nombre de contacts par leur amplitude, une méthode permettant de corriger les biais liés à une éventuelle saturation lorsque trop de cris sont enregistrés simultanément. En ce qui concerne l'activité acoustique, les contacts des Pipistrelles communes et pygmées ont été regroupés avec ceux des Miniopptères de Schreibers, en raison de la similitude de leurs cris, ce qui rend leur distinction difficile pour le logiciel Tadarida. Par ailleurs, les modèles ont intégré des variables susceptibles d'influencer la relation entre le nombre d'individus sortis et l'activité acoustique, telles que les conditions météorologiques, les caractéristiques des cavités, la végétation environnante, la distance de la colonie par rapport à l'entrée des cavités, la sympatrie avec d'autres espèces, ainsi que les particularités du protocole. Une attention particulière a été portée à la distance entre la colonie et l'entrée de la cavité, car l'hypothèse initiale suggérait que plus la colonie se situe près de l'entrée, plus le risque d'enregistrer des contacts liés aux allers-retours des individus à l'intérieur de la cavité est élevé, ce qui pourrait biaiser les estimations. Les variables explicatives ont été standardisées (centrées et réduites) afin que les coefficients de régression soient comparables et interprétables sur le plan biologique (Schielzeth, 2010)

Le modèle GLMM ne pouvant intégrer l'ensemble des 35 variables disponibles, Nous avons donc sélectionné les variables les plus pertinentes en les ajoutant progressivement, étape par étape, en utilisant une méthode qui s'appuie

sur un critère statistique (l'AICc) pour choisir le meilleur modèle. Pour éviter de trop complexifier le modèle et de risquer d'avoir des résultats peu fiables, nous avons limité chaque modèle à un maximum de 10 variables.

Le modèle Random Forest étant plus flexible, nous avons pu le construire avec l'ensemble des 35 variables disponibles. Le meilleur modèle a ensuite été choisi en mesurant l'impact de chaque variable sur la réduction de l'erreur de prédiction, ce qui a permis d'identifier les variables les plus importantes pour prédire les résultats.

Ces analyses ont été réalisées à l'aide l'interface RStudio, utilisant la version 4.1.1 du logiciel R.

Les tableurs de données employés dans les analyses statistiques peuvent être recréés à partir des scripts R disponibles en annexe 10.

2. Sites testés

En décembre 2021, les partenaires ont rempli un Excel partagé comprenant pour chaque région, tous les sites connus accueillant des minioptères et ont effectué une présélection de ces sites en fonction de plusieurs critères (présence de minioptères, site à une seule sortie, la fiabilité du comptage à l'envol, l'accessibilité au site favorable, un comptage en sortie possible...).

À l'issue de ce tableur et des nombreux échanges, 18 sites à l'échelle nationale ont été sélectionnés pour 2022. Ces sites sélectionnés ne comportent qu'une seule entrée afin que les Minioptères ne puissent pas changer d'entrée d'une nuit à l'autre lors des sorties, ce qui rendrait le protocole impossible à mettre en place. 2 sites possédant 2 sorties ont cependant été sélectionnés pour tester la faisabilité du protocole dans ces conditions. Les sites doivent être facilement accessibles pour les observateurs et les comptages visuels fiables (maximum de 20% d'incertitude évaluée). Il est important que les observateurs aient une connaissance suffisante de la phénologie d'occupation des lieux puisque pour réaliser les différents passages, il faut qu'il y ait un effectif de Minioptères suffisant à cette période de l'année. N'ont été sélectionnés que les sites relativement importants pour la région avec des effectifs de plusieurs centaines d'individus.

Le tableau 20 ci-dessous est un récapitulatif des sites suivis en 2022 et 2023. Parmi ces 18 sites, 11 sites ont finalement été suivis en 2022 et 15 en 2023 (surlignés en jaune dans le tableau). 6 sites ont également été sélectionnés au sein de ces 18 sites afin de réaliser **un suivi annuel**.

Les régions concernées par cette étude sont la Bourgogne, la Franche-Comté, la région PACA, le Languedoc-Roussillon, le Limousin, le Poitou -Charente, Midi-Pyrénées ainsi que la Corse.

2.1. Liste des sites testés par région

Le tableau 20 ci-après représente les sites sélectionnés pour l'action 2.

Tableau 20 - Sites sélectionnés pour la réalisation du protocole acoustique en 2022 et 2023

Structures	Région (ancienne)	Identifiant site	Type de cavité	Effectif minioptères	Phénologie	Suivi annuel	Année de suivi
CPEPESC FC	Franche-Comté	Minio-Accous-FC-1	Grotte naturelle terrestre	400	Tp, R, Ta	-	2022
	Franche-Comté	Minio-Accous-FC-2	Grotte naturelle terrestre	800	Tp, R, Ta, H	-	2023
LPO AURA	Drôme	Minio-Accous-Drome-1	Grotte naturelle terrestre	2000 (H), 1000 à 1500 (E, Tp, Ta)	Tp, E, Ta, H	X	2022 et 2023

	Ardèche	Minio-Accous-Ard-1	Grotte naturelle terrestre	Plusieurs centaines	Ta, Tp	-	2022 et 2023
	Ardèche	Minio-Accous-Ard-2	Grotte naturelle terrestre	600 à 1000 (T) ; 100 à 300 (E)	Ta, Tp, E	-	2023
GMHL	Limousin	Minio-Accous-Lim-1	Abîme	4200	Tp, R, Ta, H	X	2023
GMHL & CEN NA	Limousin	Minio-Accous-Lim-2	Viaduc	500	Tp, R, Ta	-	2022
CEN NA	Aquitaine	Minio-Accous-Aqu-1	Grotte naturelle terrestre	200-300	R, Tp, Ta	-	2023
CEN Occitanie - ANA-CEN Ariège	Midi-Pyrénées	Minio-Accous-MidiPy-1	Grotte naturelle terrestre	100 à 8000	H, Tp, Ta, E	X	2023
	Midi-Pyrénées	Minio-Accous-MidiPy-2	Grotte naturelle terrestre	3500 (6000 adultes en tout)	R, Tp, Ta	X	2022 et 2023
	Midi-Pyrénées	Minio-Accous-MidiPy-3 (remplacée par Minio-Accous-MidiPy-4)	Grotte naturelle terrestre	1000 à 2000 (plus de 3000 toutes espèces confondues)	R, Tp, Ta	-	2022
	Midi-Pyrénées	Minio-Accous-MidiPy-4	Grotte naturelle terrestre	1500	R, Tp, Ta	-	2022 et 2023
SHNA	Bourgogne	Minio-Accous-Bourgogne-1	Carrière	300	Tp, Ta	-	2023
GCC	Corse	Minio-Accous-Corse-1	Ouvrage hydraulique	500	E	-	2022
CEN PACA	PACA	Minio-Accous-PACA-1	Mine	50 - 550	Ta, Tp	-	2023
	PACA	Minio-Accous-PACA-2	Grotte naturelle terrestre	500 - 10000	R, Tp, Ta	-	2022
Derivaz	Languedoc-Roussillon	Minio-Accous-LangR-1	Grotte naturelle terrestre	1500	R, Tp, Ta	-	2023
	Languedoc-Roussillon	Minio-Accous-LangR-2	Grotte naturelle terrestre	6000 - 20000	R, Tp, Ta, H	-	2023
GCLR	Languedoc-Roussillon	Minio-Accous-LangR-3-1	Aqueduc souterrain	3000 (R) à 5000 (T)	R, Tr	X	2022 et 2023
	Languedoc-Roussillon	Minio-Accous-LangR-3-2	Aqueduc souterrain	3000 (R) à 5000 (T)	R, T	X	2022 et 2023

Légende:

_E : Estivage ; H: Hibernation ; Ta : Transit automnal ; Tp : Transit printanier ; Tr : Transit ; R : Reproduction

* Le site « Minio-Accous-MidiPy-3 » avait été initialement sélectionné mais le biais lié à la configuration du site (double entrée trop large) a reporté ce choix sur le site « Minio-Accous-MidiPy-4 ».

La Figure 32 ci-dessous, représente la localisation de ces sites officiels suivis acoustiquement en 2022 et 2023 dans le cadre de l'action 2.

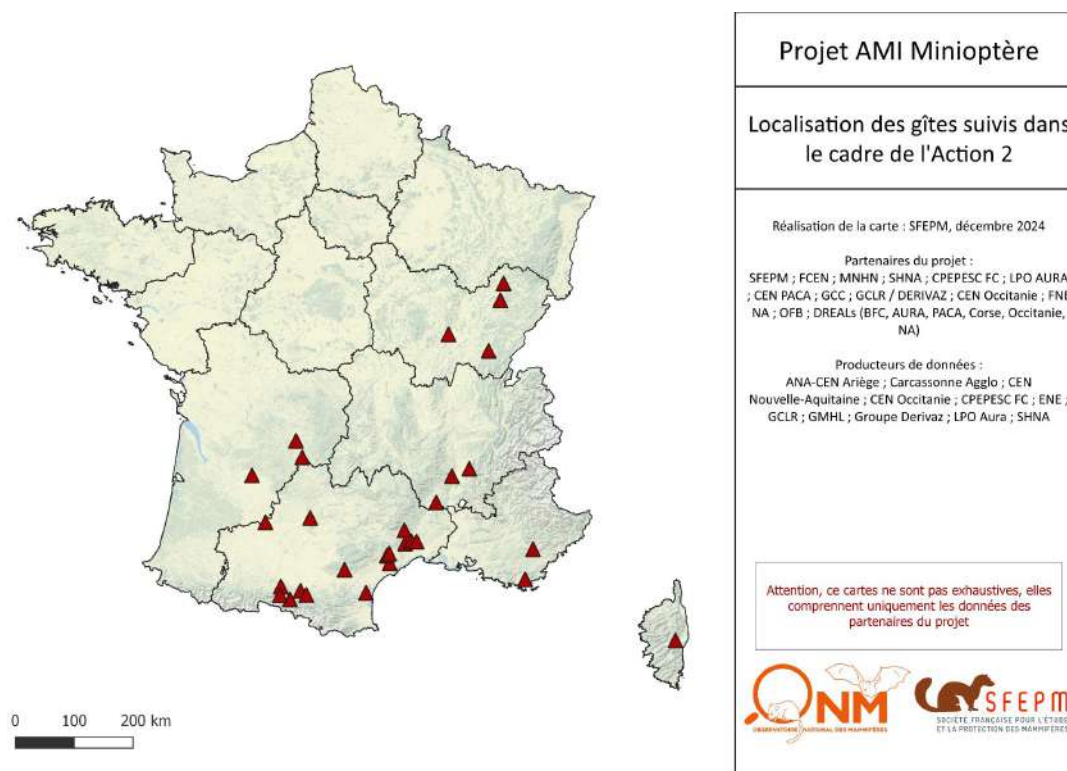


Figure 32 - Localisation des sites officiels suivis acoustiquement dans le cadre de l'Action 2

2.2. Éventuels problèmes rencontrés

Pour les comptages de l'action 2, plusieurs problèmes ont pu être observés par les partenaires, notamment d'ordre technique. En effet, certains enregistrements de la partie acoustique n'ont pas pu être réalisés car les outils ont été défectueux. La liste des sites a également été mise à jour pour des raisons de difficultés d'accès au site et de réalisation des suivis, entre autres.

3. Résultats et interprétations

3.1. Analyses préliminaires - Stage de Cassandra Treyvaud (2022)

En 2022, lors de la rédaction du rapport de stage, les données avaient été collectées sur 10 sites, avec 25 passages entièrement exploitables sur un total de 42 en raison de problèmes techniques sur certains d'entre eux. Pour les analyses, 25 comptages visuels en sortie de gîtes ont été inclus, correspondant à 98 sorties de gîtes enregistrées acoustiquement.

3.1.1. Effet de la présence d'observateurs lors des comptages

Afin d'étudier l'éventuelle influence des observateurs sur les comportements de sortie de gîte des Minioptères, l'impact des variables liées au comptage sur le nombre de contacts enregistrés a été évalué (Tableau 21). Le modèle initial a été structuré de la manière suivante :

Nombre de contacts (nombre d'enregistrements de 5 sec contenant au moins un cri de chauves-souris)
~ Type de nuit (avant le comptage, nuit du comptage, nuit après le comptage)

- + Distance des observateurs au flux de minioptère lors de la sortie de gîte
- + Type d'éclairage lors de la sortie de gîte (blanc, rouge, aucun)
- + Effets aléatoires du site et du passage

Les résultats de la sélection du modèle (Tableau 21, modèle avec l'AICc le plus faible) indiquent que deux variables expliquent mieux les variations du nombre de contacts : le type de nuit et la distance entre les observateurs et le flux de chauves-souris.

Tableau 21 - Résultats de la sélection de modèle sur l'effet de la présence d'observateurs lors des comptages visuels. Les variables incluses dans les modèles sont indiquées par un "+". L'AIC (Critère d'Information d'Akaike) évalue la qualité d'un modèle. Plus sa valeur est faible, mieux le modèle explique la variable réponse, ici le nombre de contacts acoustiques. Un modèle ne peut être considéré comme le meilleur et sélectionné que si la différence (delta) d'AIC entre ce modèle et les autres est supérieure à 2.

Modèle	Intercept	Type de nuit	Distance des observateurs au flux	Type d'éclairage	AIC	Delta
1	4,832	+	+		4217,940	0,000
2	4,747	+	+	+	4220,594	2,654
3	6,110	+			4291,627	73,687

Les résultats du meilleur modèle (Tableau 22) montrent que la distance des observateurs au flux a l'effet le plus marqué (coefficient significativement positif de 0,435), ce qui signifie que plus les observateurs sont éloignés du flux, plus le nombre de contacts acoustiques enregistrés augmente. Ce résultat suggère que la proximité des observateurs peut perturber les chauves-souris, entraînant une diminution de leurs émissions acoustiques lorsque les observateurs sont trop proches. Il est plausible que les Minioptères soient plus intrigués par des observateurs éloignés de la cavité, qui ressortent davantage dans le paysage acoustique. Ce phénomène pourrait être lié à la curiosité ou à l'inquiétude des chauves-souris face aux échos ou aux bruits des compteurs, ce qui les incite à explorer davantage l'environnement autour de la cavité, comme observé dans une mine des Pyrénées-Orientales (Julien Penvern, communication personnelle). Ce comportement est d'autant plus notable chez le Minioptère de Schreibers, une espèce rapide qui sort généralement en ligne droite.

Tableau 22 - Résultats du meilleur modèle expliquant l'impact de la présence d'observateurs lors des comptages visuels. Légende : "Coefficient" : Montre l'impact ou l'effet d'une variable sur le résultat que l'on mesure. Plus le coefficient est élevé, plus l'influence de cette variable est forte. "Erreur standard" : Indique l'incertitude ou la variabilité de l'estimation du coefficient. Plus cette erreur est petite, plus l'estimation est précise. "p-value" : Montre la probabilité que l'effet observé soit dû au hasard. Si cette valeur est très petite (par exemple inférieure à 0,05), cela signifie que l'effet est probablement réel et non dû au hasard.

Variable	Coefficient	Erreur standard	p-value	Relation
Intercept	4,832	0,305	< 0,05	Significativement positive
Nuit avant comptage	0,094	0,012	< 0,05	Significativement positive
Nuit du comptage	0,126	0,013	< 0,05	Significativement positive
Distance des observateurs au flux	0,435	0,054	< 0,05	Significativement positive

Pour évaluer l'influence du type de nuit, le modèle suivant a été utilisé, dont les résultats sont présentés dans le Tableau 23 :

- Nombre de contacts (nombre d'enregistrements de 5 sec contenant au moins un cri de chauves-souris)
- ~ Type de nuit (avant le comptage, nuit du comptage, nuit après le comptage)
 - + Effets aléatoires du site et du passage

Les résultats (Tableau 22 et 23) montrent également que les nuits avant et pendant les comptages ont un effet positif significatif sur le nombre de contacts acoustiques enregistrés. Ce phénomène pourrait s'expliquer par des changements de comportement des chauves-souris lors des sorties de gîte en réaction à la présence humaine.

En moyenne, un plus grand nombre de contacts est enregistré lors de la nuit du comptage visuel (504 individus) et nettement moins lors des nuits suivant le comptage visuel (450 individus) (Figure 33). La différence est faible mais réelle. Il semblerait que les Minioptères modifient leur comportement de sortie de gîte en présence d'observateurs en augmentant leur activité en sortie de gîte. Des observateurs placés à plusieurs mètres de la cavité pourraient davantage intriguer les chauves-souris, en ressortant davantage dans le paysage acoustique. Cela pourrait être dû à la curiosité ou l'inquiétude des Minioptères face aux échos ou au bruit des compteurs, les incitant à explorer davantage l'environnement autour de la cavité, comme observé dans une mine des Pyrénées-Orientales (Julien Penvern, communication personnelle). Ce comportement est d'autant plus notable chez le Minioptère de Schreibers, une espèce rapide qui sort généralement en ligne droite.

En revanche, les nuits suivant le comptage visuel présentent moins de contacts, ce qui pourrait être lié à un biais météorologique. Les observateurs ont généralement paramétré leur passage pour que le comptage se réalise avec la meilleure météo possible. Les nuits d'avant comptage, indispensables pour le protocole, bénéficieraient ainsi d'une météo favorable contrairement aux nuits après, affichées comme facultatives. Il est plausible que pour ces nuits, une météo moins favorable réduise le nombre de contacts de Minioptères enregistrés. De plus, toutes les structures n'ont pas enregistré après le comptage alors que cela a systématiquement été fait lors des tests en Languedoc Roussillon. Ces tests ont été réalisés en début de saison pendant la période de transit des Minioptères. Cette période induit des changements d'activité plus importants et tributaires de la météo. Il est probable que cela ait légèrement biaisé les analyses.

Tableau 23 - Résultats du modèle quantifiant l'influence de la nuit de comptage sur les sorties de gîtes. Légende : "Coefficient" : Montre l'impact ou l'effet d'une variable sur le résultat que l'on mesure. Plus le coefficient est élevé, plus l'influence de cette variable est forte. "Erreur standard" : Indique l'incertitude ou la variabilité de l'estimation du coefficient. Plus cette erreur est petite, plus l'estimation est précise. "p-value" : Montre la probabilité que l'effet observé soit dû au hasard. Si cette valeur est très petite (par exemple inférieure à 0,05), cela signifie que l'effet est probablement réel et non dû au hasard.

Variable	Coefficient	Erreur standard	p-value	Relation
Intercept	6,110	0,147	< 0,05	Significativement positive
Nuit avant comptage	0,101	0,012	< 0,05	Significativement positive
Nuit du comptage	0,114	0,013	< 0,05	Significativement positive

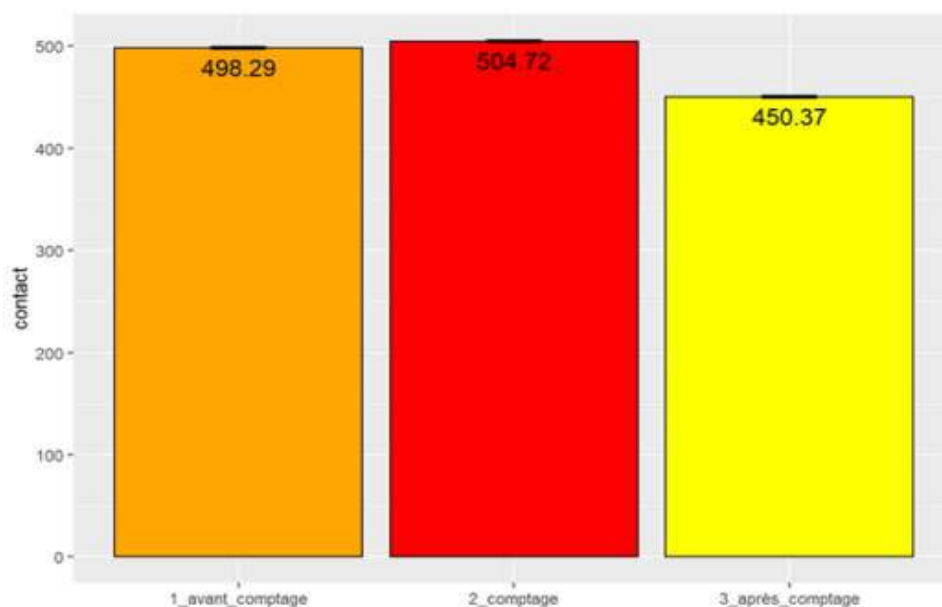


Figure 33 - Histogramme du nombre de contacts acoustiques en fonction du type de nuit, issu du rapport de stage de Cassandra Treyvaud (2022). La conversion des coefficients grâce à une fonction exponentielle a permis d'obtenir une valeur moyenne du nombre de contacts par type de nuit. Légende : barre orange : nombre de contacts moyen par nuit enregistrés avant la nuit du comptage visuel ; barre rouge : nombre de contacts moyen par nuit enregistrés pendant la nuit du comptage visuel ; barre jaune : nombre de contacts moyen par nuit enregistrés après la nuit du comptage visuel.

En résumé, les résultats montrent que le comportement des Minioptères est influencé par la distance des observateurs, qui augmentent les contacts acoustiques lorsqu'ils sont éloignés, et par le type de nuit, avec une activité accrue lors des comptages. Ces résultats mettent en évidence une perturbation possible liée à la présence humaine et des biais potentiels dus aux conditions d'étude.

3.1.2. Relation entre les comptages visuels et les contacts acoustiques

Pour analyser la relation entre les contacts visuels et les contacts acoustiques, un modèle a été développé en fonction des enregistrements acoustiques de 5 secondes et de 1 seconde. Il se structure de la manière suivante :

Nombre de minioptère compté visuellement lors de la sortie de gîte

- ~ Nombre de contacts (nombre d'enregistrements de 5 sec contenant au moins un cri de chauves-souris)
- + Nombre de contacts (nombre d'enregistrements de 1 sec contenant au moins un cri de chauves-souris)
- + Effet aléatoire du site

Les résultats du modèle (Tableau 24) montrent que les enregistrements d'une durée de 5 secondes s'est révélé plus précis (AICc plus faible) pour expliquer les données. Les contacts acoustiques de 5 secondes semblent donc mieux refléter le nombre de contacts visuels. C'est donc cette variable qui a été utilisée dans les modèles suivants.

Tableau 24 - Résultats de la sélection de modèle analysant si la relation entre les contacts visuels et les contacts acoustiques enregistrés est mieux expliquée par des durées de 5 secondes ou d'une seconde. Les variables incluses dans les modèles sont indiquées par un "+". L'AIC (Critère d'Information d'Akaike) évalue la qualité d'un modèle. Plus sa valeur est faible, mieux le modèle explique la variable réponse, ici le nombre de contacts acoustiques. Un modèle ne peut être considéré comme le meilleur et sélectionné que si la différence (delta) d'AIC entre ce modèle et les autres est supérieure à 2.

Modèle	Intercept	Nombre de contacts (séquences d'enregistrement de 5 secondes)	Nombre de contacts (séquences d'enregistrement d'une seconde)	AICc	Delta
1	7,012	+		35073,28	0.00
2	6,727		+	37009,62	1936,340

Un modèle global a été utilisé pour examiner l'impact des variables environnementales sur le nombre de contacts acoustiques. Le pouvoir prédictif du nombre de minioptères comptés ainsi que de certaines variables environnementales enregistrées sur le nombre de contacts acoustiques a été étudié par une sélection de modèles (Tableau 25) à partir du modèle suivant :

Nombre de contacts (nombre d'enregistrements de 5 sec contenant au moins un cri de chauves-souris)

~ *Nombre de minioptère compté visuellement lors de la sortie de gîte (minio_sortie)*

+ *Hauteur de la cavité (larg_cav)*

+ *Largeur de la cavité (haut_cav)*

+ *Distance du micro à l'entrée de la cavité (dist_micro_cav)*

+ *Distance du micro au flux de minioptères (dist_micro_flux)*

+ *Pourcentage de surface de l'entrée recouverte par la végétation (recouv_veg)*

+ *Distance de la végétation à l'entrée (dist_veg)*

Tableau 25 - Résultats de la sélection de modèle analysant la relation entre les contacts visuels et les contacts acoustiques enregistrés sur des durées de 5 secondes. Les variables incluses dans les modèles sont indiquées par un "+". L'AIC (Critère d'Information d'Akaike) évalue la qualité d'un modèle. Plus sa valeur est faible, mieux le modèle explique la variable réponse, ici le nombre de contacts acoustiques. Un modèle ne peut être considéré comme le meilleur et sélectionné que si la différence (delta) d'AIC entre ce modèle et les autres est supérieure à 2. Seuls les 3 premiers modèles sont présentés ici et les variables qui ne sont pas dans le tableau ne ressortent pas comme variables significatives dans les premiers modèles.

Modèle	Intercept	minio_sortie	larg_cav	haut_cav	dist_micro_cav	recouv_veg	dist_veg	AICc	Delta
1	6.053	+	+	+	+	+		8565	0.000
2	6.126	+	+	+		+		8566	0.877
3	6.120	+	+	+	+	+	+	8567	1.487

Les différences entre les modèles sont inférieures à 2 points (Tableau 25), il est alors difficile de déterminer quel est le meilleur modèle pour décrire la relation entre les contacts visuels et les contacts acoustiques enregistrés. Afin d'obtenir des prévisions plus précises et fiables, une méthode de combinaison des modèles (model averaging) a été utilisée (Tableau 26). Le modèle sélectionné est donc le suivant :

Nombre de contacts (nombre d'enregistrements de 5 sec contenant au moins un cri de chauves-souris)

~ *Nombre de minioptère compté visuellement lors de la sortie de gîte*

+ *Hauteur de la cavité*

+ *Largeur de la cavité*

+ *Distance du micro à l'entrée de la cavité*

+ *Pourcentage de surface de l'entrée recouverte par la végétation*

+ *Pourcentage de recouvrement d'arbre dans les 30 m autour de la cavité*

+ *Distance de la végétation à l'entrée de la cavité*

Les résultats du modèle (Tableau 26) indiquent que plusieurs variables influencent le nombre de contacts acoustiques enregistrés sur des durées de 5 secondes. Le nombre de Minioptères observés a l'effet le plus fort (coefficient significativement positif de 0,134), ce qui signifie qu'un plus grand nombre de Minioptères entraîne généralement un plus grand nombre de contacts acoustiques. La hauteur de la cavité et le recouvrement de végétation sont également des variables influençant positivement le nombre de contacts, suggérant que des cavités plus hautes et un meilleur recouvrement de végétation augmentent les contacts acoustiques. En revanche, la largeur de la cavité a un effet négatif, indiquant que des cavités plus larges sont associées à moins de contacts acoustiques. D'autres variables, comme la distance du microphone à l'entrée de la cavité et la distance de la végétation à l'entrée de la cavité, ne montrent pas d'effet significatif, ce qui signifie qu'elles n'influencent pas de manière notable le nombre de contacts

acoustiques. Ces résultats mettent en évidence l'importance du nombre de Minioptères et de certaines caractéristiques des cavités dans l'enregistrement des contacts.

Tableau 26 - Résultats du modèle averaging analysant la relation entre les contacts visuels et les contacts acoustiques enregistrés sur des durées de 5 secondes. Légende : "Coefficient" : Montre l'impact ou l'effet d'une variable sur le résultat que l'on mesure. Plus le coefficient est élevé, plus l'influence de cette variable est forte. "Erreur standard" : Indique l'incertitude ou la variabilité de l'estimation du coefficient. Plus cette erreur est petite, plus l'estimation est précise. "p-value" : Montre la probabilité que l'effet observé soit dû au hasard. Si cette valeur est très petite (par exemple inférieure à 0,05), cela signifie que l'effet est probablement réel et non dû au hasard.

Variable	Coefficient	Erreur standard	p-value	Relation
Intercept	6,341	0,004	< 0,05	Significativement positive
Nombre de minioptère compté visuellement lors de la sortie de gîte	0,135	0,005	< 0,05	Significativement positive
Hauteur de la cavité	0,026	0,005	< 0,05	Significativement positive
Pourcentage de surface de l'entrée recouverte par la végétation	0,105	0,007	< 0,05	Significativement positive
Distance du micro à l'entrée de la cavité	- 0,008	0,005	0,105	Non
Largeur de la cavité	- 0,025	0,006	< 0,05	Significativement négative
Distance de la végétation à l'entrée de la cavité	- 0,005	0,007	0,474	Non significative

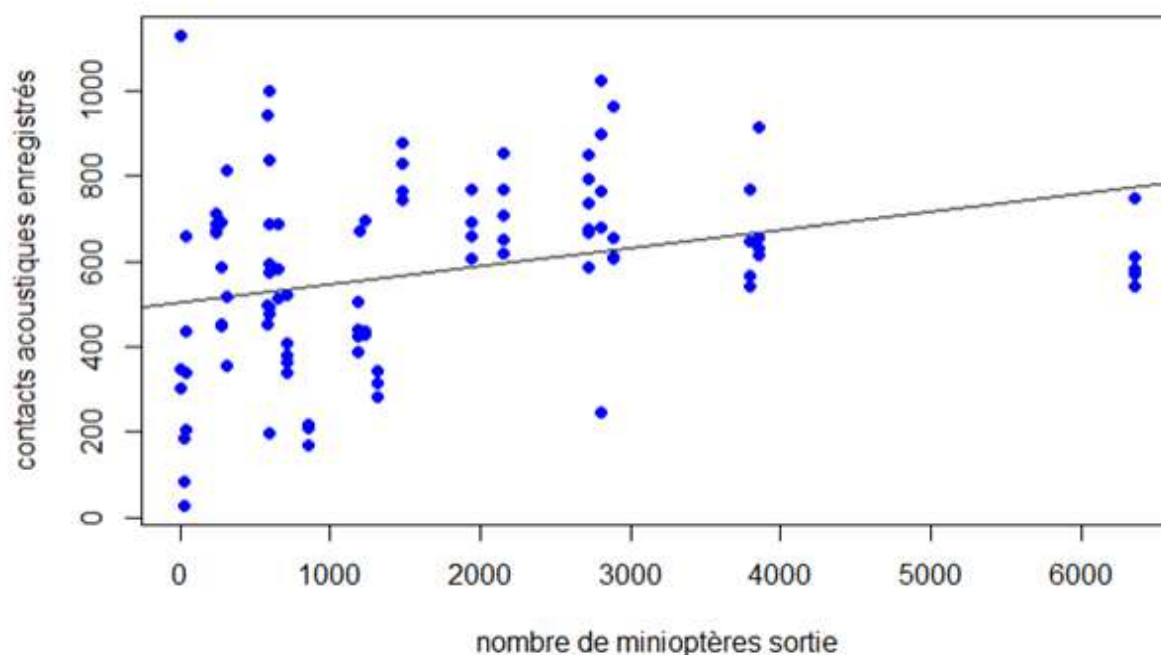


Figure 34 - Graphique de dispersion de la relation entre le nombre de Minioptères de Schreibers sortis et les contacts acoustiques enregistrés, issu du rapport de stage de Cassandra Treyvaud (2022). Légende : les points bleus correspondent aux observations, et la ligne noire représente une tendance générale modélisée par la régression linéaire.

La Figure 34 présente la relation entre le nombre de Minioptères de Schreibers sortant d'un gîte et le nombre de contacts acoustiques enregistrés sur des plages de 5 secondes. Une légère tendance positive se dégage, matérialisée par une ligne noire : en général, plus le nombre de chauves-souris sortant est élevé, plus le nombre de contacts acoustiques enregistrés augmente. Cependant, les points représentant les observations montrent une dispersion importante autour de cette tendance. Cela révèle que le lien entre ces deux variables n'est pas strictement linéaire et que d'autres facteurs influencent ces observations. L'analyse du graphique révèle une saturation dans le nombre de contacts acoustiques, principalement lorsque de nombreux Minioptères sortent simultanément dans des sites très peuplés. Étant donné que l'activité acoustique est mesurée par des intervalles de 5 secondes, le nombre total de contacts ne peut pas dépasser 720 en une heure. Si la densité de Minioptères augmente sans que la durée des sorties ne s'allonge, cela peut mener à une saturation des enregistrements. Ce phénomène pourrait résulter d'une difficulté à distinguer les cris lorsqu'il y a une trop grande densité d'activité, reflétant ainsi une limite de la méthode actuelle qui calcule les contacts en plages fixes de 5 secondes. Pour atténuer ce phénomène de saturation, une amélioration des méthodes de calcul des contacts est envisageable, par exemple, en exploitant les amplitudes sonores (niveaux de décibels). L'utilisation des amplitudes sonores permettrait de différencier ces cris en fonction de leur intensité. Par exemple, chaque chauve-souris pourrait émettre des cris à des niveaux d'amplitude différents en fonction de sa position ou de son activité. En analysant ces différences d'intensité sonore, il serait possible d'estimer le nombre d'individus présents et actifs, même lorsque plusieurs cris se superposent sur un même enregistrement. Cela permettrait d'éviter la saturation due à la simple accumulation de contacts acoustiques, en offrant une manière plus précise de traiter les données, surtout dans les zones où la densité de chauves-souris est élevée.

Toutefois, ces résultats doivent être considérés avec prudence, car ils proviennent d'une analyse exploratoire préliminaire. Certains facteurs, comme les différences entre les sites et les passages, n'ont pas été pris en compte dans le modèle final. Cela s'explique par le fait qu'ils exerçaient une influence trop importante, rendant difficile l'identification de l'impact des autres éléments, notamment en raison du nombre limité de données disponibles. Ces résultats apportent des éclairages intéressants sur les facteurs influençant le nombre de contacts acoustiques, mais ils nécessitent une interprétation prudente en raison des limites méthodologiques et des biais potentiels liés à la variabilité des sites et des passages.

En résumé, les analyses montrent une corrélation positive entre les contacts visuels et acoustiques sur un intervalle de 5 secondes, influencée par le nombre de Minioptères, la hauteur et le recouvrement végétal des cavités. Cependant, la largeur des cavités et la saturation des enregistrements limitent la précision des mesures acoustiques. Ces résultats offrent des pistes intéressantes mais nécessitent des ajustements méthodologiques pour surmonter les biais.

3.1.3. Relation entre la qualité des identifications et les variables environnementales

Une analyse a été réalisée, à partir d'une sélection de modèle, pour identifier les variables influençant la qualité des identifications acoustiques effectuées par le logiciel Tadarida. La structure du modèle initiale a été la suivante :

Indice de confiance de Tadarida (moyenne calculé pour chaque nuit)

- ~ Nombre de minioptère compté visuellement lors de la sortie de gîte en interaction avec Durée de la sortie de gîte*
- + Distance du micro à l'entrée de la cavité*
- + Distance du micro au flux de minioptères*
- + Hauteur de la cavité*
- + Largeur de la cavité*
- + Pourcentage de surface de l'entrée recouverte par la végétation*
- + Distance de la végétation à l'entrée*
- + Pourcentage de recouvrement d'arbre dans les 30 m autour de la cavité*

Les différences entre les modèles sont inférieures à 2 points (Tableau 27), il est alors difficile de déterminer quel est le meilleur modèle pour identifier les variables environnementales susceptibles d'affecter les indices de confiance utilisés par le logiciel Tadarida pour l'identification. Afin d'obtenir des prévisions plus précises et fiables, une méthode de combinaison des modèles (model averaging) a été utilisée (Tableau 28). Le modèle sélectionné est donc le suivant :

Indice de confiance de Tadarida (moyenne calculé pour chaque nuit)

~ Nombre de minioptère compté visuellement lors de la sortie de gîte en interaction

+ Durée de la sortie de gîte

+ Distance du micro à l'entrée de la cavité

+ Distance du micro au flux de minioptères

+ Hauteur de la cavité

+ Pourcentage de surface de l'entrée recouverte par la végétation

+ Distance de la végétation à l'entrée de la cavité

+ Pourcentage de recouvrement d'arbre dans les 30 m autour de la cavité

Tableau 27 - Résultats de la sélection de modèle examinant les variables environnementales susceptibles d'affecter les indices de confiance utilisés par le logiciel Tadarida pour l'identification. Les variables incluses dans les modèles sont indiquées par un "+". L'AIC (Critère d'Information d'Akaike) évalue la qualité d'un modèle. Plus sa valeur est faible, mieux le modèle explique la variable réponse, ici le nombre de contacts acoustiques. Un modèle ne peut être considéré comme le meilleur et sélectionné que si la différence (delta) d'AIC entre ce modèle et les autres est supérieure à 2. Seuls les 5 premiers modèles sont présentés ici et les variables qui ne sont pas dans le tableau ne ressortent pas comme variables significatives dans les premiers modèles.

Modèle	Interc ept	minio_ sortie	dur_so rtie	haut_c av	micro_ dist_c av	micro_ dist_fl ux	recouv _veg	dist_v eg	recouv _arb	AICc	Delta
1	0,302	+		+	+	+	+	+		NA	0,00
2	0,317	+	+	+	+	+	+	+		NA	0,65
3	0,387	+		+	+		+	+		NA	1,51
4	0,408	+		+	+	+	+	+	+	NA	1,69
5	NA	+	+	+	+		+	+		NA	2,24

Les résultats du modèle averaging (Tableau 28) montrent que plusieurs variables influencent les indices de confiance utilisés par le logiciel Tadarida pour l'identification. La distance de la végétation à l'entrée de la cavité a l'effet le plus fort (coefficient significativement positif de 0,145), ce qui signifie qu'une plus grande distance entre la végétation et l'entrée améliore les indices de confiance. Cela peut s'expliquer par le fait que, lorsque la végétation est éloignée, il y a moins d'échos parasites. Le pourcentage de surface de l'entrée recouverte par la végétation et la hauteur de la cavité sont également des variables influençant positivement les indices de confiances, indiquant que ces éléments augmentent la fiabilité des identifications. Par exemple, une cavité plus haute pourrait entraîner moins d'échos et permettre aux Minioptères de produire des cris de milieu ouvert, moins proches des sons des Pipistrelles, ce qui rend l'identification plus précise. Toutefois, il est plus surprenant de trouver un effet positif du recouvrement de végétation. Il est possible que la végétation permette aux Minioptères de chasser directement devant la cavité, entraînant ainsi l'enregistrement de séquences de chasse avec des buzz de capture, cela pourrait ainsi augmenter l'indice de confiance de l'identification. En revanche, la distance du microphone à l'entrée de la cavité a un effet négatif significatif, montrant que des micros plus éloignés réduisent la qualité du son et augmentent le risque de captation de sons parasites. D'autres variables, comme le nombre de Minioptères comptés ou le pourcentage de recouvrement d'arbres autour de la cavité ou encore la distance du microphone au flux de Minioptères, ne montrent pas d'effet significatif, ce qui signifie qu'elles n'influencent pas de manière notable la fiabilité des identifications. Ces résultats soulignent

l'importance de la proximité du microphone et de certaines caractéristiques des cavités pour améliorer la qualité des identifications acoustiques.

Toutefois, ces résultats doivent être considérés avec prudence, car ils proviennent d'une analyse exploratoire préliminaire. Certains facteurs, comme les différences entre les sites et les passages, n'ont pas été pris en compte dans le modèle final. Cela s'explique par le fait qu'ils avaient une influence trop importante, rendant difficile l'identification de l'impact des autres éléments, notamment en raison du nombre limité de données disponibles. Ces résultats apportent des éclairages intéressants sur les facteurs influençant la qualité des identifications, mais ils nécessitent une interprétation prudente en raison des limites méthodologiques et des biais potentiels liés à la variabilité des sites et des passages.

Tableau 28 - Résultats du modèle averaging examinant les variables environnementales susceptibles d'affecter les indices de confiance utilisés par le logiciel Tadarida pour l'identification. Légende : "Coefficient" : Montre l'impact ou l'effet d'une variable sur le résultat que l'on mesure. Plus le coefficient est élevé, plus l'influence de cette variable est forte. "Erreur standard" : Indique l'incertitude ou la variabilité de l'estimation du coefficient. Plus cette erreur est petite, plus l'estimation est précise. "p-value" : Montre la probabilité que l'effet observé soit dû au hasard. Si cette valeur est très petite (par exemple inférieure à 0,05), cela signifie que l'effet est probablement réel et non dû au hasard.

Variable	Coefficient	Erreur standard	p-value	Relation
Intercept	0,418	0,015	< 0,05	Significativement positive
Nombre de minioptère compté visuellement lors de la sortie de gîte	0,034	0,017	0,052	Non significative
Durée de la sortie de gîte	0,016	0,016	0,309	Non significative
Distance de la végétation à l'entrée de la cavité	0,145	0,021	< 0,05	Significativement positive
Pourcentage de surface de l'entrée recouverte par la végétation	0,056	0,021	< 0,05	Significativement positive
Pourcentage de recouvrement d'arbre dans les 30 m autour de la cavité	0,006	0,019	0,752	Non significative
Hauteur de la cavité	0,041	0,020	< 0,05	Significativement positive
Distance du micro à l'entrée de la cavité	- 0,050	0,018	< 0,05	Significativement négative
Distance du micro au flux de minioptères	- 0,034	0,019	0,076	Significativement négative

En résumé, les indices de confiance de Tadarida sont principalement influencés par la distance de la végétation à l'entrée de la cavité, la hauteur de celle-ci, et le recouvrement végétal, qui améliorent la fiabilité des identifications acoustiques. À l'inverse, une plus grande distance du microphone à la cavité diminue la qualité sonore. Ces résultats, bien qu'intéressants, nécessitent une interprétation prudente en raison des limites méthodologiques et des biais liés à la variabilité des sites.

3.2. Estimation du nombre de minioptère à partir de l'activité acoustique - Stage de Jonathan Roussel (2024)

Au total, 30 sites ont été échantillonnés, incluant les sites sites sélectionnées ainsi que les 12 sites hors protocole, comptabilisant 138 passages et pour 536 nuits enregistrées depuis le début du projet.

3.2.1. Evaluation de la fiabilité des prédictions des modèles

Modèle GLMM

D'après la Figure 35, la dispersion des points autour de la ligne rouge montre que les prédictions ne sont pas parfaitement précises. Quel que soit la taille de l'effectif, la ligne de tendance (bleue) est toujours au-dessus de la ligne de régression parfaite, ce qui indique que les prédictions du modèle GLMM sont en moyenne plus élevées que les observations réelles dans cet intervalle d'effectif.

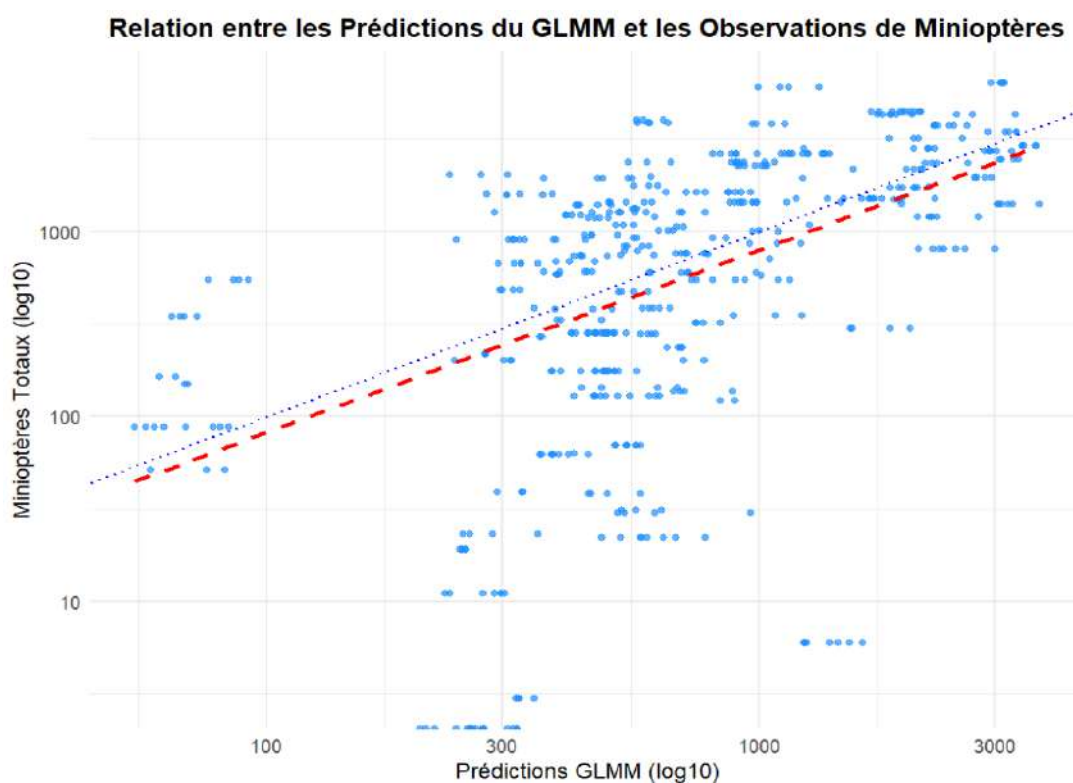


Figure 35 - Relation entre les prédictions du modèle GLMM et les observations réelles des effectifs de Minioptères de Schreiber, issue du rapport de stage de Jonathan Roussel (2024). Légende : axe des abscisses représente les prédictions du modèle GLMM, exprimées en échelle logarithmique ; axe des ordonnées représente le nombre total de Minioptères observé également sur une échelle logarithmique ; les points bleus représentent les différents échantillons où les prédictions du modèle sont comparées aux observations réelles ; ligne de régression parfaite en rouge représente la correspondance idéale entre les prédictions et les observations, où les points devraient se trouver si les prédictions étaient exactement égales aux observations ; ligne de tendance en pointillés bleus montre la relation observée entre les prédictions et les observations réelles. L'écart entre cette ligne et la ligne rouge indique les déviations du modèle par rapport à la réalité.

Random Forest

D'après la Figure 36, la dispersion des points autour de la ligne rouge montre que les prédictions ne sont pas toujours parfaitement précises. Pour les faibles effectifs (< 600 individus) la ligne de tendance en bleue est au-dessus de la ligne de régression parfaite en rouge, ce qui indique que les prédictions du modèle Random Forest sont en moyenne plus élevées que les observations réelles dans cet intervalle d'effectifs. Pour les effectifs compris entre 600 et 1500 individus, la ligne de tendance est relativement proche de la ligne de régression parfaite, qu'elle intersecte dans cet intervalle, ce qui montre que les prédictions du modèle sont globalement proches des observations réelles, bien

qu'elles puissent être légèrement plus élevée que les observations réelles. Pour les effectifs compris entre 1500 et 3000 individus, la ligne de tendance reste proche de la ligne de régression parfaite, mais que légèrement en dessous, suggérant que les prédictions du modèle sont relativement proches des observations réelles, bien qu'elles puissent être légèrement plus basses que les observations réelles. Enfin, pour les grands effectifs (> 3000 individus), la ligne de tendance est en dessous de la ligne de régression parfaite, révélant que les prédictions du modèle sont en moyenne plus faibles que les observations réelles dans cet intervalle d'effectifs.

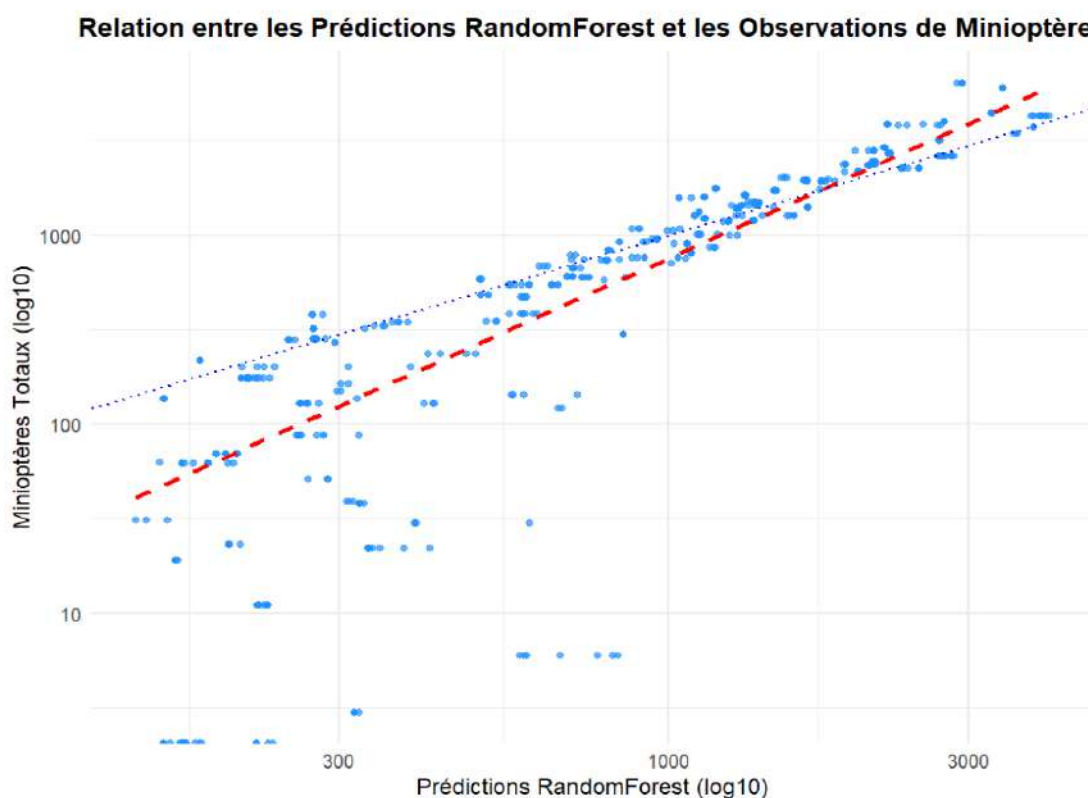


Figure 36 - Relation entre les prédictions du modèle Random Forest et les observations réelles des effectifs de Minioptères de Schreiber, issue du rapport de stage de Jonathan Roussel (2024). Légende : axe des abscisses représente les prédictions du modèle Random Forest, exprimées en échelle logarithmique ; axe des ordonnées représente le nombre total de Minioptères observé également sur une échelle logarithmique ; les points bleus représentent les différents échantillons où les prédictions du modèle sont comparées aux observations réelles ; ligne de régression parfaite en rouge représente la correspondance idéale entre les prédictions et les observations, où les points devraient se trouver si les prédictions étaient exactement égales aux observations ; ligne de tendance en pointillés bleus montre la relation observée entre les prédictions et les observations réelles. L'écart entre cette ligne et la ligne rouge indique les déviations du modèle par rapport à la réalité.

3.2.2. Comparaison de la performance des modèles

Les prédictions du modèle GLMM s'écartent en moyenne des valeurs observées de 852 individus, selon l'erreur absolue moyenne, qui représente la moyenne des différences absolues entre les valeurs observées et les valeurs prédites, tandis que le modèle Random Forest présente un écart moyen de 337 individus. La comparaison des erreurs absolues moyennes (MAE) entre les modèles GLMM et Random Forest, pour différentes classes d'effectifs de Minioptères (< 600, 600-1500, 1500-3000, > 3000), montre que le Random Forest génère des MAE plus faibles que celles du GLMM, notamment pour les classes d'effectifs élevés (1500-3000 et > 3000) (Figure 37). La comparaison de la performance des modèles indique que le Random Forest est plus fiable que le GLMM dans les estimations du nombre de Minioptères de Schreibers en sortie de gîte.

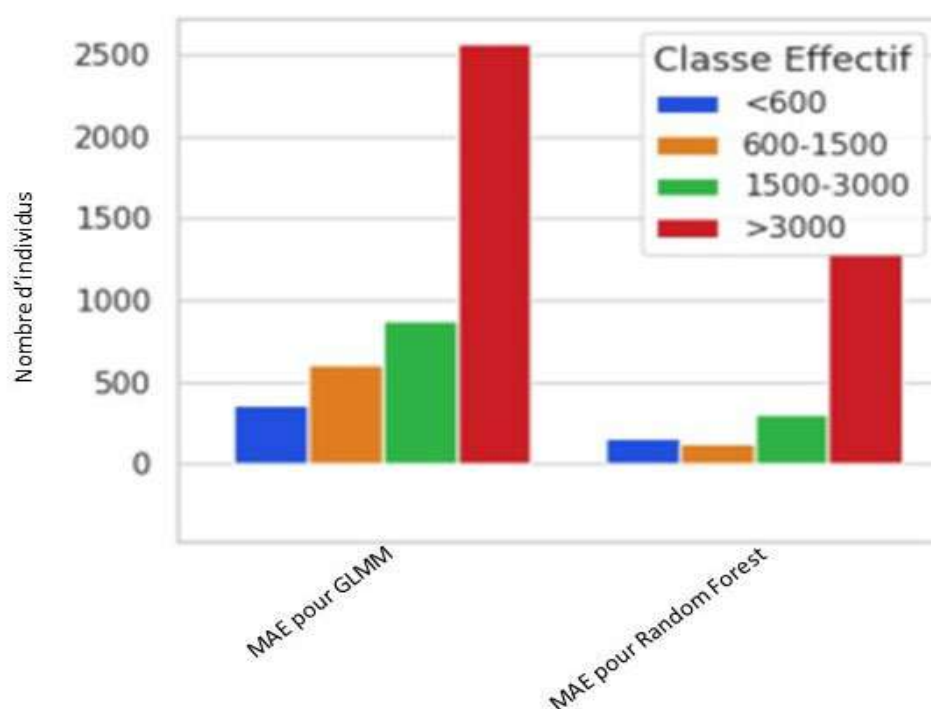


Figure 37 - Comparaison des erreurs absolues moyennes (MAE) pour différentes classes d'effectifs (0-600, 600-1500, 1500-3000, >3000), issue du rapport de stage de Jonathan Roussel (2024). Les barres représentent la valeur absolue de l'écart moyen entre les valeurs observées et les valeurs prédites par les modèles.

3.2.3. Variables clés prises en compte pour estimer le nombre de minioptères

Les variables qui contribuent le plus à la précision des résultats sont présentées dans le tableau 29, classées par ordre d'importance. Ces variables jouent un rôle dans la relation entre l'abondance réelle et l'activité acoustique. Les détails des résultats sont présentés en annexe 11.

Niveau d'importance des variables

En ce qui concerne le GLMM, plusieurs variables influencent de manière significative le nombre de Minioptères comptés. Parmi les plus importantes, on trouve la distance entre la colonie et l'entrée de la cavité, qui a une relation positive avec le nombre de Minioptères, ainsi que le nombre de contacts acoustiques multiplié par l'amplitude, également en relation positive. Le modèle GLMM montre aussi une relation négative entre la distance à la végétation et le nombre de Minioptères comptés. D'autres variables comme le type d'éclairage, le jour julien (sous forme quadratique et linéaire), ainsi que le nombre de Myotis comptés influencent aussi le nombre de Minioptères, avec des relations positives ou négatives.

Le modèle Random Forest, de son côté, met en évidence certaines variables similaires mais dans un ordre d'importance différent. Par exemple, il identifie également le jour julien comme un facteur influent, mais sous forme linéaire, contrairement au GLMM qui le considère également sous forme quadratique. Le modèle Random Forest accorde une grande importance à la température (forme linéaire) et aux précipitations, des variables qui apparaissent également dans le modèle GLMM, bien que le GLMM les considère sous une forme différente (température sous forme quadratique dans ce cas). Par ailleurs, le nombre de Rhinolophes comptés, ainsi que le nombre de Myotis comptés, sont des variables clés dans le modèle Random Forest, mais elles ne sont pas aussi marquées dans le GLMM.

Comparaison des deux approches

Les résultats entre le modèle GLMM et le modèle Random Forest présentent à la fois des similitudes et des différences importantes.

Les deux approches mettent en évidence des variables communes importantes, telles que la distance entre la colonie et l'entrée de la cavité, qui est significative dans le GLMM et prioritaire dans le Random Forest, ainsi que le nombre de contacts acoustiques multiplié par l'amplitude, un indicateur clé d'activité acoustique pour les deux modèles. De même, des variables liées à la saisonnalité, comme le jour julien, et aux conditions météorologiques, telles que les précipitations et la température, sont prises en compte par les deux méthodes, bien que leur traitement diffère (formes linéaire et quadratique dans le GLMM, forme linéaire dans le Random Forest).

Les divergences apparaissent dans l'importance relative des variables et leur traitement spécifique. Par exemple, le GLMM identifie des relations significatives pour des variables comme la distance à la végétation ou le type d'éclairage, qui ne figurent pas parmi les priorités du Random Forest. À l'inverse, le Random Forest met en avant des variables comme le nombre de Rhinolophes comptés et des caractéristiques du protocole, telles que la largeur de l'entrée de la cavité ou la hauteur du microphone, absentes ou moins influentes dans le GLMM.

En résumé, bien que les deux méthodes partagent certaines variables explicatives importantes, elles se distinguent par leur approche méthodologique et l'importance qu'elles attribuent aux différentes variables. Ces distinctions soulignent leur complémentarité pour explorer la relation entre l'abondance des Minioptères et leur activité acoustique.

Tableau 29 - Résumé des 10 variables influençant la relation entre l'abondance et l'activité acoustique selon les modèles statistiques GLMM et Random Forest. Pour le Random Forest, le sens de la relation entre le nombre de Minioptères comptés les variables explicatives n'est pas directement fourni par les résultats du modèle.

Niveau d'importance	GLMM			Random Forest	
	Catégorie	Variable	Sens de la relation avec le nombre de Minioptères comptés	Catégorie	Variable
1	Proximité des colonies	Distance entre la colonie et l'entrée de la cavité	Significativement positive	Saisonnière	Jour julien (forme linéaire)
2	Acoustique	Nombre de contacts x amplitude	Significativement positive	Météorologique	Température (forme linéaire)
3	Caractéristiques des cavités	Distance à la végétation	Significativement négative	Sympatrie	Nombre de Rhinolophes comptés
4	Caractéristiques du protocole	Type d'éclairage	Significativement positive	Acoustique	Nombre de contacts x amplitude
5	Saisonnière	Jour julien (forme quadratique)	Significativement négative	Sympatrie	Nombre de Myotis comptés
6	Saisonnière	Jour julien	Significativement positive	Proximité des colonies	Distance entre la colonie et l'entrée de la cavité
7	Sympatrie	Nombre de Myotis comptés	Significativement négative	Météorologiques	Précipitations
8	Météorologique	Température (forme quadratique)	Significativement négative	Caractéristiques du protocole	Hauteur du microphone
9	Météorologique	Précipitations	Significativement positive	Caractéristiques des cavités	Largeur de l'entrée de la cavité
10	Météorologique	Température	Non significative	Caractéristiques du protocole	Distance du microphone au flux de chauves-souris

3.2.4. Synthèse - Conception d'un modèle prédictif du nombre de Minioptères de Schreibers basé sur l'activité acoustique

L'objectif de cette étude était de développer un modèle permettant d'estimer l'abondance des Minioptères de Schreibers en sortie de gîte à l'aide de l'acoustique. La synthèse des résultats présentée dans le Tableau 30 montre la précision des estimations des effectifs des colonies de Minioptères de Schreibers à travers l'utilisation de l'acoustique. Selon les différentes tailles de colonies, l'efficacité du modèle Random Forest varie. Pour les colonies de moins de 600 individus, la précision est faible, avec une tendance à la surestimation des effectifs. Pour les colonies comprises entre 600 et 1500 individus, ainsi que celles entre 1500 et 3000 individus, la précision est correcte, avec des estimations relativement fiables et une sous-estimation légère pour la dernière catégorie. Cependant, pour les colonies de plus de 3000 individus, la précision de l'estimation diminue à nouveau, et une sous-estimation plus marquée des effectifs est observée. Ces résultats suggèrent que le modèle acoustique **Random Forest**, qui s'avère plus fiable que le GLMM, est **plus efficace pour les colonies de taille moyenne**, mais que **sa précision se dégrade pour les très petites et très grandes colonies**, probablement en raison de la saturation des enregistrements acoustiques ou d'une plus grande variabilité dans les comportements des colonies à grande échelle.

Tableau 30 - Synthèse de la précision des estimations des effectifs des colonies de Minioptères de Schreibers via l'acoustique par le Random Forest

	Colonies constituées de moins de 600 individus	Colonies constituées de 600 à 1500 individus	Colonies constituées de 1500 à 3000 individus	Colonies constituées de plus de 3000 individus
Précision du Random Forest	Faible	Correcte	Correcte	Faible
Estimation des effectifs	Surestimation	Bonne	Légère sous-estimation	Sous-estimation

4. Interprétations & perspectives

Suite à une réunion technique pour présenter les résultats de l'Action 2 aux partenaires en octobre 2024, il a été demandé à chaque région de nous faire un retour sur la pertinence des résultats obtenus sur cette nouvelle méthode de comptage.

Trois questions ont été posées afin d'homogénéiser le contenu des réponses, à savoir :

- Cette méthode vous semble-t-elle pertinente à poursuivre dans votre région ?
- Combien avez-vous de sites pour lesquels cette méthodologie pourrait fonctionner (effectifs compris entre 600 et 3000) ?
- Autres réflexions ou propositions d'améliorations ?

4.1. Interprétations des résultats & perspectives par région

Le tableau 31 ci-dessous est la synthèse des réponses apportées par les régions sur l'interprétations des résultats présentés dans ce rapport et des suites à donner.

Tableau 31 - Synthèse par région de la pertinence de l'action 2 et des suites à donner

	Question 1	Question 2	Question 3
	Cette méthode vous semble-t-elle pertinente à poursuivre dans votre région ?	Combien avez-vous de sites pour lesquels cette méthode pourrait fonctionner (effectifs compris entre 600 et 3000) ?	Autres réflexions ou propositions d'améliorations ?
Auvergne-Rhône-Alpes	Non, car cette méthode n'est pas opérationnelle et demanderait trop de temps d'analyses statistiques pour l'améliorer.	Une dizaine de sites ont des effectifs compris entre 600 et 3000 individus, mais tous ne sont pas éligibles (typologie des sites non conforme) à cette méthode.	Les résultats obtenus sont trop peu fiables par rapport à ceux que nous pouvons collecter en comptage classique.
Bourgogne-Franche-Comté	A l'heure actuelle, il n'y a pas d'intérêt à poursuivre la méthode.	Seulement 4 sites sur 7 en FC ont des effectifs entre 600 et 3000 individus mais tous ne sont pas éligibles (typologie des sites non conforme) à cette méthode.	Réaliser un script R accessible/simple sur la méthodologie qui nous permettrait facilement d'appliquer la méthode, dans le cas où nous n'ayons plus la capacité de poursuivre les comptages à l'envol.
Corse	Méthode peu adaptée en raison de la complexité de la mise en place technique du dispositif (grotte marine, sortie complexe.) et de la présence d'autres populations de chiroptères proches des entrées/sorties des colonies de Minioptères.	Un seul site avec des effectifs entre 600 et 3 000 individus, mais qui semble peu adapté au protocole.	RAS
Nouvelle-Aquitaine	La méthode actuelle n'est pas suffisamment opérationnelle mais mériterait d'être testée, adaptée et améliorée. Il serait intéressant d'avoir un mode opératoire de la mise en œuvre du script R + autres méthodes afin de le mettre en œuvre en Nouvelle-Aquitaine	Une dizaine de sites ont des effectifs compris entre 600 et 3000 individus, mais tous ne sont pas éligibles (typologie des sites non conforme) à cette méthode. D'autres part, les sites sont systématiquement des colonies mixtes avec des Grands myotis avec soit des effectifs supérieurs voire inférieurs.	Le contexte de sites à plusieurs entrées mériterait d'être testé afin de connaître si cette technique peut être intéressante à mettre en œuvre. Cette méthode aurait un intérêt pour faire des suivis des sites de transit pour lesquels, il pourrait être intéressant d'avoir des chiffres plus fiables de variations d'effectifs d'une semaine à l'autre.
Occitanie	La méthode actuelle semble peu adaptée en raison de la complexité de la mise en place technique du dispositif. Les méthodes classiques de comptage semblent plus adaptées aux sites majeurs de la région.	Plusieurs dizaines de sites ont des effectifs compris entre 600 et 3000 individus, mais tous ne sont pas éligibles (typologie des sites non conforme) à cette méthode.	La création et le partage d'un tutoriel détaillant la mise en œuvre de la méthode et le traitement statistique associé pourrait être partagé. Protocole à développer pour les sites de transit et sur la compréhension des sites en réseau
Provence-Alpes-Côte-D'azur	Cette méthode n'est pas pertinente pour les cinq sites à Minioptères suivis par le CEN PACA.	Un seul site à des effectifs compris entre 600 et 3000 individus. Cependant, la présence de murins de grande taille et de Murins de Capaccini entraîne un recouvrement des signaux dans les enregistrements, limitant la fiabilité des estimations obtenues avec cette méthode.	RAS

4.2. Perspectives nationales

Compte tenu des efforts nécessaires à sa mise en place, ainsi que de la précision dépendant directement des effectifs observés, le développement de cette nouvelle méthode de suivi du Minioptère de Schreibers semble **peu pertinent en l'état**.

Le principal frein à cette méthode est la complexité de la mise en œuvre du suivi, en particulier le stockage et le traitement des données.

Cependant dans plusieurs régions, il y a **une volonté d'améliorer cette méthodologie** afin de la rendre plus accessible et performante. Le développement de nouvelles méthodologies de type "RhinoLogger" permettrait un suivi moins coûteux en énergie et en stockage avec une facilité d'analyse.

L'utilisation des méthodes acoustiques indirectes permettrait aussi de développer des indicateurs de phénologie qui permettrait de mieux suivre l'évolution de l'espèce en période de transit ou de mieux appréhender les déplacements des populations dans les réseaux de gîtes.

Cette méthodologie n'a pas pour objectif de remplacer des comptage "classiques" actuels, en grande partie déjà financés et pérenne dans les régions, elle pourrait cependant apporter des informations complémentaires sur la **phénologie** et le **déplacement des Minioptères de Schreibers**. Cette méthode est une approche intéressante pour suivre les sites secondaires, ne faisant pas partis des 50 sites majeurs présenté en partie 2, ou encore sur les sites de transit qui ne sont actuellement pas ou peu suivis et qui nous donnent des informations nécessaires à la bonne conservation du Minioptère de Schreibers.

Bien que cette méthode puisse être appliquée dans des **contextes spécifiques**, son implémentation générale se heurte à **plusieurs limites** dans une optique de suivi de l'espèce à l'échelle régionale ou nationale. Cependant des pistes intéressantes d'amélioration mériteraient d'être testées, notamment concernant les **sites secondaires ou de transit**.

III. Coordination & communication

Rencontres et communications

L'avancée du projet **AMI Minioptère** a été présentée à plusieurs reprises dans des cadres nationaux et régionaux, afin d'assurer une bonne circulation de l'information auprès des réseaux techniques concernés.

- Une première présentation a eu lieu lors du **Comité de pilotage national du Plan National d'Actions Chiroptères (PNAC)**, tenu en visioconférence le **27 novembre 2023**. À cette occasion, les animateurs des déclinaisons régionales du PNA ont pu prendre connaissance des objectifs, actions engagées et premières attentes du projet.
- Le projet a également été partagé lors de plusieurs **rencontres organisées par la Coordination Chiroptères Nationale de la SFEPM** :
 - Les **18 et 19 novembre 2023 à Bourges (18)**, puis à nouveau en **2024**, devant une trentaine de coordinateurs régionaux et référents thématiques ;
 - Lors des **rencontres des Plans Régionaux d'Actions Chiroptères (PRAC)**, le **20 novembre 2023 à Éguzon (36)**, en présence d'une vingtaine d'animateurs régionaux et de pilotes d'actions concernés par le Minioptère de Schreibers ;
 - À l'occasion des **rencontres Chiroptères Nouvelle-Aquitaine**, les **28 et 29 novembre 2024 à Limoges (87)**, devant près de **80 participants**, partenaires du projet ;
 - Enfin, lors de la **réunion annuelle des coordinateurs et coordinatrices de la Coordination Chiroptères Nationale**, les **7 et 8 décembre 2024**, de nouveau en présence d'une trentaine de représentants régionaux.



Figure 37 - Présentation de l'AMI Minioptère lors des Rencontres Chiroptères Nouvelle-Aquitaine à Limoges le 28 et 29 novembre 2024

© Paul Hureau

Livrables

Plusieurs rapports ont été produits au fil de l'avancement du projet AMI Minioptère :

- Un **premier rapport d'activité**, rédigé par **Fanny Gourdon**, a été publié fin 2022. Il présentait un **bilan initial** de la mise en œuvre des premières actions dans les régions.
- Un **second rapport**, rédigé par **Gabrielle Montier**, a été produit aux **trois quarts du projet** afin de faire un **point d'étape détaillé** sur l'état d'avancement global.
- Un **rapport intermédiaire complémentaire**, rédigé début 2025 par **Pauline Bascole**, a été transmis aux **DREAL partenaires**. Celui-ci ne comprenait pas encore les **analyses de tendances de population**, réalisées dans une phase ultérieure.

Le présent document constitue le **rapport final de l'AMI Minioptère**, également rédigé par **Pauline Bascole**, et intègre l'ensemble des volets techniques du projet, y compris les **résultats actualisés sur les tendances des populations**.

Articles et valorisation du projet

Un premier article consacré à l'avancement du projet a été publié dans **L'Envol des Chiros n°36** en **juin 2024**.

Un second article, prévu dans le **n°38** de la revue en **juillet 2025**, viendra **clôturer le projet** et partager ses principaux résultats auprès du **réseau chiroptères national** et des **adhérents de la SFEPM**.

Coordination du projet

Afin d'assurer la coordination nationale et de maintenir un lien étroit entre les structures impliquées, **une dizaine de réunions dédiées à l'AMI Minioptère ont été organisées entre 2022 et 2024**. Ces temps d'échange ont permis de **co-construire les protocoles**, de **présenter les actions engagées**, de **féderer le réseau**, et de **recueillir les attentes et difficultés rencontrées dans chaque région**.

La **SFEPM**, en tant que structure coordinatrice, a pleinement assumé son rôle tout en **s'adaptant aux obstacles** apparus au fil du projet. Ce rapport témoigne d'un **travail conséquent d'analyse, de rédaction et de relecture**, mené en lien étroit avec les principales structures partenaires.

Les **régions**, au-delà du travail de terrain assuré par leurs réseaux de **salariés et bénévoles**, ont activement contribué en :

- **Transmettant leurs données**,
- **Vérifiant leur validité**,
- **Formulant des retours argumentés** sur les recommandations proposées,
- Et en **participant aux ajustements méthodologiques**, notamment sur les protocoles testés.

IV. Conclusion

AMI Minioptère-2022/2024

Lancé sur la base de constats nationaux alarmants concernant l'état des populations de Minioptère de Schreibers, le projet AMI Minioptère s'est déroulé de **2022 à 2024** avec pour objectif de **renforcer la surveillance de cette espèce à enjeux de conservation**. Il a reposé sur deux actions complémentaires :

- **L'harmonisation des méthodes de comptage,**
- **Et l'expérimentation d'une approche innovante basée sur l'acoustique.**

L'**action 1** a permis de dresser un panorama précis des pratiques existantes et de révéler **une grande hétérogénéité méthodologique** entre les territoires. Sur cette base, des **recommandations nationales standardisées** ont été co-construites avec les partenaires, tenant compte des **réalités de terrain et des contextes régionaux**. Ce travail est une avancée majeure vers une **surveillance robuste, comparable et reproductible**, condition indispensable à l'analyse fiable des **tendances de population à long terme**.

L'**action 2**, quant à elle, a permis de tester une méthode fondée sur l'**activité acoustique en sortie de gîte**, notamment pour les colonies de **taille moyenne (600 à 3 000 individus)**. Si la méthode s'est avérée encourageante sur certains sites, son **applicabilité opérationnelle reste limitée** par la complexité de mise en œuvre. Néanmoins, cette approche ouvre des perspectives intéressantes pour **le suivi de la phénologie ou des déplacements inter-sites**, notamment en période de transit, et mériterait d'être approfondie dans un cadre adapté.

Ce projet a donc permis de **poser les bases d'un protocole national de référence** pour le suivi du Minioptère de Schreibers, tout en **explorant des pistes novatrices** à croiser avec les suivis classiques, pour **mieux comprendre la dynamique de cette espèce**.

Consolidation du réseau d'acteurs

L'AMI Minioptère a permis de structurer et de renforcer un réseau multi-partenarial d'envergure nationale, autour d'un objectif commun : la conservation du Minioptère de Schreibers. Pour la première fois en France, un **protocole de suivi standardisé** a pu être co-construit et appliqué de manière coordonnée dans l'ensemble des régions concernées par l'espèce. Cette dynamique a favorisé l'émergence d'un **socle commun de connaissances et de pratiques**, partagé par les structures naturalistes, les gestionnaires, les institutions et les chercheurs.

Au fil du projet, la SFEPM a su animer ce réseau de manière inclusive, en s'appuyant sur l'expertise locale et en facilitant les échanges interrégionaux. Cette coopération a non seulement permis de mutualiser les compétences et les efforts, mais aussi de faire émerger une **volonté collective d'agir à plus grande échelle**.

Le projet a ainsi renforcé l'ancrage territorial des actions de conservation, tout en posant les bases d'une **gouvernance nationale cohérente** autour de cette espèce vulnérable. La dynamique engagée témoigne de la **maturité du réseau**, prêt à relever les défis d'un programme ambitieux comme le futur **LIFE Minioptère**, avec une vision élargie à l'échelle européenne.

Etat des populations

Ce projet coordonné par la SFEPM, appuyé par le MNHN et les partenaires régionaux, a permis de dresser un état actualisé des effectifs de Minioptères de Schreibers à l'échelle nationale, tout en mettant en lumière la responsabilité différenciée des territoires dans la préservation de l'espèce.

À l'échelle nationale, une forte diminution des effectifs avait déjà été observée à partir de 2002, à la suite d'un épisode épizootique majeur (Roué & Némot, 2002), avec une perte estimée à près de 65 % des individus dans les sites d'hibernation connus à l'époque.

Les travaux réalisés dans le cadre de cet AMI permettent aujourd'hui d'actualiser ces chiffres. Sur les **110 sites d'hibernation suivis entre 2022 et 2024**, la population hivernale est estimée à **124 112 individus**, dont **96 % sont concentrés dans seulement 19 sites majeurs** (effectifs supérieurs à 1 000 individus).

En période estivale, les prospections ont permis d'identifier **93 sites d'estivage et de parturition**, accueillant une population totale estimée à **98 499 individus**. Comme en hiver, cette population est largement concentrée : **86 % des effectifs estivaux** se retrouvent dans **33 sites majeurs**.

Au total, **50 sites majeurs** (hors région Provence-Alpes-Côte d'Azur, pour laquelle les données manquent) ont été identifiés dans le cadre de l'AMI, répartis de la **Nouvelle-Aquitaine** à l'**Auvergne-Rhône-Alpes** d'ouest en est, et de la **Bourgogne-Franche-Comté** à l'**Occitanie** du nord au sud.

La **région Occitanie** se distingue particulièrement, concentrant à elle seule **près de 60 % de la population nationale** de Minioptères de Schreibers recensée dans cet AMI. Elle incarne donc un territoire-clé pour la conservation de l'espèce.

Enfin, ce travail de grande ampleur a permis de mieux cerner la **répartition géographique actuelle de l'espèce**, mais aussi d'affiner sa **phénologie**, en distinguant de manière plus fine les gîtes de parturition, d'estivage ou d'hibernation, à l'échelle régionale et parfois même départementale.

Les **colonies présentes dans ces 50 sites majeurs** représentent à elles seules **90 % de la population connue** en France métropolitaine (hors PACA), soulignant leur rôle stratégique pour assurer la viabilité de l'espèce à long terme.

Tendance de population : un déclin confirmé et une stabilisation incertaine

Les analyses de tendances menées dans le cadre de cet AMI confirment un constat déjà formulé dans les précédentes synthèses nationales : le Minioptère de Schreibers est une espèce en déclin en France. Sur la période 1995–2024, la tendance linéaire toutes saisons confondues révèle une diminution de l'abondance relative estimée à **–35,8 %**, soit une perte moyenne de **–1,2 % par an**.

Si cette dynamique semble moins marquée que celle identifiée précédemment (–3,9 %/an selon Kerbiriou et al., 2018), elle n'en demeure pas moins préoccupante. En réalité, l'absence de certaines données régionales cruciales, notamment celles de **Provence-Alpes-Côte d'Azur**, où plusieurs sites historiquement majeurs ont été désertés, tend à sous-estimer le déclin réel.

Sur la période la plus récente (2015–2024), les tendances semblent témoigner d'une **stabilisation relative des effectifs**, tant en hiver qu'en été. Toutefois, cette apparente stagnation est à interpréter avec prudence : les résultats ne sont **pas significatifs statistiquement** et les **intervalles de confiance très larges** traduisent une forte incertitude.

Par ailleurs, la dynamique des populations varie selon les territoires. Dans certaines régions situées en limite d'aire de répartition, comme la **Bourgogne-Franche-Comté** ou le nord de la **Nouvelle-Aquitaine**, les pertes d'effectifs semblent atteindre **50 à 70 %**, renforçant l'idée d'un déclin particulièrement marqué en périphérie.

Ces résultats sont en cohérence avec les **ressentis de terrain** largement partagés par les acteurs régionaux. Ceux-ci observent depuis plusieurs années une baisse régulière des effectifs, souvent liée à une **multiplicité de facteurs** : dérangement humain, altération des microclimats des cavités, changement climatique, fragilité sanitaire ou raréfaction des ressources alimentaires.

Grâce à une approche statistique rigoureuse intégrant un modèle mixte (prise en compte des effets site, redondance, données manquantes), ces tendances offrent aujourd'hui une lecture nationale consolidée. Toutefois, elles doivent désormais être **déclinées à des échelles régionales et locales**, afin de cibler plus finement les priorités d'action.

Ces résultats, à la fois inquiétants et riches d'enseignements, **renforcent la nécessité de mettre en œuvre un programme structurant de conservation** de l'espèce.

Effort de protection sur les sites majeurs

La conservation du Minioptère de Schreibers repose avant tout sur la préservation efficace des **sites majeurs**, qui accueillent **près de 90 % de la population nationale connue** (hors région PACA). Ces gîtes, identifiés grâce aux travaux menés dans le cadre de l'AMI, représentent des gîtes clés de reproduction, d'hibernation ou de transit dont la pérennité conditionne directement la survie de l'espèce à l'échelle nationale.

Or, le constat dressé par ce projet est sans appel : **54 % des sites majeurs ne disposent à ce jour d'aucune protection physique**, et **66 % ne bénéficient d'aucun statut de protection réglementaire**. Ces chiffres traduisent un manque de structuration des actions de conservation, souvent lié à des difficultés d'ingérence, à la complexité d'accès ou à un manque de moyens humains et financiers sur le terrain.

La **pose de grilles de protection** adaptées, le classement des sites dans des dispositifs réglementaires pertinents (APPB, RNR, etc.), ou encore la mise en œuvre de **plans de gestion concertés**, apparaissent aujourd'hui comme des leviers essentiels pour sécuriser durablement ces gîtes et garantir leur tranquillité. Ces actions doivent cependant s'accompagner d'un effort de **concertation territoriale**, en particulier dans les zones de conflit d'usage souterrain (spéléologie, tourisme, aménagement...).

Le triptyque « **protéger, surveiller, sensibiliser** », mis en lumière dès la synthèse nationale de 2020 (Baillat et al.), est confirmé dans cet AMI comme un socle incontournable. La protection physique seule ne peut suffire si elle n'est pas adossée à un **suivi régulier**, une **vigilance partagée** et des actions de **médiation locale** auprès des acteurs du territoire.

L'AMI a permis d'identifier ces freins, mais aussi de pointer les leviers à mobiliser à l'échelle nationale pour combler ces lacunes. Il fournit désormais une **cartographie priorisée des sites à protéger** et constitue un socle opérationnel précieux pour **passer à l'action à grande échelle**.

Face à l'urgence de ces enjeux, la SFEPM et ses partenaires souhaitent aller plus loin et portent aujourd'hui une ambition partagée : **mettre en œuvre un programme européen d'envergure** en faveur de la conservation du Minioptère de Schreibers. Ce programme permettra d'apporter les **moyens techniques, financiers et humains nécessaires** pour répondre aux carences mises en évidence par l'AMI et pour structurer une stratégie cohérente de préservation à long terme.

LIFE en faveur du Minioptère de Schreibers

Afin de **prolonger les acquis de l'AMI Minioptère** et de **traduire les constats en actions concrètes**, la Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères (SFEPM), en lien avec plusieurs partenaires nationaux et européens, s'est engagée dans la préparation d'un **projet LIFE Nature dédié au Minioptère de Schreibers**, dont le dépôt est prévu à l'automne 2025. Ce futur programme ambitionne **d'améliorer l'état de conservation de l'espèce en France**, tout en posant les bases d'une **coopération transnationale durable** avec l'Espagne, l'Italie et d'autres pays concernés.

Ce projet LIFE se distingue par son **approche intégrée**, répondant à **six menaces majeures** identifiées :

- La dégradation des gîtes souterrains ;
- Le dérangement anthropique ;
- La fragmentation des habitats de chasse ;
- La vulnérabilité au changement climatique ;
- Le déficit de connaissances sanitaires ;
- Et la méconnaissance ou l'hétérogénéité des suivis à l'échelle européenne.

À travers les **moyens techniques, humains et financiers** qu'il mobilisera, le LIFE permettra d'agir à différentes échelles :

- **À l'échelle des gîtes**, en restaurant leur fonctionnalité physique et microclimatique (pose de grilles adaptées, gestion foncière, suivi thermique, élaboration de plans de gestion...) ;
- **À l'échelle des paysages**, en reconnectant les habitats de chasse grâce à des actions en faveur de la trame noire et des corridors écologiques ;
- **À l'échelle du réseau d'acteurs**, en consolidant les efforts de coordination, de bancarisation et d'analyse des données, et en pérennisant une gouvernance collective autour de cette espèce.

Fort des résultats de l'AMI Minioptère, ce projet LIFE capitalisera sur les **protocoles standardisés** produits en France, notamment pour les suivis d'hibernation, d'estivage et de parturition, pour **les porter à l'échelle européenne**. La France proposera de **co-construire un protocole européen harmonisé** de suivi du Minioptère de Schreibers avec ses partenaires européens, ce qui constituera une étape essentielle vers une vision partagée et cohérente de la conservation de l'espèce sur l'ensemble de son aire de répartition.

L'enjeu est également scientifique. Grâce aux moyens déployés, le projet permettra :

- De mieux connaître **l'état sanitaire des populations** ;
- De suivre un panel de **sites sentinelles** afin de mieux appréhender les effets du changement climatique sur les conditions microclimatiques des gîtes ;
- De développer le **protocole de marquage individuel** par transponders (PIT-tags) issu de **CCPNA** pour suivre la **phénologie, les déplacements et les flux entre gîtes** ;

Enfin, ce projet constitue une **opportunité structurante** pour fédérer et renforcer durablement un **réseau d'acteurs engagés autour du Minioptère de Schreibers**, espèce emblématique des milieux souterrains. Au-delà de cette cible principale, les actions envisagées auront également des **effets positifs sur d'autres espèces cavernicoles menacées**, telles que le **Murin à oreilles échancrées**, le **Murin de Capaccini** ou encore le **Rhinolophe euryale**.

Le projet LIFE Minioptère s'inscrit pleinement dans les **priorités environnementales actuelles**, en apportant une réponse concrète aux enjeux de conservation de la biodiversité. Il contribue à la mise en œuvre des grandes politiques françaises et européennes en matière de **restauration des écosystèmes**, de **protection des espèces menacées** et de **résilience face aux changements globaux**. Il traduit les engagements stratégiques en actions de terrain, à une échelle interrégionale et transnationale

V. Bibliographie

- Arthur C.P. (2021). Natura 2000- Cibles UE 2030 : Synthèse de l'évaluation des mammifères pris en charge par la SFEPM. Proposition de priorités, 52p. SFEPM.
- Arthur L., Lemaire M. (2021). *Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse*. Editions Biotope, Mèze, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 3^{ème} édition, 592p.
- Bartoń, K., 2020. MuMIn: Multi-Model Inference.
- Christopoulos DT 2019. Inflection: finds the inflection point of a curve. R package version 1.3.5.
- Dunand M., (coord). (2022). *Synthèse technique. Caractéristiques des sites pour la définition de l'échantillon utilisé lors des comptages*. Action 1 – Homogénéisation des méthodes de comptage hivernales et estivales. SFEPM et le consortium de l'AMI Minioptère.
- Kerbiriou C., Bas Y., Julien J-F., groupe Chiroptères de la SFEPM. (2018). Estimations des tendances des populations de Chiroptères à partir des suivis de gîtes hivernaux. Synthèse 2018. Symbioses, 2018, nouvelle série, n°37 : 7-15.
- Kerbiriou C., Marmet J., Monsarrat S., Robert A., Lemaire M., Arthur L Haquart A. & Julien J-F. (2012). Eléments de réflexion sur le suivi des gîtes de chiroptères. Symbioses, 2012, nouvelle série, n°28 : 1-3.
- Natalia Revilla-Martín , Ivana Budinski , Xavier Puig-Montserrat, Carles Flaquer & Adrià López-Baucells (2020): Monitoring cave-dwelling bats using remote passive acoustic detectors: a new approach for cave monitoring, Bioacoustics,
- Roué S., Baillat B., Cuypers T., Boléat C., Némot M., Chauvin H. (2022). Et le Minioptère, il va comment ? Synthèse 2020. Symbioses, n°39-40 : 13-22.
- Roué S., Némot M. (2002). Mortalité exceptionnelle du Minioptère de Schreibers en France lors de l'année 2002. Bilan Ntione. 27p. SFEPM
- Schielzeth, H., 2010. Simple means to improve the interpretability of regression coefficients. *Methods Ecol. Evol.* 1, 103–113. <https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2010.00012.x>
- Temple H.J, Terry A. (2007). The Status and Distribution of European Mammals Luxembourg. Office for Official Publications of the European Communities,
- Treyvaud C. (2022). *Définition et mise en place d'un nouveau protocole de comptage acoustique du Minioptère de Schreibers*. Mémoire de Master 2 BEE ECIRE finalité « Expertise Faune Flore ». Enseignement supérieur et de la formation du Muséum national d'Histoire naturelle. SFEPM – GCLR – MNHN.
- UICN France, MNHN, SFEPM et ONCFS. (2017). La liste rouge des espèces menacées en France – Chapitre Mammifères de France métropolitaine, 16p.

VI. Annexe

Annexe 1 - Partenaires

Tableau - Description des partenaires du projet

Type de structure	Nom de la structure	Logo de la structure	Description de la structure
Associations partenaires	SFEPM		La Société Française pour l'Etude et la Protection des Mammifères (SFEPM) a pour objectif la connaissance, la promotion et la protection des Mammifères et de leurs habitats sur tout le territoire national, métropole et DOM-COM.
	FCEN		Créée en 1988, la Fédération des Conservatoires d'espaces naturels rassemble les Conservatoires d'espaces naturels. Elle a pour mission principale de représenter le réseau et de favoriser les échanges entre ses membres, afin de renforcer leurs actions sur le terrain dans la protection de l'environnement.
	SHNA-OFAB		La Société d'histoire naturelle d'Autun, Observatoire de la FAune de Bourgogne (SHNA-OFAB) est une association de loi 1901 fondée en 1886. L'association a pour mission de transmettre les savoirs scientifiques en termes de sciences de la vie et de la terre et de la biodiversité en Bourgogne.
	CPEPESC FC		La Commission de Protection des Eaux, du Patrimoine, de l'Environnement, du Sous-sol et des Chiroptères de Franche Comté (CPEPESC FC) est une association loi 1901 qui a pour but de développer l'étude et la protection de la nature, de l'environnement et du patrimoine.
	FNE NA		France Nature Environnement Nouvelle Aquitaine (FNE NA) est une association Loi 1901 qui rassemble les fédérations membres de France Nature Environnement de l'Aquitaine, du Limousin, du Poitou Charentes depuis 2016 qui ont décidé de s'unir, de rassembler les connaissances de leurs territoires et leurs compétences pour porter la voix de tous les défenseurs de la nature.
	GCC		Le Groupe Chiroptère Corse (GCC), est une association loi 1901 agréée Protection de la nature reconnue d'intérêt qui œuvre depuis 1989 pour l'étude et la protection des chauves-souris en Corse.

	CEN PACA		<p>Le Conservatoire d'espaces naturels de Provence-Alpes-Côte d'Azur (CEN PACA) est une association régionale de protection de la nature créée en 1975. Au cœur de nos actions et en concertation avec de multiples acteurs : la connaissance de la biodiversité, la protection et la gestion d'espaces naturels, la sensibilisation du public.</p>
	CEN Occitanie		<p>Le CEN Occitanie est une association de protection de la nature agréée par l'Etat et la Région œuvrant depuis 30 ans à la connaissance et la conservation du patrimoine naturel et à la transition écologique des territoires. Le Groupe Chiroptères de Midi-Pyrénées (GCMP) est rattaché au CEN dont il constitue un groupe thématique.</p>
	LPO Aura		<p>La Ligue de Protection des Oiseaux (LPO) Auvergne Rhône Alpes est une association loi 1901, issue du Centre Ornithologique Rhône-Alpes, qui a pour objet sur le territoire de la région Auvergne-Rhône Alpes d'agir ou de favoriser les actions en faveur de la nature et de la biodiversité.</p>
	GCLR		<p>Le Groupe Chiroptères Languedoc Roussillon, est une association ayant pour objet d'étudier les Chiroptères et leurs écosystèmes, de participer à la protection des espèces de chauves-souris et à la sauvegarde de leurs milieux.</p>
Partenaire technique	MNHN		<p>Le Muséum national d'Histoire naturelle est un établissement français d'enseignement, de recherche et de diffusion de la culture scientifique naturaliste (sciences de la vie, sciences de la Terre, anthropologie et disciplines dérivées).</p>

Annexe 2 - Caractéristiques des sites de comptages hivernaux à remplir par les structures régionales

Structure productrice de la donnée	Méthode utilisée	Date	Identifiant de la donnée	Nombre d'individus comptés	Effectif de minios en été sur site (?)	Observateurs	Localisation du gîte geometrie_wkt_4326	Localisation du gîte Longitude X L93	Localisation du gîte Latitude Y L93	Commune	Code maille L93 10km	Identification / nom du site	Commentaire
------------------------------------	------------------	------	--------------------------	----------------------------	--	--------------	--	---	--	---------	----------------------	------------------------------	-------------

Notes :

En rouge sont indiqués les champs indispensables à l'utilisation des données.

Identifiant de la donnée : identifiant généré dans la base locale de la structure si applicable / sinon la SFEPM pourra le créer

Localisation : remplir une des colonnes au choix

Annexe 3 - Caractéristiques des sites de comptages estivaux à remplir par les structures régionales

Structure productrice de la donnée	Méthode utilisée	Date	Identifiant de la donnée	Nombre d'adultes en vol en sortie de gîte	Nombre de jeunes dans la cavité	Effectif de minios en hiver sur site (?)	Observateurs	Localisation du gîte geometrie_wkt_4326	Localisation du gîte Longitude X L93	Localisation du gîte Latitude Y L93	Commune	Code maille L93 10km	Identification / nom du site	Commentaire
------------------------------------	------------------	------	--------------------------	---	---------------------------------	--	--------------	--	---	--	---------	----------------------	------------------------------	-------------

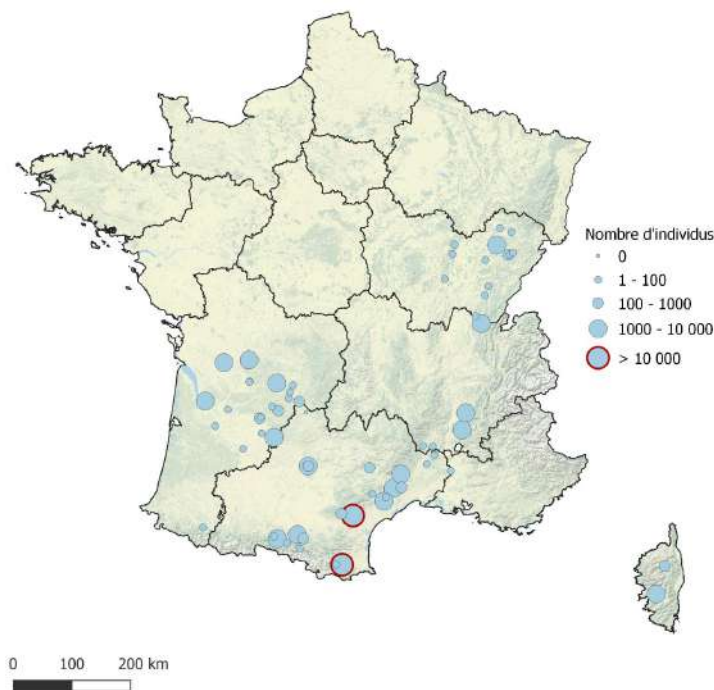
Notes :

En rouge sont indiqués les champs indispensables à l'utilisation des données.

Identifiant de la donnée : identifiant généré dans la base locale de la structure si applicable / sinon la SFEPM pourra le créer

Localisation : remplir une des colonnes au choix

Annexe 4 - Cartographies Hiver



Projet AMI Minioptère

Localisation des gîtes suivis hiver 2022

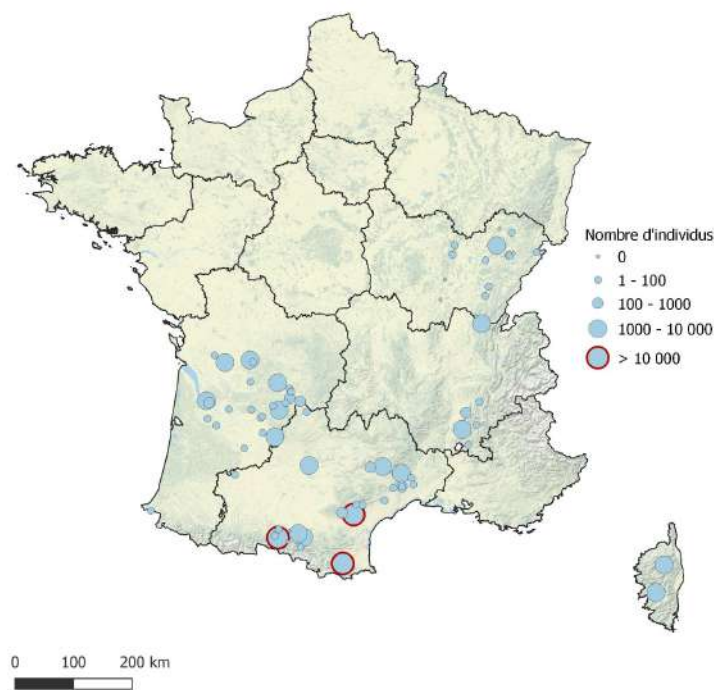
Réalisation de la carte : SFEPM, décembre 2024

Partenaires du projet :
SFEPM ; FCEN ; MNHN ; SHNA ; CPEPESC FC ; LPO AURA ; CEN PACA ; GCC ; GCLR / DERIVAZ ; CEN Occitanie ; FNE NA ; OFB ; DREALs (BFC, AURA, PACA, Corse, Occitanie, NA)

Producteurs de données :
ANA-CEN Ariège ; Asellia ; Carcassonne Agglo ; CDS3D ; CDS46 ; CEN NA ; CEN Occitanie ; Charente Nature ; CHIROPTERRA ; COGard ; CPEPESC FC ; Ecodiv ; ENE ; Fédération Aude Claire ; GCA ; GCC ; GCLR ; GMHL ; Groupe Derivaz ; LPO Aquitaine ; LPO Aura ; LPO Aveyron ; MNHN ; OFB ; ONF ; PNPyrénées ; PNR Narbonnaise ; SEPANLOG ; SHNA ; SYMBIOSE

Attention, ces cartes ne sont pas exhaustives, elles comprennent uniquement les données des partenaires du projet





Projet AMI Minioptère

Localisation des gîtes suivis hiver 2023

Réalisation de la carte : SFEPM, décembre 2024

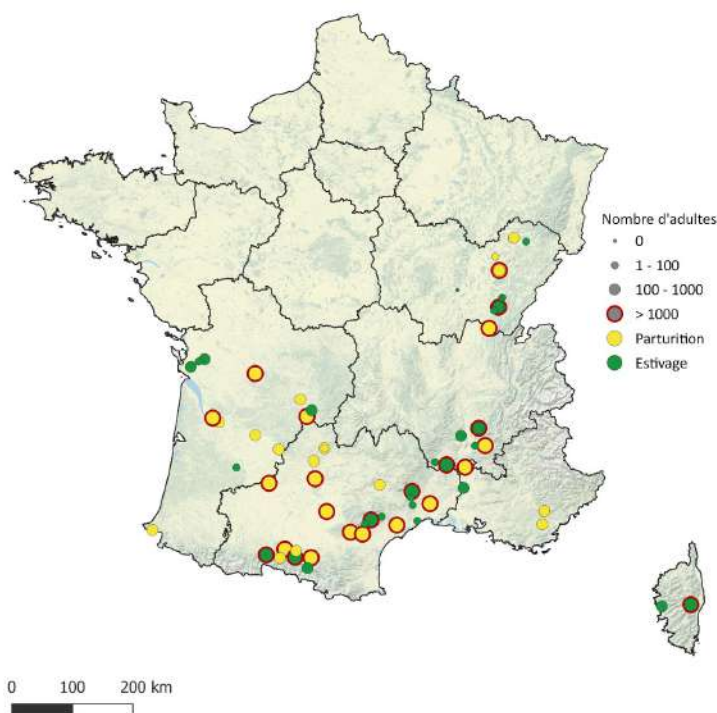
Partenaires du projet :
SFEPM ; FCEN ; MNHN ; SHNA ; CPEPESC FC ; LPO AURA ; CEN PACA ; GCC ; GCLR / DERIVAZ ; CEN Occitanie ; FNE NA ; OFB ; DREALs (BFC, AURA, PACA, Corse, Occitanie, NA)

Producteurs de données :
ANA-CEN Ariège ; Carcassonne Agglo ; CCGPSL ; CCVH ; CD30 ; CDS 46 ; CEN NA ; CEN Occitanie ; Charente Nature ; Chauves-Souris Aveyron ; COGard ; CPEPESC FC ; CPIE HL ; ENE ; GCA ; GCC ; GCLR ; GCMP ; GMHL ; Grand Site Salagou - Cirque de Mureze ; Groupe Derivaz ; LPO Aura ; LPO Aveyron ; ONF ; SCSP ; SEPANLOG ; SHNA

Attention, ces cartes ne sont pas exhaustives, elles comprennent uniquement les données des partenaires du projet



Annexe 5 - Cartographies été



Projet AMI Minioptère

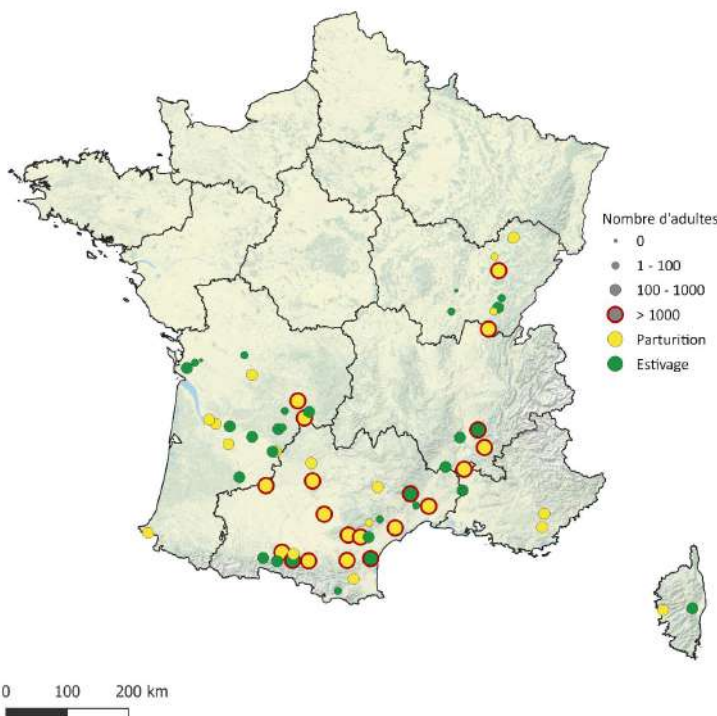
Localisation des gîtes
suivis été 2022

Réalisation de la carte : SFEPM, décembre 2024

Partenaires du projet :
SFEPM ; FCEN ; MNHN ; SHNA ; CPEPESC FC ; LPO AURA
; CEN PACA ; GCC ; GCLR / DERIVAZ ; CEN Occitanie ; FNE
NA ; OFB ; DREALs (BFC, AURA, PACA, Corse, Occitanie,
NA)

Producteurs de données :
ANA-CEN Ariège ; Asellia ; Carcassonne Agglo ; CD34 ;
CDS 46 ; CEN Nouvelle-Aquitaine ; CEN Occitanie ; CEN
PACA ; Charente Nature ; COGard ; CPEPESC FC ; ENE ;
GCA ; GCC ; GCLR ; GMHL ; Groupe Derivaz ; LPO ; LPO
Aura ; LPO Aveyron ; OFB ; PNPyrénées ; PNR du
Haut-Languedoc ; SEPANLOG ; SHNA

Attention, ces cartes ne sont pas exhaustives, elles
comprennent uniquement les données des
partenaires du projet



Projet AMI Minioptère

Localisation des gîtes
suivis été 2023

Réalisation de la carte : SFEPM, décembre 2024

Partenaires du projet :
SFEPM ; FCEN ; MNHN ; SHNA ; CPEPESC FC ; LPO AURA
; CEN PACA ; GCC ; GCLR / DERIVAZ ; CEN Occitanie ; FNE
NA ; OFB ; DREALs (BFC, AURA, PACA, Corse, Occitanie,
NA)

Producteurs de données :
ANA-CEN Ariège ; Carcassonne Agglo ; CD30 ; CDS 46 ;
CEN NA ; CEN Occitanie ; CEN PACA ; Charente Nature ;
CHIROP'TERRA ; COGard ; CPEPESC FC ; ENE ; Faunae ;
GCA ; GCC ; GCLR ; GMHL ; Groupe Derivaz ; LPO ; LPO
Aura ; PNPyrénées ; SEPANLOG ; SHNA ; SYMBIOSE

Attention, ces cartes ne sont pas exhaustives, elles
comprennent uniquement les données des
partenaires du projet



Annexe 6 - Sites d'hibernation (2022-2024)

Tableau - Liste des sites d'hibernation connus de Minioptère de Schreibers suivis dans l'AMI Minioptère (2022-2024)

Région	Code Site	Effectif maximum AD
Auvergne Rhône Alpes	Minio-AURA-Hiv_02	9000
Auvergne Rhône Alpes	Minio-AURA-Hiv_05	7000
Auvergne Rhône Alpes	Minio-AURA-Hiv_10	1705
Auvergne Rhône Alpes	Minio-AURA-Hiv_07	15
Auvergne Rhône Alpes	Minio-AURA-Hiv_01	8
Auvergne Rhône Alpes	Minio-AURA-Hiv_08	4
Auvergne Rhône Alpes	Minio-AURA-Hiv_06	3
Auvergne Rhône Alpes	Minio-AURA-Hiv_09	2
Auvergne Rhône Alpes	Minio-AURA-Hiv_04	1
Bourgogne Franche Comté	Minio-BFC-Hiv_02	3464
Bourgogne Franche Comté	Minio-BFC-Hiv_08	127
Bourgogne Franche Comté	Minio-BFC-Hiv_05	93
Bourgogne Franche Comté	Minio-BFC-Hiv_03	46
Bourgogne Franche Comté	Minio-BFC-Hiv_06	31
Bourgogne Franche Comté	Minio-BFC-Hiv_10	31
Bourgogne Franche Comté	Minio-BFC-Hiv_11	28
Bourgogne Franche Comté	Minio-BFC-Hiv_09	27
Bourgogne Franche Comté	Minio-BFC-Hiv_12	9
Bourgogne Franche Comté	Minio-BFC-Hiv_01	6
Bourgogne Franche Comté	Minio-BFC-Hiv_07	5
Bourgogne Franche Comté	Minio-BFC-Hiv_13	3
Bourgogne Franche Comté	Minio-BFC-Hiv_16	3
Bourgogne Franche Comté	Minio-BFC-Hiv_04	1
Bourgogne Franche Comté	Minio-BFC-Hiv_15	1
Bourgogne Franche Comté	Minio-BFC-Hiv_17	1
Bourgogne Franche Comté	Minio-BFC-Hiv_18	1
Corse	Minio-COR-Hiv_01	2200
Corse	Minio-COR-Hiv_02	2200
Nouvelle Aquitaine	Minio-NA-Hiv_38	4426
Nouvelle Aquitaine	Minio-NA-Hiv_32	3314
Nouvelle Aquitaine	Minio-NA-Hiv_27	2215
Nouvelle Aquitaine	Minio-NA-Hiv_28	1546
Nouvelle Aquitaine	Minio-NA-Hiv_39	1382
Nouvelle Aquitaine	Minio-NA-Hiv_15	1368
Nouvelle Aquitaine	Minio-NA-Hiv_41	1200

Nouvelle Aquitaine	Minio-NA-Hiv_23	836
Nouvelle Aquitaine	Minio-NA-Hiv_06	378
Nouvelle Aquitaine	Minio-NA-Hiv_19	272
Nouvelle Aquitaine	Minio-NA-Hiv_30	150
Nouvelle Aquitaine	Minio-NA-Hiv_10	112
Nouvelle Aquitaine	Minio-NA-Hiv_21	62
Nouvelle Aquitaine	Minio-NA-Hiv_26	53
Nouvelle Aquitaine	Minio-NA-Hiv_12	52
Nouvelle Aquitaine	Minio-NA-Hiv_34	27
Nouvelle Aquitaine	Minio-NA-Hiv_17	22
Nouvelle Aquitaine	Minio-NA-Hiv_04	16
Nouvelle Aquitaine	Minio-NA-Hiv_40	16
Nouvelle Aquitaine	Minio-NA-Hiv_14	4
Nouvelle Aquitaine	Minio-NA-Hiv_18	4
Nouvelle Aquitaine	Minio-NA-Hiv_29	4
Nouvelle Aquitaine	Minio-NA-Hiv_08	3
Nouvelle Aquitaine	Minio-NA-Hiv_33	3
Nouvelle Aquitaine	Minio-NA-Hiv_16	2
Nouvelle Aquitaine	Minio-NA-Hiv_01	1
Nouvelle Aquitaine	Minio-NA-Hiv_02	1
Nouvelle Aquitaine	Minio-NA-Hiv_03	1
Nouvelle Aquitaine	Minio-NA-Hiv_05	1
Nouvelle Aquitaine	Minio-NA-Hiv_07	1
Nouvelle Aquitaine	Minio-NA-Hiv_09	1
Nouvelle Aquitaine	Minio-NA-Hiv_11	1
Nouvelle Aquitaine	Minio-NA-Hiv_13	1
Nouvelle Aquitaine	Minio-NA-Hiv_20	1
Nouvelle Aquitaine	Minio-NA-Hiv_22	1
Nouvelle Aquitaine	Minio-NA-Hiv_25	1
Nouvelle Aquitaine	Minio-NA-Hiv_31	1
Nouvelle Aquitaine	Minio-NA-Hiv_35	1
Nouvelle Aquitaine	Minio-NA-Hiv_36	1
Nouvelle Aquitaine	Minio-NA-Hiv_37	1
Occitanie	Minio-OCC-Hiv_04	20000
Occitanie	Minio-OCC-Hiv_33	20000
Occitanie	Minio-OCC-Hiv_18	12309
Occitanie	Minio-OCC-Hiv_34	7500
Occitanie	Minio-OCC-Hiv_17	6000

Occitanie	Minio-OCC-Hiv_03	4125
Occitanie	Minio-OCC-Hiv_27	2500
Occitanie	Minio-OCC-Hiv_16	1874
Occitanie	Minio-OCC-Hiv_01	1768
Occitanie	Minio-OCC-Hiv_20	1137
Occitanie	Minio-OCC-Hiv_31	1100
Occitanie	Minio-OCC-Hiv_13	800
Occitanie	Minio-OCC-Hiv_02	581
Occitanie	Minio-OCC-Hiv_30	523
Occitanie	Minio-OCC-Hiv_24	261
Occitanie	Minio-OCC-Hiv_05	100
Occitanie	Minio-OCC-Hiv_37	85
Occitanie	Minio-OCC-Hiv_28	82
Occitanie	Minio-OCC-Hiv_09	34
Occitanie	Minio-OCC-Hiv_21	4
Occitanie	Minio-OCC-Hiv_26	4
Occitanie	Minio-OCC-Hiv_22	3
Occitanie	Minio-OCC-Hiv_23	3
Occitanie	Minio-OCC-Hiv_32	3
Occitanie	Minio-OCC-Hiv_35	3
Occitanie	Minio-OCC-Hiv_38	3
Occitanie	Minio-OCC-Hiv_10	2
Occitanie	Minio-OCC-Hiv_12	2
Occitanie	Minio-OCC-Hiv_14	2
Occitanie	Minio-OCC-Hiv_06	1
Occitanie	Minio-OCC-Hiv_07	1
Occitanie	Minio-OCC-Hiv_08	1
Occitanie	Minio-OCC-Hiv_19	1
Occitanie	Minio-OCC-Hiv_29	1
Occitanie	Minio-OCC-Hiv_36	1
Occitanie	Minio-OCC-Hiv_39	1

Annexe 7 - Sites d'estivage (2022-2024)

Tableau - Liste des sites d'estivage connus de Minioptère de Schreibers suivis dans l'AMI Minioptère (2022-2024)

Région	Code Site	Effectif maximum AD
Auvergne-Rhône-Alpes	Minio-AURA-Été_07	2398
Auvergne-Rhône-Alpes	Minio-AURA-Été_04	2070
Auvergne-Rhône-Alpes	Minio-AURA-Été_08	1755
Auvergne-Rhône-Alpes	Minio-AURA-Été_05	480
Auvergne-Rhône-Alpes	Minio-AURA-Été_01	12
Auvergne-Rhône-Alpes	Minio-AURA-Été_03	4
Auvergne-Rhône-Alpes	Minio-AURA-Été_06	3
Auvergne-Rhône-Alpes	Minio-AURA-Été_02	2
Bourgogne-Franche-Comté	Minio-BFC-Été_02	905
Bourgogne-Franche-Comté	Minio-BFC-Été_12	58
Bourgogne-Franche-Comté	Minio-BFC-Été_11	5
Bourgogne-Franche-Comté	Minio-BFC-Été_08	4
Bourgogne-Franche-Comté	Minio-BFC-Été_05	2
Bourgogne-Franche-Comté	Minio-BFC-Été_01	1
Bourgogne-Franche-Comté	Minio-BFC-Été_13	1
Corse	Minio-COR-Été_03	1200
Corse	Minio-COR-Été_01	200
Nouvelle-Aquitaine	Minio-NA-Été_13	750
Nouvelle-Aquitaine	Minio-NA-Été_05	494
Nouvelle-Aquitaine	Minio-NA-Été_07	300
Nouvelle-Aquitaine	Minio-NA-Été_17	285
Nouvelle-Aquitaine	Minio-NA-Été_03	240
Nouvelle-Aquitaine	Minio-NA-Été_21	210
Nouvelle-Aquitaine	Minio-NA-Été_04	205
Nouvelle-Aquitaine	Minio-NA-Été_15	136
Nouvelle-Aquitaine	Minio-NA-Été_14	134
Nouvelle-Aquitaine	Minio-NA-Été_12	110
Nouvelle-Aquitaine	Minio-NA-Été_06	70
Nouvelle-Aquitaine	Minio-NA-Été_10	46
Nouvelle-Aquitaine	Minio-NA-Été_02	16
Occitanie	Minio-OCC-Été_17	4278
Occitanie	Minio-OCC-Été_22	2137
Occitanie	Minio-OCC-Été_10	2000
Occitanie	Minio-OCC-Été_16	1300
Occitanie	Minio-OCC-Été_39	950

Occitanie	Minio-OCC-Été_38	711
Occitanie	Minio-OCC-Été_14	570
Occitanie	Minio-OCC-Été_11	202
Occitanie	Minio-OCC-Été_20	50
Occitanie	Minio-OCC-Été_19	40
Occitanie	Minio-OCC-Été_34	38
Occitanie	Minio-OCC-Été_32	25
Occitanie	Minio-OCC-Été_24	18
Occitanie	Minio-OCC-Été_25	12
Occitanie	Minio-OCC-Été_13	3
Occitanie	Minio-OCC-Été_04	2
Occitanie	Minio-OCC-Été_23	2
Occitanie	Minio-OCC-Été_01	1
Occitanie	Minio-OCC-Été_03	1
Occitanie	Minio-OCC-Été_15	1

Annexe 8 - Sites de parturition (2022-2024)

Tableau - Liste des sites de parturitions connus de Minioptère de Schreibers suivis dans l'AMI Minioptère (2022-2024)

Région	Code Site	Effectif maximum AD
Auvergne-Rhône-Alpes	Minio-AURA-Été_10	3250
Auvergne-Rhône-Alpes	Minio-AURA-Été_09	3000
Bourgogne-Franche-Comté	Minio-BFC-Été_10	3149
Bourgogne-Franche-Comté	Minio-BFC-Été_04	2330
Bourgogne-Franche-Comté	Minio-BFC-Été_09	1191
Bourgogne-Franche-Comté	Minio-BFC-Été_06	664
Bourgogne-Franche-Comté	Minio-BFC-Été_07	318
Bourgogne-Franche-Comté	Minio-BFC-Été_14	59
Bourgogne-Franche-Comté	Minio-BFC-Été_03	43
Corse	Minio-COR-Été_02	1000
Nouvelle-Aquitaine	Minio-NA-Été_18	5769
Nouvelle-Aquitaine	Minio-NA-Été_09	4468
Nouvelle-Aquitaine	Minio-NA-Été_01	2000
Nouvelle-Aquitaine	Minio-NA-Été_16	1800
Nouvelle-Aquitaine	Minio-NA-Été_24	1295
Nouvelle-Aquitaine	Minio-NA-Été_20	1171
Nouvelle-Aquitaine	Minio-NA-Été_23	700
Nouvelle-Aquitaine	Minio-NA-Été_22	670
Nouvelle-Aquitaine	Minio-NA-Été_19	500

Nouvelle-Aquitaine	Minio-NA-Été_11	224
Nouvelle-Aquitaine	Minio-NA-Été_08	171
Occitanie	Minio-OCC-Été_02	5289
Occitanie	Minio-OCC-Été_09	4750
Occitanie	Minio-OCC-Été_21	4550
Occitanie	Minio-OCC-Été_35	4500
Occitanie	Minio-OCC-Été_40	3460
Occitanie	Minio-OCC-Été_18	3321
Occitanie	Minio-OCC-Été_27	2800
Occitanie	Minio-OCC-Été_08	2750
Occitanie	Minio-OCC-Été_07	1700
Occitanie	Minio-OCC-Été_31	1230
Occitanie	Minio-OCC-Été_33	1000
Occitanie	Minio-OCC-Été_05	1040
Occitanie	Minio-OCC-Été_26	860
Occitanie	Minio-OCC-Été_12	600
Occitanie	Minio-OCC-Été_29	548
Occitanie	Minio-OCC-Été_06	186
Occitanie	Minio-OCC-Été_36	177
Occitanie	Minio-OCC-Été_28	20
Occitanie	Minio-OCC-Été_30	2
Provence-Alpes-Côtes-d'Azur	Minio-PACA-Été_01	882
Provence-Alpes-Côtes-d'Azur	Minio-PACA-Été_02	625

Annexe 9 - Fiches comptages/cavités - Action 2

Fiche comptages- Suivi du Minioptère de Schreibers

(à remplir à chaque session d'enregistrement et comptage visuel)

Contexte						
Nom de la cavité :						
Structure :			Date :			
Observateurs :						

Protocole/temporalité	
Date de pose des enregistreurs :	Date de récolte :
Date du comptage visuel :	Nombre de jour de pose (préciser si demi nuit) :

Météo le jour du comptage visuel		
Température extérieure :	Couverture nuageuse :	%
Vitesse du vent :	Pluie :	nulle <input type="checkbox"/> faible <input type="checkbox"/> moyenne <input type="checkbox"/> forte
Remarque sur la météo de la période d'enregistrement :		

Caractéristiques techniques matériel acoustique			
Appareil 1 :			
Type d'appareil :	n° série :		
Position micro	Distance à l'entrée* :	Hauteur :	Orientation :
Distance au flux de chauves-souris (approximative) :			
Type micro :	Numéro de série :		
Appareil 2 :			
Type d'appareil :	n° série :		
Position micro	Distance à l'entrée* :	Hauteur :	Orientation :
Distance au flux de chauves-souris :			
Type micro :	Numéro de série :		

Caractéristiques techniques matériel de comptage visuels			
Pose de caméra :	infrarouge <input type="checkbox"/>	thermique <input type="checkbox"/>	autre :
Distance à l'entrée :	Orientation/position :		
Type d'éclairage utilisé pour le comptage :	blanc <input type="checkbox"/>	rouge <input type="checkbox"/>	aucun <input type="checkbox"/>
Orientation de l'éclairage :	face au chiro <input type="checkbox"/>	éclairage du dessous <input type="checkbox"/>	éclairage latéral <input type="checkbox"/>

Caractéristiques comptage visuels			
Type de comptage réalisé :	comptage en sortie de gîte <input type="checkbox"/>		comptage en intérieur <input type="checkbox"/>
Moment de comptage en intérieur :	avant les première nuits d'enregistrement* <input type="checkbox"/>		
après la sortie de gîte <input type="checkbox"/>	après les sessions d'enregistrement <input type="checkbox"/>		
Scénario choisi :	scénario 1 <input type="checkbox"/> scénario 2 <input type="checkbox"/>		
Position des observateurs :	Distance(s) à l'entrée* :	distance au flux de chauve-souris :	
Position :	sur un coté <input type="checkbox"/> plus ou moins centré <input type="checkbox"/>		

*la distance à l'entrée peut être négative si l'objet se trouve à l'intérieur de la cavité

Comptage en sortie de gîte						
Niveau de fiabilité des comptages :		absolument fiable <input type="checkbox"/>		incertitude existante :		% d'individus
Cause :						
Espèce	Heure Début sortie	Heure Fin sortie	Effectif sortie	Effectif resté au gîte	Jeunes restés au gîte et âge	Remarque de comportement

Fiche cavité – Suivi du Minioptère de Schreibers

(à remplir une fois pour chaque cavité)

Contexte			
Nom de la cavité :			
Observateur/Structure :			
Localisation :	x :	y :	projection :
Commune :		Altitude :	
Caractéristiques			
Type de cavité :	grotte naturelle terrestre <input type="checkbox"/> grotte naturelle marine <input type="checkbox"/> mine <input type="checkbox"/> carrière <input type="checkbox"/> tunnel artificiel <input type="checkbox"/> ouvrage hydraulique <input type="checkbox"/> bâti souterrain <input type="checkbox"/> aqueduc souterrain <input type="checkbox"/> viaduc ferroviaire <input type="checkbox"/> Autre : Remarque :		
Dimension : (Voir indication de mesure en annexe 1)			
Largeur entrée* :		Hauteur entrée* :	
Si dimensions multiples : Lmin :		Lmax :	Hmin : Hmax :
Remarque sur la forme : cocher les propositions correspondantes en annexe 1			
Entrée surélevée :	oui <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/>	hauteur :	
Présence d'eau dans la cavité :	oui <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/>	eau courante <input type="checkbox"/>	pièce d'eau <input type="checkbox"/>
Distance de l'eau à l'entrée :	< 10 m <input type="checkbox"/>	10 < < 50 m <input type="checkbox"/>	50 < < 100 m <input type="checkbox"/> > 100 m <input type="checkbox"/>
Contexte de végétation : sélectionner la/les descriptions correctes et remplir les catégories correspondantes en annexe 2			
Protection physique (à représenter) :	oui <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/>	type :	
Présence d'infrastructures particulières :	oui <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/>	type :	
Occupation			
Type de gîte :	transit printanier <input type="checkbox"/> transit automnal <input type="checkbox"/> hibernation <input type="checkbox"/> estive <input type="checkbox"/> mise bas <input type="checkbox"/> Présence de jeunes <input type="checkbox"/>		
Distance de la colonie à l'entrée :			
Position de sortie des individus :	hauteur du flux :	distance au plafond :	
(Schéma à réaliser en annexe 3)			
Remarque/description :			

*en cas d'ambiguïté sur la définition de l'entrée : entrée = lieu de comptage visuel.

Détails de localisation supplémentaire (carte) et photos de l'entrée de la cavité :

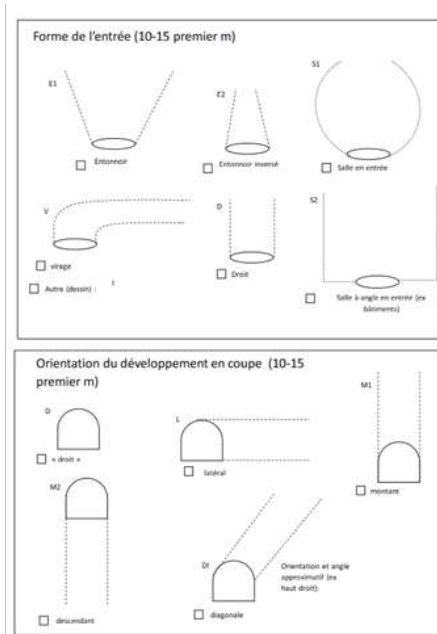
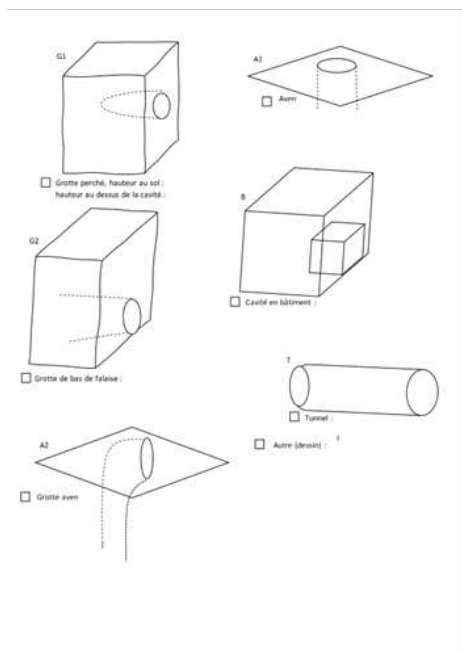


Schéma de la cavité (en coupe) à faire :

À représenter : forme entrée, végétation entravant l'entrée (si présence), position du flux de chauve-souris, protection éventuel, (modèle annexe 2, figure 1 et 2)

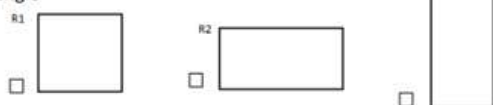
Schéma de la cavité (en plan) à faire :

À représenter : recouvrement de végétation, flux de chauve-souris (direction prise représenté par différentes tailles de flèches), (modèle annexe 2, figure 3 et 4)

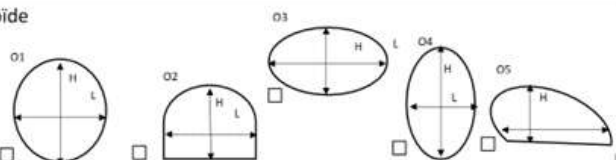
Annexe 1 : description de la cavité et de l'entrée

Forme entrée

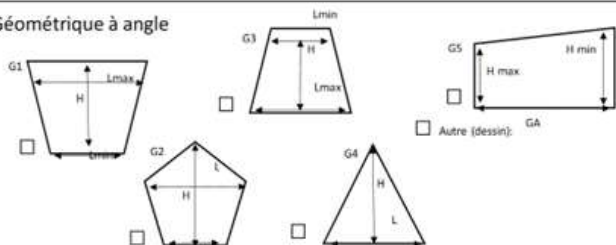
Rectangle



Ovoïde

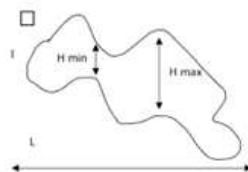


Géométrique à angle



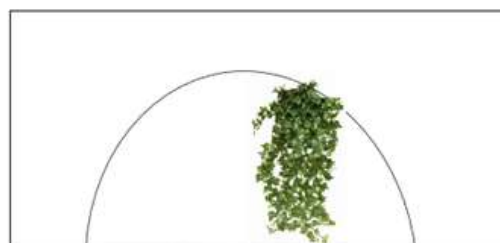
Indéfinissable

Dessin :



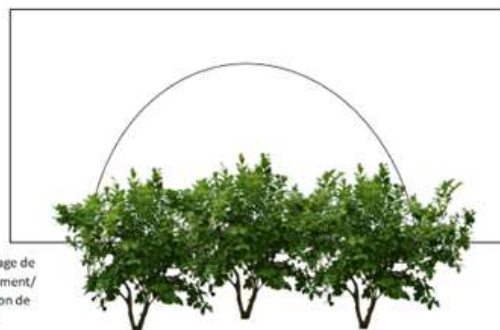
Annexe 2 : description du contexte de végétation

☐ Végétation tombante recouvrant l'entrée (coupe)



Recouvrement : %

☐ Végétation à proximité directe (5 m) pouvant obstruer une partie de l'entré



Pourcentage de Recouvrement/ obstruction de l'entrée :

☐ Arbre % ☐ Herbacé %

☐ Arbuste <3m %

Remarque/description :

Annexe 10 – Scripts permettant de déterminer l'abondance des Minioptères de Shreibers par l'acoustique en sortie de cavité

Etape 1 : script Etape1_triMinio.R

Objectif: Filtrer les espèces en excluant toutes celles qui ne correspondent pas aux Minioptères, aux Pipistrelles communes et aux Pipistrelles pygmées.

```
# Entrée des fichiers : Ensemble de fichiers CSV des participations provenant du portail Vigie Chiro , à
titre d'exemple : 0ae5df6437484116852322e93ff77edd-participation-65c0ee940ff7ee45e7e6e2ce-
observations.csv
```

```
# Sortie des fichiers : Ensemble de fichiers CSV, à titre d'exemple : 0ae5df6437484116852322e93ff77edd-
participation-65c0ee940ff7ee45e7e6e2ce-observations_allTriMinio avec les informations (uniquement les
informations filtrées des Minioptères, des Pipistrelles communes et des Pipistrelles pygmées) :
```

```
#1.  nom_du_fichier
#2.  temps_debut
#3.  temps_fin
#4.  frequence_mediane
#5.  tadarida_taxon
#6.  tadarida_probabilite
#7.  tadarida_taxon_autre
```

```
# Chargement des bibliothèques nécessaires
```

```
library(data.table)
library(dplyr)
```

```
# Définition des chemins d'accès
```

```
dirpath <- "C:/Users/Admin/Desktop/Test qualité/portail Vigie Chiro"
dirout <- "C:/Users/Admin/Desktop/Test qualité/portail Vigie Chiro/output/Triminio"
```

```
# Création du dossier de sortie s'il n'existe pas déjà
```

```
dir.create(dirout, showWarnings = FALSE)
```

```
# Création d'un vecteur contenant tous les fichiers CSV du répertoire d'entrée
```

```
files <- list.files(dirpath, full.names = TRUE, pattern = ".csv$")
```

```
# Boucle sur chaque fichier CSV trouvé
```

```
for (i in 1:length(files)) {
```

```
  filepath <- files[i]
```

```
  # Lecture du fichier CSV et conversion en data.frame
```

```
  test <- fread(filepath) %>% data.frame()
```

```
  # Vérification du nombre de colonnes
```

```
  if (ncol(test) < 11) {
    stop("fichier chelou")
  }
```

```
  # Filtrage des lignes avec des valeurs spécifiques dans la colonne 'tadarida_taxon'
```

```
  test2 <- test[which(test$tadarida_taxon %in% c("Minsch", "Pippip", "Pippyg")), ]
```

```
  # Si aucun contact n'est trouvé, afficher un message
```

```
  if (nrow(test2) == 0) {
    print("Aucun contact de minio !!")
  } else {
```

```
    # Filtrage des lignes où 'tadarida_taxon' est "Pippip"
```

```
    dataPippip <- test2[which(test2$tadarida_taxon %in% c("Pippip")), ]
```

```
    # Création d'un histogramme de la colonne 'frequence_mediane' pour les données 'Pippip'
```

```
    hist(dataPippip$frequence_mediane, main = basename(filepath))
```

```
    # Vérification de la condition sur la fréquence médiane
```

```
    NonMinio <- sapply(dataPippip$frequence_mediane, FUN = function(x) (x < 52))
```

```
    # Sélection des données en fonction de la condition vérifiée
```

```

if (mean(NonMinio) > 0.05) {
  # Filtrage des lignes où 'tadarida_taxon' est "Minsch" ou "Pippyg"
  DataMinio <- test[which(test$tadarida_taxon %in% c("Minsch", "Pippyg")), ]
} else {
  # Filtrage des lignes où 'tadarida_taxon' est "Minsch", "Pippip" ou "Pippyg"
  DataMinio <- test[which(test$tadarida_taxon %in% c("Minsch", "Pippip", "Pippyg")), ]
}

# Définition du nom de fichier de sortie et écriture des données filtrées dans ce fichier
NameOut <- paste0(dirout, "/", gsub(".csv", "_allTriMinio.csv", basename(filepath)))
fwrite(test2, NameOut, sep = ";")
}
}

```

Etape 2 : script Etape2_analyse_son_minio.R

Objectif : Extraire les informations de date et d'heure des noms de fichiers afin d'obtenir uniquement une nuit par fichier, excluant les jours (une nuit s'étend sur deux jours).

```

# Charger les bibliothèques nécessaires
library(dplyr)      # Pour la manipulation des données
library(lubridate)  # Pour la manipulation des dates
library(data.table) # Pour une lecture/écriture rapide des données
library(ggplot2)    # Pour la visualisation des données

# Fonction pour extraire les dates et heures à partir des noms de fichiers
f2pPF <- function(x) {
  if (is(x)[1] == "data frame") {
    pretemps <- vector(length = nrow(x))
  }
  op <- options(digits.secs = 3)
  pretemps <- paste(substr(x, nchar(x) - 18, nchar(x) - 4), ".", substr(x, nchar(x) - 2, nchar(x)), sep =
  "")
  strptime(pretemps, "%Y%m%d_%H%M%OS", tz = "UTC") + 3600 * 2
}

# Définition des chemins d'accès
dirpath <- "C:/Users/Admin/Desktop/Test qualité/portail Vigie Chiro/output/Triminio"
dirout <- "C:/Users/Admin/Desktop/Test qualité/portail Vigie Chiro/output/minio_nuit"

# Création du dossier de sortie
dir.create(dirout, showWarnings = FALSE)

# Création d'un vecteur avec tous les fichiers d'entrée
files <- list.files(dirpath, full.names = TRUE)

# Indication de l'heure d'été (TRUE si heure d'été, FALSE sinon)
HeureDEte <- TRUE

# Boucle sur chaque fichier d'entrée
for (i in 1:length(files)) {
  filepath <- files[i]

  # Lecture du fichier et conversion en data.frame
  ResutatTadarida <- fread(filepath) %>% data.frame()

  # Extraction des dates et heures à partir des noms de fichiers
  DateHeure <- f2pPF(ResutatTadarida$nom.du.fichier)

  # Si le nombre de lignes dans le fichier est supérieur à 10
  if (nrow(ResutatTadarida) > 10) {
    # Création d'une densité des heures d'enregistrement
    D <- density(as.numeric(DateHeure))
    plot(D)
  }

  # Décalage de 12 heures pour ramener à la date du début de la nuit

```



```

pourDateNuit <- DateHeure - 12 * 3600
DateNuit <- as.Date.POSIXct(pourDateNuit)
ResutatTadarida$DateNuit <- day(DateNuit)

# Liste des nuits uniques
ListeNuit <- unique(ResutatTadarida$DateNuit)

# Initialisation des data.frames pour stocker les données
DataTot <- data.frame()
DataHeuresBrutes <- data.frame()

# Boucle sur chaque nuit unique
for (j in 1:length(ListeNuit)) {
  datai <- subset(ResutatTadarida, ResutatTadarida$DateNuit == ListeNuit[j])
  DateHeure <- f2pPF(datai$nom.du.fichier)

  # Ajustement pour l'heure d'été ou d'hiver
  if (HeureDEte) {
    DateHeure <- DateHeure - 2 * 3600
  } else {
    DateHeure <- DateHeure - 3600
  }

  # Calcul des heures brutes
  HeureBrute <- (as.numeric(DateHeure) - as.numeric(as.Date(DateHeure)) * 24 * 3600) / 3600

  # Ajout des heures brutes au data.frame
  datai$HeureBrute <- HeureBrute
  NameOut <- paste0(dirout, "/", gsub(".csv", paste0("_", ListeNuit[j], ".csv"), basename(filepath)))

  # Écriture du fichier de sortie
  fwrite(datai, NameOut, sep = ";")

  # Affichage du nom du fichier en cours de traitement
  print(NameOut)
}
}

```

Etape 3 : script Etape3_uik_debut_et_fin_emergence.R

Objectif : Déterminer précisément le début et la fin de la sortie des gîtes pour les Minioptères grâce à l'analyse des courbes d'effectif cumulé.

```

# Chargement des bibliothèques nécessaires
library(data.table) # Pour la manipulation efficace des données
library(tidyverse)  # Pour les outils de manipulation de données et de visualisation
library(inflexion)  # Pour la fonction 'uik' utilisée dans le script

# Définition des chemins des dossiers d'entrée et de sortie
dirpath <- "C:/Users/Admin/Desktop/Test qualité/portail Vigie Chiro/output/minio_nuit"
fileout <- "C:/Users/Admin/Desktop/Test qualité/portail Vigie Chiro/output/DataContacts.csv"

# Création du répertoire de sortie si non existant
dir.create(dirname(fileout))

# Création d'un vecteur contenant tous les fichiers d'entrée
files <- list.files(dirpath, full.names = TRUE)

# Initialisation des vecteurs pour stocker les résultats
HeuresDebut <- vector()
HeuresFin <- vector()
NbContactsSortie <- vector()
NbContactsSortie_1s <- vector()
indiceconfiance <- vector()

# Boucle à travers chaque fichier d'entrée
for (i in 1:length(files)) {

```



```

filepath <- files[i]
print(filepath) # Affichage du chemin du fichier pour suivre la progression

# Lecture du fichier en tant que data frame
nuit <- fread(filepath) %>% data.frame()

# Ajout de colonnes nécessaires pour les calculs
nuit$nombre <- 1
nuit$cumul <- cumsum(nuit$nombre)

# Filtrage des données pour ne garder que les heures supérieures à 12
nuit <- subset(nuit, nuit$HeureBrute > 12)

if (nrow(nuit) > 1) {
  # Calcul de la densité pour identifier le pic
  Pheno <- density(nuit$HeureBrute)
  plot(Pheno, main = basename(filepath))
  Pic <- Pheno$x[which.max(Pheno$y)]

  # Séparation des données avant et après le pic
  heure_AvantPic <- subset(nuit, nuit$HeureBrute < Pic)
  heure_ApresPic <- subset(nuit, nuit$HeureBrute > Pic)

  # Calcul de l'heure de début de sortie
  if (nrow(heure_AvantPic) > 4) {
    kneeDebut <- uik(heure_AvantPic$HeureBrute, heure_AvantPic$cumul)
  } else {
    kneeDebut <- heure_AvantPic$HeureBrute[1]
  }
  HeuresDebut <- c(HeuresDebut, kneeDebut)
  plot(heure_AvantPic$HeureBrute, heure_AvantPic$cumul, main = basename(filepath), xlab = kneeDebut,
  Lab = c(20, 5, 0))
  abline(v = kneeDebut)

  # Calcul de l'heure de fin de sortie
  if (nrow(heure_ApresPic) > 4) {
    kneeFin <- uik(heure_ApresPic$HeureBrute, heure_ApresPic$cumul)
  } else {
    kneeFin <- heure_ApresPic$HeureBrute[nrow(heure_ApresPic)]
  }
  HeuresFin <- c(HeuresFin, kneeFin)
  plot(heure_ApresPic$HeureBrute, heure_ApresPic$cumul, main = basename(filepath), xlab = kneeFin, Lab
  = c(20, 5, 0))
  abline(v = kneeFin)

  # Calcul du nombre de contacts entre les kneeDebut et kneeFin
  nbcontact <- sum(nuit$HeureBrute > kneeDebut & nuit$HeureBrute < kneeFin, na.rm = TRUE)
  NbContactsSortie <- c(NbContactsSortie, nbcontact)

  # Calcul des contacts de 1 seconde
  nuit$contact_1s <- ceiling(nuit$temps_fin - nuit$temps_debut)
  heure_sortie <- nuit[which(nuit$HeureBrute > kneeDebut & nuit$HeureBrute < kneeFin), ]
  nbcontact_1s <- sum(heure_sortie$contact_1s)
  NbContactsSortie_1s <- c(NbContactsSortie_1s, nbcontact_1s)

  # Calcul de l'indice de confiance moyen
  indice_tadarida <- mean(nuit$tadarida_probabilite)
  indiceconfiance <- c(indiceconfiance, indice_tadarida)
} else {
  # Cas où les données ne sont pas suffisantes pour les calculs
  HeuresDebut <- c(HeuresDebut, NA)
  HeuresFin <- c(HeuresFin, NA)
  NbContactsSortie <- c(NbContactsSortie, NA)
  NbContactsSortie_1s <- c(NbContactsSortie_1s, NA)
  indiceconfiance <- c(indiceconfiance, NA)
}
}

```

```
# Création d'un data frame avec les résultats
DataAllSites <- data.frame(
  Fichier = basename(files),
  HeuresDebut,
  HeuresFin,
  NbContactsSortie,
  NbContactsSortie_1s,
  indiceconfiance
)

# Suppression des lignes contenant des valeurs manquantes
DataAllSites <- na.omit(DataAllSites)

# Écriture des données dans un fichier CSV
fwrite(DataAllSites, file = fileout, sep = ",")
```

Etape 4 : script Etape4_tcz.R

Objectif : Obtenir les paramètres acoustiques ainsi que des informations supplémentaires contenues dans les fichiers TC. Ces informations supplémentaires comprennent : le nombre total de cris (NbCrisTotaux), la participation, la nuit (pour déterminer si cette nuit correspond au jour de comptage ou non), Ampm50 et CriXAmp (pour une définition détaillée des variables)

```
library(archive)
library(data.table)
library(readxl)
library(tidyverse)

# Fonction pour obtenir les données de date-heure à partir des noms de fichiers
f2pPF <- function(x) {
  if (is(x)[1] == "data frame") {
    pretemps <- vector(length = nrow(x))
  }
  op <- options(digits.secs = 3)
  pretemps <- paste(substr(x, nchar(x) - 22, nchar(x) - 8), ".", substr(x, nchar(x) - 6, nchar(x) - 4),
    sep = "")
  strptime(pretemps, "%Y%m%d_%H%M%OS", tz = "UTC") + 3600 * 2
}

# Répertoires et paramètres
DirTCZ = "C:/Users/Admin/Desktop/Test qualité/TCZ"
DirOut = "C:/Users/Admin/Desktop/Test qualité/portail Vigie Chiro/output/TC"
HeureDEte = TRUE
HeuresSorties = fread("C:/Users/Admin/Desktop/Test qualité/portail Vigie Chiro/output/DataContacts.csv")

# Créer le répertoire de sortie
dir.create(DirOut)

# Liste des fichiers .tar.gz dans le répertoire TCZ
ListTCZ = list.files(DirTCZ, full.names = TRUE, pattern = ".tar.gz$")
progress_bar <- txtProgressBar(min = 0, max = length(ListTCZ), style = 3)

DataMetrics = data.table()
FailedParticipations = vector()

# Boucle sur chaque fichier .tar.gz
for (i in 1:length(ListTCZ)) {
  setTxtProgressBar(progress_bar, i)
  Participationi = gsub(".tar.gz", "", basename(ListTCZ[i]))
  DirOuti = paste0(DirOut, "/", Participationi)
  dir.create(DirOuti)

  # Décompresser si le répertoire est vide
  ListTCi = list.files(DirOuti, full.names = TRUE)
  if (length(ListTCi) == 0) {
    untar(ListTCZ[i], exdir = DirOuti)
  }

  ListTCi = list.files(DirOuti, full.names = TRUE)
```

```

DataListi = list()
for (j in 1:length(ListTCi)) {
  DataListi[[j]] = fread(ListTCi[[j]])
}
Datai = rbindlist(DataListi)

# Filtrer les données pour certaines espèces
DataMinioPip = subset(Datai, Datai$SpMaxF2 %in% c("Minsch", "Pippip", "Pippyg"))
if (nrow(DataMinioPip) == 0) {
  print("Aucun contact")
  Faili = basename(ListTCZ[i])
  Faili = gsub(".tar.gz", "", Faili)
  FailedParticipations = c(FailedParticipations, Faili)
} else {
  # Séparer les nuits
  DateHeure = f2pPF(DataMinioPip$Group.1)
  pourDateNuit = DateHeure - 12 * 3600 # Décalage de 12 heures pour ramener à la date du début de nuit
  DateNuit = as.Date.POSIXct(pourDateNuit)
  DataMinioPip$DateNuit = day(DateNuit)
  ListeNuit = unique(DataMinioPip$DateNuit)
  gc()

  DataTot = data.frame()
  DataHeuresBrutes = data.frame()

  # Boucle sur chaque nuit
  for (k in 1:length(ListeNuit)) {
    dataik = subset(DataMinioPip, DataMinioPip$DateNuit == ListeNuit[k])
    DateHeure = f2pPF(dataik$Group.1)
    if (HeureDEte) {
      DateHeure = DateHeure - 2 * 3600
    } else {
      DateHeure = DateHeure - 3600
    }
    HeureBrute = (as.numeric(DateHeure) - as.numeric(as.Date(DateHeure)) * 24 * 3600) / 3600

    # Ajout des heures brutes aux données
    dataik$HeureBrute = HeureBrute

    # Filtrer selon les heures de sortie
    Participationi = basename(ListTCZ[i])
    Participationi = gsub(".tar.gz", "", Participationi)
    HeuresSortiesi = subset(HeuresSorties, grepl(Participationi, HeuresSorties$Fichier))
    HeuresSortiesi = subset(HeuresSortiesi, grepl(paste0(ListeNuit[k], ".csv"),
    HeuresSortiesi$Fichier))
    if (nrow(HeuresSortiesi) == 0) {
      print("Heure manquante")
    } else {
      if (nrow(HeuresSortiesi) > 1) {
        print(paste("Attention doublon de la participation", basename(ListTCZ[i]), "dans
DataContacts.csv"))
        HeuresSortiesi = HeuresSortiesi[1,]
      }
      HeureDebuti = HeuresSortiesi$HeuresDebut
      HeureFin = HeuresSortiesi$HeuresFin
      dataiSorties = subset(dataik, (dataik$HeureBrute > HeureDebuti) & (dataik$HeureBrute <
      HeureFin))
      HeuresSortiesi$NbCrisTotaux = sum(dataiSorties$NbCris)
      HeuresSortiesi$participation = Participationi
      HeuresSortiesi$Nuit = grepl(paste0(ListeNuit[k], ".csv"), HeuresSortiesi$Fichier)
      HeuresSortiesi$Ampm50 = sum(dataiSorties$Ampm50)
      dataiSorties$CriXAmp = dataiSorties$Ampm50 * dataiSorties$NbCris
      HeuresSortiesi$CriXAmp = sum(dataiSorties$CriXAmp)

      DataMetrics = rbind(DataMetrics, HeuresSortiesi)
    }
  }
}

```

```

}

# Fermer la barre de progression
close(progress_bar)

# Écrire les résultats dans un fichier CSV
fwrite(DataMetrics, "C:/Users/Admin/Desktop/Test qualité/portail Vigie Chiro/output/prefinal_Minio.csv",
sep = ";")

```

Etape 5 : script Etape5_Modelle_et_predict.R

Objectif : Réaliser le modèle Random Forest avec les prédictions des effectifs de Miniophtères

```

library(randomForest)
library(data.table)
library(dplyr)

set.seed(1)

setwd("C:/Users/Admin/Desktop/Test qualité/portail Vigie Chiro/output/")

Minio_finale<-fread("prefinal_Minio.csv")
Data<-fread("Data.csv")

# Convertir la colonne 'Date' en format Date
Data$Date <- as.Date(Data$Date, format = "%d/%m/%Y")

# Convertir les colonnes de type 'chr' en facteur
chr_columns <- names(Filter(is.character, Data))
for (col in chr_columns) {
  Data[[col]] <- as.factor(Data[[col]])
}

# Convertir les colonnes de type 'int' en facteur
int_columns <- names(Filter(is.integer, Data))
for (col in int_columns) {
  Data[[col]] <- as.factor(Data[[col]])
}

# Afficher la structure des données
str(Data)

# Effectuer la jointure des deux dataframes sur la colonne 'participation'
Merged_Data <- merge(Minio_finale, Data, by = "participation", all = TRUE)

# Convertir les colonnes entières en numérique dans 'Merged_Data'
int_columns_merged <- names(Filter(is.integer, Merged_Data))
for (col in int_columns_merged) {
  Merged_Data[[col]] <- as.numeric(Merged_Data[[col]])
}

# Afficher la structure des données fusionnées
str(Merged_Data)

# Afficher les premières lignes des données fusionnées
head(Merged_Data)

# Sélectionner les colonnes spécifiques et convertir uniquement les colonnes spécifiées en numérique
Data_Final <- Merged_Data %>%
  mutate(across(c(
    largeur_entree,
    hauteur_entree,
    distance_eau_entree,
    vegetation_tom_rec,
    vegetation_pro_rec_arbre,
    vegetation_pro_rec_arbuste,
    veg_regulier_irregulier_rec_arbre,
    veg_regulier_irregulier_rec_arbuste,

```

```

veg_regulier_irregulier_rec_propo,
distance_colonie_entree,
hauteur_flux_individus,
distance_plafond,
precipitation,
temperature,
distance_micro_entree,
hauteur_micro,
distance_micro_flux_chauves,
myotis_totaux,
minioptere_totaux,
rhinolophe_totaux,
jour_julien
), ~ as.numeric(as.character(.))) %>%
select(
  CriXAmp,
  Date,
  Largeur_entree,
  hauteur_entree,
  distance_eau_entree,
  vegetation_tom_rec,
  vegetation_pro_rec_arbre,
  vegetation_pro_rec_arbuste,
  veg_regulier_irregulier_rec_arbre,
  veg_regulier_irregulier_rec_arbuste,
  veg_regulier_irregulier_rec_propo,
  distance_colonie_entree,
  hauteur_flux_individus,
  distance_plafond,
  precipitation,
  temperature,
  distance_micro_entree,
  hauteur_micro,
  distance_micro_flux_chauves,
  myotis_totaux,
  minioptere_totaux,
  rhinolophe_totaux,
  jour_julien,
  type_cavite,
  forme_entree,
  forme_10_15m,
  config_cavite,
  eau_cavite,
  vegetation_tombante,
  vegetation_proximite,
  veg_regulier_irregulier,
  protection_physique,
  presence_jeunes,
  hibernation,
  type_eclairage
)

```

```

# Afficher la structure des données finales
str(Data_Final)

```

```

# Afficher les premières lignes des données finales
head(Data_Final)

```

```

forest_cv <- randomForest(minioptere_totaux ~ .,
                           data = Data_Final,
                           method = "rf",
                           importance = TRUE,
                           prox = TRUE)

```

```

# Afficher les résultats du modèle
print(forest_cv)

```

```

# Extraire l'importance des variables sous forme de dataframe
importance_df <- data.frame(Variables = rownames(importance(forest_cv)),

```

```

        Importance = importance(forest_cv)[,1])

# Calculer la moyenne de l'importance des variables
mean_importance <- mean(importance_df$Importance)

# Extraire l'importance des variables sous forme de dataframe
importance_df <- data.frame(Variables = rownames(importance(forest_cv)),
                           Importance = importance(forest_cv)[, 1])

# Trier les variables par importance décroissante
importance_df <- importance_df %>%
  arrange(desc(Importance))

# Sélectionner les 10 variables les plus importantes
top_10_variables <- importance_df %>%
  top_n(10, wt = Importance)

# Créer un indicateur pour les 10 variables les plus importantes
importance_df$Top10 <- ifelse(importance_df$Variables %in% top_10_variables$Variables, "Top 10",
                              "Others")

# Créer le graphique
ggplot(importance_df, aes(x = reorder(Variables, Importance), y = Importance, fill = Top10)) +
  geom_bar(stat = "identity") +
  coord_flip() +
  scale_fill_manual(values = c("Top 10" = "red", "Others" = "grey")) +
  labs(title = "Importance des Variables du modèle randomForest",
       x = "Variables",
       y = "Importance",
       fill = "Légende") +
  theme_minimal() +
  theme(plot.title = element_text(hjust = 0.5, size = 16, face = "bold"),
        axis.title.x = element_text(size = 14),
        axis.title.y = element_text(size = 14),
        axis.text = element_text(size = 12))

# Initialisation de la dataframe pour stocker les prédictions
dataprediction <- data.frame()

ListSites <- unique(Data_Final$Date)

# Boucle sur chaque site
for (i in 1:length(ListSites)) {
  # Subset des données du site i
  datai <- subset(Data_Final, Date == ListSites[i])

  # Subset des données de tous les sites sauf le site i
  data_non_i <- subset(Data_Final, Date != ListSites[i])

  # Ajustement du RF
  predcteurs_non_i <- data_non_i %>% select(-minioptere_totaux)

  modeleRF <- randomForest(y = data_non_i$minioptere_totaux, x = predcteurs_non_i)

  # Prédiction du RF
  datai$predictionRF <- predict(modeleRF, newdata = datai, type = "response")

  # Ajouter les prédictions à la dataframe finale
  dataprediction <- rbind(dataprediction, datai)
  print(i)
}

# Afficher les prédictions
print(dataprediction)

PrecisionRF <- abs(dataprediction$predictionRF - dataprediction$minioptere_totaux)

summary(PrecisionRF)

```

```
# Ajouter une ligne de tendance
ggplot(dataprediction, aes(x = predictionRF, y = minioptere_totaux)) +
  geom_point() +
  geom_smooth(method = "lm", col = "blue") +
  labs(title = "Prédictions vs Valeurs Réelles",
       x = "Prédictions",
       y = "Valeurs Réelles") +
  theme_minimal()
```

Annexe 11 - Résultats du meilleur modèle GLMM

Tableau XX : Résultats du meilleur modèle GLMM influençant la relation entre l'abondance et l'activité acoustique. Légende : "Coefficient" : Montre l'impact ou l'effet d'une variable sur le résultat que l'on mesure. Plus le coefficient est élevé, plus l'influence de cette variable est forte. "Erreur standard" : Indique l'incertitude ou la variabilité de l'estimation du coefficient. Plus cette erreur est petite, plus l'estimation est précise. "p-value" : Montre la probabilité que l'effet observé soit dû au hasard. Si cette valeur est très petite (par exemple inférieure à 0,05), cela signifie que l'effet est probablement réel et non dû au hasard. "*" : Indique la significativité de la relation.

Variable	Coefficient	Erreur standard	p-value
Intercept	6,906	0,235	< 0,05 *
Distance entre la colonie et l'entrée de la cavité	0,497	0,114	< 0,05 *
Nombre de contacts x amplitude	0,323	0,044	< 0,05 *
Distance à la végétation	-0,301	0,135	< 0,05 *
Type d'éclairage	0,263	0,047	< 0,05 *
Jour julien (forme quadratique)	-0,258	0,072	< 0,05 *
Jour julien	0,133	0,062	< 0,05 *
Nombre de Myotis comptés	-0,101	0,037	< 0,05 *
Température (forme quadratique)	-0,080	0,033	< 0,05 *
Précipitations	0,010	0,026	< 0,05 *
Température	-0,283	0,058	> 0,05

Annexe 12 – Glossaire des sigles des structures cités en remerciements

CEN PACA : CONSERVATOIRE ESPACES NATURELS PROVENCE ALPES COTE D'AZUR
CEN OCCITANIE-GCMP : CONSERVATOIRE ESPACES NATURELS – GROUPE CHIROPTERE MIDI PYRENEES
CPEPESC FC : COMMISSION DE PROTECTION DES EAUX, DU PATRIMOINE, DE L'ENVIRONNEMENT, DU SOUS-SOL ET DES CHIROPTERES DE FRANCHE-COMTE
FNE NA : France NATURE ENVIRONNEMENT NOUVELLE AQUITAINE
GCC : GROUPE CHIROPTERES CORSE
GCLR : GROUPE CHIROPTERES LANGUEDOC-ROUSSILLON
LPO AURA : LIGUE POUR LA PROTECTION DES OISEAUX AUVERGNE RHONES ALPES
SHNA-OFAB : SOCIETE D'HISTOIRE NATURELLE D'AUTUN – OBSERVATOIRE DE LA FAUNE DE BOURGOGNE
FCEN : FEDERATION DES CONSERVATOIRES D'ESPACES NATURELS
MNHN : MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE
ANA-CEN-Ariège : ASSOCIATION DES NATURALISTES DE L'ARIEGE- CONSERVATOIRE ESPACES NATURELS ARIEGE
CCGPSL : COMMUNAUTE DE COMMUNES DU GRAND PIC SAINT LOUP
CCVH : COMMUNAUTE DE COMMUNES VALLEE DE L'HERAULT
CDS30 : COMITE DEPARTEMENTAL DE SPELEOLOGIE DU GARD
CD34 : DEPARTEMENT DE L'HERAULT
CDS46 : COMITE DEPARTEMENTAL DE SPELEOLOGIE DU LOT
CD30 : CONSEIL DEPARTEMENTAL DU GARD
GCMP : GROUPE CHIROPTERES DE MIDI-PYRENEES
CEN Nouvelle Aquitaine : CONSERVATOIRE D'ESPACES NATUREL NOUVELLE-AQUITAINE
NE17 : NATURE ENVIRONNEMENT 17
COGard : CENTRE ORNITHOLOGIQUE DU GARD
GCA : GROUPE CHIROPTERES AQUITAINE
GMHL : GROUPE MAMMOLOGIQUE ET HERPETOLOGIQUE LIMOUSIN
ALEPE : ASSOCIATION LOZERIENNE POUR L'ETUDE ET LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT
Groupe Derivaz : GROUPE DERIVAZ D'ETUDE ET DE PROTECTION DES CHIROPTERES DE L'AUDE
LPO Aquitaine : LIGUE POUR LA PROTECTION DES OISEAUX AQUITAINE
LPO Aveyron : LIGUE POUR LA PROTECTION DES OISEAUX AVEYRON
CSA : CHAUVE SOURIS AVEYRON
OFB : OFFICE FRANCAIS DE LA BIODIVERSITE
ONF : OFFICE NATIONAL DES FORETS
PN des Pyrénées : PARC NATIONAL DES PYRENEES
PNR du Haut Languedoc : PARC NATUREL REGIONAL HAUT-LANGUEDOC
PNR Narbonnaise : PARC NATUREL REGIONAL NARBONNAIS
SCSP : SOCIETE CEVENOLE DE SPELEOLOGIE ET DE PREHISTOIRE
SEPANLOG : SOCIETE POUR L'ETUDE LA PROTECTION ET L'AMENAGEMENT DE LA NATURE EN LOT-ET-GARONNE
SYMBIOSE : SYMBIOSE ENVIRONNEMENT
ALEPE : ASSOCIATION LOZERIENNE POUR L'ETUDE ET LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

Protocoles nationaux de suivi du Minioptère de Schreibers

SFEPM – 2025

Dans le cadre de l'**Appel à Manifestation d'Intérêt (AMI)** « Amélioration de la surveillance nationale terrestre des espèces et habitats à enjeux de conservation » lancé par l'Office Français de la Biodiversité (OFB) au printemps 2021, un projet dédié à la **surveillance du Minioptère de Schreibers** a été retenu. Ce projet, porté par la **Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères (SFEPM)** en partenariat avec **neuf associations régionales** (CEN PACA, CEN Occitanie-GCMP, CPEPESC FC, FNE NA, GCC, GCLR, LPO AURA, SHNA-OFAB, FCEN), s'est appuyé sur un large réseau de **structures locales** et le soutien technique et scientifique du **Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN)**.

Financé par l'OFB et les DREAL des régions concernées, ce projet coopératif national – nommé **AMI Minioptère** – s'inscrit dans la continuité de la synthèse nationale réalisée en 2020. Il s'est déroulé entre 2022 et 2024 avec pour objectif de **structurer et renforcer la surveillance de cette espèce vulnérable à l'échelle nationale**.

Un important travail de concertation, d'harmonisation et d'expérimentation a été conduit au cours de ce projet, impliquant les acteurs de terrain dans l'ensemble des régions concernées par la présence de l'espèce. Diverses méthodes de suivi ont été testées, comparées et ajustées dans des contextes régionaux variés, tant en période hivernale qu'estivale.

À l'issue de ce processus collaboratif, un consensus méthodologique a été établi, aboutissant à la définition de **protocoles nationaux harmonisés** pour le suivi du Minioptère de Schreibers en hibernation, en estivage et en période de parturition. Ces protocoles visent à :

- Unifier les pratiques de terrain à l'échelle nationale,
- Renforcer la robustesse des données collectées,
- Et faciliter l'analyse des **tendances démographiques** sur le moyen et long terme.

Le présent document regroupe ces protocoles dans un **format synthétique et opérationnel**, afin qu'ils puissent être diffusés et utilisés indépendamment du rapport complet de l'AMI. Il s'adresse à l'ensemble du réseau naturaliste et gestionnaire impliqué dans le suivi des chiroptères.

Pour obtenir le rapport final de l'AMI Minioptère, il est possible de s'adresser directement à la SFEPM.

Glossaire

Site d'hibernation : gîte utilisé en période hivernale par les chauves-souris. Ces sites ont des températures et une humidité constante, comme les caves, les cavités souterraines, les arbres, les ponts, viaducs, tunnels (ouvrages d'arts). Pendant l'hibernation, le métabolisme des chauves-souris se ralentit à l'extrême (baisse du rythme cardiaque, ralentissement de la respiration).

Site de parturition : gîte utilisé par les femelles reproductrices pour mettre bas et élever leurs jeunes. Les femelles s'installent en colonie de quelques individus à plusieurs milliers. Ces rassemblements peuvent se faire entre une même espèce ou entre plusieurs espèces. Sans modification du lieu, les femelles restent fidèles à ce gîte et y reviennent chaque année.

Site d'estivage : gîte utilisé par les femelles et mâles non reproducteurs, ils utilisent généralement des réseaux de gîtes. Aucune preuve de reproduction (femelle reproductrice, jeunes) dans ces gîtes.

Site majeur : Dans ce rapport, un site majeur est un site avec plus de 1 000 individus dans le site. Un site majeur est un site prioritaire à suivre, qui a un enjeu considérable pour la conservation de l'espèce.

Stade juvénile "crevette" : Le stade crevette correspondant aux juvéniles de moins de 10 jours, sans poil et de couleur rose bonbon.

Stade juvénile "grisou" : Le stade grisou correspond aux juvéniles de plus de 10 jours, avec des poils et de couleur gris.

1 - Comptages hivernaux

Méthode

À la suite d'une réunion technique nationale organisée en décembre 2024, de nouvelles recommandations ont été définies pour encadrer les méthodes de comptage hivernal du Minioptère de Schreibers. Ces recommandations varient selon l'effectif estimé dans les sites suivis.

Pour les **petits sites** (moins de 100 individus), la méthode privilégiée est le « **comptage à vue** », jugée la méthode la plus adaptée à ce type de configuration.

Pour les **sites de taille intermédiaire** (plus de 100 individus), les méthodes recommandées sont le « **comptage à vue** » et/ou le « **comptage sur photo (flash)** », en fonction des conditions sur le terrain (accessibilité, luminosité, hauteur de plafond, etc.).

Pour les **sites majeurs**, accueillant plus de 5 000 individus, la méthode recommandée repose sur une « **estimation à vue de la surface de l'essaim (en m²)** », à relever en priorité, associée à une « **extrapolation du nombre d'individus à partir de clichés** » (photo flash ou infrarouge), lorsque cela est techniquement possible.

Nombre de passage

Un seul passage est recommandé pour les comptages hivernaux, jugé suffisant pour estimer les effectifs lorsque les conditions de suivi sont respectées.

Période

Pour les comptages hivernaux, la période recommandée se situe entre **le 15 et le 25 janvier**, avec **une tolérance possible jusqu'au 31 janvier** en fonction des contraintes locales.

Sites prioritaires à suivre

Les sites prioritaires à suivre pour la conservation du Minioptère de Schreibers sont les sites majeurs (>1 000 individus)

Outils recommandés

À la suite des retours d'expériences des structures productrices de données, plusieurs outils et logiciels ont été testés sur le terrain afin de faciliter et harmoniser les comptages.

Pour les comptages à partir de photographies, l'outil recommandé est CountEm, un logiciel autonome permettant d'estimer le nombre d'individus présents sur une photo.

Ce logiciel s'avère particulièrement adapté aux comptages hivernaux, lorsque les chauves-souris sont regroupées en essaims compacts. En procédant par échantillonnage d'une portion de l'image, CountEm extrapole le total sur l'ensemble de la photo et fournit une estimation accompagnée d'un taux d'erreur.

2 - Comptages estivaux

À la suite de la réunion technique de décembre 2024, le protocole de comptage estival a été revu afin de répondre de manière plus précise aux enjeux de connaissance sur l'utilisation des gîtes par les populations de Minioptères de Schreibers.

Pour les **sites de parturition**, l'objectif principal est de confirmer le statut reproducteur du site (présence avérée de reproduction) et de recenser l'ensemble des individus adultes présents, en distinguant les femelles reproductrices des autres individus. En effet, ces sites peuvent aussi accueillir des mâles ou des femelles non reproducteurs qui se joignent temporairement aux colonies.

Les **sites d'estivage**, quant à eux, sont principalement occupés par des individus non reproducteurs, mâles ou femelles, qui utilisent un réseau de gîtes variables au cours de la saison. Moins essentiels que les sites de parturition pour la conservation à court terme de l'espèce, ils n'en demeurent pas moins importants pour comprendre la dynamique spatio-temporelle des colonies. Certains sites d'estivage pourraient d'ailleurs être fréquentés de manière alternée par des groupes reproducteurs selon les années.

Ces gîtes peuvent également jouer un rôle de **site refuge** en cas de dérangement ou de modification de l'environnement. Ainsi, le suivi de ces réseaux estival est indispensable pour interpréter certaines fluctuations observées dans les effectifs des sites de parturition, et éviter des surestimations d'adultes reproducteurs certaines années.

En résumé, si les **sites de parturition** restent les cibles prioritaires du suivi estival, l'inclusion de certains **sites d'estivage** dans les protocoles permet d'améliorer notre compréhension globale de l'utilisation des gîtes par l'espèce et de mieux appréhender les mouvements intra-saisonniers des individus.

Données à récolter

Pour l'ensemble de ces sites (parturition et estivage), il est essentiel que les **données récoltées** soient **communes et harmonisées**.

Données **OBLIGATOIRES** :

- **Reproduction** (Absence/présence/inconnu)
- **Preuve de la donnée de reproduction** (bruit dans la colonie de nuit, cadavres, effectifs et stade des juvéniles)
- **Nombre d'individus adultes comptés** (comptage sortie de gîte quand c'est possible **et/ou** comptage dans la colonie photo ou infrarouge)
- **Fiabilité du comptage d'adultes** (précis, minimum ou estimation)

Données **facultatives** à renseigner si le site le permet :

- **Nombre de jeunes**
- **Stade des juvéniles** (crevette ou grisou)
- **Fiabilité du comptage des juvéniles** (précis, minimum ou estimation)

Méthode

Le **comptage en période estivale** doit idéalement se dérouler en **deux temps** :

- Un **comptage des adultes**,
- Puis un **contrôle des juvéniles** dans la cavité.

Pour le **dénombrement des adultes**, la méthode privilégiée est le **comptage à vue à la sortie du gîte**, lorsque le site s'y prête (entrée unique, bonne visibilité).

Si ce n'est pas possible (multiples sorties, mauvaise visibilité, etc.), il est recommandé de réaliser un **comptage dans la cavité** à partir de **photos (flash) ou d'imagerie infrarouge**.

Le **contrôle de la reproduction** (présence de jeunes) doit être **systématique**, y compris dans les sites considérés comme "d'estivage".

La méthode recommandée est un **comptage visuel ou photographique des jeunes dans la cavité**, complété le cas échéant par la **recherche de preuves indirectes de reproduction** : bruits caractéristiques dans la colonie, cadavres de jeunes, ou effectifs inhabituels.

Nombre de passage

Un seul **passage** est suffisant s'il est réalisé à la bonne période et en suivant les méthodes de comptage recommandées.

Période

L'objectif de ce nouveau protocole est de **compter ou estimer avec précision le nombre d'individus adultes**, en particulier les **femelles reproductrices**, et de **confirmer la présence ou l'absence de jeunes** sur le site. Pour cela, les comptages doivent être réalisés **au plus près de la période de mise bas**, lorsque les juvéniles sont encore au **stade "crevette"** (cf. description dans les données facultatives à collecter).

Sur la base des retours d'expérience des partenaires, une **"période cœur nationale"** a été définie entre le **25 juin et le 5 juillet**.

Toutefois, pour tenir compte des **variations régionales dans la phénologie de l'espèce**, une **tolérance de ± 10 jours** est prévue, permettant la réalisation des comptages entre le **15 juin et le 15 juillet**, selon les contextes locaux.

Sites prioritaires à suivre

Les **sites prioritaires à suivre en période estivale** pour la conservation du Minioptère de Schreibers sont les **sites de parturition connus** ainsi que les sites **majeurs d'estivage**. Les **sites de parturition récemment désertés ou abandonnés** constituent également des sites stratégiques à suivre, afin d'en comprendre les causes et d'identifier d'éventuelles dynamiques de recolonisation ou de repli.

Outils recommandés

À la suite des **retours d'expériences de terrain** des structures productrices de données, plusieurs **outils numériques** ont été testés et utilisés pour **faciliter et harmoniser les comptages estivaux**.

Pour les **comptages à la sortie des gîtes**, l'application mobile **"Clickr"** est recommandée. Il s'agit d'un **compteur numérique personnalisable** permettant de comptabiliser une ou plusieurs espèces, avec **horodatage intégré**. Les touches de volume du téléphone (+/-) servent à incrémenter les effectifs selon un pas défini à l'avance (ex. : 1, 10, etc.). L'application génère un **histogramme de la phénologie** en fin de session et conserve un **historique des comptages réalisés**.

Pour le **comptage des juvéniles dans la cavité à partir de photos**, le logiciel **"CountEm"**, déjà recommandé pour les comptages hivernaux, s'est également révélé adapté à la **détection et l'estimation du nombre de jeunes au stade "crevette"** regroupés en essaim.